



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
«ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΚΑΔΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ  
ΜΟΛΥΣΜΑΤΙΚΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ»



Του φοιτητή  
Ταπλίδη Θεοφάνη  
Αρ. Μητρώου: 512184

Επιβλέπων  
Χατζόπουλος Αργύριος  
Βαθμίδα Επίκ. Καθηγητής

11/6/2022

Ελεγχόμενος Κάδος Απορριμμάτων Μολυσματικού Βιολογικού Υλικού  
Κωδικός Δ.Ε. 21177

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Ταπλίδης Θεοφάνης  
Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Χατζόπουλος Αργύριος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 09-03-2021

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 11-06-2022

*Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.*

*Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Ταπλίδη Θεοφάνη που την εκτόνησε/αν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.*

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

*«Αφιέρωση»*



## Πρόλογος

Η αφορμή για το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας ήταν η παρατήρηση της φθοράς και δυσχρηστίας των κάδων απορριμμάτων μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατά την περίοδο της έξαρσης του κορωνοϊού το υγειονομικό προσωπικό απέρριπτε συνεχώς επικίνδυνο μολυσματικό υλικό στους κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι συχνά ήταν σε ημιλειτουργική κατάσταση, χωρίς επιτήρηση και αποτελούσαν πιθανά σημεία διασποράς του κορωνοϊού. Ξεκινώντας από αυτήν την παρατήρηση, δημιουργήθηκε η επιθυμία κατασκευής ενός έξυπνου κάδου, εύχρηστου, ασφαλή και χαμηλού κόστους ο οποίος θα είναι αρκετά χρήσιμος μέσα στους χώρους των νοσοκομείων. Οι υγειονομικοί χρησιμοποιώντας μονάχα ένα tag RFID για θέμα ασφάλειας, θα μπορούν να χρησιμοποιούν τον κάδο με αυτόματο μηχανικό άνοιγμα, χωρίς να έρθουν σε επαφή με μικρόβια. Θεωρώντας ότι είναι μια καινοτόμα ιδέα, μπορεί να ειπωθεί ότι με μικρή αύξηση του κόστους κατασκευής ο κάδος μπορεί να γίνει πιο εύχρηστος και να χρησιμοποιηθεί σε άλλες υπηρεσίες και τομείς.

## Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας κατασκευάστηκε ένας ελεγχόμενος κάδος απορριμμάτων μολυσματικού υλικού με την χρήση του μικροελεγκτή Atmega328 (αναπτυξιακή πλακέτα arduino). Από την βιβλιογραφία διαπιστώθηκε ότι τέτοιου είδους εφαρμογές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, με πολλά πλεονεκτήματα αλλά πολύ σπάνιες στους υγειονομικούς χώρους. Από την υλοποίηση της κατασκευής διαπιστώθηκαν πολλά πλεονεκτήματα: χαμηλό κόστος υλικών, ευκολία κατασκευής, ευχρηστία, μικρές απαιτήσεις συντήρησης. Τα πλεονεκτήματα αυτά, σε συνδυασμό με την υγειονομική ασφάλεια που παρέχει στους χρήστες, καθιστούν την συγκεκριμένη κατασκευή ιδιαίτερα χρήσιμη. Στην λειτουργία της κατασκευής δεν εντοπίστηκε κανένα πρόβλημα ή δυσκολία. Ωστόσο, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της κατασκευής, η οποία θα μπορούσε να έχει μικρότερο όγκο μέσω μιας διαφορετικής διάταξης και ενός διαφορετικού, αλλά υψηλότερου κόστους, βηματικού κινητήρα.

# «Controlled bin of infectious biological material»

«Theofanis Taplidis»

## **Abstract**

For the needs of the present thesis, a controlled waste bin was constructed using the microcontroller Atmega328 (Arduino). From the literature it was found that such applications are very useful, with many advantages. From the implementation of the construction, the bibliographic data were confirmed, as many advantages were identified: low cost of materials, ease of construction, ease of use, low maintenance requirements. These advantages, combined with the health safety it provides to users, make this construction particularly useful. No problems or difficulties were identified in the operation of the device. However, there is room for improvement in the construction, which could have been smaller through a different layout and a different, but at a higher cost, stepper motor.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων κατά το έτος 2022.

Με την περάτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διδάσκοντα του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων κ. Αργύριο Χατζόπουλο για την καλή καθοδήγηση, υποδείξεις και συμβουλές αλλά και γνώσεις που μου έδωσε τόσο στην διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας όσο και σε όλα τα φοιτητικά μου χρόνια.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον ξάδερφο μου Φώτη Σταυρόπουλο και στον ανιψιό μου Στέλιο Σταυρόπουλο για την μεγάλη βοήθεια που μου παρείχαν τόσο στην διεύρυνση των γνώσεων μου στο τομέα των ηλεκτρονικών και στο τομέα της πληροφορικής όσο και στην υλοποίηση της κατασκευής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Ταπλίδη Χρήστο, Δέσποινα Κωνσταντίνου και τον αδερφό μου Ταπλίδη Κωνσταντίνο για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου παρείχαν όλα τα χρόνια της ζωής μου μέχρι και σήμερα.

# Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	5
Περίληψη.....	6
Abstract .....	7
Ευχαριστίες .....	8
Περιεχόμενα .....	9
Κατάλογος Σχημάτων .....	11
Κατάλογος Πινάκων.....	12
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	14
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας.....	14
1.2 Η σημασία της διαχείρισης των απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού .....	14
Κεφάλαιο 2ο: Αισθητήρες και Βηματικός Κινητήρας .....	16
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Αισθητήρες.....	16
2.2.1 Γενικά.....	16
2.2.2 Κατηγορίες αισθητήρων.....	16
2.2.3 Χαρακτηριστικά αισθητήρων.....	16
2.2.4 Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04 .....	20
2.2.5 Αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501 .....	23
2.2.6 RFID – Radio Frequency Identification .....	26
2.3 Βηματικός κινητήρας – Step motor.....	29
2.3.1 Γενικά.....	29
2.3.2 Δομή ενός βηματικού κινητήρα .....	29
2.3.3 Είδη βηματικού κινητήρα.....	30
2.3.4 Κύκλωμα βηματικού κινητήρα με Arduino .....	32
2.3.5 Οδηγός - Driver .....	32
2.3.6 Μέθοδοι βηματισμού (Step modes) .....	37
2.4 Επίλογος.....	40
Κεφάλαιο 3ο: Μικροελεγκτής Arduino και οι εφαρμογές του.....	41
3.1 Εισαγωγή.....	41
3.2 Ιστορικά στοιχεία .....	41
3.3 Περιγραφή του Arduino .....	42
3.3.1 Συστατικά μέρη.....	42

3.3.2	Εφαρμογές.....	42
3.3.3	Μικροελεγκτής – Atmega328 .....	43
3.3.4	Τροφοδοσία.....	45
3.4	Δομή Προγράμματος.....	45
3.5	Παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής.....	46
3.6	Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	47
3.7	Επίλογος.....	55
Κεφάλαιο 4ο:	Η Κατασκευή .....	56
4.1	Εισαγωγή.....	56
4.2	Υλικά και εξαρτήματα.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Διαδικασία κατασκευής.....	57
4.3.1	Ηλεκτρονική κλειδαριά .....	57
4.3.2	Βηματικός κινητήρας .....	59
4.3.3	Οδηγός ULN2003.....	62
4.3.4	Αισθητήρας PIR-HC-SR501 .....	62
4.3.5	Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04.....	63
4.3.6	Αισθητήρας RFID RC522 .....	64
4.3.7	Μονάδα GSM Trikdis G16.....	65
4.3.8	Τελική κατασκευή.....	68
4.3.9	Συνδεσμολογία και Διάγραμμα Μπλοκ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.10	Πρωτόκολλο επικοινωνίας Arduino.....	69
4.4	Κώδικας.....	70
4.5	Δοκιμές κατασκευής και δυσκολίες - προβλήματα.....	76
4.6	Επίλογος.....	77
Κεφάλαιο 5ο:	Συμπεράσματα.....	77
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		79

## Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 2. 1 Εύρος πλήρους κλίμακας εξόδου σε καμπύλη συνάρτηση μεταφοράς αισθητήρα .....	17
Εικόνα 2. 2 Διάγραμμα μη γραμμικότητας .....	18
Εικόνα 2. 3 Διάγραμμα εμφάνισης κορεσμού .....	18
Εικόνα 2. 4 Διάγραμμα νεκρής ζώνης .....	19
Εικόνα 2. 5 Ο Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04 .....	20
Εικόνα 2. 6 Τυπική συνδεσμολογία αισθητήρα με την πλακέτα Arduino .....	21
Εικόνα 2. 7 Διάγραμμα χρονισμού υπερήχων .....	21
Εικόνα 2. 8 Υπολογισμός απόστασης .....	22
Εικόνα 2. 9 Αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501 .....	23
Εικόνα 2. 10 Εσωτερική δομή ανιχνευτή κίνησης HC-SR501 .....	24
Εικόνα 2. 11 Πλακέτα ανιχνευτή κίνησης HC-SR501 .....	24
Εικόνα 2. 12 Διαφορά μεταξύ των δύο τρόπων ενεργοποίηση .....	25
Εικόνα 2. 13 Συνδεσμολογία ανιχνευτή κίνησης HC-SR501 με την πλακέτα Arduino .....	25
Εικόνα 2. 14 RFID πομποδέκτης και ετικέτα RFID .....	26
Εικόνα 2. 15 Βηματικός κινητήρας .....	29
Εικόνα 2. 16 Διπολικός υβριδικός βηματικός κινητήρας .....	30
Εικόνα 2. 17 Βηματικός κινητήρας μόνιμου μαγνήτη .....	30
Εικόνα 2. 18 Βηματικός κινητήρας μεταβλητής αντίδρασης .....	31
Εικόνα 2. 19 Υβριδικός βηματικός κινητήρας .....	31
Εικόνα 2. 20 Κύκλωμα βηματικού κινητήρα με Arduino .....	32
Εικόνα 2. 21 Οδηγός A4988 .....	33
Εικόνα 2. 22 Μονοπολικός οδηγός SLA7078MPR .....	33
Εικόνα 2. 23 Εσωτερική δομή μονοπολικού οδηγού .....	34
Εικόνα 2. 24 Διπολικός οδηγός .....	34
Εικόνα 2. 25 Σχηματικό σύνδεσης διπολικού οδηγού .....	35
Εικόνα 2. 26 L/R Οδηγός .....	35
Εικόνα 2. 27 Μικροελεγκτής – A3967SLBT .....	36
Εικόνα 2. 28 Bipolar stepper motor chopper driver .....	36
Εικόνα 2. 29 Εσωτερική δομή chopper driver .....	37
Εικόνα 2. 30 Λειτουργία Μονού Βήματος .....	37
Εικόνα 2. 31 Λειτουργία Ολόκληρου Βήματος .....	38
Εικόνα 2. 32 Λειτουργία Μισού Βήματος .....	39
Εικόνα 3. 1 Το λογότυπο του Arduino .....	41
Εικόνα 3. 2 Πλακέτα Arduino UNO Rev3 .....	42
Εικόνα 3. 3 Ο Μικροελεγκτής Atmega328 .....	43
Εικόνα 3. 4 Pins Μικροελεγκτή Atmega328 .....	44
Εικόνα 3. 5 Λειτουργικά μέρη πλακέτας .....	45
Εικόνα 3. 6 Η κατασκευή Smart Dustbin .....	46
Εικόνα 3. 7 Το κύκλωμα της κατασκευής Smart Dustbin .....	47
Εικόνα 3. 8 Ο σχεδιασμός του έξυπνου κάδου απορριμμάτων, πριν (δεξιά) και μετά (αριστερά) τη μεταλλική κατασκευή .....	48
Εικόνα 3. 9 Το κύκλωμα του συστήματος .....	49

Εικόνα 3. 10 Σύνδεση ηλεκτρονικών μερών στο κουτί .....	49
Εικόνα 3. 11 Ο κάδος ανακύκλωσης.....	50
Εικόνα 3. 12 Διάγραμμα μπλοκ του κάδου ανακύκλωσης.....	51
Εικόνα 3. 13 Το κύκλωμα του κάδου ανακύκλωσης .....	51
Εικόνα 3. 14 Διάγραμμα ροής του κάδου ανακύκλωσης .....	52
Εικόνα 3. 15 Διάγραμμα μπλοκ του έξυπνου κάδου απορριμμάτων .....	53
Εικόνα 3. 16 Υλοποίηση κυκλώματος του έξυπνου κάδου απορριμμάτων .....	54
Εικόνα 3. 17 Διάγραμμα ροής του έξυπνου κάδου απορριμμάτων.....	54
Εικόνα 4. 1 Ηλεκτρονική κλειδαριά.....	58
Εικόνα 4. 2 Τοποθέτηση ηλεκτρονικής κλειδαριάς .....	58
Εικόνα 4. 3 Τοποθέτηση καπακιού κλειδαριάς.....	59
Εικόνα 4. 4 Βηματικός Κινητήρας 28byj-48.....	59
Εικόνα 4. 5 Συνδεσμολογία βηματικού κινητήρα .....	60
Εικόνα 4. 6 Απεικόνιση ρότορα και ροδέλας.....	61
Εικόνα 4. 7 Οδηγός ULN2003 .....	62
Εικόνα 4. 8 Αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501 .....	62
Εικόνα 4. 9 Απεικόνιση θέσης αισθητήρα κίνησης .....	63
Εικόνα 4. 10 Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04 .....	63
Εικόνα 4. 11 Απεικόνιση θέσης αισθητήρα υπερήχων .....	64
Εικόνα 4. 12 Αισθητήρας RFID RC522.....	64
Εικόνα 4. 13 Τοποθέτηση RFID RC522 στο εξωτερικό του κάδου.....	65
Εικόνα 4. 14 Μονάδα GSM Trikdis G16.....	66
Εικόνα 4. 15 Η εφαρμογή TrikdisConfig (α) .....	67
Εικόνα 4. 16 Η εφαρμογή TrikdisConfig (β) .....	67
Εικόνα 4. 17 Τελική κατασκευή ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού .....	68
Εικόνα 4. 18 Συνδεσμολογία εξαρτημάτων ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Εικόνα 4. 19 Διάγραμμα Μπλοκ ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Εικόνα 4. 20 Το Πρωτόκολλο επικοινωνίας SPI.....	70

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2. 1 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αισθητήρα HC-SR04.....	20
Πίνακας 2. 2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αισθητήρα κίνησης PIR-HC-SR501 .....	23
Πίνακας 2. 3 Τυπικές τιμές συχνοτήτων λειτουργίας σε διάφορες εφαρμογές.....	28
Πίνακας 2. 4 Πίνακας αληθείας Πηνίων .....	38
Πίνακας 2. 5 Πίνακας αληθείας Πηνίων .....	39
Πίνακας 2. 6 Πίνακας αληθείας Πηνίων .....	40
Πίνακας 3. 1 Εξαρτήματα της κατασκευής Smart Dustbin.....	46

Πίνακας 4. 1 Υλικά και εξαρτήματα κατασκευής.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Πίνακας 4. 2 Χαρακτηριστικά Βηματικού Κινητήρα 28byj-48.....	60
Πίνακας 4. 3 Αλληλουχία ενεργοποίησης πηνίων βηματικού κινητήρα.....	61
Πίνακας 4. 4 Βασικά χαρακτηριστικά αισθητήρα RFID RC522 .....	65
Πίνακας 4. 5 Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας GSM Triadis G16 .....	66

## Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

### 1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η έρευνα, η σχεδίαση και η κατασκευή ενός πρωτότυπου ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού. Πρόκειται για κατασκευή όπου ο κάδος θα δέχεται μολυσματικά απορρίμματα και θα διαθέτει σύστημα ελεγχόμενης ανέπαφης χρήσης, ένδειξη κατάστασης πληρότητας και ενημέρωση παραλαβής. Σκοπός της εργασίας είναι να αναδείξει την σημασία της διαχείρισης των απορριμμάτων, και ειδικότερα των απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού, λόγω της επικινδυνότητας για τους χρήστες.

Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας συλλογής απορριμμάτων είναι ο κύριος σκοπός των έξυπνων λύσεων, ωστόσο το κόστος εφαρμογής τους εξακολουθεί να είναι σχετικά υψηλό. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει έναν οικονομικά αποδοτικό έξυπνο κάδο απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού για περιπτώσεις τοπικής και μικρής κλίμακας, όπως για παράδειγμα νοσοκομεία και κλινικές.

### 1.2 Η σημασία της διαχείρισης των απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια τεράστια αύξηση στην παραγωγή αστικών, βιομηχανικών και ιατρικών αποβλήτων. Αυτή η αύξηση έχει οδηγήσει σε διάφορα ζητήματα κινδύνου τόσο για το περιβάλλον όσο και για την υγεία των ανθρώπων [1]. Ειδικότερα, τα ιατρικά απόβλητα τα οποία προέρχονται από τις υγειονομικές μονάδες, αποτελούν σημαντικό πρόβλημα δημόσιας υγείας. Ειδική κατηγορία των ιατρικών αποβλήτων είναι και τα μολυσματικά απόβλητα (infectious waste), τα οποία αποτελούν απόβλητα που έχουν μολυνθεί με παθογόνους μικροοργανισμούς [2].

Συγκεκριμένα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, ορίζει τα μολυσματικά απόβλητα ως υλικό για το οποίο υπάρχουν υποψίες ότι περιέχει παθογόνα (βακτήρια, ιούς, παράσιτα ή μύκητες) σε επαρκή συγκέντρωση ή ποσότητα για να προκαλέσει ασθένεια σε ευαίσθητους ξενιστές. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει: (α) απόβλητα μολυσμένα με αίμα ή άλλα σωματικά υγρά, (β) καλλιέργειες και αποθέματα μολυσματικών παραγόντων από εργαστηριακές εργασίες και (γ) απόβλητα από μολυσμένους ασθενείς σε θαλάμους απομόνωσης [3]. Εκτιμάται ότι το 20% αυτών των ιατρικών αποβλήτων μπορούν να ταξινομηθούν ως επικίνδυνα υλικά που μπορεί να είναι μολυσματικά, τοξικά ή ραδιενεργά [4].

Τα ιατρικά απόβλητα που δεν χειρίζονται και δεν απορρίπτονται σωστά ενέχουν υψηλό κίνδυνο μόλυνσης ή τραυματισμού του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης, καθώς και κίνδυνο για το ευρύ κοινό (αν και σε μικρότερο βαθμό) μέσω της εξάπλωσης μικροοργανισμών από τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης στο περιβάλλον [4]. Ειδικότερα με την εμφάνιση της πανδημίας COVID-19 οι χώρες σε όλο τον κόσμο αγωνίζονται να αναπτύξουν στρατηγικές και υποδομές για την κατάλληλη διάθεση των αυξανόμενων ιατρικών αποβλήτων. Το 2020, η ήδη μη βιώσιμη αύξηση της παραγωγής και διαχείρισης ιατρικών αποβλήτων επιδεινώθηκε ξαφνικά από την πανδημία COVID-19, οδηγώντας σε μια άμεση απειλή που εάν δεν περιοριστεί με ασφάλεια και σωστά, θα οδηγήσει σε περιβαλλοντική ρύπανση και κρίση δημόσιας υγείας. Μελέτες αναφέρουν ότι ακόμα και πριν από την πανδημία COVID-19, πάνω από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού διέτρεχε ήδη απειλές από τη μόλυνση του περιβάλλοντος και τη δημόσια υγεία λόγω της μη ασφαλούς διάθεσης των απορριμμάτων της υγειονομικής περίθαλψης [5]. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι, όπως έδειξε μια πρόσφατη μελέτη των G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender και E. Steinmann [6], οι άνθρωποι κοροναϊοί μπορούν να

παραμείνουν ενεργοί σε σκληρές επιφάνειες (όπως μέταλλο, γυαλί ή πλαστικό) για έως και εννέα ημέρες.

Από τα ανωτέρω καθίσταται σαφές ότι τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων είναι σήμερα απαραίτητα, καθώς στοχεύουν – πέραν της υγειονομικής ασφάλειας των χρηστών – στη μείωση του κόστους και στη διαχείριση πόρων και χρόνου. Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας συλλογής απορριμμάτων είναι ο κύριος σκοπός των έξυπνων λύσεων που παρέχονται από τη βιομηχανία [7]. Τα συστήματα αυτοματισμού έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα χειροκίνητα συστήματα επειδή η χρήση συστημάτων αυτοματισμού αυξάνει την αποδοτικότητα, την παραγωγικότητα και μειώνει τη χρήση των πόρων και το λειτουργικό κόστος. Ανάμεσα σε όλες τις υπάρχουσες εφαρμογές για τη σωστή διαχείριση των απορριμμάτων, τα συστήματα αυτοματισμού έχουν ιδιαίτερα σημαντική συμβολή [1]. Ωστόσο, το κόστος εφαρμογής τέτοιων λύσεων εξακολουθεί να είναι σχετικά υψηλό [7].

Τα τελευταία χρόνια, πολλοί ερευνητές προτείνουν και εφαρμόζουν έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων που βασίζονται σε έξυπνους κάδους απορριμμάτων και είναι μικρής κλίμακας [7], [8], [9]. Στο πλαίσιο αυτό, επιλέχθηκε η κατασκευή ενός ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού υλικού, ο οποίος μπορεί να καλύψει ανάγκες μικρής κλίμακας, όπως για παράδειγμα τις ανάγκες σε νοσοκομεία και κλινικές. Το χαμηλό κόστος μιας τέτοιας κατασκευής, σε συνδυασμό με την υγειονομική ασφάλεια που προσφέρει στους χρήστες, θεωρούμε ότι την καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμη σε χώρους παροχής υγειονομικών υπηρεσιών, όπου λόγω της πανδημίας COVID-19 οι ούτως ή άλλως υψηλές ανάγκες απόρριψης υγειονομικού υλικού, έχουν αυξηθεί σημαντικά.

## Κεφάλαιο 2ο: Αισθητήρες και Βηματικός Κινητήρας

### 2.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται αναλυτικά οι αισθητήρες και οι βηματικοί κινητήρες, καθώς αποτελούν βασικά συστατικά στοιχεία του ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού υλικού που κατασκευάστηκε στα πλαίσια της εργασίας. Ειδικότερα, για τους αισθητήρες παρουσιάζονται αρχικά ορισμένες γενικές κατηγορίες, περιγράφονται οι κατηγορίες τους και τα χαρακτηριστικά τους. Στην συνέχεια, περιγράφεται ειδικότερα ο αισθητήρας υπερήχων HC-SR04, ο αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501 και η συσκευή RFID – Radio Frequency Identification. Όσον αφορά στους βηματικούς κινητήρες, δίνονται αρχικά ορισμένες γενικές πληροφορίες, περιγράφεται η δομή τους και τα βασικά είδη τους. Έπειτα, παρουσιάζεται το κύκλωμα των βηματικών κινητήρων με Arduino και τέλος, περιγράφονται οι μέθοδοι βηματισμού ενός βηματικού κινητήρα.

