



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΡΑΚΗΣ

# Εξαμηνιαία Εργασία

Σύστημα υποβοήθησης παρκαρίσματος με  
τη χρήση υπερηχητικού αισθητήρα

Ηλεκτρονικές μετρήσεις

Οι φοιτητές

**Ιωάννης Δερμεντζής (58042)**

**Παναγιώτης Γουγούσης (58198)**

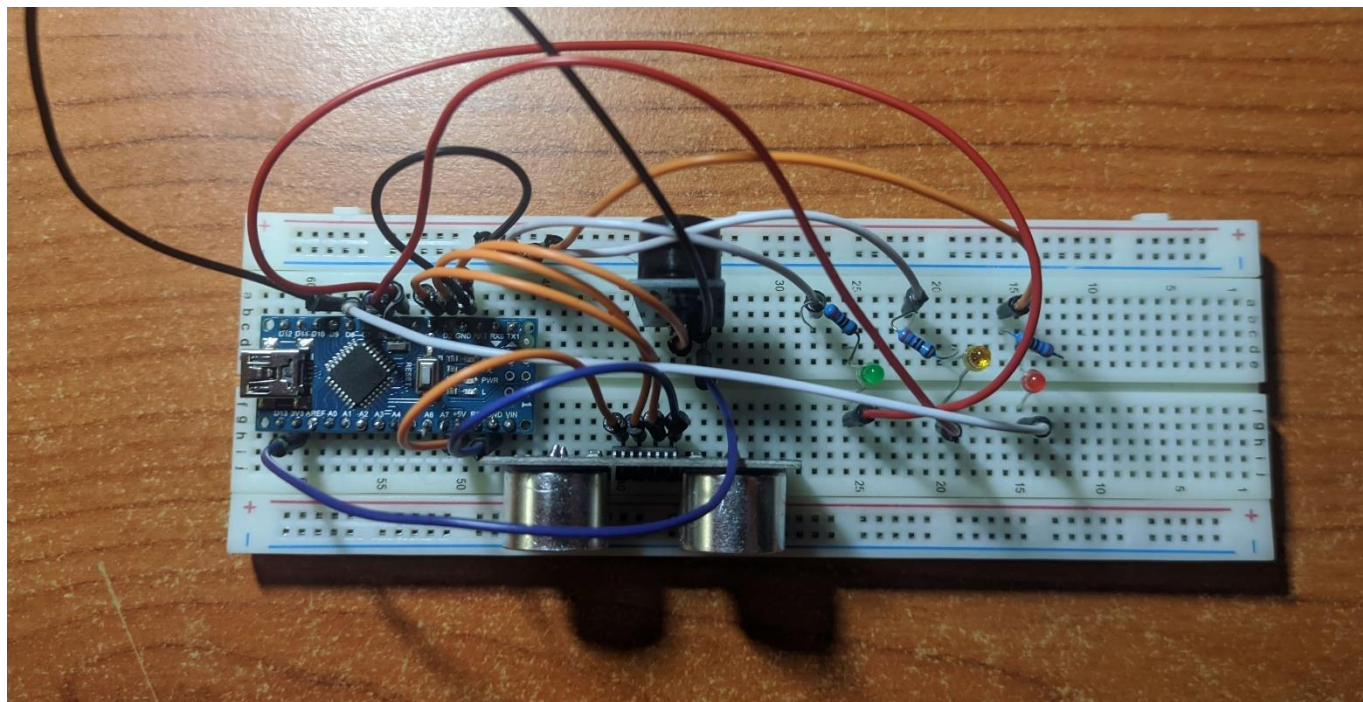
# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1) Εισαγωγή. ....	Σελ: 2
2) Θεωρία. ....	Σελ: 3-8
2.1) Φυσική πίσω από το πείραμα. ....	Σελ: 3-4
2.2) Χαρακτηριστικά Εξαρτημάτων. ....	Σελ: 5-8
3) Πείραμα.....	Σελ: 9-15
3.1) Συνδεσμολογία. ....	Σελ: 9
3.2) Κώδικας. ....	Σελ: 10-14
3.3) Μέθοδος Μετρήσεων. ....	Σελ: 15
4) Αποτελέσματα. ....	Σελ: 16-19
5) Συμπεράσματα. ....	Σελ: 20-21
6) Βιβλιογραφία. ....	Σελ: 22

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε έναν υπερηχητικό αισθητήρα, τρία led με χρώμα πορτοκαλί, πράσινο, κόκκινο, έναν υπολογιστή, ένα buzzer και έναν μικροελεγκτή. Σκοπός του πειράματος είναι η κατασκευή ενός αισθητήρα αποφυγής πρόσκρουσης παρόμοιο με αυτόν που έχουν τα αυτοκίνητα για να αποφεύγουν τις συγκρούσεις κυρίως κατά τη διαδικασία της στάθμευσης.

Ο λόγος που διαλέξαμε αυτήν την εργασία είναι επειδή συνδυάζει τόσο την λήψη αναλογικών σημάτων όσο και την μετατροπή τους σε ψηφιακά έτσι ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν από ένα ψηφιακό σύστημα. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή αυτό το σύστημα είναι ένας μικροελεγκτής ο οποίος ανάλογα με την ένταση του σήματος που δέχεται δίνει σήμα στο buzzer να ηχήσει με όλο και μεγαλύτερη συχνότητα.



Εικόνα 1.1: Το Κύκλωμα του Συστήματος Υποβοήθησης παρκαρίσματος.

## ΘΕΩΡΙΑ

Θεωρητικά το πείραμα που υλοποιείται, λειτουργεί με τον εξής τρόπο.

Πρώτα από όλα χρησιμοποιούμε τον υπερηχητικό αισθητήρα HC-SR04 καθώς είναι ένα αξιόπιστο εξάρτημα που μπορεί να εντοπίζει το αν και σε πια απόσταση βρίσκεται κάποιο εμπόδιο μπροστά του. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του φαινομένου της ανάκλασης των υπερήχων, δηλαδή των ηχητικών κυμάτων που έχουν συχνότητα μεγαλύτερη των 20.000Hz. Η διαδικασία ξεκινάει με την εκπομπή ενός τέτοιου κύματος και την μετάβαση της εκπομπής του ακροδέκτη ECHO στην κατάσταση High. Έπειτα το σύστημα θα συνεχίσει να εκπέμπει συχνότητα High μέχρι να παραλάβει το ανακλώμενο ηχητικό κύμα το οποίο θα αλλάξει την εκπομπή του σε Low. Ο χρόνος που χρειάζεται το κύμα για να φτάσει στον ακροδέκτη είναι της τάξης των millisecond(ms) και διαφέρει ανάλογα την απόσταση που έχει το αντικείμενο από τον αισθητήρα μας. Σε περίπτωση που δεν ληφθεί το ανακλώμενο κύμα, ο αισθητήρας θεωρεί ότι δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο από μπροστά του και μεταβάλλει την εκπομπή του σε Low αφού περάσει ένα συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο. Η διάρκεια του παλμού High είναι αυτή που ορίζει την απόσταση που έχει το εμπόδιο από τον αισθητήρα. Μετατρέποντας έτσι μια αναλογική τιμή, την απόσταση, σε ψηφιακό σήμα.

