



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΝΕΛ ΓΙΑ ΤΟΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟ  
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΦΩΤΕΙΝΗ ΠΗΓΗ**

**Πιλάτος Ορέστης  
Πετρέλλης Μάριος**

**Εισηγητής: Δρ Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής, Ιωάννης Αμοργίνος**



## **Ευχαριστίες**

*Απευθύνουμε τις ευχαριστίες στους επιβλέποντες καθηγητές, κ. Ιωάννη Έλληνα και κ. Ιωάννη Αμοργινό για τη συμβολή τους, τις παραγωγικές υποδείξεις τους και το κλίμα συνεργασίας που διαμορφώθηκε για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας τόσο στο υλικό όσο και στο λογισμικό της μέρος.*



## Περιεχόμενα

1. Κατάλογος εικόνων .....	6
2. Περίληψη.....	7
3. Εισαγωγή.....	8
4. Εισαγωγή στο θεωρητικό μέρος.....	11
4.1. Αντιστάτης .....	11
4.2. Φωτοαντίσταση .....	14
4.2.1.Εισαγωγή στη έννοια της φωτοαντίστασης.....	14
4.2.2.Εφαρμογές .....	16
4.3. Σερβοκινητήρας.....	17
4.4. Arduino.....	19
5. Υλοποίηση της εργασίας.....	29
5.1. Υλοποίηση και επεξήγηση κυκλώματος.....	29
5.2. Επεξήγηση Κώδικα .....	36
5.3. Datasheets.....	42
5.3.1.Αντιστάτης.....	42
5.3.2.Φωτοαντιστάτης GL5528 .....	47
5.3.3.Servo κινητήρας SG90.....	48
5.3.4.Arduino .....	49
6. Συμπεράσματα .....	51
7. Βιβλιογραφία.....	52

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Εγκατεστημένο solar panel σε σπίτι.....	8
Εικόνα 2: Ηλιακό panel σε κίνηση δύο αξόνων .....	9
Εικόνα 3: Η κατάσκευή του συστήματος οδήγησης φωτοβολταϊκού πάνελ .....	10
Εικόνα 4: Ηλεκτρονικός Αντιστάτης.....	11
Εικόνα 5: Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε χρώμα σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60062 ed5.0 της Διεθνούς Επιτροπής Ηλεκτροτεχνιτών.....	12
Εικόνα 6: Μεγέθη Φωτοαντιστάσεων.....	14
Εικόνα 7: Φωτοαντίσταση GL5522.....	15
Εικόνα 8: Οι φωτοαισθητήρες χρησιμεύουν σαν διακόπτες με αποτέλεσμα η λειτουργία των λαμπτήρων να εξαρτάται αποκλειστικά από την παρουσία ηλιακού φωτός.....	16
Εικόνα 9: Όταν ένα αντικείμενο διακόψει την ροή του φωτός από την ακτίνα Laser στον φωτοανιχνευτή, ο συναγερμός ενεργοποιείται. ....	16
Εικόνα 10: Servo κινητήρας “Micro Servo 9g”.....	17
Εικόνα 11: Ρομποτικός βραχίονας με χρήση servo κινητήρων .....	18
Εικόνα 12: Massimo Banzi, ιδρυτής της πλακέτας Arduino .....	19
Εικόνα 13: Εφαρμογή του Arduino με αισθητήρα κίνησης.....	20
Εικόνα 14: Arduino Mega2560.....	22
Εικόνα 15: ArduinoNano .....	23
Εικόνα 16: ArduinoEsplora .....	23
Εικόνα 17: ArduinoRobot.....	24
Εικόνα 18: ArduinoUno.....	25
Εικόνα 21: Η προσομοίωση του κυκλώματος στη πλατφόρμα Proteus .....	29
Εικόνα 22: Πραγματικό κύκλωμα.....	30
Εικόνα 23: Οι πλάκες έχουν σταυροειδές σχήμα .....	31
Εικόνα 24: Τοποθέτηση σερβοκινητήρων .....	32
Εικόνα 25 : Στην πίσω όψη της επίπεδης πλάκας στην οποία είναι προσκολλημένες οι φωτοαντιστάσεις, είναι ορατή η κόλληση τους με τα αντίστοιχα καλώδια που οδηγούν στην πλακέτα.....	34
Εικόνα 26: Την μαύρη σωλήνα στην οποία είναι εγκατεστημένο το σύστημα σερβοκινητήρων με τις φωτοαντιστάσεις, διαπερνούν τα καλώδια τα οποία είναι συνδεδεμένα με τις πλακέτες. Η άσπρη γραμμή που διακρίνεται στην επιφάνεια στην οποία είναι εγκατεστημένες οι πλακέτες, οριοθετεί την τροχιά κατά την κίνηση στον οριζόντιο άξονα. ....	35
Εικόνα 27: Κάτοψη σταυροειδούς πλάκας στη οποία διακρίνονται οι φωτοαντιστάσεις .....	35

## Περίληψη

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο την κατασκευή ενός αυτοματοποιημένου συστήματος το οποίο αποσκοπεί στη μέγιστη απορρόφηση ηλιακής ενέργειας συναρτήσει της θέσης του Ηλίου και θα ελέγχεται μέσω μικροελεγκτή Arduino. Παρακάτω θα παρουσιαστεί εξ αρχής η εκτέλεση της κατασκευής, δηλαδή η αναφορά των υλικών και εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν, η προσαρμογή τους με σκοπό την υλοποίηση της κατασκευής, η επεξήγηση του προγραμματιστικού κώδικα του συστήματος και τα συμπεράσματα που τελικά προκύπτουν από αυτή.

## Εισαγωγή

Ο άνθρωπος ανέκαθεν είχε σαν στόχο της εξόρυξη ενέργειας από το φυσικό του περιβάλλον για την εξυπηρέτηση των καθημερινών του αναγκών. Όσο αναφορά την ηλιακή ενέργεια, εφευρέθηκε το ηλιακό panel με στόχο την απορρόφηση ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 1: Εγκατεστημένο solar panel σε σπίτι

Η ανάγκη που υπάρχει στα διάφορα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η βέλτιστη κάθετη πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω τους ώστε να έχουν τη μέγιστη απορροφητικότητα και ταυτόχρονα τη μέγιστη προβαλλόμενη επιφάνεια. Ξεκινώντας από αυτή τη λογική, υπάρχουν συστήματα που τοποθετούνται σε σταθερή γωνία, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένα. Όλα τα πάνελ που είναι εγκατεστημένα στο δικό μας γεωγραφικό πλάτος, έχουν κλίση περίπου στις  $34^\circ$  έτσι ώστε μεσοσταθμικά, κατά τη διάρκεια του χρόνου να έχουν τη μέγιστη απορροφητικότητα σε σταθερή γωνία. Ένα ηλιακό panel όμως με τέτοια αρχιτεκτονική δεν μπορεί να κατευθυνθεί αυτόνομα προς την κατεύθυνση του ηλίου, όπως π.χ. το ηλιοτρόπιο.

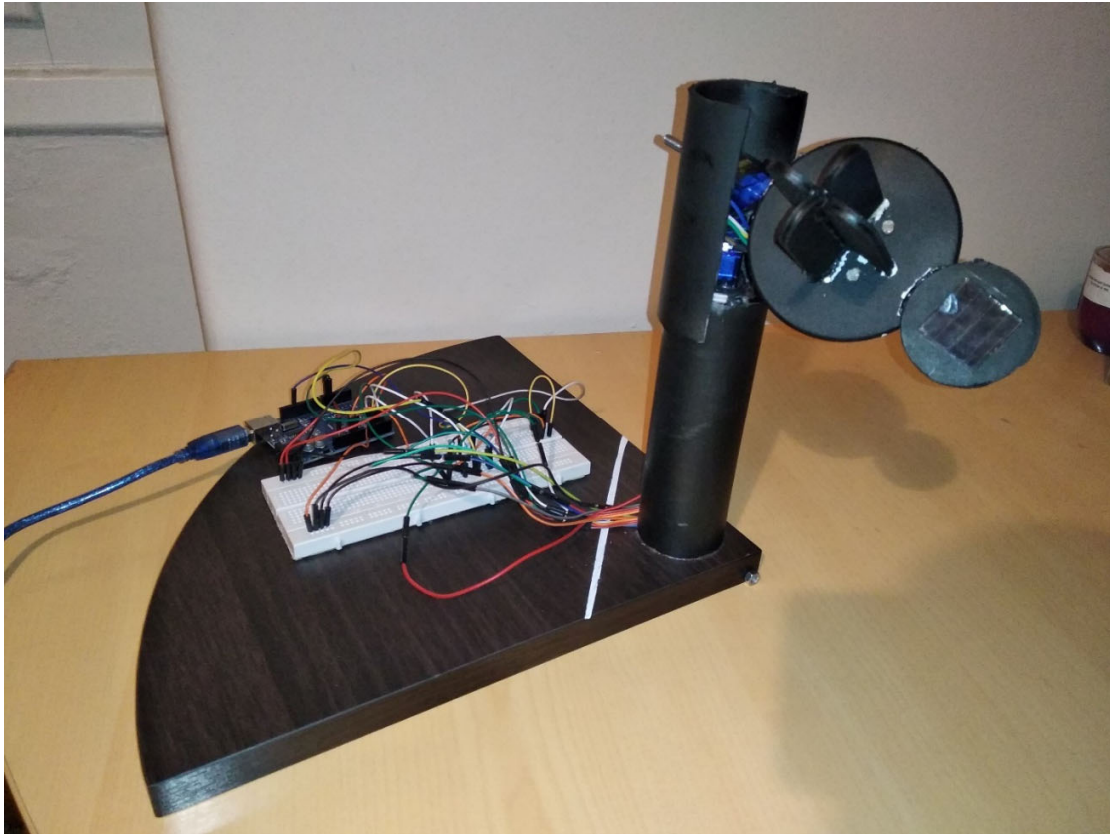


Παραμένει σταθερό σε μια θέση, χάνοντας αρκετή ενέργεια τις στιγμές που ο Ήλιος δεν βρίσκεται σε ενεργειακά προσβάσιμο σημείο. Δημιουργήθηκαν λοιπόν συστήματα οδήγησης τα οποία κατευθύνουν τα φωτοβολταϊκά αυτά στοιχεία έτσι ώστε να βρίσκονται στη βέλτιστη γωνία πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός καθ' όλο το εικοσιτετράωρο. Με αυτόν τον τρόπο δεν θα υπάρχει «ενεργειακά κενή» χρονική διάρκεια μέσα στη μέρα.