### 2.2 Αισθητήρες

#### 2.2.1 Γενικά

Αισθητήρας ονομάζεται: «μια συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο» [10]. Ένας αισθητήρας αφού λάβει ένα ερέθισμα, παράγει στην έξοδο του ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο μπορεί να μεταβάλλεται ως προς το πλάτος, την συχνότητα, τον κύκλο εργασίας του κ.α. Ένα απλό παράδειγμα που μπορούμε να δώσουμε είναι το ανθρώπινο σώμα. Ενδεικτικά θα αναφέρω το μάτι όπου έχει την ικανότητα ανίχνευσης τμήματος του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το αυτί όπου ανιχνεύει τα κύματα πίεσης στον αέρα.

#### 2.2.2 Κατηγορίες αισθητήρων

Οι αισθητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Παθητικοί αισθητήρες

Οι παθητικοί αισθητήρες για να παράγουν ένα σήμα εξόδου απαιτείται εξωτερική τροφοδοσία.

- Ενεργοί αισθητήρες

Οι ενεργοί αισθητήρες δεν χρειάζονται κάποια εξωτερική τροφοδοσία για να παράγουν σήμα εξόδου. Εκμεταλλεύονται την ενέργεια του ερεθίσματος που έχουν δεχτεί ώστε να δώσουν το σήμα εξόδου.

#### 2.2.3 Χαρακτηριστικά αισθητήρων

Τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι τα εξής [11]:

- Συνάρτηση μεταφοράς (Transfer Function)

Ο λόγος εισόδου/εξόδου είναι η συνάρτηση μεταφοράς. Αποτελεί την ταυτότητα του αισθητήρα διότι μας δείχνει πόσο αντιπροσωπευτική είναι η τιμή της εξόδου σε σχέση με την είσοδο (τιμή ερεθίσματος). Η συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι γραμμική, λογαριθμική, εκθετική ή πολυωνυμική.

- Περιοχή τιμών εισόδου (Range)

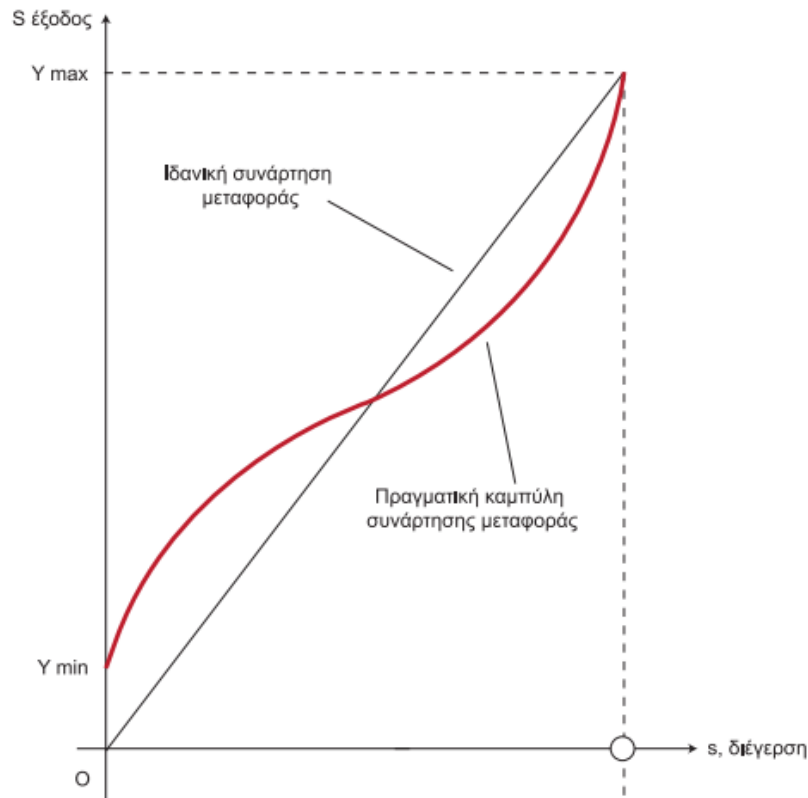
Αυτό το χαρακτηριστικό μας δίνει το εύρος τιμών που μπορεί να δεχτεί σαν είσοδο ο αισθητήρας.

- Εύρος πλήρους κλίμακας εισόδου (IFS, Input Full Scale)

Το εύρος πλήρους κλίμακας εισόδου, είναι η αλγεβρική διαφορά της μέγιστης τιμής του ερεθίσματος από την ελάχιστη.

- Εύρος πλήρους κλίμακας εξόδου (FSO, Full Scale Output)

Το εύρος πλήρους κλίμακας εξόδου (Εικόνα 2.1) είναι η αλγεβρική διαφορά της ελάχιστης τιμής εξόδου από την μέγιστη τιμή εξόδου στην χρονική διάρκεια του σήματος εισόδου.



Πηγή: Κ. Καλοβρέκτης και Ν. Κατέβας, σελ. 40 [11]

Εικόνα 2. 1 Εύρος πλήρους κλίμακας εξόδου σε καμπύλη συνάρτηση μεταφοράς αισθητήρα

- Ακρίβεια

Ως ακρίβεια ορίζεται η διαφορά της πραγματικής τιμής εξόδου σε σχέση με την θεωρητική.

- Υστέρηση (Hysteresis)

Η υστέρηση μας δείχνει τις αποκλίσεις που έχει η έξοδος του αισθητήρα όταν η κατεύθυνση της μεταβολής στην είσοδο αντιστραφεί.

- Μη γραμμικότητα

Όπως θα παρατηρήσουμε στην παρακάτω Εικόνα 2.2 η έξοδος του αισθητήρα παρουσιάζει απόκλιση από τη γραμμικότητα του. Αυτό το αποκαλούμε σφάλμα μη γραμμικότητας.



Πηγή: Κ. Καλοβρέκτης και Ν. Κατέβας, σελ. 45 [11]

Εικόνα 2. 2 Διάγραμμα μη γραμμικότητας

- Διακριτική ικανότητα

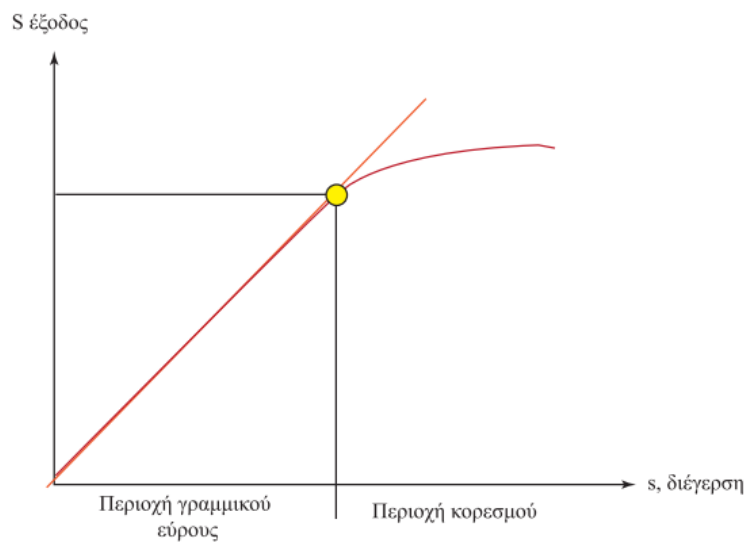
Ως διακριτική ικανότητα σε έναν αισθητήρα ορίζεται η ελάχιστη μετρήσιμη ποσότητα από την είσοδο ώστε να ανιχνεύσουμε οποιαδήποτε μεταβολή στην έξοδο.

- Επαναληψιμότητα

Επαναληψιμότητα σε έναν αισθητήρα είναι όταν το σήμα εξόδου παραμένει σταθερό, όταν στην είσοδο του δέχεται την ίδια τιμή ερεθίσματος.

- Συντελεστής κορεσμού

Συντελεστής κορεσμού είναι η τιμή αυτή του ερεθίσματος όπου από εκεί και πέρα η έξοδος θα είναι στο κόρο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3.

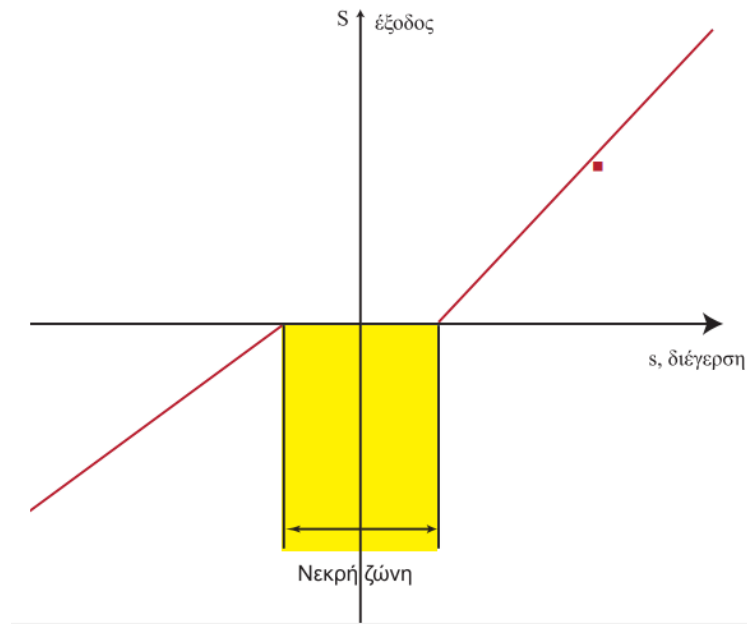


Πηγή: Κ. Καλοβρέκτης και Ν. Κατέβας, σελ. 46 [11]

Εικόνα 2. 3 Διάγραμμα εμφάνισης κορεσμού

- Νεκρή ζώνη (Dead Band)

Νεκρή ζώνη σε έναν αισθητήρα αποκαλούμε το εύρος τιμών της εισόδου για τις οποίες δεν υπάρχει κάποια μεταβολή στην έξοδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4.



Πηγή: Κ. Καλοβρέκτης και Ν. Κατέβας, σελ. 46 [11]

Εικόνα 2. 4 Διάγραμμα νεκρής ζώνης

- Σύνθετη αντίσταση εξόδου (Output impedance)

Καλό είναι να υπάρχει προσαρμογή της σύνθετης αντίστασης εξόδου του αισθητήρα με την αντίσταση εισόδου του συστήματος μέτρησης ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη μεταφορά ισχύος στο κύκλωμα.

- Κατώφλι (Threshold)

Κατώφλι ονομάζεται η ελάχιστη τιμή εισόδου όπου η έξοδος θα μας δώσει μη μηδενική τιμή.

- Χρόνος απόκρισης

Ο χρόνος απόκρισης είναι το πόσο γρήγορα αποκρίνεται η έξοδος του αισθητήρα δεχόμενη στην είσοδο του ένα ερέθισμα στο χρόνο.

- Ολίσθηση (Drift)

Ολίσθηση είναι οι μεταβολές της εξόδου ενώ το σήμα εισόδου παραμένει σταθερό. Αυτό οφείλεται σε εξωτερικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία κ.α.

- Ευαισθησία

Η ευαισθησία σε έναν αισθητήρα είναι ο λόγος της μεταβολής της εξόδου προς την αντίστοιχη μεταβολή της εισόδου. Σε έναν θεωρητικά ιδανικό αισθητήρα, η ευαισθησία του είναι μεγάλη και σταθερή.

### 2.2.4 Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04

Ο αισθητήρας HC-SR04 που απεικονίζεται στην Εικόνα 2.5 είναι ένας αισθητήρας υπερήχων. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση απόστασης με τον συγκεκριμένο να έχει την δυνατότητα μέτρησης από 2 εκατοστά έως 400 εκατοστά με ακρίβεια ενός εκατοστού. Η λειτουργία του στηρίζεται στις ιδιότητες των ηχητικών κυμάτων και λειτουργούν σε συχνότητες μεγαλύτερες από του ανθρώπινου ακουστικού φάσματος. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.



Πηγή: Hellas Digital [12]

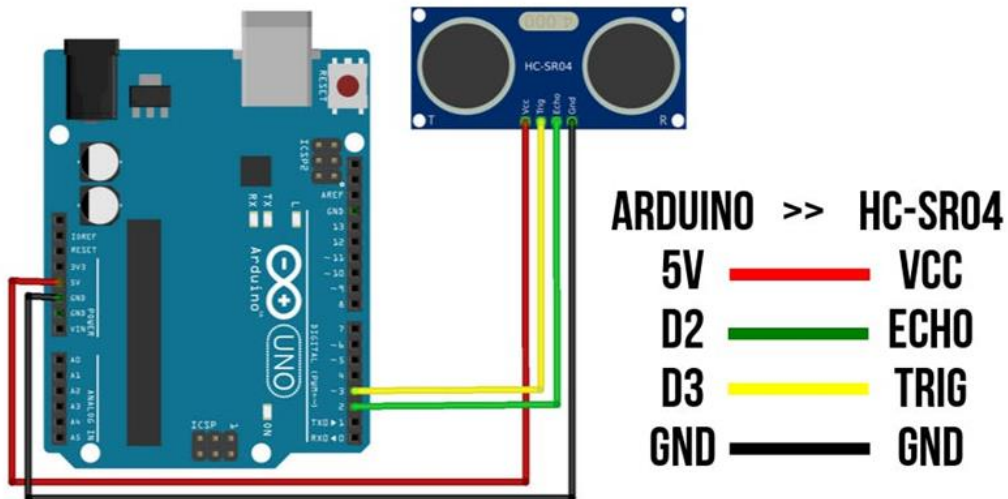
Εικόνα 2. 5 Ο Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04

Πίνακας 2. 1 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αισθητήρα HC-SR04

Working Voltage	DC 5V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Πηγή: Spurk Fun, Datasheets [13]

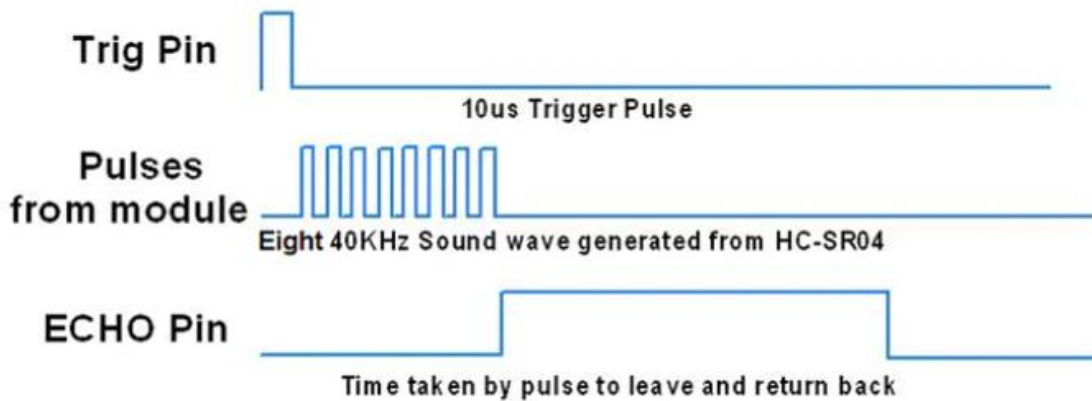
Στην Εικόνα 2.6 παρουσιάζεται μια τυπική συνδεσμολογία του αισθητήρα HC-SR04 με την πλακέτα Arduino.



Πηγή: Create Arduino [14]

Εικόνα 2. 6 Τυπική συνδεσμολογία αισθητήρα με την πλακέτα Arduino

Για να ξεκινήσει η διαδικασία πρέπει αρχικά να τεθεί ο ακροδέκτης Trigger σε κατάσταση High για χρονική διάρκεια 10μs, στην συνέχεια θα σταλούν 8 υπερηχητικά κύματα (κύκλοι) με την ταχύτητα του ήχου και θα αναμένει την ανάκλαση αυτών των κυμάτων στον ακροδέκτη Echo ώστε να δώσει στην έξοδο του το χρόνο που χρειάστηκε να διανύσει το κύμα σε μs. Παρακάτω στην Εικόνα 2.7 παρατηρούμε το σχετικό διάγραμμα χρονισμού υπερήχων.



Πηγή: Create Arduino [14]

Εικόνα 2. 7 Διάγραμμα χρονισμού υπερήχων

Για να το κατανοήσουμε λίγο καλύτερα θα αναφέρουμε ένα παράδειγμα. Αν υποθέσουμε ότι το αντικείμενο απέχει από τον αισθητήρα 10 εκατοστά (10cm) και δεδομένου ότι ο ήχος ταξιδεύει με ταχύτητα 340 μέτρα το δευτερόλεπτο (340m/s ή 0,034μs) τότε ο χρόνος που θα να διανύσει το κύμα θα ισούται με 294μs. Στην πράξη όμως ο ακροδέκτης Echo θα δώσει πίσω την διπλάσια τιμή λόγω του ότι το κύμα θα ταξιδέψει προς το αντικείμενο και θα ανακλαστεί προς τα πίσω επομένως θα διανύσει 2 φορές την απόσταση του αντικειμένου από τον αισθητήρα. Αυτό που θα χρειαστεί να κάνουμε ώστε

## Κεφάλαιο 2

να πάρουμε το πραγματικό αποτέλεσμα σε εκατοστά (cm) θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε το χρόνο που διένυσε το κύμα με την ταχύτητα του ήχου και να το διαιρέσουμε με το 2, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.8 και στις Σχέσεις 2.1 και 2.2.



Πηγή: Create Arduino [14]

Εικόνα 2. 8 Υπολογισμός απόστασης

S = απόσταση από τον αισθητήρα

V= ταχύτητα ήχου

T= χρόνος του διανυθέντος ήχου

$$\text{Θεωρητικός υπολογισμός: } t = \frac{s}{v} = \frac{10}{0.034} = 294\mu\text{s} \quad (2.1)$$

$$\text{Πρακτικός υπολογισμός: } s = t \times \frac{0.034}{2} \quad (2.2)$$

### 2.2.5 Αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501

Οι παθητικοί αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας έχουν την δυνατότητα να ανιχνεύουν την κίνηση αντικειμένων που εκπέμπουν ακτινοβολία IR. Η συγκεκριμένη ακτινοβολία ονομάζεται συνήθως θερμική ακτινοβολία. Όπως όλα τα αντικείμενα έτσι και το ανθρώπινο σώμα, εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Ένα χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης ακτινοβολίας είναι το μήκος κύματος, του οποίου η τιμή εξαρτάται από τη θερμοκρασία των σωμάτων. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα PIR-HC-SR501 (Εικόνα 2.9) παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2, ενώ στην Εικόνα 2.10 παρουσιάζεται η εσωτερική του δομή.



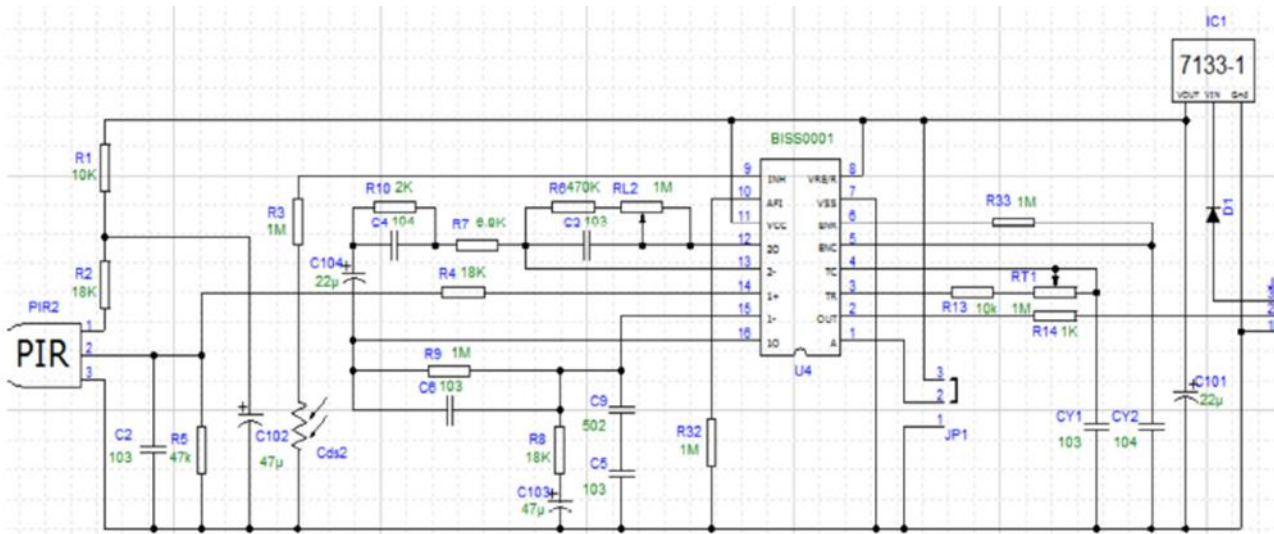
Πηγή: Create Arduino [14]

Εικόνα 2. 9 Αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501

Πίνακας 2. 2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αισθητήρα κίνησης PIR-HC-SR501

Product Type	HC-SR501 Body Sensor Module
Τάση Εισόδου	5-20VDC
Ρεύμα Λειτουργίας	60mA
Ρεύμα Ηρεμίας	<60uA
Τάση Εξόδου	High 3.3V / Low 0V
Trigger	L can't be repeated trigger/H can be repeated trigger (Default repeated trigger)
Χρόνος ενεργοποίησης	5 – 300 sec
Χρόνος καθυστέρησης	2.5 sec (default)
Διαστάσεις πλακέτας	32mm*24mm
Γωνία Ανίχνευσης	<110° cone angle
Θερμοκρασία Λειτουργίας	-15+70 degrees
Απόσταση Ανίχνευσης	3 – 6 m
Διαστάσεις αισθητήρα	Διάμετρος:23mm(Default)

Πηγή: Datasheet HC-SR50 [15]



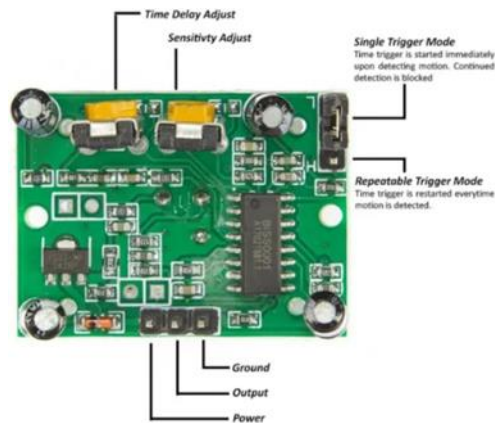
Πηγή: Datasheet HC-SR501 [15]

Εικόνα 2. 10 Εσωτερική δομή ανιχνευτή κίνησης HC-SR501

Στην συγκεκριμένη συσκευή υπάρχει τοποθετημένη πάνω από τον αισθητήρα κίνησης μια σφαίρα της οποίας ο ρόλος είναι να διευρύνει την γωνία θέασης όπου όπως φαίνεται στα χαρακτηριστικά είναι έως περίπου 110° μοίρες. Στο κάτω μέρος της πλακέτας υπάρχουν δύο ποτενσιόμετρα από τα οποία μπορεί να ρυθμιστεί η ευαισθησία και ο χρόνος καθυστέρησης της ανίχνευσης κίνησης. Επίσης υπάρχουν δύο ακροδέκτες όπου αναλόγως από τον πιο θα βραχυκυκλώσεις, επιλέγεις τον ένα από τους δύο τρόπους ενεργοποίησης (trigger) του αισθητήρα. Ο πρώτος τρόπος είναι το single trigger mode και ο δεύτερος το repeatable trigger mode.