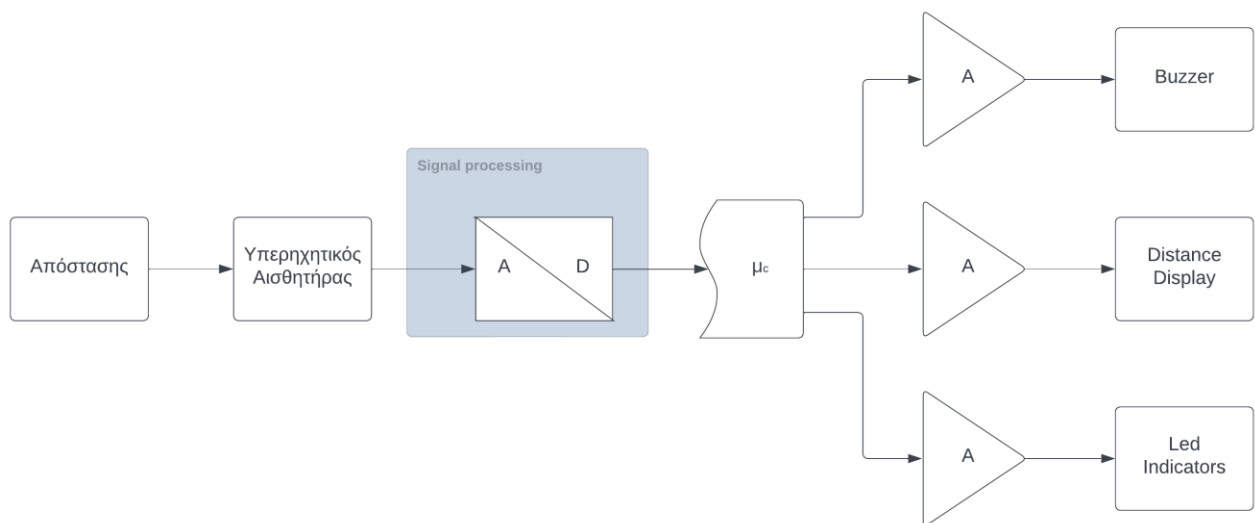
Έπειτα το ψηφιακό σήμα που παίρνουμε από τον αισθητήρα το χρησιμοποιούμε σαν είσοδο στον μικροελεγκτή μας. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε την τελική απόσταση του εμποδίου πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του κύματος, που είναι μια σταθερά, με τον χρόνο που παρέμεινε στην κατάσταση High το σήμα μας δια του δύο.

$$(\text{απόσταση} = \text{ταχύτητα κύματος} * \text{χρόνος} / 2)$$

Γνωρίζοντας τώρα την απόσταση, ρυθμίζουμε τον μικροελεγκτή ώστε να εξάγει ένα μεταβαλλόμενο ψηφιακό σήμα ανάλογο αυτής της απόστασης.

Τέλος το Buzzer, τα Led και ο υπολογιστής μας, θα δέχονται σαν είσοδο το σήμα που εξάγει ο μικροελεγκτής μας και με βάση την τιμή του θα λειτουργούν ως εξής.

- Το Buzzer θα εκπέμπει έναν ήχο με αυξανόμενη συχνότητα αντιστρόφως ανάλογη της απόστασής μας.
- Τα Led θα ανάβουν διαδοχικά δηλώνοντας ορισμένες αποστάσεις. Το πράσινο ανάβει στα 70cm. Το πορτοκαλί στα 50cm. Και το κόκκινο στα 30cm.
- Στην οθόνη του υπολογιστή μας θα απεικονίζεται η ακριβής απόσταση που υπολογίζει ο αισθητήρας μας την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



**Εικόνα 2.1: Block Διάγραμμα του Κυκλώματος.**

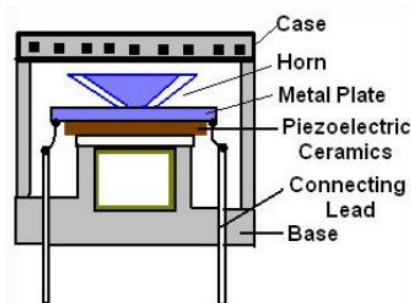
### Αναλυτικά Χαρακτηριστικά εξαρτημάτων:

**α) Ο Αισθητήρας HC-SR04:** είναι ένας απλός και εύχρηστος αισθητήρας που με την βοήθεια υπερήχων επιτρέπει την ακριβή μέτρηση αποστάσεων. Ο αισθητήρας λειτουργεί σε τάσεις μεταξύ των  $3.3 - 5V_{(dc)}$  και χρειάζεται ρεύμα έντασης περίπου 15mA. Αυτό, σε συνδυασμό με το μικρό του μέγεθος, τον καθιστά μια καλή επιλογή για μικρά projects. Βέβαια το μικρό του μέγεθος αντισταθμίζεται με το γεγονός ότι μπορεί να μετρήσει αποστάσεις έως και 400 cm. Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους τόσο για την δημιουργία του υπερηχητικού κύματος όσο και για την παραλαβή του. Ο συγκεκριμένος κρύσταλλος χρησιμοποιήθηκε λόγω της ιδιότητας του να ταλαντώνεται σε υψηλές συχνότητες όταν αυτός διαπερνάται από ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργώντας έτσι ένα ηχητικό κύμα με συχνότητα 40 KHz. Επίσης άμα ταλαντωθεί από ένα εξωτερικό κύμα τότε ο κρύσταλλος παράγει δικό του ηλεκτρικό ρεύμα.

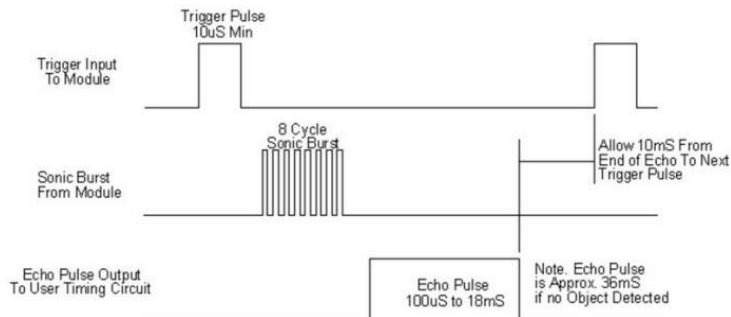
Βέβαια ο αισθητήρας έχει τους έξης τρεις περιορισμούς:

- 1) Δεν μπορεί να μετρήσει αντικείμενα που η επιφάνεια τους σχηματίζει γωνία μεγαλύτερη των  $45^\circ$  με την διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
- 2) Δεν μπορεί να εντοπίσει αντικείμενα που έχουν πολύ μικρό εμβαδόν καθώς δεν αντανakλούν τους υπέρηχους
- 3) Δεν μπορεί να εντοπίσει μαλακές επιφάνειες καθώς απορροφούν το κύμα και δεν το αφήνουν να επιστρέψει.

