



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

"ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕΣΩ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ANDROID ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΥΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ"



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΟΡΔΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2018

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο έλεγχος ισορροπίας της ρομποτικής σφαίρας. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί με εσωτερική μηχανολογική κατασκευή, ώστε να πραγματώνεται η κίνηση της σφαίρας σε συνάρτηση με την ισορροπία της. Η ιδιαιτερότητα ελέγχου της σφαίρας, σε περιορισμένο λειτουργικό χώρο, συντέλεσε καθοριστικά στην επιλογή των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Η γενική δομή της εφαρμογής βασίζεται αφενός, στην χρήση ενός μικροελεγκτή της οικογενείας Arduino με χρήση των απαραίτητων περιφερειακών και αφετέρου, στην εφαρμογή τηλεχειρισμού για συσκευές Android. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω παραγόντων βοηθά στην επίτευξη ασύρματης επικοινωνίας μεταξύ τους, καθώς και τον έλεγχο κίνησης των κινητήρων. Στα παρακάτω κεφάλαια, θα αναλυθούν ο κώδικας του μικροελεγκτή και η εφαρμογή που επιτελεί τον έλεγχο της κατασκευής, σταδιακά από την κατασκευή της σφαίρας με την προσαρμογή του μικροελεγκτή, της συσκευής διασύνδεσης Bluetooth, τους κινητήρες και τον ελεγκτή αυτών, έως και την εφαρμογή τηλεχειρισμού μέσω της πλατφόρμας MIT App Inventor II για συσκευές Android. Η επίτευξη ισορροπίας, λοιπόν, της σφαίρας κατάφερε να πραγματώσει το σκοπό της μελέτης, κάνοντας την εφαρμογή της εφικτή στην εκπαιδευτική διαδικασία. Από άποψη κόστους, ως επιλογή είναι ικανοποιητική, καθώς όλα τα δομικά χαρακτηριστικά καθιστούν την αντιγραφή ή και αναβάθμιση της ρομποτικής σφαίρας υλοποιήσιμη και οικονομική. Μελλοντικά, η αξιοπιστία του συστήματος ελέγχου ισορροπίας της σφαίρας δύναται να αναβαθμιστεί, ξεκινώντας από τα επιμέρους χαρακτηριστικά, όπως το σφαιρικό περίβλημα και η τροφοδοσία, φτάνοντας έως την επίτευξη της πλήρους αυτοματοποιημένης ισορροπίας της ρομποτικής σφαίρας.

Abstract

The purpose of this study is to check the balance of the robotic sphere. The system is designed to operate with an internal mechanical structure to control the motion of the sphere in relation to its balance. The specificity of controlling the sphere, in a limited operating space, has been crucial in selecting the components used. The general structure of the application is based-firstly on the use of an Arduino-family microcontroller, using the necessary peripherals and secondly, on the remote control application for Android devices. The combination of these factors help to achieve wireless communication with each other and the control of the motors. The following chapters will analyze the microcontroller code and the application that performs the construction control. Specifically, the analysis includes the construction of the ball and the adjustment of the microcontroller, the Bluetooth interface of the device, the motors and their controller and finally the remote-control application via the MIT platform App Inventor II for Android devices. Once the balance of the sphere is achieved, the purpose of this study is met, as soon as its application is feasible in the educational process. In terms of cost, the choice is satisfactory, since the structural features provide the ability to copy or upgrade the robotic sphere, in an economical way. In the future, the reliability of the ball balancing system can be upgraded, starting from the individual features, such as the spherical casing and the power supply and reaching the full automated balance of the robotic sphere.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ΒΟΡΑΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ,
του ΙΕΡΟΣΘΕΟΥ, με αριθμό μητρώου 41692 φοιτητής / τρια του
Τμήματος **Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής**, του **Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής**
πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα
παρακάτω:

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

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

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

Ο Δηλών



Ημερομηνία

4/4/2018

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Abstract	2
Κεφάλαιο 1.....	7
1.1 Βασικές έννοιες.....	7
1.1.1 Ρομπότ	7
1.1.2 Μικροελεγκτές	7
1.1.3 Μέθοδοι τηλεχειρισμού	8
Κεφάλαιο 2.....	10
2.1 Arduino Pro Mini (ATM328p 5V/16KHz)	10
2.1.1 Γενικές πληροφορίες	10
2.1.2 Γενικά στοιχεία.....	11
2.1.3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας	11
2.1.4 Λόγοι επιλογής Arduino Pro Mini 328P 5V/16MHz	13
2.2 Συσκευή Bluetooth HC-06	13
2.2.1 Γενικές πληροφορίες	13
2.2.2 Ανάλυση HC-06	13
2.2.3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας	14
2.2.4 Λόγοι επιλογής της συσκευής HC-06.....	17
2.3 Γέφυρα-H L293B.....	17
2.3.1 Γενικές πληροφορίες	17
2.3.2 Ανάλυση L293B	18
2.3.3 Λόγοι επιλογής της γέφυρας Τύπου-H L293B.....	20
2.4 Σερβοκινητήρας MG90s	21
2.4.1 Γενικές Πληροφορίες.....	21
2.4.2 Ανάλυση MG90S.....	21
2.4.3 Τροποποιήσεις κινητήρων	22
2.4.4 Λόγοι επιλογής της έκδοσης MG90s	22
2.5 Μπαταρίες 9Volt PP3	23
Γενικές πληροφορίες.....	23
2.5.1 Μπαταρίες μιας χρήσης	23
2.5.1.1 Άνθρακα-Ψευδαργύρου (carbon-zinc):	23
2.5.1.2 Αλκαλικές:	23
2.5.1.3 Μπαταρία λιθίου (Δισουλφιδίου του σιδήρου Li-FeS₂)	24

2.5.2 Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες	24
2.5.2.1 Μπαταρία Νικελίου-Καδμίου (Nickel-Cadmium NiCD)	24
2.5.2.2 Μπαταρία Νικελίου-Μεταλλικού υδριδίου (Nickel-Metal Hydride NiMH):.....	25
2.5.2.3 Μπαταρία πολυμερών ιόντων λιθίου (lithium-ion polymer battery LiPO).....	26
2.5.3 Λόγοι επιλογής μπαταριών τύπου PP3	28
Κεφάλαιο 3.....	29
3.1 Σενάριο λειτουργίας.....	29
3.1.1 Περιβάλλον Προγραμματισμού	29
3.2 Εφαρμογή χειριστηρίου	30
3.2.1 Γενικές πληροφορίες για το MIT App Inventor II	30
3.2.2 Ανάλυση εφαρμογής ελέγχου.....	31
3.2.3 Σχεδιασμός Εφαρμογής	33
3.2.4 Κώδικας Εφαρμογής Χειρισμού	33
3.2.5 Κώδικας Μικροελέγκτη Arduino	43
Συμπεράσματα	51
Μελλοντικές αναβαθμίσεις.....	52
Παράρτημα	55
Βιβλιογραφία.....	59

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1, Κάτοψη Arduino Pro Mini	11
Εικόνα 2, Γραφικό φύλλο δεδομένων Arduino Pro Mini	12
Εικόνα 3, Σχηματικό φύλλο δεδομένων Arduino Pro mini	12
Εικόνα 4, Συσσκευή Bluetooth HC-06.....	13
Εικόνα 5, Σχηματικό φύλλο δεδομένων HC-06	15
Εικόνα 6, Κάτοψη γέφυρας-Η τύπου L293B	17
Εικόνα 7, Βασικές καταστάσεις λειτουργίας γέφυρας-Η.....	18
Εικόνα 8, Σχηματικό διάγραμμα γέφυρας L293B.....	20
Εικόνα 9, Σερβοκινητήρας MG90s.....	21
Εικόνα 10, Εφαρμογή ελέγχου (1).....	31
Εικόνα 11, Εφαρμογή Ελέγχου (2).....	31
Εικόνα 12, Εφαρμογή Ελέγχου (3).....	32
Εικόνα 13, Δομή επιφάνειας της εφαρμογής	33
Εικόνα 14, Block λειτουργίας αρχικής οθόνης.....	34
Εικόνα 15, Block επιλογής γλώσσας απεικόνισης.....	35
Εικόνα 16, Block πλήκτρου πρόσθετων λειτουργιών	35
Εικόνα 17, Block πλήκτρου εξόδου εφαρμογής.....	36
Εικόνα 18, Λειτουργία πλήκτρων σύνδεσης	36

Εικόνα 19, Λειτουργία απομακρυσμένου ελέγχου	38
Εικόνα 20, Block πλήκτρου αποσύνδεσης	40
Εικόνα 21, Block πλήκτρων ελέγχου κίνησης.....	41
Εικόνα 22, Block κίνησης εμπρός	42
Εικόνα 23, Χαρτόνι μακέτας.....	55
Εικόνα 24, Βάση στήριξης μπαταρίων	55
Εικόνα 25, Μινιατούρα ποδηλάτου τύπου BMX.....	56
Εικόνα 26, Καλώδιο τύπου UTP.....	56
Εικόνα 27, Ενδεικτική διάτρητη πλακέτα τύπου PCB.....	56
Εικόνα 28, Κατόψεις διασπώμενου σφαιρικού περιβλήματος	57
Εικόνα 29, Ηλεκτρολογικό διάγραμμα εξαρτημάτων.....	57

Κεφάλαιο 1

1.1 Βασικές έννοιες

Οι βασικές έννοιες που αποτελούν την εφαρμογή είναι οι ακόλουθες:

1.1.1 Ρομπότ

Ρομπότ ή μηχανικός εργάτης, ονομάζεται οποιαδήποτε μηχανική συσκευή, που έχει την ικανότητα να υποκαθιστά τον ανθρώπινο παράγοντα σε διάφορες εργασίες. Η λειτουργία των ρομπότ χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα ρομπότ πλήρους αυτονομίας και τα ρομπότ άμεσου ελέγχου από τον άνθρωπο. Τα ρομπότ πλήρους αυτονομίας, λειτουργούν με χρήση ενός προγραμματισμένου ηλεκτρονικού υπολογιστή, ενώ τα ρομπότ άμεσου ελέγχου λειτουργούν με την βοήθεια αναλογικών ή ψηφιακών διακοπών. Τα ρομπότ συναντώνται, κυρίως, σε εργασίες που είτε έχουν μεγάλο δείκτη επικινδυνότητας, είτε παρουσιάζουν δυσκολίες στην άμεση εφαρμογή από τον άνθρωπο. Τέλος, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται εκτενώς για την αύξηση της απόδοσης στις βιομηχανίες, είτε εκτελώντας διαδικασίες σε μικρότερο χρόνο, είτε φθηνότερα σε σύγκριση με την ύπαρξη ανθρώπινου δυναμικού.

Βασικό γνώρισμα των ρομπότ είναι ο βαθμός ελευθερίας τους. Ως βαθμός ελευθερίας, ορίζεται ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων που προσδιορίζουν την θέση ενός αντικειμένου στον χώρο. Γενικότερα, ο βαθμός ελευθερίας ενός ρομπότ, προσδιορίζει την ευκινησία, του όσον αφορά τον χώρο. Ειδικότερα, στην κατασκευή οι βαθμοί ελευθερίας είναι δύο, καθώς η κίνηση εκτελείται με την χρήση δύο ανεξάρτητων κινητήρων συνεχούς ρεύματος, που έχουν ικανότητα ορθής και ανάστροφης λειτουργίας.

1.1.2 Μικροελεγκτές

Η κατασκευή ελέγχεται με την βοήθεια ενός μικροελεγκτή. Οι μικροελεγκτές (microcontrollers), είναι μια κατηγορία επεξεργαστών. Πιο συγκεκριμένα, αποτελούν μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή. Οι μικροελεγκτές, είναι μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι, μπορούν να λειτουργήσουν με απαίτηση ελάχιστων εξωτερικών εξαρτημάτων. Η ικανότητα αυτή, είναι επακόλουθο της ύπαρξης πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διατίθενται στην πλακέτα κάθε μικροελεγκτή. Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται εκτενώς σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους. Χαρακτηριστικές εφαρμογές μικροελεγκτών είναι εφαρμογές αυτοματισμών, ηλεκτρονικών καταναλωτικών προϊόντων, όπως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, σε ηλεκτρικές συσκευές αλλά και στις περισσότερες εφαρμογές τηλεκατευθυνόμενων οχημάτων.

Η βασικότερη διαφορά των μικροελεγκτών με τους μικροεπεξεργαστές εμφανίζεται στην υπολογιστική ισχύ. Οι μικροεπεξεργαστές διαθέτουν μεγάλη ευελιξία ανάπτυξης εφαρμογών. Η ευελιξία αυτή, οφείλεται στην εξάρτηση των μικροεπεξεργαστών από τα περιφερειακά που συνδέονται σε αυτούς καθορίζοντας την τελική τους χρήση. Η ικανότητα αυτή, καθιστά τους μικροεπεξεργαστές μη εξειδικευμένους σε αντίθεση με τους μικροελεγκτές. Οι μικροελεγκτές διαθέτουν μικρότερες έως μηδαμινές ικανότητες διασύνδεσης με εξωτερικά περιφερειακά, ενώ

η επεξεργαστική τους ισχύς είναι, επίσης περιορισμένη, καθώς εκτελούν εξειδικευμένες εφαρμογές.

Οι μικροελεγκτές, όμως, εμφανίζουν και κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους μικροεπεξεργαστές. Τα κυριότερα είναι:

- Η αυτονομία τους. Μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων υποσυστημάτων, όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας, προσφέρεται η ικανότητα πλήρους λειτουργίας, δίχως την απαίτηση κάποιου πρόσθετου ολοκληρωμένου συστήματος. Λόγω της δομής τους, επίσης, προσφέρουν περισσότερους ακροδέκτες ψηφιακών εισόδων-εξόδων, ταυτόχρονα με το μικρό μέγεθος του συνολικού υπολογιστικού συστήματος.
- Ο μικρός αριθμός διασυνδέσεων. Ο μικρός αριθμός διασυνδέσεων έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα, το κυριότερο των οποίων είναι η μεγάλη αξιοπιστία. Σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν επίσης, είναι το χαμηλό κόστος, καθώς δεν απαιτούνται εξωτερικά περιφερειακά μαζί με την ικανότητα ευκολότερης υλοποίησης εφαρμογών.

Η πλακέτα ελέγχου της εφαρμογής είναι της οικογένειας arduino, το μοντέλο της οποίας είναι το Pro Mini, ονομαστικής τάσης 5V με επεξεργαστική ταχύτητα 16MHz. Ο μικροελεγκτής, που περιλαμβάνεται στην πλακέτα ελέγχου, είναι της εταιρίας Atmel με κωδική ονομασία AVR Atmega328P.

1.1.3 Μέθοδοι τηλεχειρισμού

Ο έλεγχος της κατασκευής επιτυγχάνεται με χρήση τεχνολογίας τηλεχειρισμού. Ως τηλεχειρισμός ορίζεται η μέθοδος ελέγχου μιας ή περισσότερων συσκευών από απόσταση. Ειδικότερα, τηλεκατευθυνόμενα ή Remote Controlled (R/C) ονομάζονται τα οχήματα που μπορούν να ελεγχθούν από απόσταση χρησιμοποιώντας τεχνολογία εξειδικευμένου πομπού-δέκτη. Οι κυριότερες τεχνολογίες πομπού-δέκτη είναι οι ακόλουθες:

- **Μέσω υπέρυθρων (IR):** Το υπέρυθρο σήμα κυμαίνεται στο εύρος συχνοτήτων 300GHz έως 400THz. Το σήμα μεταξύ του πομπού και του δέκτη αποτελείται από παλμούς υπέρυθρου φωτός. Οι παλμοί αυτοί είναι αόρατοι στο ανθρώπινο μάτι. Όταν ο χρήστης πιέσει ένα πλήκτρο στο χειριστήριο, ο πομπός αποστέλλει ένα παλμό υπέρυθρου φωτός που αντιστοιχεί σε έναν δυαδικό αριθμό και είναι μοναδικός. Οι δυαδικοί αριθμοί που αποστέλλονται, λόγω της μοναδικότητάς τους, αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη λειτουργία του δέκτη. Ο πομπός και ο δέκτης απαιτείται να φέρουν οπτική επαφή ούτως ώστε να επιτελεστεί η μετάδοση των δεδομένων. Η τεχνολογία αυτή βρίσκει εφαρμογή στα τηλεχειριστήρια τηλεοράσεων, DVD player κ.α.
- **Μέσω Ράδιο Σημάτων (RF):** Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κυμαίνονται στο εύρος συχνοτήτων 20KHz έως 300GHz. Η επικοινωνία φέρει την ίδια δομή με την τεχνολογία υπέρυθρων και κάθε πλήκτρο αποστέλλει μια αλληλουχία δυαδικών αριθμών. Η βασική διαφορά

εμφανίζεται στην ικανότητα των κυμάτων να αποστέλλονται ομοιόμορφα στον χώρο. Η ικανότητα αυτή επιτρέπει την επικοινωνία πομπού-δέκτη, δίχως ανάγκη οπτικής επαφής. Βασικότερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το μεγάλο εύρος της. Στο ίδιο εύρος υπάρχουν σήματα παραγόμενα από Ασύρματες συνδέσεις Διαδικτύου (Wi-Fi), κινητά τηλέφωνα, ασύρματες συσκευές σταθερής τηλεφωνίας, συσκευές ενδοεπικοινωνίας κτλπ. Για την επίλυση αυτού του μειονεκτήματος οι συσκευές αποστέλλουν σήματα σε προκαθορισμένες συχνότητες που, επίσης, περιλαμβάνουν αναγνωριστικά στην αλληλουχία τους.

- **Μέσω προτύπου Bluetooth:** Είναι ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας μικρών αποστάσεων μεταξύ καθορισμένων συσκευών. Η συχνότητα αποστολής δεδομένων είναι περίπου 2.4GHz και είναι σήματα μικροκυμάτων. Συσκευές κινητής τηλεφωνίας και ασύρματα χειριστήρια παιχνιδιομηχανών χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο.

Κεφάλαιο 2

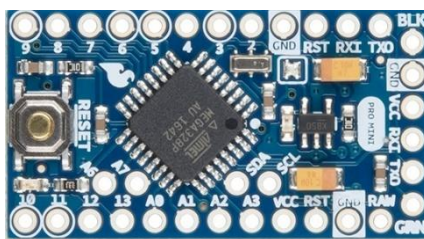
2.1 Arduino Pro Mini (ATM328p 5V/16KHz)

2.1.1 Γενικές πληροφορίες

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, φιλική προς το χρήστη σε επίπεδο προγραμματισμού και υλοποίησης εφαρμογών. Ωστόσο, ξεκίνησε ως έργο προς ανάπτυξη στην Ιταλία από το Ινστιτούτο σχεδιασμού αλληλεπίδρασης Inrea. Με αυτό τον τρόπο, οι φοιτητές του Ινστιτούτου απέκτησαν τη δυνατότητα να αναπτύσσουν αυτοματοποιημένα συστήματα, οικονομικά και αποδοτικά, αξιοποιώντας τις δυνατότητες και τις ευκαιρίες που μπορεί να προσφέρει το ελεύθερο λογισμικό. Έως τότε το κόστος των μικροελεγκτών ήταν πολύ υψηλό.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Arduino είναι:

1. Οικονομική: Η πλατφόρμα Arduino αποτελεί μια οικονομική λύση, διότι είναι φθηνότερη, από τις περισσότερες πλατφόρμες άλλων εταιριών παραγωγής μικροελεγκτών. Επιπλέον, είναι αρχιτεκτονικά ανοιχτή, καθώς, προσφέρει τη δυνατότητα σε οποιοδήποτε, να δημιουργήσει κάποιο αντίγραφο της ή κάποια εξειδικευμένη έκδοση της.
2. Μεταφέρσιμη: Σε σχέση με τις υπάρχουσες πλατφόρμες, στο εμπόριο, η πλατφόρμα Arduino παρέχει πλήρη δυνατότητα μεταφοράς. Η ικανότητα αυτή, καθιστά εφικτό τον προγραμματισμό και την υλοποίηση εφαρμογών της πλατφόρμας, σε όλα τα λειτουργικά συστήματα.
3. Επεκτάσιμη: Το υλικό και το λογισμικό της πλατφόρμας Arduino είναι ανοιχτό και ελεύθερο για όλους. Καθημερινά, χιλιάδες υποστηρικτές του ελεύθερου λογισμικού αναπτύσσουν διάφορες βιβλιοθήκες για την υποστήριξη της πλατφόρμας. Παράλληλα, τόσο η αρχιτεκτονική όσο και το υλικό της πλατφόρμας εξελίσσονται συνεχώς.