Εικόνα 2: Ηλιακό panel σε κίνηση δύο αξόνων

Τα συστήματα οδήγησης που χρησιμοποιούνται, κατευθύνουν τα πάνελ σε δύο άξονες έτσι ώστε να δημιουργούν μία σταθερή στέρεη γωνία πάντα κάθετη προς το ηλιακό φως. Η πρωτότυπη ιδέα της παρούσας εργασίας είναι στον τρόπο ανάγνωσης της πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός με το σύστημα των τεσσάρων φωτοκύτταρων επάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια, η οποία βρίσκεται διαρκώς κάθετα στο ηλιακό φως.



Εικόνα 3: Η κατασκευή του συστήματος οδήγησης φωτοβολταϊκού πάνελ

Μία σταυροειδής κατασκευή χωρίζει τα φωτοκύτταρα ώστε να έχουν περιορισμένη εμβέλεια ανάγνωσης φωτός, με σκοπό τον ακριβέστερο τρόπο ανάγνωσης φωτός ολόκληρου του συστήματος. Τέλος, το όλο σύστημα κινείται με τη χρήση δύο servo κινητήρων, σε τροχιά κίνησης ανάλογη με την τροχιά κίνησης του Ηλίου, χωρίς να εκτελεί άσκοπές κινήσεις.

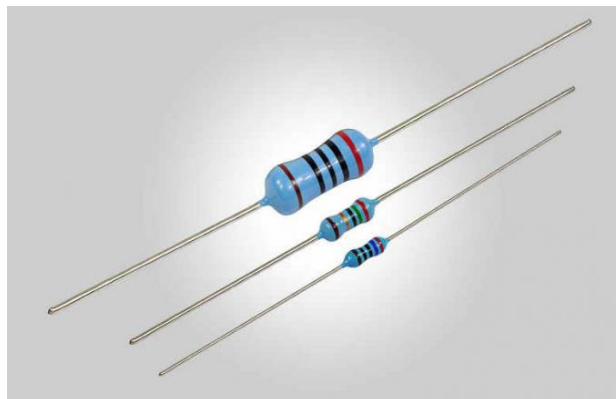
Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη, το θεωρητικό υπόβαθρο και την υλοποίηση του βραχίονα τόσο στο υλικό, όσο και στο λογισμικό του μέρους.

Αρχικά, αναφέρονται τα εξαρτήματα τα οποία αποτελείται η κατασκευή, δηλαδή ο αντιστάτης, ο φωτοαντιστάτης, ο κινητήρας servo και η πλακέτα Arduino, η ευρεία τους χρήση στα υπολογιστικά συστήματα καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο που είναι αναγκαίο για την εργασία αυτή. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται το κύκλωμα που χρησιμοποιήθηκε και ο κώδικας με τον οποίο προγραμματίστηκε για τον ορθό του έλεγχο.

## Εισαγωγή στο θεωρητικό μέρος

### Αντιστάτης

Ο αντιστάτης είναι ένα παθητικό στοιχείο το οποίο χρησιμοποιείται σε διάφορα κυκλώματα για τον έλεγχο της ροής του ρεύματος και έχει συνήθως γραμμική συμπεριφορά. Έχει άριστη και μακροχρόνια σταθερότητα, η κατασκευή του είναι από άνθρακα και έχει εφαρμογή σε όλες τις ηλεκτρονικές εφαρμογές. Ο αντιστάτης μερικές φορές λέγεται και ηλεκτρική αντίσταση, αν και ηλεκτρική αντίσταση είναι ένα φαινόμενο. Συχνές συνδεσμολογίες αντιστατών που συναντά κανείς στα ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι η σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά και η σύνδεση αντιστάσεων παράλληλα. Η μονάδα μέτρησης της αντίστασης ενός αντιστάτη στο S.I. είναι τα Ohms και συμβολίζεται με το ελληνικό χαρακτήρα  $\Omega$ .



Εικόνα 4: Ηλεκτρονικός Αντιστάτης

Για την τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης, την ανοχή του και τον θερμικό συντελεστή του αντιστάτη χρησιμοποιούνται δύο κύριες μέθοδοι. Η μια μέθοδος είναι η αναγνώριση του αντιστάτη μέσω χρωματικού κώδικα η οποία χρησιμοποιείται κατά κόρον. Πάνω στην αντίσταση αποτυπώνονται τέσσερις χρωματιστές λωρίδες, οι τρεις εκ των οποίων αναγράφουν την τιμή της αντίστασης και η τέταρτη την ανοχή.

Χρώμα	1 <sup>η</sup> λωρίδα	2 <sup>η</sup> λωρίδα	3 <sup>η</sup> λωρίδα (πολλαπλασιαστής)	4 <sup>η</sup> λωρίδα (ανοχή)
Μαύρο	0	0	$\times 10^0$	
καφέ	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)
Κόκκινο	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)
Πορτοκαλί	3	3	$\times 10^3$	
Κίτρινο	4	4	$\times 10^4$	
Πράσινο	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)
Μπλε	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)
Μοβ	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)
Γκρι	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)
Λευκό	9	9	$\times 10^9$	
Χρυσάφι			$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)
Ασημί			$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)
Κανένα				$\pm 20\%$ (M)

Εικόνα 5: Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε χρώμα σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60062 ed5.0 της Διεθνούς Επιτροπής Ηλεκτροτεχνιτών

Στην άλλη μέθοδο, η τιμή του αντιστάτη αναγνωρίζεται με έναν τριψήφιο αριθμό που είναι εκτυπωμένος επάνω του. Τα δύο πρώτα ψηφία του αριθμού είναι η τιμή του αντιστάτη και το τρίτο ψηφίο είναι ο πολλαπλασιαστής της και δηλώνει την δύναμη στην οποία υψώνεται το 10.

Αντιστάτης με αντιστάτη διαφέρουν σε ηλεκτρική αγωγιμότητα καθώς και στην αντίσταση. Πολλές φορές δεν είναι εφικτό να μετρηθεί η αντίσταση ενός αντιστάτη σε ένα κύκλωμα με τους παραπάνω τρόπους. «Για τα περισσότερα υλικά η σχέση μεταξύ της τάσης και του ρεύματος μιας αντίστασης δίνεται από τον νόμο του Ohm, σύμφωνα με τον οποίο η τάση στα άκρα μιας αντίστασης είναι ανάλογη του ρεύματος που την διαρρέει. Η σταθερά αναλογίας είναι η αντίσταση R. Η μαθηματική περιγραφή για μια ιδανική αντίσταση, νόμος του Ohm, είναι » :

$$v = Ri \text{ ή } i = \frac{1}{R} v$$

Επίσης η αντίσταση αγωγού σταθερής διατομής δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

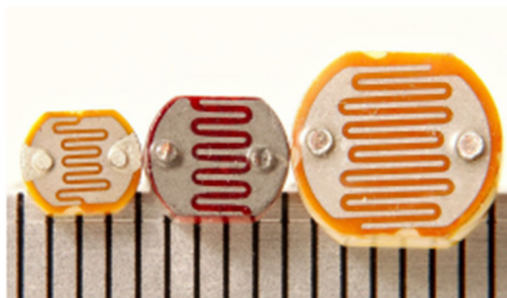
Όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση η οποία εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και τη θερμοκρασία του,  $l$  το μήκος του αγωγού και  $S$  το εμβαδό διατομής του αγωγού. Στο κύκλωμα που κατασκευάστηκε, οι αντιστάσεις χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με φωτοαντιστάσεις με σκοπό το έλεγχό τους.

## Φωτοαντίσταση

### Εισαγωγή στη έννοια της φωτοαντίστασης

Η φωτοαντίσταση (LDR ή φωτοκύτταρο) είναι μια μεταβλητή αντίσταση της οποίας η τιμή αλλάζει συναρτήσει της φωτεινότητας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα της φωτοαντίστασης μεταβάλλεται συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Τα προσπίπτοντα φωτόνια τα οποία δεσμεύει ο ημιαγωγός, αποδεσμεύουν τα δεσμευμένα ηλεκτρόνια και τα αποσπών από τα άτομα που ανήκαν καθιστώντας τα ελεύθερα. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η αντίσταση του φωτοαγωγίμου υλικού.

Μια φωτοαντίσταση είναι κατασκευασμένη από έναν ημιαγωγό υψηλής αντοχής. Το εύρος τιμών στο οποίο λειτουργεί ένα φωτοκύτταρο ξεκινά στο σκοτάδι από 8-20 KΩ και φτάνει στη μέγιστη φωτεινότητα μέχρι και τα 1MΩ.



Εικόνα 6: Μεγέθη φωτοαντιστάσεων

Η τιμή των αντιστάσεων και της ευαισθησίας στις φωτοαντιστάσεις μπορεί να διαφέρουν μεταξύ ανόμοιων αισθητήρων καθώς μοναδικές φωτοαντιστάσεις μπορεί να αντιδρούν διαφορετικά σε φωτόνια εντός ορισμένων ζωνών μήκους κύματος. Η χρήση των CdS και CdSe φωτοαντιστάσεων είναι αυστηρά περιορισμένη στην Ευρώπη εξαιτίας της απαγόρευσης του RoHS για το κάδμιο. Οι φωτοαντιστάσεις από μόλυβδο σουλφίδιο (PbS) και ίνδιο αντιμονιούχο (InSb) χρησιμοποιούνται για την φασματική περιοχή των υπέρυθρων. Οι φωτοαγωγοί από γερμάνιο χαλκό είναι από τους καλύτερα διαθέσιμους μακρινούς ανιχνευτές υπέρυθρων ακτίνων και χρησιμοποιούνται για την υπέρυθη αστρονομία και υπέρυθη φασματοσκοπία.

Οι φωτοαντιστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη πτυχιακή εργασία είναι τύπου GL5522 θειούχου καδμίου (CdS). Τα πλεονεκτήματά τους είναι η γρήγορη απόκριση, το μικρό τους μέγεθος, η υψηλή ευαισθησία τους καθώς και η αξιόπιστη απόδοσή τους.