Επομένως, από τα χαρακτηριστικά του και την λειτουργία του που αναλύθηκε παραπάνω παρατηρείται ότι ο αισθητήρας υπολογίζει με έμμεσο τρόπο την μέτρηση του φυσικού μεγέθους διορθωμένη από διάφορες παρασιτικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις. Επίσης, μας δίνει στην έξοδό του ένα ψηφιακό σήμα που όχι μόνο το μεταφέρει, αλλά και επικοινωνεί με ένα υπολογιστικό δίκτυο, στην προκειμένη περίπτωση τον μικροεπεξεργαστή. Αυτά είναι τα χαρακτηριστικά που κατατάσσουν τον αισθητήρα μας ως ευφυή.



Εικόνα 2.2: Δομή του Υπερηχητικού Αισθητήρα.

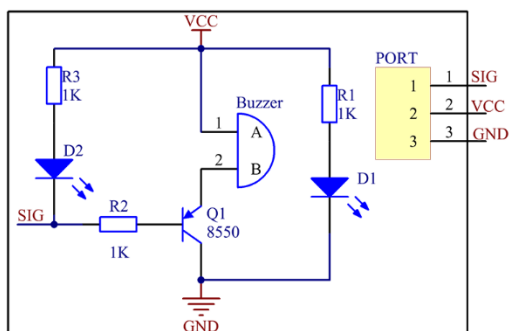


Εικόνα 2.3: Τα Σήματα στα Pin Εισόδου/Εξόδου του Αισθητήρα.

Electrical Parameters	Value
Operating Voltage	3.3Vdc ~ 5Vdc
Quiescent Current	<2mA
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Operating Range & Accuracy	2cm ~ 400cm ( 1in ~ 13ft) ± 3mm
Sensitivity	-65dB min
Sound Pressure	112dB
Effective Angle	15°
Connector	4-pins header with 2.54mm pitch
Dimension	45mm x 20mm x 15mm
Weight	9g

Εικόνα 2.4: Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά του Αισθητήρα.

**β) Το Παθητικό Buzzer:** είναι ένα σύστημα που παράγει ήχο. Θεωρείται παθητικός γιατί δεν μπορεί να παράξει ήχο από μόνο του αλλά χρειάζεται την επέμβαση μίας εξωτερικής πηγής. Λειτουργεί σε τάσεις 3.3 – 5V και απαιτεί ψηφιακή είσοδο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το buzzer ενεργοποιείται με σήμα '0'.



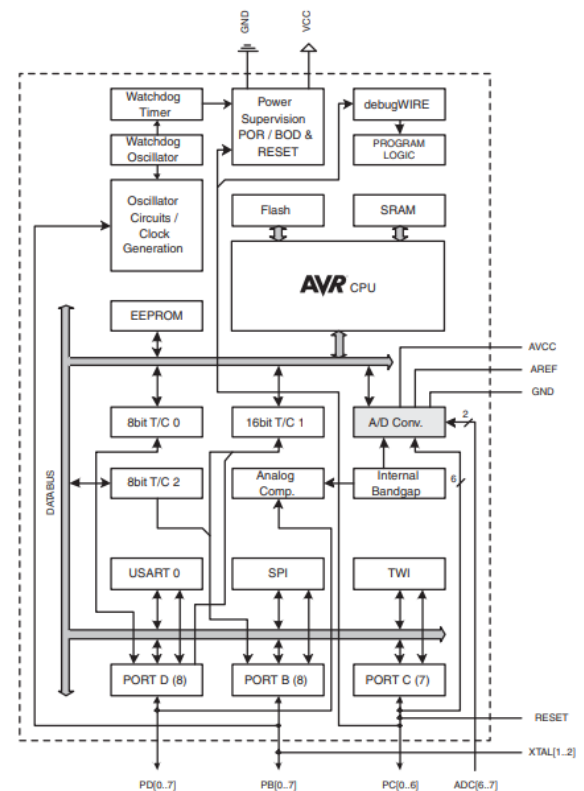
Εικόνα 2.5: Ηλεκτρονικό Κύκλωμα ενός Παθητικού Buzzer.



**γ) Το Arduino Nano ATmega328P:** είναι ένας υψηλής επίδοσης, χαμηλής κατανάλωσης, επαναπρογραμματιζόμενος 8-Bit μικροεπεξεργαστής. Περιέχει 32K bytes προγραμματιζόμενης και στατικής Flash μνήμης με δυνατότητα επανεγγραφής, 1KB EEPROM και 2KB SRAM. Επίσης έχει 23 pins εισόδου/εξόδου γενικής χρήσης, 32 ελεύθερους καταχωρητές, τρεις ελαστικούς μετρητές που μπορούν να συγκρίνουν τα στοιχεία μεταξύ τους, δυνατότητα διακοπής τόσο από εσωτερικούς όσο και από εξωτερικούς παράγοντες, έναν προγραμματιζόμενο μετρητή με ενσωματωμένο ταλαντωτή καθώς και πέντε διαφορετικές λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας. Ο μικροεπεξεργαστής προγραμματίζεται μέσω μίας σειριακής διεπαφής SPI από έναν συμβατικό και στατικό προγραμματιστή μνήμης ή από ένα πρόγραμμα εκείνης που βρίσκετε στον πυρήνα AVR.

### Features

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
  - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
  - 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:
  - Active Mode: 0.2 mA
  - Power-down Mode: 0.1 µA
  - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)



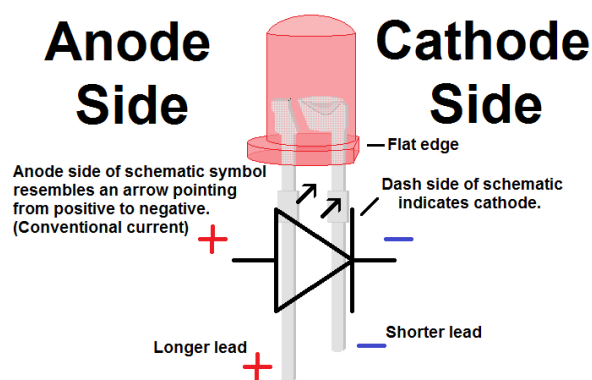
Εικόνα 2.6: Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά του ATmega328P.

Εικόνα2.7: Block Διάγραμμα του ATmega328P.



**δ) LED με Αντιστάσεις:** Οι αντιστάσεις τοποθετούνται σε σειρά με τα LED για να περιορίσουν την ποσότητα ρεύματος που τα διαρρέει. Η φωτεινότητα ενός LED καθορίζεται από την ποσότητα ρεύματος που διέρχεται από αυτό. Οι λυχνίες LED έχουν μια πτώση τάσης οποία είναι η ελάχιστη τάση που απαιτείται για να αρχίσουν να μεταφέρουν ρεύμα. Εάν μια πηγή τάσης με υψηλότερη τάση συνδεθεί απευθείας σε ένα LED, μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη ροή ρεύματος που υπερβαίνει τη μέγιστη ονομαστική τιμή του. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υπερθέρμανση και ζημιά στο LED. Τοποθετώντας μια αντίσταση σε σειρά με αυτά, η αντίσταση λειτουργεί ως περιοριστής ρεύματος. Περιορίζει την ποσότητα ρεύματος που μπορεί να περάσει από το LED, διασφαλίζοντας ότι λειτουργεί εντός του εύρους σωστής λειτουργίας του. Η τιμή της αντίστασης επιλέγεται με βάση την επιθυμητή ροή ρεύματος και τα χαρακτηριστικά του.