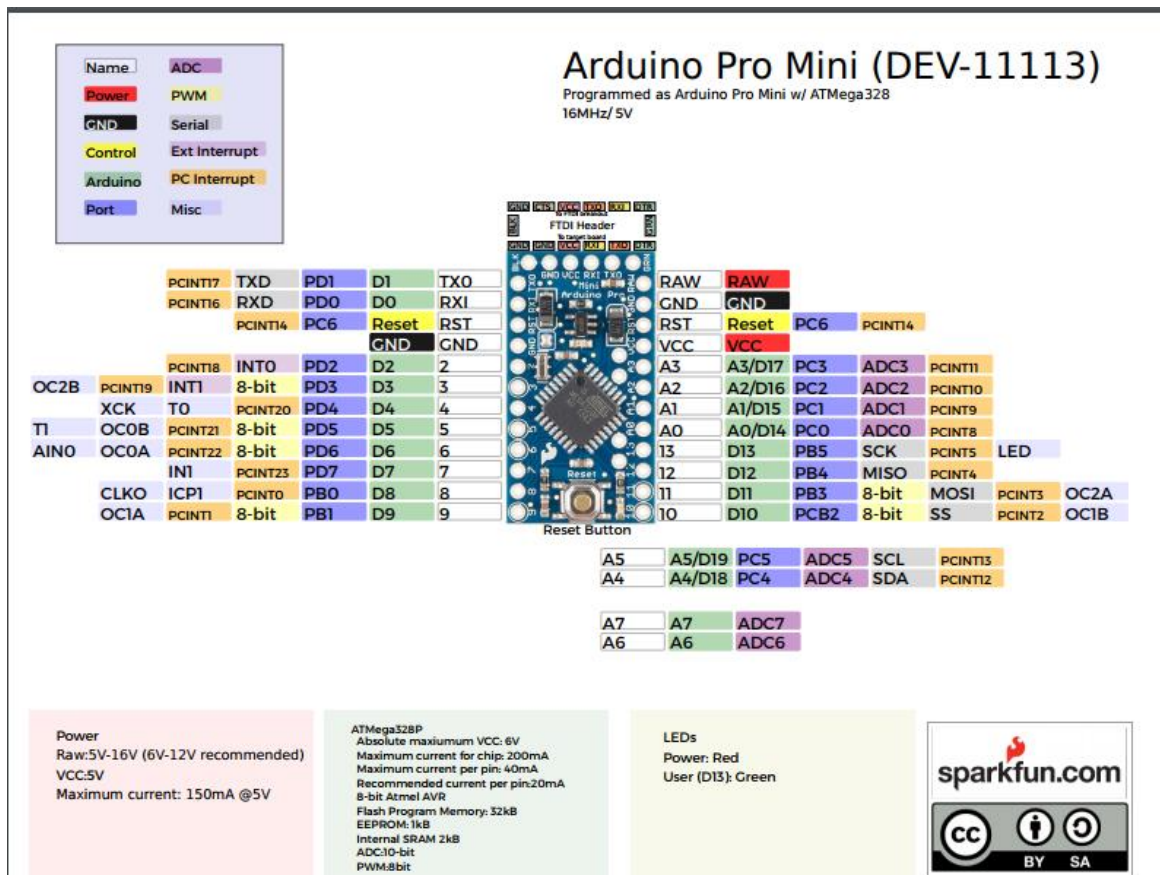
Εικόνα 1, Κάτοψη Arduino Pro Mini

2.1.2 Γενικά στοιχεία

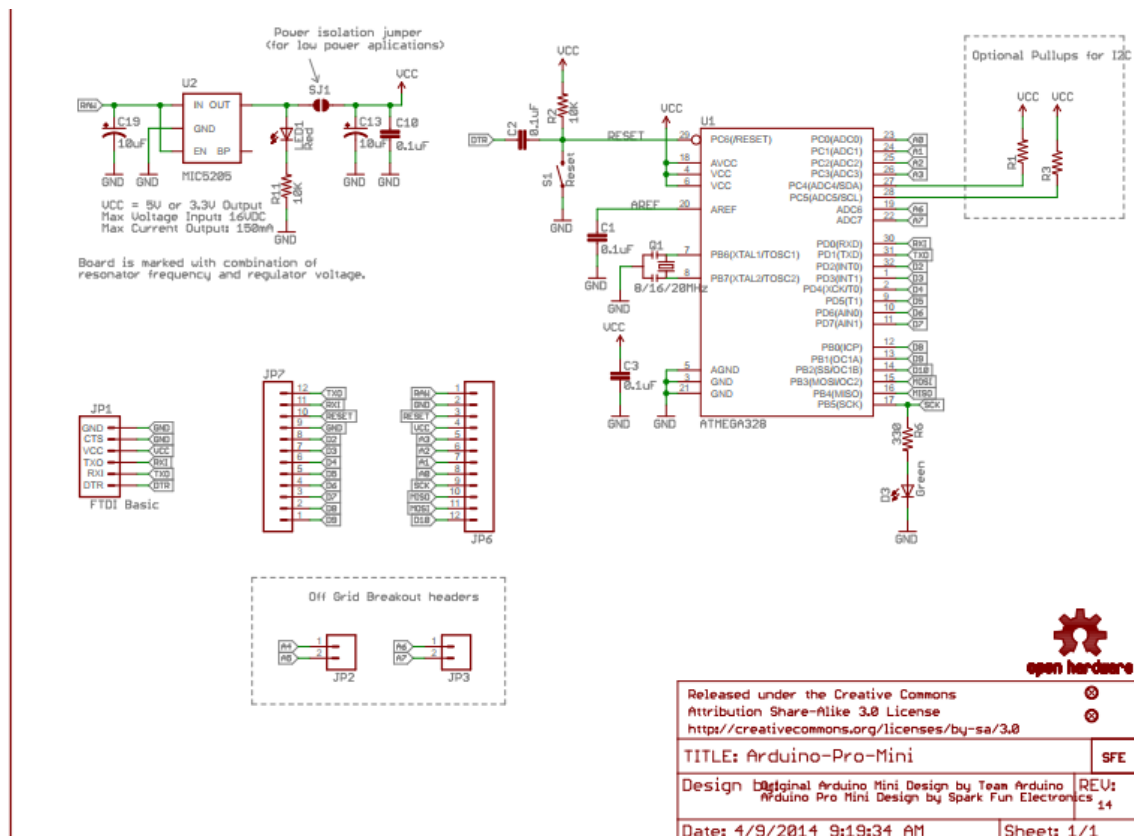
Το Arduino Pro Mini είναι μια πλακέτα ελέγχου, που χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή AVR Atmega328P (εικόνα 3) της Atmel(USA), με ταχύτητα επεξεργασίας 16MHz. Διαθέτει δεκατέσσερις (14) ψηφιακούς ακροδέκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι ή έξοδοι, ανάλογα με τη δομή της εκάστοτε εφαρμογής. Έξι (6) από αυτές, οι PD3, PD5, PD6, PD9, PD10 και PD11 (εικόνα 2), μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ως είσοδοι ή έξοδοι ρύθμισης παλμικού πλάτους (PWM). Αυτές, διαχωρίζουν το λογικό μηδέν (0) με το λογικό ένα (1) σε 255 υποπολλαπλάσια της τάσης λειτουργίας της πλακέτας. Η τάση λειτουργίας είναι τα 5V. Η πλακέτα Pro Mini διαθέτει επίσης έκδοση πλακέτας με τάση λειτουργίας τα 3.3V και ταχύτητα επεξεργασίας 8MHz. Επίσης, φέρει έξι (6) αναλογικές εισόδους που μπορούν να επεξεργαστούν αναλογικές τιμές και να τις μετατρέψουν σε ένα αριθμό από 0-1024, αντίστοιχα υποπολλαπλάσια των 5V. Οι αναλογικές εισοδοι μπορούν να προγραμματιστούν και ως έξοδοι, δίνοντας αντίστοιχα τιμές ανάμεσα στο εύρος 0-1024. Η έκδοση Pro Mini, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες εκδόσεις δε διαθέτει πλακέτα FTDI και χρειάζεται εξωτερική πλακέτα για τον προγραμματισμό της.

2.1.3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας

❖ Microcontroller:	ATmega328P
❖ Τάση λειτουργίας:	5V
❖ Τάση εισόδου:	6-12V
❖ Τάση εισόδου (όριο) :	5-16V
❖ Ψηφιακές ακίδες Εισόδων/Εξόδων:	14 (εκ των οποίων 6 περιέχουν PWM εξόδους)
❖ Ακίδες αναλογικών εισόδων:	6
❖ DC ρεύματος I/O Pin:	40 mA
❖ DC τρέχουσα για 5V:	200 mA
❖ SRAM:	2 KB
❖ Flash Memory:	32 KB εκ των οποίων 0,5 KB που χρησιμοποιούνται από τον bootloader
❖ EEPROM:	1 KB
❖ Ταχύτητα ρολογιού:	16 MHz



Εικόνα 2, Γραφικό φύλλο δεδομένων Arduino Pro Mini



Εικόνα 3, Σχηματικό φύλλο δεδομένων Arduino Pro mini

2.1.4 Λόγοι επιλογής Arduino Pro Mini 328P 5V/16MHz

Ο βασικός λόγος επιλογής αυτής της έκδοσης Arduino είναι ο περιορισμός χώρου εντός της σφαίρας. Οι διαστάσεις της, επιτρέπουν την χρήση των πλατφόρμων Arduino micro, nano και pro mini. Η τελική επιλογή έγινε με γνώμονα την κατανάλωση ενέργειας, όπου το Arduino Pro Mini λόγω έλλειψης FTDI έχει χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες. Αυτό συμβαίνει, καθώς η εφαρμογή λειτουργεί με μπαταρίες και υπάρχει ο περιορισμός της μέγιστης έντασης του ρεύματος. Τέλος, η επιλογή της έκδοσης με τάση λειτουργίας 5V και ταχύτητας επεξεργασίας 16MHz, έναντι της έκδοσης, με τάση λειτουργίας 3.3V ταχύτητας επεξεργασίας 8MHz, έγινε με βάση τις συνθήκες λειτουργίας των υπολοίπων εξαρτημάτων, που ανέρχεται σε τάση 5V.

2.2 Συσκευή Bluetooth HC-06



Εικόνα 4, Συσκευή Bluetooth HC-06

2.2.1 Γενικές πληροφορίες

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (Wireless Personal Area Networks, WPAN). Πρόκειται για μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, η οποία μπορεί να μεταδώσει σήματα μέσω μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές. Επομένως, το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο, το οποίο παρέχει προτυποποιημένη, ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε PDA, κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές, προσωπικούς υπολογιστές, εκτυπωτές, καθώς και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή ψηφιακές κάμερες, μέσω μιας ασφαλούς, φθηνής και παγκοσμίως διαθέσιμης χωρίς ειδική άδεια ραδιοσυχνότητας μικρής εμβέλειας.

2.2.2 Ανάλυση HC-06

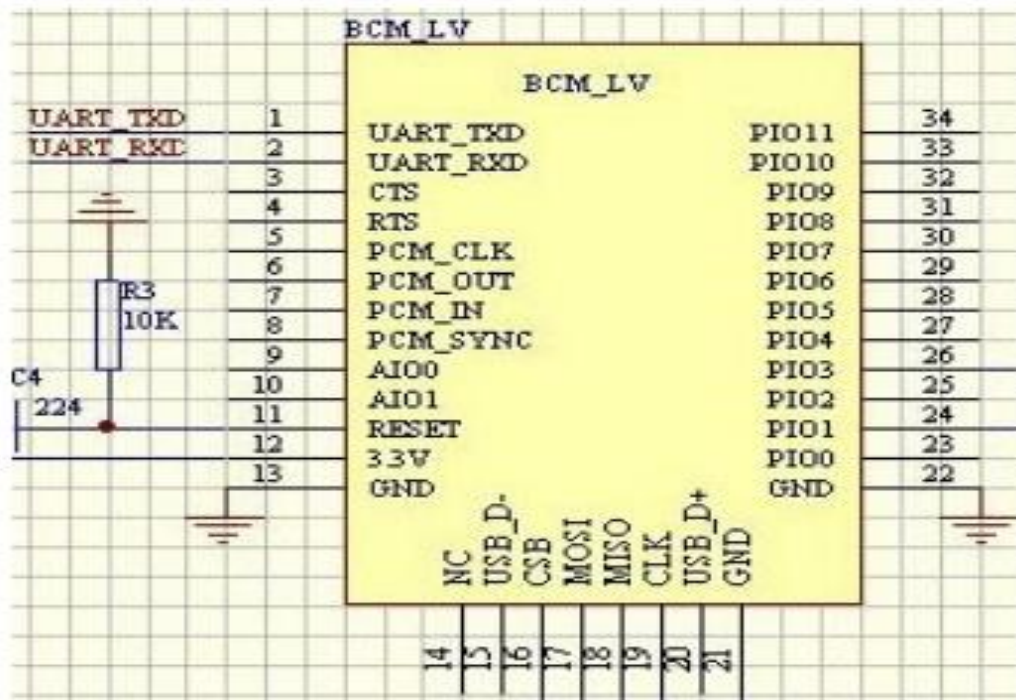
Το HC-06 είναι μια συσκευή Bluetooth που λειτουργεί σαν πομπός ή δέκτης εντολών, ωστόσο δεν μπορεί ο χρήστης να αλλάξει το είδος της λειτουργίας του μέσω προγραμματισμού. Υπάρχει, επίσης, η έκδοση HC-05 που εξωτερικά δε φέρει σημαντικές διαφορές, αλλά διαθέτει έξι ακροδέκτες διασύνδεσης έναντι τεσσάρων του HC-06. Η έκδοση HC-05 μπορεί να λειτουργήσει και ως πομπός και ως δέκτης εντολών δίνοντας, όμως, τη δυνατότητα στο χρήστη να διαλέξει το είδος της λειτουργίας της με χρήση προκαθορισμένων εντολών, που

αποστέλλονται διαμέσου της σειριακής επικοινωνίας, του ηλεκτρονικού υπολογιστή και του μικροελεγκτή που συνδέεται η συσκευή HC-05.

Ο ασύρματος πομποδέκτης της συσκευής, διαθέτει ευαισθησία ρυθμού εύρεσης σφάλματος bit που μπορεί να φτάσει τα -80dBm, ενώ το εύρος αλλαγής της ισχύος εξόδου κυμαίνεται από -4dBm έως +6dBm.

2.2.3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας

- Διαθέτει συσκευή βελτίωσης ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (EDR) και η ικανότητα αλλαγής εύρους βάθους διαμόρφωσης είναι 2 έως 3Mbps.
- Διαθέτει ενσωματωμένη κεραία και ασύρματο πομποδέκτη στα 2.4GHz, ενώ η εξωτερική μνήμη έχει ταχύτητα 8Mbits.
- Δύναται να λειτουργήσει σε χαμηλές τάσεις της τάξεως των 3.1 έως 4.2 Volt, ενώ η κατανάλωση ρεύματος βρίσκεται, στο εύρος των 30 έως 40mA σε κατάσταση επίτευξης ζεύξεως και στα 8mA σε κατάσταση επικοινωνίας.
- Διαθέτει το βασικό πακέτο διεπαφής ελεγκτή υποδοχής (HCI), που περιλαμβάνει τον Ασύγχρονο Ασύρματο δέκτη/πομπό (UART: Universal Asynchronous receiver/transmitter) και τον Ενιαίο Σειριακό Διάυλο (USB: Universal Serial Bus).
- Το πρωτόκολλο επικοινωνίας τύπου Ενιαίου Σειριακού διαύλου (USB), της συσκευής είναι το μέγιστης ταχύτητας USB1.1 . Το πρωτόκολλο αυτό είναι συνεργάσιμο με την νεότερη έκδοση USB 2.0, που χρησιμοποιείται στις περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές και ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αυτό το χαρακτηριστικό προσφέρει μεγάλο βαθμό συμβατότητας στην συσκευή.
- Υπάρχει η δυνατότητα να αποτελέσει κομμάτι τυπωμένου κυκλώματος (PCB) με χρήση της Τεχνολογίας Επιφανειακής Στήριξης (SMT: Surface-mount technology).
- Η κατασκευή της συσκευής συμμορφώνεται με την οδηγία για τον περιορισμό των επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικά κυκλώματα (RoHS: Restriction of Hazardous Substances Directive).
- Η θερμοκρασία λειτουργίας της κυμαίνεται στο εύρος των -25°C και +75°C, ενώ η θερμοκρασία αποθήκευσης της συσκευής πρέπει να βρίσκεται στο εύρος των -40 °C έως 85°C



Εικόνα 5, Σχηματικό φύλλο δεδομένων HC-06

PIN Name	PIN#	Pad type	Description	Note
GND	13 21 22	VSS	Ground pot	
1V8	14	VDD	Integrated 1.8V (+) supply with On-chip linear regulator output within 1.7-1.9V	
VCC	12	3.3V		
AIO0 AIO1	9 10	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO0	23	Bi-Directional RX EN	Programmable input/output line, control output for LNA(if fitted)	
PIO1	24	Bi-Directional TX EN	Programmable input/output line, control output for PA(if fitted)	
PIO2 PIO3 PIO4 PIO5 PIO8 PIO9 PIO10 PIO11	25 26 27 28 31 32 33 34	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO6	29	Bi-Directional	Programmable input/output line	CLK_REQ
PIO7	30	Bi-Directional	Programmable input/output line	CLK_OUT

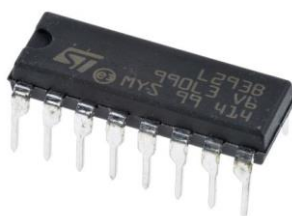
RESETB	11	CMOS Input with weak internal pull-down		
UART_RTS	4	CMOS output, tri-stable with weak internal pull-up	UART request to send, active low	
UART_CTS	3	CMOS input with weak internal pull-down	UART clear to send, active low	
UART_RX	2	CMOS input with weak internal pull-down	UART Data input	
UART_TX	1	CMOS output, Tri-stable with weak internal pull-up	UART Data output	
SPI_MOSI	17	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data input	
SPI_CSB	16	CMOS input with weak internal pull up	Chip select for serial peripheral interface, active low	
SPI_CLK	19	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface clock	
SPI_MISO	18	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data Output	
USB_- USB_+	15 16	Bi-Directional		
1.8V	14		1.8V external power supply input	
PCM_CLK	5	Bi-Directional		
PCM_OUT	6	CMOS output		
PCM_IN	7	CMOS input		
PCM_SYNC	8	Bi-Directional		

Πίνακας 1, Ανάλυση ακίδων συσκευής HC-06

2.2.4 Λόγοι επιλογής της συσκευής HC-06

Ένας από τους κυριότερους λόγους επιλογής αυτή την συσκευή έναντι των άλλων ήταν, κυρίως, η χαμηλή κατανάλωση ισχύος της, καθώς η τροφοδοσία της κατασκευής, γίνεται με χρήση μπαταρίας. Επίσης, το χαμηλό κόστος της και ταυτόχρονα η υψηλή της αξιοπιστία, αποτελούν ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα, σε σύγκριση με εκδόσεις άλλων κατασκευαστών. Η επιλογή ανάμεσα στις εκδόσεις HC-05 και HC-06 βασίστηκε στη δομή ελέγχου της κατασκευής, που γίνεται με χρήση εφαρμογής σε συσκευή Android. Αυτό το χαρακτηριστικό, επιτρέπει την επιλογή έκδοσης, που λειτουργεί αποκλειστικά, ως δέκτης. Ένας άλλος βασικός παράγοντας, σε αυτή την επιλογή ήταν οι διαστάσεις της συσκευής, καθώς ο διαθέσιμος χώρος για την υλοποίηση ήταν περιορισμένος, με αποτέλεσμα, οι διαστάσεις της συσκευής (27mm×13mm×2mm) να την καθιστούν ιδανική επιλογή.