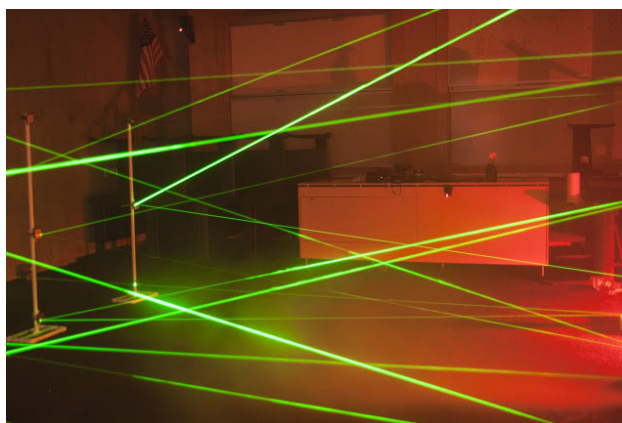
Εικόνα 7: Φωτοαντίσταση GL5522

## Εφαρμογές

Η λειτουργία της φωτοαντίστασης έφερε φως σε ένα νέο φάσμα ηλεκτρονικών εφαρμογών, καθώς εφαρμόζεται σε πλήθος κατασκευών που αφορούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως θα παρουσιαστεί στην παρακάτω πτυχιακή εργασία. Η εφαρμογή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι επαναστατική καθώς οι φωτοαντιστάσεις μπορούν να βρεθούν σε φώτα δρόμου για τον έλεγχό τους. Το φως του ηλίου που προσπίπτει στην φωτοαντίσταση απενεργοποιεί τα φώτα. Στην απουσία του, τα φώτα ενεργοποιούνται. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συστήματα συναγερμού ως ανιχνευτής σε δέσμη φωτός.



Εικόνα 8: Οι φωτοαισθητήρες χρησιμεύουν σαν διακόπτες με αποτέλεσμα η λειτουργία των λαμπτήρων να εξαρτάται αποκλειστικά από την παρουσία ηλιακού φωτός.



Εικόνα 9: Όταν ένα αντικείμενο διακόψει την ροή του φωτός από την ακτίνα Laser στον φωτοανιχνευτή, ο συναγερμός ενεργοποιείται.



## Σερβοκινητήρας

Οι servo κινητήρες αποτελούν ηλεκτρονικές συσκευές μικρού μεγέθους που περιστρέφονται στο επίπεδο με μεγάλη ακρίβεια. Η κίνηση τους κάθε φορά οφείλεται στην λήψη κωδικοποιημένων σημάτων. Όσο λαμβάνεται το ίδιο σήμα, ο κινητήρας servo παραμένει σταθερός. Σε διαφορετική περίπτωση περιστρέφεται σε διάφορες γωνίες με εύρος κινήσεως από 0 έως και 180°.

Έχουν ευρεία χρήση σε διάφορες εφαρμογές όπως τηλεκατευθυνόμενα αεροπλάνα, αυτοκίνητα, ρομποτικούς βραχίονες, κ.α. Ωστόσο, παρά το μικρό μέγεθος τους έχουν πολύ μεγάλη δύναμη συγκριτικά με το μέγεθος τους.

### Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος
- Μικρό μέγεθος και εύχρηστο σχήμα
- Παράγουν υψηλές τιμές ροπής

### Μειονεκτήματα

- Αδυναμία εκτέλεσης πλήρους και συνεχούς περιστροφής



Εικόνα 10: Servo κινητήρας “Micro Servo 9g”

Ειδικότερα, στο εσωτερικό τους βρίσκεται ένα μικρό μοτέρ συνεχούς ρεύματος (DC), μια διάταξη μηχανικών μειωτήρων (γραναζιών), ένα κύκλωμα ελέγχου και ένα ποτενσιόμετρο. Το μοτέρ συνεχούς ρεύματος παράγει υψηλή ταχύτητα και χαμηλή ροπή. Για τον λόγο αυτό τα γρανάζια που βρίσκονται στο εσωτερικό του συνδέονται στο στροφείο αυξάνοντας τη ροπή του servo κινητήρα.

Οι servo κινητήρες περιέχουν τρία καλώδια. Ένα για την τροφοδοσία, ένα για τη γείωση και ένα για σήμα. Το καλώδιο τροφοδοσίας είναι συνήθως κόκκινο και συνδέεται με τον ακροδέκτη 5V του πίνακα Arduino. Το καλώδιο γείωσης είναι συνήθως μαύρο ή καφέ και συνδέεται με μια γείωση στον πίνακα Arduino. Ο ακροδέκτης σήματος είναι συνήθως κίτρινος, πορτοκαλί ή λευκό και συνδέεται με μια ψηφιακή θύρα (pin) στον πίνακα Arduino.

Για την κατασκευή θα χρησιμοποιηθεί ένας 'Micro Servo 9g'. Είναι πολύ μικρός, αλλά οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται εκτενώς στη ρομποτική για να ελέγχουν τα μηχανικά χέρια, βραχίονες κλπ.



Εικόνα 11: Ρομποτικός βραχίονας με χρήση servo κινητήρων

## Arduino

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που αποτελείται από ένα μικροελεγκτή μαζί με ένα περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων τα οποία παρέχονται δωρεάν με σκοπό τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή.

### Ιστορική Αναδρομή

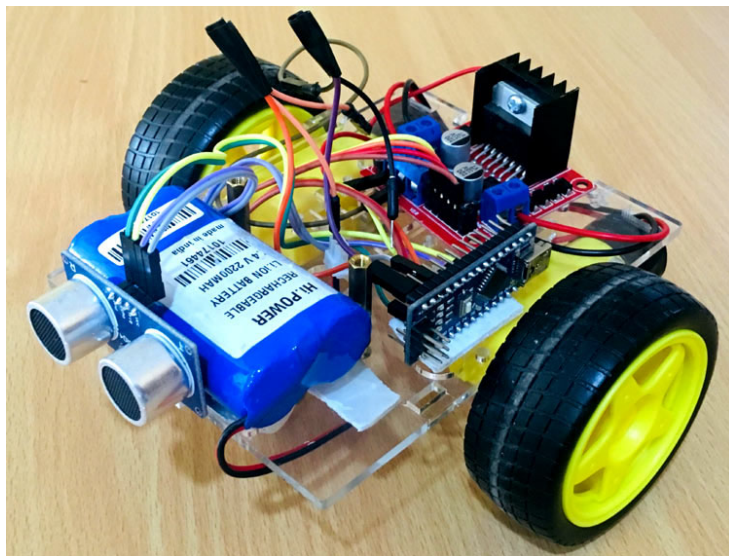
Ένας φοιτητής, ο Massimo Banzi το 2003 μέσω μιας εργασίας του κατάφερε να επεκτείνει το wiring project στο Arduino, το οποίο είναι η σχεδίαση ενός συστήματος μικροελεγκτή με σκοπό την ανάπτυξη εφαρμογών από έμπειρους αλλά και άπειρους χρηστές, όσο αναφορά την εξειδίκευσή τους στον τομέα της τεχνολογίας. Έπειτα από αυτή την κίνηση, ξεκίνησε μία νέα εποχή στη κατασκευή εφαρμογών από μηχανικούς και φοιτητές. Το όνομά του εμπνεύστηκε από τον Arduin, όντας στρατιωτικός διοικητής της Ιβρέα και μετέπειτα βασιλιάς της Ιταλίας.



Εικόνα 12: Massimo Banzi, ιδρυτής της πλακέτας Arduino.

## Εφαρμογές

Το Arduino εφαρμόζεται σε πλήθος αυτοματοποιημένων συστημάτων που απαιτούν τη χρήση μικροελεγκτή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς έτσι ώστε ένας μαθητής ή φοιτητής να έχει μία πρώτη τριβή με το αντικείμενο. Πιο ειδικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη προστασία και στη παρακολούθηση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων μέσω δικτύου αισθητήρων (συναγερμοί), σε συστήματα μετρήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πρωτότυπες συσκευές και ρομποτικές εφαρμογές, καθώς είναι ικανό να συνδεθεί με πλήθος αισθητήρων όπως πολύμετρα, αισθητήρες φωτός, κίνησης και γενικά ανιχνευτές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί σε αυτοματοποιημένα σπίτια, τα λεγόμενα «Εξυπνα σπίτια», τα οποία έχουν απομακρυσμένο έλεγχο. Σε αυτά μπορούν να ελεγχθούν συσκευές όπως air condition, πλυντήρια, ψυγεία, θερμοστάτες, boiler κλπ.



Εικόνα 13: Εφαρμογή του Arduino με αισθητήρα κίνησης

## **Πλεονεκτήματα**

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας Arduino είναι:

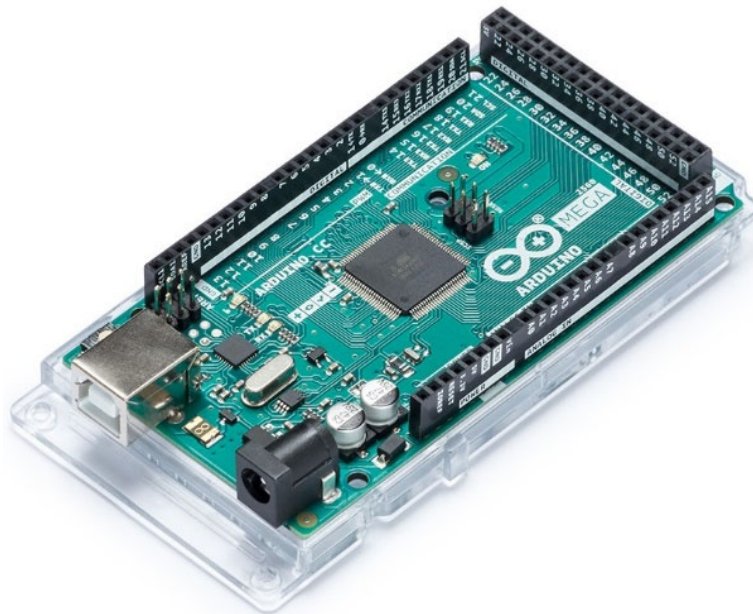
- **Απλότητα:** Έχει εύκολο περιβάλλον ανάπτυξης που μπορεί να χρησιμοποιήσει εύκολα αρχάριος αλλά και έμπειρος χρήστης.
- **Συμβατότητα:** Το λογισμικό του είναι συμβατό στα βασικά λειτουργικά συστήματα όπως Windows, Linux και MacOS.
- **Χαμηλό κόστος:** Μπορεί κανείς να αγοράσει εκδόσεις του Arduino με λίγα μόνο ευρώ καθώς και starter kit, όπου μαζί με την πλακέτα παρέχονται και ένα πλήθος αισθητηρίων, καλωδίων, led, διακοπών, οθονών LCD κ.λ.π. Το λογισμικό του παρέχεται δωρεάν.
- **Επεκτάσιμο λογισμικό ανοιχτού κώδικα:** Τα προγράμματα σε Arduino είναι ανοιχτού κώδικα, που σημαίνει πως οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτά, να τα μελετήσει, τροποποιήσει αλλά και προσαρμόσει σε προσωπικό του πρόγραμμα καθώς και να προσθέσει δικές του βιβλιοθήκες.

