



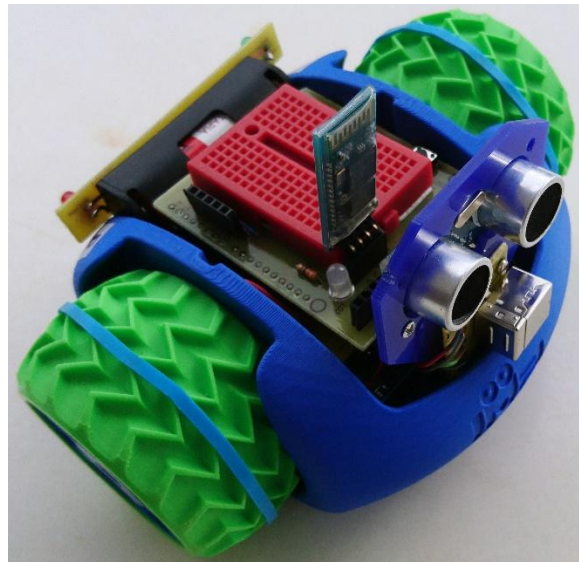
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

"Εκπαιδευτική ρομποτική πλατφόρμα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης"



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:
ΠΑΝΤΕΛΑΙΟΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΑΒΡΑΑΜ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μιλτιάδης Παντελαίος, του Νικολάου, φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών 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 απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της.

Ο Δηλών

Ημερομηνία

Ευχαριστίες.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αβραάμ Χατζόπουλο για την αμέριστη βοήθεια ειδικά σε θέματα Ρομποτικής – Μηχατρονικής και ΣΑΕ, επίσης όλες και όλους τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη την διάρκεια των Ακαδημαϊκών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πρόταση πτυχιακής εργασίας αφορά την σχεδίαση και κατασκευή μιας εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας για χρήση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η ρομποτική πλατφόρμα σχεδιάστηκε με γνώμονα:

- το οικονομικό κόστος παραγωγής,
- την υψηλή, ανθεκτική και καλαίσθητη ποιότητα κατασκευής,
- και να βασίζεται σ' ανοικτά πρότυπα και τεχνολογίες.

Η κατασκευή της πλατφόρμας απαρτίζεται από:

- αισθητήρια φωτεινότητας (LDR),
- αισθητήρια εγγύτητας (μέτρησης απόστασης) με χρήση υπερήχων (Sonar),
- αισθητήρια αναγνώρισης γραμμής (Line Detector),
- κύκλωμα για την επίτευξη ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth,
- και από τα απαραίτητα υποστηρικτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος, οδήγησης κινητήρων και τροφοδοσίας, με σκοπό την υλοποίηση εκπαιδευτικών εφαρμογών στον τομέα της ρομποτικής.

Η ανάπτυξη της διάταξης περιλαμβάνει τόσο τον σχεδιασμό και κατασκευή του υλικού μέρους (hardware) όσο και την συγγραφή των απαραίτητων συνοδευτικών προγραμμάτων λογισμικού (software) για την ορθή λειτουργία της.

Η μεθοδολογία κατασκευής της πλατφόρμας -κατά χρονική ακολουθία- περιγράφεται παρακάτω:

1. Αρχικά σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε η πλατφόρμα με την μέθοδο 3D Printing.
2. Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν οι επιμέρους αρθρωτές μονάδες (shields), και κατασκευάστηκαν πρωτότυπα τυπωμένα κυκλώματα PCBs [1] για δοκιμαστικούς ελέγχους,
3. Επικολλήθηκαν τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα στα πρωτότυπα PCBs.
4. Οι αρθρωτές μονάδες τοποθετήθηκαν και διασυνδέθηκαν μεταξύ τους στην ρομποτική πλατφόρμα.
5. Τέλος, υλοποιήθηκε έλεγχος καλής λειτουργίας των επί μέρους υλικών/ τμημάτων μέσω του εγκατεστημένου προγράμματος Arduino IDE[®] ώστε να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία των επιμέρους αισθητηρίων, των συσκευών εξόδου (ενεργοποιητών) και ολόκληρης της ρομποτικής πλατφόρμας.

Η πρώτη κατασκευαστική προσέγγιση της ρομποτικής πλατφόρμας περιελάμβανε και την εξ' ολοκλήρου σχεδίαση & κατασκευή του Arduino, δηλαδή του μικροελεγκτή AT Mega 328 PU) [2] συνοδευόμενο από τα απαραίτητα υποστηρικτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα για την εύρυθμη λειτουργία του, ωστόσο στη συνέχεια διαπιστώθηκε ότι αφενός

αυξανόταν πολύ το κόστος της κατασκευής και αφετέρου ότι απουσίαζε η ολοκληρωμένη λειτουργικότητα μεταξύ των αρθρωτών μονάδων.

Μελλοντικές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να επιτευχθούν συμπεριλαμβάνουν:

1. την κατασκευή των αρθρωτών μονάδων σε τυπωμένα κυκλώματα διπλής όψης ώστε να εξασφαλίζεται ο μικρότερος όγκος των PCBs,
2. την προσθήκη ενός επιπλέον DC Servo Motor (180°) ώστε το αισθητήριο απόστασης να έχει αποτελεσματικότερο έλεγχο χωρίς να απαιτείται ο συχνότερος έλεγχος εμποδίων κατά την διάρκεια της κίνησης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ρομπότ, Arduino, Εκπαιδευτική πλατφόρμα.

ABSTRACT

This diploma thesis proposal concerns the design and construction of an educational robotic platform for use in primary and secondary education. The platform was designed with the following:

- economical production cost,
- high, durable and stylish construction quality,
- and be based on open standards and technologies

Robotic platform's construction consists of:

- Luminance sensors (LDR),
- Proximity sensors (Sonar),
- Line Detectors,
- Circuit to achieve Bluetooth wireless communication,
- and the necessary supporting electronic power circuits, motor and power driving, for the purpose of implementing educational applications in the field of robotics.

Robotic platform's development involves both the design/construction of the hardware and the writing of the necessary accompanying software for its proper operation.

The platform construction methodology - in time sequence - is described below:

1. Robotic platform was originally designed and built with the 3D Printing method.
2. Individual shields were designed, and prototypes PCBs printed [1] for testing,
3. Electronic components were embedded in the original PCBs,
4. Modular units were mounted and interconnected on the robotic platform.
5. Finally, a good control of the individual materials / parts was carried out through the installed Arduino IDE[®] program to verify the proper functioning of the individual sensors, the output devices (actuators) and the entire robotic platform.

The first constructive approach of the robotic platform included the development of Arduino' itself, i.e. the ATmega 328 PU microcontroller [2] accompanied by the necessary supporting electronic circuits, but it was then found that it was going up a lot the cost of construction and, on the other hand, that there was no integrated functionality between modular units.

Future improvements that could be achieved include:

1. manufacture of modular units in double sided PCBs to ensure its smallest volume,
2. adding an additional DC Servo Motor (180 °) so that the distance sensor has more effective control without requiring more frequent obstacle control during motion.

KEYWORDS

Robot, Arduino, Educational platform.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	v
ABSTRACT	vi
KEYWORDS	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	3
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	6
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ (HARDWARE).....	9
Ανάλυση λειτουργικών μερών	9
Arduino UNO R3 SMD	9
ARDUINO SHIELD 1.....	14
ARDUINO SHIELD 2.....	21
Μηχανολογικό σχέδιο	23
Ρομποτική Πλατφόρμα	23
Εξαρτήματα, μονάδες, τυπωμένα κυκλώματα	24
Κατασκευή – Συναρμολόγηση.....	25
Ηλεκτρονικό κύκλωμα.....	30
Arduino UNO SMD.....	30
Arduino Shield 1.....	31
Arduino Shield 2.....	33
Μέθοδος κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων (PCBs) της κατασκευής	35
Λίστα υλικών.....	38
Οικονομικός προϋπολογισμός.....	39
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (SOFTWARE).....	42

Κώδικες Προγραμμάτων.....	45
Τεστ Κινητήρων	45
Test LEDs.....	47
Test Sonar HC-SR04	47
Test Line Detector	48
Test Bluetooth HC-06.....	49
Κώδικας Robot test.....	50
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	55
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Λειτουργία ακροδεκτών Arduino [4]	12
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά SR-HC04	18
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά Line Detector QRE1113	19
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά GL5516 LDR.....	19
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά Buzzer LD-BZEG-1205.....	20
Πίνακας 6: Τεχνικές προδιαγραφές HC-06 Bluetooth	22
Πίνακας 7: Μονάδες Κατασκευής Ρομποτικής Πλατφόρμας.....	25
Πίνακας 8: Διαδικασία μετατροπής Servo Motor SG-90 για πλήρη περιστροφή	26
Πίνακας 9: Συναρμολόγηση – τοποθέτηση - διασύνδεση τμημάτων Πλατφόρμας.....	27
Πίνακας 10: Διασύνδεση Pin Headers Arduino Shield 1	32
Πίνακας 11: Διασύνδεση Pin Headers Shield 2.....	34
Πίνακας 12: Διαδικασία κατασκευής PCB Arduino Shield 1 - Shield 2	37
Πίνακας 13: Λίστα υλικών - μονάδων κατασκευής.....	38
Πίνακας 14: Κόστος κατασκευής..... Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Πίνακας 15: PIN OUT ARDUINO	42
Πίνακας 16: PIN IN ARDUINO	42
Πίνακας 17: Βασικές Συναρτήσεις προγράμματος Arduino IDE.....	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1:Block Diagram κατασκευής.....	5
Εικόνα 2: Atmel AVR Inside.....	6
Εικόνα 3: Block Diagram ATmega 328	6
Εικόνα 4:Block Diagram ATmega328P	9
Εικόνα 5:Τμήματα Arduino UNO SMD [4].....	9
Εικόνα 6: Σχηματικό διάγραμμα Arduino UNO SMD [16]	11
Εικόνα 7:Block Diagram L293D	14
Εικόνα 8: Διασύνδεση κινητήρων με Arduino	15
Εικόνα 9: Συνδεσμολογία κινητήρων.....	16
Εικόνα 10: Χαρακτηριστικά λειτουργίας Motor SG90.....	16
Εικόνα 11: Διαστάσεις Motor SG90	16
Εικόνα 12:sonar operating	17
Εικόνα 13: Diagram for QRE113Digital.....	18
Εικόνα 14:LDR - Μεταβολή αντίστασης ως προς φωτεινότητα	19
Εικόνα 16: Diagram for sensors.....	20
Εικόνα 15: Συνδεσμολογία Buzzer	20
Εικόνα 17: Block Diagram for Sensors	21
Εικόνα 18 : Arduino Shield [2].....	21
Εικόνα 19: Bluetooth module HC-06.....	22
Εικόνα 20: Διασύνδεση HC-06 με Arduino	22
Εικόνα 21: Συναρμολογημένη ρομποτική πλατφόρμα	23
Εικόνα 22 : Τμήματα ρομποτικής πλατφόρμας.....	23
Εικόνα 23:τμήματα και τοποθέτησή τους	24
Εικόνα 24: Διασύνδεση κυκλωμάτων Shield 1 & 2 με Arduino	30
Εικόνα 25: Ηλεκτρονικό διάγραμμα Arduino Shield 1.....	31
Εικόνα 26: Τυπωμένο (πλευρά υλικών)	32
Εικόνα 27: Τυπωμένο (πλευρά χαλκού).....	32
Εικόνα 28: Τυπωμένο κύκλωμα Shield [1]	32
Εικόνα 29: Ηλεκτρονικό διάγραμμα Shield 2	33
Εικόνα 30: Arduino Shield 2 PCB	34
Εικόνα 31:Πλευρά υλικών(Top) Shield 2	34
Εικόνα 32:Πλευρά χαλκού (Bottom) Shield 2.....	34
Εικόνα 33: Περιβάλλον Arduino IDE.....	43
Εικόνα 34: Βασικές ενότητες προγραμματισμού Arduino IDE.....	43

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πρόταση διπλωματικής εργασίας αφορά την σχεδίαση και κατασκευή μιας εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας για χρήση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η πλατφόρμα σχεδιάστηκε με γνώμονα:

- το οικονομικό κόστος παραγωγής,
- την υψηλή, ανθεκτική και καλαίσθητη ποιότητα κατασκευής,
- και να βασίζεται σ' ανοικτά πρότυπα και τεχνολογίες

Η κατασκευή της πλατφόρμας απαρτίζεται από:

- αισθητήρια φωτεινότητας (LDR),
- υπερήχων (Sonar),
- αναγνώριση γραμμής (Line Detector),
- ασύρματης επικοινωνίας (Bluetooth),
- και τα απαραίτητα υποστηρικτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος, οδήγησης κινητήρων και τροφοδοσίας, με σκοπό την υλοποίηση εκπαιδευτικών εφαρμογών στον τομέα της ρομποτικής.

Η ανάπτυξη της διάταξης περιλαμβάνει τόσο τον σχεδιασμό και κατασκευή του υλικού μέρους (hardware) όσο και την συγγραφή των απαραίτητων συνοδευτικών προγραμμάτων λογισμικού (software) για την ορθή λειτουργία της.

Η μεθοδολογία κατασκευής της πλατφόρμας -κατά χρονική ακολουθία- περιγράφεται παρακάτω:

1. Αρχικά σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε η πλατφόρμα με την μέθοδο 3D Printing.
2. Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν οι επιμέρους αρθρωτές μονάδες (shields), και κατασκευάστηκαν πρωτότυπα τυπωμένα κυκλώματα PCBs [1] για δοκιμαστικούς ελέγχους,
3. Επικολλήθηκαν τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα στα πρωτότυπα PCBs.
4. Οι αρθρωτές μονάδες τοποθετήθηκαν και διασυνδέθηκαν μεταξύ τους στην ρομποτική πλατφόρμα.
5. Τέλος, υλοποιήθηκε έλεγχος καλής λειτουργίας των επί μέρους υλικών/ τμημάτων μέσω του εγκατεστημένου προγράμματος Arduino IDE[©] ώστε να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία των επιμέρους αισθητηρίων, των συσκευών εξόδου (ενεργοποιητών) και ολόκληρης της ρομποτικής πλατφόρμας.

Η πρώτη κατασκευαστική προσέγγιση της ρομποτικής πλατφόρμας περιελάμβανε και την εξ' ολοκλήρου σχεδίαση & κατασκευή του Arduino, δηλαδή του μικροελεγκτή ATmega 328 PU) [2] συνοδευόμενο από τα απαραίτητα υποστηρικτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα

για την εύρυθμη λειτουργία του, ωστόσο στη συνέχεια διαπιστώθηκε ότι αφενός αυξανόταν πολύ το κόστος της κατασκευής και αφετέρου ότι απουσίαζε η ολοκληρωμένη λειτουργικότητα μεταξύ των αρθρωτών μονάδων.

Μελλοντικές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να επιτευχθούν συμπεριλαμβάνουν:

1. την κατασκευή των αρθρωτών μονάδων σε τυπωμένα κυκλώματα διπλής όψης ώστε να εξασφαλίζεται ο μικρότερος όγκος των PCBs,
2. την δημιουργία ξεχωριστών αρθρωτών μονάδων (μονάδα αισθητήρων[sensors shield] , μονάδα κίνησης[motors shield]),
3. την προσθήκη ενός επιπλέον DC Servo Motor (180°) ώστε το αισθητήριο απόστασης να έχει αποτελεσματικότερο έλεγχο χωρίς να απαιτείται ο συχνότερος έλεγχος εμποδίων κατά την διάρκεια της κίνησης.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η παρούσα πρόταση πτυχιακής εργασίας εστιάζει στο σχεδιασμό και κατασκευή μιας ρομποτικής πλατφόρμας για χρήση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση όπου να υλοποιείται με υλικά και εξαρτήματα χαμηλού κόστους διατηρώντας παράλληλα υψηλή ποιότητα, αντοχή και καλαισθησία.

Για εκπαιδευτικούς λόγους (π.χ. για να είναι δυνατή η κατανόηση της λειτουργίας της) τα επιμέρους τμήματα της πλατφόρμας πρέπει να αποσπώνται εύκολα τμήματα και τα μελλοντικά κυκλώματα υποστήριξης του ελεγκτή (Arduino UNO R3 SMD [4]) να είναι χαμηλού κόστους και με πλήρη συμβατότητα (compatible).

Η πλατφόρμα έχει σχεδιαστεί για παραγωγή σε 3D printer -σύμφωνα με τα σχέδια της Explore Making[©] IMA JUNO [5]-, ωστόσο λόγω του ελαχίστου ωφέλιμου όγκου της, τα συνοδευτικά κυκλώματα PCBs οφείλουν να είναι σχεδιασμένα και κατάλληλα για τοποθέτηση στην πλατφόρμα.

Όλες οι δυνατότητες του Arduino θα πρέπει να είναι πλήρως λειτουργικές, δηλαδή αχρησιμοποίητοι ακροδέκτες εισόδου/εξόδου (Analog/Digital pins) θα πρέπει να μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω της πλακέτας δοκιμών (Breadboard) της ρομποτικής πλατφόρμας ώστε ο ασκούμενος να δύναται να υλοποιήσει οποιοδήποτε ηλεκτρονικό κύκλωμα.

Τέλος στις αρχικές προδιαγραφές της ρομποτικής πλατφόρμας περιλαμβάνονται:

- η υποστήριξη δυνατότητας τηλεχειρισμού μέσω ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth,
- ο έλεγχος κίνησης εντός ορίων,
- η λειτουργία αλληλεπίδρασης μέσου φωτεινότητας,
- η λειτουργία κίνησης μ' αποφυγή εμποδίων,
- καθώς και η παροχή ηχητικών ειδοποιήσεων για πολλαπλές χρήσεις και αναλόγως του σεναρίου λειτουργίας του Arduino.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία του σχεδιασμού και κατασκευής της ρομποτικής πλατφόρμας που ακολουθήθηκε περιγράφεται παρακάτω.

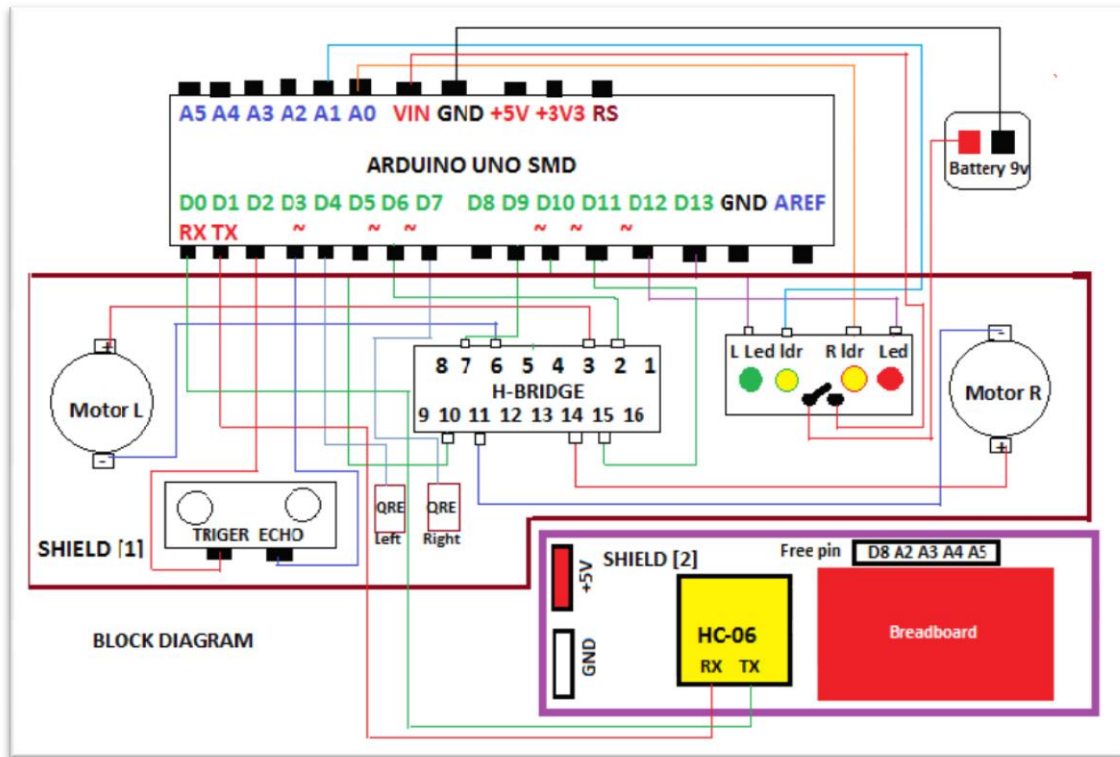
Αρχικά η πρώτη κατασκευαστική προσέγγιση περιλάμβανε τη παραγωγή του ελεγκτή (MCU) από την αρχή, για αυτό σχεδιάστηκε και παράχθηκε PCB μονής όψης για έναν κλώνο μικροελεγκτή Arduino, χωρίς ωστόσο να περιλαμβάνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα του μετατροπέα (converter) USB σε UART. Μ' αυτόν τον τρόπο η κατασκευή ήταν απλούστερη ωστόσο ο προγραμματισμός του ελεγκτή μπορεί να γίνει μόνο τοποθετώντας στην κατάλληλη θέση έναν αντίστοιχο κύκλωμα μετατροπέα (USB-UART converter) όπως είναι για παράδειγμα το FT232R της Future Technology Devices Int [6]. Αν και η κατασκευή λειτούργησε ικανοποιητικά και χωρίς προβλήματα, το υψηλότερο κόστος και η μη απόλυτη συνεργασία με τα υπόλοιπα βοηθητικά κυκλώματα απέρριψαν αυτή τη σχεδιαστική προσέγγιση.