2.3 Γέφυρα-H L293B



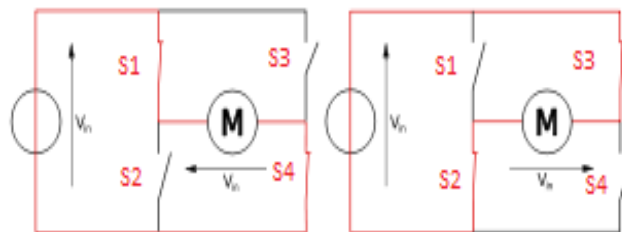
Εικόνα 6, Κάτοψη γέφυρας-H τύπου L293B

2.3.1 Γενικές πληροφορίες

Η Γέφυρα-H (H-Bridge) είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που επιτρέπει την εφαρμογή τάσεως σε ένα φορτίο με ορθή και ανάστροφη πόλωση, ανάλογα με το ενεργό ζευγάρι διακοπών. Σύμφωνα με την εικόνα 7, τα ζευγάρια των διακοπών που δίνουν την ορθή ή την ανάστροφη πόλωση είναι τα ακόλουθα S1-S4 για ορθή πόλωση και S2-S3 για ανάστροφη. Ορθή πόλωση, θεωρείται αυθαίρετα, για τις ανάγκες της παρούσας έκθεσης, η κίνηση που είναι σύμφωνα με την φορά του ρολογιού. Το ζευγάρι S2-S3 προσδίδει κίνηση, που είναι αντίθετη με την φορά του ρολογιού. Η κίνηση αυτή χαρακτηρίζεται ως ανάστροφη. Σημαντικό είναι να μην υλοποιηθεί κάποιος από τους ακόλουθους συνδυασμούς: S1-S3 και S2-S4. Οι συνδυασμοί αυτοί, προκαλούν καταστροφή του κινητήρα. Οι υπόλοιποι συνδυασμοί, είτε δεν επιφέρουν κίνηση, είτε δημιουργούν βραχυκύκλωμα. Αναλυτικά οι συνδυασμοί φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί, (πίνακας 2):

S1	S2	S3	S4	Αποτέλεσμα
0	0	0	0	Καμία κίνηση
0	0	0	1	Καμία κίνηση
0	0	1	0	Καμία κίνηση
0	0	1	1	Βραχυκύκλωμα
0	1	0	0	Καμία κίνηση
0	1	0	1	Διάλυση κινητήρα
0	1	1	0	Αριστερή κίνηση
0	1	1	1	Βραχυκύκλωμα
1	0	0	0	Καμία κίνηση
1	0	0	1	Δεξιά κίνηση
1	0	1	0	Διάλυση κινητήρα
1	0	1	1	Βραχυκύκλωμα
1	1	0	0	Βραχυκύκλωμα
1	1	0	1	Βραχυκύκλωμα
1	1	1	0	Βραχυκύκλωμα
1	1	1	1	Βραχυκύκλωμα

Πίνακας 2, Συνδυασμοί λειτουργίας γέφυρας-H



Εικόνα 7, Βασικές καταστάσεις λειτουργίας γέφυρας-H

2.3.2 Ανάλυση L293B

Η L293B είναι μια διπλή γέφυρα τύπου-H, που παράγεται από την SGS Thomson Microelectronics, με έδρα την Αμερική. Η L293B ανήκει στην οικογένεια εξαρτημάτων L293x, όπου x είναι η κωδική ονομασία της εκάστοτε έκδοσης της γέφυρας. Εξαρτήματα της οικογενείας L293x παράγονται, επίσης, από πολλές εταιρείες μικροηλεκτρονικών με κύρια αντιπρόσωπο την Texas Instruments (TI). Όλα τα εξαρτήματα μοιράζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά και έχουν ορισμένες μικροδιαφορές στην κατασκευή τους. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στην εξειδίκευση των εφαρμογών που καλούνται να υλοποιήσουν οι εκάστοτε γέφυρες-H.

Η L293B, μπορεί επιπροσθέτως, να διανείμει εντάσεις ρεύματος έως 1A σε κάθε κανάλι της, ενώ κάθε κανάλι της ελέγχεται από ένα σύστημα λογικής κρυσταλλολυχνιών (transistors). Η λογική αυτή, ονομάζεται TTL (Transistor-Transistor Logic) και εφαρμόζεται στην είσοδο κάθε καναλιού. Καθένα κανάλι, επίσης, διαθέτει και μια είσοδο που ελέγχει την λειτουργία κάθε ζευγαριού λογικών ελεγκτών (TTL). Στο σχεδιασμό του εξαρτήματος υπάρχει ακίδα εισόδου, που προσφέρει ικανότητα ξεχωριστής τροφοδοσίας στους λογικούς ελεγκτές από αυτή της κεντρικής τροφοδοσίας, προσδίδοντας τη δυνατότητα οι ελεγχόμενοι κινητήρες να λειτουργούν σε τάση διαφορετική από αυτή των 5V, που εφαρμόζεται στους λογικούς ελεγκτές. Τέλος, όλες οι γέφυρες αυτής της οικογενείας, συμπεριλαμβανομένης και της L293B, διαθέτουν μεγάλη αντοχή σε ηλεκτρομαγνητικούς θορύβους. Το συγκεκριμένο

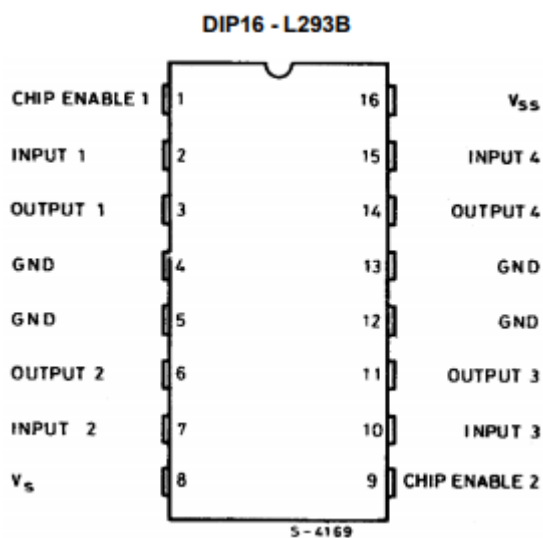
χαρακτηριστικό, προσδίδει αξιοπιστία σε δύσκολες συνθήκες λειτουργίας, όπως είναι οι βιομηχανικές εφαρμογές.

Η γέφυρα της εφαρμογής, διαθέτει δεκαέξι (16) ακίδες (εικόνα 8). Τέσσερις (4) από αυτές, οι ακίδες: 4,5,12,13, δύναται να λειτουργούν ως ακίδες γείωσης. Οι ακίδες αυτές έχουν παράλληλα την ικανότητα να λειτουργήσουν ως ακροδέκτες εφαρμογής πινακίδας απαγωγής θερμότητας (Heat-Sink Shield). Η εφαρμογή πινακίδας απαγωγής θερμότητας δεν είναι υποχρεωτική, αλλά προτείνεται αν η έξοδος κάθε καναλιού πλησιάζει τη μέγιστη απόδοση εντάσεως, προς αποφυγήν σφάλματος της απόδοσης της γέφυρας. Στην παρούσα εφαρμογή, η ένταση ρεύματος κάθε εξόδου υπολογίζεται πειραματικά, στο εύρος εντάσεων 385 έως 425ma, οπότε δε χρειάζεται η εφαρμογή Heat Shield. Αυτό συμβαίνει, καθώς, από τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης γέφυρας το όριο διανομής έντασης κάθε καναλιού, ανέρχεται στο 1A. Στην γέφυρα υπάρχουν επίσης, δύο (2) ακίδες που λειτουργούν ως είσοδοι τροφοδοσίας. Η πρώτη από αυτές, η ακίδα δεκαέξι (16), αποτελεί την τροφοδοσία λογικού ελέγχου. Η ακίδα οχτώ (8) αντίστοιχα, αποτελεί την τροφοδοσία των ελεγχόμενων φορτίων. Η γέφυρα διαθέτει, επίσης, μια ακίδα εισόδου για κάθε κανάλι, που λειτουργεί ως εκκινητής κάθε καναλιού. Αναλυτικά, οι ακίδες αυτές είναι οι ένα (1) και εννιά (9), αντίστοιχα. Οι ακίδες ενεργοποίησης αναλαμβάνουν, αφενός τον έλεγχο λειτουργίας κάθε καναλιού, καθώς ορίζουν αν το εκάστοτε κανάλι θα επιφέρει κίνηση στο συνδεδεμένο κινητήρα και αφετέρου προσφέρουν δυνατότητα ελέγχου ταχύτητας. Ο έλεγχος τάσεως κάθε καναλιού επιτυγχάνεται με έλεγχο της εφαρμοζόμενης τάσης στα άκρα κάθε κινητήρα. Χαρακτηριστικά, η λειτουργία αυτή λειτουργεί με χρήση της τεχνολογίας ρύθμισης παλμικού πλάτους (PWM), που διαθέτει ο μικροελεγκτής της εφαρμογής. Τέλος, υπάρχουν τέσσερις (4) ακίδες ανά κανάλι, που αφορούν τον έλεγχο κάθε φορτίου. Δυο (2) εξ αυτών είναι οι είσοδοι ελέγχου (ακίδες 2,7 – 10,15), ενώ οι άλλες είναι οι εκάστοτε εξοδοί του καναλιού (ακίδες 3,4 - 11,14). Οι ακίδες αυτές, διαθέτουν δυο (2) πιθανές καταστάσεις λειτουργίας. Την κατάσταση απενεργοποίησης, που επιτυγχάνεται με εφαρμογή λογικού μηδέν (0) και την κατάσταση ενεργοποίησης που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή λογικού ένα (1) αντίστοιχα. Όταν, μια είσοδος λάβει λογικό ένα (1), ταυτόχρονα θέτει σε ίδια κατάσταση λειτουργίας και την αντίστοιχη έξοδο.

Οι συνθήκες λειτουργίας της γέφυρας της εφαρμογής αναφέρονται στον κάτωθι πίνακα:

Σύμβολο	Παράμετρος	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
V_s	Είσοδος Τροφοδοσίας	36	V
V_{ss}	Είσοδος Τροφοδοσίας Λογικού ελέγχου	36	V
V_i	Τάση εισόδων	7	V
V_{inh}	Τάση αναστολής λειτουργίας εισόδων	7	V
I_{out}	Μέγιστη ένταση εξόδου (Μη επαναλαμβανόμενη σε χρόνο μικρότερο από $t=5ms$)	2	A
P_{tot}	Μέγιστη οριακή ισχύς λειτουργίας, σε θερμοκρασία ακίδων γείωσης ίση με $80^{\circ}C$	5	W
T_{stg}, T_j	Θερμοκρασία αποθήκευσης και διακλάδωσης	-40 έως +150	$^{\circ}C$

Πίνακας 3. Πίνακας συνθηκών λειτουργίας γέφυρας L293B



Εικόνα 8, Σχηματικό διάγραμμα γέφυρας L293B

2.3.3 Λόγοι επιλογής της γέφυρας Τύπου-H L293B

Η επιλογή μιας γέφυρας της οικογενείας L293x, ειδικότερα της L293B, έγινε με γνώμονα τη λειτουργία της κατασκευής. Η κατασκευή απαιτούσε τον ανεξάρτητο έλεγχο δύο κινητήρων DC, σε ορθή και ανάστροφη λειτουργία. Όπως ήδη αναλύθηκε, οι διπλές γέφυρες της οικογενείας L293x προσφέρουν αυτή τη δυνατότητα ελέγχου, μαζί με άλλα χαρακτηριστικά, καθιστώντας εφικτή την απόλυτη παραμετροποίηση ελέγχου κάθε κινητήρα ξεχωριστά, στη

διάρκεια υλοποίησης του σεναρίου λειτουργίας της εφαρμογής. Επιπροσθέτως οι γέφυρες αυτής της οικογενείας λειτουργούν σε λογικές τάσεις 5V, τάσεις που δύναται να προσφέρει ο μικροελεγκτής δίχως την απαίτηση περιφερειακής συσκευής ελέγχου τάσεως.

2.4 Σερβοκινητήρας MG90s



Εικόνα 9, Σερβοκινητήρας MG90s

2.4.1 Γενικές Πληροφορίες

Ένας σερβοκινητήρας (servomotor) είναι μια συσκευή γραμμικού ή κυκλικού ενεργοποιητή ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία βρίσκεται, η οποία προσφέρει τη δυνατότητα ελέγχου θέσης με μεγάλη ακρίβεια, ενώ ταυτόχρονα ελέγχεται η ταχύτητα αλλά κι επιτάχυνση του. Ένας σερβοκινητήρας, βασίζεται σε ένα κινητήρα κατάλληλο για την εκάστοτε εφαρμογή και σε ένα αισθητήριο μεγάλης ευαισθησίας για την επίτευξη ελέγχου θέσεως. Επίσης, χρειάζεται ένας ελεγκτής που να επεξεργάζεται τα στοιχεία του αισθητήριου ανάδρασης, εκτελώντας τις απαιτούμενες ενέργειες. Το αισθητήριο ελέγχου θέσεως αποδίδει στην έξοδο του ένα ψηφιακό ή αναλογικό σήμα, ανάλογα από το είδος του αισθητήριου, που ο ελεγκτής αναγνωρίζει και εκτελεί τυχόν διορθώσεις. Η πιο απλή διάταξη ενός σερβοκινητήρα, αποτελείται από έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος και ένα ποτενσιόμετρο. Το ποτενσιόμετρο αποδίδει αναλογικό σήμα, ελέγχοντας την ανάδραση θέσεως. Με χρήση κωδικοποιητή, αυτό το σήμα αποδίδεται ως τάση στον ελεγκτή. Ο ελεγκτής συγκρίνει την τάση που λαμβάνει με αυτή που έχει τεθεί ως απαιτούμενη και, αν διαφέρει δημιουργεί ένα σήμα σφάλματος, αποδίδοντας με πλήρη ταχύτητα αλλαγή θέσεως στον κινητήρα.

2.4.2 Ανάλυση MG90S

Ο MG90S είναι ένας σερβοκινητήρας που παράγεται από την Tower Pro. Η Tower Pro είναι μια εταιρεία που ειδικεύεται σε εξαρτήματα υψηλής απόδοσης για χρήση μοντελισμού. Τα προϊόντα αυτής της εταιρίας, κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με το βάρος τους. Η μικρότερη κατηγορία βάρους των προϊόντων είναι η κατηγορία Micro(5-10g). Στην κατηγορία Micro ανήκει μεταξύ άλλων και η έκδοση SG90s. Η έκδοση αυτή, διαθέτει τις

ίδιες διαστάσεις με τους σερβοκινητήρες της εφαρμογής, με το βάρος της να ανέρχεται στα 9g. Η βασική διαφορά συναντάται στο υλικό κατασκευής του γραναζώματος που είναι φτιαγμένο από πλαστικό. Η επόμενη κατηγορία είναι η Mini(11-20g), στην οποία περιλαμβάνονται οι σερβοκινητήρες της εφαρμογής. Η έκδοση των σερβοκινητήρων είναι η MG90S. Η κατάταξη τους σε αυτήν την κατηγορία εξαρτάται από το βάρος τους, που ανέρχεται στα 13.4g (Πίνακας 4), δίχως την εφαρμογή κάποιου εξωτερικού εξαρτήματος. Το γρανάζια αυτής της έκδοσης, είναι μεταλλικά αποδίδοντας μεγαλύτερη ροπή και αξιοπιστία, σε σύγκριση με την αντίστοιχη έκδοση SG90S. Οι επόμενες κατηγορίες είναι οι Standard Servo(31-49g) που περιλαμβάνουν εκδόσεις στο εύρος των τριάντα ενός (31) έως σαράντα εννέα (49) γραμμαρίων και η κατηγορία X-Large Servo(50g+) που περιλαμβάνει όλες τις εκδόσεις σερβοκινητήρων, που εντάσσονται στην κατηγορία μοντελισμού και το βάρος τους ξεπερνά τα πενήντα (50) γραμμάρια.

Τα χαρακτηριστικά του MG90S φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Χαρακτηριστικό	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
Βάρος	13.4	g
Διαστάσεις	22.8x12.2x28.5	mm
Ροπή Βραχίονα	1.8 (4.8V); 2.2(6.6V)	Kg/cm
Τάση λειτουργίας	4.8 έως 6.6	V
Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	0 έως 55	°C
Εύρος Νεκρής Ζώνης	1	us

Πίνακας 4, Πίνακας χαρακτηριστικών MG90s

2.4.3 Τροποποιήσεις κινητήρων

Στην συγκεκριμένη εφαρμογή υπάρχουν δυο σερβοκινητήρες έκδοσης MG90s, που έχουν τροποποιηθεί κατάλληλα, ούτως ώστε να λειτουργούν ως κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC). Αυτή η μετατροπή έχει επιτευχθεί αφενός με την αφαίρεση του ποτενσιόμετρου, που αποτελεί τον ελεγκτή θέσεως της συσκευής και αφετέρου, με την τροποποίηση της δομής του γραναζώματος, αφαιρώντας το φρένο ασφαλούς λειτουργίας. Το εξάρτημα αυτό, απέτρεπε γωνίες που υπερέβαιναν τα όρια λειτουργίας της συσκευής. Η συσκευή, δίχως την μετατροπή της, λειτουργούσε στο εύρος των -90° έως $+90^{\circ}$. Τέλος, εφαρμόστηκε παράκαμψη της πλακέτας λειτουργίας του σερβοκινητήρα, με σύνδεση του κινητήρα της συσκευής, άμεσα στην γέφυρα-H της κατασκευής.

2.4.4 Λόγοι επιλογής της έκδοσης MG90s

Η επιλογή, της συγκεκριμένης έκδοσης σερβοκινητήρα μοντελισμού, με μετατροπή των μονάδων της σε κινητήρες συνεχούς ρεύματος, ήταν απόρροια των κατασκευαστικών

χαρακτηριστικών τους (Πίνακας 4). Οι διαστάσεις απετέλεσαν βασικό παράγοντα, καθώς ο διαθέσιμος χώρος εντός της κατασκευής, είναι περιορισμένος. Σημαντικό χαρακτηριστικό, αποτελεί η υψηλή ροπή άξονα σε χαμηλές τάσεις. Η ροπή άξονα σε μικρές τάσεις, απετέλεσε σημαντικό παράγοντα, καθώς η κατασκευή τροφοδοτείται από συστοιχία μπαταριών με επακόλουθο τον περιορισμό τάσεως. Ο μεγάλος δείκτης ροπής αποτελεί, επίσης, βασικό χαρακτηριστικό, καθώς το βάρος των μπαταριών συναρτήσκει με την υπόλοιπη κατασκευή, έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη ροπή αδράνειας.

2.5 Μπαταρίες 9Volt PP3

Η τροφοδοσία της κατασκευής γίνεται με χρήση ενός ζευγαριού μπαταριών, ηλεκτρικών συσσωρευτών, σε παράλληλη σύνδεση. Οι μπαταρίες αυτές, ανέρχονται στα 9Volt και είναι τύπου PP3 με ονομαστική χωρητικότητα 600mA.

Γενικές πληροφορίες

Οι μπαταρίες των εννέα volt (9-Volt) με κωδική ονομασία PP3, διατηρούν αυτή την ονομασία ανεξάρτητα από τα υλικά κατασκευής τους, εξαιτίας των σχεδιαστικών τους χαρακτηριστικών. Είναι πρισματικά ορθογώνια με καμπυλωτές άκρες και συνδέσεις πόλωσης στο άνω τμήμα τους. Τα υλικά κατασκευής των μπαταριών είναι, συνήθως, ζευγάρια χημικών στοιχείων. Οι μπαταρίες αυτής της έκδοσης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

2.5.1 Μπαταρίες μιας χρήσης

2.5.1.1 Άνθρακα-Ψευδαργύρου (carbon-zinc):

Είναι μια τεχνολογία κατασκευής μπαταριών ξηρού τύπου, που αποδίδει μέχρι 1.5V μεταξύ του μεταλλικού ηλεκτροδίου Ψευδαργύρου και μιας ράβδου Άνθρακα. Η απόδοση της τάσεως προκύπτει από μια ηλεκτροχημική αντίδραση μεταξύ του Ψευδαργύρου και του διοξειδίου του Μαγγανίου, με τη βοήθεια ενός κατάλληλου ηλεκτρολύτη. Η συσκευασία των μπαταριών, αυτής της τεχνολογίας, είναι συνήθως από Ψευδάργυρο που χρησιμοποιείται ως άνοδος, ενώ τη λειτουργία της καθόδου επιτελεί η ράβδος Άνθρακος. Οι μπαταρίες, με σκοπό χρήσεις γενικού τύπου, μπορεί να χρησιμοποιούν ως ηλεκτρολύτη, μια υδατογενή πάστα χλωριδίου του αμμωνίου πιθανόν αναμειγμένο με χλωρίδιο του Ψευδαργύρου. Οι βαρέως τύπου μπαταρίες χρησιμοποιούν κατά βάση χλωρίδιο του Ψευδαργύρου ως ηλεκτρολύτη. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας χρησιμοποιούν εντός της συσκευασίας τους έξι μπαταρίες 1.5V, τύπου LR61. Οι LR61 είναι λίγο μικρότερες από τις μπαταρίες AAAA και είναι συνδεδεμένες εν σειρά για την επίτευξη των συνολικών 9V του πακέτου.