## Εκδόσεις

Υπάρχουν αρκετές εκδόσεις του Arduino όπου κάθε πλακέτα διαθέτει συγκεκριμένο τύπο μικροελεγκτή. Οι βασικές εκδόσεις του είναι:

### Arduino Mega2560

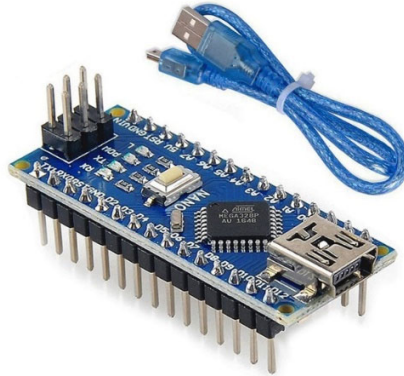
Διαθέτει 16 αναλογικές εισόδους και 54 ψηφιακές , εκ των οποίων οι 15 υποστηρίζουν PWM. Η χρηστικότητα των πολλών ακροδεκτών είναι η απευθείας σύνδεση με πολλές εξωτερικές συσκευές. Ο μικροελεγκτής του είναι ο ATmega2560 με flash memory 256KB.



Εικόνα 14: Arduino Mega2560

## ArduinoNano

Το ArduinoNano κατασκευάστηκε με σκοπό τη χρήση του σε διατάξεις περιορισμένου μεγέθους. Χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή ATmega328 και υποστηρίζει σύνδεση μέσω θύρας mini USB. Αποτελείται από 8 αναλογικούς ακροδέκτες και 13 ψηφιακούς.



Εικόνα 15: ArduinoNano

## ArduinoEsplora

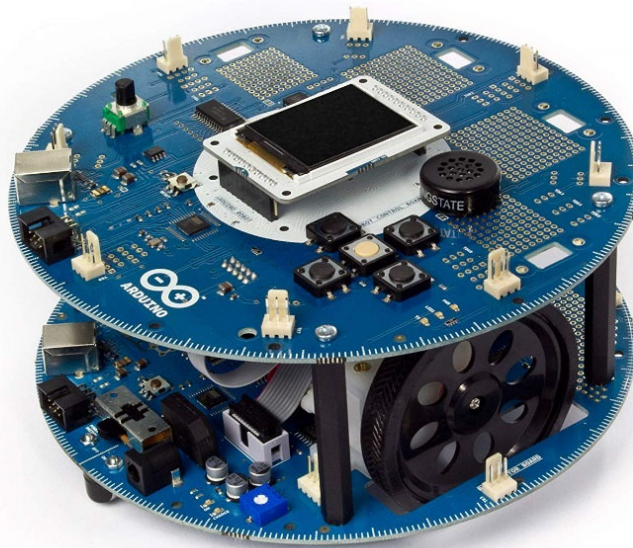
Η παρούσα έκδοση του Arduino παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον, καθώς ενσωματώνει πλήθος αισθητήρων, όπως αισθητήρα θερμοκρασίας, επιταχυνσιόμετρο, σειριακό ποτενσιόμετρο και μικρόφωνο αλλά και κομβία ανάθεσης εντολών όπως joystick και πλήκτρα. Επίσης έχει και υποδοχή για LCD οθόνη. Ο μικροελεγκτής του είναι ο ATmega32u4 με flash memory 32KB.



Εικόνα 16: ArduinoEsplora

## ArduinoRobot

Το ArduinoRobot διαθέτει δύο μικροελεγκτές για την κίνηση και την ανάγνωση των αισθητήρων, τροχούς, LCD οθόνη, μεγάφωνο, πλήκτρα κλπ. Η πλακέτα έχει ενσωματωμένα 5 ψηφιακά pins, 6 pins υποδοχής PWM και 4 αναλογικά pins. Ο μικροελεγκτής του είναι ο ATmega32u4, όμοιος με του ArduinoEsplora, με flash memory 32KB.

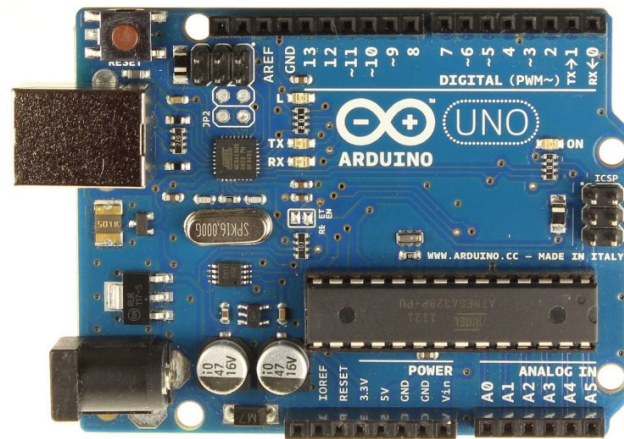


Εικόνα 17: ArduinoRobot



## ArduinoUno

Η πλακέτα του ArduinoUno χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της κατασκευής. Η συγκεκριμένη πλακέτα είναι η πιο εύκολα προσβάσιμη στην αγορά, η σχέση ποιότητας/τιμής είναι ικανοποιητική και έχει εγκατεστημένη θύρα USB, πράγμα το οποίο διευκολύνει την διεξαγωγή της εργασίας μέσω της απλότητας σύνδεσης με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Εικόνα 18: ArduinoUno

## Χαρακτηριστικά

Μία πλακέτα ArduinoUno διαθέτει μικροελεγκτή ATmega328, 14 ψηφιακούς ακροδέκτες, 6 εκ των οποίων υποστηρίζουν PWM, 6 αναλογικούς ακροδέκτες, ένα Analog Reference Pin μέσω του οποίου μπορεί να δωθεί εξωτερική τάση αναφοράς στον ενσωματωμένο A/D. Έχει ενσωματωμένα τρία LEDs. Τα δύο LEDs (TX και TX) αναβοσβήνουν όταν υπάρχει σύνδεση μεταξύ υπολογιστή και Arduino και ένα LED το οποίο είναι συνδεδεμένο με το pin 13 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εξωτερικές χρήσεις. Επίσης διαθέτει και ένα button reset. Παράλληλα, διαθέτει τον ATMega16U2, για την σύνδεση με υπολογιστή, σαν μετατροπέας USB σε σειριακό σήμα. Παρακάτω ακολουθεί πιο αναλυτικά ένας πίνακας με τα χαρακτηριστικά του ArduinoUno από τον κατασκευαστή.

<b>Βάρος</b>	<b>25gr</b>
<b>Μήκος</b>	<b>68.6mm</b>
<b>Πλάτος</b>	<b>53.4mm</b>
<b>Τάση Λειτουργίας</b>	<b>+5V</b>
<b>Εξωτερική Τροφοδοσία</b>	<b>7-12V</b>
<b>Εξωτερική Τροφοδοσία (όρια)</b>	<b>6-20V</b>
<b>Ρεύμα DC για κάθε I/O</b>	<b>20mA</b>
<b>Ρεύμα DC για 3.3V</b>	<b>50mA</b>
<b>Μνήμη flash</b>	<b>32KB εκ των οποίων τα 0.5KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader</b>
<b>Μνήμη SRAM</b>	<b>2 KB</b>
<b>EEPROM</b>	<b>1 KB</b>
<b>Ταχύτητα Ρολογιού</b>	<b>16MHz</b>

Εικόνα 19: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών Arduino Uno

## Λογισμικό

Το IDE του Arduino είναι γραμμένο σε Java και η γλώσσα στη οποία προγραμματίζεται είναι η Wiring C που αποτελεί παραλλαγή της C++. Το περιβάλλον ανάπτυξης είναι βασισμένο στη γλώσσα Processing σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη λογισμικού Wiring, το οποίο βασίζεται στα γραφικά και το συντακτικό της είναι πιο απλουστευμένο σε σχέση με τη γλώσσα Java. Όλο αυτό έχει στόχο να εισάγει νέους χρήστες με λιγιστή εμπειρία προγραμματισμού σε ένα πιο φιλικό για αυτούς περιβάλλον προγραμματισμού. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η επισήμανση σύνταξης (επισήμανση ερωτηματικών, παρενθέσεων, αγκυλών κλπ.), η οποία είναι ένα σημαντικό πρόβλημα σε νέους προγραμματιστές. Το IDE του Arduino έχει τη δυνατότητα να μεταγλωττίζει και να φορτώνει τα προγράμματα μέσω του γραφικού περιβάλλοντός του, χωρίς τη χρήση γραμμής εντολών.



```
ReadAnalogVoltage | Arduino 1.8.9
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργαλεία Βοήθεια

ReadAnalogVoltage §

void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V):
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(voltage);
}
```

Εικόνα 20: Στιγμιότυπο από το γραφικό περιβάλλον του Arduino

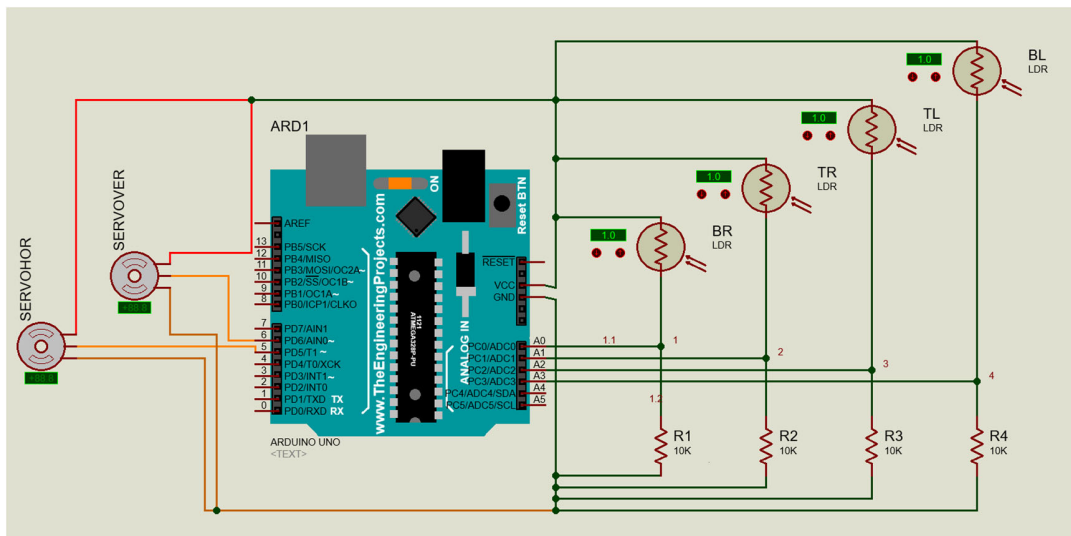
Τα προγράμματα στην πλατφόρμα του Arduino συντάσσονται και ορίζονται με δύο συναρτήσεις:

- Τη συνάρτηση *setup()*, η οποία εκτελείται μόνο μία φορά και καλείται στην έναρξη του προγράμματος. Χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση των ρυθμίσεων του προγράμματος, δηλαδή για τη δήλωση μεταβλητών, την ανάθεση pins σε εξωτερικές συσκευές όπως servo κινητήρες, ποτενσιόμετρα, αισθητήρες κίνησης, φωτός, Shields κλπ.
- Τη συνάρτηση *loop()*, η οποία εκτελείται μέχρι τη λήξη του προγράμματος

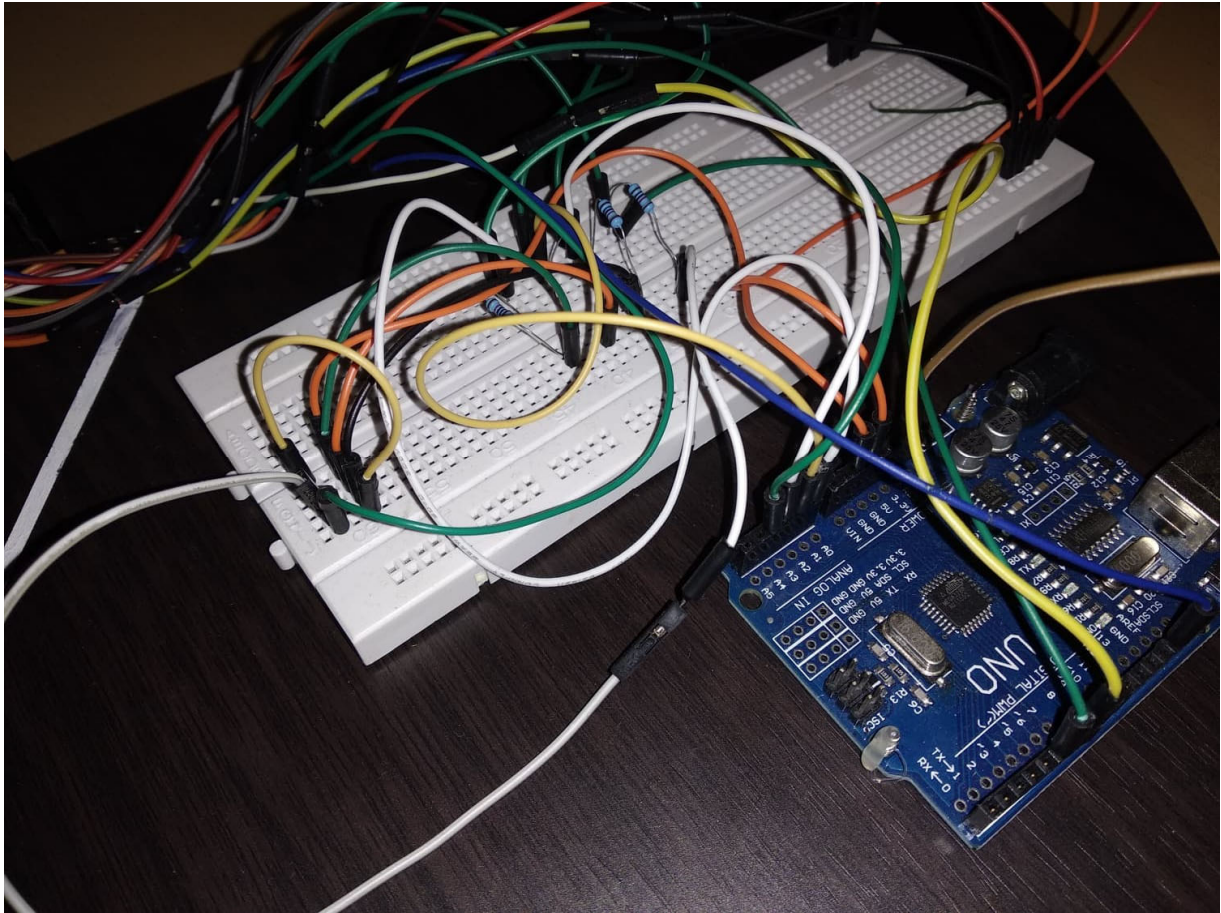
## Υλοποίηση της εργασίας

### Υλοποίηση και επεξήγηση κυκλώματος

Αρχικά πραγματοποιείται η σύνδεση του ενός ακροδέκτη της φωτοδιόδου BR σε ρεύμα DC 5V ενώ ο άλλος της ακροδέκτης οδηγείται στον κόμβο 1 και εκεί διακλαδώνεται. Ο κλάδος 1.1 του κόμβου συνδέεται με έναν αναλογικό ακροδέκτη του Arduino Uno ενώ ο κλάδος 1.2 συνδέεται με αντιστάτη των 10 kΩ που καταλήγει σε γείωση. Η αντίσταση που έχει η φωτοαντίσταση στο φως κυμαίνεται στα 8-20kΩ ενώ στο σκότος φτάνει τα 1 MΩ. Στην πλήρη φωτεινότητα, η τάση που μετράται στον αναλογικό ακροδέκτη του Arduino είναι 0V ενώ στο απόλυτο σκοτάδι κυμαίνεται στα 4.76V. Αυτό συμβαίνει διότι η συνδεσμολογία του συστήματος των φωτοαντιστάσεων είναι ανάστροφα πολωμένη.



Εικόνα 21: Η προσομοίωση του κυκλώματος στη πλατφόρμα Proteus



Εικόνα 22: Πραγματικό κύκλωμα

Αντίστοιχες ενέργειες πραγματοποιούνται και για τις φωτοαντιστάσεις TL, BL και TR. Η κάθε μία συνδέεται σε ρεύμα DC 5V, σε ξεχωριστό αναλογικό ακροδέκτη στο Arduino και σε ξεχωριστό αντιστάτη 10kΩ. Οι ονομασίες των φωτοαντιστάσεων TL,TR,BL και BR είναι συντομογραφίες και προκύπτουν από τις φράσεις Top Left, Top Right, Bottom Left και Bottom Right, αντίστοιχα και ονομάστηκαν έτσι προς διευκόλυνση του χειρισμού του κυκλώματος.

Οι τέσσερις φωτοαντιστάσεις τοποθετούνται επάνω σε ένα πλαστικό δίσκο και ανάμεσά τους τοποθετούνται κάθετα στο δίσκο αλλά και μεταξύ τους, πλαστικές πλάκες, όπως ακριβώς στην εικόνα που ακολουθεί.

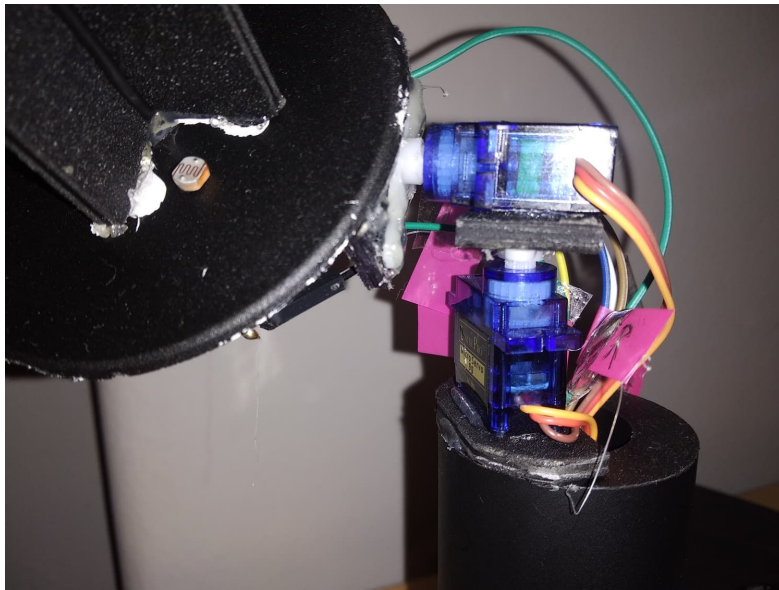


Εικόνα 23: Οι πλάκες έχουν σταυροειδές σχήμα

Η τοποθέτηση των πλαστικών πλακών έχει σκοπό την ακριβή μέτρηση της τάσης στην οποία αναλογεί φωτεινότητα ανά χρονική στιγμή. Για να έχει ο βραχίονας την βέλτιστη γωνία, θα πρέπει όλες οι φωτοαντιστάσεις να υφίστανται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία και ο δίσκος στον οποίο είναι τοποθετημένες να είναι κάθετος σε αυτή. Όταν μία ή δύο ή τρεις από τις φωτοαντιστάσεις δέχονται περισσότερη ακτινοβολία από τις εναπομείνουσες, οι servo κινητήρες θα κινήσουν όλο τον κυκλικό δίσκο προς την κατεύθυνση των φωτοαντιστάσεων που έχουν την μέγιστη φωτεινότητα με σκοπό όλες οι φωτοαντιστάσεις να κυμαίνονται στην ίδια τιμή.

Η συνδεσμολογία των υποκυκλωμάτων των φωτοαντιστάσεων με τους αναλογικούς ακροδέκτες είναι:

- TR → A1 PC1/ADC1
- TL → A2 PC2/ADC2
- BR → A0 PC0/ADC0
- BL → A3 PC3/ADC3



Εικόνα 24: Τοποθέτηση σερβοκινητήρων

Οι servo κινητήρες SERVOVER και SERVOHOR έχουν τρία καλώδια έκαστος. Ένα κόκκινο το οποίο συνδέεται σε ρεύμα DC 5V, ένα καφέ το οποίο συνδέεται στη γη και ένα πορτοκαλί που συνδέεται με έναν ψηφιακό ακροδέκτη με σκοπό την οδήγησή του από τον μικροελεγκτή. Η ονομασία SERVOVER δόθηκε σε αυτόν τον κινητήρα επειδή ευθύνεται για την κίνηση του βραχίονα στον κατακόρυφο άξονα και προέρχεται από τις λέξεις Servo Vertical. Παρομοίως, η ονομασία SERVOHOR δόθηκε στον αντίστοιχο servo κινητήρα διότι εκείνος ευθύνεται για την κίνηση του βραχίονα στον οριζόντιο άξονα και προέρχεται από τις λέξεις Servo Horizontal.