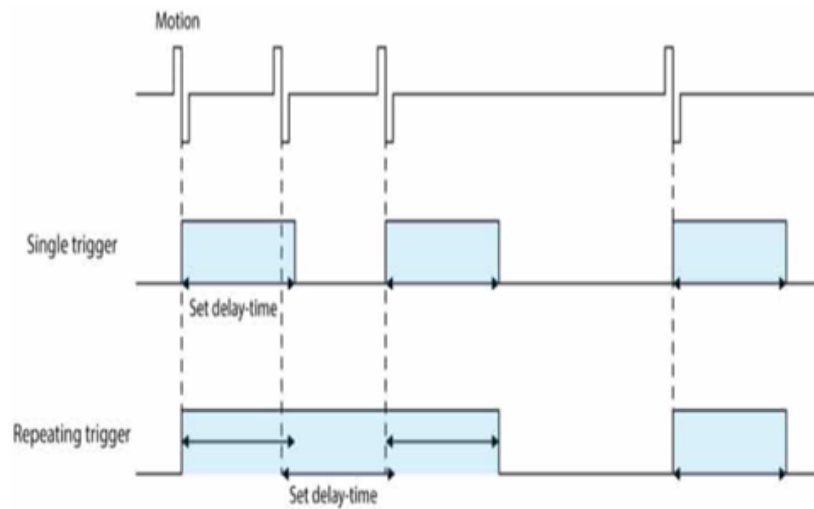
**Single trigger mode** – Σε αυτή την λειτουργία όταν ο αισθητήρας εντοπίσει κίνηση θα βγάλει στην έξοδο του High. Αν υπάρξει επιπλέον κίνηση όσο διαρκεί η περίοδος αυτή της εξόδου, δεν θα ανανεώσει την έξοδο του.

**Repeatable trigger mode** – Σε αυτή την λειτουργία αν εντοπιστεί κίνηση όσο διαρκεί η περίοδος της εξόδου, ανανεώνει την έξοδο του.



Πηγή: Create Arduino [14]

Εικόνα 2. 11 Πλακέτα ανιχνευτή κίνησης HC-SR501

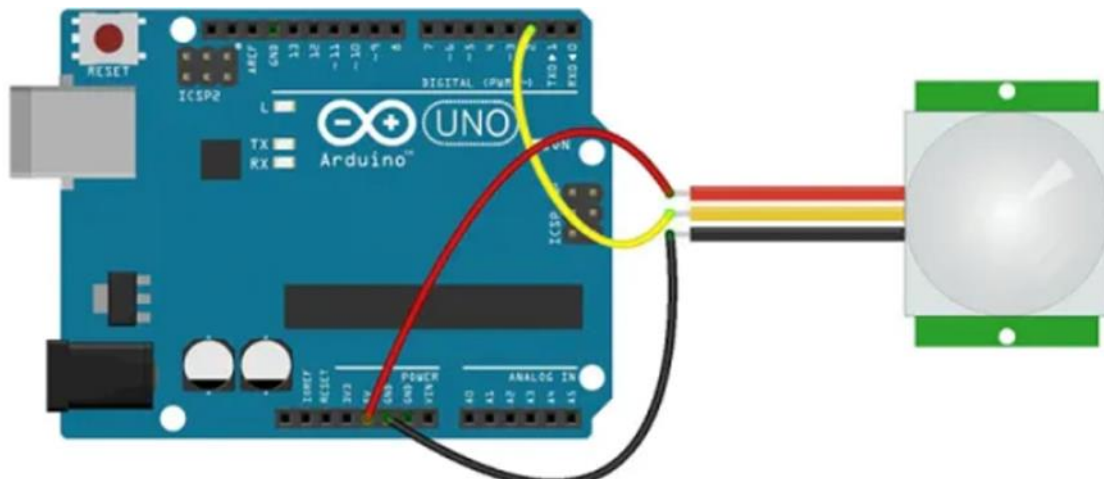


Πηγή: Market Guides [16]

Εικόνα 2. 12 Διαφορά μεταξύ των δύο τρόπων ενεργοποίησης

Στην Εικόνα 2.11 φαίνεται η πλακέτα του ανιχνευτή κίνησης, ενώ στην Εικόνα 2.12 παρουσιάζεται γραφικά η διαφορά μεταξύ των δύο τρόπων ενεργοποίησης που περιγράφηκαν ανωτέρω.

Στην Εικόνα 2.13 παρουσιάζεται η συνδεσμολογία του ανιχνευτή κίνησης HC-SR501 με την πλακέτα Arduino. Παρατηρούμε ότι το μαύρο καλώδιο συνδέεται στην γείωση, το κόκκινο καλώδιο συνδέεται στην τροφοδοσία και το κίτρινο συνδέεται σε οποιαδήποτε είσοδο της πλακέτας Arduino.



Πηγή: Create Arduino [14]

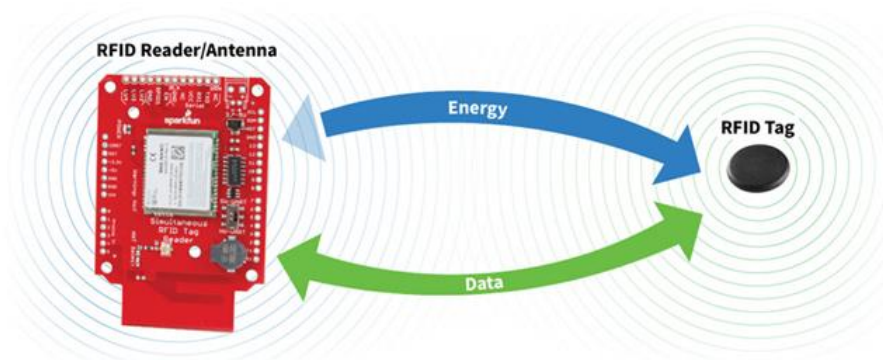
Εικόνα 2. 13 Συνδεσμολογία ανιχνευτή κίνησης HC-SR501 με την πλακέτα Arduino

### 2.2.6 RFID – Radio Frequency Identification

Το RFID είναι μία συσκευή η οποία χρησιμοποιεί τα ραδιοκύματα για την συλλογή πληροφοριών. Η χρησιμότητα του είναι η παρακολούθηση και ταυτοποίηση ανθρώπων, ζώων ακόμη και αντικειμένων μέσω ραδιοκυμάτων.

Η πρώτη χρήση της τεχνολογίας RFID έγινε στην περίοδο του Β' Παγκοσμίου πολέμου από την αγγλική πολεμική αεροπορία με σκοπό τον διαχωρισμό των εχθρικών αεροπλάνων από τα φιλικά. Ο Charles Walton ήταν αυτός που κατοχύρωσε την πρώτη πατέντα που στον τίτλο της περιείχε τον όρο RFID.

Πλέον το RFID διακρίνεται σε πολλές εφαρμογές της καθημερινότητας όπως στις εισόδους και εξόδους των supermarket για την ανίχνευση προϊόντων, στις θύρες των πολυκατοικιών με ηλεκτρονικές κλειδαριές, στα ηλεκτρονικά διαβατήρια και πολλά ακόμη.



Πηγή: Spurk Fun [17]

Εικόνα 2. 14 RFID πομποδέκτης και ετικέτα RFID

Τα συστήματα RFID αποτελούνται από 2 βασικά μέρη. Το πρώτο είναι οι πομποδέκτες (transponders) αν και στους περισσότερους είναι γνωστοί ως ετικέτες RFID (RFID tags). Το δεύτερο είναι οι αναγνώστες (readers), όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.14.

Αναφορικά να πούμε ότι το πρώτο RFID tag που κατασκευάστηκε ήταν επαγωγικής σύζευξης, το οποίο αποτελούνταν από έναν μικροεπεξεργαστή πυριτίου, από ένα μεταλλικό πηνίο για κεραία και υλικό επικάλυψης που ήταν γυαλί ή πλαστικό. Τροφοδοσία έπαιρνε από τον αναγνώστη μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.

Η αμέσως επόμενη τεχνολογία ήταν το RFID tag χωρητικής σύζευξης. Η κύρια διαφορά του από την προηγούμενη τεχνολογία ήταν στο κατασκευαστικό κομμάτι της κεραίας η οποία ήταν κατασκευασμένη από αγώγιμο μελάνι άνθρακα το οποίο είχαν τυπώσει πάνω στο χάρτινο υπόστρωμα της ετικέτας RFID. Επίσης μία ακόμη διαφορά ήταν ότι τροφοδοσία έπαιρνε από τον αναγνώστη αλλά αυτή τη φορά μέσω του ηλεκτρικού του πεδίου. Το σημαντικότερο μειονέκτημα του ήταν ότι είχε πολύ μικρή εμβέλεια γύρο στο 1cm.

Φτάνοντας στο σήμερα διακρίνουμε τις ετικέτες RFID σε κατηγορίες:

- Passive
- Semi – Passive
- Active

Και οι τρεις κατηγορίες αποτελούνται από τον μικροεπεξεργαστή και την κεραία, στην περίπτωση των δύο τελευταίων υπάρχει και η μπαταρία.

Οι Passive ετικέτες RFID χρησιμοποιούν για την πλήρη λειτουργία τους την ενέργεια που τους δίνει ο αναγνώστης μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Η χρήση τους απευθύνεται κυρίως σε αντικείμενα χαμηλής αξίας καθώς η εμβέλεια ανάγνωσης τους φτάνει μέχρι και τα 6 μέτρα.

Οι Semi – Passive και Active ετικέτες RFID χρησιμοποιούν για την τροφοδοσία του εσωτερικού κυκλώματος τους την μπαταρία. Όσον αφορά την μετάδοση των δεδομένων, στις Semi – Passive ετικέτες αυτό πραγματοποιείται μέσω της τροφοδοσίας που παρέχει το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ενώ στις Active ετικέτες αυτό πραγματοποιείται από την τροφοδοσία που παρέχει η μπαταρία. Οι συγκεκριμένες ετικέτες απευθύνονται σε αντικείμενα υψηλής αξίας καθώς η εμβέλεια ανάγνωσης τους φτάνει μέχρι και τα 30 μέτρα.

Μια ακόμη κατηγοριοποίηση που γίνεται στις ετικέτες RFID είναι σχετικά με την δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων σε αυτά. Έτσι υπάρχουν τα εξής:

- Read – Write
- Read – Only
- Write – Once – Read – Many

Στην κατηγορία ετικετών Read–Write δεν υπάρχει περιορισμός στην αποθήκευση ή την ανάγνωση των δεδομένων πριν και μετά την κατασκευή τους.

Στην κατηγορία ετικετών Read – Only τα δεδομένα αποθηκεύονται κατά την κατασκευή της ετικέτας συνεπώς μετά υπάρχει η δυνατότητα μόνο ανάγνωσης.

Στην κατηγορία ετικετών Write – Once – Read – Many υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων και μετά την διαδικασία της κατασκευής τους αλλά μονάχα μια φορά διότι μετά μετατρέπονται σε Read–Only.

Όσον αφορά το δεύτερο βασικό μέρος, τους αναγνώστες (readers) είναι αυτοί που είναι υπεύθυνοι για την αποστολή/λήψη σημάτων, την ανάγνωση/εγγραφή των ετικετών με την χρήση ενός ενδιάμεσου λογισμικού καθώς και για την επικοινωνία του με το πληροφοριακό σύστημα. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται είναι η κεραία όπου μέσω αυτής πραγματοποιείται ανταλλαγή πληροφοριών με τις ετικέτες και την μονάδα ελέγχου η οποία είναι υπεύθυνη για τον τρόπο λειτουργίας του όπως αναφέρθηκε πιο πάνω.

Αναλόγως την εφαρμογή τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες από αναγνώστες οι οποίες είναι οι εξής:

- Σταθεροί αναγνώστες
- Ολοκληρωμένοι αναγνώστες (integrated)
- Αναγνώστες χειρός
- Ενσωματωμένοι αναγνώστες

## Κεφάλαιο 2

Οι σταθεροί αναγνώστες RFID χρησιμοποιούνται συνήθως σε πύλες (π.χ. supermarket) όπου από ένα σταθερό σημείο ο αναγνώστης ταυτοποιεί τις ετικέτες RFID σε μέχρι μια συγκεκριμένη εμβέλεια. Μπορεί να υποστηρίξει έως 4 εξωτερικές κεραίες με δυνατότητα επέκτασης με την χρήση πολυπλεκτών RF.

Οι ολοκληρωμένοι αναγνώστες θεωρούνται μια υποκατηγορία των σταθερών αναγνωστών. Η ιδιαιτερότητα που έχουν είναι ότι έχουν το κύκλωμα ανάγνωσης RFID και την κεραία εκπομπής/λήψης ενσωματωμένα στην ίδια συσκευή.

Ένα παράδειγμα από αναγνώστες χειρός είναι τα PDA τα οποία διαθέτουν ενσωματωμένη κεραία και αναγνώστη RFID καθώς έχουν και αρκετές επιλογές διασύνδεσης όπως Bluetooth, WLAN και USB. Συνιστάται για εξωτερικές εργασίες.

Οι ενσωματωμένοι αναγνώστες ή αλλιώς αναγνώστες γραφείου έχουν την δυνατότητα ανάγνωσης/εγγραφής RFID μέσω θύρας USB. Είναι αρκετά μικρό σε μέγεθος και έχει μικρή εμβέλεια ανίχνευσης. Τα συναντάμε συνήθως στα ταμεία των Super Market.

Ένα εξίσου πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η συχνότητα λειτουργίας του αναγνώστη RFID με την ετικέτα RFID διότι είναι αυτό που καθορίζει την εμβέλεια μεταξύ τους. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι η εμβέλεια επηρεάζεται πέραν από την συχνότητα και από την ισχύ του αναγνώστη RFID, καθώς και από άλλες συσκευές που δουλεύουν με ηλεκτρομαγνητικά κύματα οι οποίες μπορεί να βρίσκονται εκεί κοντά. Στον παρακάτω Πίνακα 2.3 διακρίνονται κάποιες τυπικές τιμές συχνοτήτων λειτουργίας σε διάφορες εφαρμογές.

Πίνακας 2. 3 Τυπικές τιμές συχνοτήτων λειτουργίας σε διάφορες εφαρμογές

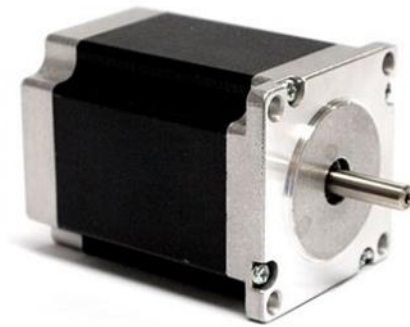
Περιοχή συχνοτήτων	Περιγραφή	Τυπικές εφαρμογές
120-150 kHz (LF)	Μικρή συχνότητα, μικρή εμβέλεια	Ταυτοποίηση ζώων Σάρωση προϊόντων
13.56 MHz (HF)	Υψηλή συχνότητα, χαμηλή προς μέτρια εμβέλεια	Καταστήματα ρουχισμού Έξυπνες κάρτες
433 MHz (UHF)	Μέτρια εμβέλεια	Αμυντικές εφαρμογές
865-868 MHz (Europe) 902-926 MHz (NA) (UHF)	Εξαιρετικά υψηλή συχνότητα, μέτρια προς υψηλή εμβέλεια	Παρακολούθηση εμπορευμάτων Διόδια
2450-5800 MHz (Microwave)	Υψηλή ταχύτητα δεδομένων, 1 με 2 μέτρα	Bluetooth Αποσκευές σε αεροδρόμια
3.1-10 GHz (Microwave)	Υψηλή ταχύτητα δεδομένων, 200 μέτρα	Semi-active ή active tags

Πηγή: Hyperlight Systems [18]

## 2.3 Βηματικός κινητήρας – Step motor

### 2.3.1 Γενικά

Με απλά λόγια ένας βηματικός κινητήρας (Εικόνα 2.15) μετατρέπει το ψηφιακό σήμα που δέχεται σε μηχανική κίνηση. Είναι μια συσκευή επαγωγής, σταδιακών βημάτων. Για να καταλάβουμε λίγο καλύτερα όταν λέμε σταδιακών βημάτων, ένα παράδειγμα είναι ο τρόπος λειτουργίας των δεικτών του ρολογιού, πραγματοποιούν κυκλικές περιστροφές γύρω από τον άξονα τους σε βήματα. Αυτό είναι και ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του βηματικού κινητήρα, δηλαδή σε πόσα βήματα μπορεί να πραγματοποιήσει μια πλήρη περιστροφή (360ο) γύρω από τον άξονα του (Ρότορας).



Πηγή: Robotistan [19]

Εικόνα 2. 15 Βηματικός κινητήρας

### 2.3.2 Δομή ενός βηματικού κινητήρα

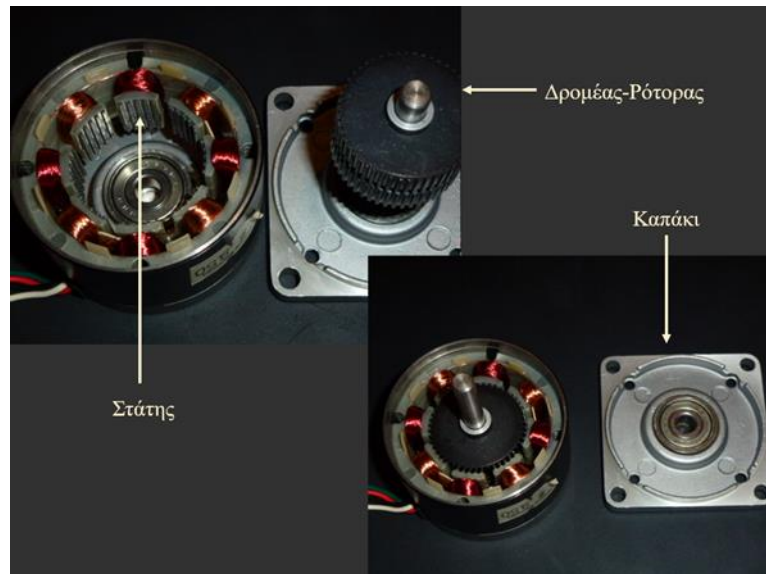
Στην παρακάτω Εικόνα 2.16 απεικονίζεται η εσωτερική δομή ενός διπολικού υβριδικού βηματικού κινητήρα. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι αναλόγως το είδος του βηματικού κινητήρα μπορεί να έχουν διαφορετική δομή και κατασκευή μεταξύ τους.

- Δρομέας

*Ο Δρομέας αποτελείται από τον ηλεκτροφόρο αγωγό ο οποίος είναι τοποθετημένος σε πυκνές περιελίξεις (σπείρες) ώστε να περιέχει όσο μεγαλύτερο μήκος αγωγού γίνεται για δεδομένο όγκο. Καλείται και ρότορας. [10]*

- Στάτης

*Ο Στάτης αποτελείται από μόνιμους ή τεχνητούς μαγνήτες οι οποίοι δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο. Καλείται και στάτορας. [10]*



Πηγή: Wikipedia [10]

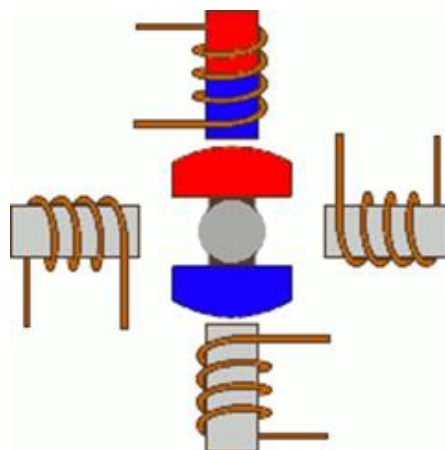
Εικόνα 2. 16 Διπολικός υβριδικός βηματικός κινητήρας

### 2.3.3 Είδη βηματικού κινητήρα

Υπάρχουν τρία είδη βηματικών κινητήρων και αυτό εξαρτάται από την κατασκευή του δρομέα.