## LED diagram:



Εικόνα 2.8: Κατασκευή LED Λαμπτήρα.

SPECIFICATIONS/LED	RED	ORANGE	GREEN
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ LED	3mm	3mm	3mm
ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ	30mcd	65-180mcd	20mcd
ΓΩΝΙΑ ΘΕΑΣΗΣ	30°	45°	30°
ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	700nm	605nm	565-575nm
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ	20mA	20mA	20mA
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	1.8 - 2.4V	2.05 - 2.4V	1.8 - 2.4V

Εικόνα 2.9 Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά Του Λαμπτήρα LED.

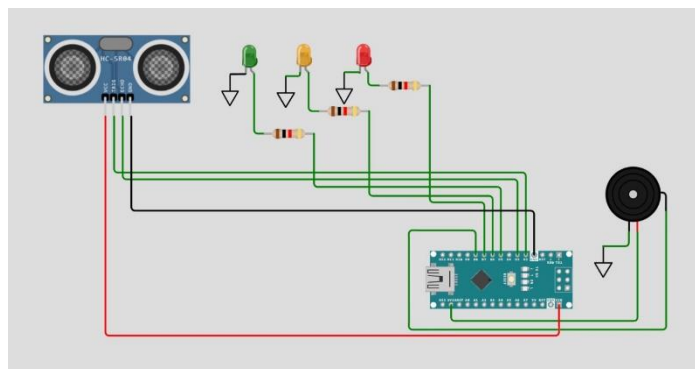
# ΠΕΙΡΑΜΑ

## ➤ Συνδεσμολογία:

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήσαμε:

- 1 x Υπερηχητικός αισθητήρας HC-SR04.
- 1 x Μικροεπεξεργαστής Arduino Nano ATmega328P
- 3 x Αντιστάσεις 270 Ω
- 1 x LED Diffused 3mm κόκκινο.
- 1 x LED Diffused 3mm πορτοκαλί.
- 1 x LED Diffused 3mm πράσινο.
- 1 x Passive Buzzer Module.
- 1 x Φορητός υπολογιστής με εγκατεστημένο το πρόγραμμα Arduino IDE.

Αρχικά συνδέουμε τον αισθητήρα με τον μικροεπεξεργαστή μας. Ενώνουμε το Vcc με το Vin, το TRIG με το D2, το ECHO με το D3 και το GND με το GND. Έπειτα συνδέουμε σε σειρά το κόκκινο Led με μια από τις αντιστάσεις και το pin D7 του μικροεπεξεργαστή, Το πορτοκαλί σε σειρά με μια αντίσταση και το pin D6 και το πράσινο σε σειρά με μια αντίσταση και το pin D5. Τα άλλα pins των Led τα ενώνουμε με την γείωση. Το Vcc του buzzer ενώνεται με το pin 3V3 του μικροεπεξεργαστή, το I/O pin του buzzer με το pin D8 και το GND pin του buzzer με την γείωση. Τέλος συνδέουμε τον μικροεπεξεργαστή με τον φορητό υπολογιστή μας μέσω ενός USB καλωδίου που επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ τους και τροφοδοτεί με ρεύμα το υπόλοιπο κύκλωμα.



Εικόνα 3.1: Σχήμα του Κυκλώματος Ανίχνευσης Κρούσης.

## Κώδικας:

Ο κώδικας με τον οποίον προγραμματίσαμε τον μικροεπεξεργαστή μας είναι ο παρακάτω:

Ο κώδικας ορίζει ακέραιες μεταβλητές (trigPin, echoPin, greenLed, orangeLed, redLed και buzzerPin) και εκχωρεί συγκεκριμένες τιμές για την αναπαράσταση των αριθμών ψηφιακών pin του Arduino Nano. Τα pins χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση διαφορετικών εξαρτημάτων. Ακολουθεί μια εξήγηση για κάθε μεταβλητή:

**trigPin:** Δόθηκε η τιμή 2 και αντιπροσωπεύει το 2<sup>ο</sup> ψηφιακό pin του Arduino Nano, το οποίο θα συνδεθεί με το pin ενεργοποίησης του αισθητήρα υπερήχων.

**echoPin:** Δόθηκε η τιμή 3 και αντιπροσωπεύει το 3<sup>ο</sup> ψηφιακό pin του Arduino Nano, το οποίο θα συνδεθεί με το pin ECHO του αισθητήρα υπερήχων. Το συγκεκριμένο pin λαμβάνει τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα, δηλαδή τα ηχητικά κύματα που επιστρέφουν.

**greenLed, orangeLed, redLed:** Αντιπροσωπεύουν τα pins 5, 6 και 7 του Arduino Nano ,αντίστοιχα, και δίνουν το έναυσμα να ενεργοποιηθούν τα Leds ανάλογα με την απόσταση.

**buzzerPin:** Δόθηκε η τιμή 8 και αντιπροσωπεύει το pin 8 του μικροεπεξεργαστή. Το συγκεκριμένο pin δίνει το έναυσμα να ενεργοποιηθεί η ηχητική ένδειξη του κυκλώματος μας στο pin I/O του buzzer.

```
const int trigPin = 2;    // Arduino Nano digital pin 2
const int echoPin = 3;    // Arduino Nano digital pin 3
const int greenLed = 5;   // Arduino Nano digital pin 5
const int orangeLed = 6;  // Arduino Nano digital pin 6
const int redLed = 7;     // Arduino Nano digital pin 7
const int buzzerPin = 8;  // Arduino Nano digital pin 8
```

Εικόνα 3.2.1: Ανάλυση Κώδικα.

- Σε αυτό το κομμάτι ορίζουμε τις τιμές των αποστάσεων στις οποίες θα ανάβουν τα αντίστοιχα Led.

Το **distanceThreshold1** έχει οριστεί στο 70. Αντιπροσωπεύει το όριο απόστασης για το πράσινο LED. Όταν η μετρούμενη απόσταση είναι μικρότερη ή ίση με την απόσταση Threshold1, το πράσινο LED θα ανάψει.

Το **distanceThreshold2** έχει οριστεί στο 50. Αντιπροσωπεύει το όριο απόστασης για το πορτοκαλί LED. Όταν η μετρούμενη απόσταση είναι μικρότερη ή ίση με το distanceThreshold2, τόσο το πράσινο όσο και το πορτοκαλί LED θα ανάψουν.

Το **distanceThreshold3** έχει οριστεί στο 30. Αντιπροσωπεύει το όριο απόστασης για το κόκκινο LED. Όταν η μετρούμενη απόσταση είναι μικρότερη ή ίση με το distanceThreshold3, θα ανάψουν και τα τρία LED (πράσινο, πορτοκαλί και κόκκινο).

Το **distanceThreshold4** έχει οριστεί στο 10. Αντιπροσωπεύει ένα επιπλέον όριο απόστασης, το οποίο δεν σχετίζεται άμεσα με κανένα LED στον παρεχόμενο κωδικό. Χρησιμοποιείται σε άλλα μέρη της λογικής του κώδικα.