Η συνδεσμολογία των υποκυκλωμάτων των servo κινητήρων με τους ψηφιακούς ακροδέκτες είναι:

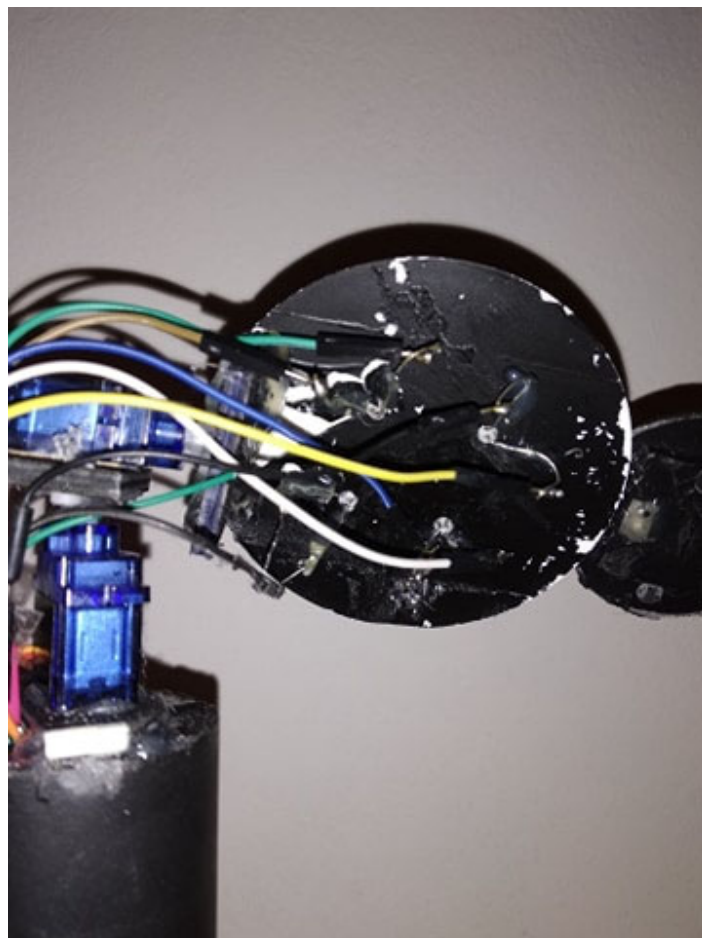
- SERVOVER(πορτοκαλί καλώδιο) → Digital Pin 6 PD6/AIN0
- SERVHOR(πορτοκαλί καλώδιο) → Digital Pin 5 PD5/T1

Ο servo κινητήρας SERVOVER κινεί τον βραχίονα στον κατακόρυφο άξονα συγκρίνοντας την τιμή που θα έχει ο μέσος όρος των τιμών του ζεύγους BR & BL και την τιμή του μέσου όρου των τιμών του ζεύγους TR & TL.

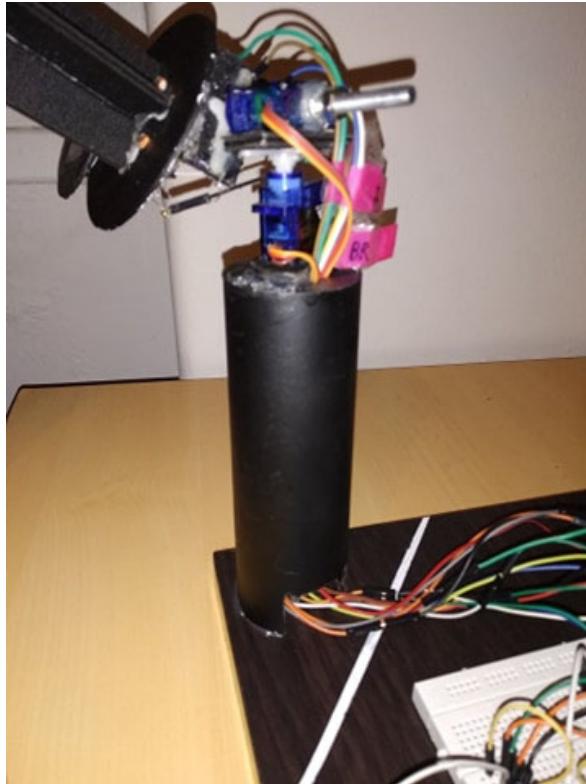
Παράλληλα, ο σερβοκινητήρας SERVHOR κινεί τον βραχίονα στον οριζόντιο άξονα συγκρίνοντας την τιμή που θα έχει ο μέσος όρος των τιμών του ζεύγους BL & TL και την τιμή του μέσου όρου των τιμών του ζεύγους BR & TR.

Όταν παρατηρηθεί μεγαλύτερη φωτεινότητα στο ζεύγος BR & BL, ο βραχίονας κινείται προς τα κάτω όπου οι τιμές του ζεύγους TR & TL να κυμαίνονται στην ίδια ποσότητα. Αντίστροφα, όταν παρατηρηθεί μεγαλύτερη φωτεινότητα στο ζεύγος TR & TL ο βραχίονας θα κινηθεί προς τα πάνω έως όπου οι τιμές του ζεύγους BR & BL να κυμαίνονται στην ίδια ποσότητα.

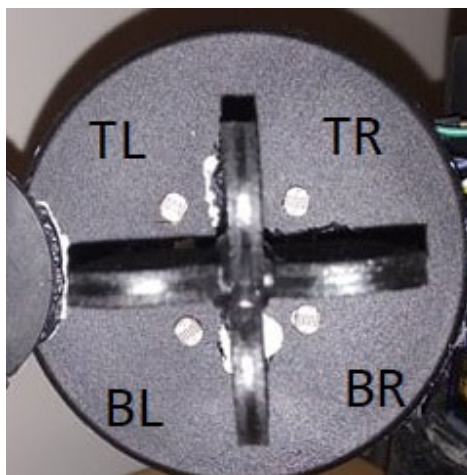
Όταν παρατηρηθεί μεγαλύτερη φωτεινότητα στο ζεύγος BL & TL ο βραχίονας κινείται αριστερόστροφα έως ότου οι τιμές του ζεύγους TR & BR να κυμαίνονται στην ίδια ποσότητα. Αντίστροφα, όταν παρατηρηθεί μεγαλύτερη φωτεινότητα στο ζεύγος TR & BR ο βραχίονας θα κινηθεί δεξιόστροφα έως ότου οι τιμές του ζεύγους BL & TL να κυμαίνονται στην ίδια ποσότητα. Στην περίπτωση που και οι τέσσερις φωτοαντιστάσεις κυμαίνονται στις ίδιες τιμές, οι servo κινητήρες μένουν ακίνητοι, καθώς το σύστημα έχει προσανατολιστεί στην τέλεια γωνία.



Εικόνα 25 : Στην πίσω όψη της επίπεδης πλάκας στην οποία είναι προσκολλημένες οι φωτοαντιστάσεις, είναι ορατή η κόλληση τους με τα αντίστοιχα καλώδια που οδηγούν στην πλακέτα.



Εικόνα 26: Την μαύρη σωλήνα στην οποία είναι εγκατεστημένο το σύστημα σερβοκινητήρων με τις φωτοαντιστάσεις διαπερνούν καλώδια τα οποία είναι συνδεδεμένα με τις πλακέτες. Η άσπρη γραμμή που διακρίνεται στην επιφάνεια στην οποία είναι εγκατεστημένες οι πλακέτες, οριοθετεί την τροχιά για την κίνηση στον οριζόντιο άξονα.



Εικόνα 27: Κάτοψη σταυροειδούς πλάκας στη οποία διακρίνονται οι φωτοαντιστάσεις

## Επεξήγηση Κώδικα

Παρακάτω αναλύεται ο κώδικας του κυκλώματος στην πλατφόρμα Arduino IDE:

Η βιβλιοθήκη αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο κίνησης των servo κινητήρων

```
1 | #include <Servo.h>
```

Δηλώνεται η μεταβλητή servoHor ως ακέραια, επισυνάπτοντάς της την τιμή 5 όπου είναι το αντίστοιχο pin το οποίο έχουμε συνδέσει τον πρώτο από τους δύο servo κινητήρες στο Arduino. Είναι υπεύθυνος για την οριζόντια κίνηση.

```
5 | int servoHor = 5;
```

Δηλώνεται η μεταβλητή servoVer ως ακέραια, επισυνάπτοντάς της την τιμή 6 όπου είναι και το αντίστοιχο pin που έχει συνδεθεί ο δεύτερος από τους δύο servo κινητήρες στο Arduino. Είναι υπεύθυνος για την κατακόρυφη κίνηση.

```
7 | int servoVer = 6;
```

Ορίζεται και μετατρέπεται η μεταβλητή ServoHor σε μεταβλητή τύπου Servo διότι θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω στον κώδικα για την κίνηση του servo κινητήρα.

```
10 | Servo ServoHor;
```

Με τον ίδιο τρόπο αντίστοιχα και για τους ίδιους λόγους μετατρέπεται και η μεταβλητή ServoVer σε μεταβλητή τύπου servo.

```
11 | Servo ServoVer;
```

Από τον κώδικα στη γραμμή 14 μέχρι και τον κώδικα στη γραμμή 17 δηλώνονται οι φωτοαντιστάσεις στα αντίστοιχα pins που βρίσκονται στο Arduino ως ακέραιοι τύποι δεδομένων.

```
14 | int BR=A0;  
15 | int TR=A1;  
16 | int TL=A2;  
17 | int BL=A3;
```

Από τον κώδικα στη γραμμή 19 έως και τον κώδικα στη γραμμή 22 γίνονται αρχικοποιήσεις στις τιμές των φωτοαντιστάσεων που θα χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της φωτεινότητας.

```
19 | int valueBR=0;  
20 | int valueTR=0;  
21 | int valueTL=0;  
22 | int valueBL=0;
```

Δηλώνονται δυο μεταβλητές ως ακέραιο τύπο δεδομένων με σκοπό την εκτίμηση της γωνίας του κάθε servo κινητήρα ξεχωριστά.

```
25 | int angle0, angle1;
```

Η συνάρτηση `setup()` καλείται όταν ένα sketch ξεκινάει να εκτελείται. Χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση μεταβλητών, τη λειτουργία των pin του Arduino αλλά και την έναρξη εκτέλεσης μιας βιβλιοθήκης. Μέσα στη συνάρτηση αυτή, στη γραμμή 30 και 31 με την εντολή `servo.write()` ρυθμίζεται η αρχική γωνιακή θέση του κινητήρα σε μοίρες. Τέλος, στις γραμμές 32 και 33 με την εντολή `servo.attach()` συνδέεται η μεταβλητή τύπου `servo` με κάποιο pin του Arduino. Όπως προαναφέρθηκε, ο `servo` κινητήρας που χρησιμοποιείται για την οριζόντια κίνηση συνδέεται με το pin 5 του Arduino και ο `servo` κινητήρας που χρησιμοποιείται για την κατακόρυφη κίνηση με το pin 6 του Arduino, αντίστοιχα.

```
28 void setup() {  
29  
30     ServoHor.write(90);  
31     ServoVer.write(90);  
32     ServoHor.attach(servoHor);  
33     ServoVer.attach(servoVer);  
34  
35 }
```