2.5.1.2 Αλκαλικές:

Οι αλκαλικές μπαταρίες στηρίζονται στη δομή και τη λειτουργία των μπαταριών Άνθρακα-Ψευδαργύρου. Η βασική διαφορά τους εμφανίζεται στον ηλεκτρολύτη που έχουν. Σε αντίθεση με αυτές της τεχνολογίας Carbon-Zinc, ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιούν είναι το

Υδροξείδιο του Καλίου (Potassium Hydroxide). Ο δείκτης απόδοσης των μπαταριών αυτής της τεχνολογίας, εξαιτίας της διαφοροποίησης στον ηλεκτρολύτη, είναι πολύ μεγαλύτερος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την μεγαλύτερη ενεργειακή χωρητικότητα και το μεγαλύτερο δείκτη χρόνου λειτουργίας δίχως φορτίο. Όλοι οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες), δίχως την ύπαρξη φορτίου (εν κενώ), εμφανίζουν απώλεια ενέργειας ώσπου καθίστανται μη λειτουργικές με το πέρας ενός κρίσιμου χρονικού διαστήματος. Στις αλκαλικές μπαταρίες, αυτό το χρονικό περιθώριο είναι πολύ μεγαλύτερο από τις μπαταρίες Carbon-Zinc.

2.5.1.3 Μπαταρία λιθίου (Δισουλφιδίου του σιδήρου Li-FeS_2)

Οι μπαταρίες λιθίου στη γενική τους μορφή, αποδίδουν τάσεις που είναι 3V ή μεγαλύτερες. Οι μπαταρίες, όμως, της τεχνολογίας Li-FeS_2 είναι κατασκευασμένες να αποδίδουν 1.5V, προσφέροντας ανώτερα χαρακτηριστικά απόδοσης σε σύγκριση με τις αλκαλικές, κατ'επέκταση και από τις μονάδες της τεχνολογίας Carbon-Zinc. Οι μπαταρίες λιθίου αυτής της τεχνολογίας διαθέτουν μεγαλύτερη ονομαστική χωρητικότητα και ταυτόχρονα μικρότερη εσωτερική αντίσταση, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το δείκτη αποφόρτισης εν κενώ. Τα χαρακτηριστικά αυτά τις καθιστούν ιδανικές για χρήσεις σε εφαρμογές με μεγάλα φορτία. Μερικά ακόμα πλεονεκτήματα, είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας και η μεγάλη ασφάλεια σε διαρροές. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας δεν παράγονται σε συσκευασία τύπου PP3. Διαθέτουν όμως στην γκάμα τους, μπαταρίες τύπου AAA. Το χαρακτηριστικό, αυτό καθιστά εφικτή την κατασκευή συστοιχίας που να έχει συνολική τάση 9V.

2.5.2 Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες

2.5.2.1 Μπαταρία Νικελίου-Καδμίου (Nickel-Cadmium NiCD)

Είναι μια τεχνολογία επαναφορτιζόμενων μπαταριών, που χρησιμοποιεί στη κάθοδο κάθε μονάδας το χημικό στοιχείο Νικέλιο, ενώ η άνοδος της αποτελείται από το χημικό στοιχείο Κάδμιο. Τα κύρια πλεονεκτήματα της είναι:

- Ο μεγάλος αριθμός κύκλων πλήρης φόρτισης, αν ακολουθείται από σωστή συντήρησή τους. Η σωστή συντήρηση που απαιτείται στις μονάδες αυτής της τεχνολογίας, περιλαμβάνει την περιοδική πλήρη εκφόρτωση τους. Παράλληλα, ο υψηλός δείκτης ζωής κάθε μπαταρίας, προσδίδει τη δυνατότητα αποθήκευσης, σε κατάσταση αποφόρτισης δίχως απώλεια στη διάρκεια ζωής τους. Πριν από επόμενη χρήση τους πρέπει, να έχουν υποστεί πλήρη φόρτιση. Η πλήρης φόρτιση απαιτείται αφενός, για την επίτευξη της ονομαστικής απόδοσης και αφετέρου, για τη διατήρηση της μεγάλης διάρκειας ζωής.
- Η ικανότητα αποδοτικής ταχείας φόρτισης. Οι μονάδες αυτής της τεχνολογίας, κατέχουν το χαμηλότερο δείκτη καταπόνησης από ταχείς φορτίσεις. Αυτή η ικανότητα, παράλληλα με την σταθερή απόδοση σε υψηλά φορτία, προσφέρει την επιλογή χρήσης τους σε ηλεκτρικά κυκλώματα που αποτελούνται από συσκευές μεγάλου φορτίου.

- Βασικό πλεονέκτημα αποτελεί, το χαμηλό κόστος τους. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας, αποτελούν μια από τις πιο αποδοτικές τεχνολογίες όσον αφορά το κόστος προς τον αριθμό των κύκλων πλήρους φόρτισης.

Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας εμφανίζουν, όμως, και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά ακολουθούν:

1. Η αποθηκευμένη ενέργεια κάθε μονάδας, βρίσκεται σε αρκετά χαμηλό βαθμό, σε σύγκριση με νεότερες τεχνολογίες, όπως είναι η τεχνολογία Νικελίου-Μεταλλικού υδριδίου που αναλύεται σε μεταγενέστερο τμήμα της έκθεσης.
2. Διαθέτουν κατάσταση μνήμης. Αυτή η κατάσταση έχει ως αποτέλεσμα, την απόδοση ενέργειας, που είναι χαμηλότερη της ονομαστικής τους χωρητικότητας. Αναλυτικότερα, το φαινόμενο μνήμης φόρτισης, έχει ως συνέπεια την αποθήκευση μικρότερης ποσότητας ενέργειας συγκριτικά με την ονομαστική χωρητικότητα. Αυτό το φαινόμενο, προκαλείται από φορτίσεις που συμβαίνουν σε μονάδες, που δεν είχαν αποφορτιστεί εντελώς. Για την καταπολέμηση αυτού του φαινομένου, πρέπει οι μπαταρίες να αποφορτίζονται εντελώς πριν από τον επόμενο κύκλο φόρτισης τους.
3. Βασικό μειονέκτημα αποτελούν τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά. Το χημικό στοιχείο Κάδμιο, που αποτελεί την άνοδο τους, είναι τοξικό μέταλλο. Επακόλουθο είναι ο περιορισμός απορρίψεως τους, μόνο σε εγκεκριμένες μονάδες ανακύκλωσης και όχι σε μονάδες απορριμμάτων γενικής χρήσης.
4. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας έχουν υψηλό δείκτη αποφόρτισης σε κατάσταση αποθήκευσης. Αποτέλεσμα αυτού του χαρακτηριστικού, είναι η ανάγκη φόρτισης πριν από επόμενη χρήση. Περιορισμό αποτελεί και η μικρή ονομαστική τάση κάθε μονάδας που ανέρχεται στα 1.2V, καθιστώντας δύσκολη τη δημιουργία συστοιχιών υψηλής τάσης.

2.5.2.2 Μπαταρία Νικελίου-Μεταλλικού υδριδίου (Nickel-Metal Hydride NiMH):

Οι μελέτες αυτής της τεχνολογίας ξεκίνησαν το 1967, αλλά η αστάθεια των μεταλλικών υδριδίων, οδήγησε στην εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας μπαταριών τη δεκαετία 1980. Καταλυτικό παράγοντα, αποτέλεσε η εμφάνιση καινούργιων κραμάτων υδριδίου. Τα καινούργια κράματα διόρθωσαν τις αστάθειες των προκατόχων τους και οδήγησαν στην δημιουργία μπαταριών, που προσφέρουν χωρητικότητες ενέργειας, οι οποίες είναι μεγαλύτερες έως και 40%, σε σύγκριση με την τεχνολογία Nickel-Cadmium NiCD. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας συγκριτικά με αυτά της NiCD είναι τα ακόλουθα:

- Ο δείκτης ηλεκτρικής μνήμης είναι πολύ μικρότερος, μειώνοντας την ανάγκη για κύκλους πλήρης αποφόρτισης-φόρτισης. Αναφορικά με την συγκρινόμενη τεχνολογία, ο δείκτης αυτός, με σωστή συντήρηση, μπορεί να θεωρηθεί σε ελάχιστα επίπεδα.
- Η κατασκευαστική τους δομή, με χρήση ανόδου που στερείται την ύπαρξη τοξικού μετάλλου, προσδίδει την ικανότητα αποθήκευσης και μεταφοράς και που δεν απαιτεί ειδική

συσκευασία. Ταυτόχρονα, οι μονάδες αυτής της τεχνολογίας είναι φιλικές προς περιβάλλον, καθώς φέρουν μόνο κάποιες ήπιες τοξίνες. Αποτέλεσμα των παραπάνω χαρακτηριστικών, παράλληλα με την ύπαρξη Νικελίου στην κατασκευή τους, καθιστά την ανακύκλωση τους αποδοτική και εύκολη δίχως απαίτηση εξειδικευμένης επεξεργασίας.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι:

- Σημαντικότερο μειονέκτημα, αποτελεί η μικρή διάρκεια ζωής κάθε μονάδας, που οφείλεται αφενός, στον υψηλό δείκτη αποφόρτισης σε κατάσταση αποθήκευσης και αφετέρου, στις πλήρης αποφορτίσεις. Ο δείκτης αυτός ανέρχεται σε 20% για τις πρώτες 24 ώρες από την πλήρη φόρτιση και μειώνεται σε 10% για κάθε επακόλουθο μήνα. Ο δείκτης αποτελεί το μεγαλύτερο, σε σύγκριση με όλες τις υπάρχουσες τεχνολογίες που βασίζονται στο Νικέλιο.
- Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας εμφανίζουν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα φόρτισης. Χαρακτηριστικά, απαιτείται ένας αλγόριθμός φόρτισης πολύ πιο πολύπλοκος από αυτόν της προκάτοχου τεχνολογίας, παράλληλα με την ευαισθησία σε υπερφορτίσεις που εμφανίζουν οι μονάδες της τεχνολογίας NiMH. Τέλος, η φόρτιση σε αυτή την τεχνολογία παράγει υψηλότερη θερμοκρασία από την προκάτοχο τεχνολογία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί η συμπεριφορά σε ταχείς φορτίσεις.

2.5.2.3 Μπαταρία πολυμερών ιόντων λιθίου (lithium-ion polymer battery LiPO)

Η τεχνολογία ιόντων πολυμερούς λιθίου πρόκειται για μια κατηγορία επαναφορτιζόμενων μπαταριών, που ανήκει στην ευρύτερη ομάδα τύπου ιόντων λιθίου. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας, εμφανίζουν μια βασική διαφορά με όλες τις μπαταρίες των υπολοίπων τεχνολογιών. Στην τεχνολογία αυτή, ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από ένα μίγμα πηκτών πολυμερών έναντι ενός υγρού που φέρουν όλες οι υπόλοιπες τεχνολογίες. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας δεν παράγονται σε συσκευασία τύπου PP3, όπως αυτές της εφαρμογής.

Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα: Η πολύ μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα, αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των μπαταριών πολυμερών λιθίου ή κυττάρων πολυμερών λιθίου. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί μεγάλο προσόν, καθώς οι συσκευές με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αποκτούν συνεχώς μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ενέργεια, ενώ συνάμα αυξάνεται και το εύρος χρόνου ανάμεσα στις φορτίσεις.
- Αποφόρτιση σε κατάσταση αποθήκευσης: Η αποφόρτιση των μπαταριών σε κατάσταση αποθήκευσης αποτελεί ένα βασικό παράγοντα της απόδοσης των επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας αποτελούν τις πιο αποδοτικές σε αυτό τον παράγοντα, καθώς ο δείκτης αποφόρτισης τους είναι πολύ μικρότερος από αυτόν των μπαταριών της οικογενείας Νικελίου.

- Μικρές απαιτήσεις συντήρησης: Οι μπαταρίες και τα κύτταρα αυτής της τεχνολογίας εμφανίζουν μικρές απαιτήσεις συντήρησης, με κυριότερη την έλλειψη απαίτησης για περιοδικές αποφορτίσεις προς αποφυγή φαινομένου ηλεκτρικής μνήμης, όπως χρειάζονται οι μπαταρίες της οικογενείας Νικελίου.
- Διαθεσιμότητα διάφορων τύπων: Το βασικό πλεονέκτημα των μπαταριών τύπου LiPo είναι η δομή των κυττάρων αυτής της τεχνολογίας. Η δομή αυτή, τους επιτρέπει να παράγονται σε ένα μεγάλο εύρος συστοιχιών και σχημάτων, με αποτέλεσμα την ικανότητα εφαρμογής τους σε εφαρμογές που έχουν περιορισμό στο βάρος και στο κατασκευαστικό τους μέγεθος.

Τα βασικά μειονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι:

- Κύκλωμα προστασίας: Οι μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας, απαιτούν κύκλωμα προστασίας κατά την φόρτιση, αλλά και κατά την πλήρη αποφόρτιση. Τα κυκλώματα προστασίας εφαρμόζονται για τον έλεγχο της έντασης του ρεύματος και της τάσης κατά την φόρτιση. Η ένταση του ρεύματος, πρέπει να βρίσκεται σε ασφαλή όρια προς αποφυγή καταστροφής της μπαταρίας. Αν δεν υπάρξει έλεγχος των χαρακτηριστικών φόρτισης, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα έκρηξης και φωτιάς. Οι ίδιοι κίνδυνοι εμφανίζονται και κατά την πλήρη αποφόρτιση. Κίνδυνος υπερφόρτισης, δημιουργείται, αφενός από την εφαρμογή μεγαλύτερης τάσης φόρτισης, από την προτεινόμενη ονομαστική τιμή (η τιμή αυτή είναι 4.2V ανά κύτταρο για τις περισσότερες μπαταρίες) και αφετέρου, από τη φόρτιση σε σωστή τάση αλλά για χρόνο μεγαλύτερο από τον απαιτούμενο. Και στις δύο περιπτώσεις, όταν ένα κύτταρο υποστεί υπερφόρτιση, καταστρέφει το περίβλημά του, αντιδρώντας με την ατμοσφαιρική δομή. Κατασκευαστικά, οι μπαταρίες αυτές δημιουργούν ακραίες χημικές αντιδράσεις αν εκτεθούν σε ατμοσφαιρική δομή. Οι χημικές αυτές αντιδράσεις ευθύνονται για τα φαινόμενα εκρήξεως και κατ' επέκταση την πρόκληση πυρκαγιάς.
- Χρόνος ζωής: Βασικό μειονέκτημα αποτελεί και η ευαισθησία των μπαταριών στο χρόνο, είτε αυτό αναφέρεται σε κύκλους πλήρους φόρτισης-αποφόρτισης, αλλά και σε κατάσταση αποθήκευσης. Ο αριθμός κύκλων φόρτισης- αποφόρτισης είναι αρκετά μικρότερος από τον αντίστοιχο της οικογενείας Νικελίου. Συνάμα, για τη διατήρηση του χρόνου ζωής των μπαταριών αυτής της τεχνολογίας, πρέπει να φέρουν μερική φόρτιση της τάξεως 40%-50% της ονομαστικής χωρητικότητας, σε κατάσταση αποθήκευσης.
- Περιορισμοί μεταφοράς: Σύμφωνα με την εκάστοτε νομοθεσία κάθε χώρας, υπάρχουν περιορισμοί στη μεταφορά τους, κατά κύριο λόγο αεροπορικά. Συνήθως ο περιορισμός αυτός δεν επηρεάζει μονάδες που μεταφέρονται μέσω χειραποσκευής, αλλά απαιτεί ύπαρξη κυκλωμάτων ή θηκών που να αποκλείουν τυχόν βραχυκύκλωμα.

- Κόστος: Βασικό μειονέκτημα αποτελεί και το κόστος κάθε μονάδας αυτής της τεχνολογίας. Το κόστος παραγωγής τους είναι κατά 40% μεγαλύτερο σε σύγκριση με αυτό της τεχνολογίας Νικελίου-Καδμίου. Συγκριτικά με τις υπόλοιπες τεχνολογίες της οικογενείας Νικελίου, αυτή η τιμή είναι χαμηλότερη, αλλά παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Μεγάλο κόστος φέρει και το σύστημα φόρτισης για τις μπαταρίες αυτής της τεχνολογίας.

2.5.3 Λόγοι επιλογής μπαταριών τύπου PP3

Η υλοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής είχε ως βασικό γνώμονα την εξοικονόμηση χώρου και τη βέλτιστη ισορροπία των υλικών εσωτερικά της σφαίρας. Οι δυο βασικές επιλογές που υπήρχαν ήταν οι μπαταρίες LiPo και οι NiMH. Απορρίφθηκαν οι επιλογές μη επαναφορτιζόμενων μπαταριών, αφού στόχος ήταν η μακροπρόθεσμη υλοποίηση της εφαρμογής. Από οικονομικής άποψης, η χρήση μη επαναφορτιζόμενων μπαταριών ήταν μια ασύμφορη επιλογή. Οι μπαταρίες LiPo αποτελούσαν τη βέλτιστη επιλογή από άποψη ενέργειας. Για την υλοποίηση, όμως, είχαν βασικό μειονέκτημα το υψηλό κόστος. Η εναλλακτική τεχνολογία NiMH ήταν μια πολύ οικονομικότερη επιλογή και συνάμα ικανοποιητικής απόδοσης. Στην εφαρμογή έγινε χρήση δυο μπαταριών ονομαστικής χωρητικότητας 600mA, τεχνολογίας NiMH με ικανότητα έως και 1000 πλήρων φορτίσεων. Η δομή μπαταριών είναι σε παράλληλη σύνδεση που ταυτόχρονα βοηθούν και στη σωστή ισορροπία της κατασκευής. Η χρήση μπαταρίας της τεχνολογίας LiPo, θα είχε ως επακόλουθο την αναγκαιότητα χρήσης, εξαρτήματος που θα επέφερε ισορροπία στην κατασκευή.

Κεφάλαιο 3

3.1 Σενάριο λειτουργίας

Η κατασκευή της εφαρμογής, στηρίζεται κυρίως στην αστάθεια που εμφανίζει η σφαίρα. Λόγω του σχήματος της σφαίρας, η επίτευξη της ευστάθειας απαιτεί κατανομή βάρους που να αποφέρει απόλυτη ισορροπία. Επίσης, απαιτούνται κινήσεις από τους κινητήρες μεγάλης ακριβείας. Η ιδιαιτερότητα αυτή, οδήγησε και στην επιλογή τροποποιημένων σερβοκινητήρων (servo-motors), σε κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC motors) για την επίτευξη της ακριβείας. Ο έλεγχος ισορροπίας της σφαίρας επιτυγχάνεται με χρήση μικροελεγκτή Arduino, η έκδοση του οποίου είναι η Pro Mini. Ο μικροελεγκτής, χρησιμοποιεί την πλακέτα Atmel 328 με συχνότητα 16MHz, ενώ η ονομαστική τάση λειτουργίας είναι 5V. Ο έλεγχος της κατασκευής υλοποιείται από εφαρμογή, σχεδιασμένη στην δωρεάν πλατφόρμα σχεδιασμού εφαρμογών Android, MIT App Inventor II με χρήση Bluetooth. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των εξαρτημάτων βρίσκονται στο Κεφάλαιο 2. Με χρήση της εφαρμογής Android, δίνονται οι εντολές κίνησης σε κάθε κινητήρα ενώ προσφέρεται παράλληλα προσφέρεται η ικανότητα απομακρυσμένου ελέγχου ταχύτητας των κινητήρων. Η εφαρμογή πέρα από τις βασικές παραμέτρους ελέγχου κίνησης, προσφέρει μερικές ακόμα δυνατότητες. Οι δυνατότητες αυτές αφενός, ελέγχουν την ασύρματη διασύνδεση δίνοντας την επιλογής αυτοματοποιημένης ή χειροκίνητης σύνδεσης και αφετέρου, την ικανότητα επιλογής γλώσσας απεικόνισης μηνυμάτων και λειτουργιών εντός της εφαρμογής. Ένα βασικό σενάριο λειτουργίας, αποτελείται από έλεγχο κίνησης της σφαίρας με χρήση τηλεχειρισμού. Το σενάριο αυτό, περιλαμβάνει όλες τις οχτώ (8) πιθανές κινήσεις, με στόχο την πλήρη δυνατότητα κίνησης στον χώρο, φέροντας συνάμα την δυνατότητα διατήρησης ισορροπίας σε όλες τις κινήσεις. Το σενάριο λειτουργίας μπορεί να περιλαμβάνει επίσης έλεγχο ταχύτητας, καθώς μέσω τηλεχειρισμού, προσφέρεται η ικανότητα ελέγχου της κύριας ταχύτητας των κινητήρων. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται, μέσω του κώδικα του ελεγκτή, όπως αναλύεται παρακάτω.