Η σχεδίαση και κατασκευή των επιμέρους ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σύμφωνα με τις λειτουργικές απαιτήσεις της εργασίας έγινε μέσω του προγράμματος Cadsoft Eagle V7.6 της Autodesk[©] [7] ενώ το λογισμικό Fritzing[©] [8] αξιοποιήθηκε για την σχεδίαση των μπλοκ διαγραμμάτων.

Για την αποχάλκωση των τυπωμένων κυκλωμάτων (PCBs) εφαρμόστηκαν στο εργαστήριο αρκετές μεθόδους και διαδικασίες και τελικά -μετά από πολλές δοκιμές- επιλέχθηκε ως καταλληλότερη και απλούστερη, η μέθοδος της ψυχρής μεταφοράς τόνερ μέσω διαλυτικού βερνικιού (αναλυτική περιγραφή δίνεται στο κεφάλαιο «Ηλεκτρονικό κύκλωμα»).

Για την υλοποίηση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν αρθρωτά δύο πλακέτες (Arduino Shields 1 & 2). Στην 1^η πλακέτα (*Arduino Shield 1*) τοποθετήθηκαν τα κυκλώματα ελέγχου λειτουργίας των υφιστάμενων αισθητηρίων και των συσκευών εξόδου (ενεργοποιητών) της πλατφόρμας, ενώ στην 2^η πλακέτα (*Arduino Shield 2*) τοποθετήθηκαν τα υλικά αξιοποίησης των μη-δεσμευμένων ακροδεκτών (pins) του Arduino και το module ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth (HC-06) [9], για το οποίο υπάρχει πρόβλεψη τοποθέτησης του και στο *Shield 1* όταν δεν συνδέεται το *Shield 2*.

Παρακάτω παρουσιάζεται (εικόνα 1) το μπλοκ διάγραμμα της κατασκευής.



Εικόνα 1: Block Diagram κατασκευής

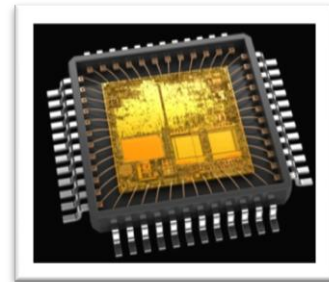
Η αρχική κατασκευή απαιτούσε την τοποθέτηση των κυκλωμάτων κάθετα στην ρομποτική πλατφόρμα που ωστόσο μείωνε την λειτουργικότητα ειδικά του *Shield 2* καθώς καθιστούσε αυτό δυσπρόσιτο στην τοποθέτηση υλικών στο Breadboard, για τον λόγο αυτό σχεδιάστηκε η οριζόντια τοποθέτηση των κυκλωμάτων κατόπιν κατάλληλης τροποποίησης του Arduino UNO SMD ώστε να είναι προσβάσιμη η θύρα USB.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

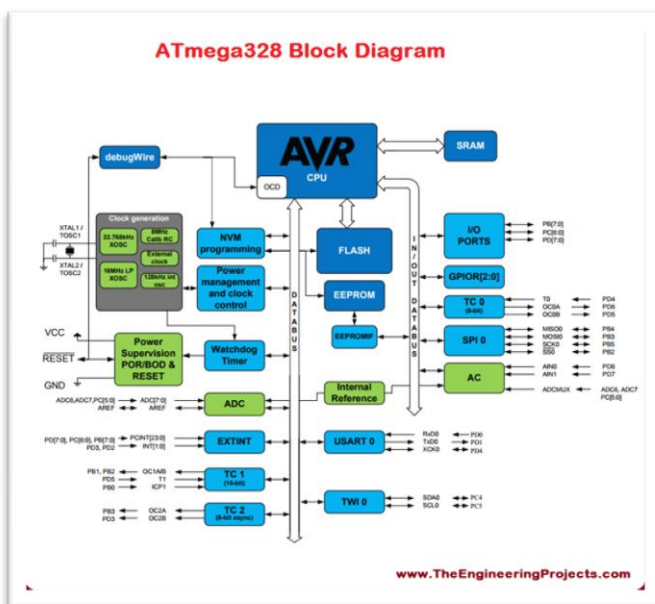
Παράλληλα με την εξέλιξη της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών επήλθε και η εξέλιξη των μικροελεγκτών MCU (**M**icro **C**ontroller **U**nit) και έτσι με την έλευση του 8051 της εταιρείας INTEL[®] στην αγορά (δεκαετία 1980 και μετά) εμφανίστηκαν πληθώρα μικροελεγκτών όπως: Atmel AVR (8-bit), AVR32 (32-bit), PIC16 8 bit, PIC18, dsPIC33 / PIC24 16 bit PIC32 32 bit της Microchip, TI MSP430 (16-bit), MSP432 (32-bit), C2000 (32-bit) της Texas Instruments, STM8 (8-bit), ST10 (16-bit), STM32 (32-bit) της STMicroelectronics, μεταξύ άλλων. [10]

Οι πρώτοι μικροελεγκτές εκτελούσαν μία συγκεκριμένη λειτουργία με ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα. Το πρόγραμμα αποθηκεύονταν σε ROM (μνήμη μόνο για ανάγνωση) και γενικά δεν υπήρχε η δυνατότητα διαγραφής του. Πλέον οι σύγχρονοι MCU ενσωματώνουν και άλλων τύπων μνήμης ιδιαίτερα με την εξέλιξη κατασκευής μνημών τύπου EEPROM (**E**rasable **P**rogrammable **R**ead-**O**nly **M**emory)

από το 1993 και μετά. Οι μνήμες **EEPROM** [11] αποτελούν μία νεότερη εξέλιξη των μνημών ROM. Αυτές οι μνήμες, σε αντίθεση με τις μνήμες RAM, διατηρούν τα περιεχόμενά τους και μετά την διακοπή της τροφοδοσίας τους. Μπορούν όμως να διαγραφούν και να επαναπρογραμματιστούν με νέο κώδικα, ακόμη και πάνω στο ηλεκτρονικό κύκλωμα στο οποίο είναι τοποθετημένες.



Εικόνα 2: Atmel AVR Inside



Εικόνα 3: Block Diagram ATmega 328

Ένας μικροελεγκτής MCU είναι ένας μικρός υπολογιστής σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Ένας μικροελεγκτής περιέχει μία ή περισσότερες CPU (Κεντρική μονάδα επεξεργασίας) μαζί με μνήμη RAM – EEPROM) και περιφερειακά εισόδου/εξόδου.

Η μνήμη προγραμμάτων EEPROM, NOR flash ή OTP ROM συμπεριλαμβάνεται επίσης συχνά στο τσιπ, καθώς και μια μικρή ποσότητα μνήμης RAM.

Οι μικροελεγκτές έχουν σχεδιαστεί για ενσωματωμένες εφαρμογές (εναλλακτικά ονομάζονται *ενσωματωμένα συστήματα* ή *embedded systems*) σε αντίθεση με τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται σε προσωπικούς υπολογιστές ή άλλες εφαρμογές γενικού σκοπού.

Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται για τον αυτόματο προγραμματιζόμενο έλεγχο συσκευών, όπως συστήματα ελέγχου κινητήρα αυτοκινήτων, εμφυτεύσιμα ιατρικά βοηθήματα, τηλεχειριστήρια, μηχανές γραφείου, συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία, παιχνίδια και άλλα ενσωματωμένα συστήματα. Με τη μείωση του μεγέθους και του κόστους –πάντα σε σύγκριση με ένα σχέδιο που χρησιμοποιεί ξεχωριστό μικροεπεξεργαστή, μνήμη και συσκευές εισόδου / εξόδου-, οι μικροελεγκτές καθιστούν οικονομικό τον ψηφιακό έλεγχο ακόμα περισσότερων συσκευών και διαδικασιών.

Οι σύγχρονοι μικροελεγκτές είναι πλέον μικτού σήματος (analog/digital) δηλαδή ενσωματώνουν *κυκλώματα μετατροπής αναλογικού/ψηφιακού (A/D Converters)* που απαιτούνται για τον έλεγχο μη ψηφιακών ηλεκτρονικών συστημάτων. Με την ανάπτυξη του διαδικτύου οι μικροελεγκτές αποτελούν ένα οικονομικό μέσο ανίχνευσης, συλλογής, καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων -μέσω πληθώρας αισθητηρίων- και έλεγχο μονάδων απρόσιτων στον ανθρώπινο παράγοντα.

Οι μικροελεγκτές είναι συσκευές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και ελαχίστου βάρους, για αυτό το λόγο μπορούν να τοποθετηθούν και να εξυπηρετήσουν κατασκευές που απαιτούν ελάχιστο βάρος και κατανάλωση ενέργειας (για παράδειγμα drones), καθώς και αυτόνομες μονάδες σε δυσπρόσιτα σημεία όπου η παροχή ενέργειας είναι ανύπαρκτη, για παράδειγμα, όταν απαιτείται τροφοδοσία μέσω ηλιακών συλλεκτών.

Ένας κλάδος της τεχνολογίας που απορροφά το μεγαλύτερο μέρος των μικροελεγκτών είναι η ρομποτική βιομηχανία η οποία απαιτεί συστήματα αυτομάτου ελέγχου με πληθώρα επιμέρους κατασκευών όπως: αυτοκινητοβιομηχανία (ρομποτικοί βραχίονες, αυτόματος έλεγχος κίνησης οχημάτων κ.λπ.), ιατρική (ρομποτικοί βραχίονες ακριβείας για την εκτέλεση εγχειρήσεων σε ασθενείς), βιομηχανία (γραμμές παραγωγής προϊόντων, έλεγχος λειτουργίας μηχανών, κ.α.).

Στον τομέα της εκπαίδευσης η ρομποτικής έχει ιδιαίτερη εφαρμογή είτε αυτόνομα ως «εκπαιδευτική ρομποτική» είτε στην εκπαίδευση STEM [Science, Technology, Engineering and Mathematics] [12] που αποτελεί το ακρωνύμιο που χρησιμοποιείται για να δηλώσει κυρίως τα πεδία που αναφέρονται στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Επιστήμη των Μηχανικών και τα Μαθηματικά.

Η ρομποτική και οι αυτοματισμοί διδάσκονται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση ως μέρος του αναλυτικού προγράμματος σπουδών. Η ένταξή τους όμως στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έγινε εφικτή τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της εμφάνισης ειδικών κατασκευαστικών πακέτων χαμηλού κόστους και απλού χειρισμού όπως είναι το

δημοφιλές Arduino. Τα πακέτα αυτά περιλαμβάνουν μικροεπεξεργαστές ή μικροελεγκτές, αισθητήρες, κινητήρες και άλλα ηλεκτρονικά, ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα τα οποία με τη βοήθεια δομικού υλικού μπορούν να συνθέσουν τις ρομποτικές κατασκευές. Συνοδεύονται συνήθως από το κατάλληλο λογισμικό π.χ. για το Arduino το λογισμικό υποστήριξης είναι τα: Arduino IDE [3], Scratch S4A [13], Ardublock [14], που επιτρέπει τον προγραμματισμό της συμπεριφοράς τους.

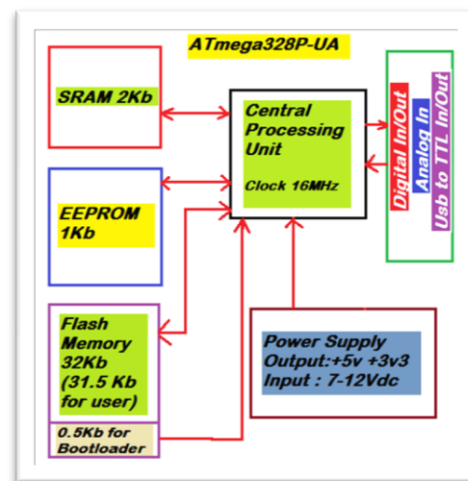
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ (HARDWARE)

Στο παρόν κεφάλαιο ακολουθεί η ανάλυση, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του υλικού μέρους (hardware) της εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας. Αναλύονται τα επιμέρους λειτουργικά μέρη της πλατφόρμας όπως ο μικροελεγκτής Arduino UNO R3 SMD και οι δύο πλακέτες επέκτασης του μικροελεγκτή Arduino (ή αλλιώς Arduino Shields).

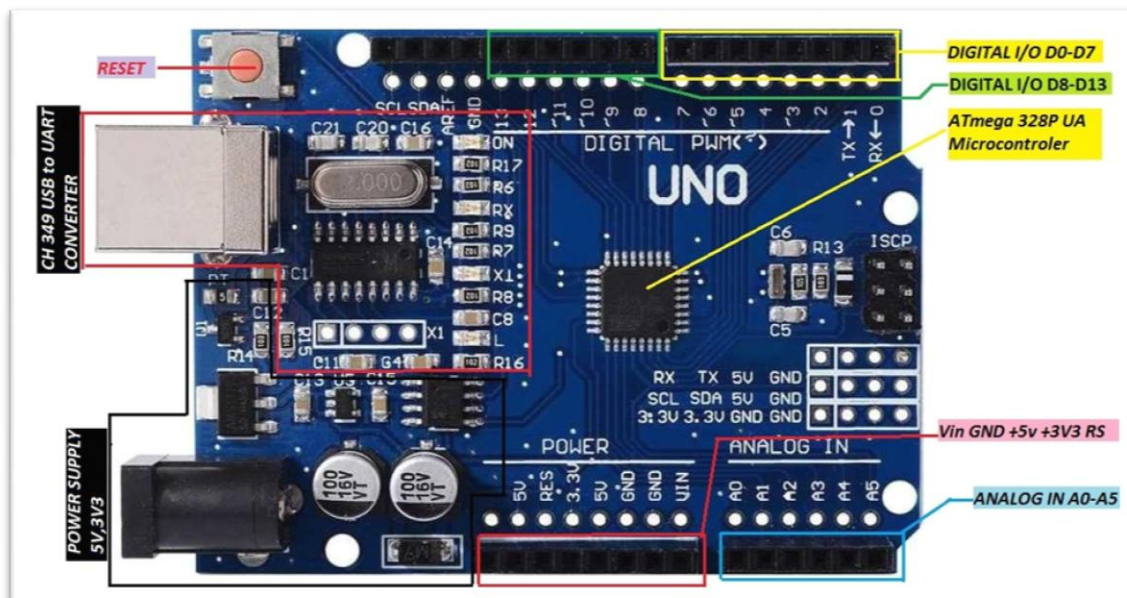
Ανάλυση λειτουργικών μερών

Arduino UNO R3 SMD

Ως μικροελεγκτής επιλέχτηκε η δημοφιλής πλατφόρμα Arduino UNO [15] καθώς είναι πολύ οικονομικός, ανοικτού κώδικα προγραμματισμού, δωρεάν μεταγλωττιστή (interpreter), περιέχει το σύνολο των απαιτούμενων περιφερικών μονάδων τόσο για την επικοινωνία μέσω H/Y όσο και για τις διασυνδέσεις του με τον «φυσικό κόσμο», στην εικόνα 5 βλέπουμε παραστατικά τα μέρη ενός Arduino UNO SMD ενώ στην εικόνα 4 το block διάγραμμα του μικροελεγκτή ATmega 328P-UA



Εικόνα 4:Block Diagram



Εικόνα 5:Τμήματα Arduino UNO SMD [4]

Τα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή (MCU) ATmega328P-UA της ATMEL παρακάτω:

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά μικροελεγκτή ATmega 328P

Μονάδες Μνήμης:	
<p>2Kb μνήμης για την SRAM, αυτή η μνήμη όπως και στους Η/Υ χάνει τα δεδομένα της κατά το κλείσιμο της τροφοδοσίας της, χρησιμοποιείται από την μονάδα CPU μόνο κατά την περίοδο λειτουργίας του προγράμματος που έχουμε ανεβάσει στην MCU.</p> <p>1Kb μνήμης για την EEPROM, η οποία δεν διαγράφεται με το κλείσιμο της τροφοδοσίας, χρησιμοποιείται για γραφή/ανάγνωση των δεδομένων κατά την λειτουργία της MCU, δηλαδή ως σκληρός δίσκος.</p> <p>32Kb FLASH Memory η οποία χρησιμεύει για αποθήκευση των προγραμμάτων μας από αυτά τα 0.5Kb χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από τον κατασκευαστή καθόσον εκεί έχει αποθηκευτεί το Firmware (για τον Arduino το πρόγραμμα Bootloader) το οποίο περιέχει το πρόγραμμα εκκίνησης του Arduino (κάτι σαν το λειτουργικό των Η/Υ) . Συχνότητα λειτουργίας επεξεργαστή 16MHz</p>	
Τροφοδοσία:	Ακροδέκτες εισόδου/εξόδου
<p>Τάση λειτουργίας 5V/1.5A</p> <p>Τάση εισόδου 7-12V</p> <p>Περιορισμός τάσης εισόδου από 6V έως 20V</p> <p>Δυνατότητα παροχής τάσης 3,3V/50mA</p>	<p>Ψηφιακοί 14 (6 από αυτούς με δυνατότητα εξόδου Pulse Width Modulation), οι έξι αυτοί ακροδέκτες (3,5,6,9,10,11) στην ουσία λειτουργούν ως αναλογικές έξοδοι με εύρος δειγματοληψίας 256 τιμών από 0V έως +5V (ακρίβεια 19,6mV)</p> <p>Αναλογικοί 6 οι οποίοι είναι μόνο εισόδου και μέσω ADC(Analog to Digital Converter) μετατρέπονται σε ψηφιακούς για είσοδο TTL στον ATmega 328P-UA</p> <p>Μέγιστο ρεύμα απόδοσης για κάθε ακροδέκτη εισόδου/εξόδου 40mA</p>

Το κυκλωματικό διάγραμμα της πλατφόρμας Arduino UNO φαίνεται στην εικόνα 6.