- Βηματικός κινητήρας μόνιμου μαγνήτη (Εικόνα 2.17)

Ο βηματικός κινητήρας μόνιμου μαγνήτη περιέχει ένα μόνιμο μαγνήτη με μορφή δίσκου, ο οποίος απωθείται ή έλκεται από τα εκάστοτε ενεργοποιημένα πηνία, με αποτέλεσμα να περιστρέφεται στο ρυθμό ενεργοποίησης τους. Το βήμα του (ελάχιστη γωνία περιστροφής) είναι συνήθως  $45^\circ - 90^\circ$ . [20]

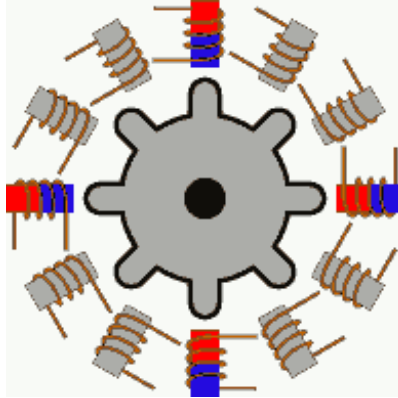


Πηγή: Αμπατζόγλου [20]

Εικόνα 2. 17 Βηματικός κινητήρας μόνιμου μαγνήτη

- Βηματικός κινητήρας μεταβλητής μαγνητικής αντίδρασης (Εικόνα 2.18)

Ο βηματικός κινητήρας μεταβλητής αντίδρασης δεν έχει ένα μόνιμο μαγνήτη στο ρότορα. Ο ρότορας αποτελείται από μαλακό σίδηρο σε σχήμα δίσκου με δόντια (σαν γρανάτζι). Ο στάτορας έχει περισσότερα από 4 πηνία, τα οποία ενεργοποιούνται σε αντιδιαμετρικά ζευγάρια. Η έλλειψη μόνιμου μαγνήτη έχει ως επίπτωση την μείωση της ονομαστικής ροπής, αλλά δημιουργεί το πλεονέκτημα της ελεύθερης κίνησης του ρότορα (χωρίς θέσεις) όταν τα πηνία δεν διαρρέονται από ρεύμα. Η ελάχιστη γωνία περιστροφής τους είναι  $5^\circ - 15^\circ$ . [20]

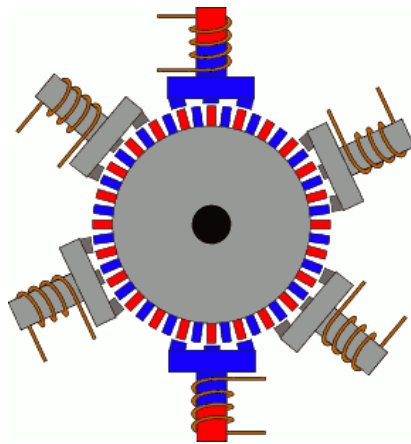


Πηγή: Αμπατζόγλου [20]

Εικόνα 2. 18 Βηματικός κινητήρας μεταβλητής αντίδρασης

- Υβριδικός βηματικός κινητήρας (Εικόνα 2.19)

Ο υβριδικός βηματικός κινητήρας συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των βηματικών κινητήρων μόνιμου μαγνήτη και μεταβλητής μαγνητικής αντίδρασης με αποτέλεσμα να έχουν υψηλή ροπή με πολύ μικρά βήματα περιστροφής ( $0.9^\circ - 5^\circ$ ). Εκτός από ακρίβεια στην κίνηση, έχουν και μεγαλύτερη, αλλά και μεγαλύτερο κόστος κατασκευής. [20]

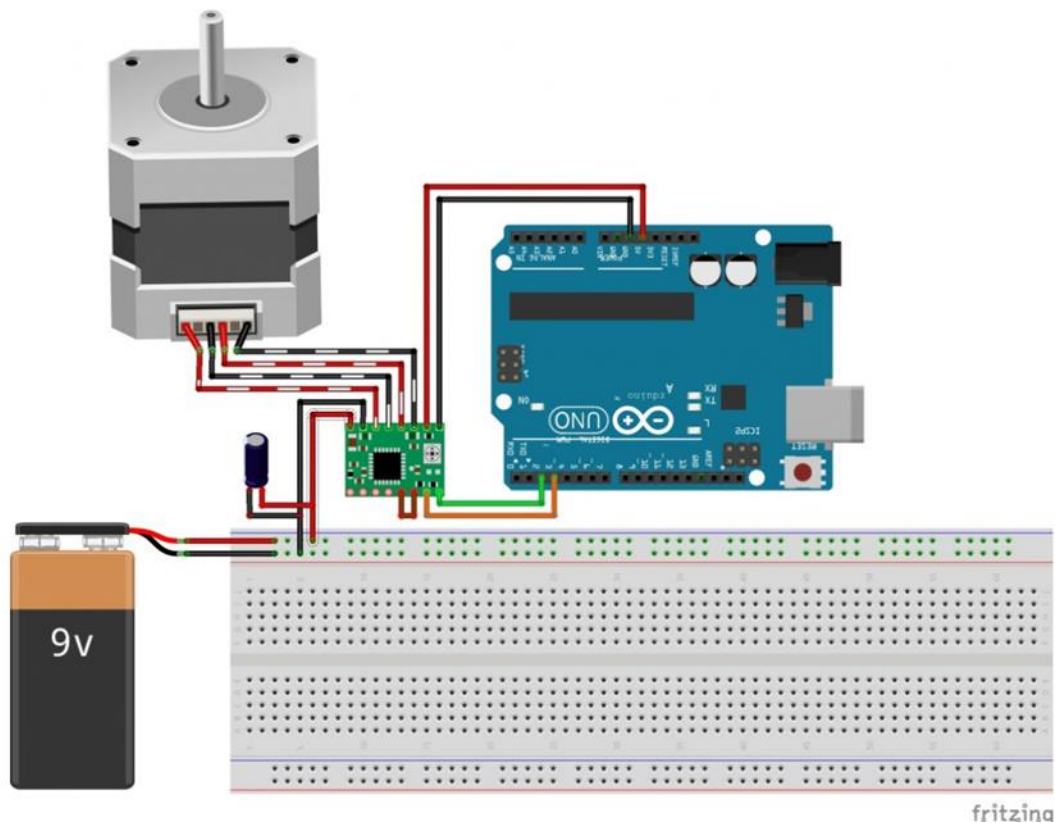


Πηγή: Αμπατζόγλου [20]

Εικόνα 2. 19 Υβριδικός βηματικός κινητήρας

### 2.3.4 Κύκλωμα βηματικού κινητήρα με Arduino

Στην Εικόνα 2.20 βλέπουμε έναν τρόπο όπου μπορούμε να συνδεσμολογίσουμε έναν βηματικό κινητήρα σε μια πλακέτα Arduino. Ο πυκνωτής είναι προαιρετικός και είναι 12V 47μF. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε έναν βηματικό κινητήρα που χρειάζεται τροφοδοσία 12V τότε θα πρέπει να του παρέχουμε την τάση των 12V μέσω μιας μπαταρίας ή ενός εξωτερικού τροφοδοτικού.

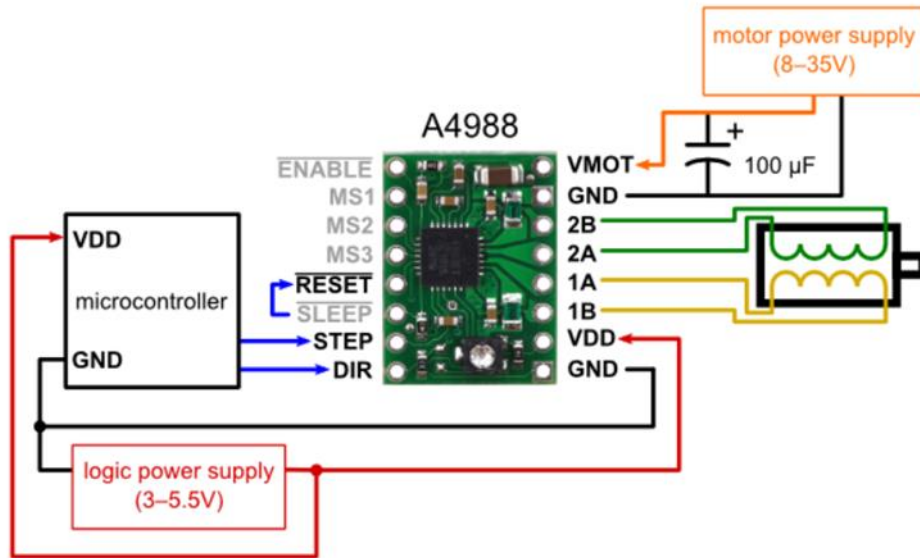


Πηγή: Get Cert [21]

Εικόνα 2. 20 Κύκλωμα βηματικού κινητήρα με Arduino

### 2.3.5 Οδηγός - Driver

Ένας τρόπος για να ελέγξουμε τον βηματικό κινητήρα είναι χρησιμοποιώντας οδηγό (driver). Ο οδηγός θα είναι αυτός που θα προσδιορίζει τον ρυθμό του βήματος του βηματικού κινητήρα. Κάθε βηματικός κινητήρας είναι συμβατός με ένα αντίστοιχο οδηγό ανάλογα με το αν είναι μονοπολικός ή διπολικός κινητήρας καθώς και με την συνδεσμολογία που θα κάνουμε στα τυλίγματα του στάτορα. Παρακάτω στην Εικόνα 2.21 βλέπουμε ένα παράδειγμα ενός οδηγού και τον τρόπο συνδεσμολογίας του με τον βηματικό κινητήρα και το Arduino.



Πηγή: Grobotronics [22]

Εικόνα 2. 21 Οδηγός A4988

Τα είδη των οδηγών είναι αυτά που περιγράφονται στην συνέχεια.

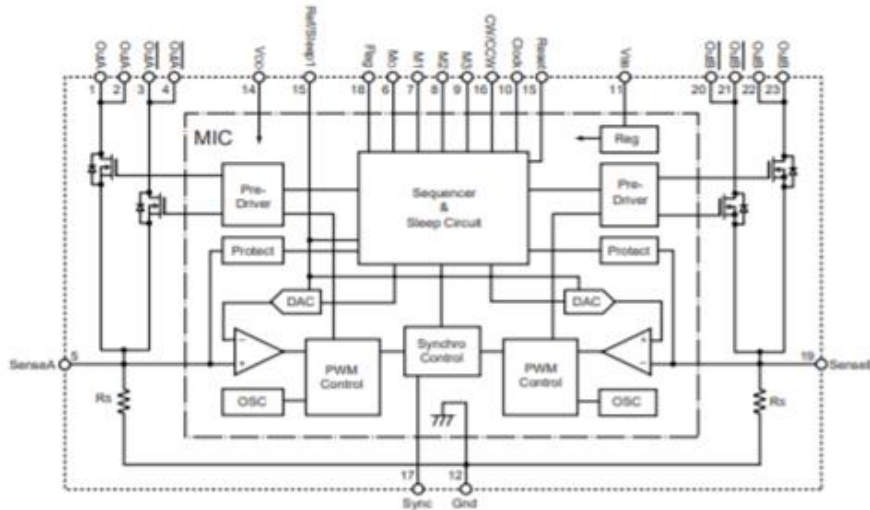
- Μονοπολικός Οδηγός (Unipolar Driver) (Εικόνα 2.22 και Εικόνα 2.23)

Η ονομασία του μονοπολικού οδηγού οφείλεται στην μονόδρομη κατεύθυνση του ρεύματος, δηλαδή το ρεύμα έχει μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η τιμή του ρεύματος καθορίζεται από δύο παράγοντες: την τάση τροφοδοσίας και την αντίσταση των τυλιγμάτων. Με τον μονοπολικό οδηγό όσο αυξάνουμε την ταχύτητα η ροπή μειώνεται σε μεγάλο βαθμό. Συνιστάται για χρήση σε βηματικούς κινητήρες χαμηλής ταχύτητας.



Πηγή: Electronics Lab [23]

Εικόνα 2. 22 Μονοπολικός οδηγός SLA7078MPR



Πηγή: All Data Sheet [24]

Εικόνα 2. 23 Εσωτερική δομή μονοπολικού οδηγού

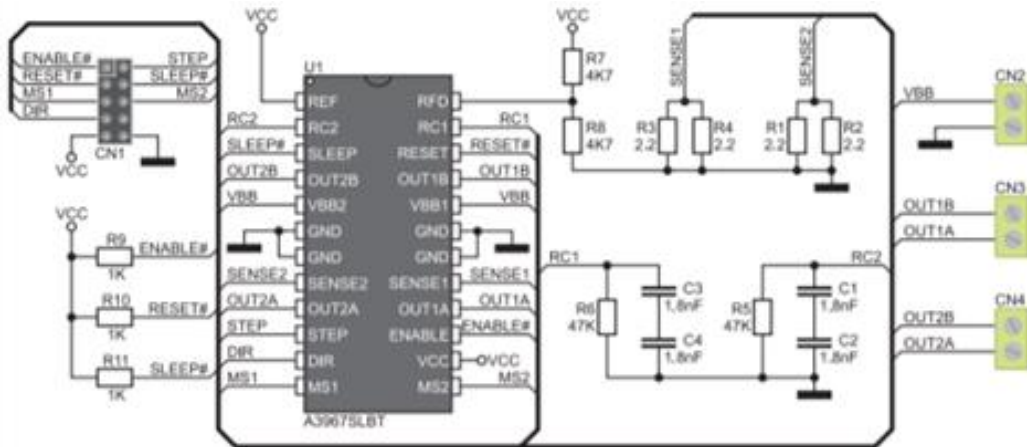
- Διπολικός Οδηγός (Bipolar Driver) (Εικόνα 2.24 και Εικόνα 2.25)

Ο διπολικός οδηγός έχει καλύτερα αποτελέσματα από τον μονοπολικό. Μπορεί να παράγει μεγαλύτερη ροπή σε χαμηλότερες ταχύτητες. Σε αντίθεση με τον μονοπολικό οδηγό, ο διπολικός δεν έχει μεσαία λήψη. Σε αυτόν το τύπο οδηγό το ρεύμα έχει αμφίδρομη κατεύθυνση (κινείται και από τις δυο μεριές) με αποτέλεσμα να κάνει το κύκλωμα πιο περίπλοκο.



Πηγή: Mikroe [25]

Εικόνα 2. 24 Διπολικός οδηγός

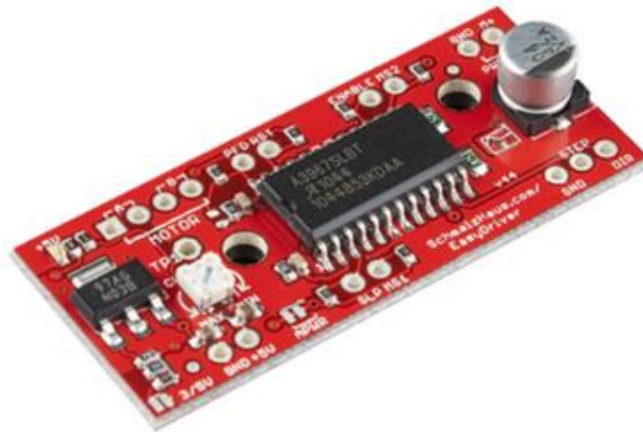


Πηγή: Mikroε [25]

Εικόνα 2. 25 Σχηματικό σύνδεσης διπολικού οδηγού

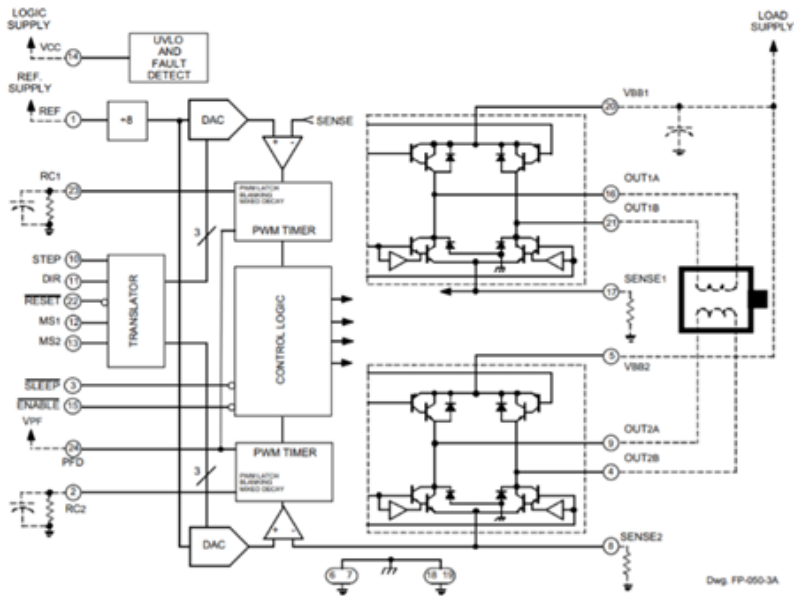
- L/R Οδηγός (L/R Driver) (Εικόνα 2.26 και Εικόνα 2.27)

Αναφέρεται και ως μονάδα σταθερής τάσης. Ο συγκεκριμένος οδηγός χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση σε παλαιότερα συστήματα βηματικών κινητήρων. Έχει την δυνατότητα λειτουργίας μισού βήματος και ολόκληρου. Λόγω της χαμηλής έως μέτριας απόδοσης που μπορεί να προσφέρει και της χαμηλής ισχύς εξόδου που μπορεί να αποδώσει, συνιστάται σε εφαρμογές χαμηλής ταχύτητας.



Πηγή: Διερευνητική Μάθηση [26]

Εικόνα 2. 26 L/R Οδηγός



Πηγή: All Data Sheet [24]

Εικόνα 2. 27 Μικροελεγκτής – A3967SLBT

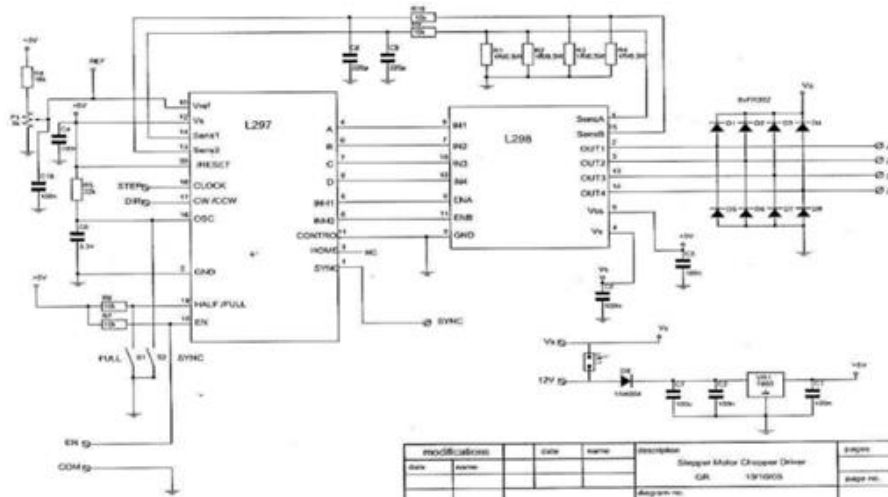
- Οδηγός Chopper (Εικόνα 2.28 και Εικόνα 2.29)

Αναφέρεται και ως μονάδα συνεχούς ρεύματος. Ο οδηγός Chopper είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος οδηγός για βιομηχανικές εφαρμογές. Προσφέρει υψηλή επίδοση και αποδοτικότητα. Χρησιμοποιεί διαμόρφωση εύρους παλμών (PWM) για τον έλεγχο του μέσου ρεύματος διαρροής του στάτη, έτσι το ρεύμα στον κινητήρα διατηρείται σχετικά σταθερό σε όλες τις ταχύτητες.



Πηγή: Electro Kit [27]

Εικόνα 2. 28 Bipolar stepper motor chopper driver



Πηγή: Quasar Electronics [28]

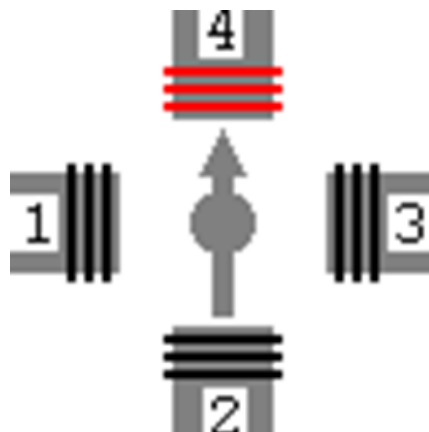
Εικόνα 2. 29 Εσωτερική δομή chopper driver

### 2.3.6 Μέθοδοι βηματισμού (Step modes)

Οι μέθοδοι βηματισμού ενός βηματικού κινητήρα βασίζονται στις συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων του στάτη, στην σειρά που είναι συνδεσμολογημένα καθώς και στην ταχύτητα ενεργοποίησής τους. Με απλά λόγια καθορίζεται με ποια σειρά και ταχύτητα θα ενεργοποιηθούν τα πηνία ώστε να κάνουν τον κινητήρα να κινείται κατάλληλα. Έχουμε 4 βασικές μεθόδους βηματισμού.

#### 1. Μονό βήμα – single step

Η μέθοδος μονού βήματος (Εικόνα 2.30) χρησιμοποιείται πιο σπάνια από όλες τις μεθόδους διότι δεν είναι αποτελεσματική και σε σύγκριση με τις υπόλοιπες παράγει την λιγότερη ροπή. Σε αυτή τη λειτουργία σε κάθε βήμα ενεργοποιείται διαδοχικά μία από τις τέσσερις περιελίξεις, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.4.



Πηγή: CNC Router Source [29]

Εικόνα 2. 30 Λειτουργία Μονού Βήματος

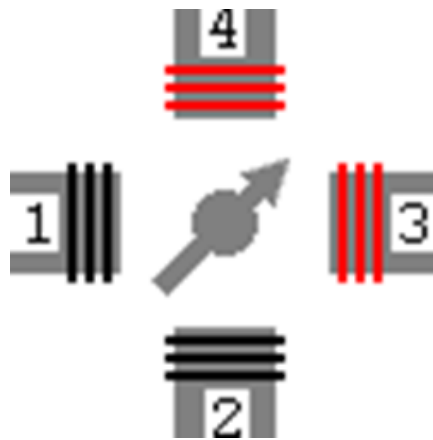
Πίνακας 2. 4 Πίνακας αληθείας Πηνίων

Βήματα	Πηνία			
	1	2	3	4
Βήμα 1	0	0	0	1
Βήμα 2	0	0	1	0
Βήμα 3	0	1	0	0
Βήμα 4	1	0	0	0

Πηγή: Engineers Garage [30]

## 2. Ολόκληρο βήμα – full step

Στη μέθοδο ολόκληρου βήματος (Εικόνα 2.31 και Πίνακας 2.5) ενεργοποιούνται την ίδια χρονική στιγμή δύο πηνία. Με αυτή τη μέθοδο ο κινητήρας καταναλώνει διπλάσια ισχύ σε σύγκριση με την προηγούμενη μέθοδο, έχουμε όμως καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά την ροπή και την ταχύτητα του κινητήρα.