3.1.1 Περιβάλλον Προγραμματισμού

Ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή, γίνεται με την βοήθεια του Arduino IDE (Integrated Development Environment), που είναι μια εφαρμογή σχεδιασμένη σε JAVA, διαθέτοντας συντάκτη και μεταγλωττιστή της C και C⁺⁺. Ειδικότερα, η συγγραφή γίνεται με την γλώσσα προγραμματισμού Wiring (C, C⁺⁺) και το IDE χρησιμοποιεί εργαλεία GNU toolchain και AVR Libc για να παρέχει την μεταγλώττιση προγραμμάτων από C, C⁺⁺ σε κατάλληλες AVR εντολές γλώσσας μηχανής, καθώς και το εργαλείο avrduude για την αποστολή του εκτελέσιμου προγράμματος στην Flash memory του Arduino.

Για να είναι ένα πρόγραμμα εκτελέσιμο πρέπει ο χρήστης να ορίσει δύο κύριες λειτουργίες:

setup(): Είναι μια συνάρτηση, που εκτελείται μια φορά μόνο κατά την έναρξη του προγράμματος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προετοιμασία ρυθμίσεων, όπως για παράδειγμα αρχικοποίηση μεταβλητών, αντιστοίχιση συσκευών σε συγκεκριμένες θύρες του

μικροελεγκτή και τον ορισμό ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων της σειριακής θύρας. Σε περίπτωση που η εφαρμογή χρησιμοποιεί κάποιες εξειδικευμένες βιβλιοθήκες που δεν υπάρχουν στο πακέτο του Arduino IDE, πρέπει να δηλωθούν στην αρχή του προγράμματος πριν από τον ορισμό της λειτουργίας `setup()`.

`loop()`: Είναι η συνάρτηση που περιλαμβάνει το κυρίως πρόγραμμα και εκτελείται συνεχώς μέχρι την απενεργοποίηση ή επανεκκίνηση του μικροελεγκτή. Σε αυτή την συνάρτηση περιέχεται ο βασικός κώδικας του προγράμματος και όλες οι μεταβλητές του, στην συνάρτηση αυτή δίδεται επίσης η δυνατότητα χρήσης άλλων συναρτήσεων που εμπεριέχονται σε βιβλιοθήκες ή εκτός του κύριου κώδικα.

3.2 Εφαρμογή χειριστηρίου

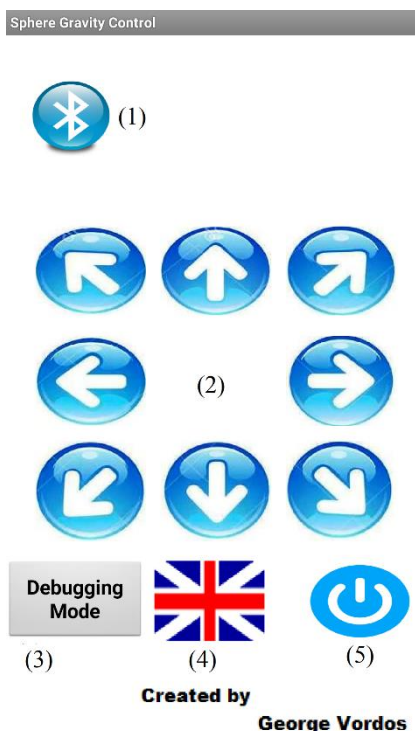
Ο χειρισμός της σφαίρας για την επίτευξη του ελέγχου ισορροπίας, γίνεται με την βοήθεια συσκευής που υποστηρίζει λειτουργικό Android. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της εφαρμογής είναι το κινητό μου τηλέφωνο που υποστηρίζει τεχνολογία Bluetooth και φέρει λειτουργικό Android. Ο έλεγχος της σφαίρας, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο παράρτημα γίνεται με χρήση τεχνολογίας Bluetooth. Η εφαρμογή ελέγχου έχει υλοποιηθεί με την χρήση της δωρεάν πλατφόρμας σχεδιασμού MIT App Inventor II και φέρει την δυνατότητα διαμοιρασμού σε οποιοδήποτε συσκευή που φέρει τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

3.2.1 Γενικές πληροφορίες για το MIT App Inventor II

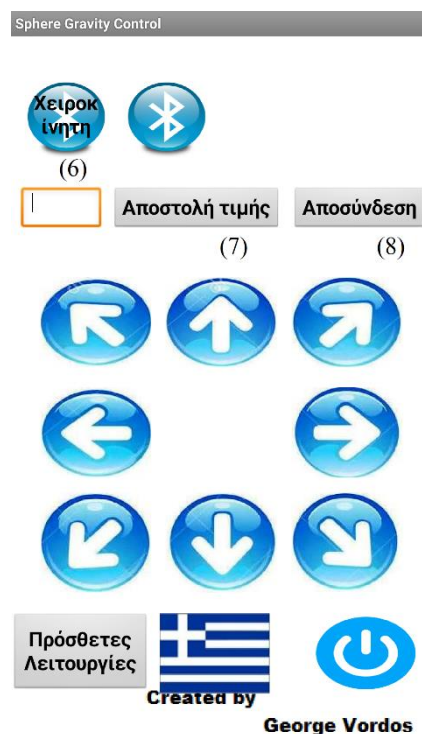
Η δωρεάν πλατφόρμα MIT App Inventor II, είναι ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού, φιλικό προς τον χρήστη δίνοντας του την δυνατότητα να υλοποιήσει πλήρως λειτουργικές εφαρμογές για συσκευές android, δίχως την απαίτηση γνώσης γλωσσών προγραμματισμού καθώς ο προγραμματισμός γίνεται με χρήση προγραμματισμού τύπου block. Η πλατφόρμα έχει ιδρυθεί και υποστηρίζεται από το Εργαστήριο Πληροφορικής και Τεχνητής Νοημοσύνης του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης, (Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Massachusetts Institute of Technology) (CSAIL). Ειδικότερα υποστηρίζεται από μια ομάδα προσωπικού του Ινστιτούτου και από ένα μικρό αριθμό φοιτητών του, με επικεφαλής καθηγητή τον Hal Abelson. Η πλατφόρμα αριθμεί περίπου 6 εκατομμύρια ενεργούς χρήστες. Η εγγραφή είναι δωρεάν και προσφέρει πλήρη δικαιώματα χρήσης σε όλους τους χρήστες. Η επικοινωνία με την συσκευή android, επιτυγχάνεται με χρήση της δωρεάν, εγκεκριμένης από το Google Store, εφαρμογής MIT AI2 Companion.

3.2.2 Ανάλυση εφαρμογής ελέγχου

Η εφαρμογή ελέγχου φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν:



Εικόνα 10, Εφαρμογή ελέγχου (1)



Εικόνα 11, Εφαρμογή Ελέγχου (2)

Στις παραπάνω εικόνες (εικόνα 10-11) φαίνεται η επιφάνεια της εφαρμογής ελέγχου.

Στην εικόνα 10 απεικονίζονται τα εξής πλήκτρα: Οχτώ (8) πλήκτρα ελέγχου κίνησης (2), ένα πλήκτρο σύνδεσης του τηλεχειριστηρίου με την ελεγχόμενη συσκευή, δίχως την ανάγκη για επιλογή διεύθυνσης συσκευής (1), ένα πλήκτρο εμφάνισης λειτουργιών διαχείρισης, (όπως θα αναλυθεί σε επόμενη εικόνα) (3), ένα πλήκτρο επιλογής γλώσσας (4) και από το πλήκτρο εξόδου της εφαρμογής (5).

Τα πλήκτρα ελέγχου κίνησης (2), όταν η συσκευή βρίσκεται εκτός σύνδεσης δεν επιτελούν κάποια λειτουργία, όπως θα αναλυθεί στον κώδικα, αλλά λειτουργούν αποκλειστικά αν υπάρχει σύνδεση με την ελεγχόμενη συσκευή. Το πλήκτρο επιλογής γλώσσας, όπως και το πλήκτρο εξόδου της εφαρμογής λειτουργούν ακόμα και δίχως ενεργή σύνδεση με την ελεγχόμενη κατασκευή, το πλήκτρο επιλογής γλώσσας ειδικότερα, διαθέτει δύο καταστάσεις, την Αγγλική και την Ελληνική. Όταν γίνεται η αλλαγή της γλώσσας όλα τα αναδυόμενα μηνύματα και τα ονόματα των πλήκτρων αλλάζουν στην επιλεγμένη γλώσσα.

Στην εικόνα 11 εμφανίζονται στην Ελληνική επιλογή γλώσσας, εκτός των κυριών λειτουργιών της εφαρμογής και οι λειτουργίες ελέγχου διαχείρισης. Οι λειτουργίες διαχείρισης, έχουν αναδυθεί ύστερα από χρήση του πλήκτρου λειτουργιών διαχείρισης (3). Αυτές οι λειτουργίες

είναι η χειροκίνητη επιλογή διεύθυνσης ελεγχόμενης συσκευής (6), αλλά και οι λειτουργίες ελέγχου ταχύτητας (7) και αποσύνδεσης της ελεγχόμενης συσκευής (8). Η ύπαρξη του πλήκτρου αυτόματης σύνδεσης συσκευής (1), υλοποιήθηκε για την ομαλότερη λειτουργία της κατασκευής, καθώς αποφεύγεται η απομνημόνευση διεύθυνσης της ελεγχόμενης συσκευής Bluetooth. Η διεύθυνση της συσκευής, αποτελείται από σύμβολα και γράμματα, όπως φαίνονται στην επόμενη εικόνα. Η λειτουργία του πλήκτρου χειροκίνητης επιλογής, συνεχίζει να διαθέτει την ικανότητα επιλογής της συσκευής που ελέγχεται στην παρούσα εφαρμογή, αλλά συνάμα και οποιαδήποτε άλλης συσκευής τύπου HC-05 ή HC-06. Ο περιορισμός επιλογής, αποκλειστικά συσκευών τύπου HC-05 ή HC-06, έχει προκύψει για λειτουργικούς λόγους. Η εφαρμογή, δεν αποκλείει διασύνδεση με άλλες συσκευές Bluetooth. Αν όμως, επιλεγθεί σύνδεση σε συσκευή διαφορετικού τύπου, η εφαρμογή δεν θα λειτουργήσει.

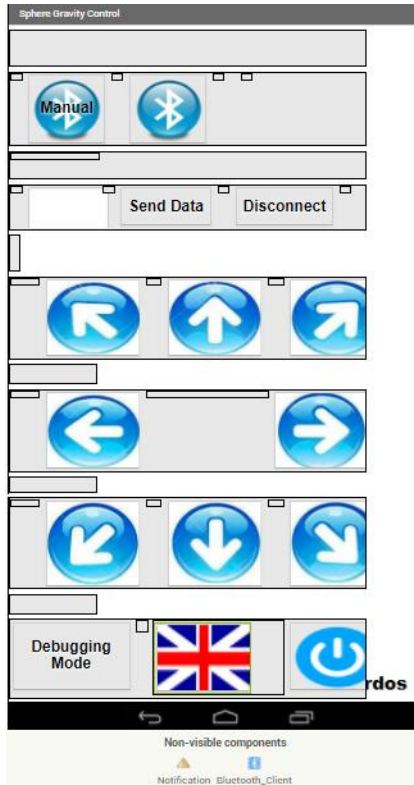


Εικόνα 12, Εφαρμογή Ελέγχου (3)

Στην εικόνα 12 εμφανίζεται η επιφάνεια της εφαρμογής ελέγχου, όταν έχει συνδεθεί με την ελεγχόμενη συσκευή. Οι αλλαγές που παρατηρούνται είναι η εμφάνιση του κειμένου “Bluetooth Connected”, κάτω από το εικονίδιο της αυτόματης σύνδεσης αλλά και ως αναδυόμενο παράθυρο με τίτλο Bluetooth Status. Επίσης, γίνεται η εμφάνιση της διεύθυνσης Bluetooth, που είναι συνδεδεμένη η εφαρμογή ελέγχου και η ενεργοποίηση των πλήκτρων ελέγχου κίνησης. Ο τρόπος λειτουργίας τους, όπως και ο κώδικας λειτουργίας όλων των πλήκτρων, θα αναλυθεί σε επόμενες εικόνες αυτού του κειμένου. Οι λειτουργίες διαχείρισης έχουν ελαχιστοποιηθεί στην παρούσα εικόνα. Οι λειτουργίες αυτές επίσης ενεργοποιούνται. Όταν η συσκευή βρίσκεται εκτός σύνδεσης, αν τα πλήκτρα των πρόσθετων λειτουργιών

πιεστούν δεν αποστέλλουν κάποια εντολή, αλλά ειδικότερα οι συγκεκριμένες λειτουργίες εμφανίζουν, ειδοποίηση πως δεν υπάρχει ενεργή σύνδεση με συσκευή Bluetooth.

3.2.3 Σχεδιασμός Εφαρμογής



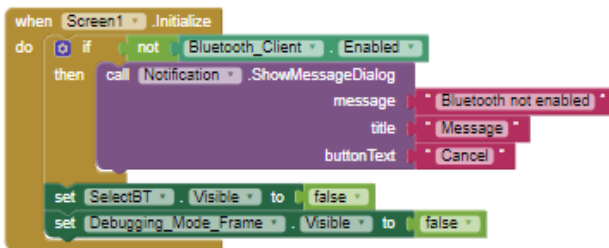
Εικόνα 13, Δομή επιφάνειας της εφαρμογής

Στην συγκεκριμένη εικόνα, (εικόνα 13) απεικονίζεται η δομή της επιφάνειας της εφαρμογής, σχεδιασμένη από την πλατφόρμα MIT App Inventor II. Η δομή της απεικόνισης στην συσκευή android, στηρίζεται στην χρήση πλαισίων διαχωρισμού κάθε τμήματος. Οι διαστάσεις των πλαισίων έχουν ρυθμιστεί, ώστε να ικανοποιούν τις διαστάσεις οθόνης της συσκευής ελέγχου. Η διάμετρος οθόνης της συσκευής ελέγχου είναι 5.5". Αν η εφαρμογή χρησιμοποιηθεί από άλλη συσκευή, μικρότερης διαγώνιου οθόνης υπάρχει η δυνατότητα κύλιση. Αν χρησιμοποιηθεί σε συσκευή μεγαλύτερης διαγώνιου οθόνης, θα εμφανίζονται μεγάλα κενά στην οθόνη. Χαρακτηριστικό, αποτελεί το γεγονός πως το πλαίσιο λειτουργιών διαχείρισης είναι συνεχώς εμφανές, κατά τον σχεδιασμό καθώς και τα κρυφά στοιχεία που χρησιμοποιούνται εκτενώς εντός του κώδικα.

3.2.4 Κώδικας Εφαρμογής Χειρισμού

Ο κώδικας της εφαρμογής χειρισμού υλοποιείται με την βοήθεια προγραμματισμού διαγραμμάτων τύπου τούβλων (Block-Diagram). Κάθε πλήκτρο, πλαίσιο, κρυφό στοιχείο (Bluetooth Client, Notification) διαθέτει λειτουργίες ελέγχου της μορφής block, καθιστώντας τον προγραμματισμό πολύ εύκολο. Ο κώδικας της εφαρμογής θα αναλυθεί με χρήση εικόνων

κάθε τμήματος ελέγχου, που αρχιτεκτονικά ταιριάζει με την δομή της επιφανείας ελέγχου. Ο έλεγχος της συσκευής γίνεται με την χρήση μια μεταβλητής byte. Κάθε εντολή που επιφέρει αλλαγές στην ελεγχόμενη συσκευή, αποστέλλει έναν αριθμό που περιλαμβάνεται σε μια μεταβλητή byte. Η μεταβλητή ελέγχου της εφαρμογής είναι ένας αριθμός ενός byte. Ένα byte περιέχει όλους τους αριθμούς από το μηδέν (0) έως το διακόσια-πενήντα-πέντε (255). Στην εφαρμογή οι αριθμοί από εκατό-πενήντα (150) έως διακόσια-πενήντα (250) χρησιμοποιούνται για τον ορισμό της ταχύτητας των κινητήρων, ενώ οι αριθμοί από πέντε (5) έως σαράντα-πέντε (45) με βήμα πέντε αριθμών, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κινήσεων. Ο κώδικας ακολουθεί αναλυτικά:



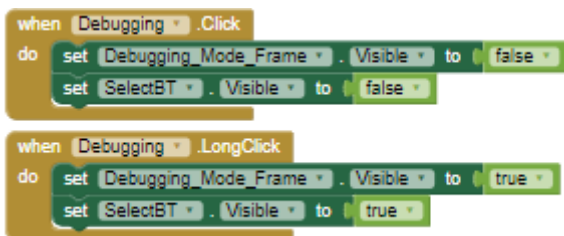
Εικόνα 14, Block λειτουργίας αρχικής οθόνης

Μόλις ξεκινήσει εφαρμογή, γίνεται έλεγχος της κατάστασης Bluetooth της συσκευής ελέγχου, αν δεν έχει ενεργοποιηθεί η δυνατότητα επικοινωνίας από την συσκευή, εμφανίζεται μήνυμα που ενημερώνει πως δεν έχει ενεργοποιηθεί η Bluetooth επικοινωνία. Επίσης, μόλις αρχικοποιείται η εφαρμογή, ορίζει ως αόρατα για τον χρήστη το πλήκτρο χειροκίνητης σύνδεσης και το πλαίσιο που περιέχει τις πρόσθετες λειτουργίες. Τα αόρατα στοιχεία, όταν ορίζεται με χρήση του πλήκτρου πρόσθετων λειτουργιών η επανεμφάνιση τους, αλλάζουν την οπτική δομή της επιφάνειας ελέγχου. Αναλυτικότερα, καθώς εμφανίζονται τα πλαίσια τους, τα υπόλοιπα στοιχεία που βρίσκονται δίπλα τους μεταφέρονται δεξιά ή προς τα κάτω αντίστοιχα.



Εικόνα 15, Block επιλογής γλώσσας απεικόνισης

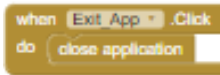
Στην εικόνα αυτή εμφανίζεται η λειτουργία επιλογής γλώσσας απεικόνισης της εφαρμογής. Η επιλογή αυτή γίνεται με την βοήθεια μια ευρείας μεταβλητής, με όνομα “Language”. Η μεταβλητή “Language”, έχει δύο πιθανές τιμές, τις μηδέν (0) και ένα (1). Όταν η τιμή της είναι μηδέν, που είναι η προκαθορισμένη τιμή της μεταβλητής, τότε η γλώσσα ορίζεται στα Αγγλικά, θέτωντας τα όνοματα των αντιστοιχών πλήκτρων και μηνυμάτων σε Αγγλική μετάφραση. Επίσης, ορίζεται και η εικόνα του πλήκτρου στην Αγγλική σημαία. Αντιστοίχως όταν η τιμή είναι ένα, η γλώσσα είναι η Ελληνική. Η επιλογή της γλώσσας, γίνεται με την εκμετάλευση της ικανότητας ελέγχου των πλήκτρων που προσδίδονται από την πλατφόρμα σχεδιασμού. Η επιλογή ειδικότερα γίνεται με την χρήση του ελέγχου χρόνου πίεσης του πλήκτρου. Αν ο χρόνος αυτός είναι μικρής διάρκειας, τότε η μεταβλητή λαμβάνει την τιμή μηδέν (0), ορίζοντας την Αγγλική απεικόνιση. Αν ο χρόνος είναι μεγάλης διάρκειας ορίζεται, η Ελληνική απεικόνιση αντιστοίχως.