Αυτές οι μεταβλητές ορίζουν το κατώφλι της απόστασης στην οποία θα ενεργοποιούνται ή θα απενεργοποιούνται τα LED και το buzzer, παρέχοντας μια οπτικοακουστική ένδειξη της εγγύτητας ενός αντικειμένου που ανιχνεύεται από τον αισθητήρα υπερήχων.

```
const int distanceThreshold1 = 70; // Distance threshold for green LED
const int distanceThreshold2 = 50; // Distance threshold for orange LED
const int distanceThreshold3 = 30; // Distance threshold for red LED
const int distanceThreshold4 = 10;
```

Εικόνα 3.2.2 : Ανάλυση κώδικα.

- Σε αυτό το κομμάτι υπάρχουν τρεις αέριες μεταβλητές που ορίζονται για τον έλεγχο της διάρκειας ή του χρόνου βόμβου του βομβητή σε διαφορετικά επίπεδα εγγύτητας:

Το **buzNear** έχει οριστεί στο 100. Αντιπροσωπεύει το χρόνο βόμβου για πολύ κοντινή απόσταση. Όταν η απόσταση που μετράται από τον αισθητήρα υπερήχων είναι εντός του εύρους που καθορίζεται από το **distanceThreshold3** και το **distanceThreshold4**, το buzzer θα ενεργοποιηθεί για διάρκεια που καθορίζεται από το **buzNear** και στη συνέχεια θα απενεργοποιηθεί για την ίδια διάρκεια.

Το **buzHigh** έχει οριστεί στο 200. Αντιπροσωπεύει το χρόνο βόμβου για κοντινή απόσταση. Όταν η απόσταση που μετράται από τον αισθητήρα υπερήχων είναι εντός του εύρους που καθορίζεται από το **distanceThreshold2** και το **distanceThreshold3**, το buzzer θα ενεργοποιηθεί για τη διάρκεια που καθορίζεται από το **buzHigh** και στη συνέχεια θα απενεργοποιηθεί για την ίδια διάρκεια.

Το **buzMid** έχει οριστεί σε 300. Αντιπροσωπεύει το χρόνο βόμβου για μεσαία εγγύτητα. Όταν η απόσταση που μετράται από τον αισθητήρα υπερήχων είναι εντός του εύρους που καθορίζεται από το **distanceThreshold1** και το **distanceThreshold2**, το buzzer θα ενεργοποιηθεί για τη διάρκεια που καθορίζεται από το **buzMid** και στη συνέχεια θα απενεργοποιηθεί για την ίδια διάρκεια.

```
int buzNear = 100;    //declare buzzing time for very close proximity;
int buzHigh = 200;    //declare buzzing time for close proximity;
int buzMid  =300;     //declare buzzing time for mid proximity;
```

Εικόνα 3.2.3: Ανάλυση κώδικα.

Η συνάρτηση `setup()` στον κώδικα είναι μέρος του Arduino Sketch και εκτελείται μία φορά στην αρχή του προγράμματος. Χρησιμοποιείται για την προετοιμασία διαφόρων ρυθμίσεων και διαμορφώσεων. Διασφαλίζει ότι τα απαραίτητα pins έχουν οριστεί ως είσοδοι ή έξοδοι για τα διαφορετικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στον κώδικα, αρχικοποιεί τον βομβητή σε κατάσταση απενεργοποίησης και ρυθμίζει τη σειριακή επικοινωνία για σκοπούς εντοπισμού σφαλμάτων.

```
void setup() {  
  pinMode(trigPin, OUTPUT);  
  pinMode(echoPin, INPUT);  
  pinMode(greenLed, OUTPUT);  
  pinMode(orangeLed, OUTPUT);  
  pinMode(redLed, OUTPUT);  
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);  
  analogWrite(buzzerPin, LOW);  
  Serial.begin(9600);  
}
```

Εικόνα 3.2.4: Ανάλυση κώδικα.

-Η συνάρτηση `loop()` περιέχει την κύρια λογική του προγράμματος και εκτελείται επανειλημμένα σε συνεχή βρόχο μετά τη συνάρτηση `setup()`.

- Ρυθμίζει το `trigPin` (ψηφιακό pin 2) σε χαμηλό επίπεδο τάσης.
- Εισάγει μια μικρή καθυστέρηση 2us.
- Ρυθμίζει το **trigPin** σε επίπεδο υψηλής τάσης.
- Εισάγει μια καθυστέρηση 10us.
- Επαναφέρει το **trigPin** σε επίπεδο χαμηλής τάσης.
- Μετρά τη διάρκεια του παλμού που λαμβάνεται στο **echoPin** (ψηφιακό pin 3) χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **pulseIn()** και τον αποθηκεύει στη μεταβλητή **duration**.
- Υπολογίζει την απόσταση με βάση τη διάρκεια και την αποθηκεύει στη μεταβλητή **distance**.
- Στέλνει την τιμή της μεταβλητής απόστασης στην οθόνη.

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται επ' αόριστον, επιτρέποντας στο Arduino να ενεργοποιεί συνεχώς τον αισθητήρα υπερήχων, να μετράει τη διάρκεια των ηχητικών παλμών, να υπολογίζει την απόσταση και να την εμφανίζει σε εκατοστά στη Σειριακή οθόνη.

```
void loop() {  
  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
  
    digitalWrite(trigPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
    long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
  
    int distance = duration * 0.034 / 2;  
  
    Serial.print("Distance: ");  
    Serial.println(distance);  
}
```

Εικόνα 3.2.5.(α) : Ενδεικτικά Αποσπάσματα της Συνάρτησης loop.

Ο σκοπός αυτού του κώδικα είναι να παρέχει feedback βάσει της απόστασης χρησιμοποιώντας LED και buzzer. Επιτρέπει στους χρήστες να ειδοποιούνται για αντικείμενα σε διαφορετικές αποστάσεις από τον αισθητήρα υπερήχων, με διαφορετικά επίπεδα συχνότητας που υποδεικνύονται από τη φωτεινότητα των LED και τον ήχο που παράγεται από το βομβητή.

```
//control the buzzer and the leds  
  
if (distance > distanceThreshold1) {  
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);  
}  
  
if (distance <= distanceThreshold1 && distance >= distanceThreshold2) {  
    digitalWrite(greenLed, HIGH);  
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);  
    delay(buzMid);  
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);  
    delay(buzMid);  
}  
else{  
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);  
    digitalWrite(greenLed, LOW);  
}
```

Εικόνα 3.2.5.(β) :  
Ενδεικτικά Αποσπάσματα  
της Συνάρτησης loop.