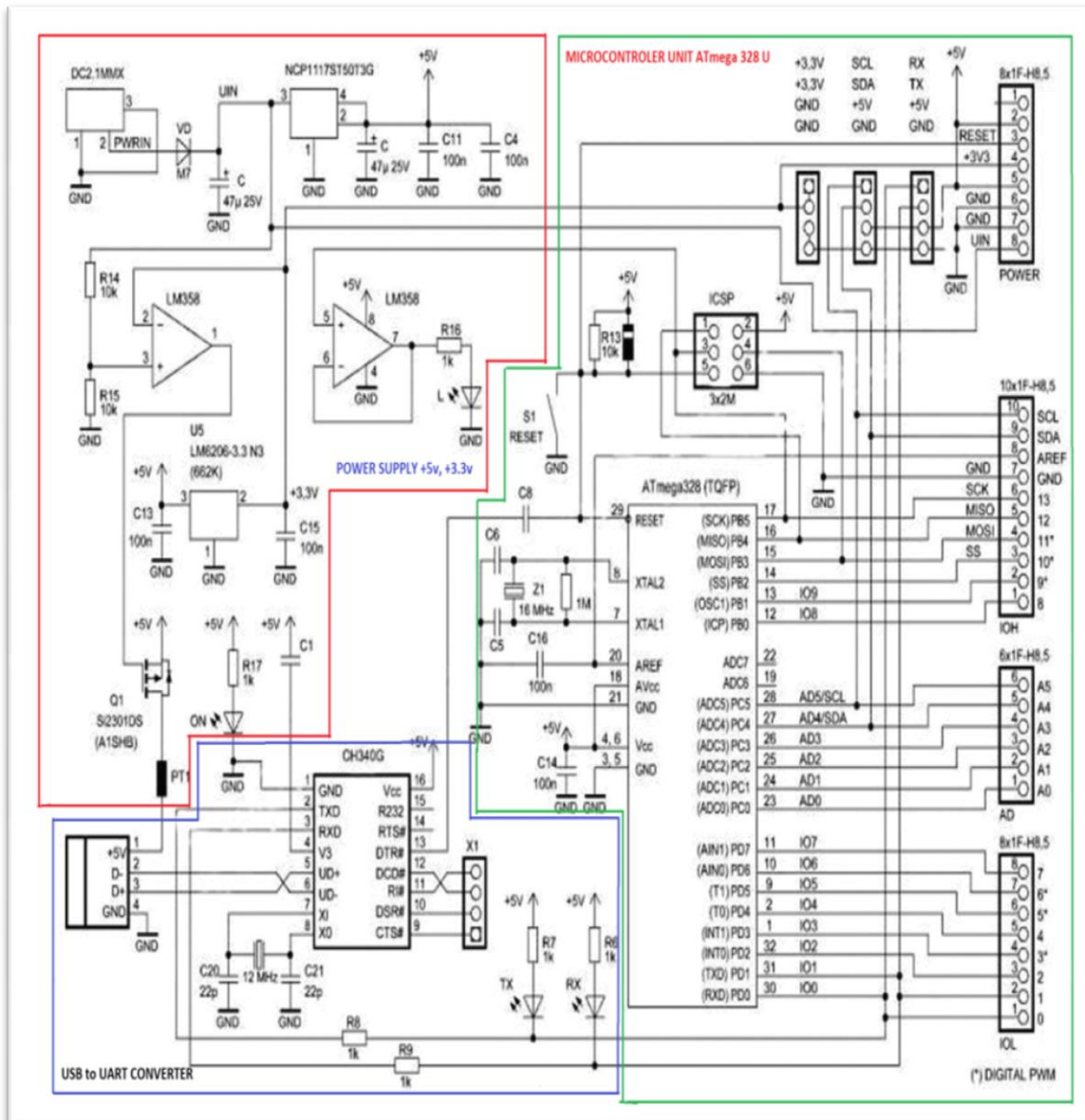
Το ηλεκτρονικό κύκλωμα αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Το κύκλωμα τροφοδοσίας, το κύκλωμα μετατροπέα USB-UART και το κυρίως κύκλωμα του μικροελεγκτή.
- Το κύκλωμα τροφοδοσίας για τάση εισόδου 7-12Vdc αποδίδει δύο εξόδους , την κύρια των 5Vdc / 1Ampere και μια δευτερεύουσα 3,3Vdc/50mA για κυκλώματα περιφερειακά που απαιτούν την τάση αυτή.

Επίσης όλο το κύκλωμα μπορεί να τροφοδοτηθεί και μέσω της θύρας USB του Η/Υ μέσω του Mosfet P-Channel Q1 Si2301DS το οποίο αποδίδει τάση +5Vdc/1.5Amax.

- Το κύκλωμα μετατροπής της εισόδου/εξόδου **Universal Serial Bus** σε **Universal Asynchronous Receiver-Transmitter** αποτελείται από τον μετατροπέα CH340 ο

- οποίος μετατρέπει την σύγχρονη σειριακή επικοινωνία σε ασύγχρονη μέσω των pin TX(D1) και RX(D0) του ATmega 328P.
- Το κυρίως κύκλωμα του μικροελεγκτή αποτελείται από το κύκλωμα ωρολογίου (Z1), το μπουτόν Reset, τους ακροδέκτες επικοινωνίας με τα περιφερικά κυκλώματα, και έναν έξι ακροδεκτών connector In-Circuit Serial Programming (ICSP) μέσω του οποίου μπορεί η EEPROM του μικροελεγκτή να προγραμματιστεί με κατάλληλο κύκλωμα από τον H/Y μέσω USB.



Εικόνα 6: Σχηματικό διάγραμμα Arduino UNO SMD [16]

Ακροδέκτες Arduino UNO

Πίνακας 1: Λειτουργία ακροδεκτών Arduino [4]

Ψηφιακοί	Λειτουργία	Αναλογικοί	Λειτουργία
DO[RX]	ακροδέκτης I/O και λήψης Data από USB ή άλλη μονάδα (Bluetooth)	A0	ακροδέκτης αναλογικής εισόδου του οποίου η τιμή της τάσης μετατρέπεται μέσω ενός ADC (Analog to Digital Converter σε ψηφιακή κλίματα των 10bits δηλαδή για τάση 0V έχουμε τιμή 0 και ανάλογα με την τάση AREF θα έχουμε τιμή 1023 για τάση +5V(άρα στα 2.5V θα έχουμε τιμή 512)
D1 [TX]	ακροδέκτης I/O και εκπομπής Data από USB ή άλλη μονάδα (Bluetooth)	A1	ακροδέκτης αναλογικής εισόδου
D2	ακροδέκτης I/O και εξωτερικός διακόπτης προγράμματος (external interrupt) ο οποίος προγραμματίζεται μέσω του προγράμματος ώστε με συγκεκριμένη τιμή εισόδου (0 ή 1) να εκτελείται συγκεκριμένη συνάρτηση (Function)	A2	ακροδέκτης αναλογικής εισόδου
D3 [PWM]	ακροδέκτης I/O, εξωτερικός διακόπτης προγράμματος (external interrupt) ο οποίος προγραμματίζεται μέσω του προγράμματος ώστε με συγκεκριμένη τιμή εισόδου (0 ή 1) να εκτελείται συγκεκριμένη συνάρτηση (Function), επίσης μπορεί να λειτουργεί και ως ψευδο-αναλογικός με την μέθοδο Pulse With Modulator.	A3	ακροδέκτης αναλογικής εισόδου
D4	ακροδέκτης I/O	A4	ακροδέκτης αναλογικής εισόδου
D5 [PWM]	ακροδέκτης I/O, επίσης μπορεί να λειτουργεί και ως ψευδο-αναλογικός με την μέθοδο Pulse With Modulator.	A5	ακροδέκτης αναλογικής εισόδου
D6 [PWM]	ακροδέκτης I/O, επίσης μπορεί να λειτουργεί και ως ψευδο-αναλογικός με την μέθοδο Pulse With Modulator.	POWER	Λειτουργία
D7	ακροδέκτης I/O	+5V	κύρια τροφοδοσία του μικροελεγκτή

D8	ακροδέκτης I/O	+3.3V	δευτερεύουσα τροφοδοσία για περιφερειακές μονάδες
D9 [PWM]	ακροδέκτης I/O, επίσης μπορεί να λειτουργεί και ως ψευδο-αναλογικός με την μέθοδο Pulse With Modulator.	VIN	Τάση εισόδου από 7 έως 20 volt maximum
D10 [PWM]	ακροδέκτης I/O, επίσης μπορεί να λειτουργεί και ως ψευδο-αναλογικός με την μέθοδο Pulse With Modulator.	GND	Μηδενική τάση αναφοράς όλων των κυκλωμάτων
D11 [PWM]	ακροδέκτης I/O, επίσης μπορεί να λειτουργεί και ως ψευδο-αναλογικός με την μέθοδο Pulse With Modulator.	Λοιπά PINS	Λειτουργία
D12	ακροδέκτης I/O	AREF	καθορίζει την μέγιστη τιμή τάσης του ADC για τις αναλογικές εισόδους (εάν δεν δοθεί τιμή αυτή συνεπάγεται +5Volt)
D13	ακροδέκτης I/O, επίσης σε αυτόν είναι διασυνδεδεμένο και ένα green led το οποίο αναβοσβήνει κατά την εισαγωγή του προγράμματος ως ορθή λειτουργία του Arduino.	RESET	μηδενίζει αρχικές τιμές κατά την λειτουργία ενός προγράμματος (δεν σβήνει EEPROM και Flash memory)

ARDUINO SHIELD 1

Για την επικοινωνία των ακροδεκτών εισόδων-εξόδων του Arduino UNO με τους αισθητήρες, κινητήρες και των άλλων περιφερειακών μονάδων της ρομποτικής πλατφόρμας σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε εξ αρχής το κατάλληλα υποστηρικτικό ηλεκτρονικό κύκλωμα με τα απαιτούμενα υλικά.

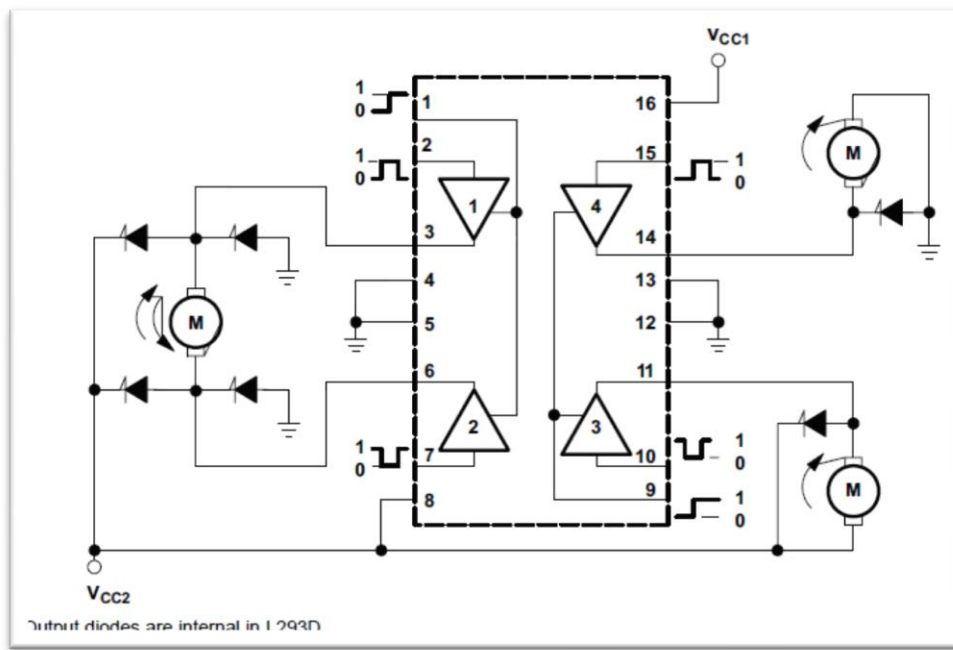
Αρχικά έγινε η σχεδίαση και η τοπογραφική θέση του κάθε εξαρτήματος αναλόγως του όγκου του, με σκοπό την βέλτιστη θέση του, την μικρότερη απόσταση μεταξύ των υλικών αλλά και την γεωμετρική συμβατότητα του Shield 1 με τις θέσεις των ακροδεκτών I/O και power supply του Arduino.

Για τον σχεδιασμό του ηλεκτρονικού και του τυπωμένου κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Autodesk Eagle v7.6 ενώ για την κατασκευή των μπλοκ διαγραμμάτων το πρόγραμμα Fritzing.

Λειτουργία επιμέρους μονάδων

Τμήμα κινητήρων

Για την κατασκευή της ρομποτικής πλατφόρμας και λαμβάνοντας υπόψη το μικρό όγκο της, χρησιμοποιήθηκαν δύο χαμηλού κόστους DC Motors (2WD) τύπου SG90 (micro servo motor 180°) [17], στους οποίους έγινε επεμβατική μετατροπή για λειτουργία 360°. Για να λυθεί το πρόβλημα της ενίσχυσης ρεύματος (καθόσον η επιτρεπτή ένταση ρεύματος εκάστου ψηφιακού ακροδέκτη είναι 40mA) χρησιμοποιήθηκε το IC L293D που εργάζεται ως γέφυρα τύπου **H** (εικόνα 7)

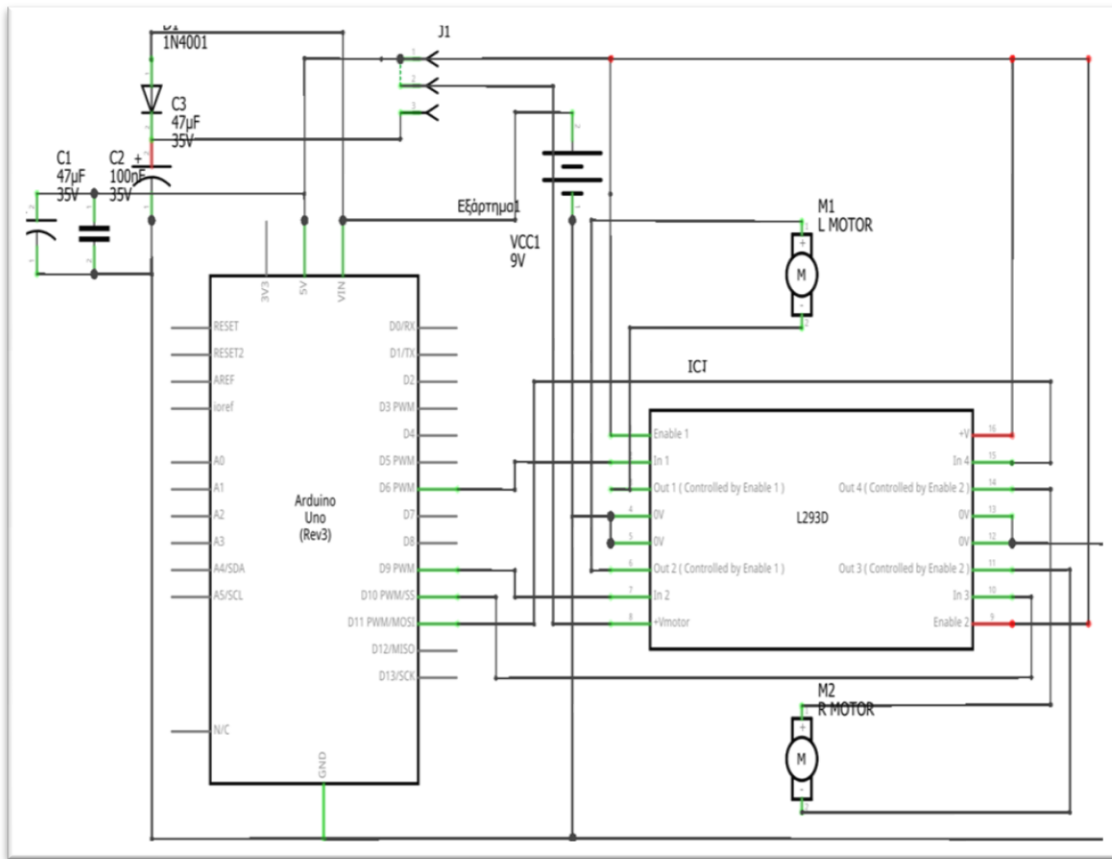


Εικόνα 7: Block Diagram L293D

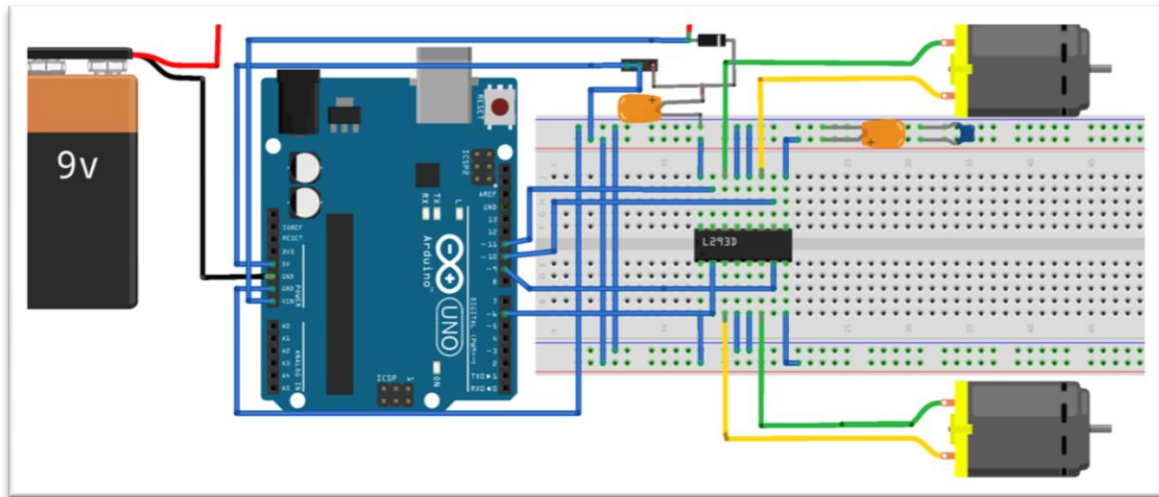
Το L293D [18] μπορεί να οδηγήσει δυο DC Motors καθόσον περιλαμβάνει τέσσερις (4) ενισχυτές ρεύματος με μέγιστη ένταση ρεύματος 600mA ανά έξοδο (4 κινήσεις εκ των οποίων 2 ταυτόχρονα: Αριστερός κινητήρας Forward – Reverse, Δεξιός κινητήρας Forward – Reverse), μέγιστη τάση κινητήρα $V_S=36Vdc$ και μέγιστο ρεύμα $I_{max}=1.2$ Ampere.

Τα pin 1 και 9 (Enable1 & Enable2) είναι οι αντίστοιχοι ενεργοποιητές των δύο τμημάτων του L293, ενώ τα pin 2,7,10 και 15 είναι οι αντίστοιχες εισοδοι ελέγχου των κινητήρων. Στο pin 8(VCC2) συνδέεται η επιθυμητή τάση λειτουργίας των κινητήρων (5-36Vdc), στο pin 16 συνδέεται η τάση της «λογικής» +5Vdc (τάση λειτουργίας του L293D) και στα pin 4,5,12,13 συνδέεται η γείωση (GND).

Η διασύνδεση του L293 φαίνεται παρακάτω στις εικόνες 8 & 9.



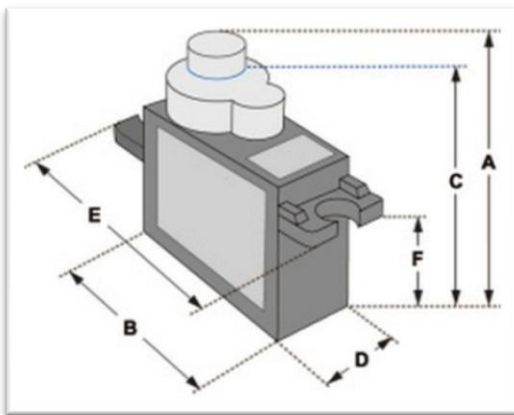
Εικόνα 8: Διασύνδεση κινητήρων με Arduino



Εικόνα 9: Συνδεσμολογία κινητήρων

Ο αριστερός κινητήρας ενεργοποιείται σε Forward με το pin D9 του Arduino, και το pin D6 σε Reverse, ο δεξιός κινητήρας ενεργοποιείται σε Forward με το pin D10 του Arduino, και το pin D11 σε Reverse. Οι κινητήρες SG90 [17] απαιτούν τροφοδοσία από 4.8v-6v για αυτό έχει επιλεγθεί να τροφοδοτηθούν με τάση 5Vdc.