Εικόνα 16, Block πλήκτρου πρόσθετων λειτουργιών

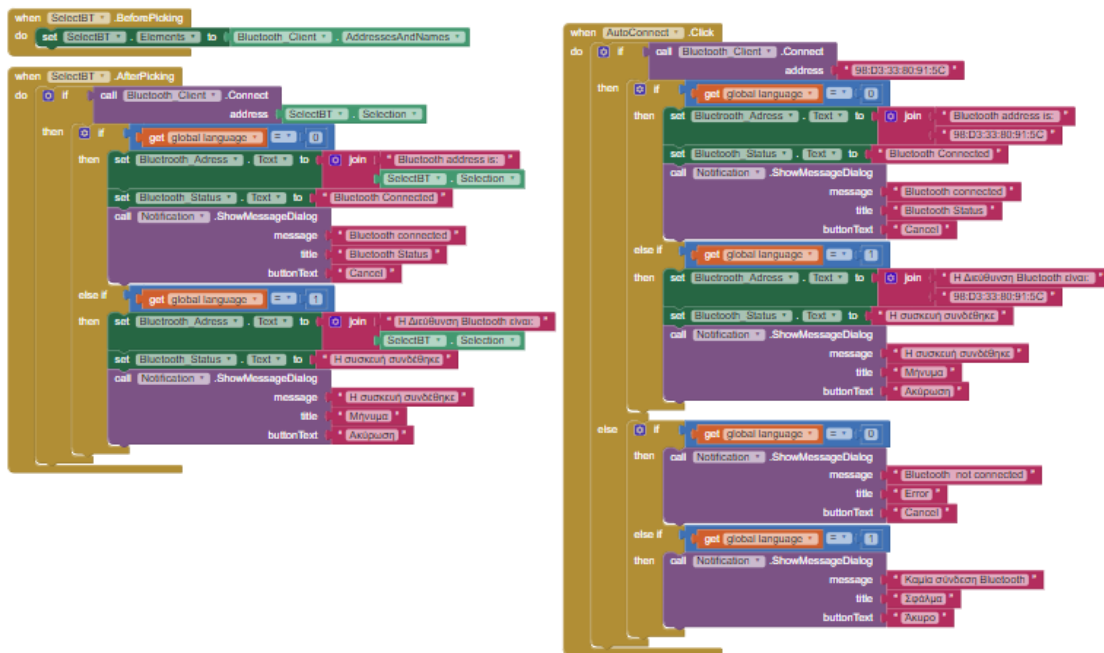
Στην εικόνα αυτή εμφανίζεται η λειτουργία του πλήκτρου πρόσθετων λειτουργιών. Η λειτουργία αυτή, πραγματοποιείται την κατάσταση εμφάνισης του πλαισίου με το αντίστοιχο

όνομα “Debugging_Frame”, που περιέχει τις λειτουργίες επιλογής ταχύτητας κινητήρων και αποσύνδεσης της ελεγχόμενης συσκευής. Η λειτουργία των πλήκτρων είναι αντίστοιχη με αυτή της επιλογής γλώσσας και στηρίζεται στον χρόνο πίεσης του πλήκτρου. Όταν είναι μικρής διάρκειας, υλοποιείται η απόκρυψη των πλαισίων ενώ όταν είναι μεγάλης διάρκειας αντίστοιχα η επανεμφάνισή τους.



Εικόνα 17, Block πλήκτρου εξόδου εφαρμογής

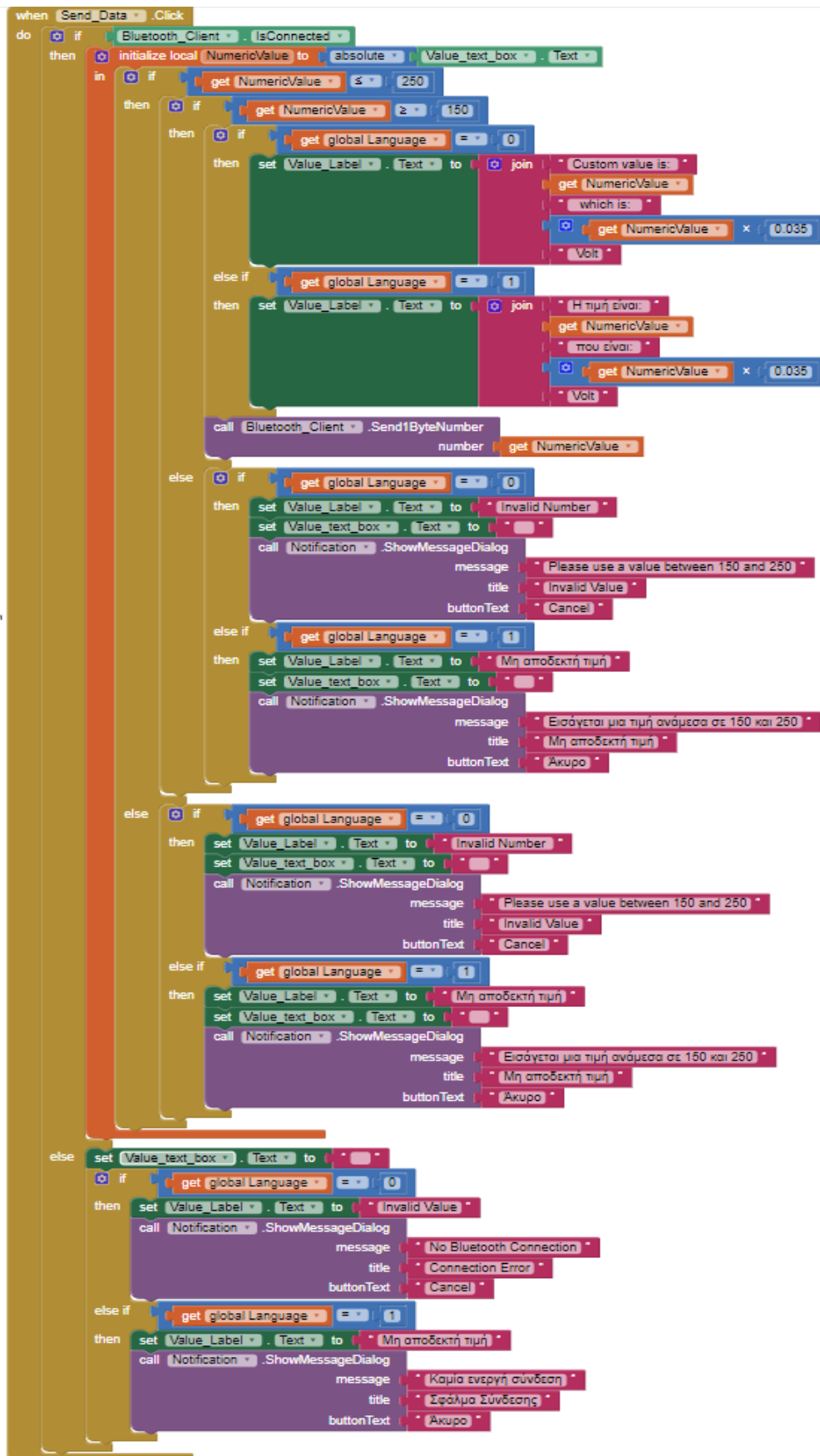
Στην παρούσα εικόνα εμφανίζεται η λειτουργία του πλήκτρου εξόδου της εφαρμογής. Η λειτουργία του είναι απλή και επιφέρει την έξοδο από την εφαρμογή με χρήση της εντολής “close_application”.



Εικόνα 18, Λειτουργία πλήκτρων σύνδεσης

Στα αριστερά φαίνεται η λειτουργία της χειροκίνητης επιλογής συνδέσεως και δεξιά το πλήκτρο αυτόματης σύνδεσης. Η χειροκίνητη επιλογή αν και λειτουργεί ως πλήκτρο, στην πραγματικότητα είναι μια λειτουργία επιλογής από λίστα. Καθώς δέχεται πίεση, εμφανίζει τις διαθέσιμες προς σύνδεση συσκευές Bluetooth που έχει η συσκευή ελέγχου. Αναλυτικά, πριν γίνει επιλογή κάποιας σύνδεσης, η λειτουργία επιλογής λίστας ορίζει ως μεταβλητή της, την επιλογή που ορίστηκε από την λίστα που εμφανίζεται. Στην συνέχεια, μόλις γίνει η επιλογή καλεί την διαδικασία ασύρματης σύνδεσης στην διεύθυνση που επιλέχθηκε. Έπειτα εμφανίζει, σε ένα πεδίο κειμένου που υπάρχει στην επιφάνεια λειτουργίας δίπλα από το πλήκτρο επιλογής, την διεύθυνση της συσκευής που επελέγη ενώ εμφανίζει και την αλληλουχία απεικόνισης

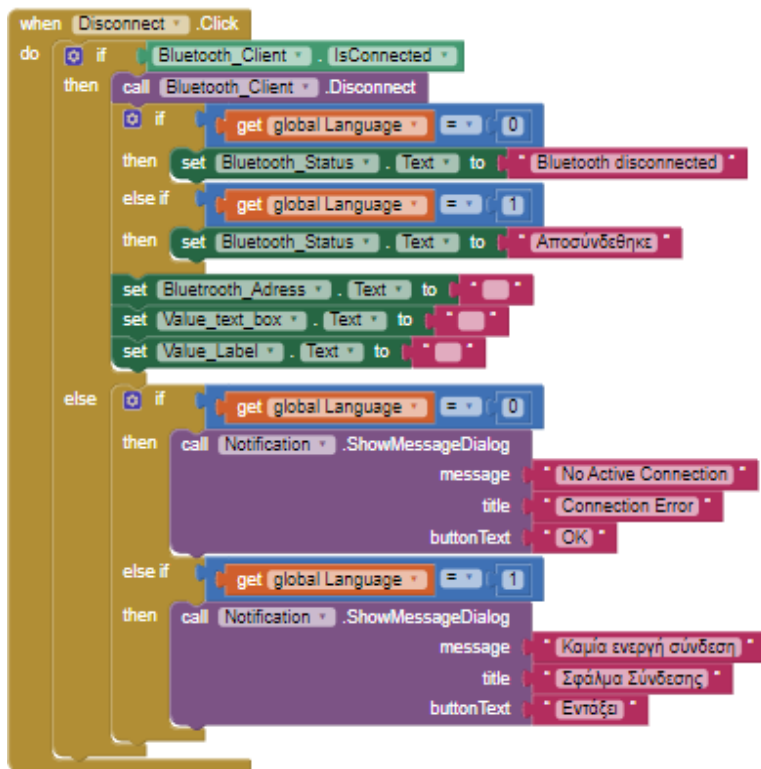
συνδέσεων που φαίνεται στην εικόνα 12. Η γλώσσα της απεικόνισης, ελέγχεται από την τιμή που έχει η μεταβλητή “Language”, επηρεάζοντας όλα τα αναδυόμενα μηνύματα. Η διαδικασία είναι πανομοιότυπη και στο πλήκτρο αυτόματης σύνδεσης. Στην λειτουργία αυτού του πλήκτρου, η σύνδεση γίνεται δίχως επιλογή από λίστα αλλά με χρήση της διεύθυνσης της συσκευής που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή. Η λειτουργία αυτή, λειτουργεί με περιορισμούς καθώς αποτρέπει τυχόν αλλαγές στην ελεγχόμενη μονάδα. Στην συνέχεια, εφόσον έχει επιτευχθεί η σύνδεση με την ελεγχόμενη μονάδα, ακολουθείται η ίδια αλληλουχία εμφάνισης ειδοποίησης και κειμένου που συνέβη με την χειροκίνητη επιλογή διεύθυνσης. Στην λειτουργία του πλήκτρου αυτού, ελέγχεται και η πιθανότητα μη επιτυχούς σύνδεσης με τον αντίστοιχο έλεγχο γλώσσας απεικόνισης. Η πιθανότητα αυτή δεν ελεγχόταν στην χειροκίνητη επιλογή, καθώς η λίστα επιλογής εμφανίζει μόνο τις διαθέσιμες προς σύνδεση συσκευές, αποτρέποντας σφάλματα σύνδεσης σε μην ενεργοποιημένη συσκευή, κάτι που από σχεδιασμό δεν ελέγχεται από την αυτοματοποιημένη σύνδεση.



Εικόνα 19, Λειτουργία απομακρυσμένου ελέγχου

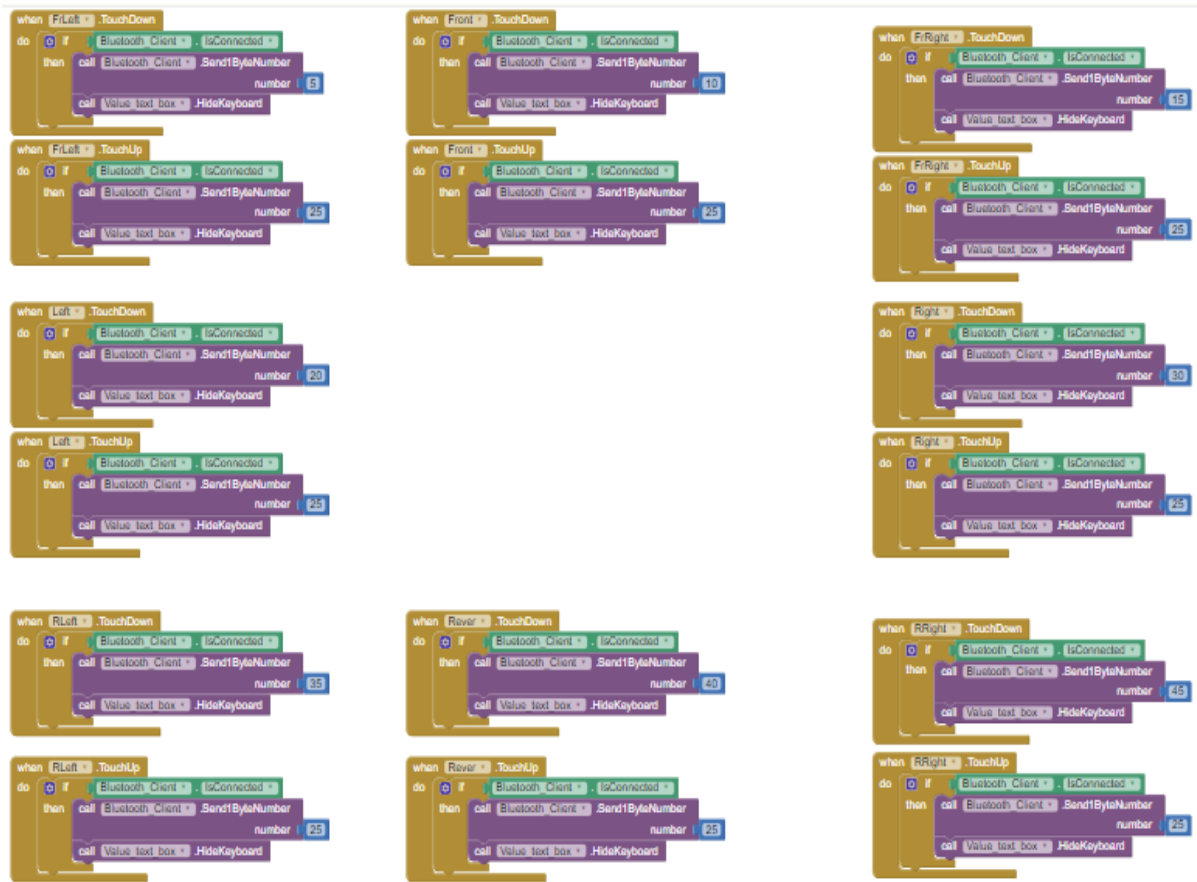
Στην εικόνα 19 της προηγούμενης σελίδας, εμφανίζεται η λειτουργία απομακρυσμένου ελέγχου ταχύτητας των κινητήρων. Η λειτουργία αυτή λειτουργεί με την πίεση ενός πλήκτρου, που ονομάζεται "Send_Data" και ενός πεδίου κειμένου με όνομα "Value_text_box". Για την επίτευξη αυτής της λειτουργίας απαιτείται μια τιμή που να βρίσκεται στα όρια που έχουν τεθεί (150-250) και να υπάρχει σύνδεση με την ελεγχόμενη συσκευή. Η επιθυμητή τιμή εισέρχεται μέσω του πεδίου κειμένου και αποστέλλεται με την πίεση του πλήκτρου. Αναλυτικά, μόλις επέλθει πίεση του πλήκτρου "Send_Data" (στην επιφάνεια ελέγχου το όνομα είναι "Send Data"), γίνεται έλεγχος σύνδεσης με την ελεγχόμενη συσκευή. Αν η σύνδεση είναι επιτυχής, ελέγχει το περιεχόμενο του πεδίου κειμένου και το αποθηκεύει στην τοπική μεταβλητή "NumericValue". Για την επίτευξη της αποθήκευσης, απαιτείται ο έλεγχος του περιεχομένου κατά απόλυτη τιμή. Αν το πεδίο κειμένου είναι κενό, η διαδικασία 00σταματά. Αυτός ο έλεγχος επιτυγχάνεται, καθώς το κείμενο για να ελεγχθεί απαιτείται να υπάρχει έστω ένας χαρακτήρας εντός του πεδίου. Δεδομένης της ύπαρξης έστω ενός χαρακτήρα εντός του πεδίου, συνεχίζεται ο έλεγχος της μεταβλητής. Αν η μεταβλητή είναι μικρότερη ή ίση του μέγιστου ορίου (250) ακολουθεί εκ νέου έλεγχος. Ο έλεγχος αυτός εξετάζει αν η τιμή είναι ταυτόχρονα, μεγαλύτερη ή ίση του ελαχίστου ορίου (150). Αν ικανοποιούνται και οι δύο έλεγχοί, καλείται η διαδικασία αποστολής ενός byte με την μορφή αριθμού, μέσω Bluetooth ελέγχοντας την ταχύτητα των κινητήρων.

Παράλληλα με τον ενεργό έλεγχο την ταχύτητας, λειτουργούν και διαδικασίες απεικόνισης μηνυμάτων και ειδοποιήσεων που αφορούν την εισαγόμενη τιμή. Οι απεικονίσεις και τα μηνύματα, φέρουν την ικανότητα εμφάνισης και στις δύο διαθέσιμες γλώσσες. Τα μηνύματα που εμφανίζονται, όταν η τιμή εισαγωγής είναι αποδεκτή αφορούν το μέγεθος της τιμής σε υποδιαυρέσεις ενός byte και είναι η τιμή που εισήχθη ως αριθμός, αλλά και η υποδιαύρεση της στην κλίμακα των 9Volt. Για παράδειγμα, αν η επιλεγμένη γλώσσα είναι η Ελληνική και η εισαγόμενη τιμή είναι η 210, το εμφανιζόμενο μήνυμα θα είναι “ Η τιμή είναι: 210 που είναι 7.35V”. Για την εύρεση της τάσης, έχει χρησιμοποιηθεί η σχέση $V_{κιν} = \frac{9}{255} = 0,035V$, όπου 9V είναι η μέγιστη τάση εισόδου στους κινητήρες και 255 οι υποδιαυρέσεις ενός byte, άρα και ο μέγιστη δυνατή τιμή που μπορεί να σταλθεί ως τιμή τάσης. Αν η τιμή εισόδου δεν ανήκει στο εύρος των ορίων που έχουν τεθεί, ($150 \leq \text{Numeric_Value} \leq 250$) τότε αναδύεται το παράθυρο ειδοποίησης και ενημερώνει τον χρήστη πως η τιμή που εισήχθη δεν είναι αποδεκτή, αναφέροντας παράλληλα τα αποδεκτά όρια για αυτή την λειτουργία. Ταυτόχρονα με το παράθυρο ειδοποίησης, εμφανίζεται μήνυμα κάτω από το πεδίο εισαγωγής τιμής, που αναφέρει πως η τιμή δεν είναι αποδεκτή και το πεδίο κειμένου ελέγχου επαναφέρεται στην αρχική του κατάσταση. Η αρχική του κατάσταση επιτυγχάνεται, ορίζοντας το περιεχόμενό του ως κενό κείμενο. Τέλος, αν το πλήκτρο αποστολής δεδομένων δεχθεί πίεση, ενώ δεν υπάρχει ενεργή σύνδεση, εμφανίζεται ένα παράθυρο ειδοποίησης, το μήνυμα του οποίου ενημερώνει τον χρήστη πως δεν υπάρχει κάποια σύνδεση, ενώ αρχικοποιείται και το πλαίσιο κειμένου της μεταβλητής.