Πηγή: CNC Router Source [29]

Εικόνα 2. 31 Λειτουργία Ολόκληρου Βήματος

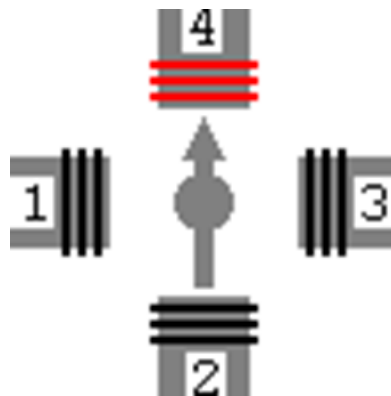
Πίνακας 2. 5 Πίνακας αληθείας Πηνίων

Βήματα	Πηνία			
	1	2	3	4
Βήμα 1	0	0	1	1
Βήμα 2	0	1	1	0
Βήμα 3	1	1	0	0
Βήμα 4	1	0	0	1

Πηγή: Engineers Garage [30]

### 3. Μισού βήματος – Half step

Σε αυτή τη μέθοδο (Εικόνα 2.32 και Πίνακας 2.6) υπάρχουν δύο φάσεις λειτουργίας, διαδοχικά μία φορά ενεργοποιείται ένα πηνίο και μία φορά δύο πηνία ταυτόχρονα. Αυτό κάνει τον βηματικό μας κινητήρα να έχει μεγαλύτερη ανάλυση. Ένα παράδειγμα ώστε να καταλάβουμε λίγο καλύτερα τι εννοούμε, αν υποθέσουμε ότι ο βηματικός κινητήρας είναι 200 βημάτων, με την λειτουργία μισού βήματος θα υλοποιήσει έναν πλήρη κύκλο σε 400 βήματα.



Πηγή: CNC Router Source [29]

Εικόνα 2. 32 Λειτουργία Μισού Βήματος

Πίνακας 2. 6 Πίνακας αληθείας Πηνίων

Βήματα	Πηνία			
	1	2	3	4
Βήμα 1	0	0	0	1
Βήμα 2	0	0	1	1
Βήμα 3	0	0	1	0
Βήμα 4	0	1	1	0
Βήμα 5	0	1	0	0
Βήμα 6	1	1	0	0
Βήμα 7	1	0	0	0
Βήμα 8	1	0	0	1

Πηγή: Engineers Garage [30]

#### 4. Μικροβηματισμός – Micro\_stepping

Η μέθοδος του μικροβηματισμού αποτελεί μια καινούργια τεχνολογία στην οδήγηση των βηματικών κινητήρων. Ο έλεγχος του οδηγού ως προς τον βηματικό κινητήρα γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο. Ουσιαστικά ο οδηγός στέλνει παλμούς μέσω ενός μικροεπεξεργαστή στον βηματικό κινητήρα και με αυτή την τεχνική καταφέρνει να υποδιαιρέσει τα βήματα του κινητήρα σε μεγάλο βαθμό. Με αυτή τη λειτουργία παράγεται λιγότερη ροπή σε σύγκριση τη λειτουργία πλήρους βήματος όμως με την τεχνική του μικροβηματισμού επιτυγχάνουμε εικονικά ομαλή περιστροφή του κινητήρα λόγω της γρήγορης εναλλαγής των βημάτων.

#### 2.4 Επίλογος

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο της εργασίας περιγράφηκαν: οι αισθητήρες και ο βηματικός κινητήρας. Όπως θα περιγραφεί αναλυτικά σε επόμενη ενότητα, τα στοιχεία αυτά αποτελούν βασικά στοιχεία της κατασκευής του ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού υλικού που υλοποιήσαμε στα πλαίσια της εργασίας.

## Κεφάλαιο 3ο: Μικροελεγκτής Arduino και οι εφαρμογές του

### 3.1 Εισαγωγή

Το βασικό αντικείμενο του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι ο μικροελεγκτής Arduino. Αρχικά, παρουσιάζονται ορισμένα βασικά ιστορικά στοιχεία για τον μικροελεγκτή, ενώ ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή του (συστατικά μέρη, εφαρμογές, μικροελεγκτής Atmega328, τροφοδοσία) και η δομή του προγράμματος. Στη συνέχεια, γίνεται μια επισκόπηση αντίστοιχων πρακτικών εφαρμογών, ενώ το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια βιβλιογραφική επισκόπηση, όπου εντοπίστηκαν δημοσιευμένα άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά που έχουν ως αντικείμενό τους εφαρμογές Arduino σε κάδους απορριμμάτων.

### 3.2 Ιστορικά στοιχεία



Πηγή: G2 [31]

Εικόνα 3. 1 Το λογότυπο του Arduino

Το 2005 δημιουργήθηκε το πρώτο σχέδιο συσκευής Arduino, το λογότυπο του οποίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1. Ιδρυτές της πλακέτας Arduino είναι οι Massimo Banzi και David Cueartielles οι οποίοι έδωσαν αυτό το όνομα στην συσκευή τους από τον Αρντουίνο της Ιβρέας (Arduin of Ivrea – Βασιλιάς της Λομβαρδίας το διάστημα 1002-1014). Έτσι ξεκίνησαν την παραγωγή πλακετών σε ένα εργοστάσιο στην Ιβρέα, κωμόπολη της επαρχίας του Τορίνο. Επίσης η ονομασία της συσκευής ‘Arduino’ αντιστοιχεί σε ένα ιταλικό όνομα που σημαίνει ‘ισχυρός φίλος’. Σκοπός των κατασκευαστών ήταν αυτή η κατασκευή σε σύγκριση με όμοιες της όσον αφορά τις δυνατότητες να κοστίζει λιγότερο.

Το Arduino αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι η πλακέτα Arduino που αποτελεί το hardware κομμάτι στο οποίο εργάζεται ο κατασκευαστής. Το δεύτερο μέρος είναι το Arduino IDE το οποίο είναι το software κομμάτι και επεξεργάζεται στον υπολογιστή. Το IDE χρησιμοποιείται για την δημιουργία ενός sketch (μικρό πρόγραμμα στον υπολογιστή) το οποίο φορτώνεται στον μικροελεγκτή της πλακέτας Arduino. Το sketch δίνει τις εντολές για το τι πρέπει να κάνει το Arduino.

### 3.3 Περιγραφή του Arduino

#### 3.3.1 Συστατικά μέρη

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, επί της ουσίας είναι μια μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα που περιέχει έναν μικροελεγκτή, εισόδους και εξόδους. Ο προγραμματισμός της υλοποιείται με γλώσσα Wiring (που ουσιαστικά είναι η γλώσσα C++ με ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++).

Το Arduino περιλαμβάνει ένα μικροελεγκτή ATMega της Atmel, ο οποίος με τη χρήση εξωτερικών αισθητηρίων, μπορεί να διαβάζει καταστάσεις από το περιβάλλον και να αλληλεπιδρά με κατάλληλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

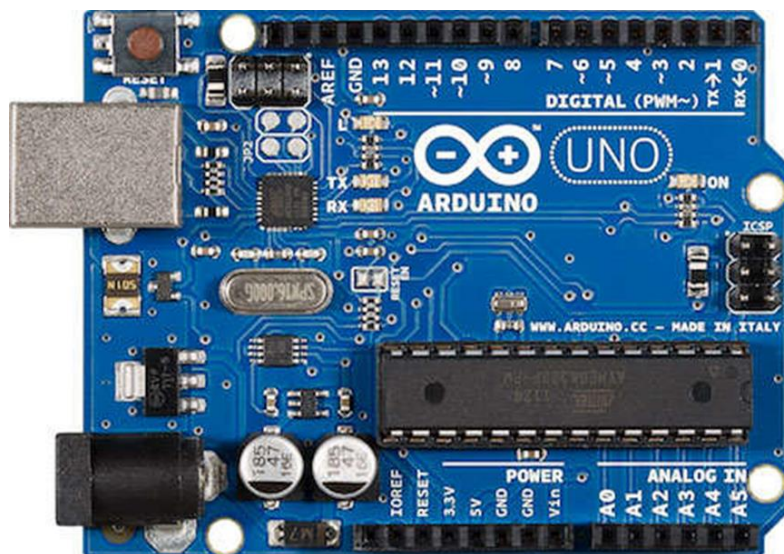
Ένα σημαντικό στοιχείο της πλακέτας Arduino είναι ότι διατίθεται με άδεια χρήσης Creative Commons. Αυτό σημαίνει ότι ο καθένας έχει την δυνατότητα να φτιάξει την δική του πλακέτα όπως αυτός επιθυμεί.

#### 3.3.2 Εφαρμογές

Οι δυνατότητες που μπορεί να μας προσφέρει είναι πάρα πολλές ενώ το μέγεθος του είναι αρκετά μικρό (7x5 cm). Μερικές από τις εφαρμογές που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι οι παρακάτω:

- Ρομποτικές εφαρμογές
- Internet of Things (IoT) στα πλαίσια του έξυπνου σπιτιού
- Arcade παιχνίδια
- Συστήματα ασφάλειας και παρακολούθησης
- Αυτοματισμούς

Στην Εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η πλακέτα του Arduino UNO Rev3

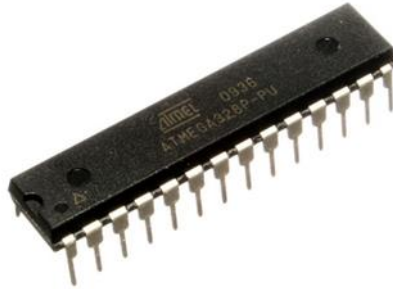


Πηγή: Generation Robots [32]

Εικόνα 3. 2 Πλακέτα Arduino UNO Rev3

### 3.3.3 Μικροελεγκτής – Atmega328

Αυτή την στιγμή μια πλακέτα Arduino αποτελείται από έναν μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328), ο οποίος φαίνεται στην Εικόνα 3.3. Ανήκει στην οικογένεια megaAVR με δημιουργό την Atmel. Έχει έναν τροποποιημένο πυρήνα επεξεργαστή RISC 8-bit αρχιτεκτονικής Harvard, με τον χρονισμό του να πραγματοποιείται στα 16MHz.



Πηγή: Robomart [33]

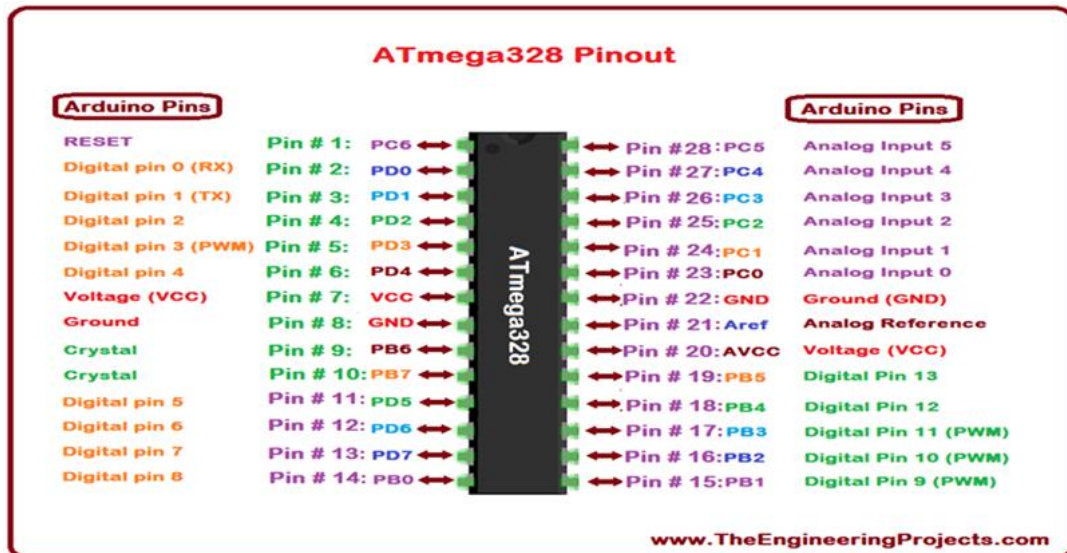
Εικόνα 3. 3 Ο Μικροελεγκτής Atmega328

Ο Atmega328 διαθέτει τριών τύπων ενσωματωμένη μνήμη:

- Μια μνήμη Flash 32Kb, εκ των οποίων τα 2Kb δεσμεύονται από το bootloader του Arduino το οποίο έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής. Το bootloader είναι απαραίτητο για την εγκατάσταση των προγραμμάτων μας στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB. Τα υπόλοιπα 30Kb χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των προγραμμάτων αυτών. Όσο αφορά τα περιεχόμενα της μνήμης Flash δεν χάνονται κατά την απώλεια τροφοδοσίας ή reset.
- Μια μνήμη SRAM (Static random-access memory) 2Kb. Σε αυτή τη μνήμη γίνεται η αποθήκευση των μεταβλητών, πινάκων κ.λπ. των προγραμμάτων κατά το runtime. Αν η παροχή ρεύματος σταματήσει στο Arduino ή γίνει reset, χάνονται τα δεδομένα της.
- Μια μνήμη EEPROM (Electrically erasable programmable read-only memory) 1Kb. Χρησιμεύει για την εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων κατά το runtime. Σε αυτή τη μνήμη τα δεδομένα της δεν χάνονται σε περίπτωση απώλειας τροφοδοσίας ή reset του κυκλώματος.

Ο τρόπος που επικοινωνεί ο μικροελεγκτής με τον υπολογιστή είναι σειριακός. Αυτό το επιτυγχάνει με έναν ελεγκτή Serial over USB. Κατά αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η μεταφορά των προγραμμάτων στο Arduino από τον υπολογιστή, καθώς και η αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή κατά τη εκτέλεση των προγραμμάτων.

Το Arduino διαθέτει 14 θηλυκούς ακροδέκτες που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισόδους ή ψηφιακές εξόδους. Η τάση λειτουργίας τους είναι τα 5V και το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το κάθε ένα pin είναι τα 40mA.

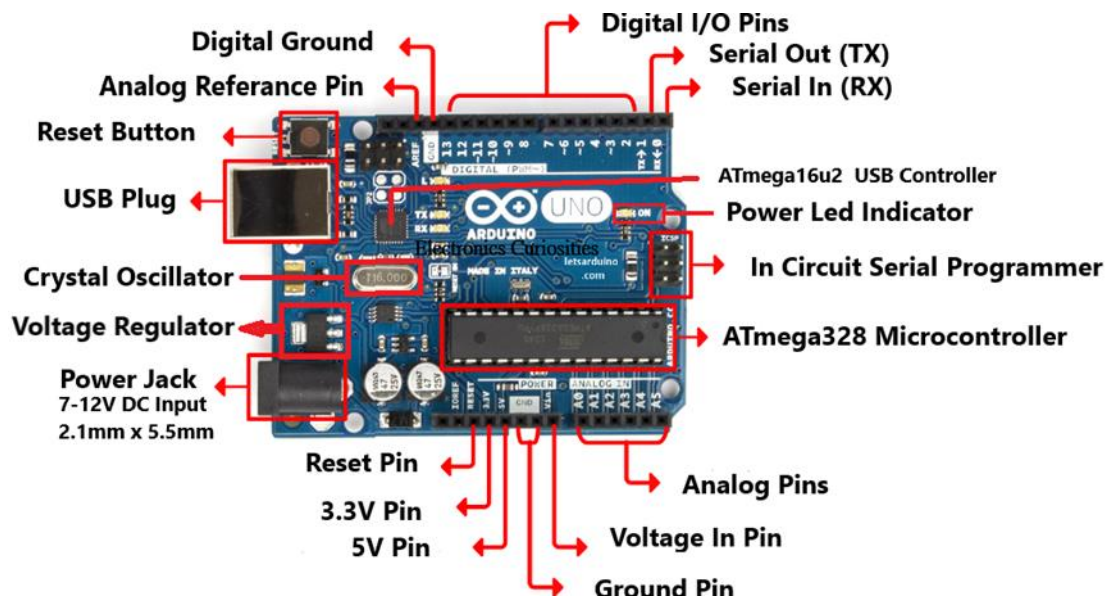


Πηγή: The Engineering Projects [34]

Εικόνα 3. 4 Pins Μικροελεγκτή Atmega328

Ο προγραμματισμός των pins για τον ορισμό τους ως είσοδο ή έξοδο γίνεται μέσω των εντολών που θα γράψουμε στο πρόγραμμα στον υπολογιστή πριν το φορτώσουμε στην πλακέτα ώστε στην περίπτωση ορισμού κάποιων ακροδεκτών ως έξοδοι να ξέρει το Arduino αν πρέπει να διοχετεύσει ρεύμα σε αυτά τα pins ή όχι. Ενώ στην περίπτωση ορισμού τους ως είσοδοι θα περιμένει να δεχτεί ρεύμα σε αυτά τα pins. Επιπλέον ορισμένα από τα 14 pin εκτός από την λειτουργία τους ως είσοδοι/έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία.

- Σειριακό: 0 (RX) και 1 (TX). Χρησιμοποιείται για την λήψη (RX) και τη μετάδοση (TX) σειριακών δεδομένων TTL.
- Εξωτερικές διακοπές: 2 και 3. Αυτά τα pin λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt. Στην περίπτωση που συμβεί κάποια αλλαγή στην τιμή των ψηφιακών αυτών εισόδων τότε σταματάει η ροή του προγράμματος και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση.
- PWM: 3,5,6,9,10 και 11. Μπορούν να λειτουργήσουν σαν ψευδοαναλογικές έξοδοι PWM 8-bit με τη λειτουργία analogWrite(). Αυτό που εννοούμε με την λέξη ψευδοαναλογικές είναι ότι στην έξοδο θα μας δίνει ένα εναλλασσόμενο παλμό, συχνότητας ανάλογης με την τιμή των bit που έχει στην έξοδο ( $2^8 = 256$  καταστάσεις) και ίσους χρόνους μεταξύ των τιμών 0V και 5V.
- Στο κάτω μέρος της πλακέτας βρίσκονται 6 pin με την ονομασία (A0,A1,A2,A3,A4,A5). Το κάθε ένα από αυτά λειτουργεί σαν αναλογική είσοδος και έχουν την δυνατότητα μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακού (ADC) 10bit χρησιμοποιώντας τη λειτουργία analogRead(). Επίσης υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής αυτών των pin σε ψηφιακά με εντολή μέσα στο πρόγραμμα.
- AREF: Σε αυτό το pin συνδέεται η τάση αναφοράς για τις αναλογικές εισόδους. Χρησιμοποιείται με την εντολή analogReference().
- VIN: Σε αυτό το pin συνδέουμε την εξωτερική τάση τροφοδοσίας (συνήθως με την ένδειξη 9V).



Πηγή: Electronics Curiosities [35]

Εικόνα 3. 5 Λειτουργικά μέρη πλακέτας

### 3.3.4 Τροφοδοσία

Υπάρχουν τρεις τρόποι να δώσουμε τροφοδοσία (παροχή ρεύματος) στο Arduino.

1. Με την θύρα USB
2. Με μπαταρία
3. Με εξωτερική πηγή

Σε κάθε ένα από αυτούς τους τρόπους η συνιστώμενη τάση τροφοδοσίας είναι από 7V έως 12V ώστε να μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια και στην έξοδο περιμένουμε να μας δώσει σταθερά 5V.

### 3.4 Δομή Προγράμματος

Μία απλή δομή ενός προγράμματος Arduino είναι η εξής:

δήλωση μεταβλητών

Void setup()

{

Αρχικοποιήσεις

}

Void loop()

{

Κώδικας

}

### 3.5 Παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής

Η κατασκευή που φαίνεται στην Εικόνα 3.6 με την ονομασία ‘Smart Dustbin’ αποτελεί έναν έξυπνο κάδο απορριμμάτων με την χρήση του Arduino, όπου το καπάκι του κάδου ανοίγει αυτόματα όταν πλησιάζει ο χρήστης με τα απορρίμματα. Τα άλλα σημαντικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτού του έξυπνου κάδου απορριμμάτων είναι ένας αισθητήρας υπερήχων HC-04 και ένας SG90 TowerPro Servo Motor.







Πηγή: Electronics Hub [37]

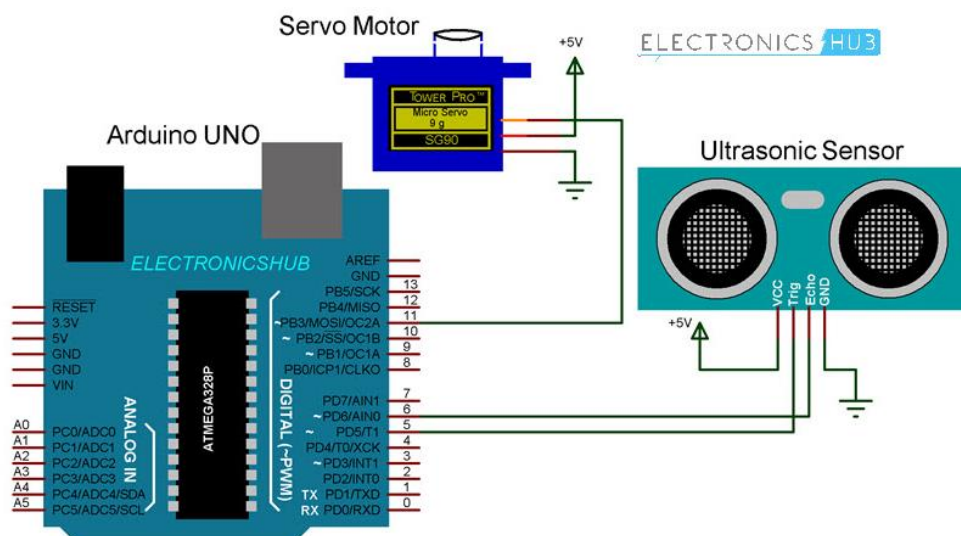
Εικόνα 3. 6 Η κατασκευή Smart Dustbin

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη κατασκευή είναι αυτά που φαίνονται στον Πίνακα 3.1, ενώ στην Εικόνα 3.7 φαίνεται το κύκλωμα της κατασκευής.