Στις εικόνες 10 και 11 φαίνονται οι διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του κινητήρα GG90



Εικόνα 11: Διαστάσεις Motor SG90

Dimensions & Specifications	
A (mm) :	32
B (mm) :	23
C (mm) :	28.5
D (mm) :	12
E (mm) :	32
F (mm) :	19.5
Speed (sec) :	0.1
Torque (kg-cm) :	2.5
Weight (g) :	14.7
Voltage :	4.8 - 6

Εικόνα 10: Χαρακτηριστικά λειτουργίας Motor SG90

Τμήμα αισθητήρων

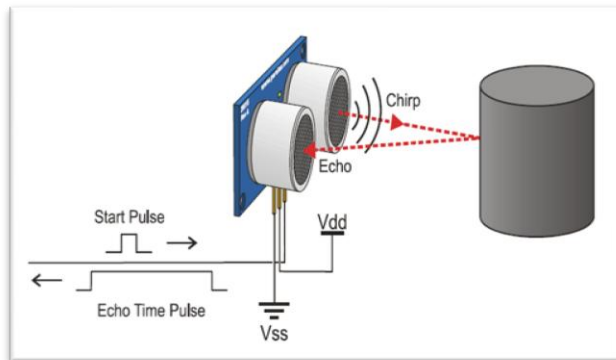
Το τμήμα των αισθητήρων αποτελείται από τους παρακάτω αισθητήρες:

- Αισθητήρας μέτρησης απόστασης HCSR04 (ultrasonic radar)
- Αισθητήρας ανίχνευσης γραμμής QRE1113 IR reflectance sensor
- Αισθητήρας φωτεινότητας GL5516 5MM PHOTORESISTOR LDR
- Αισθητήρας ήχου LOUDITY LD-BZEG-1205

Ultrasonic Sonar HC SR04 [19]

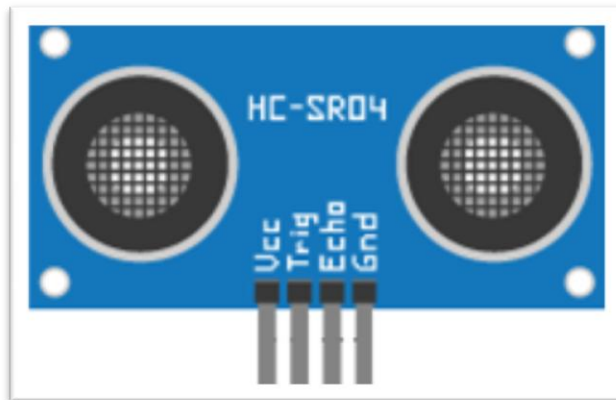
Ο αισθητήρας απόστασης **HC-SR04** χρησιμοποιεί τεχνολογία SONAR (*SOund Navigation And Ranging*) για να μετρήσει την απόσταση ενός αντικειμένου που βρίσκεται μπροστά του. Μπορεί να μετρήσει αποστάσεις από 2 cm μέχρι 400 cm. Η κατασκευή χρησιμοποιεί κύκλωμα εκπομπής λήψης με διαφορετική κεραία (αισθητήριο) για τις δύο λειτουργίες του. Η συχνότητα λειτουργίας του είναι 40KHz και εργάζεται ως ακολούθως:

Αρχικά ένα TTL τετραγωνικός παλμός διάρκειας 10μsec (ακροδέκτης Trigger) ενεργοποιεί τον αισθητήρα και εν συνεχεία η ανίχνευση αντικειμένων και η μέτρηση απόστασης πραγματοποιείται με την αποστολή ενός τόνου υψηλής συχνότητας



(40 kHz).

Ο χρόνος που χρειάζεται για την ανίχνευση του ήχου επιστροφής (Echo) αντιπροσωπεύει την απόσταση μεταξύ της μονάδας και οποιαδήποτε αντικείμενου που βρίσκεται μπροστά της. Η ταχύτητα του ήχου είναι 340 m/Sec και έχοντας υπολογίσει ότι ο εκπεμπόμενος παλμός διανύει 1cm σε 29.4 ms μπορεί να υπολογιστεί η απόσταση



Εικόνα 12:sonar operating

μπορεί να υπολογιστεί η απόσταση επιστροφής του παλμού / 29.4 ms / 2 (όπου το 2 αντιπροσωπεύει την επιστροφή του ανακλώμενου παλμού στο αντικείμενο). Η υπολογισμένη απόσταση έχει ακρίβεια 0.3cm.

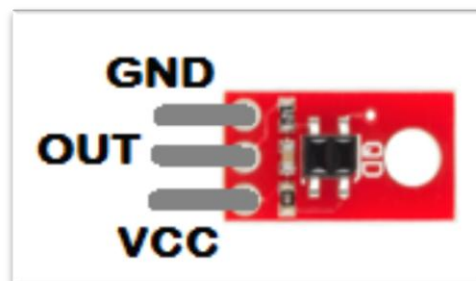
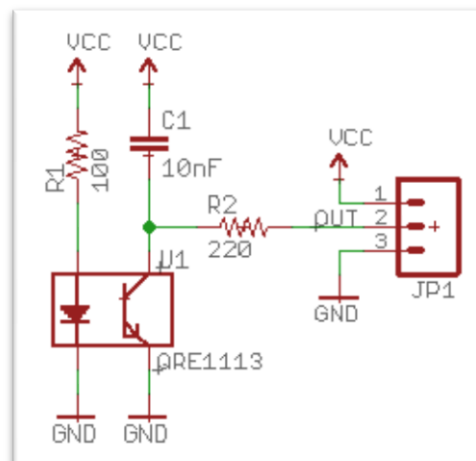
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά SR-HC04

Χαρακτηριστικά	Ακροδέκτες
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Παροχή ρεύματος :+5V DC ▪ Ρεύμα αναμονής : <2mA ▪ Ρεύμα λειτουργίας: 15mA ▪ Γωνία δράσης: <15° ▪ Όρια απόστασης : 2 εκ – 400 εκ ▪ Ανάλυση : 0.3 εκ ▪ Γωνία μέτρησης : 30 μοίρες ▪ Trigger Input Pulse width: 10μSec ▪ Διαστάσεις: 45mm x 20mm x 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VCC: +5VDC ▪ Trig : Trigger (INPUT) ▪ Echo: Echo (OUTPUT) ▪ GND: GND

QRE1113 IR reflectance sensor [20]

Ο αισθητήρας ανίχνευσης γραμμής QRE1113 IR που αξιοποιήθηκε στην κατασκευή της πλατφόρμας είναι ένας αισθητήρας ψηφιακής εξόδου που αποτελείται από δύο μέρη - ένα LED εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) και ένα φωτοτρανζίστορ ευαίσθητο στην υπέρυθρη ακτινοβολία (IR).

Για να ενεργοποιηθεί (φωτοβολεί) το IR LED πρέπει να εφαρμοστεί τροφοδοσία στους ακροδέκτες VCC και GND. Η αντίσταση σε σειρά των 100Ω περιορίζει το ρεύμα στο LED. Ο συλλέκτης του φωτοτρανζίστορ συνδέεται σε σειρά με τροφοδοσία με έναν πυκνωτή 10nF. Λόγω του ότι η λευκή επιφάνεια αντανακλά περισσότερο φως ο πυκνωτής εκφορτίζεται ταχύτερα οπότε και η έξοδος πλησιάζει στο 0, ενώ όταν η επιφάνεια είναι μαύρη οπότε υπάρχει μηδενική ή χαμηλή ανάκλαση φωτός τότε ο πυκνωτής παραμένει φορτισμένος και η τάση εξόδου του αισθητηρίου προσεγγίζει την τάση τροφοδοσίας VCC δηλαδή τα +5V.



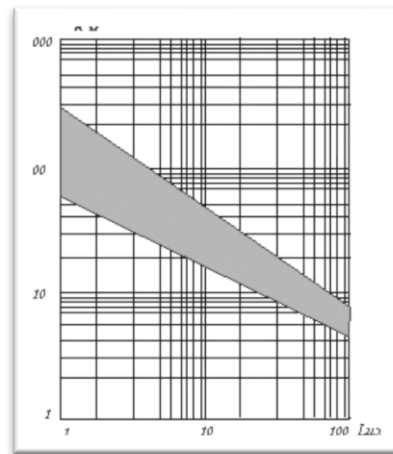
Εικόνα 13: Diagram for QRE113Digital

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά Line Detector QRE1113

Χαρακτηριστικά	Ακροδέκτες
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Τύπος Αισθητήρα: Γραμμής ▪ Τυπική Τάση Εισόδου: 5VDC ▪ Ρεύμα Λειτουργίας: 25mA ▪ Διασύνδεση: Ψηφιακή ▪ Πρωτόκολλο Επικοινωνίας: Single Wire ▪ Διαστάσεις: 0.3x0.55" 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vcc (+5V) ▪ OUT ▪ GND

GL5516 5MM PHOTORESISTOR LDR [21]

Ο αισθητήρας φωτεινότητας είναι μια μεταβλητή αντίσταση – φωτοαντίσταση (LDR) 500KΩ – 100Ω η τιμή της οποίας μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το φως που προσπίπτει στην επιφάνειά της. Κατά συνέπεια η τιμή της φωτοαντίστασης μειώνεται της όσο αυξάνεται η φωτεινότητα π.χ. για φωτεινότητα 1000LUX η τιμή



της LDR είναι 400Ω ενώ για 10LUX είναι 9KΩ. Στην εικόνα

Εικόνα 14: LDR - Μεταβολή αντίστασης ως προς φωτεινότητα

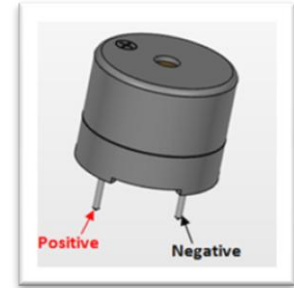
14 παρουσιάζεται η μεταβολή της αντίστασης συναρτήσει της φωτεινότητας.

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά GL5516 LDR

- Photo resistor 5mm GL5516 LDR Photo Resistors Light-Dependent
- Resistor Model: GL5516
- Size: 5mm x 2mm
- Maximum Voltage: 150 Volt DC
- Maximum Wattage: 90mW
- Operating Temperature: -30 ~ +70 deg C
- Spectral Peak: 540nm
- Light Resistance (at 10 Lux): 5-10 KΩ
- Dark Resistance: 0.5 MΩ
- Response time: 20ms (Rise), 30ms (Down)
- Resistance Illumination: 4

LD-BZEG-1205 LOUDITY [22]

Ο αισθητήρας ήχου είναι ένα πιεζοηλεκτρικό μεγάφωνο το οποίο μέσω ενσωματωμένης γεννήτριας ήχου παράγει ήχο συχνότητας 2.3kHz μεταβαλλόμενης έντασης ανάλογα της τάσης τροφοδοσίας από +3V έως +7V. Η τοποθέτησή του μπορεί να γίνει επάνω στο τυπωμένο (PCB) με θετικό και αρνητικό ακροδέκτη όπως στην εικόνα 15.



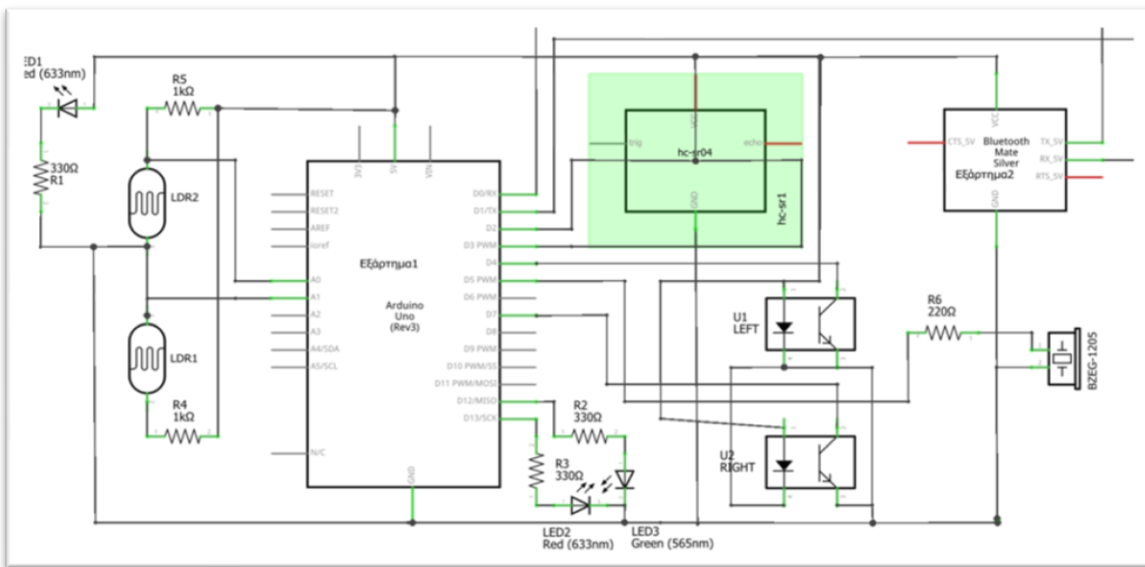
Εικόνα 15: Συνδεσμολογία Buzzer

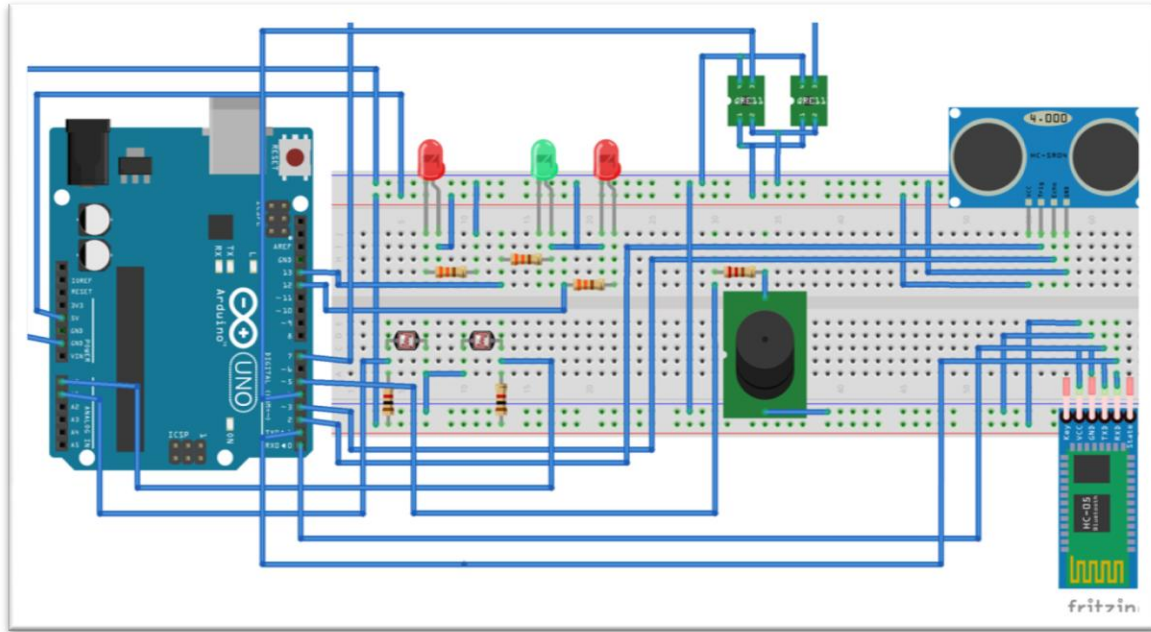
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά Buzzer LD-BZEG-1205

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Τύπος του Buzzer	ηλεκτρομαγνητικό
Παραγωγή ήχου	με ενσωματωμένη γεννήτρια
Τοποθέτηση	Σε τυπωμένο κύκλωμα (THT)
Συχνότητα λειτουργίας	2.3kHz
Ρεύμα λειτουργίας	30mA
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...70°C
Διάμετρος	12mm
Ύψος	7.5mm
Τάση λειτουργίας	3...7V DC
Ένταση ήχου	85dB
Απόκλιση συχνότητας	±0.4kHz

Η διασύνδεση όλων των αισθητηρίων με τον Arduino UNO φαίνεται στις παρακάτω εικόνες 16 και 17 του Shield 1.

Εικόνα 16: Diagram for sensors

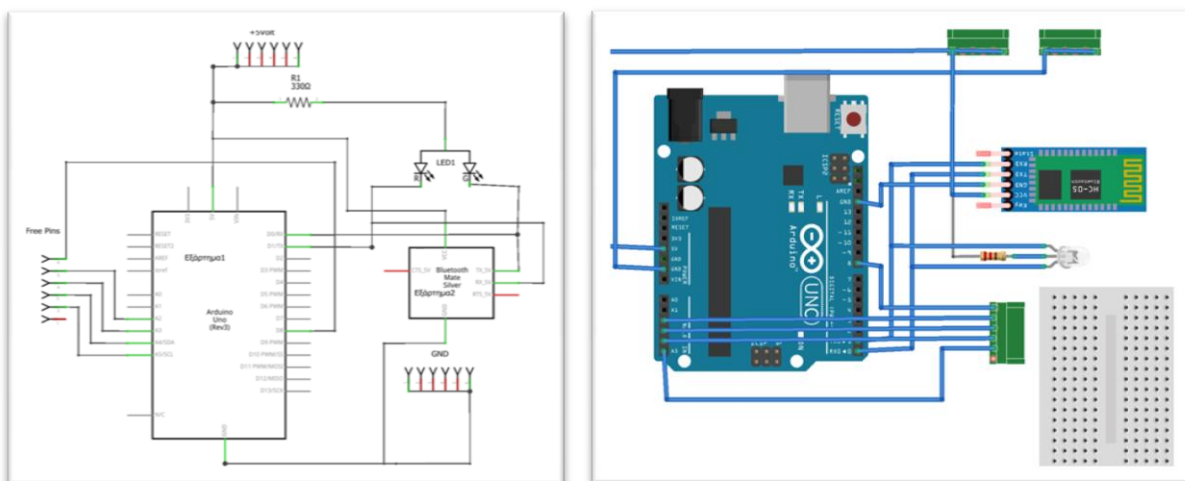




Εικόνα 17: Block Diagram for Sensors

ARDUINO SHIELD 2

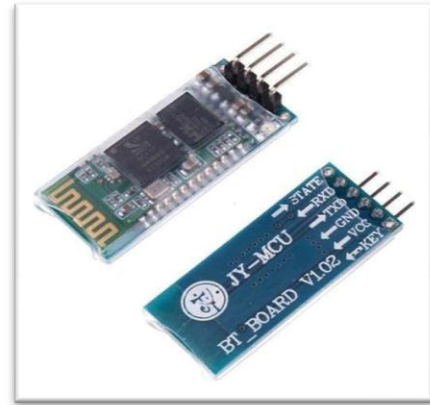
Για να εξασφαλιστεί η πλήρης εκμετάλλευση των ακροδεκτών του Arduino UNO σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε επιπλέον ένα Shield (*Arduino Shield 2*) το οποίο ενσωματώνει: εξωτερική τροφοδοσία (ακροδέκτες +5Volts και GND), μικρού μεγέθους πλακέτα δοκιμών (Breadboard), όλους τους ελεύθερους - μη δεσμευμένους ακροδέκτες του Arduino UNO και τους ακροδέκτες επέκτασης της μονάδας HC-06 Bluetooth, το μπλοκ διάγραμμα της οποίας παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 18 : Arduino Shield [2]

HC-06 Bluetooth [9]

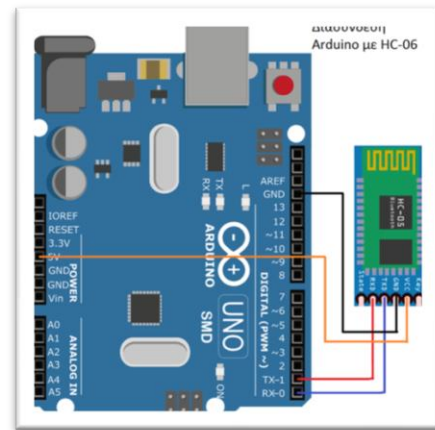
Η μονάδα HC-06 (εικόνα 19) τοποθετείται στο Shield 2 για την επίτευξη ασύρματης σειριακής επικοινωνίας μέσω Bluetooth. Η επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη διασύνδεση των ακροδεκτών RX(D0) και TX(D1) του Arduino με τους ακροδέκτες Tx->D0 και Rx->D1 του HC-06, γιατί αξιοποιείται το πρωτόκολλο σειριακής θύρας επικοινωνίας (Serial Port Protocol) του Arduino. Επιπλέον απαιτείται τροφοδοσία +5Vdc και GND (εικόνα 20).