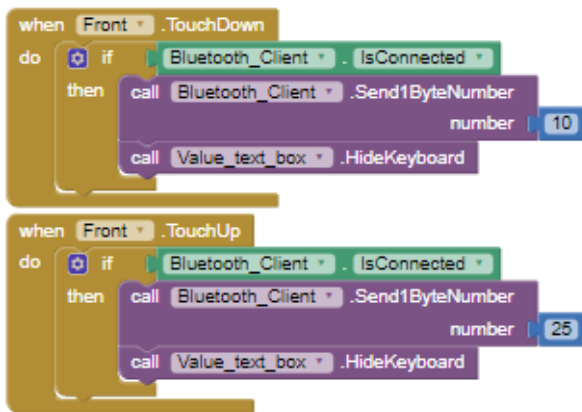
Εικόνα 20, Block πλήκτρου αποσύνδεσης

Στην παραπάνω εικόνα, (εικόνα 20) αναλύεται η λειτουργία του πλήκτρου αποσύνδεσης, της ομάδας πρόσθετων λειτουργιών. Το πλήκτρο αυτό, μόλις δεχθεί πίεση από τον χρήστη, ελέγχει αν υπάρχει ενεργή σύνδεση. Αν υπάρχει σύνδεση, καλεί την λειτουργία αποσύνδεσης της συσκευής και στην συνέχεια ελέγχει για την ενεργή γλώσσα απεικόνισης. Αναλόγως την κατάσταση γλώσσας, εμφανίζει το μήνυμα της αποσύνδεσης. Έπειτα θέτει σε κενό κείμενο τα πλαίσια που αφορούν την κατάσταση διεύθυνσης συσκευής και την αποστολή τιμής ταχύτητας. Αν δεν υπάρχει ενεργή σύνδεση, αναδύεται ένα παράθυρο ειδοποίησης ενημερώνοντας τον χρήστη ότι δεν υπάρχει κάποια σύνδεση. Το μήνυμα αυτό εμφανίζεται επίσης στις δύο πιθανές επιλογές γλώσσας.



Εικόνα 21, Block πλήκτρων ελέγχου κίνησης

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο κώδικας λειτουργίας των πλήκτρων ελέγχου κίνησης. Ο έλεγχος της κίνησης επιτυγχάνεται με την αποστολή μιας προκαθορισμένης τιμής, για κάθε πιθανή κίνηση μέσω της συσκευής Bluetooth. Στην παρακάτω εικόνα αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας μιας εκ των κινήσεων. Όλες οι κινήσεις φέρουν ίδιο κώδικα με αλλαγή μιας τιμής αποστολής. Οι τιμές ελέγχου κίνησης, ξεκινάνε από τον αριθμό πέντε (5) και με βήμα πέντε κενών τιμών φτάνουν ως την τιμή σαράντα-πέντε (45). Αναλυτικά, οι αντιστοιχίες των τιμών ως προς το αποτέλεσμα κίνησης τους, βρίσκονται σε επόμενο παράρτημα αυτής της έκθεσης.



Εικόνα 22, Block κίνησης εμπρός

Ο κώδικας της εικόνας 22 πραγματεύεται την κίνηση και των δύο κινητήρων, με την φορά του ρολογιού, που έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση προς τα εμπρός. Ο τρόπος λειτουργίας των πλήκτρων ελέγχου στηρίζονται στην διάρκεια πίεσης του εκάστοτε πλήκτρου. Για όση διάρκεια ένα πλήκτρο δέχεται πίεση, εφόσον υπάρχει ενεργή σύνδεση, αποστέλλει συνεχώς μια τιμή byte, που αντιστοιχεί στην εκάστοτε κίνηση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, την τιμή δέκα (10). Όταν το πλήκτρο σταματά να πιέζεται ενεργοποιείται το δεύτερο σκέλος της διαδικασίας που είναι η αποστολή μιας φοράς της τιμής που επιφέρει την ακινητοποίηση των κινητήρων. Η τιμή αυτή είναι ο αριθμός είκοσι-πέντε (25). Σε όλα τα στάδια της λειτουργίας κάθε πλήκτρου καλείται και η λειτουργία απόκρυψης του πληκτρολογίου αποστολής τιμής ταχύτητας κινητήρα. Η λειτουργία αυτή επιφέρει αποτέλεσμα μόνο αν το πληκτρολόγιο βρισκόταν σε ενεργή κατάσταση.

3.2.5 Κώδικας Μικροελέγκτη Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
mySerial(3, 2);
```

//Εισαγωγή βιβλιοθήκης εικονικής σειριακής θύρας. Η βιβλιοθήκη χρησιμοποιείται για την λήψη των εντολών μέσω επικοινωνίας Bluetooth και χρησιμοποιεί τις ακίδες 2 για TX και 3 για RX

```
byte b;
```

//Ορίζεται η μεταβλητή τύπου byte b που αποτελεί την μεταβλητή ελέγχου της εφαρμογής

```
String Way;
```

//Ορίζεται η μεταβλητή τύπου κειμένου (string) Way που λειτουργεί ως έλεγχος μήκους

```
#define RightMotor 9
```

//Δηλώνεται η ακίδα ενεργοποίησης και ελέγχου του Δεξιού κινητήρα στην ακίδα 9

```
#define In_1 7
```

```
#define In_2 8
```

//Δηλώνονται οι ακίδες εισόδου του Δεξιού κινητήρα στις ακίδες 7 και 8 αντίστοιχα

```
#define LeftMotor 10
```

//Δηλώνεται η ακίδα ενεργοποίησης και ελέγχου του Αριστερού κινητήρα στην ακίδα 10

```
#define In_3 11
```

```
#define In_4 12
```

//Δηλώνονται οι ακίδες εισόδου του Αριστερού κινητήρα στις ακίδες 11 και 12 αντίστοιχα

```
int Sp = 150;
```

```
int LSp = 90;
```

//Ορίζονται η μεταβλητή Sp που είναι η μεταβλητή ελέγχου ταχύτητας και η μεταβλητή LSp που είναι η μεταβλητή επίτευξης οδήγησης της σφαίρας, λαμβάνοντας αρχικές τιμές

```
void setup() {
```

```
pinMode (RightMotor, OUTPUT);
```

//Ορίζεται το είδος λειτουργίας κάθε δηλωμένης ακίδας, σε ακίδα εξόδου.

```
pinMode (In_1, OUTPUT);
```

```

pinMode (In_2, OUTPUT);

pinMode (LeftMotor, OUTPUT);

pinMode (In_3, OUTPUT);

pinMode (In_4, OUTPUT);

mySerial.begin(9600);

//Αρχικοποιείται η ταχύτητα σειριακής επικοινωνίας της συσκευής HC-06 που συνδέεται με
την εφαρμογή ελέγχου.

    }

void loop() {

while ( mySerial.available( ) )

//Γίνεται έλεγχος σύνδεσης επικοινωνίας Bluetooth. Ειδικότερα, ελέγχεται αν υπάρχει κάποιο
δεδομένο που να λαμβάνεται ή να αποστέλλεται και για όση διάρκεια ισχύει μια από τις δύο
καταστάσεις λειτουργεί ο υπόλοιπος κώδικας.

{

delay(10);

// Εφαρμόζεται μια καθυστέρηση 10ms για σταθεροποίηση της λειτουργίας ελέγχου

b=mySerial.read();

//Η τιμή της μεταβλητής byte b ορίζεται ως τα δεδομένα που λαμβάνονται απο την σειριακή
επικοινωνία της συσκευής HC-06

Way += b;

//Ορίζεται το περιεχόμενο της μεταβλητής Way με την τιμή byte που έχουν ληφθεί

}

if (Way.length() > 0)

//Ελέγχεται αν το μέγεθος της μεταβλητής Way είναι μεγαλύτερο του μηδενός και αν είναι
εκτελείται ο κύριος κώδικας ελέγχου της εφαρμογής.

{

/*Ο κύριος κώδικας λειτουργεί ελέγχοντας και αντιστοιχίζοντας την τιμή byte που έχει ληφθεί
με τα πιθανά ενδεχόμενα */

if (b >= 150 && b <=245)

```

```
{Sp=b; }
```

//Ελέγχεται η τιμή byte που έχει ληφθεί και αν βρίσκεται στο εύρος 150 έως 245 αλλάζει την τιμή της κύριας ταχύτητας των κινητήρων.

```
if(b == 5)
```

```
{ ForLeft(Sp, LSp); }
```

//Αν η τιμή που έχει ληφθεί μέσω της εφαρμογής είναι ακριβώς ίση με 5 τότε εκτελείται η συνάρτηση ForLeft με μεταβλητές τις Sp και LSp. Το ενδεχόμενο αυτό προκαλεί ΒορειοΑνατολική κίνηση και η συνάρτηση αναλύεται σε επόμενο τμήμα του κώδικα. Με ίδιο έλεγχο εκτελούνται και οι υπόλοιπες πιθανές κινήσεις της σφαίρας

```
if(b==10)           //Πρόσθια κίνηση
```

```
{ Front(Sp); }
```

```
if(b == 15)         //Βορειοδυτική κίνηση
```

```
{ ForRight(Sp, LSp); }
```

```
if(b == 20)         //Αριστερή κίνηση
```

```
{ Left(Sp, LSp); }
```

```
if(b == 25)         //Παύση κίνησης κινητήρων
```

```
{ Stop(); }
```

```
if(b == 30)         //Δεξιά Κίνηση
```

```
{ Right(Sp, LSp); }
```

```
if(b == 35)         //ΝοτιοΑνατολική Κίνηση
```

```
{ RevLeft(Sp, LSp); }
```

```
if(b ==40)         //Ανάστροφη κίνηση
```

```
{ Reverse(Sp); }
```

```

if(b ==45)           //ΝοτιοΔυτική Κίνηση
{ RevRight(Sp, LSp); }
Way="";           //Εκκαθάριση μεταβλητής κειμένου Way
}                 //Τέλος ελέγχου While
}                 //Τέλος συνάρτησης Loop()

```

*/*Συναρτήσεις Ελέγχου Κινητήρων:*/*

```

void RightFor()      //Ορθή Κίνηση Δεξιού Κινητήρα
{ digitalWrite (In_1, HIGH);
  digitalWrite (In_2, LOW);
}

```

```

void RightRev()     //Ανάστροφη Κίνηση Δεξιού Κινητήρα
{ digitalWrite(In_1, LOW);
  digitalWrite(In_2, HIGH);
}

```

```

void LeftFor()      //Ορθή Κίνηση Αριστερού Κινητήρα
{ digitalWrite(In_3,HIGH);
  digitalWrite(In_4, LOW);
}

```

```

void Stop()         //Παύση λειτουργίας κινητήρων.
{ analogWrite(RightMotor, 0);
  analogWrite(LeftMotor, 0);
}

```

//Η παύση κίνησης επιτυγχάνεται με μηδενισμό ταχύτητας και στους δυο κινητήρες.

/ Συναρτήσεις ελέγχου κίνησης με χρήση των Συναρτήσεων Ελέγχου Κινητήρων*

Παρατήρηση: Σε όλες τις συναρτήσεις, έχει οριστεί μια μεταβλητή που αφορά την κίνηση του αριστερού κινητή και οφείλεται σε κατασκευαστικό σφάλμα του σερβοκινητήρα. Η τιμή έχει οριστεί μέσω πειραματικών μετρήσεων */

```
int Front(int High)
```

```
//Συνάρτηση ορθής κίνησης σφαίρας. Η συνάρτηση δέχεται μια μεταβλητη και την εφαρμόζει και στους δύο κινητήρες.
```

```
{ int LHigh=High + 3;
```

```
//Η μεταβλητή ταχύτητας του αριστερού κινητήρα είναι κατα 3/255 μεγαλύτερη της δεξιάς.
```

```
    analogWrite(RightMotor, High);
```

```
    analogWrite(LeftMotor, LHigh);
```

```
    RightFor();           //Καλούνται οι συναρτήσεις ελέγχου κινητήρων.
```

```
    LeftFor();
```

```
    return High;         //Επιστρέφεται η εισαγομένη μεταβλητή.
```

```
}
```

```
int Reverse (int High)
```

```
// Συνάρτηση ανάστροφης κίνησης σφαίρας. Η συνάρτηση είναι πανομοιότυπη με την ορθή κίνηση εκτός από τις συναρτήσεις ελέγχου κινητήρων
```

```
{ int LHigh = High + 3;
```

```
    analogWrite(RightMotor, High);
```

```
    analogWrite(LeftMotor, LHigh);
```

```
    RightRev();
```

```
    LeftRev();
```

```
    return High;
```

```
}
```

/* Οι ακόλουθες συναρτήσεις αφορούν τις υπόλοιπες έξι κινήσεις και διατηρούν ίδια δομή, με αλλαγές στις συναρτήσεις ελέγχου κινητήρων */


```

int Left (int Normal, int Slow)
{ int LSlow= Slow + 3;
  analogWrite(RightMotor, Normal);
  analogWrite(LeftMotor, LSlow);
  RightFor();           //Καλούνται οι συναρτήσεις ελέγχου κινητήρων.
  LeftRev();
  return Normal, Slow; //Επιστρέφονται οι δηλωμένες μεταβλητές.
}

```

//Συνάρτηση Αριστερής Κίνησης. Η συνάρτηση αυτή δέχεται δύο μεταβλητές. Η πρώτη από αυτές είναι η κύρια ταχύτητα λειτουργίας, ενώ η επόμενη μια προκαθορισμένη πειραματική τιμή που είναι μικρότερης τιμής από την κύρια ταχύτητα. Η κύρια ταχύτητα λειτουργίας, επηρεάζει τον δεξιό κινητήρα ενώ η μικρότερης τιμής επαυξημένη κατά 3 μονάδες τον αριστερό.

```

int Right (int Normal, int Slow)
{ int LNormal= Normal + 3;
  analogWrite(LeftMotor, LNormal);
  analogWrite(RightMotor, Slow);
  LeftFor();
  RightRev();
  return Normal, Slow;
}

```

//Συνάρτηση δεξιάς κίνησης. Η συνάρτηση αυτή έχει πανομοιότυπη δομή με την αριστερή, αλλάζοντας τις συναρτήσεις ελέγχου κινητήρων. Χαρακτηριστικό των δύο αυτών συναρτήσεων είναι η αντίθετη φορά κίνησης των κινητήρων. Ειδικότερα, σε αυτή την συνάρτηση, ο Αριστερός κινητήρας κινείται ορθά ενώ ο Δεξιός ανάστροφα.

```

int ForLeft( int Normal, int Slow)
{ int LSlow= Slow + 3;

```

```

analogWrite(LeftMotor, LSlow);

analogWrite(RightMotor, Normal);

LeftFor();

RightFor();

return Normal, Slow;

}

```

//Συνάρτηση ΒορειοΑνατολικής κίνησης. Η συνάρτηση αυτή δέχεται επίσης δύο μεταβλητές, η πρώτη είναι η κύρια ταχύτητα και η επόμενη η προκαθορισμένη ταχύτητα μικρότερης τιμής. Στην συγκεκριμένη συνάρτηση, για την επίτευξη της κίνησης απαιτείται ο δεξιός κινητήρας κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον αριστερό. Επομένως, ο δεξιός κινητήρας λαμβάνει την μεγαλύτερη τιμή ως όρισμα ταχύτητας του. Η βασική διαφορά από τις προηγούμενες συναρτήσεις είναι η φορά των κινητήρων. Σε αυτή όπως και στις επόμενες που ακολουθούν, οι κινητήρες διατηρούν ίδια φορά καθ' όλη την διάρκεια της κίνησης.

```

int ForRight( int Normal, int Slow)
{ int LNormal= Normal + 3;

analogWrite(LeftMotor, LNormal);

analogWrite(RightMotor, Slow);

LeftFor();

RightFor();

return Normal, Slow;

}

```

//Συνάρτηση ΒορειοΔυτικής κίνησης. Η συγκεκριμένη συνάρτηση είναι πανομοιότυπη με την προηγούμενη με μοναδική αλλαγή, την ταχύτητα των κινητήρων. Στην παρούσα συνάρτηση, ο αριστερός κινητήρας κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον δεξιό. Οι συναρτήσεις ελέγχου κινητήρων παραμένουν ίδιες.

```

int RevLeft( int Normal, int Slow)
{ int LSlow =Slow + 3;

```

```

analogWrite(LeftMotor, LSlow);

analogWrite(RightMotor, Normal);

LeftRev();

RightRev();

return Normal, Slow;

}

```

//Συνάρτηση ΝοτιοΑνατολικής κίνησης. Η παρούσα, όπως και η ακόλουθη της, πραγματεύονται την ανάστροφη κίνηση της σφαίρας. Οι συναρτήσεις αυτές, όπως και οι παραπάνω φέρουν δύο ορίσματα διαφορετικής τάσεως για κάθε κινητήρα. Ειδοποιός διαφορά, αποτελούν οι συναρτήσεις ελέγχου των κινητήρων. Σε αυτές τις συναρτήσεις, οι κινητήρες κινούνται ταυτόχρονα αλλά με ανάστροφη φορά.

```

int RevRight(int Normal, int Slow) //Συνάρτηση ανάστροφης κίνησης.

{ int LNormal = Normal +3;

analogWrite(RightMotor, Slow);

analogWrite(LeftMotor, LNormal);

LeftRev();

RightRev();

return Normal, Slow;