Η συνάρτηση `loop()` είναι υπεύθυνη για τη συνεχή επανάληψη του κώδικα που είναι γραμμένος στη συνάρτηση αυτή, επιτρέποντας μεταβολές στο πρόγραμμα με σκοπό τη λήψη του βέλτιστου αποτελέσματος. Στη συνάρτηση αυτή στη γραμμή 38 ως 41 με την εντολή `analogRead()` εισάγεται η τιμή από ένα συγκεκριμένο αναλογικό pin ανά χρονική στιγμή. Ειδικότερα στις γραμμές αυτές γίνεται εισαγωγή τιμών της κάθε φωτοαντίστασης που χρησιμοποιείται στα εκάστοτε αναλογικά συνδεδεμένα pin. Το εύρος τιμών των φωτοαντιστάσεων είναι μεταξύ 0 έως 1024 μονάδες μέτρησης. Στη γραμμή 45 έως 48 χρησιμοποιείται κώδικας για την εύρεση της μέσης τιμής των φωτοαντιστάσεων ανά ομάδες των δύο {(TR,TL), (BR,BL), (BL,TL), (BR,TR)} ως ακέραιος τύπος δεδομένων.

```
37 void loop() {
38     valueBR= analogRead(BR);
39     valueTR= analogRead(TR);
40     valueBL= analogRead(BL);
41     valueTL= analogRead(TL);
42
43
44
45     int avertop=(valueTR+valueTL)/2;
46     int averbot=(valueBR+valueBL)/2;
47     int averleft=(valueBL+valueTL)/2;
48     int averright=(valueBR+valueTR)/2;
```

Από την γραμμή 53 ως την 69 χρησιμοποιείται η συνθήκη `if..else()` με σκοπό τον έλεγχο φωτεινότητας και την περιστροφή του άξονα του κινητήρα `servoVer` στην βέλτιστη γωνία μέγιστης φωτεινότητας. Σε περίπτωση που οι φωτοαντιστάσεις βρίσκονται ήδη στη μέγιστη φωτεινότητα, οι σερβοκινητήρες παραμένουν στη θέση αυτή έως ότου υπάρξει κάποια μεταβολή στη φωτεινότητα. Ο χρόνος αδράνειας των κινητήρων είναι 50 ms μέχρι την επόμενη ανάχνευση φωτός.

```
53▢ if (avertop>averbot){  
54  
55  
56     angle0++;  
57     delay(50);  
58▢     if (angle0>180){  
59         angle0=180;  
60  
61     }  
62 }  
63▢ else{  
64     angle0--;  
65     delay(50);  
66▢     if (angle0<0){  
67         angle0=0;  
68     }  
69 }
```



Αντίστοιχος κώδικας χρησιμοποιείται από την γραμμή 74 ως τη γραμμή 88 έχοντας τον ίδιο σκοπό με τον κώδικα που βρίσκεται στην 53-69 γραμμή, με την διαφορά ότι γίνεται έλεγχος του servoHor σερβοκινητήρα. Στις γραμμές 89 και 90 δίνουμε εντολή στους servo κινητήρες servoVer και servoHor να περιστρέψουν τον άξονα τους σύμφωνα με τις τιμές των angle1 και angle0, αντίστοιχα, όπου angle1 και angle0, οι βέλτιστες γωνίες ανά χρονική στιγμή.

```
74  if (averright>averleft){  
75  
76  angle1++;  
77  delay(50);  
78  if (angle1>180){  
79    angle1=180;  
80  }  
81  }  
82  else{  
83    angle1--;  
84    delay(50);  
85  if (angle1<0){  
86    angle1=0;  
87  }  
88  }  
89  ServoHor.write(angle1);  
90  ServoVer.write(angle0);  
91  }
```

# Datasheets

## Αντιστάτης

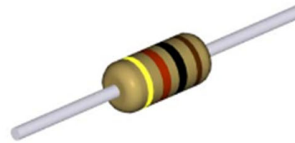
### Data sheet Carbon Film Leaded Resistor - RS Series

#### ■Features

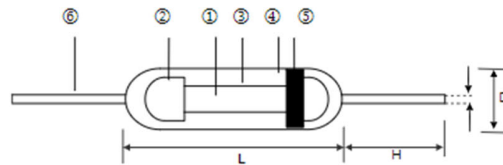
- The most economic industrial investment
- Standard tolerance: +/-5%
- Excellent long term stability
- Termination: Standard solder-plated copper lead

#### ■Applications

- Automotive
- Telecommunication
- Medical Equipment



#### ■Construction



① Ceramic Rod	④ Non-flame Paint With Sol Vent-proof
② Tinned Iron Caps	⑤ Colour Code
③ Carbon Film	⑥ Lead Wire

#### ■Dimensions

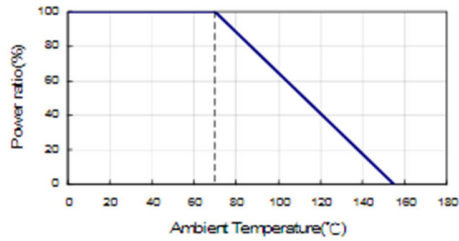
Unit: mm

Type	L	D	H	d	Weight (g) (1000pcs)
Carbon 0.125W	3.3+0.4/-0.2	1.8±0.3	29.3±2.0	0.452.3±0.03	92
Carbon 0.25W	6.3±0.5	2.3±0.3	28±2.0	0.55±0.03	155
Carbon 0.5W (H)	6.3±0.5	2.3±0.3	28±2.0	0.55±0.03	155
Carbon 1W (H)	9.0±0.5	3.2±0.5	26±2.0	0.65±0.03	352
Carbon 2W (H)	11.5±1.0	4.5±0.5	35±2.0	0.78±0.03	775

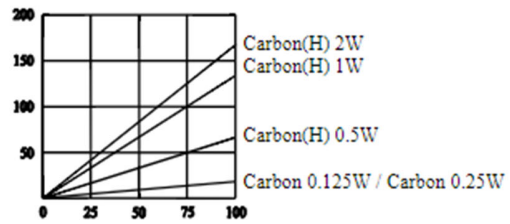




■Derating Curve



■Hop-Spot Temperature



■Part Numbering

RS-	Carbon-	1R-	5%-	0.125W
Series	Type Carbon Carbon(H)	Resistance 0.5R: 0.5 Ω 1R: 1 Ω 10R: 10 Ω 10K: 10KΩ 100K: 100KΩ	Tolerance ±5%	Power rating @ 70°C 0.125W 0.25W 0.5W 1W 2W

■Electrical Specifications

Type	Item	Power Rating at 70°C	Operating Temp. Range	Max. Working Voltage	Max. Overload Voltage	Dielectric Withstanding Voltage	Resistance Range
							±5%
Carbon		0.125W	-55 ~ +155°C	150V	300V	300V	0.1 Ω - 22MΩ
Carbon		0.25W		250V	500V	500V	1 Ω - 10MΩ
Carbon(H)		0.5W		300V	500V	500V	0.1 Ω - 22MΩ
Carbon(H)		1W		400V	800V	800V	1 Ω - 10MΩ
Carbon(H)		2W		500V	1000V	1000V	0.1 Ω - 10MΩ



## ■Environmental Characteristics

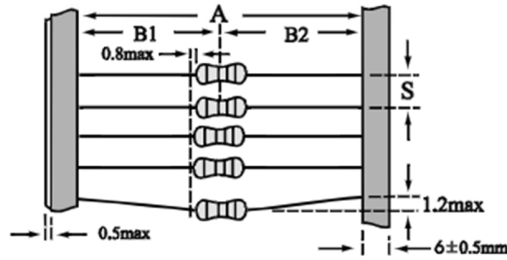
Item	Requirement	Test Method
Short Time Overload	$\pm(0.75\%+0.05\Omega)$	JIS-C-5201-1 5.5 RCWV*2.5 or Max. overload voltage for 5 seconds
Insulation Resistance	$>1000M\Omega$	JIS-C-5201-1 5.6 Apply $100V_{DC}$ for 1 minute
Endurance	$\pm(3\%+0.05\Omega)$	JIS-C-5201-1 7.10 $70\pm 2^{\circ}C$ , Max. working voltage for 1000 hrs with 1.5 hrs "ON" and 0.5 hrs "OFF"
Damp Heat with Load	$100K\Omega\pm 3\%$ $100K\Omega\pm 5\%$	JIS-C-5201-1 7.9 $40\pm 2^{\circ}C$ , 90~95% R.H. Max. working voltage for 1000 hrs with 1.5 hrs "ON" and 0.5 hrs "OFF"
Solderability	90% min. Coverage	JIS-C-5201-1 6.5 $245\pm 5^{\circ}C$ for 3 seconds
Dielectric Withstanding Voltage	By Type	JIS-C-5201-1 5.7 Apply Max. Overload Voltage for 1 minute
Temperature Coefficient	$< 100K\Omega$ +350ppm~-500ppm $100K\Omega$ ~ $1M\Omega$ -0ppm~-700ppm $> 1M\Omega$ -0ppm~-1500ppm	Resistance value at room temperature and room Temperature+100°C
Pulse Overload	$\pm(1\%+0.05\Omega)$	JIS-C-5201-1 5.8 4 times RCWV for 10000 cycles with 1 second "ON" and 25 seconds "OFF"
Resistance To Solvent	No deterioration of coatings and markings	JIS-C-5201-1 6.9 Trichroethane for 1 min. with ultrasonic
Terminal Strength	Tensile: 2.5 kg	Direct Load for 10 seconds In the direction off the terminal leads

■ Rated Continuous Working Voltage(RCWV) =  $\sqrt{P \cdot R}$ ■ Storage Temperature:  $25\pm 3^{\circ}C$ ; Humidity < 80%RH



■ Taping/Packing Specifications

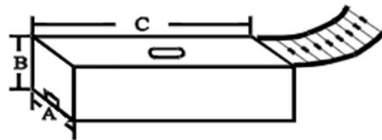
Packing Methods ( Ammo )



Unit: mm

Packaging Type	Packing Methods		
	A	B1-B2	S
Carbon 0.125W	52+1/-0	1.2	5
Carbon 0.25W	52+1/-0	1.2	5
Carbon 0.5W (H)	52+1/-0	1.2	5
Carbon 1W (H)	52+1/-0	1.5	5
Carbon 2W (H)	52+1/-0	1.5	10