Εικόνα 19: Bluetooth module HC-06

Το βιομηχανικό πρότυπο Bluetooth εξυπηρετεί

προσωπικά δίκτυα ασύρματης επικοινωνίας Personal Area Network (PAN) χαμηλής ισχύος (0.5 – 10 mW) και για μικρές αποστάσεις - της τάξεως των 10 μέτρων- μεταξύ πομπού-δέκτη. Η συχνότητα επικοινωνίας είναι 2.4GHz (ελεύθερη συχνότητα διεθνώς) και για να μην υπάρχει αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των συσκευών που βρίσκονται στον ίδιο χώρο έχει προβλεφθεί μια διαδικασία διασποράς της συχνότητας (Frequency Hopping) με εναλλαγή της βασικής συχνότητας 1600 times per Sec από 2.400MHz έως 2.485MHz. Στη μονάδα HC-06 η



Εικόνα 20: Διασύνδεση HC-06 με Arduino

ταχύτητα μετάδοσης Data φτάνει μέχρι 1Mbps (Σύγχρονη επικοινωνία) και από 160Kbps έως 2.1 Mbps σε Ασύγχρονη.

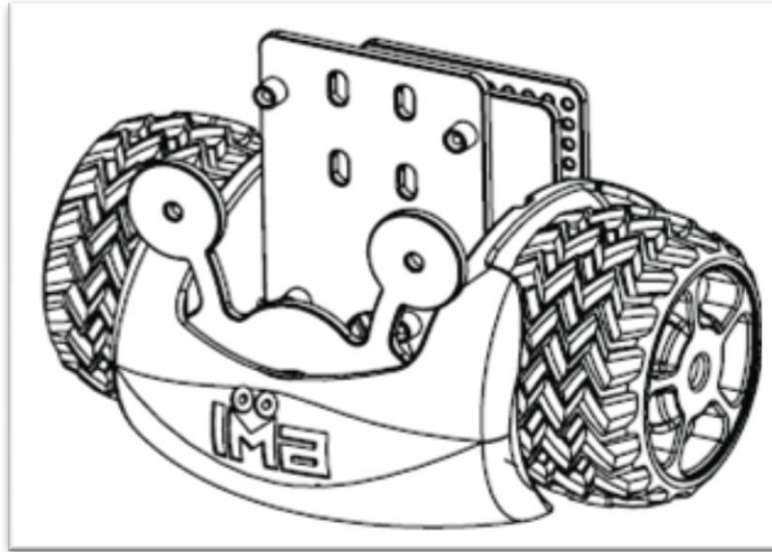
Πίνακας 6: Τεχνικές προδιαγραφές HC-06 Bluetooth

Τεχνικές Προδιαγραφές
Bluetooth protocol: Bluetooth 2.0+ EDR standard
USB protocol: USB v1.1/2.0
Operating frequency: 2.4GHz ISM frequency band
Modulation mode: Gauss frequency Shift Keying
Transmit power: $\leq 4\text{dBm}$, second stage
Sensitivity: $\leq -84\text{dBm}$ at 0.1% Bit Error Rate
Transmission speed: 2.1Mbps(Max)/160 kbps(Asynchronous) ; 1Mbps/1Mbps(Synchronous)
Safety feature: Authentication and encryption
Supported configuration: Bluetooth serial port
Supply Voltage: +3.6Vdc to +6 Vdc / 50mA, Operating temperature: -20 to 55°C
Size: 36.5*16mm Weight: 4g

Μηχανολογικό σχέδιο

Ρομποτική Πλατφόρμα

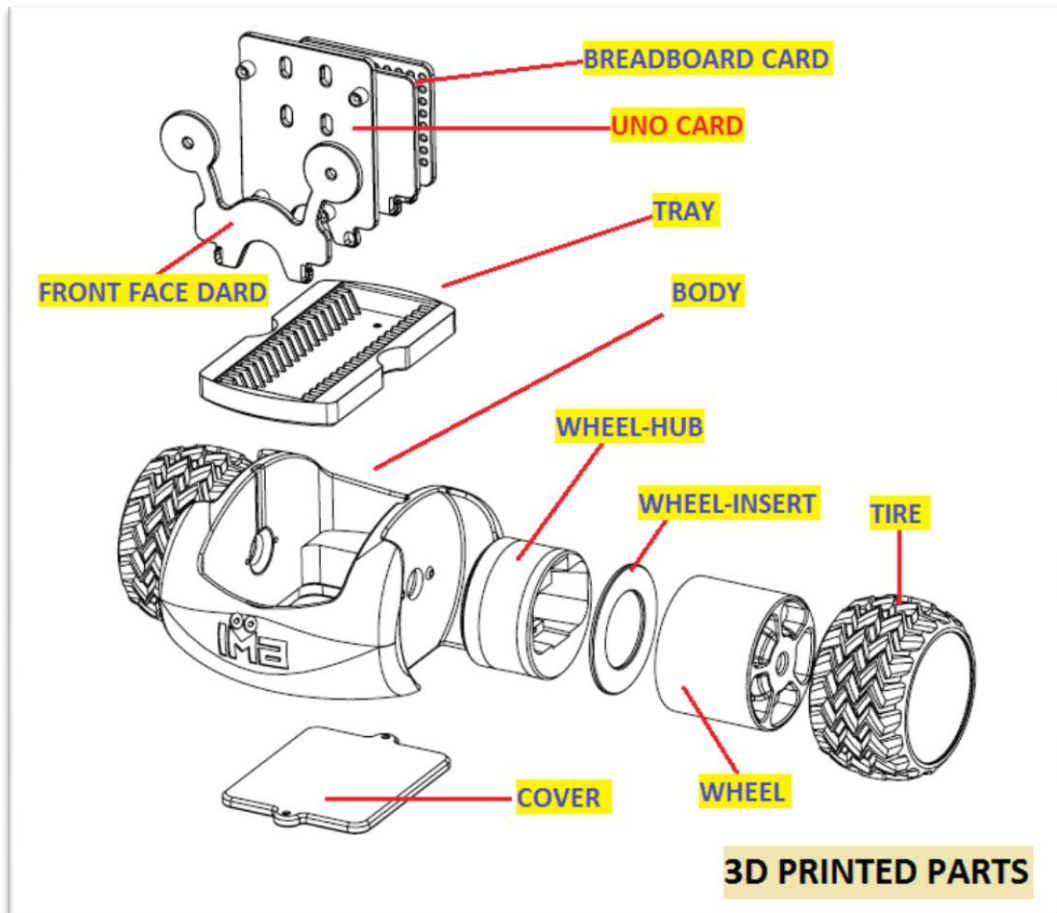
Η ρομποτική πλατφόρμα IMA[®] JUNO [5] έχει κατασκευαστεί εξ' ολοκλήρου σε 3D εκτυπωτή PRUSA I3 MK3 [23] ενώ το σχέδιο που έχει δημιουργηθεί από την Explore Making[®] διατέθηκε μέσω του ιστότοπου www.thingiverse.com. Στην εικόνα 22 φαίνονται τα τμήματα της πλατφόρμας όπως: τροχοί, σασί, δάπεδο κλπ. Στην εικόνα 21 φαίνεται η τελική κατασκευή της και στην εικόνα 23 η μακέτα της συναρμολόγησης των τμημάτων :



Εικόνα 21: Συναρμολογημένη ρομποτική πλατφόρμα



Εικόνα 22 : Τμήματα ρομποτικής πλατφόρμας





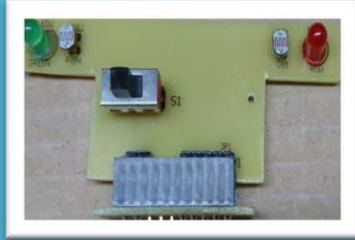
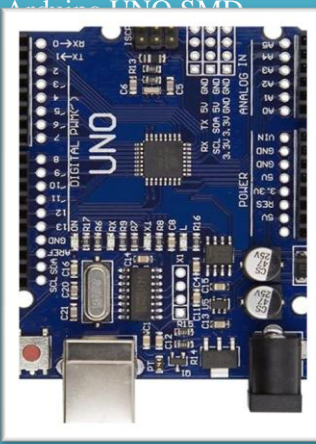
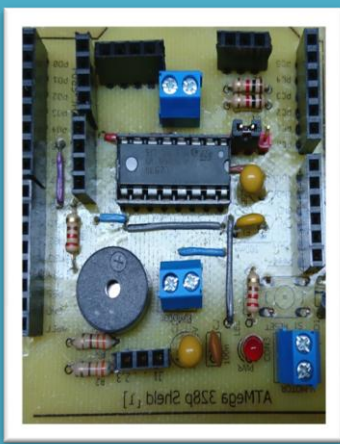
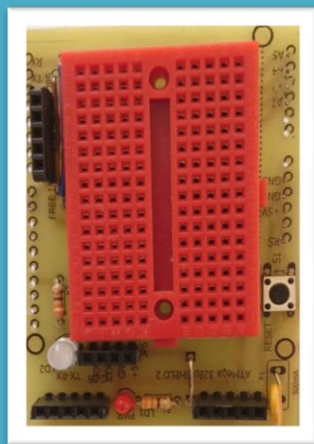


Εικόνα 23: τμήματα και τοποθέτησή τους

Λόγω εργονομίας (τοποθέτηση οριζόντια των αρθρωτών μονάδων) για την λειτουργικότητα του breadboard, δεν τοποθετήθηκαν τα εξής τμήματα: TRAY, FRONTFACECARD, BREADBOARD CARD, ενώ η UNO CARD τοποθετήθηκε οριζόντια και όχι κάθετα στο σώμα της κατασκευής.

Εξαρτήματα, μονάδες, τυπωμένα κυκλώματα

Για την κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, μονάδες (modules), τυπωμένα κυκλώματα (PCBs): Arduino UNO SMD, Motors Servo SG90, Sonar HC-04, Bluetooth HC-06, QRE1113D line detector, Arduino Shield 1, Arduino Shield 2, LED-LDR Board όπως φαίνονται στον Πίνακα 7:

Πίνακας 7: Μονάδες Κατασκευής Ρομποτικής Πλατφόρμας

		
Motor SG-90	Sonar HC-SR04	LED-LDR Board
		
Arduino UNO SMD	Arduino Shield 1	Arduino Shield 2
		
Bluetooth HC-06	LineDetector QRE1113	

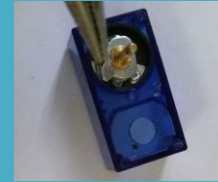
Κατασκευή – Συναρμολόγηση

Η παραγωγή της ρομποτικής πλατφόρμας απαιτεί αρχικά την κατασκευή των επί μέρους τμημάτων του ρομποτικού οχήματος στον 3D εκτυπωτή, κατόπιν την παραγωγή και κατασκευή των PCBs και τέλος τη μηχανική μετατροπή των Servo Motor SG-90 [17] για χρήση ως κινητήρων DC περιστροφής 360°. Παρακάτω στον πίνακα 8 παρουσιάζεται η διαδικασία μετατροπής των Servo Motor σε DC.

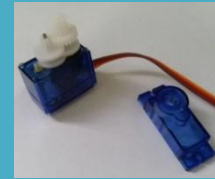
Πίνακας 8: Διαδικασία μετατροπής Servo Motor SG-90 για πλήρη περιστροφή

Διαδικασία μετατροπής servo motor SG-90 για πλήρη περιστροφή 360°	
Διαδικασία	Φωτογραφία
1) Πρώτα ξεβιδώνουμε τις τέσσερις βίδες στην κάτω πλευρά του κελύφους.	
2) Αφαιρούμε το καπάκι όπου υπάρχουν τα γρανάζια του μειωτήρα.	
3) Αφαιρούμε με την σειρά που είναι τα γρανάζια μέχρι το μεγαλύτερο το ποιο έχει μια εγκοπή σε ένα σημείο.	
4) Αφαιρούμε την εγκοπή από το γρανάζι.	
5) Επανατοποθετούμε τα γρανάζια με την σειρά που τα είχαμε αφαιρέσει.	
6) Από την κάτω πλευρά αφαιρούμε την πλακέτα ελέγχου από τον κινητήρα και συνδέουμε απευθείας στον κινητήρα τα δύο από τα 3 καλώδια (κόκκινο – καφέ).	

7) Αφαιρούμε με προσοχή το ποτενσιόμετρο ελέγχου για να στρέφει ελεύθερα ο κεντρικός άξονας.

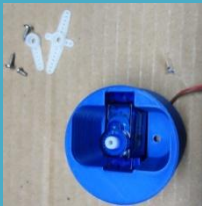



8) Και τέλος ξανακλείνουμε τα καπάκια και βιδώνουμε τον κινητήρα.



Επόμενη διαδικασία η συναρμολόγηση της ρομποτικής πλατφόρμας, πρωτίστως η τοποθέτηση των DC Motors SG-90 στην προβλεπόμενη υποδοχή εντός του κάθε τροχού της πλατφόρμας και εν συνεχεία η συναρμολόγηση – τοποθέτηση των υπολοίπων τμημάτων με τη σειρά που αναφέρονται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9: Συναρμολόγηση – τοποθέτηση - διασύνδεση τμημάτων Πλατφόρμας

Συναρμολόγηση – τοποθέτηση - διασύνδεση τμημάτων Πλατφόρμας	
Εργασία	Φωτογραφία
1) Τοποθέτηση των Motors SG-90 στην προβλεπόμενη θέση εντός των βάσεων τροχών (wheel hub).	
2) Τοποθέτηση των βάσεων τροχών (wheel hub) στην προβλεπόμενη θέση της πλατφόρμας (body).	
3) Τοποθέτηση κινούμενου τμήματος τροχών (wheel-wheel insert-tire) στην βάση (wheel hub).	

4) Τοποθέτηση μονάδας HC-04 sonar στη βάση της και στην βάση του Arduino UNO.



5) Τοποθέτηση του Arduino UNO την βάση του.



6) Συναρμολόγηση Βάσης συμπεριλαμβάνοντας Arduino UNO και Sonar HC-04.



7) Τοποθέτηση μπαταριοθήκης 4ΧΑΑ στο κάτω μέρος της πλατφόρμας.



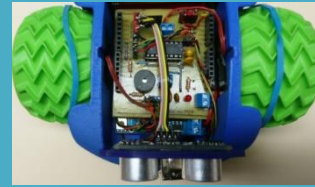
8) Τοποθέτηση Line Detectors QRE113D στο κάτω μέρος της πλατφόρμας.



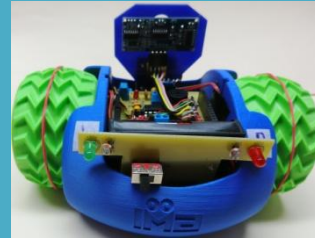
9) Τοποθέτηση θύρας USB του Arduino στη βάση του Sonar HC-04.



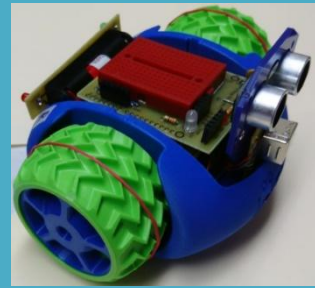
10) Τοποθέτηση του Shield 1 αρθρωτά στον Arduino UNO και διασύνδεση των αισθητήρων και κινητήρων.



11) Τοποθέτηση μπαταριοθήκης 2XAA και τυπωμένου κυκλώματος LED-LDR-PWR Switch στο πίσω μέρος της πλατφόρμας (αρθρωτά).



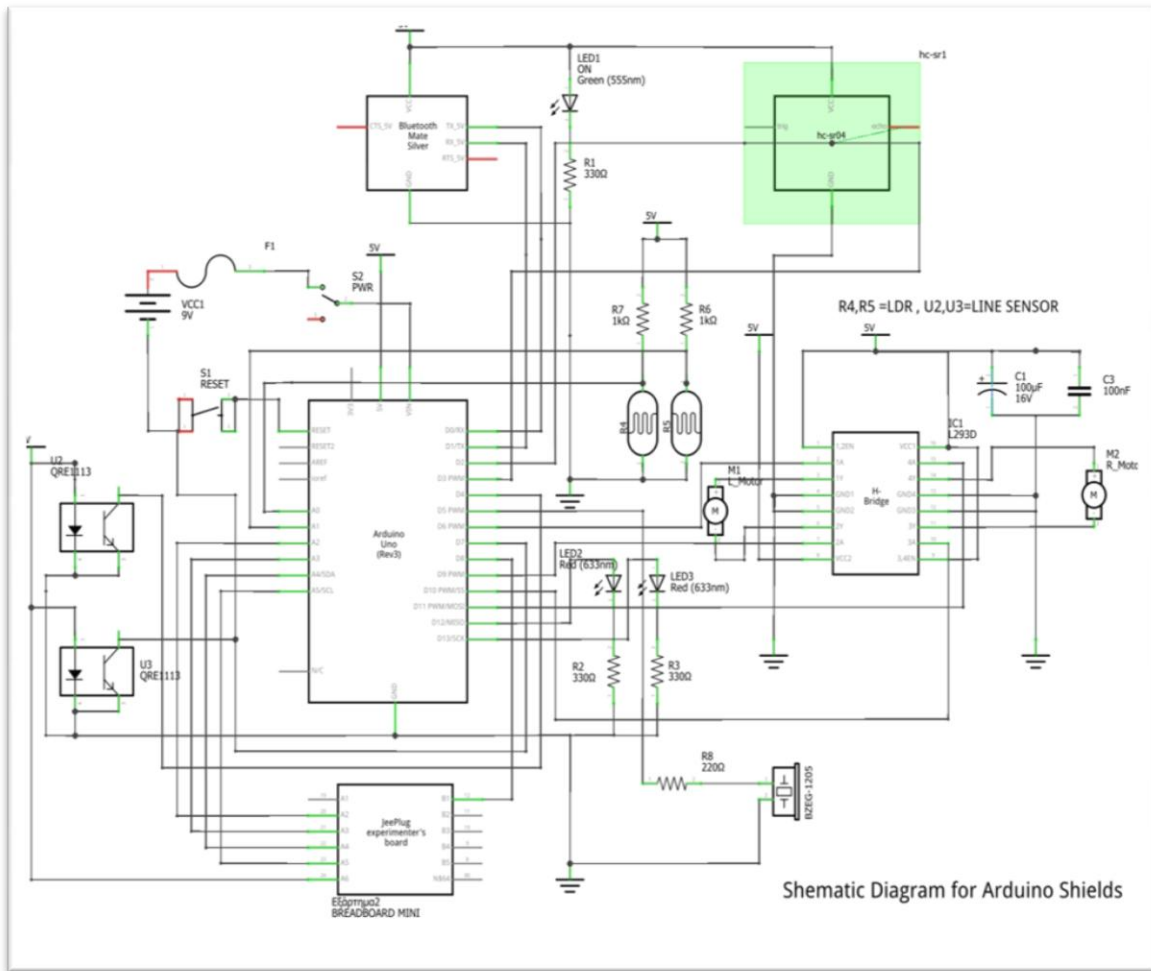
12) Τοποθέτηση Shield 2 αρθρωτά επάνω από το Shield 1 και ολοκλήρωση της κατασκευής.