### ➤ Μέθοδος μετρήσεων.

Για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του συστήματος αισθητήρα στάθμευσης όταν το αντικείμενο κινείται πιο κοντά ή πιο μακριά, πραγματοποιήθηκαν δύο σετ μετρήσεων απόστασης. Πιο αναλυτικά το πείραμα διεξαχθηκε ανοδικα και καθοδικα με διαφορα τιμης από την προηγουμενη αποσταση περιπου 5cm. Στο πρώτο σετ, ο αισθητήρας τοποθετήθηκε αρχικά σε απόσταση 5 cm από το αντικείμενο και στη συνέχεια μετακινήθηκε σταδιακά σε απόσταση 71 cm. Στο δεύτερο σετ, ο αισθητήρας τοποθετήθηκε αρχικά στα 71 cm και μετακινήθηκε πίσω στα 5 cm. Επιλέχθηκε αυτό το εύρος τιμών διότι ο αισθητήρας δίνει έναυσμα στις οπτικές και ακουστικές ενδείξεις από 0cm εως 60cm. Ο στόχος ήταν να παρατηρηθούν τυχόν διαφορές στην απόκριση του αισθητήρα με βάση την κατεύθυνση κίνησης. Αυτές τις μετρήσεις τις επιτελέσαμε τρεις φορές για να πάρουμε μία πιο καλή εικόνα για τις δυνατότητες του αισθητήρα μας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι μετρήσεις που πήραμε χειροκίνητα και οι μετρήσεις που πήρέ ο μικροελεγκτής είναι οι εξής:

**Για το πρώτο σετ μετρήσεων:**

1	ΜΕΤΡΗΣΗ $\mu C$ (cm)	Φυσική Μετρηση (cm)	19		
2	5	5,8	20	71	73,5
3	11	11,2	21	61	63,2
4	15	15,1	22	55	56,5
5	21	20,6	23	51	51,4
6	25	24,6	24	45	45,2
7	31	30,8	25	41	41,4
8	35	35,4	26	35	35,3
9	41	42,6	27	31	31,1
10	45	45,9	28	25	25,1
11	51	53	29	21	20,8
12	55	57	30	15	13,8
13	61	63,5	31	11	11,5
14	71	74	32	5	5,5
15	35,92307692	36,88461538	33	35,92307692	36,48461538

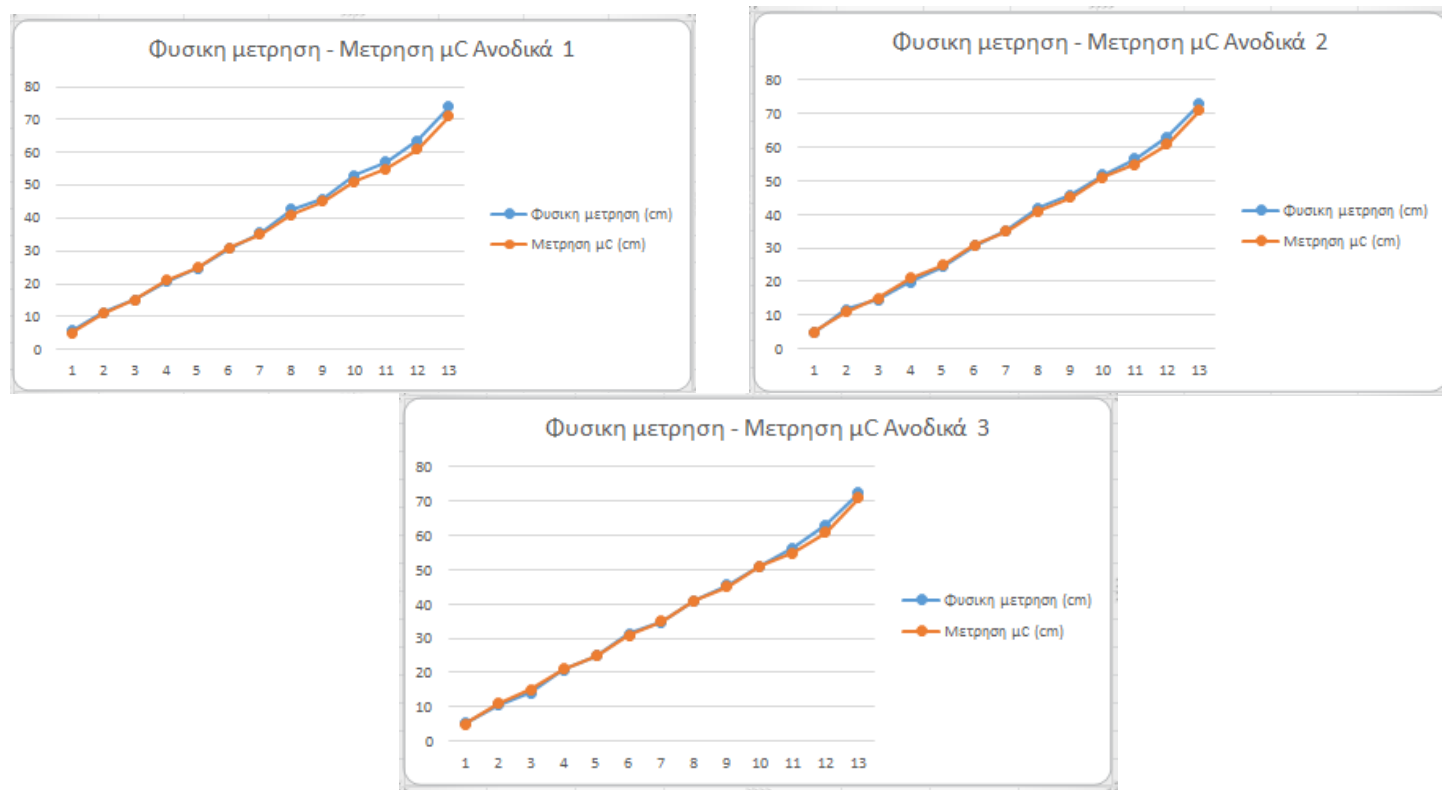
**Για το δεύτερο σετ μετρήσεων:**

58	2ο πείραμα ανοδικά		2ο πείραμα καθοδικά	
59	Μετρηση $\mu C$	Φυσική Μετρηση	Μετρηση $\mu C$	Φυσική Μετρηση
60	5	4,7	71	72,7
61	11	11,6	61	63
62	15	14,5	55	56,8
63	21	19,9	51	52
64	25	24,5	45	45,7
65	31	30,7	41	41,7
66	35	35,3	35	35,2
67	41	42	31	31,5
68	45	45,8	25	24,6
69	51	56,7	21	20,1
70	55		15	14,5
71	61	63	11	11,3
72	71	73	5	4,8

Για το τρίτο σετ μετρήσεων:

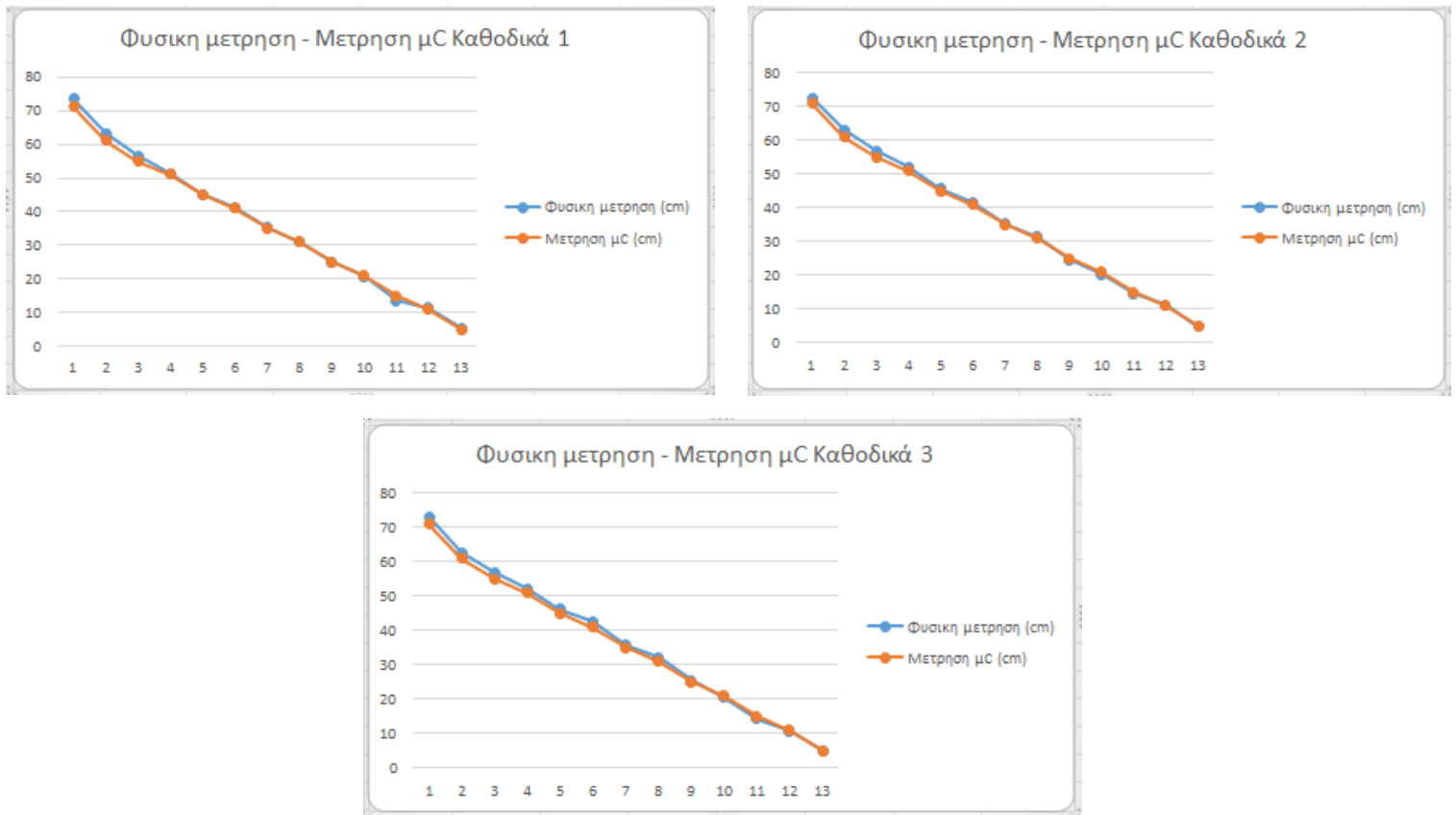
	3ο πείραμα ανοδικά		3ο πείραμα καθοδικά	
	Μετρηση $\mu C$	Φυσική Μετρηση	Μετρηση $\mu C$	Φυσική Μετρηση
75				
76				
77		5	71	73,2
78		11	61	62,8
79		15	55	57,1
80		21	51	52,2
81		25	45	46,3
82		31	41	42,6
83		35	35	35,8
84		41	25	32,3
85		45	21	25,5
86		51	15	20,6
87		55	11	14,4
88		61	5	10,9
89		71		5

-Στο πρώτο σετ μετρήσεων ο αισθητήρας εντόπισε με ακρίβεια τη σταδιακή αλλαγή της απόστασης, εντοπίζοντας το αντικείμενο που απομακρύνεται. Οι μετρήσεις που παρέχονται από τον αισθητήρα έδειξαν μια ομαλή και σταδιακή μετάβαση, αποδεικνύοντας την ικανότητα του αισθητήρα να καταγράφει τις αλλαγές στην εγγύτητα με λογική ακρίβεια.



Εικόνα 4.1: Αποτελέσματα των Τριών Μετρήσεων Κατά την Απομάκρυνση.

- Στο δεύτερο σύνολο μετρήσεων, όπου ο αισθητήρας μετακινήθηκε από τα 71 cm πίσω στα 5 cm, παρατηρήθηκε το αντίθετο. Οι ενδείξεις απόστασης εμφάνισαν μια σταθερή μείωση της τιμής καθώς το αντικείμενο πλησίαζε στον αισθητήρα. Και πάλι, ο αισθητήρας έδειξε την ικανότητά του να ανιχνεύει με ακρίβεια τις αλλαγές στην εγγύτητα.