Πίνακας 3. 1 Εξαρτήματα της κατασκευής Smart Dustbin

Εξάρτημα		Ποσότητα
	<p>Arduino UNO</p>	<p>1</p>

	HC-SR04 Ultrasonic Sensor Module	1
	TowerPro SG90 Servo Motor	1
	Connecting Wires	-
	5V Power Supply	1



Πηγή: Electronics Hub [37]

Εικόνα 3. 7 Το κύκλωμα της κατασκευής Smart Dustbin

### 3.6 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Μελετώντας την βιβλιογραφία εντοπίζουμε ορισμένες ενδιαφέρουσες δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά που αφορούν στην κατασκευή έξυπνων κάδων απορριμμάτων. Για παράδειγμα, στην δημοσίευση του F. E. Samann [7] παρουσιάζεται ένας οικονομικά αποδοτικός σχεδιασμός ενός

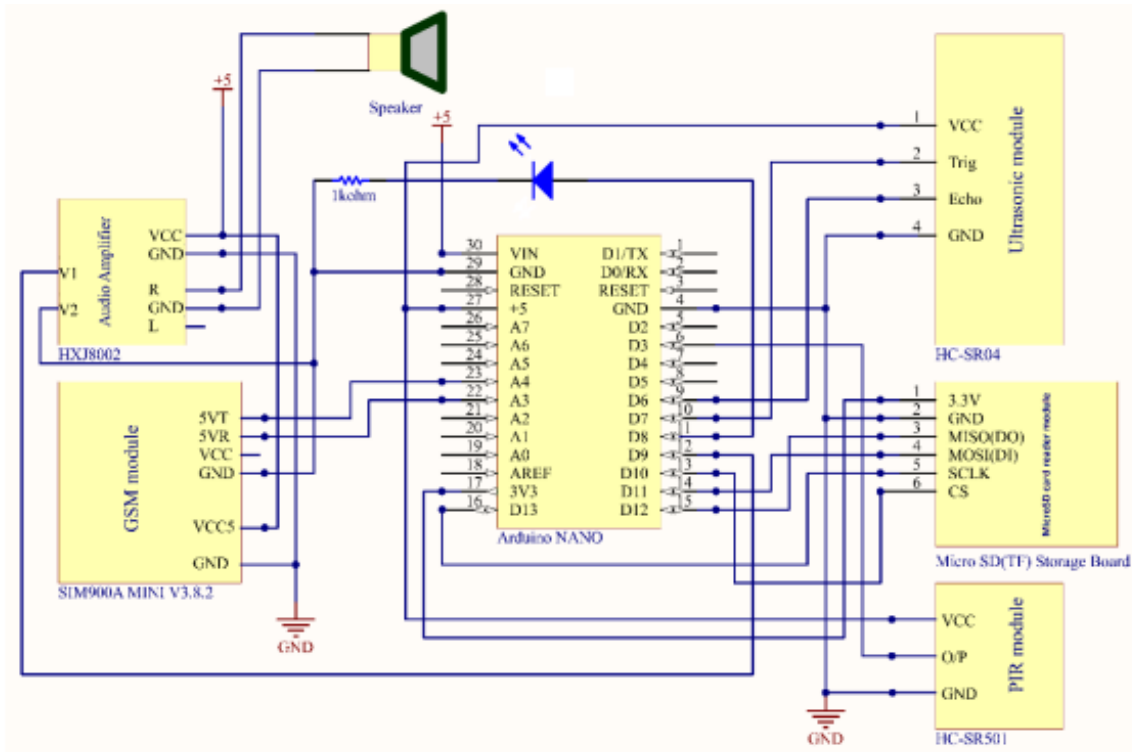
έξυπνου δοχείου απορριμμάτων για περιπτώσεις μικρής κλίμακας. Το συγκεκριμένο σύστημα βασίζεται στην πλακέτα Arduino Nano και έναν αισθητήρα υπερήχων για την παρακολούθηση του επιπέδου πληρότητας του δοχείου και την παροχή ειδοποιήσεων SMS χρησιμοποιώντας μια μονάδα GSM. Το σύστημα τροφοδοτείται από μπαταρία λιθίου που υποστηρίζεται από ηλιακό πάνελ. Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα φόρτισης εξωτερικών φορητών συσκευών χρησιμοποιώντας power bank. Επιπλέον, το σύστημα αποθηκεύει συμβάντα χρήσης, που καταγράφονται από τον αισθητήρα PIR, και συμβάντα πληρότητας σε μια κάρτα μνήμης, η οποία χρησιμοποιείται για την αναπαραγωγή μηνυμάτων ήχου χρησιμοποιώντας ένα ηχείο, όταν χρησιμοποιείται ο κάδος. Διαπιστώθηκε ότι το σύστημα υλοποιείται με επιτυχία με αποδεκτό συνολικό κόστος για την προβλεπόμενη εφαρμογή. Η απόδοση του συστήματος διαπιστώθηκε ικανοποιητική σύμφωνα με τα ληφθέντα αποτελέσματα δοκιμών.

Ο σχεδιασμός του συστήματος προσπαθεί να είναι οικονομικά αποδοτικός και φιλικός προς το χρήστη. Πιο αναλυτικά, η Εικόνα 3.8 δείχνει έναν υπαίθριο κάδο απορριμμάτων μετά και πριν την εφαρμογή της μεταλλικής κατασκευής. Ο σχεδιασμός βασίστηκε σε έναν συνηθισμένο υπαίθριο κάδο απορριμμάτων, ο οποίος επανασχεδιάστηκε για να προσαρτά έναν βραχίονα επέκτασης για να συγκρατεί το ηλιακό πάνελ. Η μεταλλική κατασκευή περιελάμβανε επίσης έναν δίσκο για τη συγκράτηση οποιασδήποτε ηλεκτρονικής συσκευής κατά τη φόρτιση από τη θύρα USB, η οποία θα συνδεθεί στον βραχίονα επέκτασης. Επιπλέον, όλα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα βρίσκονται μέσα σε πλαστικό κουτί, το οποίο συγκρατείται κάτω από το καπάκι του κάδου. Αυτός ο σχεδιασμός μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν σε κάθε τυπικό υπαίθριο κάδο απορριμμάτων. Η Εικόνα 3.9 και η Εικόνα 3.10 δείχνουν σχηματικά το κύκλωμα και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται τα ηλεκτρονικά μέρη μέσα στο κουτί.



*Πηγή: Samann [7], σελ. 143*

Εικόνα 3. 8 Ο σχεδιασμός του έξυπνου κάδου απορριμμάτων, πριν (δεξιά) και μετά (αριστερά) τη μεταλλική κατασκευή



Πηγή: Samann [7], σελ. 144

Εικόνα 3. 9 Το κύκλωμα του συστήματος



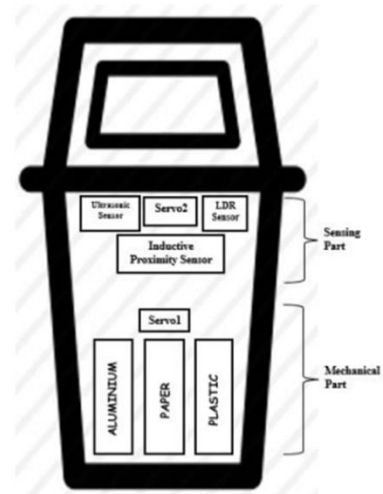
Πηγή: Samann [7], σελ. 145

Εικόνα 3. 10 Σύνδεση ηλεκτρονικών μερών στο κουτί

Συνοψίζοντας, ο F. E. Samann [7] αναφέρει ότι τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι τα εξής: α) μικρό κόστος κατασκευής, β) μικρό κόστος λειτουργίας, γ) το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε εσωτερικό όσο και σε εξωτερικό χώρο, δ) μικρές απαιτήσεις συντήρησης, ε) φιλικός προς τον χρήστη σχεδιασμός και στ) διαθέτει θύρα AUX USB για φόρτιση εξωτερικών ηλεκτρονικών

συσκευών. Ωστόσο, διαπιστώθηκαν και ορισμένα μειονεκτήματα: α) απαιτεί μη αυτόματη χρέωση της συνδρομής δικτύου κινητής τηλεφωνίας, β) απαιτεί εκ των προτέρων γνώση των θέσεων των κάδων, γ) τα μέτρα ασφαλείας εξαρτώνται από την ποιότητα κατασκευής και τη σταθερή εγκατάσταση του κάδου και δ) δεν στέλνει ειδοποίηση σε περίπτωση πυρκαγιάς.

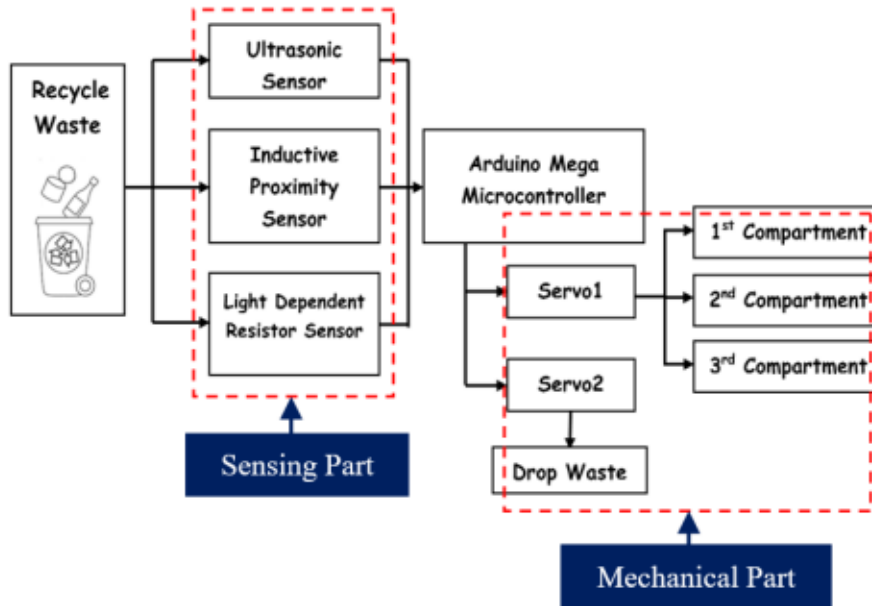
Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης, η δημοσίευση των H. Hassan, F. Saad, και M. S. M. Raklan [8], όπου παρουσιάζεται ένας χαμηλού κόστους κάδος ανακύκλωσης που ταξινομεί αυτόματα διαφορετικούς τύπους απορριμμάτων ανακύκλωσης χρησιμοποιώντας έναν μικροελεγκτή Arduino (Εικόνα 11).



Πηγή: Hassan et al. [8], σελ. 185

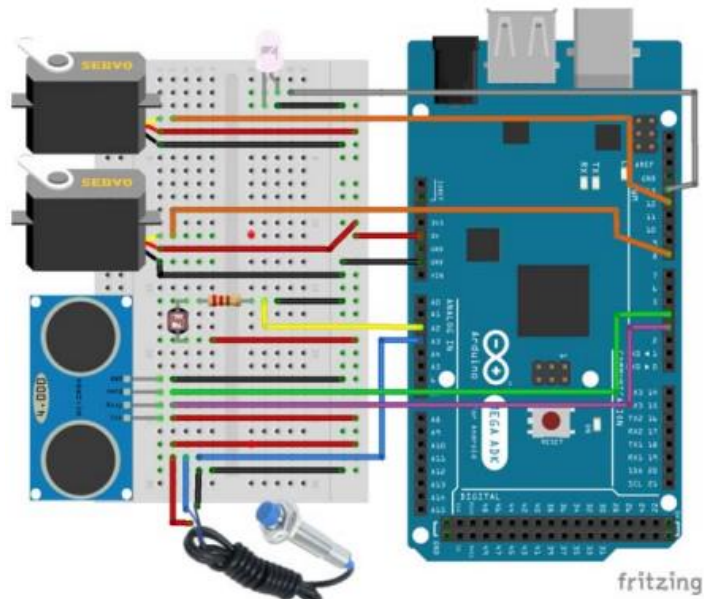
Εικόνα 3. 11 Ο κάδος ανακύκλωσης

Στόχος του project είναι η κατασκευή ενός πρωτότυπου κάδου ανακύκλωσης με μηχανισμό ανίχνευσης που είναι σε θέση να ταξινομεί τα απορρίμματα ανακύκλωσης (όπως μέταλλο, χαρτί και πλαστικό) και να αντιστοιχίζει αυτόματα τα απόβλητα σε συγκεκριμένο διαχωριστικό κάδου ανάλογα με τον τύπο τους. Η κατασκευή του κάδου ανακύκλωσης χωρίζεται σε δύο μέρη: α) το αισθητήριο και β) το μηχανικό. Το αισθητήριο τμήμα ανιχνεύει τον τύπο απορριμμάτων. Συγκεκριμένα, τα απορρίμματα με βάση το μέταλλο ανιχνεύονται χρησιμοποιώντας έναν επαγωγικό αισθητήρα εγγύτητας, ενώ, για τα απορρίμματα με βάση το χαρτί και το πλαστικό, χρησιμοποιείται μια δίοδος εκπομπής φωτός (LED) και μια αντίσταση που εξαρτάται από το φως (LDR). Το μηχανικό μέρος περιλαμβάνει έναν σερβοκινητήρα μαζί με τον μικροελεγκτή και ταξινομεί ανάλογα τον τύπο απορριμμάτων. Στην Εικόνα 3.12 παρουσιάζεται το διάγραμμα μπλοκ του κάδου ανακύκλωσης, στην Εικόνα 3.13 το κύκλωμα και στην Εικόνα 3.14 το διάγραμμα ροής.



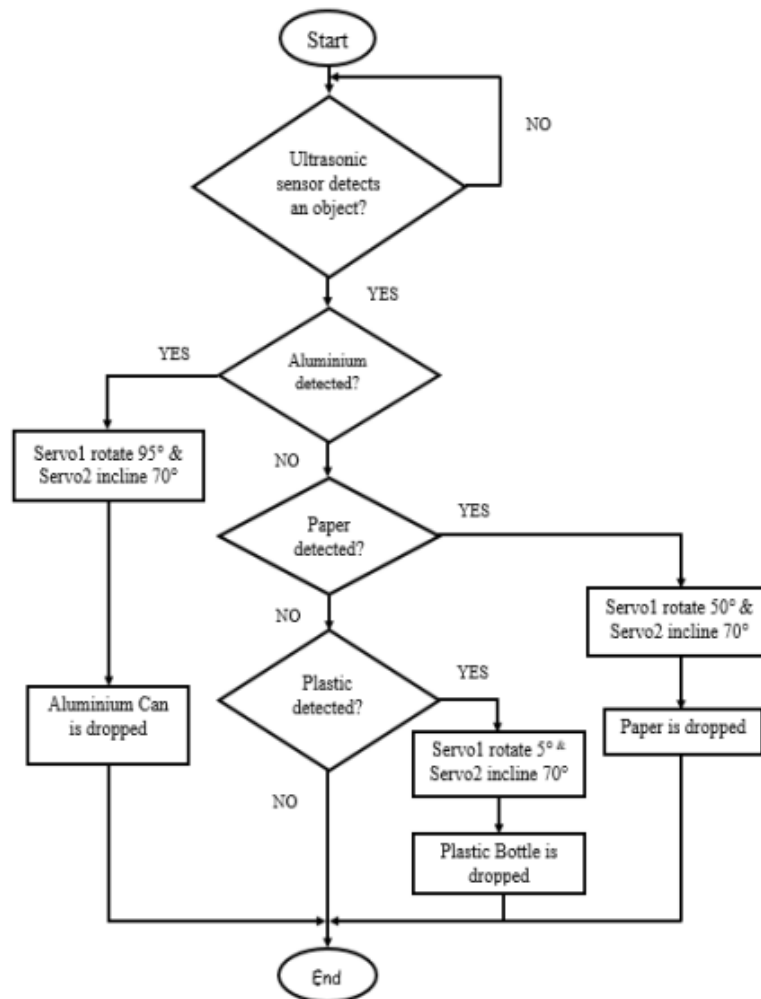
Πηγή: Hassan et al. [8], σελ. 183

Εικόνα 3. 12 Διάγραμμα μπλοκ του κάδου ανακύκλωσης



Πηγή: Hassan et al. [8], σελ. 184

Εικόνα 3. 13 Το κύκλωμα του κάδου ανακύκλωσης

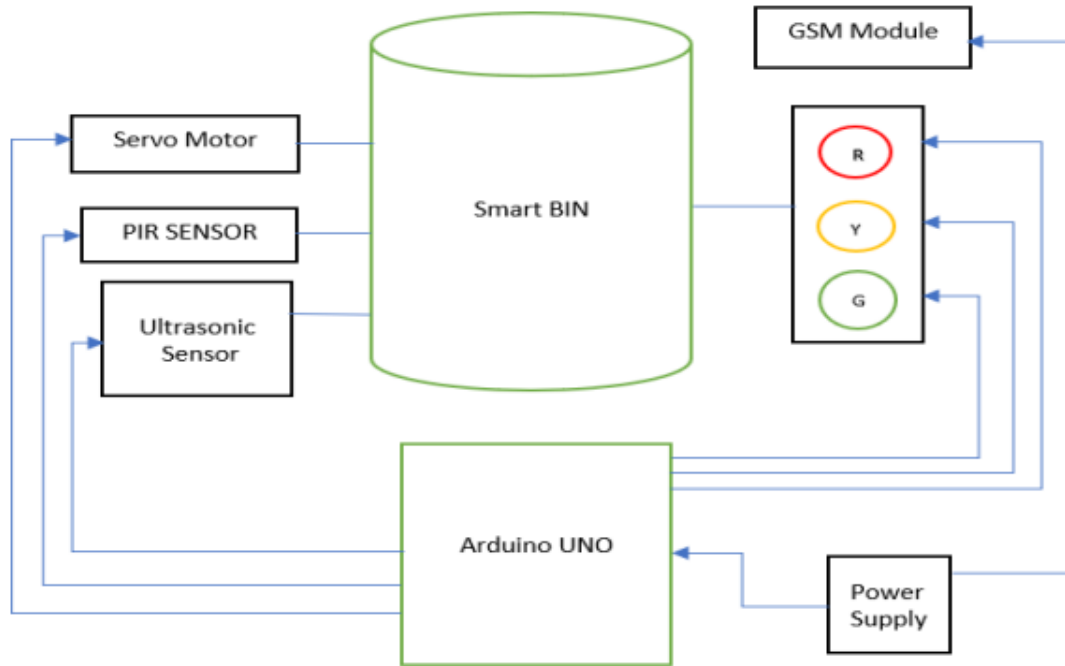


Πηγή: Hassan et al. [8], σελ. 184

Εικόνα 3. 14 Διάγραμμα ροής του κάδου ανακύκλωσης

Τα αποτελέσματα των ερευνητών δείχνουν ότι ο συγκεκριμένος κάδος ανακύκλωσης είναι σε θέση να ταξινομή με επιτυχία τα απορρίμματα, ειδικά τα πλαστικά, και είναι πολύ πιθανό να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ευαισθησία στα απορρίμματα χαρτιού και μετάλλου, η οποία πρέπει να βελτιωθεί περαιτέρω για αποτελεσματικό διαχωρισμό των απορριμμάτων. Για τα απορρίμματα με βάση το μέταλλο χρησιμοποιήθηκε ο επαγωγικός αισθητήρας εγγύτητας που βασίζεται στο μαγνητικό πεδίο. Ωστόσο, για τα απορρίμματα από πλαστικό και χαρτί χρησιμοποιήθηκαν LDR για να επαληθεύσουν την ένταση του φωτός. Οι ερευνητές προτείνουν για τη βελτίωση του μηχανισμού ανίχνευσης να αυξηθεί ο αριθμός των αισθητήρων για το μέταλλο και το χαρτί, καθώς κάθε αισθητήρας διαθέτει μια συγκεκριμένη γωνία ανίχνευσης.

Οι R. P. Chand, V. B. Sri, P. M. Lakshmi, S. S. Chakravathi, O. D. M. Veerendra, O. D. M., και C. V. Rao [9] πρότειναν επίσης, έναν έξυπνο κάδο απορριμμάτων με βάση το Arduino στον οποίο χρησιμοποιούνται αισθητήρες υπερήχων και PIR για την ανίχνευση του επιπέδου των απορριμμάτων στον κάδο και την ανίχνευση της ανθρώπινης κίνησης αντίστοιχα. Το προτεινόμενο διάγραμμα μπλοκ για τον έξυπνο κάδο απορριμμάτων παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.15.

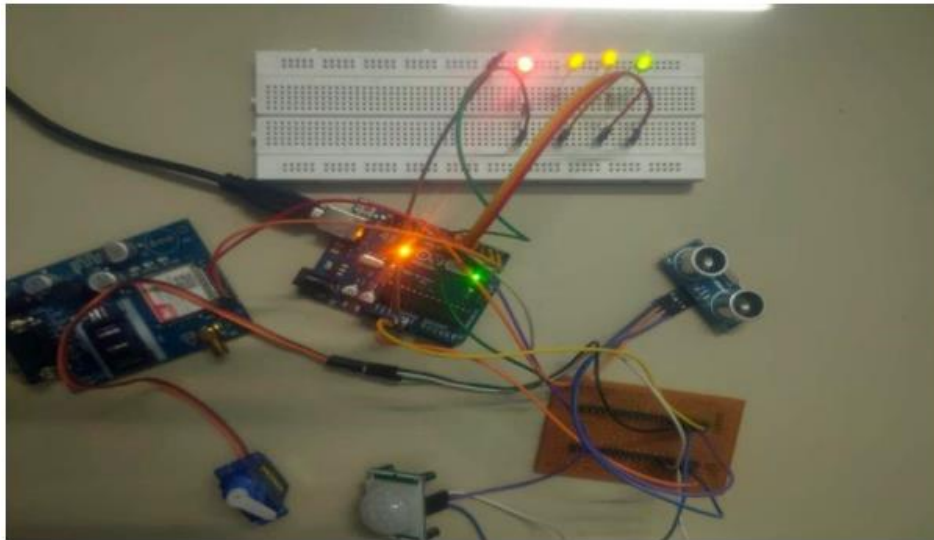


Πηγή: Chand et al. [9], σελ. 493

Εικόνα 3. 15 Διάγραμμα μπλοκ του έξυπνου κάδου απορριμμάτων

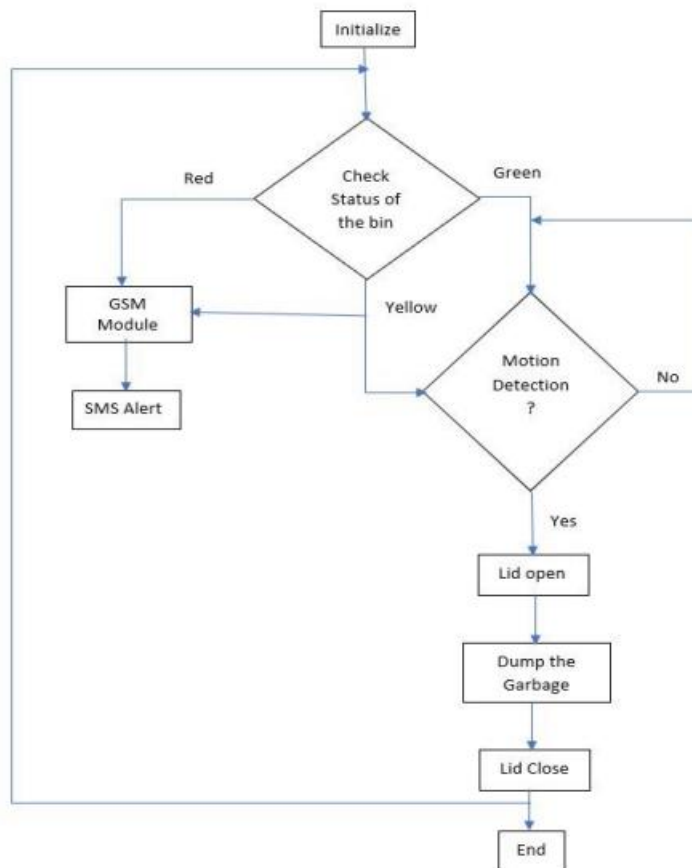
Ο έξυπνος κάδος έχει τρία επίπεδα ενδείξεων με βάση το επίπεδο απορριμμάτων. Ο αισθητήρας υπερήχων αναγνωρίζει το επίπεδο των απορριμμάτων στον κάδο και στέλνει το σήμα ελέγχου στο Arduino. Τα τρία LED συνδέονται με το Arduino. Το πράσινο LED δείχνει ότι η στάθμη των απορριμμάτων είναι κάτω από 10%, το κίτρινο υποδεικνύει το 20 έως 80% της στάθμης των απορριμμάτων και το κόκκινο υποδεικνύει ότι η στάθμη των απορριμμάτων είναι πάνω από 90% στον κάδο. Ο αισθητήρας PIR ανιχνεύει την ανθρώπινη κίνηση και στέλνει το σήμα ελέγχου στο Arduino και στη συνέχεια ενεργοποιεί τον σερβοκινητήρα για να ανοίξει το καπάκι. Τέλος, έχει ενσωματωθεί μια μονάδα GSM για λήψη ειδοποιήσεων από τον κάδο οπότε είναι σχεδόν γεμάτος. Η μονάδα GSM λειτουργεί με βάση τις ενδείξεις LED. Το κύκλωμα για την υλοποίηση του έξυπνου κάδου απορριμμάτων απεικονίζεται στην Εικόνα 3.16.