Ηλεκτρονικό κύκλωμα

Arduino UNO SMD

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα του μικροελεγκτή Arduino UNO [15] έχει αναφερθεί στο λειτουργικό μέρος της παρούσας πτυχιακής (εικόνα 6), οι διασυνδέσεις του μικροελεγκτή με τα υπόλοιπα τμήματα της κατασκευής αναφέρονται στην εικόνα 24, η μόνη μετατροπή που εκτελέστηκε στην πλακέτα του Arduino είναι η μεταφορά της θέσης της θύρας USB καθώς και η αντικατάσταση του βύσματος τροφοδοσίας με φισ τύπου terminal 2 εισόδων.



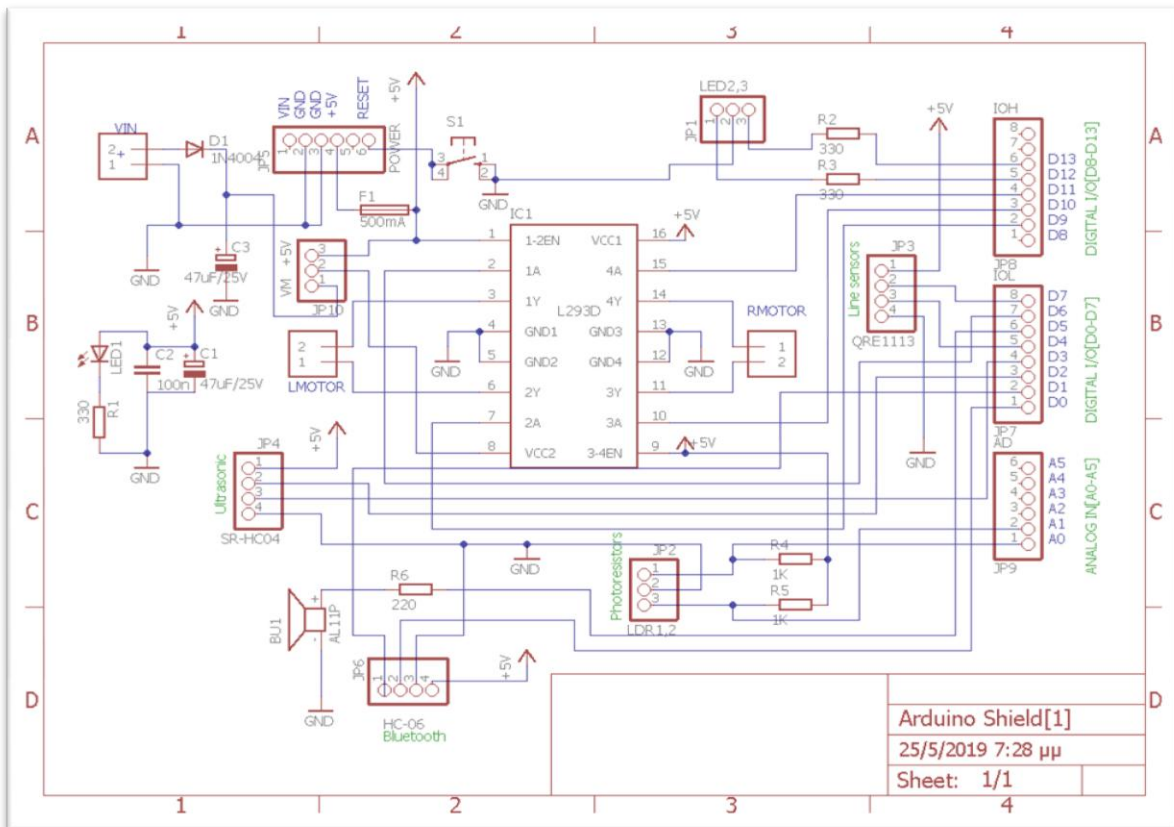
Εικόνα 24: Διασύνδεση κυκλωμάτων Shield 1 & 2 με Arduino

Arduino Shield 1

Ηλεκτρονικό Διάγραμμα

Το πρωτεύον κύκλωμα περιλαμβάνει το σύνολο των ελεγχόμενων από τον Arduino περιφερειακών μονάδων-υλικών της κατασκευής. Το ηλεκτρονικό σχέδιο έχει σχεδιαστεί με τη βοήθεια του προγράμματος Autodesk[©] EAGLE [7] (εικόνα 25).

Για την σχεδίαση του ηλεκτρονικού κυκλώματος ελήφθησαν υπόψη ο αριθμός των ακροδεκτών που θα διασυνδεθούν με την πλακέτα του Arduino UNO, η δέσμευση των διαστάσεων του τυπωμένου κυκλώματος και φυσικά η εργονομική διάταξη των υλικών.



Εικόνα 25: Ηλεκτρονικό διάγραμμα Arduino Shield 1

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα του Shield 1 βασίζεται στο ολοκληρωμένο IC1 που αποτελεί έναν ενισχυτή ρεύματος γέφυρας H (L293D). Σκοπός του ολοκληρωμένου είναι να οδηγεί τους δυο κινητήρες τύπου SG-90 και επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα -ανάλογα με την επιλογή του τύπου κινητήρων- να τροφοδοτηθεί από εξωτερική τάση τροφοδοσίας (JP10).

Το LED1 (Power) αποτελεί το ενδεικτικό ότι το κύκλωμα τροφοδοτείται με +5Volts και η προστασία από υψηλά ρεύματα στο κύκλωμα επιτυγχάνεται μέσω της ασφάλειας F1 0.5Ampere. Οι πυκνωτές C1, C2 εξομαλύνουν την τάση των +5Volts ενώ ο C3 την

εξωτερική τάση αν απαιτηθεί εξωτερική τάση τροφοδοσίας κινητήρων (V_Motor). Τέλος, ως προς την ασφάλεια του κυκλώματος η διόδος 1N4004 προστατεύει το κύκλωμα του IC1 από ανάστροφη πολικότητα σύνδεσης.

Η μονάδα ήχου Buzzer LD-BZEG-1205 τοποθετείται στο Shield 1 και οδηγείται από μια αντίσταση R6 που δημιουργεί πτώση τάσεως, σε σειρά με την εσωτερική αντίσταση του Buzzer και προς αποφυγή υψηλού ρεύματος στον αντίστοιχο ακροδέκτη του Arduino.

Καθόσον η πλακέτα εφαρμόζεται (τοποθετείται) πάνω σε αυτή του Arduino, καθίσταται δύσκολο ο έλεγχος του μπουτόν Reset από τον χρήστη, οπότε έχει σχεδιαστεί επίσης ένα ανάλογο στο Shield 1 (εδώ λόγω του ότι χρησιμοποιούμε και επόμενη πλακέτα από πάνω δεν έχει τοποθετηθεί ως υλικό στο Shield 1 για οικονομία).

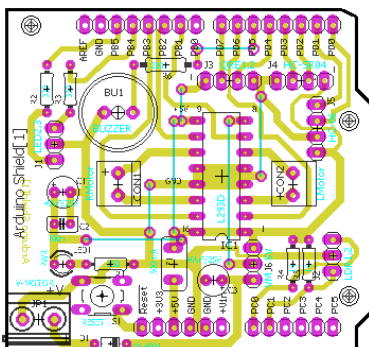
Τέλος στο ηλεκτρονικό σχέδιο έχουν προστεθεί όλες οι σειρές ακροδεκτών (pin headers) που απαιτούνται για τις διασυνδέσεις εισόδων – εξόδων του shield όπως αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 10: Διασύνδεση Pin Headers Arduino Shield 1

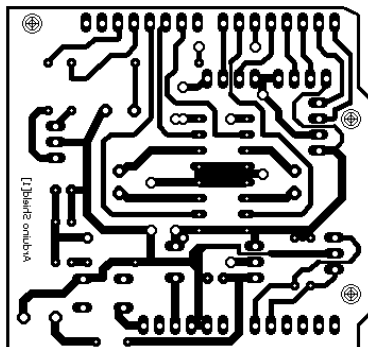
Αριθμός Ακροδέκτη	Διασύνδεση
JP1	έξοδος για τα LEDs 2,3
JP2	είσοδος από τα LDRs
JP3	είσοδος από τα Line Detectors
JP4	επικοινωνία με την μονάδα Sonar SR-HC04
JP5	είσοδος τροφοδοσίας από Arduino
JP6	επικοινωνία με την μονάδα Bluetooth HC-06
JP7	ψηφιακές I/O (D0-D7) από Arduino
JP8	ψηφιακές I/O (D8-D13) από Arduino
JP9	είσοδοι αναλογικές (A0-A5) από Arduino
JP10	είσοδος εξωτερικής τροφοδοσίας >36Vdc για κινητήρες προς το IC1

Τυπωμένο σχέδιο (PCB)

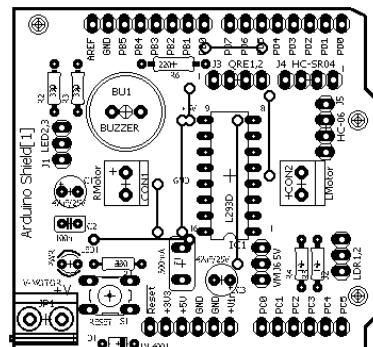
Το τυπωμένο σχέδιο έχει κατασκευαστεί με το πρόγραμμα Autodesk® EAGLE και φαίνεται στις επόμενες εικόνες η διαδικασία κατασκευής θα αναφερθεί παρακάτω:



Εικόνα 28: Τυπωμένο κύκλωμα Shield [1]



Εικόνα 27: Τυπωμένο (πλευρά χαλκού)

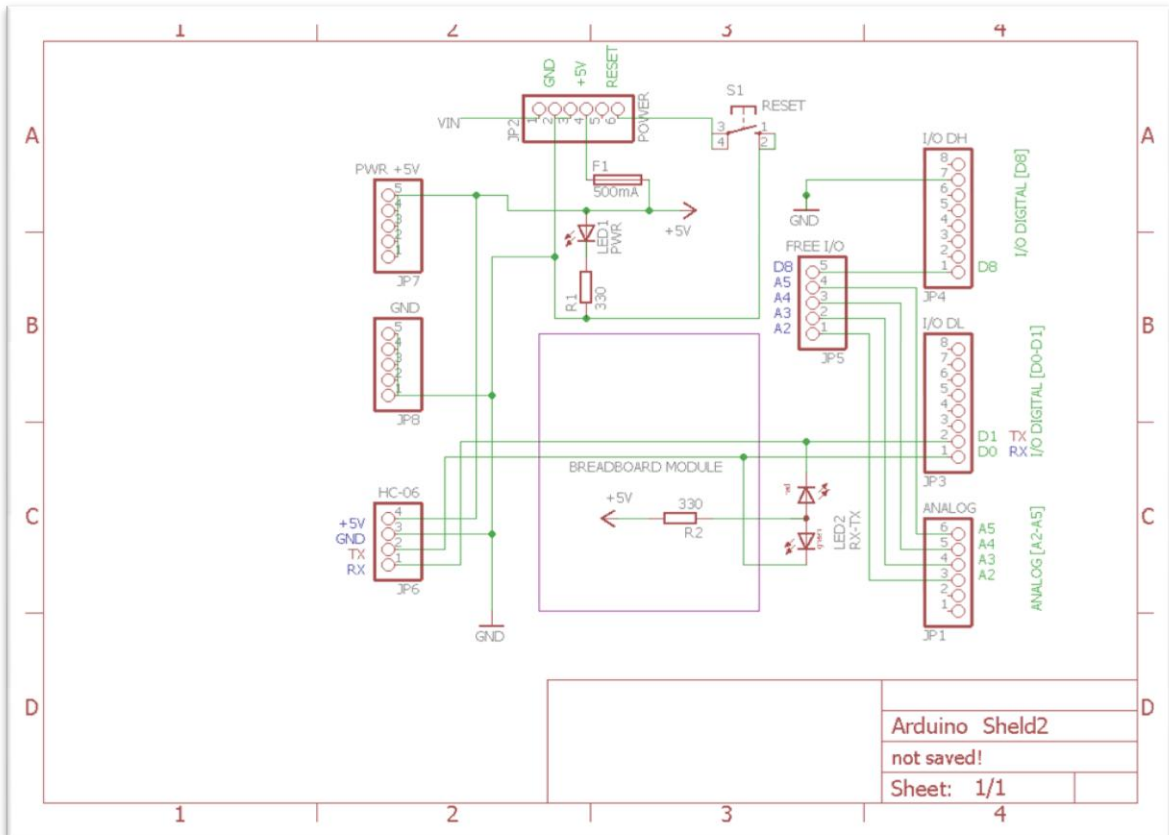


Εικόνα 26: Τυπωμένο (πλευρά υλικών)

Arduino Shield 2

Ηλεκτρονικό Διάγραμμα

Το δεύτερο τυπωμένο κύκλωμα (Shield 2) κατασκευάστηκε για να αξιοποιηθούν οι μη δεσμευμένοι ακροδέκτες του Arduino ώστε να μπορεί ο χρήστης να επεκτείνει την κατασκευή με επιπρόσθετη λειτουργία ή να υλοποιήσει κάποιο κύκλωμα στη δοκιμαστική πλακέτα (Breadboard). Το ηλεκτρονικό κύκλωμα παρουσιάζεται στην εικόνα 29.



Εικόνα 29: Ηλεκτρονικό διάγραμμα Shield 2

Το σχέδιο περιλαμβάνει τους ακροδέκτες διασύνδεσης μεταξύ των PCBs και τα μόνα ηλεκτρονικά στοιχεία που περιλαμβάνονται είναι ο διακόπτης Reset (S1), η ασφάλεια προστασίας του κυκλώματος F1 (0.5 Ampere), το ενδεικτικό τροφοδοσίας LED1, η αντίσταση R1 και μια δίχρωμη φωτοεκπέμπουσα διόδος (LED2) κοινής ανόδου η οποία χρησιμεύει ως ενδεικτικό επικοινωνίας του Arduino (Tx-Rx).

Στο κύκλωμα έχει προβλεφθεί η ασφαλής λειτουργία των ακροδεκτών που ήδη είναι διασυνδεδεμένοι στο Shield 1 ώστε να μην υπάρξει περίπτωση διπλής διασύνδεσής τους με άλλη λειτουργία στο Shield 2.

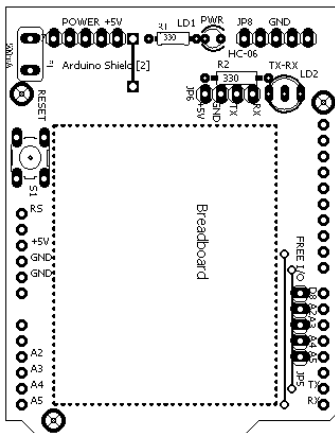
Στον πίνακα 11 παρουσιάζεται η διασύνδεση και λειτουργικότητα των υφιστάμενων ακροδεκτών (Pin Headers) της πλακέτας Shield 2.

Πίνακας 11: Διασύνδεση Pin Headers Shield 2

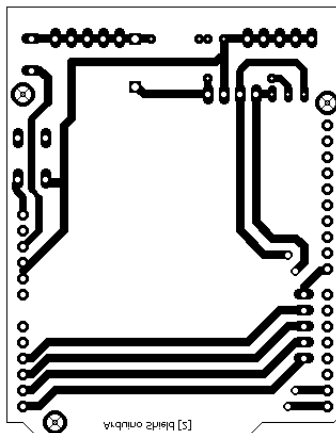
Αριθμός Ακροδέκτη	Διασύνδεση
JP1	ελεύθερες εισοδοι αναλογικές (A2-A5) από Arduino για χρήση στο mini Breadboard
JP2	είσοδος τροφοδοσίας από Arduino
JP3	επικοινωνία I/O D0(Rx), D1(Tx) από Arduino για την λειτουργία της μονάδας HC-06 Bluetooth
JP4	ελεύθερη ψηφιακή I/O D8 από Arduino για χρήση στο mini Breadboard
JP5	pin header 1X5 για την συγκέντρωση των ελεύθερων pin του Arduino
JP6	pin header 1X4 για την διασύνδεση της μονάδας HC-06 Bluetooth
JP7	pin header 1X5 τροφοδοσίας +5Vdc για χρήση στο mini Breadboard
JP8	pin header 1X5 τροφοδοσίας GND για χρήση στο mini Breadboard

Τυπωμένο σχέδιο (PCB)

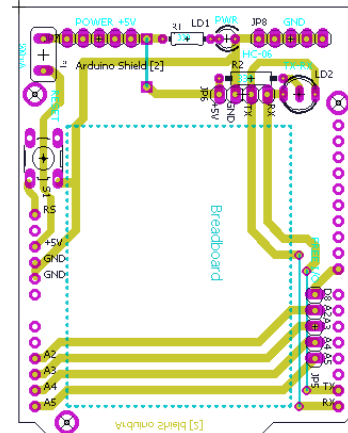
Το τυπωμένο σχέδιο (PCB) έχει κατασκευαστεί ομοίως με το Shield 1 και φαίνεται στις παρακάτω εικόνες



Εικόνα 31: Πλευρά υλικών (Top) Shield 2



Εικόνα 32: Πλευρά χαλκού (Bottom) Shield 2



Εικόνα 30: Arduino Shield 2 PCB

Μέθοδος κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων (PCBs) της κατασκευής

Διαδικασία σχεδίασης

Ως πρόγραμμα σχεδίασης επιλέχθηκε το Autodesk® EAGLE v.7.6 [7] που, υποστηρίζει τεράστιο όγκο βιβλιοθηκών ειδικά για την πλατφόρμα Arduino, αποτελεί λογισμικό freeware και παρέχεται δωρεάν με κάποιους περιορισμούς (μόνο 2 σχηματικά σχέδια ανά σχεδίαση, 2 PCB layers, και μέγιστη διάσταση τυπωμένου 80cm²). Το πρόγραμμα διατίθεται εδώ : <http://eagle.autodesk.com/eagle/software-versions/2>.

Για την σχεδίαση του σχηματικού ελήφθησαν υπόψη: το κατάλληλο μέγεθος του κάθε υλικού, ο τύπος (SMD ή THT) καθώς επίσης η σειρά τοποθέτησης στο τυπωμένο κύκλωμα.

Για την σχεδίαση του τυπωμένου κυκλώματος, δεν επελέγη η διαδικασία auto routing (αυτόματη σχεδίαση μέσω του προγράμματος) καθώς θα χρησιμοποιείτο τυπωμένο κύκλωμα μονής όψης και η διάταξη των υλικών κατά την δοκιμή δεν ικανοποιούσε τοπογραφικά το κύκλωμα. Στις βιβλιοθήκες του προγράμματος υφίσταται πρότυπο των ακροδεκτών (pin headers) του Arduino UNO, οπότε επάνω στο πρότυπο σχεδιάστηκε όλο το κύκλωμα (το πρότυπο απαιτείται για την ακριβή θέση των ακροδεκτών προς διασύνδεση με την πλακέτα του Arduino).