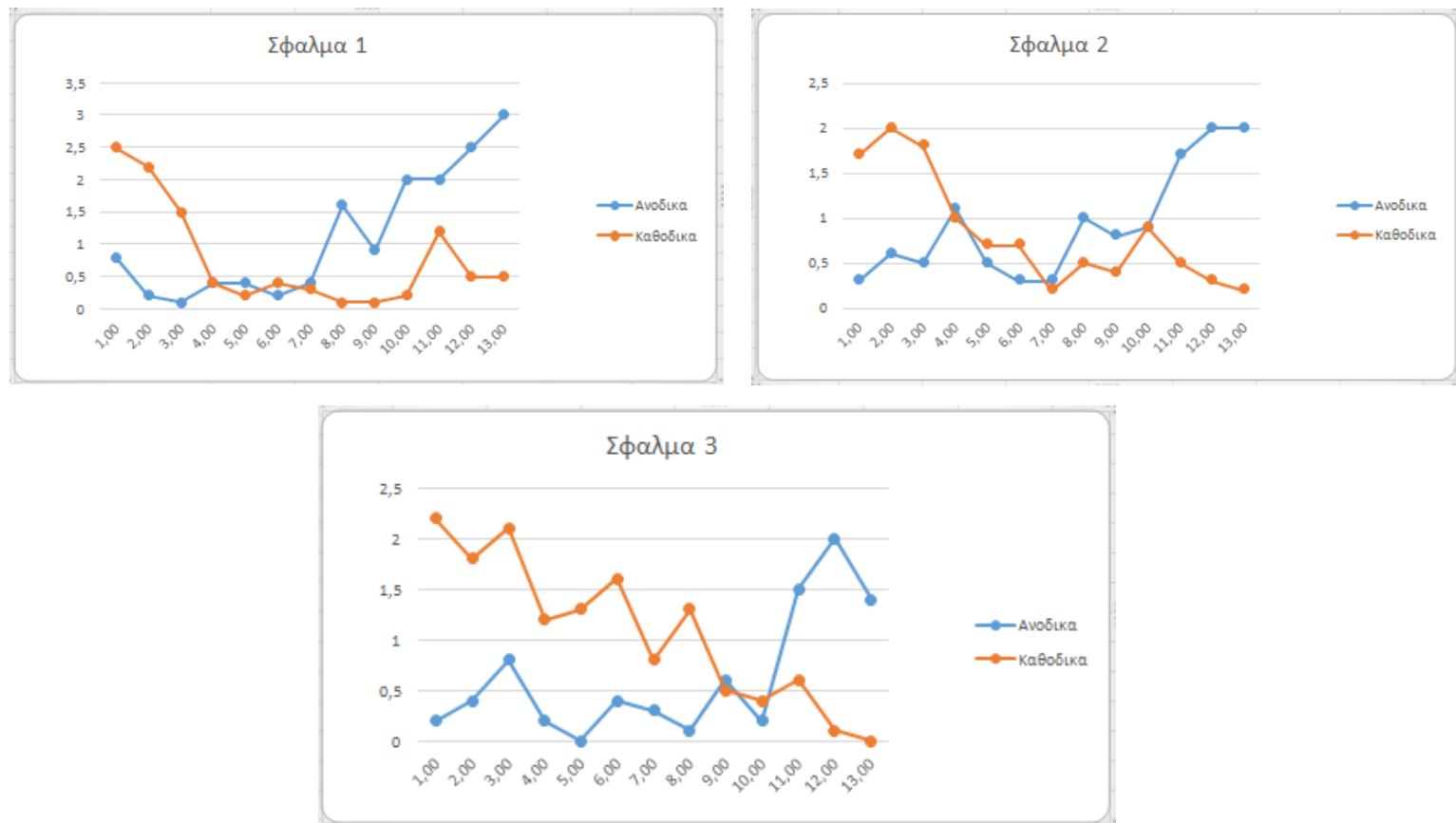


**Εικόνα 4.2: Αποτελέσματα των Τριών Μετρήσεων Κατά το Πλησίασμα.**

Και στα δύο σύνολα μετρήσεων, ο αισθητήρας επέδειξε συμπεριφορά απόκρισης, παρέχοντας μετρήσεις απόστασης σε πραγματικό χρόνο που αντιστοιχούσαν στη φυσική κίνηση του αντικειμένου. Αυτή η ικανότητα του αισθητήρα να διαφοροποιεί το αντικείμενο που πλησιάζει ή απομακρύνεται είναι κρίσιμη για τη λειτουργικότητα ενός συστήματος αισθητήρα στάθμευσης, επιτρέποντας στους οδηγούς να μετρούν αποτελεσματικά την απόστασή τους από τα εμπόδια.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι το σύστημα αισθητήρα στάθμευσης ανιχνεύει αποτελεσματικά τις αλλαγές στην απόσταση και παρέχει αξιόπιστη ανάδραση με βάση την κίνηση του αντικειμένου.

Βέβαια από τις μετρήσεις μας παρατηρούμε ότι υπάρχουν και ορισμένα σφάλματα. Η απόλυτη διαφορά μεταξύ της ένδειξης του αισθητήρα και της πραγματικής απόστασης υπολογίστηκε για να ποσοτικοποιηθεί το σφάλμα.



Εικόνα 4.3: Απεικόνιση των Σφαλμάτων των Τριών Μετρήσεων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πείραμα είχε στόχο να αξιολογήσει την απόδοση και την ακρίβεια ενός αισθητήρα στάθμευσης που σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας έναν μικροελεγκτή Arduino Nano και έναν αισθητήρα απόστασης υπερήχων. Μέσα από μια σειρά μετρήσεων και ανάλυση δεδομένων, μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Ο αισθητήρας στάθμευσης εντόπισε με επιτυχία και μέτρησε τις αποστάσεις μεταξύ του αισθητήρα και των αντικειμένων που βρίσκονται κοντά του. Ο αισθητήρας παρείχε μετρήσεις απόστασης σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την εφαρμογή ενός αξιόπιστου συστήματος υποβοήθησης στάθμευσης.
2. Η σύγκριση μεταξύ φυσικών μετρήσεων με χρήση μεζούρας και μετρήσεων μικροελεγκτή έδειξε ότι ο αισθητήρας ήταν σε θέση να παρέχει εκτιμήσεις απόστασης με ακρίβεια. Αν και παρατηρήθηκαν κάποιες αποκλίσεις, ο αισθητήρας γενικά παρήγαγε μετρήσεις σε κοντινή απόσταση από τις φυσικές μετρήσεις.
3. Η συμπερίληψη αντιστάσεων σε σειρά με τα LED στο κύκλωμα του αισθητήρα στάθμευσης ήταν απαραίτητη για τον περιορισμό του ρεύματος που ρέει μέσω των LED. Αυτό το προστατευτικό μέτρο εξασφάλισε τη μακροζωία και τη σωστή λειτουργία των LED, αποτρέποντας την καταστροφή τους από υπερβολικό ρεύμα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα αισθητήρα στάθμευσης παρείχε αξιόπιστες μετρήσεις απόστασης με χαμηλό σφάλμα. Το μέσο των απολύτων σφαλμάτων στις μετρήσεις βρέθηκε να είναι 0.89 cm κατά την άνοδο και 0.89 cm κατά την κάθοδο. Επομένως παρατηρούμε ότι ο αισθητήρας μας έχει καλή **επαναληψιμότητα** καθώς οι μέσοι όροι των σφαλμάτων των μετρήσεών μας ήταν αρκετά κοντά στον μέσο όρο των ολικών σφαλμάτων. Επίσης αφού και στην άνοδο και στην κάθοδο έχουμε το ίδιο σφάλμα μπορούμε να πούμε ότι ο αισθητήρας μας δεν έχει **υστέρηση**.

Επιπλέον, το μέγιστο παρατηρούμενο σφάλμα ήταν 3 cm, το οποίο συνέβη στις μεγαλύτερες αποστάσεις. Άρα όσο πιο πολύ αυξάνουμε την απόσταση του κυκλώματος μας

τόσο ποιο πολύ θα αυξάνετε και το σφάλμα που έχουμε. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μεταβαλλόμενη **ακρίβεια** καθώς είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης που θέλουμε να μετρήσουμε. Δηλαδή όσο πιο μεγάλη είναι η απόσταση τόσο πιο μικρή θα είναι η ευστοχία μας. Επομένως παρατηρούμε ότι στις μικρές αποστάσεις η ακρίβεια είναι πολύ κοντά στο 0 αφού βρίσκουμε αξιόπιστα την πραγματική τιμή. Ενώ στις μεγαλύτερες αποστάσεις είναι περίπου 1.77% ( $\pm 2.5\text{cm}$ ).



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- <https://learnelectronics.gr/%CE%BF-%CF%85%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B7%CF%87%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82-hc-sr04-%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82/>
- <https://wokwi.com/> (Πρόγραμμα κατασκευής του κυκλώματος του Arduino.)
- <https://www.handsontec.com/dataspecs/HC-SR04-Ultrasonic.pdf>
- <https://grobotronics.com/images/companies/1/datasheets/ATMEGA328datasheet.pdf?1515767236347>
- <https://gr.pinterest.com/pin/476326098072199329/>
- [https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMA101/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%91/HM\\_BOOK\\_1.pdf](https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMA101/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%91/HM_BOOK_1.pdf)
- [https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMA101/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%91/HM\\_BOOK\\_2.pdf](https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMA101/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%91/HM_BOOK_2.pdf)