Τέλος, με βάση το μοντέλο του διαγράμματος μπλοκ και την υλοποίηση του κυκλώματος, αναπτύχθηκε το πρωτότυπο υλικού για τον έξυπνο κάδο απορριμμάτων. Ολόκληρη η διάταξη στερεώθηκε στο πρωτότυπο μοντέλο. Προκειμένου να κατανοηθεί η λειτουργία του προτεινόμενου έξυπνου κάδου απορριμμάτων, αναπτύχθηκε ένα διάγραμμα ροής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.17.



Πηγή: Chand et al. [9], σελ. 494

Εικόνα 3. 16 Υλοποίηση κυκλώματος του έξυπνου κάδου απορριμμάτων



Πηγή: Chand et al. [9], σελ. 494

Εικόνα 3. 17 Διάγραμμα ροής του έξυπνου κάδου απορριμμάτων

### **3.7 Επίλογος**

Στο παρόν κεφάλαιο έγινε η περιγραφή του μικροελεγκτή Arduino, ενώ παρουσιάστηκαν και ορισμένες ενδιαφέρουσες πρακτικές εφαρμογές σε περιπτώσεις ελεγχόμενων κάδων απορριμμάτων. Διαπιστώσαμε ότι ο μικροελεγκτής Arduino έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές αντίστοιχες περιπτώσεις, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία του.

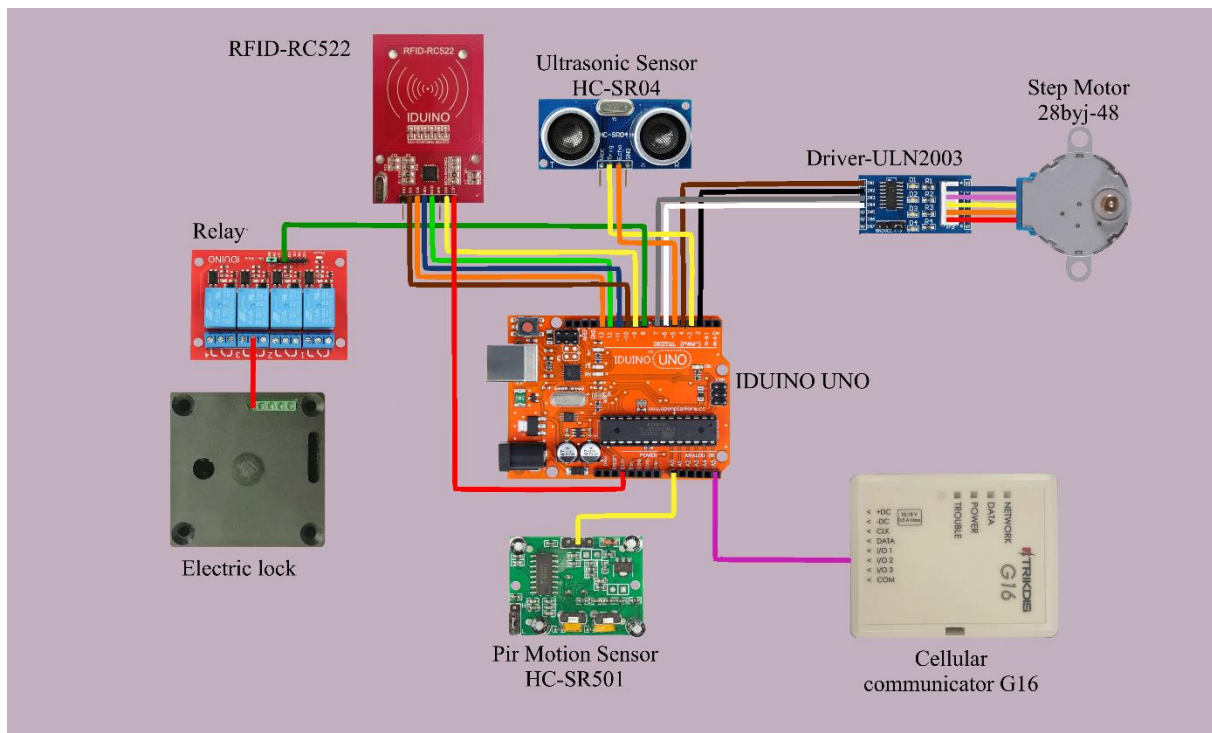
## Κεφάλαιο 4ο: Η Κατασκευή

### 4.1 Εισαγωγή

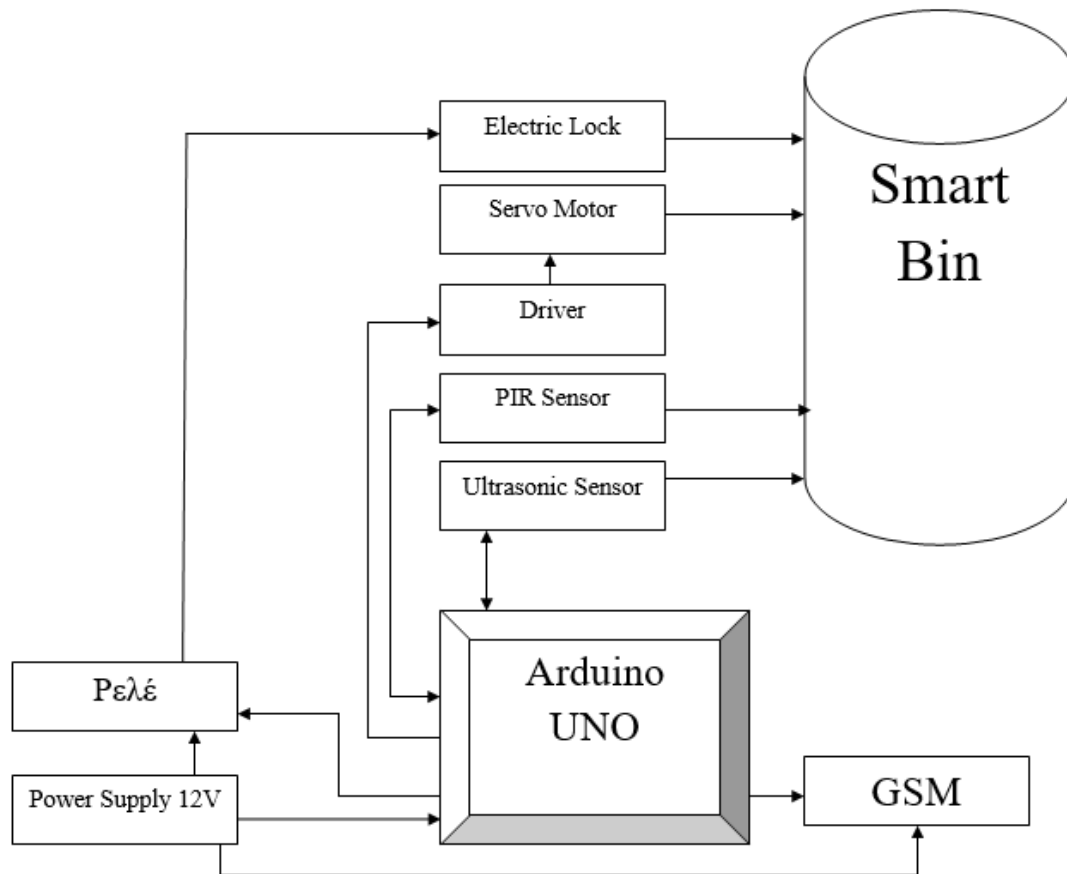
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η κατασκευή που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσης εργασίας. Συγκεκριμένα, αρχικά καταγράφονται τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή, καθώς και το κόστος τους. Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση της κατασκευής, ενώ τέλος αναφέρονται οι δυσκολίες που προέκυψαν κατά την δοκιμή της κατασκευής.

#### 4.1.1 Συνδεσμολογία και Διάγραμμα Μπλοκ

Στο διάγραμμα της Εικόνας 4.18 παρουσιάζεται σχηματικά η συνδεσμολογία των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του έξυπνου κάδου απορριμμάτων, ενώ στην Εικόνα 4.19 παρουσιάζεται το Διάγραμμα Μπλοκ της διάταξης.



Εικόνα 4. 1 Συνδεσμολογία εξαρτημάτων ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού



Εικόνα 4. 2 Διάγραμμα Μπλοκ ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού

## 4.2 Διαδικασία κατασκευής

### 4.2.1 Ηλεκτρονική κλειδαριά

Μετά την συλλογή όλων των υλικών και εξαρτημάτων, ξεκίνησε η υλοποίηση της κατασκευής. Αρχικά πάρθηκαν οι διαστάσεις της ηλεκτρονικής κλειδαριάς ώστε να ανοιχτεί μια τρύπα στο μπροστινό μέρος του κάδου για να τοποθετηθεί. Το μήκος της κλειδαριάς είναι 5.6 cm και το πλάτος 2.6 cm. Η τάση τροφοδοσίας είναι 12VDC και το ρεύμα λειτουργίας είναι 320 mA. Το βάρος της κλειδαριάς είναι 0.1 Kg. Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 4.1 και Εικόνα 4.2) παρατηρούμε την ηλεκτρονική κλειδαριά και την τοποθέτηση της στον κάδο.



Εικόνα 4. 3 Ηλεκτρονική κλειδαριά



Εικόνα 4. 4 Τοποθέτηση ηλεκτρονικής κλειδαριάς

Στη συνέχεια όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.3 χρειάστηκε να κοπεί ένα μέρος από το καπάκι του κάδου ώστε να μπορέσει να εφαρμόσει το καπάκι της κλειδαριάς το οποίο αρχικά βιδώθηκε επάνω σε ένα κομμάτι βινύλιο ώστε να μπορεί να στηριχθεί με βίδες και υγρή κόλλα επάνω στο καπάκι του κάδου και να εφαρμόζει σωστά στην είσοδο της κλειδαριάς. Στις παρακάτω εικόνες παρατηρούμε την τοποθέτηση του καπακιού της ηλεκτρονικής κλειδαριάς επάνω στο καπάκι του κάδου.



Εικόνα 4. 5 Τοποθέτηση καπακιού κλειδαριάς

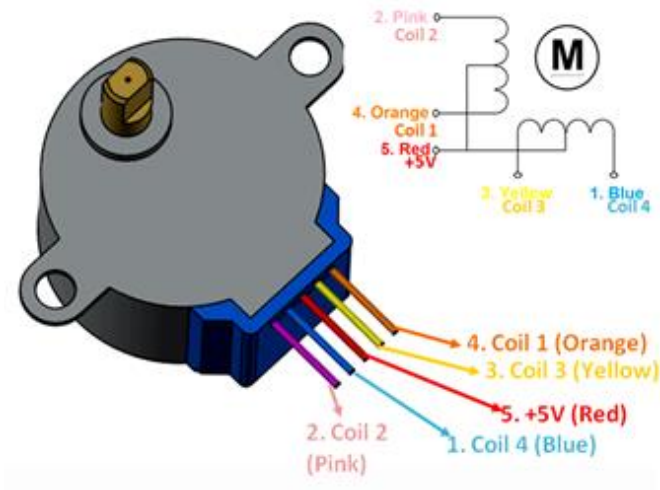
Έπειτα αγοράστηκαν δύο κομμάτια αλουμίνιο στις διαστάσεις του κάδου και ανοίχτηκαν τρύπες για να ενωθούν μεταξύ τους και στη συνέχεια αυτά με τον κάδο διότι εκεί θα τοποθετηθούν τα περισσότερα εξαρτήματα.

#### 4.2.2 Βηματικός κινητήρας

Το δεύτερο εξάρτημα το οποίο τοποθετήθηκε ήταν ο βηματικός κινητήρας. Χρησιμοποιήθηκε ο βηματικός κινητήρας step motor 28byj-48 (Εικόνα 4.4). Είναι ένας βηματικός κινητήρας με μονοπολικό πηνίο 5 ακροδεκτών (Εικόνα 4.5). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.6, ανοίχτηκαν τρύπες και τοποθετήθηκε ο βηματικός κινητήρας στο πίσω μέρος του αλουμινίου και η ροδέλα στο πάνω μέρος του αλουμινίου.



Εικόνα 4. 6 Βηματικός Κινητήρας 28byj-48



Εικόνα 4. 7 Συνδεσμολογία βηματικού κινητήρα

Στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Βηματικού Κινητήρα 28byj-48 που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.

Πίνακας 4. 1 Χαρακτηριστικά Βηματικού Κινητήρα 28byj-48

Χαρακτηριστικά Βηματικού Κινητήρα 28byj-48	
Φάσεις Κινητήρα	4
Τάση τροφοδοσίας	5VDC
Ρεύμα λειτουργίας	40mA
DC Αντίσταση	50Ω ±7% (25°C)
Γωνία βήματος	5.625
Βήματα πλήρης στροφής	64
Συχνότητα	100Hz
Insulated electricity power	600VAC/1mA/1s



Εικόνα 4. 8 Απεικόνιση ρότορα και ροδέλας

Όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 4.5 ο συγκεκριμένος βηματικός κινητήρας έχει τέσσερα πηνία από τα οποία το ένα άκρο τους είναι κοινό και είναι αυτό που συνδέεται στα 5V. Έτσι παρέχετε σταθερή τροφοδοσία 5V στα πηνία τα οποία για να ενεργοποιηθούν πρέπει η άλλη άκρη του πηνίου (τα χρωματιστά καλώδια στην εικόνα) να γειωθεί και έτσι πραγματοποιείται περιστροφή του ρότορα. Η σειρά με την οποία θα ενεργοποιούνται τα πηνία καθώς και η ταχύτητα τους θα καθοριστεί από τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή στην πλακέτα Arduino. Στον παρακάτω Πίνακα 4.3 παρατηρούμε την ακολουθία με την οποία πρέπει να ενεργοποιούνται τα πηνία ώστε να λειτουργήσει σωστά ο βηματικός κινητήρας.

Πίνακας 4. 2 Αλληλουχία ενεργοποίησης πηνίων βηματικού κινητήρα

Ακροδέκτες πηνίων (χρώματα)	Αλληλουχία ενεργοποίησης πηνίων για περιστροφή με την φορά του ρολογιού							
	Βήμα 1	Βήμα 2	Βήμα 3	Βήμα 4	Βήμα 5	Βήμα 6	Βήμα 7	Βήμα 8
Πορτοκαλί	0	0	1	1	1	1	1	0
Κίτρινο	1	0	0	0	1	1	1	1
Ροζ	1	1	1	0	0	0	1	1
Μπλε	1	1	1	1	1	0	0	0
Κόκκινο	1	1	1	1	1	1	1	1

### 4.2.3 Οδηγός ULN2003

Για την οδήγηση του βηματικού κινητήρα χρησιμοποιήθηκε ο οδηγός ULN2003 (Εικόνα 4.7). Ο οδηγός ULN2003 είναι από τους συνηθισμένους IC οδηγούς κινητήρα καθώς είναι πολύ εύκολος στην χρήση του. Αποτελείται από 7 ζεύγη τρανζίστορ Darlington τα οποία μπορεί το καθένα να οδηγήσει φορτία έως και 500mA και 50V. Η πλακέτα διαθέτει μια έτοιμη υποδοχή καλωδίων για την τοποθέτηση των ακροδεκτών του βηματικού κινητήρα που το καθιστά ακόμη πιο εύκολο στην χρήση του ιδιαίτερα για αρχάριους.



Πηγή: Bifelectronic [38]

Εικόνα 4. 9 Οδηγός ULN2003

### 4.2.4 Αισθητήρας PIR-HC-SR501

Για την ανίχνευση κίνησης χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας PIR-HC-SR501 (Εικόνα 4.8). Είναι ένας παθητικός αισθητήρας υπέρυθρης ακτινοβολίας με δυνατότητα σύνδεσης σε πλακέτα Arduino. Χρησιμοποιήθηκε ο συγκεκριμένος αισθητήρας με κριτήρια όπως αναφέρθηκε η συνδεσμολογία του με Arduino καθώς και το χαμηλό του κόστος. Τροφοδοσία δέχεται από την πλακέτα Arduino (5V). Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε στο πάνω εσωτερικό μέρος του αλουμινίου και σε τέτοια θέση ώστε να ανιχνεύει κινήσεις κοντά στον κάδο. Παρακάτω στην Εικόνα 4.9 διακρίνεται η τοποθέτηση του αισθητήρα κίνησης στον κάδο.



Εικόνα 4. 10 Αισθητήρας κίνησης PIR-HC-SR501



Εικόνα 4. 11 Απεικόνιση θέσης αισθητήρα κίνησης

#### 4.2.5 Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04

Παρακάτω χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας υπερήχων HC-SR04 (Εικόνα 4.10). Σκοπός του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι να μετράει την διαθέσιμη χωρητικότητα του κάδου για την ρήψη απορριμμάτων. Τάση τροφοδοσίας παίρνει από την πλακέτα Arduino (5V) και έχει ρεύμα λειτουργίας 15mA. Παρακάτω στην Εικόνα 4.11 διακρίνεται η τοποθέτηση του αισθητήρα υπερήχων στο εσωτερικό του κάδου.



Εικόνα 4. 12 Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04



Εικόνα 4. 13 Απεικόνιση θέσης αισθητήρα υπερήχων

#### 4.2.6 Αισθητήρας RFID RC522

Στη συνέχεια τοποθετήθηκε μία συσκευή RFID RC522 (Εικόνα 4.12). Σκοπός του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι να απασφαλίζει την ηλεκτρονική κλειδαριά κάθε φορά που είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθεί ο κάδος καθώς θα παρέχει ασφάλεια από τρίτους που δεν θα ήταν στην αρμοδιότητα τους να χρησιμοποιήσουν τον συγκεκριμένο κάδο.



Εικόνα 4. 14 Αισθητήρας RFID RC522

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα RFID RC522 διακρίνονται στον παρακάτω Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4. 3 Βασικά χαρακτηριστικά αισθητήρα RFID RC522

Ρεύμα λειτουργίας – Operating current	13-26mA/DC 3.3V
Ρεύμα ρελαντί – Idle current	10-13mA/ 3.3V
Ρεύμα ύπνου – Sleep Current	<80uA
Μέγιστο ρεύμα – Peak current	<30mA
Συχνότητα λειτουργίας	13.56MHz

Παρακάτω στην Εικόνα 4.13 διακρίνεται η τοποθέτηση του RFID RC522 στο εξωτερικό του κάδου.



Εικόνα 4. 15 Τοποθέτηση RFID RC522 στο εξωτερικό του κάδου

#### 4.2.7 Μονάδα GSM Trikdís G16

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η μονάδα GSM Trikdís G16, που φαίνεται στην Εικόνα 4.14, ενώ τα τεχνικά χαρακτηριστικά της παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5.