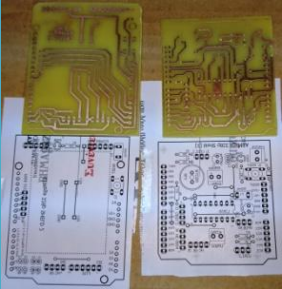
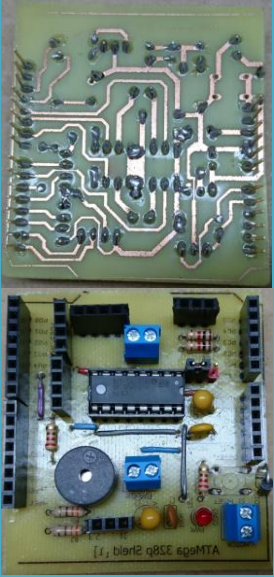
Διαδικασία κατασκευής [24]

Με την προϋπόθεση ότι έχει ολοκληρωθεί η σχεδίαση του σχηματικού μέρους και τυπωμένου κυκλώματος και έχει ελεγχθεί η ορθότητα διασύνδεσης των υλικών, για τυχόν εφαπτόμενες νησίδες στο τυπωμένο κύκλωμα, η διαδικασία κατασκευής του Shield περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια::

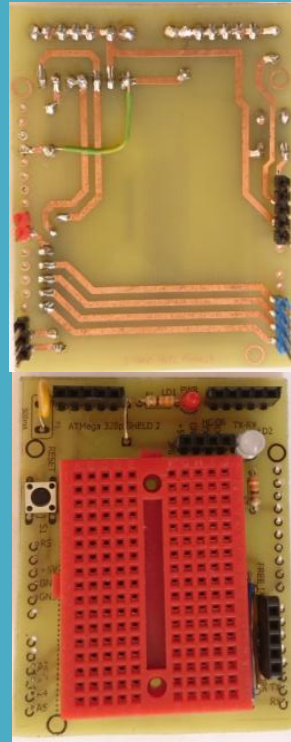
1. Εκτύπωση σε Laser εκτυπωτή και σε χαρτί illustration της κάτω (bottom) πλευράς του τυπωμένου μονοχρωματικά σε κλίμακα 1:1. Εν συνεχεία εκτύπωση της άνω (top) πλευράς (τοποθέτησης υλικών) του τυπωμένου όπως προηγουμένως αλλά με κατοπτρισμό (mirror) για να εμφανιστούν τα υλικά ορθά κατά την αποτύπωση στο PCB.
2. Κοπή πλακέτας στις επιθυμητές διαστάσεις εκτύπωσης του κυκλώματος, και επιμελής καθαρισμός της πλευράς του χαλκού με ψιλό σύρμα κουζίνας.
3. Τοποθέτηση του χαρτιού πάνω στην πλευρά του χαλκού ώστε το χαρτί να εφάπτεται στο εκτυπωμένο κύκλωμα (bottom), επιμελής δίπλωση και κόλληση του με σκοπό να μην μεταφερθεί κατά την επόμενη εργασία.
4. Επάλειψη του χαρτιού με μικρής ποσότητας διαλυτικού βερνικιών (acetone), κατόπιν ελαφριά επάλειψη με το δάχτυλο με επαναλαμβανόμενες ελαφριές

- κινήσεις σάρωσης ώστε να αποτυπωθεί ο άνθρακας του τόνερ στον χαλκό.
5. Αναμονή 1 λεπτού και αποκόλληση του χαρτιού από τον χαλκό. Το σχέδιο του τυπωμένου κυκλώματος θα πρέπει να έχει παραμείνει.
 6. Έλεγχος για τυχόν ατέλειες, και στην συνέχεια ανάμιξη σε πλαστικό δοχείο 10 προς 1 υδροχλωρικού οξέος και υδατικού διαλύματος διάλυμα H^2O^2 - περυντρόλ (υπάρχει στα φαρμακεία). Τοποθέτηση της πλακέτας εντός του δοχείου και τουλάχιστον για 5 λεπτά ανάδευση οριζοντίως. Με την πάροδο του χρόνου το τυπωμένο κύκλωμα θα πρέπει να είναι έτοιμο, δηλαδή ο χαλκός να έχει απομακρυνθεί όπου δεν υπήρχε σχεδίαση. Καλό ξέπλυμα με νερό και η πλακέτα είναι έτοιμη για την διάνοιξη (με mini drill) των οπών της.
 7. Με την ολοκλήρωση της διάνοιξης των οπών, τοποθέτηση του χαρτιού του τυπωμένου όπου είχε σχεδιαστεί η τοποθέτηση των υλικών της πλακέτας στην άνω πλευρά - βακελίτη της πλακέτας και επανάληψη των διαδικασιών 3 και 4 όπως ανωτέρω.
 8. Πλέον το τυπωμένο κύκλωμα είναι έτοιμο προς τοποθέτηση των υλικών. Η κόλληση των εξαρτημάτων γίνεται με κολλητήρι. Για καλύτερη προστασία της εκτύπωσης των υλικών και πριν τη τοποθέτηση τους ψεκασμός της άνω πλευράς - βακελίτη με Plastic Spray.
 9. Η χρονική σειρά της συναρμολόγησης – τοποθέτησης των εξαρτημάτων πάνω στην πλακέτα περιλαμβάνει πρώτα την τοποθέτηση των μικρότερων σε όγκο υλικών, όπως τα βραχυκυκλώματα (wires), τις αντιστάσεις κ.λπ. Στο τέλος τοποθετούνται τα Pin Headers και κολλιούνται με προσοχή ειδικά αυτά που θα διασυνδεθούν με την κάτω πλακέτα.
 10. Στο τέλος οι πλακέτες ελέγχονται σχολαστικά και οπτικά για τυχόν βραχυκυκλώματα, ψυχρές κολλήσεις και ορθές πολικότητες των υλικών και εφόσον όλα έχουν ελεγχθεί είναι πλέον έτοιμες προς τροφοδότηση.

Πίνακας 12 : Διαδικασία κατασκευής PCB Arduino Shield 1 - Shield 2

Διαδικασία - Αποτέλεσμα	Εικόνα
1) Αποχάλκωση πλακέτας PCB	
2) Αποχάλκωμένη πλακέτα (μεριά χαλκού)	
3) Εκτύπωση πλευράς υλικών στο τυπωμένο PCB	
4) PCB Arduino shield 1	

5) PCB Arduino shield 2



Λίστα υλικών

Στον πίνακα 13 αναφέρονται αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κάθε τμήματος ξεχωριστά.

Πίνακας 13: Λίστα υλικών-μονάδων κατασκευής

A/A	Κατηγορία	Υλικό	Τεμ.
1	Μικροελεγκτής	Arduino UNO SMD Compatible	1
2	Κινητήρας	Servo Motor SG-90	2
3	Sonar	SR-HC04	1
4	Bluetooth	HC-06	1
5	Line Detector	QRE113 Digital	2
6	Photo Resistor (LDR)	GL5516	2
7	LED	Red 5mm	1
8	LED	Green 5mm	1
9	Dip Switch	συρόμενος διακόπτης SS12010 2A/250V	1
10	Τροφοδοσία	battery Pack 4xAA	1
11		battery pack 2xAA	1
12	Shield 1	IC1 L293D Bridge Amplifier	1
13		IC SOCKET 16PIN	1
14		C1,C3 47uF/25V	2

15		C2 = 100n	1
16		R1,R2,R3 = 330Ω	3
17		R4,R5 = 1K	2
18		R6=220Ω	1
19		BU1=BUZZER LD-BZEG-1205	1
20		F1=500mA	1
21		LED1=LED RED 3mm	1
22		Connector 1X2-3,5mm	2
23		Connector 1X2-5mm	1
24		Pin Header 1X8 Female Long Stackable	2
25		Pin Header 1X6 Female Long Stackable	2
26		Pin Header 1X4 Female	1
27		Pin Header 1X3 Male	1
28		Pin Header 1X3 Female	2
29		Jumper 1X2	1
30	Shield 2	Breadboard Module mini	1
31		F1=500mA	1
32		LD1=LED RED 3mm	1
33		LD2=LED DUO COLOR 5mm	1
34		R1,R2=330Ω	2
35		Button Reset 5mm	1
36		Pin Header 1X5 Female	3
37		Pin Header 1X4 Female	1
38		Pin Header 1X4 Blue Male	1
39		Pin Header 1X5 Male	1
40		Pin Header 1X3 Male	1
41		Pin Header 1X2 Red male	1
42	PCBs	10cmX15cm single layer	2
43	Main	βάση Sonar	1
44		βίδες 1.5cmx0.5cm	6

Οικονομικός προϋπολογισμός

Αν και απορρίφθηκε η αρχική ιδέα της κατασκευής ενός «κλώνου» Arduino λόγω του υψηλούς κόστους (κόστος υλικών > 20€), ο συνολικός προϋπολογισμός της υπόλοιπης κατασκευής κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα που αποτελούσε έναν εκ των στόχων της παρούσης πτυχιακής εργασίας. Στον παρακάτω πίνακα 14 παρουσιάζονται αναλυτικά το κόστος ανά υλικό ενώ το συνολικό κόστος των εξαρτημάτων ανέρχεται στο ποσόν των 52€ περίπου.

Η κατασκευή του Shield 1 κόστισε 12,28 €, του Shield 2 4,69€, τα αισθητήρια και οι λοιπές μονάδες στοίχισαν 16,30 €, οι κινητήρες 7€ και ο μικροελεγκτής Arduino 6,80€.

Πίνακας 14: Κόστος υλικών-μονάδων κατασκευής

A/A	Κατηγορία	Υλικό	Τεμ.	Κόστος	Σύνολο
1	Μικροελεγκτής	Arduino UNO SMD Compatible	1	6,80 €	6,80 €
2	Κινητήρας	Servo Motor SG-90	2	3,50 €	7,00 €
3	Sonar	SR-HC04	1	1,90 €	1,90 €
4	Bluetooth	HC-06	1	7,00 €	7,00 €
5	Line Detector	QRE113 Digital	2	3,50 €	7,00 €
6	Photo Resistor (LDR)	GL5516	2	0,20 €	0,40 €
7	LED	Red 5mm	1	0,10 €	0,10 €
8	LED	Green 5mm	1	0,10 €	0,10 €
9	Dip Switch	συρόμενος διακόπτης SS12010 2A/250V	1	0,25 €	0,25 €
10	Τροφοδοσία	battery Pack 4xAA	1	0,60 €	0,60 €
11		battery pack 2xAA	1	0,40 €	0,40 €
12	Shield 1	IC1 L293D Bridge Amplifier	1	3,00 €	3,00 €
13		IC SOCKET 16PIN	1	0,40 €	0,40 €
14		C1,C3 47uF/25V	2	2,41 €	4,82 €
15		C2 = 100n	1	0,05 €	0,05 €
16		R1,R2,R3 = 330Ω	3	0,01 €	0,03 €
17		R4,R5 = 1K	2	0,01 €	0,02 €
18		R6=220Ω	1	0,01 €	0,01 €
19		BU1=BUZZER LD-BZEG-1205	1	0,65 €	0,65 €
20		F1=500mA	1	0,30 €	0,30 €
21		LED1=LED RED 3mm	1	0,10 €	0,10 €
22		Connector 1X2-3,5mm	2	0,25 €	0,50 €
23		Connector 1X2-5mm	1	0,20 €	0,20 €
24		Pin Header 1X8 Female Long Stackable	2	0,25 €	0,50 €
25		Pin Header 1X6 Female Long Stackable	2	0,25 €	0,50 €
26		Pin Header 1X4 Female	1	- €	- €
27		Pin Header 1X3 Male	1	- €	- €
28		Pin Header 1X3 Female	2	- €	- €
29		Jumper 1X2	1	0,01 €	0,01 €
30	Shield 2	Breadboard Module mini	1	1,60 €	1,60 €
31		F1=500mA	1	0,30 €	0,30 €
32		LD1=LED RED 3mm	1	0,10 €	0,10 €
33		LD2=LED DUO COLOR 5mm	1	0,30 €	0,30 €
34		R1,R2=330Ω	2	0,01 €	0,02 €
35		Button Reset 5mm	1	0,08 €	0,08 €
36		Pin Header 1X5 Female	3	- €	- €
37		Pin Header 1X4 Female	1	0,25 €	0,25 €
38		Pin Header 1X4 Blue Male	1	0,30 €	0,30 €
39		Pin Header 1X5 Male	1	0,25 €	0,25 €
40		Pin Header 1X3 Male	1	- €	- €
41		Pin Header 1X2 Red male	1	0,30 €	0,30 €
42	PCBs	10cmX15cm single layer	2	1,19 €	2,38 €

43	Main	βάση Sonar	1	2,20 €	2,20 €
44		βίδες 1.5cmx0.5cm	6	0,20 €	1,20 €
		ΣΥΝΟΛΟ:			51,92 €

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (SOFTWARE)

Για τον έλεγχο των επί μέρους αισθητηρίων, κινητήρων και μονάδων συγγράφηκε τμηματικά λογισμικό για τον Arduino, μέσω του περιβάλλοντος ανάπτυξης του κώδικα Arduino IDE [3] (Εικόνα 33).

Ο αρχικός καθορισμός των λειτουργιών των ακροδεκτών (Input/Output) του μικροελεγκτή Arduino, απαιτείται εκ των προτέρων για να είναι σύμφωνη με την κατασκευή μας. Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται αναλυτικά οι λειτουργίες αυτών των αναλογικών εισόδων και ψηφιακών εισόδων/εξόδων και πως αυτοί αξιοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό.

Πίνακας 15: PIN OUT ARDUINO

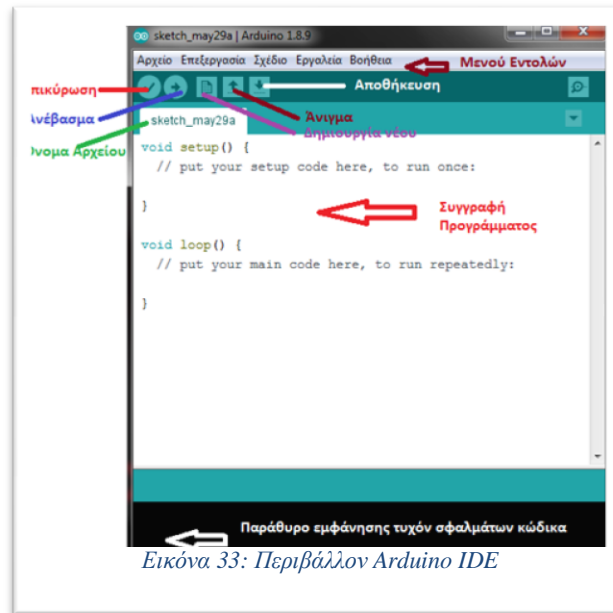
PIN	MODULE	FUNCTION
D0	HC-06 (BLUETOOTH)	RX
D1	HC-06 (BLUETOOTH)	TX
D2	HC-SR04	TRIGER
D5	BUZZER	SOUND
D6	L293D	L MOTOR REVERCE
D8	SHIELD 2	FREE
D9	L293D	L MOTOR FORWARD
D10	L293D	R MOTOR FORWARD
D11	L293D	R MOTOR REVERCE
D12	LED	RED (RIGHT)
D13	LED	GREEN (LEFT)

Πίνακας 16: PIN IN ARDUINO

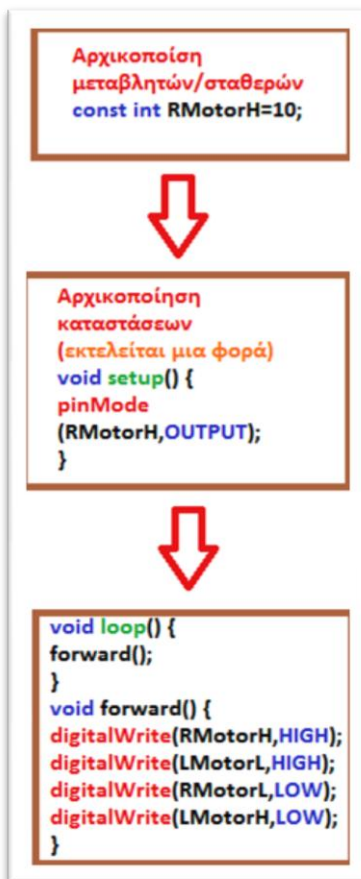
PIN	MODULE	FUNCTION
D3	HC-SR04	ECHO
D4	QRE1113	LEFT
D7	QRE1113	RIGHT
A0	LDR	RIGHT
A1	LDR	LEFT
A2	SHIELD 2	FREE
A3	SHIELD 2	FREE
A4	SHIELD 2	FREE
A5	SHIELD 2	FREE

Η κατανόηση της δομής και λειτουργίας των προγραμμάτων ελέγχου των επί μέρους τμημάτων της κατασκευής κρίνεται απαραίτητη, για αυτό το λόγο ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή του λογισμικού του μικροελεγκτή Arduino.

Το πρόγραμμα Arduino IDE (εικόνα 33) επιτρέπει: τη συγγραφή κώδικα μέσω του κειμενογράφου του, τον συντακτικό έλεγχο της ορθότητάς του κώδικα, τη μετατροπή του -μέσω του διερμηνέα του (interpreter)- σε γλώσσα μηχανής την αποστολή του κώδικα - μέσω της σειριακής θύρας USB- στον μικροελεγκτή Arduino.



Εικόνα 33: Περιβάλλον Arduino IDE



Εικόνα 34: Βασικές ενότητες προγραμματισμού Arduino IDE

Η βοήθεια - μέσω των κατατοπιστικών μενού- που παρέχει το περιβάλλον Arduino IDE στο χρήστη το καθιστά ιδιαίτερα φιλικό προς αυτόν.

Το κάθε πρόγραμμα χωρίζεται σε τρεις βασικές ενότητες (εικόνα 34). Οι μεταβλητές του προγράμματος έχουν κυρίαρχο ρόλο στο πρόγραμμα καθώς η αλλαγή τους μεταβάλλει το πρόγραμμα ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Οι σταθερές ορίζονται εφ' άπαξ, και τέλος οι συναρτήσεις.

Το πρόγραμμα ξεκινά με την αρχικοποίηση των μεταβλητών/σταθερών όπως για παράδειγμα η δήλωση σταθεράς που αντιστοιχεί συγκεκριμένο pin του Arduino με κάποια τιμή πχ `const int RMotorH=10;` Δηλαδή, το pin 10 αντιστοιχίζεται με τον θετικό ακροδέκτη του δεξιού κινητήρα της κατασκευής.

Το επόμενο τμήμα του προγράμματος εκτελείται μόνο μια φορά και μόνο κατά την εκκίνηση και στο οποίο αρχικοποιούνται οι καταστάσεις λειτουργίας των ακροδεκτών του Arduino όπως για παράδειγμα αν το pin 10 θα είναι είσοδος (INPUT) ή έξοδος (OUTPUT) π.χ. `pinMode (RMotorH,OUTPUT);`

Τέλος το κυρίως πρόγραμμα (loop) το οποίο εκτελείται επαναλαμβανόμενα και επ' άπειρο, όσο τροφοδοτείται ο μικροελεγκτής με ρεύμα. Εδώ γράφονται όλες οι διαδικασίες που θα εκτελούνται όπως αυτές καλούνται από το κυρίως πρόγραμμα πχ forward();.

Στη συνέχεια περιγράφονται τα τμήματα κώδικα για τον τμηματικό έλεγχο της συσκευής. Επεξήγηση των βασικών εντολών, συναρτήσεων, σταθερών και κλάσεων αναφέρονται στον πίνακα 17 ενώ το σύνολο των εντολών, συναρτήσεων, κλάσεων αναφέρονται στον ιστότοπο Arduino IDE [25].