}

```

Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή, έγινε πλήρης κατασκευή μιας ασύρματη ελεγχόμενης ρομποτικής σφαίρας. Σκοπός της κατασκευής είναι ο απομακρυσμένος έλεγχος ισορροπίας της σφαίρας με χρήση δύο εσωτερικών κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Σημαντικό χαρακτηριστικό της υλοποίησης της εργασίας είναι η ευκολία κατασκευής του ελεγχόμενου συστήματος και η ικανότητα εφαρμογής του στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η κατασκευή αποτελείται από μικρό αριθμό εξαρτημάτων και ταυτόχρονα δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή της σφαίρας είναι εξαρτήματα λιανικής πώλησης, δίχως απαίτηση ειδικής τρισδιάστατης εκτύπωσης εξαρτημάτων. Σημαντικό επίσης χαρακτηριστικό είναι το χαμηλό κόστος της κατασκευής. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν την υλοποίηση της κατασκευής εφικτή στην ευρεία χρήση της για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Το λογισμικό ελέγχου ισορροπίας της κατασκευής εφαρμόζεται σε μικροελεγκτή της οικογένειας arduino. Οι μικροελεγκτές αυτής της οικογένειας, προσφέρουν περιβάλλον προγραμματισμού φιλικό προς τον χρήστη βασισμένο στην γλώσσα προγραμματισμού C. Το περιβάλλον προγραμματισμού διαθέτει την ικανότητα χρήσης βιβλιοθηκών που καθιστούν τον προγραμματισμό των μικροελεγκτών εφικτό σε χρήστες με ελάχιστες γνώσεις προγραμματισμού. Οι μικροελεγκτές αυτής της οικογένειας καθίσταται από άποψη κόστους μια πολύ ικανοποιητική επιλογή, ενώ δύναται η ικανότητα μεγαλύτερης μείωσης του κόστους με χρήση πλατφόρμας ίδιων χαρακτηριστικών άλλης εταιρίας παραγωγής. Η δυνατότητα αυτή είναι παράγωγο της κατάταξης των ελεγκτών arduino σε συσκευές ανοιχτού κώδικα επιτρέποντας την πιστή αντιγραφή τους από άλλες εταιρίες παραγωγής.

Το λογισμικό χειρισμού της σφαίρας έχει υλοποιηθεί με χρήση της δωρεάν πλατφόρμας MIT App Inventor II. Η πλατφόρμα αυτή λειτουργεί μέσω διαδικτύου, επομένως δεν απαιτείται εγκατάσταση εφαρμογής στον προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή του χρήστη. Για την διασύνδεση της android συσκευής υπάρχει δωρεάν εφαρμογή στο Google Store. Ο προγραμματισμός της εφαρμογής γίνεται με χρήση προγραμματισμού τύπου Block, καθιστώντας την δημιουργία μιας εφαρμογής εύκολη ακόμα και σε χρήστες που δεν έχουν γνώση γλωσσών προγραμματισμού. Όλα τα παραπάνω δομικά χαρακτηριστικά, καθιστούν την παραγωγή αντιγράφων ή αναβαθμίσεων της κατασκευής εφικτή και οικονομική.

Η εργασία έχει ως κύριο σκοπό την επίτευξη ισορροπίας της σφαίρας με δευτερεύοντα σκοπό την ευκολία κατασκευής. Η σφαίρα με την χρήση της εσωτερικής της κατασκευής και ειδικότερα των δύο εσωτερικών της κινητήρων, κατάφερε να επιτύχει αυτό τον σκοπό. Η αποστολή ερεθισμάτων κίνησης γίνεται με την χρήση τηλεχειρισμού τεχνολογίας Bluetooth, μέσω εφαρμογής Android που αναλύθηκε σε προηγούμενο παράρτημα. Τα ερεθίσματα που αποστέλλονται προκαλούν παρεμβολή στην ισορροπία της σφαίρας. Μόλις τελειώσει η αποστολή ερεθίσματος, η σφαίρα με την πάροδο μιας αποδεκτής ταλάντωσης επιτυγχάνει την ισορροπία της.

Μελλοντικές αναβαθμίσεις

Η σημαντικότερη αναβάθμιση της αξιοπιστίας είναι η χρήση σφαιρικού περιβλήματος μεγαλύτερης διαμέτρου. Η χρήση ελαφρώς μεγαλύτερης διαμέτρου με διατήρηση της εσωτερικής δομής της κατασκευής, θα έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη χαμηλότερου κέντρου βάρους επομένως και μείωση του πλάτους των ταλαντώσεων πριν την επίτευξη της ισορροπίας. Αν η αύξηση της εξωτερικής διαμέτρου ξεπερνά το 1/5 της αρχικής, απαιτείται αύξηση της διαμέτρου βάσης της εσωτερικής κατασκευής αλλά σε μικρότερο ποσοστό.

Σημαντικό αντίκτυπο στην βελτίωση της αξιοπιστίας της κατασκευής, επιφέρει η χρήση τροφοδοσίας που να μην εμφανίζει σημαντικούς περιορισμούς στην αυτονομία της κατασκευής. Η τροφοδοσία που υφίσταται στην κατασκευή, προσδίδει μια αυτονομία που βρίσκεται στο εύρος των δέκα έως δεκαπέντε λεπτών. Ο περιορισμός αυτός οφείλεται στην τεχνολογία κατασκευής των μπαταριών που είναι η NiMh. Μια καλύτερη εναλλακτική, όπως αναφέρθηκε, θα ήταν η χρήση μιας μπαταρίας τεχνολογίας LiPo που θα επέτρεπε επίσης πιθανή αναβάθμιση των κινητήρων της εφαρμογής. Η χρήση όμως μπαταρίας τεχνολογίας LiPo, θα είχε ως επακόλουθο την αύξηση του κόστους της κατασκευής.

Η κατασκευή εμφανίζει δυνατότητες βελτίωσης αφενός της αξιοπιστίας όπως αναφέρθηκαν αλλά και αφετέρου των χαρακτηριστικών λειτουργίας της. Όσον αφορά την βελτίωση των χαρακτηριστικών της, μια σημαντική αναβάθμιση είναι η χρήση συσκευής διασύνδεσης μέσω διαδικτύου. Η συσκευή αποτελεί αναβάθμιση της Bluetooth συσκευής HC-06, επιλύοντας τον περιορισμό εμβέλειας που εμφανίζεται. Η συσκευή που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, είναι η ESP8266 της Espressif Systems(China) που δίνει την δυνατότητα σύνδεσης του μικροελεγκτή στο διαδίκτυο. Η ESP8266 είναι μια ολοκληρωμένη συσκευή διασύνδεσης στο διαδίκτυο που βασίζεται στο πρότυπο 802.11 b/g/n. Το πρότυπο αυτό είναι το ευρύτερα διαδεδομένο πρότυπο επικοινωνίας ασύρματων συνδέσεων διαδικτύου. Η ESP8266 είναι συμβατή με την πλατφόρμα arduino καθιστώντας την αναβάθμιση απόλυτα εφικτή. Η αναβάθμιση αυτή μπορεί να λειτουργεί είτε παράλληλα με την σύνδεση Bluetooth που υφίσταται στην παρούσα εργασία, προσφέροντας εναλλακτική επιλογή διασύνδεσης είτε ως συσκευή αντικατάστασης της Bluetooth τεχνολογίας. Οι αλλαγές που απαιτούνται για την ενσωμάτωση αυτής της αναβάθμισης περιλαμβάνουν αφενός, την τροποποίηση του κώδικα της πλατφόρμας arduino και αφετέρου την δημιουργία εφαρμογής που να επιτελεί καθήκοντα τηλεχειρισμού. Ένα χαρακτηριστικό που πρέπει να σημειωθεί είναι, η απαίτηση εκ νέου αποστολής του κώδικα ελέγχου της πλατφόρμας arduino, για τυχόν αλλαγή του ασύρματου δικτύου επικοινωνίας.

Μια σημαντική αναβάθμιση των χαρακτηριστικών λειτουργίας είναι η πλήρης αυτοματοποίηση επίτευξης ισορροπίας της σφαίρας. Η επίτευξη της πλήρους αυτοματοποίησης, απαιτεί την χρήση ενός συνδυασμού αισθητηρίων γυροσκοπίου και επιταχυνσιόμετρου. Ο συνδυασμός αυτών των αισθητηρίων παράγεται από αρκετούς κατασκευαστές. Η πιο διαδεδομένη πλακέτα που συνδυάζει αυτά τα δύο αισθητήρια είναι η MPU-6050 που παράγεται

από την εταιρεία InvenSense του ομίλου εταιρειών TDK. Ο όμιλος εταιρειών TDK περιλαμβάνει παραρτήματα σε διάφορες χώρες, με τα κεντρικά τους να βρίσκονται στο San Jose της California, USA. Η λειτουργία του σύνθετου αισθητηρίου βασίζεται στα δεδομένα που αποστέλλει καθένα από τα δύο αισθητήρια, ανεξάρτητα μεταξύ τους, όσον αφορά την θέση και την κίνηση του εκάστοτε ελεγχόμενου αντικειμένου, στην προκειμένη περίπτωση, της σφαίρας. Τα δεδομένα που λαμβάνονται πρέπει να τροποποιηθούν μέσω μαθηματικών πράξεων, που προκύπτουν από τα στοιχεία του φύλλου δεδομένων, για να χρησιμοποιηθούν εντός του κώδικα. Ο κώδικας με αξιοποίηση των δεδομένων από τα αισθητήρια, προσφέρει την δυνατότητα στον μικροελεγκτή να αντιλαμβάνεται τότε η σφαίρα κινείται και τότε πρέπει να επέμβει, εφαρμόζοντας διορθωτικές κινήσεις στους κινητήρες. Οι κινήσεις διόρθωσης εφαρμόζονται όταν η σφαίρα έχει σταματήσει να κινείται.

Η αναβάθμιση της πλατφόρμας ελέγχου από πλατφόρμα μικροελεγκτή σε πλατφόρμα μικροπολογιστή αποτελεί επίσης μια σημαντική αναβάθμιση. Οι ικανότητες που θα προσφερθούν στην υλοποίηση μεταξύ άλλων, είναι η ικανότητα ταχύτερης απόκρισης των εντολών ελέγχου, μεγαλύτερη παραμετροποίηση κινήσεων, δυνατότητα σχεδιασμού κώδικα σε πολλές γλώσσες προγραμματισμού κ.α.. Η βασικότερες διαφορές των δύο πλατφόρμων, που έχουν αναλυθεί στο παράρτημα των βασικών εννοιών, εμφανίζονται στην υπολογιστική ισχύ και στην εξειδίκευση. Επιγραμματικά, οι μικροεπεξεργαστές εμφανίζουν μεγάλη υπολογιστική ισχύ και μικρή εξειδίκευση ενώ οι μικροελεγκτές φέρουν εμφανώς μικρότερη υπολογιστική ισχύ αλλά πολύ μεγαλύτερη εξειδίκευση. Παρόλα τα μειονεκτήματα των μικροελεγκτών σε ευελιξία και υπολογιστική ισχύ, διαθέτουν μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της γενικής μορφής μικροεπεξεργαστών όπως την μεγαλύτερη αυτονομία καθώς απαιτούν ελάχιστα περιφερειακά για να λειτουργήσουν, το χαμηλό κόστος, την ευκολία υλοποίησης εφαρμογών και το μικρό συνολικό μέγεθος του υπολογιστικού συστήματος. Οι μικροπολογιστές είναι επίσης μια κατηγορία μικροεπεξεργαστών, που διαθέτουν από την κατασκευή τους ελάχιστα περιφερειακά εκτός του μικροεπεξεργαστή.

Μια πλατφόρμα μικροϋπολογιστή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω διαστάσεων είναι η Raspberry Pi. Οι πλατφόρμες Raspberry Pi παράγονται στο Ηνωμένο Βασίλειο από την Raspberry Pi Foundation και είναι συμβατές με το λειτουργικό Linux. Η τελευταία έκδοση αυτού του μικροπολογιστή είναι ο Raspberry Pi III model B. Η έκδοση αυτή φέρει επεξεργαστή 64 bit με ταχύτητα που αγγίζει τα 1.2GHz ενώ διαθέτει μνήμη Ram χωρητικότητας 1GB μεταξύ άλλων. Η πλακέτα αυτή διαθέτει επίσης δυνατότητα σύνδεσης στο Internet είτε ασύρματα με χρήση WiFi είτε ενσύρματα με χρήση καλωδίου Ethernet. Η πλακέτα επίσης διαθέτει τεχνολογία σύνδεσης με χρήση Bluetooth, θύρα HDMI, θύρες USB 2.0 και θύρες εξόδου και εισόδου ήχου. Η αναβάθμιση αυτή, μειώνει στο ελάχιστο την απαίτηση χρήσης περιφερειακών για διασύνδεση με την συσκευή χειρισμού και ταυτόχρονα με επιδόσεις ταχύτητας επεξεργασίας και μνήμης Ram που είναι δεκάδες φορές μεγαλύτερες από αυτές ενός Arduino καθιστά την υλοποίηση πολύ πιο αποτελεσματική. Στον αντίποδα, η χρήση αυτής της πλατφόρμας απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις από τον χρήστη καθώς λειτουργεί σε περιβάλλον

Linux, έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις ενέργειας που αγγίζουν τα 1.34A (6.7W) και απαιτείται χρήση περιφερειακών (Οθόνη, πληκτρολόγιο, ποντίκι) για τον προγραμματισμό τους.

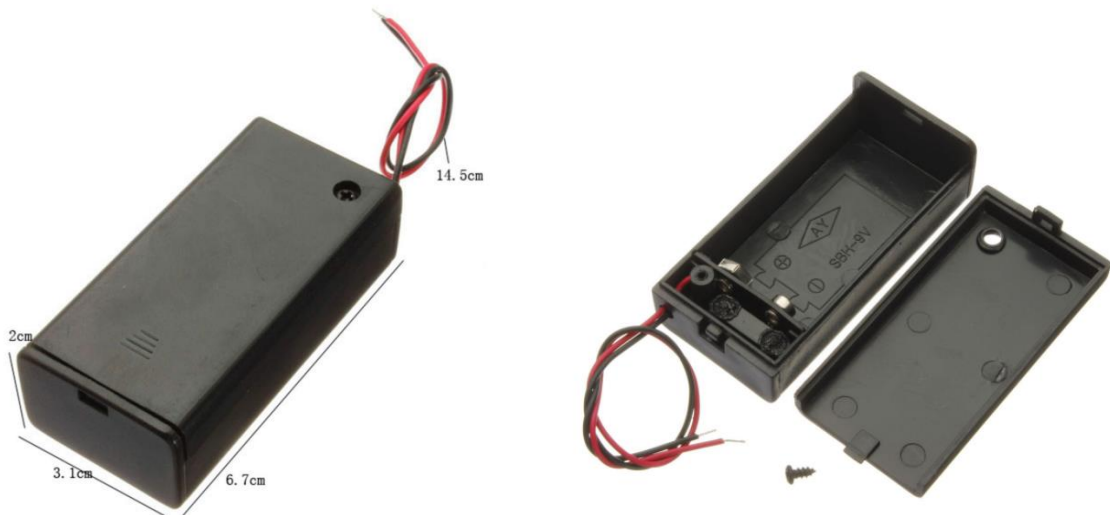
Ευχαριστώ πολύ

Παράρτημα



Εικόνα 23, Χαρτόνι μακέτας

Για την στήριξη της εσωτερικής μηχανολογικής κατασκευής, χρησιμοποιήθηκε ένας κύκλος από χαρτόνι μακέτας, πάχους 3mm και διαμέτρου 14cm. Με χρήση ίδιου υλικού επιτεύχθηκε και η στήριξη των τροποποιημένων σερβοκινητήρων στην κατασκευή.



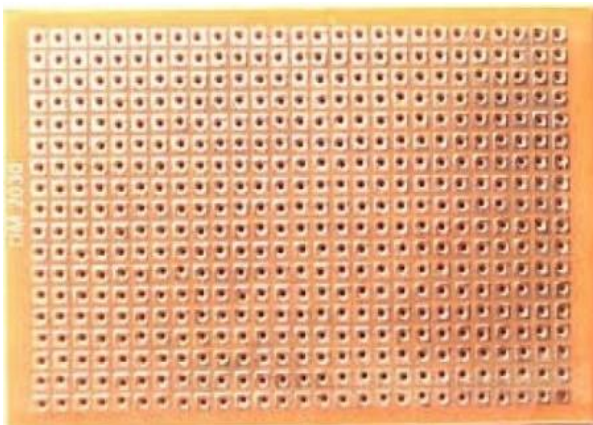
Εικόνα 24, Βάση στήριξης μπαταριών

Για την στήριξη των δύο μπαταριών τύπου PP9 χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις της εικόνας 24. Στο αριστερό τμήμα της εικόνας φαίνονται οι ακριβείς διαστάσεις της κάθε βάσης, ενώ στο δεξιό τμήμα της ίδιας εικόνας φαίνεται το εσωτερικό της. Στην κατασκευή, οι βάσεις χρησιμοποιούνται δίχως το καπάκι προστασίας της μπαταρίας.



Εικόνα 25, Μινιατούρα ποδηλάτου τύπου BMX

Για την επίτευξη κίνησης εσωτερικά της σφαίρας χρησιμοποιήθηκαν ένα ζευγάρι τροχών μεγέθους μινιατούρας. Η μινιατούρα αυτή φαίνεται στην εικόνα 25. Οι τροχοί της κατασκευής απεικονίζονται ως εφεδρικοί τροχοί στην παραπάνω εικόνα.



Εικόνα 27, Ενδεικτική διάτρητη πλακέτα τύπου PCB



Εικόνα 26, Καλώδιο τύπου UTP

Για την υλοποίηση του ηλεκτρονικού κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε μια διάτρητη πλακέτα τύπου PCB, όπως φαίνεται και στην εικόνα 26. Η πλακέτα αυτή επιλέχθηκε, λόγω της υψηλής αυτονομίας που προσφέρει στην υλοποίηση κυκλωμάτων. Για την διασύνδεση των εξαρτημάτων χρησιμοποιήθηκαν, κλώνοι από καλώδιο τύπου UTP. Τα καλώδια αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για διασύνδεση τηλεφωνικών γραμμών, σε εγκαταστάσεις κτηρίων.

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το ηλεκτρολογικό διάγραμμα της κατασκευής. Το διάγραμμα περιλαμβάνει τα τρία βασικά εξαρτήματα που είναι ο μικροελεγκτής, η γέφυρα τύπου H και η συσκευή Bluetooth HC-06. Προσοχή, πρέπει να δοθεί στην χρήση διαιρέτη τάσεως στην είσοδο ελέγχου της συσκευής HC-06. Η ανάγκη χρήσης, ενός διαιρέτη τάσεως προκύπτει από το λογικό 1 της εισόδου της HC-06 που βρίσκεται στα 3.3V, ενώ του μικροελεγκτή στα 5V. Οι επιλογή του συγκεκριμένου ζευγαριού τιμών των αντιστάσεων, έχει επελέγη αφενός για την επίτευξη της πτώσης τάσεως και αφετέρου στην μικρή κατανάλωση ρεύματος. Η αναλογία που απαιτείται για την πτώση τάσεως είναι $\frac{1}{2}$, που αποδίδει τάση 3.33V. Λόγω του περιορισμού μέγιστης έντασης ρεύματος ανά ακίδα του μικροελεγκτή, που ανέρχεται στα 40mA, (Κεφάλαιο 2.1.3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας Arduino Pro Mini) έπρεπε η τιμή να είναι μικρότερη των 40mA. Το συγκεκριμένο ζεύγος έχει κατανάλωση ρεύματος που ανέρχεται στα 1.5mA.

Βιβλιογραφία

1. Γενικές πληροφορίες Ρομπότ, Βικιπαίδεια
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8C%CF%84>, προσπέλαση 24/11/2017
2. Γενικές πληροφορίες Μικροελεγκτή, Βικιπαίδεια
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CF%84%CE%AE%CF%82>, προσπέλαση 2/12/2017
3. Τεχνολογία ασύρματου ελέγχου μέσω υπερύθρων (IF) ,
<https://electronics.howstuffworks.com/remote-control1.htm>, προσπέλαση 2/12/2017
4. Εύρος κύματος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, Wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_frequency, προσπέλαση 3/12/17
5. Τεχνολογία ασύρματου ελέγχου μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (RF),
<https://electronics.howstuffworks.com/remote-control3.htm>, προσπέλαση 6/12/2017
6. Γενικές πληροφορίες Arduino,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>, προσπέλαση 16/7/2017
7. Φύλλο δεδομένων Arduino Pro Mini,
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Boards/ProMini16MHzv1.pdf>,
προσπέλαση 12/7/2017
8. Σχηματικό φύλλο δεδομένων Arduino Pro Mini,
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Boards/Arduino-Pro-Mini-v14.pdf>,
προσπέλαση 13/7/2017
9. Γενικές πληροφορίες Bluetooth,
<https://el.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, προσπέλαση 15/7/2017
10. Συσκευή Bluetooth HC-06,
<http://silabs.org.ua/bc4/hc06.pdf>, προσπέλαση 16/7/2017
11. Γενικές πληροφορίες γέφυρας τύπου H,
https://en.wikipedia.org/wiki/H_bridge#Operation, προσπέλαση 18/7/2017
12. Φύλλο δεδομένων γέφυρας-H L293B,
<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/3f/2a/59/15/61/>

43/45/af/CD00000058.pdf/files/CD00000058.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000058.pdf, προσπέλαση 28/7/2017

13. Γενικές πληροφορίες σερβοκινητήρων,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>, προσπέλαση 28/7/2017
14. Φύλλο δεδομένων σερβοκινητήρα MG90s microservo ,
<http://www.towerpro.com.tw/product/mg90s-3/>, προσπέλαση 30/7/2017
15. Γενικές πληροφορίες μπαταριών 9Volt τύπου PP3,
https://en.wikipedia.org/wiki/Nine-volt_battery, προσπέλαση 2/8/2017
16. Γενικές πληροφορίες μπαταριών τεχνολογίας Zinc-Carbon,
https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc%E2%80%93carbon_battery, προσπέλαση 3/8/2017
17. Γενικές πληροφορίες αλκαλικών μπαταριών,
https://en.wikipedia.org/wiki/Alkaline_battery, προσπέλαση 3/8/2017
18. Γενικές πληροφορίες μπαταριών τεχνολογίας Lithium iron disulfide (Li-FeS₂),
http://batteryuniversity.com/learn/article/choices_of_primary_batteries, προσπέλαση 2/10/2017
19. Γενικές πληροφορίες μπαταριών τεχνολογίας Νικελίου,
http://batteryuniversity.com/learn/article/nickel_based_batteries, προσπέλαση 5/10/2017
20. Γενικές πληροφορίες μπαταριών τεχνολογίας τύπου LiPo,
https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_polymer_battery, προσπέλαση 5/10/2017
21. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μπαταριών LiPo,
<http://www.radio-electronics.com/info/power-management/battery-technology/lithium-ion-battery-advantages-disadvantages.php>, προσπέλαση 6/10/2017
22. Γενικές πληροφορίες πλατφόρμας σχεδιασμού εφαρμογών MIT App Inventor II,
<http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>, προσπέλαση 17/10/2017
23. Γενικές πληροφορίες συσκευής σύνδεσης στο διαδίκτυο ESP8266,
https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf, προσπέλαση 9/12/2017

24. Φύλλο δεδομένων αισθητηρίου MPU-6050,

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517744/ETC1/MPU-6050.html>,

προσπέλαση 7/12/2017

25. Διαφορές μικροελεγκτών-μικροπολογιστών,

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CF%84%CE%AE%CF%82>,

προσπέλαση 12/12/2017

26. Γενικές πληροφορίες Raspberry Pi III,

https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#Model_B, προσπέλαση 12/12/2017