Πηγή: Trikdis [39]

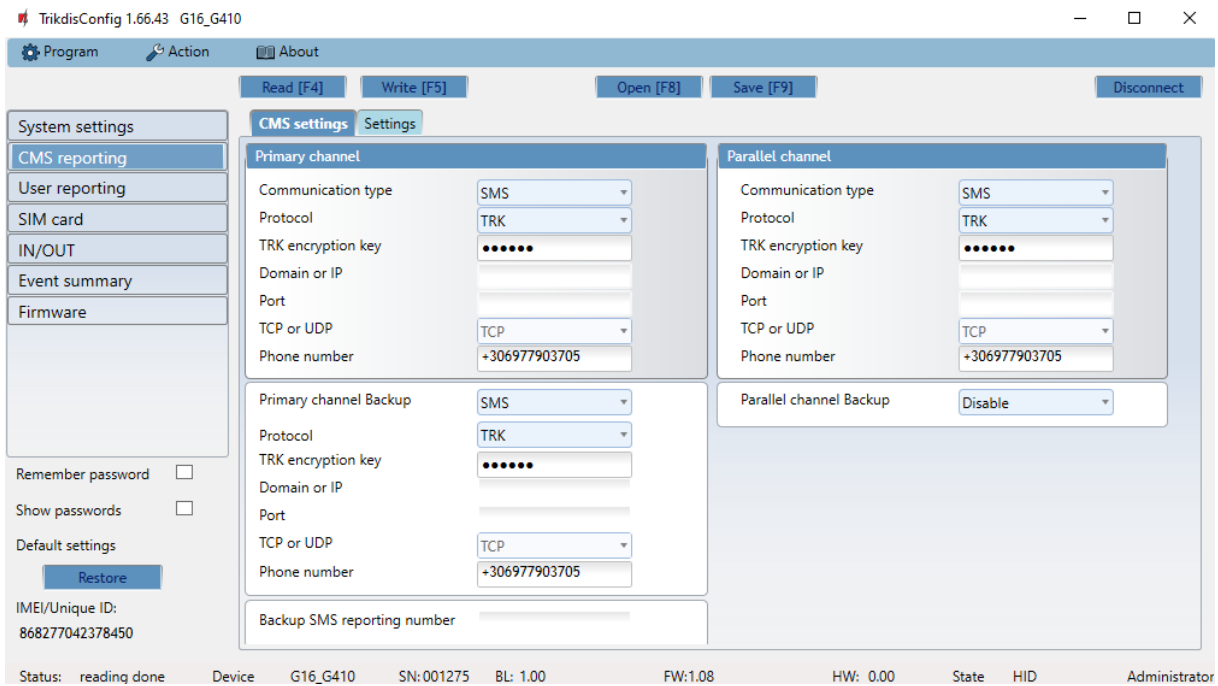
Εικόνα 4. 16 Μονάδα GSM Trikdis G16

Πίνακας 4. 4 Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας GSM Trikdis G16

2G modem frequencies	850 / 900 / 1800 / 1900 MHz
3G modem frequencies	800 / 850 / 900 / 1900 / 2100 MHz
4G modem frequencies	Depends on region
Power supply voltage	10-18 VDC
Current consumption	60-100 mA (on standby)

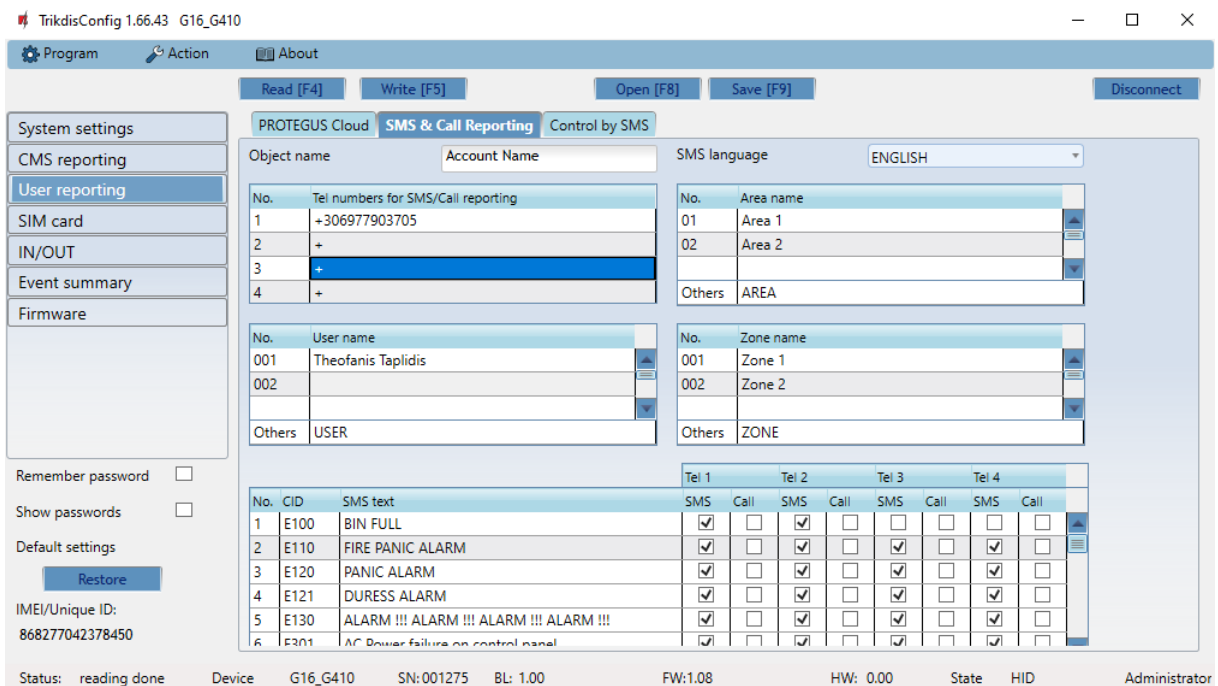
Πηγή: Trikdis [39]

Η εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε για το GSM είναι ανοιχτή και προσβάσιμη, και παρουσιάζεται στις Εικόνες 4.15 και 4.16. Πρόκειται για την εφαρμογή TrikdisConfig (Η συγκεκριμένη εφαρμογή είναι διαθέσιμη στην διεύθυνση: <https://www.trikdis.com/>).



Πηγή: Trikdis [39]

Εικόνα 4. 17 Η εφαρμογή TrikdisConfig (α)



Πηγή: Trikdis [39]

Εικόνα 4. 18 Η εφαρμογή TrikdisConfig (β)

#### 4.2.8 Τελική κατασκευή

Η τελική κατασκευή, φαίνεται στην Εικόνα 4.17.



Εικόνα 4. 19 Τελική κατασκευή ελεγχόμενου κάδου απορριμμάτων μολυσματικού βιολογικού υλικού



Εικόνα 4. 18 Τοποθέτηση και συνδεσμολογία εξαρτημάτων

### 4.3 Υλικά και εξαρτήματα

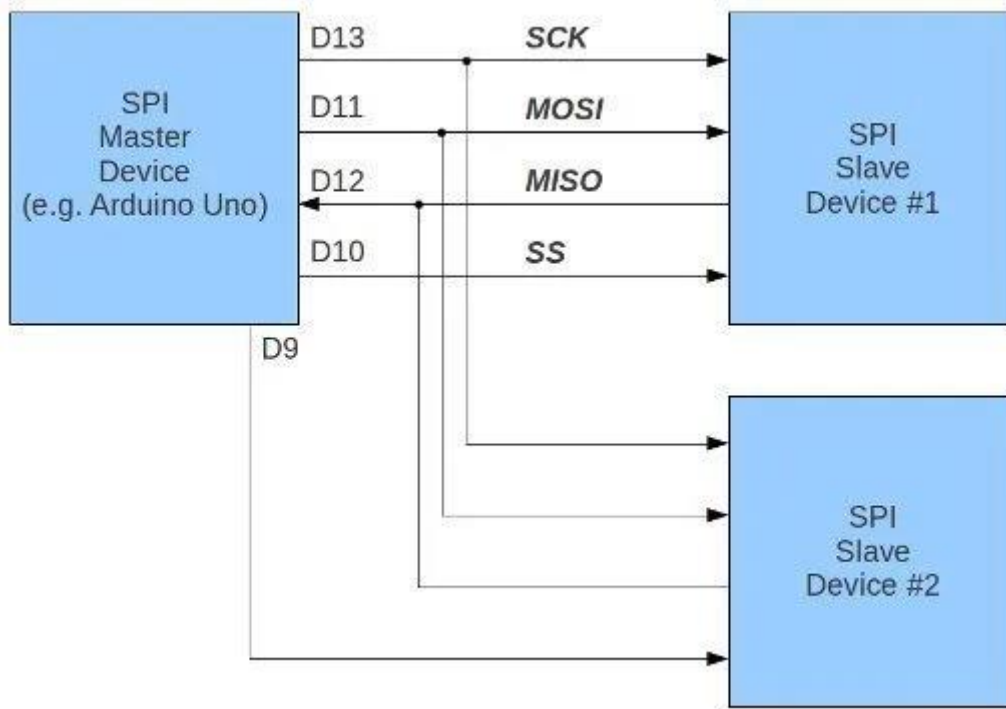
Τα υλικά και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή είναι αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Το συνολικό κόστος της κατασκευής ανήλθε σε 292€. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο κόστος προήλθε από την συσκευή GSM.

Πίνακας 4. 5 Υλικά και εξαρτήματα κατασκευής

A/A	Εξάρτημα	Κόστος
1	Κάδος απορριμμάτων	60€
2	Ηλεκτρονική κλειδαριά	25€
3	Ρελέ	5€
5	Κομμάτια αλουμίνιο	30€
6	Βηματικός κινητήρας (step motor 28byj-48)	4€
7	Οδηγός ULN2003	1,9€
8	Αισθητήρας PIR-HC-SR501	1,76€
9	Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04	4,5€
10	Αισθητήρας RFID RC522	4,84€
11	Συσκευή GSM Triadis G16	155€
<b>Σύνολο</b>		<b>292€</b>

#### 4.3.1 Πρωτόκολλο επικοινωνίας Arduino

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιήθηκε είναι το Serial Peripheral Interface (SPI), που φαίνεται στην Εικόνα 4.20. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επιτρέπει την επικοινωνία του μικροελεγκτή με τις άλλες συσκευές σειριακά και με σύγχρονο τόπο. Χρησιμοποιεί δηλαδή, ξεχωριστές γραμμές για τα δεδομένα και για το σήμα ρολογιού. Αυτό καθιστά τις συσκευές που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο πρωτόκολλο τέλεια συγχρονισμένες. Στα πλεονεκτήματα του SPI συγκαταλέγεται η ευελιξία, η απλή διεπαφή υλικού, η μεγαλύτερη ταχύτητα, η πολλαπλή συνδεσιμότητα, η full-duplex επικοινωνία και η μη αναγκαιότητα για πομποδέκτη [40].



Πηγή: R. Naveenraj [40]

Εικόνα 4. 19 Το Πρωτόκολλο επικοινωνίας SPI

#### 4.4 Κώδικας

Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε είναι ο ακόλουθος.

```
#include <AccelStepper.h>
#include <MultiStepper.h>
#include <MFRC522.h>
#include <SPI.h>
```

```

#include <NewPing.h>

#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
#define RelayPin 8
#define SensorPin A0
#define STEPPER_PIN_1 4
#define STEPPER_PIN_2 2
#define STEPPER_PIN_3 7
#define STEPPER_PIN_4 6
#define Sonar_Trigger 3
#define Sonar_Echo 5
#define Gsm A5

#define eksodos A2

//eco portokali  5
//trigger->kitrino  3

//Variables
int step_number = 0;
int counter = 0;
//RFID rfid(SS_PIN, RST_PIN);
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
NewPing sonar (3, 5, 110);

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  //Stepper Motor Start

```

```
pinMode(STEPPER_PIN_1, OUTPUT);
pinMode(STEPPER_PIN_2, OUTPUT);
pinMode(STEPPER_PIN_3, OUTPUT);
pinMode(STEPPER_PIN_4, OUTPUT);
//Stepper Motor End

//Sensor Start
pinMode(SensorPin, INPUT);
//Sensor End

//RFID Start
Serial.println("Starting the RFID Reader...");
SPI.begin();
//rfid.init();
mfrc522.PCD_Init();
//RFID End

//Relay Start
pinMode(RelayPin, OUTPUT);
//pinMode(eksodos, OUTPUT);
//digitalWrite(eksodos,HIGH);
//RelayEnd

//GSM Start
pinMode(Gsm, OUTPUT);
digitalWrite(Gsm,HIGH);
//GSM End
}

void loop() {

//Serial.print(rfid.isCard() && digitalRead(SensorPin));
Serial.print("No Card. The distance is: ");
```

```

Serial.print(sonar.ping_cm());
Serial.print("\n");
if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()) {
  Serial.print("Card Found\n");
  //digitalWrite(eksodos,HIGH);
  if (digitalRead(SensorPin)) {
    Serial.print("and Movement Found\n");
    Serial.print("Relay On\n");
    digitalWrite(RelayPin, HIGH);
    delay(500); //Delay Before Opening
    for(int a=0;a<10000;a++){ //Motor Opens Bin
      OneStep(false);
      delay(2);
    }
    //delay(5000); //Small Delay Before Close
    while(counter<=10){
      Serial.print(digitalRead(SensorPin));
      if (digitalRead(SensorPin))
      {
        counter = 0;
      }
      else
      {
        counter++;
      }
      delay(200);
    }
    counter=0;
    Serial.print("Start Closing\n");
    for(int a=0;a<10000;a++){ //Motor Closes Bin
      OneStep(true);
      delay(2);
    }
  }
}

```

```

Serial.print("Relay Off\n");

digitalWrite(RelayPin, LOW);

pinMode(RelayPin, OUTPUT);

mfr522.PCD_Init();

int cm = 0;
for (int i=0;i<10;i++)
{
    cm+=sonar.ping_cm();
    delay(100);
}
cm/=10;
Serial.print("Distance is: ");
Serial.print(cm);
Serial.print("\n");
if(cm<=20)
{
    Serial.print("Send GSM message\n");
    digitalWrite(Gsm,LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(Gsm,HIGH);
}
NewPing sonar (3, 5, 110);
pinMode(Gsm, OUTPUT);
}
Serial.print("but No Movement Found\n");
}

delay(500);
}
/** Motor Function
 * @param dir the direction of motor movement
 */

```

```
void OneStep(bool dir){
    if(dir){
switch(step_number){
    case 0:
        digitalWrite(STEPPER_PIN_1, HIGH);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_2, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_3, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_4, LOW);
        break;
    case 1:
        digitalWrite(STEPPER_PIN_1, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_2, HIGH);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_3, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_4, LOW);
        break;
    case 2:
        digitalWrite(STEPPER_PIN_1, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_2, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_3, HIGH);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_4, LOW);
        break;
    case 3:
        digitalWrite(STEPPER_PIN_1, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_2, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_3, LOW);
        digitalWrite(STEPPER_PIN_4, HIGH);
        break;
    }
    }
else{
    switch(step_number){
    case 0:
        digitalWrite(STEPPER_PIN_1, LOW);
```

```
digitalWrite(STEPPER_PIN_2, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_3, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_4, HIGH);
break;
case 1:
digitalWrite(STEPPER_PIN_1, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_2, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_3, HIGH);
digitalWrite(STEPPER_PIN_4, LOW);
break;
case 2:
digitalWrite(STEPPER_PIN_1, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_2, HIGH);
digitalWrite(STEPPER_PIN_3, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_4, LOW);
break;
case 3:
digitalWrite(STEPPER_PIN_1, HIGH);
digitalWrite(STEPPER_PIN_2, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_3, LOW);
digitalWrite(STEPPER_PIN_4, LOW);
}
}
step_number++;
if(step_number > 3){
    step_number = 0;
}
}
```

#### **4.5 Δοκιμές κατασκευής και δυσκολίες - προβλήματα**

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής πραγματοποιήθηκαν δοκιμές για την αξιολόγηση της λειτουργίας και για τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων ή δυσκολιών. Η λειτουργία το κάδου

αξιολογήθηκε ως απόλυτα ικανοποιητική, ενώ δεν σημειώθηκαν προβλήματα και δυσκολίες. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η κατασκευή που προέκυψε είχε μεγάλο όγκο.

#### 4.6 Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφηκαν τα συστατικά μέρη της κατασκευής του έξυπνου κάδου απορριμμάτων, ενώ επίσης, περιγράφηκε αναλυτικά η διαδικασία υλοποίησής της και παρουσιάστηκε ο κώδικας της κατασκευής. Το κεφάλαιο ολοκληρώθηκε με την παράθεση των προβλημάτων που προέκυψαν κατά την διαδικασία των δοκιμών.

## Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα

Η μελέτη της βιβλιογραφίας έδειξε ότι ο μικροελεγκτής Arduino έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές ελεγχόμενων κάδων απορριμμάτων με πολλά πλεονεκτήματα. Επίσης, διαπιστώσαμε ότι οι εφαρμογές που σχετίζονται με μολυσματικό υλικό είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, λόγω της ασφάλειας που παρέχουν στους χρήστες. Το συγκεκριμένο είδος απορριμμάτων ενέχει πολλούς κινδύνους για τους χρήστες αν δεν απορριφθεί με ασφάλεια. Συνεπώς, μια ελεγχόμενη κατασκευή που επιτρέπει την

απόρριψη μολυσματικού υλικού χωρίς επαφή έχει μεγάλη πρακτική χρησιμότητα σε χώρους όπως νοσοκομεία και κλινικές.

Από την κατασκευή που υλοποιήσαμε στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, που αποτελεί έναν πρωτότυπο ελεγχόμενο κάδο απορριμμάτων μολυσματικού υλικού, επιβεβαιώσαμε τα βιβλιογραφικά δεδομένα, καθώς διαπιστώσαμε πολλά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα, στα πλεονεκτήματα της κατασκευής μας συγκαταλέγονται τα εξής: χαμηλό κόστος υλικών, ευκολία κατασκευής, ευχρηστία, μικρές απαιτήσεις συντήρησης. Τα πλεονεκτήματα αυτά, σε συνδυασμό με την ασφάλεια για τους χρήστες που προαναφέρθηκε, καθιστούν την κατασκευή μας ιδιαίτερα χρήσιμη.

Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης, τα οποία αφορούν συγκεκριμένα στην κατασκευή. Μετά την υλοποίηση της διάταξης διαπιστώθηκε ότι ο όγκος της κατασκευής είναι αρκετά μεγάλος. Για οικονομία χώρου, θα μπορούσαμε να αποφύγουμε την αλουμινοκατασκευή που χρησιμοποιήθηκε και να υλοποιήσουμε μια διαφορετική διάταξη των στοιχείων, τα οποία ωστόσο θα λειτουργούσαν με τον ίδιο τρόπο, καθώς η λειτουργία τους κρίθηκε ιδιαίτερα ικανοποιητική και χωρίς προβλήματα. Θα πρέπει να επισημανθεί όμως, ότι μια τέτοια τροποποίηση θα οδηγούσε σε αύξηση του κόστους, καθώς θα απαιτούσε έναν καλύτερο βηματικό κινητήρα, υψηλότερου κόστους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] A. M. F. Durrani, A. U. Rehman, A. Farooq, J. A. Meo, and M. T. Sadiq, “An automated waste control management system (AWCMS) by using Arduino”, Proc. IEEE International Conference on Engineering and Emerging Technologies, 2019, pp. 1-6.
- [2] Α. Μπιλάλη και Π. Γαλάνης, ‘Ιατρικά απόβλητα στις υγειονομικές μονάδες’, Αρχαία Ελληνικής Ιατρικής, Τόμος 36, Τεύχος 5, σσ. 682-686, 2019.
- [3] World Health Organization, *Safe management of wastes from health-care activities*, Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2014.
- [4] E. S. Windfeld, and M. S. L. Brooks, “Medical waste management—A review”, Journal of environmental management, vol. 163, pp. 98-108, 2015.
- [5] N. Singh, O. A. Ogunseitan and Y. Tang, “Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management”, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 52, no 11, pp. 2000-2022, 2022.
- [6] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender, and E. Steinmann, “Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents”, J. Hosp. Infect., vol. 104, no 3, pp. 246-251, 2020.
- [7] F. E. Samann, “The design and implementation of smart trash bin”, *Academic Journal of Nawroz University*, vol. 6, no 3, pp. 141-148, 2017.
- [8] H. Hassan, F. Saad, and M. S. M. Raklan, “A low-cost automated sorting recycle bin powered by Arduino microcontroller”, Proc. IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), 2018, pp. 182-186.
- [9] R. P. Chand, V. B. Sri, P. M. Lakshmi, S. S. Chakravathi, O. D. M. Veerendra, O. D. M., and C. V. Rao, “Arduino Based Smart Dustbin for Waste Management during Covid-19”, In 5th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), 2021, pp. 492-496.
- [10] Wikipedia: <https://el.wikipedia.org>
- [11] Κ. Καλοβρέκτης και Ν. Κατέβας, *Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Α. Τζιόλα 3η Έκδοση, 2018.
- [12] Hellas Digital: <https://www.hellasdigital.gr>
- [13] Spurk Fun, Datasheets: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
- [14] Create Arduino: <https://create.Arduino.cc/projecthub/abdularbi17/ultrasonic-sensor-hc-sr04-with-Arduino-tutorial-327ff6>
- [15] Datasheet HC-SR50: <https://datasheetpdf.com/pdf-file/775434/ETC/HC-SR501/1>
- [16] Market Guides: <https://www.makerguides.com/hc-sr501-Arduino-tutorial/>
- [17] Spark Fun: <https://www.sparkfun.com>
- [18] Hyperlight Systems: <http://www.hyperlight.systems/blog/high-frequency-vs-ultra-high-frequency-rfid>
- [19] Robotistan: <https://www.robotistan.com/nema-23-200-step-57x76mm-86v-step-motor>

- [20] Γ. Αμπατζόγλου, *Ρομποτική, Έλεγχος βηματικού κινητήρα*, ηλεκτρονικά διαθέσιμο: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/robotiki\\_G\\_2018\\_final/\\_2.html](http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/robotiki_G_2018_final/_2.html)
- [21] Get Cert <https://www.getcert.gr/pos-leitourgei-to-stepper-motor/>
- [22] Grobotronics: <https://grobotronics.com/a4988.html>
- [23] Electronics Lab: <https://www.electronics-lab.com/project/3a-unipolar-stepper-motor-driver/>
- [24] All Data Sheet: <https://pdf1.alldatasheet.com>
- [25] Mikroe: <https://www.mikroe.com/bipolar-stepper-motor-driver-board>
- [26] Διερευνητική Μάθηση: <https://www.why.gr>
- [27] Electro Kit: <https://www.electrokit.com>
- [28] Quasar Electronics: <https://quasarelectronics.co.uk/kit-files/electronic-kit/3187.pdf>
- [29] CNC Router Source: <http://www.cncroutersource.com>
- [30] Engineers Garage: <https://www.engineersgarage.com>
- [31] G2: <https://www.g2.com/products/Arduino-ide/reviews>
- [32] Generation Robots: <https://blog.generationrobots.com/en/need-help-choosing-the-right-Arduino/>
- [33] Robomart: <https://www.robomart.com/atmega328-microcontroller-for-Arduino>
- [34] The Engineering Projects: <https://www.theengineeringprojects.com/2017/08/introduction-to-atmega328.html>
- [35] Electronics Curiosities: [https://www.electronicscuriosities.com/2019/08/pins-description-and-hardware\\_31.html](https://www.electronicscuriosities.com/2019/08/pins-description-and-hardware_31.html)
- [36] Create Arduino: <https://create.Arduino.cc/projecthub/josie99/smart-trash-bin-automation-7c8dea>
- [37] Electronics Hub: <https://www.electronicshub.org/smart-dustbin-using-Arduino/>
- [38] Bifelectronic: <https://www.bifelectronic.com>
- [39] Trikdis: <https://www.trikdis.com/>
- [40] R. Naveenraj, *Arduino Communication Protocols (Wired and Wireless for IoT)*, November 3, 2019, available online: <https://technobyte.org/arduino-communication-protocols-wired-wireless-for-iot/>