Πίνακας 17: Βασικές Συναρτήσεις προγράμματος Arduino IDE

Σταθερές			
Όρισμα	Τύπος	Παράμετροι	Επεξήγηση
LOW	integer		Έχει τιμή 0 (0Volt), και λογικό (0)False
HIGH	integer		Έχει τιμή 1 (5Volt), και λογικό (1)True
INPUT	integer		Έχει τιμή 0, και λογικό (0) False
OUTPUT	integer		Έχει τιμή 1, και λογικό (1)True
Συναρτήσεις			
Όρισμα	Τύπος	Παράμετροι	Επεξήγηση
pinMode		(pin, mode)	Ορίζει αν το συγκεκριμένο pin θα είναι είσοδος(INPUT)ή έξοδος (OUTPUT) του Arduino
digitalWrite		(pin, pin status)	Τοποθετεί σε κατάσταση 1 ή 0 (5V, 0V) (HIGH,LOW) το αντίστοιχο pin του Arduino
digitalRead	integer	pin	Εισάγει στο αντίστοιχο pin του Arduino την κατάσταση εισόδου (0 ή 1)
analogWrite		(pin, value)	Τοποθετεί το ψηφιακό pin του Arduino που έχει την δυνατότητα λειτουργίας (PWM) σε κατάσταση εξόδου. Η παράμετρος (value) καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π.χ. με value 127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).
analogRead	integer	pin	Εισάγει στο αντίστοιχο pin του Arduino μέσω του ενσωματωμένου στον μικροελεγκτή A/D Converter, έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο pin αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως Vref (τυπικά +5V).
analogReference		type	Καθορίζει την μέγιστη τάση αναλογικής εισόδου των pin που καθορίζονται με την

		<p>συνάρτηση analogRead . Αυτή η τάση αναφοράς μπορεί να είναι εσωτερική (INTERVAL) ή εξωτερική (EXTERNAL):</p> <ul style="list-style-type: none"> INTERNAL0V55: a built-in 0.55V reference INTERNAL1V1: a built-in 1.1V reference INTERNAL1V5: a built-in 1.5V reference INTERNAL2V5: a built-in 2.5V reference INTERNAL4V3: a built-in 4.3V reference EXTERNAL (0 to 5V) <p>Τοποθετείται στο πρόγραμμα πάντα πριν την συνάρτηση analogRead και σκοπός της είναι αυξομειώνει το ευρος της αναλογικής τάσης εισόδου ανάλογα με το μέγιστη τάση που αποδίδει το αναλογικό αισθητήριο που χρησιμοποιούμε.</p>
delay	time	Καθορίζει το χρόνο καθυστέρησης μεταξύ δύο εντολών κατά τη ροή του προγράμματος, η τιμή μετριέται σε msec δηλαδή (1000)msec αντιστοιχούν σε 1sec.
delayMicroseconds	time	Καθορίζει το χρόνο καθυστέρησης μεταξύ δύο εντολών κατά τη ροή του προγράμματος, η τιμή μετριέται σε msec δηλαδή (1000)msec αντιστοιχούν σε 1msec.
Μέθοδοι Κλάσης:		
όρισμα	τύπος	παράμετροι
Serial.begin		baud rate
		Επεξήγηση
Serial.println	data	Καθορίζει τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μεταξύ Υπολογιστή και Arduino τυπικά (9600).
		Αποθηκεύει και εμφανίζει τα δεδομένα στον Υπολογιστή μέσω της θύρας USB. Τα δεδομένα μπορεί να είναι αριθμός ή αλφαριθμητικό.

Κώδικες Προγραμμάτων

Τεστ Κινητήρων

```

/****Motors Test
* The Right Motor enable in Forward motion with digital (PWM) pin 10 Arduino
* and Reverse motion with digital (PWM) pin 11 Arduino
* The left Motor enable in Forward motion with digital (PWM) pin 9 Arduino
* and Reverse motion with digital (PWM) pin 6 Arduino
* Software

```



```

* Uses Arduino Standard library calls digitalWrite(), delay().
* Reference
* V1.0 M. Pantelaios, Ian 2019
*/
void setup() {
  pinMode(10,OUTPUT); //setup pin modes Arduino
  pinMode(11,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  pinMode(9,OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(10,HIGH); //test for Left Motor
  delay(2000);
  digitalWrite(10,LOW);
  delay(2000);
  digitalWrite(11,HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(11,LOW);
  delay(2000);

  digitalWrite(9,HIGH); //test for Right Motor
  delay(2000);
  digitalWrite(9,LOW);
  delay(2000);
  digitalWrite(6,HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(6,LOW);
  delay(2000);

  digitalWrite(10,HIGH); //Forward motion
  digitalWrite(9,HIGH);
  digitalWrite(11,LOW);
  digitalWrite(6,LOW);
  delay(2000);

  digitalWrite(10,LOW); //Reverse motion
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(11,HIGH);
  digitalWrite(6,HIGH);
  delay(2000);
}

```

```
}
```

Test LEDs

```
/**LEDs Test
 * The Right LED (Red) enable with pin 12 Arduino
 * The Left LED (Green) enable with pin 13 Arduino
 * Software
 * Uses Arduino Standard library calls digitalWrite(), pinMode(), delay().
 * Reference
 * V1.0 M. Pantelaios, Ian 2019
 */

void setup() {
  pinMode(13,OUTPUT);//Green Led
  pinMode(12, OUTPUT);//Red Led
}

void loop() {
  digitalWrite(13,HIGH);//Green Led enable for 1sec
  delay(1000);
  digitalWrite(13,LOW);//Green Led disable for 1sec
  delay(1000);
  digitalWrite(12,HIGH);//Red Led enable for 1sec
  delay(1000);
  digitalWrite(12,LOW);//Red Led disable for 1sec
  delay(1000);
}
```

Test Sonar HC-SR04

```
/**Sonar HC-SR04 Test
 *Ultrasonic sensor Pins:
 * The echo pin (OUTPUT) enable with pin 3 Arduino
 * The trigger pin (INOUT) enable with pin 2 Arduino
 *VCC: +5VDC
 *GND: GND
 * Software
 *Uses Arduino Standard library calls Serial.begin(),pulseIn(),
 *delayMicroseconds(),digitalWrite(), delay(),Serial.println().
 * Reference
```

```

* V1.0 M. Pantelaios, Ian 2019
*/
#define echoPin 3 // Echo Pin
#define trigPin 2// Trigger Pin
long duration, distance; // Duration used to calculate distance

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.print ("Hello");
}
void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);//the range = high level time * velocity (340M/S) / 2
  digitalWrite(trigPin, HIGH);//short 10uS pulse to the trigger input to start
the ranging
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = duration/58;//Calculate the distance uS / 58 = cm or uS / 148 =in on
the speed of sound
Serial.println(distance); // Print distance
delay(50); //Delay 50ms before next reading.
}

```

Test Line Detector

```

/****Line Detector QRE1113 Digital Test
*Line Detector Pin connected in digital pin 4 (7) on Arduino
*VCC: +5VDC
*gND: GND
*Output via the serial terminal - Lower numbers mean more reflected
*3000 or more means nothing was reflected.
* Software
*Uses Arduino Standard library calls Serial.begin(),pulseIn(),
*delayMicroseconds(),digitalWrite(), delay(),Serial.println().
* Reference
* V1.0 M. Pantelaios, Ian 2019
*/
int QRE1113_Pin = 4; //connected to digital 4

```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int QRE_Value = readQD();
  Serial.println(QRE_Value);
}
int readQD() {
  pinMode( QRE1113_Pin, OUTPUT );
  digitalWrite( QRE1113_Pin, HIGH );//Lower numbers mean more reflective
  delayMicroseconds(10);
  pinMode( QRE1113_Pin, INPUT );//Returns value from the QRE1113

  long time = micros();

  while (digitalRead(QRE1113_Pin) == HIGH && micros() - time < 3000);//More than
3000 means nothing was reflected.
  int diff = micros() - time;//time how long the input is HIGH, but quit after
3ms as nothing happens after that
  return diff;
}

```

Test Bluetooth HC-06

```

/****Bluetooth Module HC-06 Test
*Pins
*Arduino 5V out TO BT VCC
*Arduino GND to BT GND
*Arduino D1[TX] to BT RX (no need voltage divider)
*Arduino D0[RX] BT TX (no need voltage divider)
*When a command is entered in the serial monitor on the computer
*the Arduino will relay it to the Bluetooth module and display the result.
* Software
* Uses Arduino Standard library and SoftwareSerial.h calls SoftwareSerial,
available, Serial.begin, Serial.print, Serial.println, delay ().
* Reference
* V1.0 M. Pantelaios May 2019
*/
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial hc06(0,1);
String cmd="";
float sensor_val=0;

```

```

void setup(){

  Serial.begin(9600); //Initialize Serial Monitor
  hc06.begin(9600); //Initialize Bluetooth Serial Port
}

void loop(){
  while(hc06.available()>0) //Read data from HC06
  {
    cmd+=(char)hc06.read();
  }
  if(cmd!="") //Select function with cmd
  {
    Serial.print("Command received : ");
    Serial.println(cmd);

    if(cmd=="ON")// We expect ON or OFF from Bluetooth
    {
      Serial.println("Function is on");
    }else if(cmd=="OFF"){
      Serial.println("Function is off");
    }else{
      Serial.println("Function is off by default");
    }
    cmd=""; //reset cmd
  }
  // Simulate sensor measurement
  sensor_val=(float)random(10); // random number between 0 and 9
  hc06.print(sensor_val); //Write sensor data to HC06
  delay(100);
}

```

Κώδικας Robot test

```

/****Robot Test
* The Right Motor enable in Forward motion with digital (PWM) pin 10 Arduino
* and Reverse motion with digital (PWM) pin 11 Arduino
* The left Motor enable in Forward motion with digital (PWM) pin 9 Arduino
* and Reverse motion with digital (PWM) pin 6 Arduino
* The Right LED (Red) enable with pin 12 Arduino
* The Left LED (Green) enable with pin 13 Arduino
* The Right LDR connected with pin A0 Arduino

```

```

* The Left LDR connected with pin A1 Arduino
* Software
* Uses Arduino Standard library calls Serial.begin(),Serial.println() ,
analogRead(), digitalWrite(), delay().
*/

const int MotorRightPlus = 10;
const int MotorRightMinus = 11;
const int MotorLeftPlus = 9;
const int MotorLeftMinus = 6;
const int LedRight = 13;
const int LedLeft = 12;
const int PhotoRight = A0;
const int PhotoLeft = A1;
int PhotoRightValue;
int PhotoLeftValue;
int ledstate = 0; // 0=LEDs Off, 1=LedRight On, 2= LedLeft On, 3=LEDs Both On

void setup() {
  pinMode (MotorRightPlus, OUTPUT);
  pinMode (MotorRightMinus, OUTPUT);
  pinMode (MotorLeftPlus, OUTPUT);
  pinMode (MotorLeftMinus, OUTPUT);
  pinMode (LedRight, OUTPUT);
  pinMode (LedLeft, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  Serial.println("Leds Tests: Blinks both leds 5 times");
  for (int i=1; i<10; i++) {
    ledflash();
    delay(100);
    ledsOFF();
    delay(100);
  }
  Serial.println("Sensors Tests: Reads both sensors 10 times");
  for (int i=1; i<10; i++) {
    readsensors();
    delay(600);
  }
  Serial.println("Robot Forward");
}

```

```

forward();
delay(2000);
Serial.println("Robot Backward");
backward();
delay(2000);
Serial.println("Robot Left");
left();
delay(2000);
Serial.println("Robot Right");
right();
delay(2000);
Serial.println("Stop Right");
stoprobot();
delay(2000);
}
void readsensors() {
  PhotoLeftValue = analogRead(PhotoLeft);
  PhotoRightValue = analogRead(PhotoRight);
  Serial.println("Left      Right");
  Serial.print(PhotoLeftValue);
  Serial.print("      ");
  Serial.print(PhotoRightValue);
  Serial.println("");
  Serial.println("");
}
void ledblink() {
  digitalWrite(LedRight, HIGH);
  digitalWrite(LedLeft, LOW);
  delay (200);
  digitalWrite(LedRight, LOW);
  digitalWrite(LedLeft, HIGH);
  delay (200);
}
void ledflash() {
  digitalWrite(LedRight, HIGH);
  digitalWrite(LedLeft, HIGH);
  delay (200);
  digitalWrite(LedRight, LOW);
  digitalWrite(LedLeft, LOW);
  delay (200);
}

```

```

}
void ledRightON() {
    digitalWrite(LedRight, HIGH);
}
void ledLeftON() {
    digitalWrite(LedLeft, HIGH);
}
void ledsOFF() {
    digitalWrite(LedRight, LOW);
    digitalWrite(LedLeft, LOW);
}
void forward() {
    Serial.println("Forward");
    digitalWrite(MotorRightPlus, HIGH);
    digitalWrite(MotorRightMinus, LOW);
    digitalWrite(MotorLeftPlus, LOW);
    digitalWrite(MotorLeftMinus, HIGH);
}
void backward() {
    Serial.println("Backward");
    digitalWrite(MotorRightPlus, LOW);
    digitalWrite(MotorRightMinus, HIGH);
    digitalWrite(MotorLeftPlus, HIGH);
    digitalWrite(MotorLeftMinus, LOW);
}
void left() {
    Serial.println("Left");
    digitalWrite(MotorRightPlus, HIGH);
    digitalWrite(MotorRightMinus, LOW);
    digitalWrite(MotorLeftPlus, LOW);
    digitalWrite(MotorLeftMinus, LOW);
}
void right() {
    Serial.println("Right");
    digitalWrite(MotorRightPlus, LOW);
    digitalWrite(MotorRightMinus, LOW);
    digitalWrite(MotorLeftPlus, LOW);
    digitalWrite(MotorLeftMinus, HIGH);
}
void stoprobot() {

```



```
Serial.println("Stop");  
digitalWrite(MotorRightPlus, LOW);  
digitalWrite(MotorRightMinus, LOW);  
digitalWrite(MotorLeftPlus, LOW);  
digitalWrite(MotorLeftMinus, LOW);  
}
```

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά την διάρκεια της σχεδίασης, κατασκευής και υλοποίησης της παρούσης πτυχιακής εργασίας παρατηρήθηκαν αρκετές αστοχίες ιδιαίτερα στην κατασκευή των τυπωμένων κυκλωμάτων (PCBs) που σχετίζονταν με:

- λάθη στην εκτύπωση,
- αποτυχία στην αποτύπωση του χαλκού λόγω κατεστραμμένων νησίδων.

Επιπλέον πολλές διορθώσεις και βελτιώσεις έγιναν αρχικώς στα ηλεκτρονικά σχέδια, στη συνέχεια στα τυπωμένα κυκλώματα και στη συναρμολόγηση τους.

Η διαδικασία σχεδίασης και κατασκευής ενός μικροελεγκτή κλώνου Arduino βασισμένου στο ATmega 328P, αποδείχθηκε -στην πορεία- ως λάθος πρόταση, αφού αφενός θα εξαιρούσε όλη την κατασκευή από την τυποποίηση του Arduino και θα αύξανε το κόστος κατασκευής. Στο τέλος ο έλεγχος των μεμονωμένων τμημάτων καθώς και της συνολικής κατασκευής με τον μικροελεγκτή απέδειξαν την πλήρη και ορθή λειτουργία τους, σύμφωνα με τις αρχικές προδιαγραφές της εργασίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως αντικείμενο μελέτης -παρόλο της λιτής εμφάνισης της-, η παρούσα κατασκευή –εργασία ανοίγει νέους ορίζοντες σε νέες και νέους που θέλουν να ασχοληθούν με την ρομποτική είτε αφορά τον προγραμματισμό (software) είτε την κατασκευή (hardware) με απώτερο σκοπό την εμπάθυνση των γνώσεων τους. Αν και η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη μιας εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας, η αλληλεξάρτηση του παραγόμενου hardware-software δίνει την ευχέρεια της εφαρμογής της σε υλοποιήσεις πλήθους άλλων εργασιών που να ενσωματώνουν μικροελεγκτή σε έξυπνες συσκευές.

Η παρούσα μεθοδολογία παραγωγής PCBs σίγουρα δεν είναι η μοναδική. Εναλλακτικά η αποστολή των σχεδίων PCBs σε εταιρείες κατασκευής [26] μέσω διαδικτύου θα παρήγαγε κατασκευές υψηλότερης αισθητικής και ποιότητας. Η χρήση δε μεθόδους διπλής επίστρωσης χαλκού (Dual Layer PCB), θα έδινε την δυνατότητα για τοποθέτηση περισσότερων υλικών άρα και επιπλέον δυνατοτήτων.

Μελλοντικές βελτιώσεις της κατασκευής θα μπορούν να περιλαμβάνουν: Dual Layer PCBs, δεύτερο ολοκληρωμένο IC L293D και προσθήκη επιπλέον Servo Motor SG-90 (180°) για τον έλεγχο του sonar HC-SR04 και κάλυψη περιοχής εύρους 180°.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Pritend circuit board Wikidedia,» wikimedia foundation.org, 23 5 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [2] «ATmega328P-8bit AVR Microcontrolers,» Microchip Technology Inc., 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [3] «Arduino Software,» Arduino, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [4] «Arduino Uno R3 SMD,» Indiamart, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://4.imimg.com/data4/AX/LC/MY-23669504/arduino-uno-r3-smd-500x500.jpg>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [5] «IMA Juno- Introductory Exploration | Tinkerine U,» Tinkerine Studios Ltd, 15 8 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://u.tinkerine.com/topic/lb/201/ima-juno-introductory-arduino-exploration>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [6] «FT232R,» Future Technology Devices International Ltd, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [7] «Autodesk Eagle,» Cad Soft, 17 5 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://eagle.autodesk.com/eagle/software-versions/2>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [8] «Fritzing Fritzing,» Fritzing Electronics, 2 6 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://fritzing.org/home/>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [9] «Bluetooth Transceiver Module HC-06-Wiki,» Sunfounder, 20 3 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=Bluetooth_Transceiver_Module_HC-06. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [10] «Microcontroler - Wikipedia,» Wikipedia, 27 5 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>. [Πρόσβαση 27 5 2019].

- [11] «Arduino Libraries,» Arduino cc, 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>. [Πρόσβαση 20 5 2019].
- [12] «Τι είναι STEM,» STEM Education, 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://stem.edu.gr/τί-είναι-stem/>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [13] «S4A,» Citilab, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://s4a.cat>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [14] «Ardublock A graphical Programming Language for Arduino,» Ardublock, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://blog.ardublock.com>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [15] Wikipedia, «Arduino,» 21 5 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [16] «terraelectronica,» HK Shan Hai Group Limited, [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%2Fz%2FDatasheet%2FU%2FUNO_R3%28CH340G%29.pdf. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [17] «Servo Motor SG90 Basics,» Components101, 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://components101.com/servo-motor-basics-pinout-datasheet>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [18] «L293,L293D Quadruple Half-H Drivers,» Texas Instruments, 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [19] «HC-SR04 ultrasonic sensor,» Acme Systems srl , [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.acmesystems.it/HC-SR04>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [20] «SparkFun Line Sensor Breakout QRE1113 (Digital),» SparkFun Electronics, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/9454>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [21] «GL55 Series Photoresistor - KTH,» CdS, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.kth.se/social/files/54ef17dbf27654753f437c56/GL5537.pdf>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [22] «LD-BZEG-1205 LOUDITY-Sound Transducer,» Transfer Multisort Elektronik Sp, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.tme.eu/en/details/ld-bzeg-1205/electromagnetic-sounders-with-generator/loudity/>. [Πρόσβαση 27 5 2019].

- [23] «Prusa i3 3D printers,» Prusa Research, 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://shop.prusa3d.com/en/>. [Πρόσβαση 27 5 2019].
- [24] G. Burrows, «DIY PCB Toner Transfer (No Heat) & Etching,» 11 5 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=cVhSCEPINpM>. [Πρόσβαση 10 1 2019].
- [25] «Arduino Reference,» Arduino cc, 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: www.arduino.cc/en/Main/Software. [Πρόσβαση 20 5 2019].
- [26] «PCB Prototype & PCB Fabrication Manufacturer JLCPCB,» JLCPCB.COM, 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://jlcpcb.com/?gclid=Cj0KCQjw_r3nBRDxARIsAJIjleF9A90FizNPQ0F6vvNJKb0YtKfLsV5107iteoJIXZLCM9hiIFZ2_nEaAhS3EALw_wcB. [Πρόσβαση 30 5 2019].
- [27] Arduino.cc, «Arduino Reference,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/digital-io/digitalread/>. [Πρόσβαση 3 12 2018].
- [28] M. Planchard, «West Virginia University wins NASA Robot Competition,» solidworks.com, 22 6 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.google.gr/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjG5M7_yY3fAhULUIAKHW01B7MQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fblogs.solidworks.com%2Fteacher%2F2015%2F06%2Fwest-virginia-university-wins-nasa-robot-competition.html&psig=AOvVaw1Z8LeN5wSR. [Πρόσβαση 7 12 2018].
- [29] «SPOOKY TEDDY - ARDUINO POWERED SELF-ROCKING CHAIR & ROTATING HEAD,» 7 11 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.instructables.com/id/Spooky-Teddy-Arduino-Powered-Self-rocking-Chair-Ro/>.