Ammo Packing

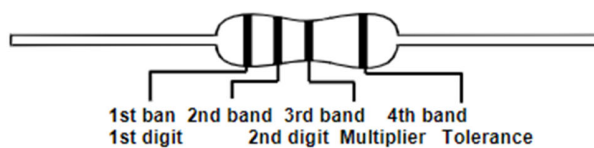


Unit: mm

Packaging Type	Packing Methods			Ammo Packing			
	A	B1-B2	S	A	B	C	Qty
Carbon 0.125W	26+1/-0	1.0	5	80	105	264	5,000
Carbon 0.25W	26+1/-0	1.0	5	80	105	264	5,000
Carbon 0.5W (H)	26+1/-0	1.0	5	80	105	264	5,000
Carbon 1W (H)	73+1/-0	1.5	5	103	82	265	1,000
Carbon 2W (H)	73+1/-0	1.5	10	103	86	265	1,000



■ Marking & Resistance Tolerance

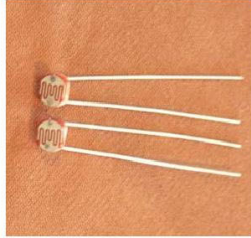


±5%	E-24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Color	Digit	Multiplier	Tolerance	
Without	-	-	-	-
Silver	-	$10^{-2}$	-	-
Gold	-	$10^{-1}$	±5.0%	J
Black	0	$10^0$	-	-
Brown	1	$10^1$	-	-
Red	2	$10^2$	-	-
Orange	3	$10^3$	-	-
Yellow	4	$10^4$	-	-
Green	5	$10^5$	-	-
Blue	6	$10^6$	-	-
Violet	7	$10^7$	-	-
Grey	8	$10^8$	-	-
White	9	$10^9$	-	-

# Φωτοαντιστάτης GL5528

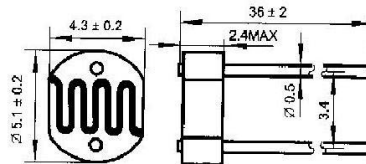
## CdS PHOTOCONDUCTIVE CELLS GL5528



- ▲ Epoxy encapsulated
- ▲ Quick response
- ▲ Small size
- ▲ High sensitivity
- ▲ Reliable performance
- ▲ Good characteristic of spectrum

Light Resistance at 10Lux (at 25°C)	8~20KΩ
Dark Resistance at 0 Lux	1.0MΩ(min)
Gamma value at 100-10Lux	0.7
Power Dissipation(at 25°C)	100mW
Max Voltage (at 25°C)	150V
Spectral Response peak (at 25°C)	540nm
Ambient Temperature Range:	- 30~+70°C

### Outline

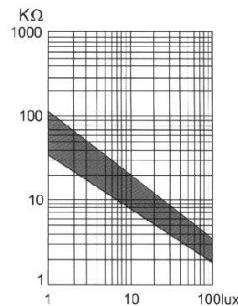


### Measuring Conditions

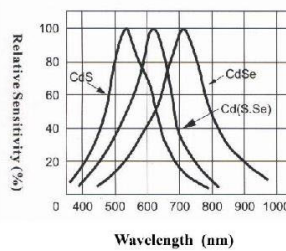
1. Light Resistance:  
measured at 10 lux with standard light A (2854k color temperature) and 2h pre-illumination at 400-600 lux prior to testing.
2. Dark Resistance:  
measured 10 seconds after pulsed 10 lux.
3. Gamma Characteristic:  
between 10 lux and 100 lux and given by  

$$T = \frac{\log(R_{10}/R_{100})}{\log(100/10)} = \log(R_{10}/R_{100})$$
 R<sub>10</sub>, R<sub>100</sub> cell resistance at 10 lux and 100 lux.  
The error of T is +0.1.
4. P<sub>max</sub>:  
Max. power dissipation at ambient temperature of 25°C.
5. V<sub>max</sub>:  
Max. voltage in darkness that may be applied to the cell continuously.

### Illuminance Vs. Photo Resistance



### Spectral Response



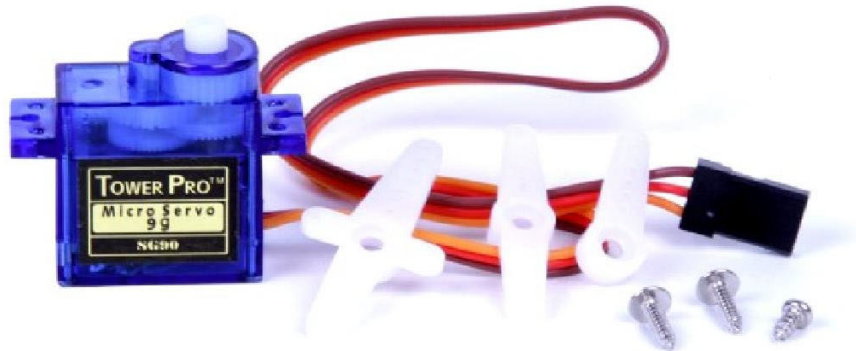
### LIDA OPTICAL&ELECTRONIC CO., LTD.

254,Zhong zhou road, Nanyang, Henan,P.R.C  
 TEL: +86-377-6313 0034  
 FAX: +86-377-6315 2372  
 E-mail: sale@nylida.com  
[Http://www.nylida.com](http://www.nylida.com)

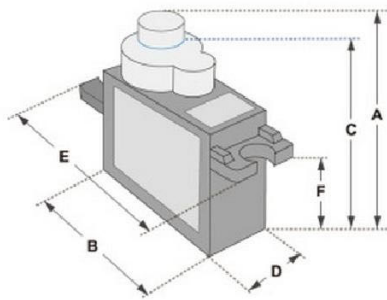
## Servo κινητήρας SG90

### SERVO MOTOR SG90

### DATA SHEET



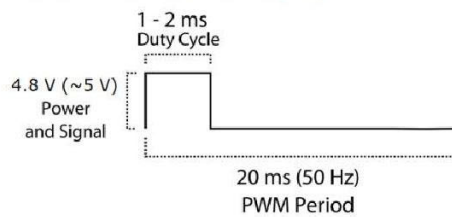
Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.



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

Position "0°" (1.5 ms pulse) is middle, "90°" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90°" (~1ms pulse) is all the way to the left.

PWM=Orange (⏏)  
 Vcc = Red (+)  
 Ground = Brown (-)



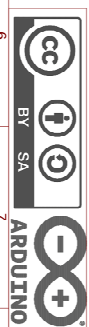
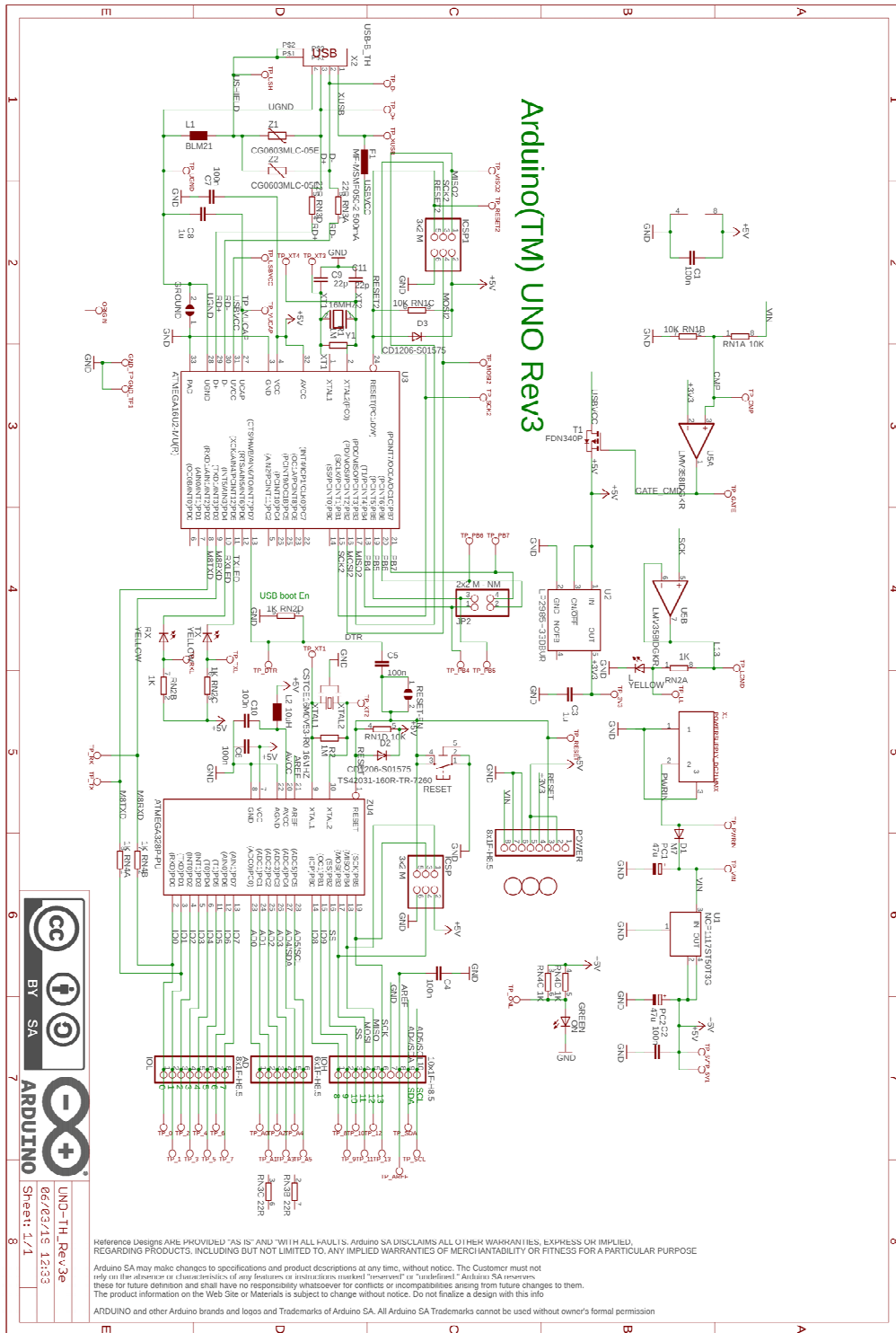


## Arduino

### Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

# Arduino UNO schematic:



UNO-TH\_Rev3e  
06/03/15 13:33  
Sheet: 1/1

## Συμπεράσματα

- Η κίνηση των servo κινητήρων είναι αρκετά ακριβής, για αυτό και δεν μπορεί να βρει την ακριβή θέση για την μέγιστη απορρόφηση φωτός, με αποτέλεσμα να κινείται συνέχεια. Αυτό συμβαίνει διότι ο επανέλεγχος στις τιμές των φωτοαντιστάσεων γίνεται κάθε 5 ms. Σε συνθήκες ηλιοφάνειας, ο επανέλεγχος θα γίνεται κάθε 30 min.
- Λόγω του βάρους της κατασκευής, χρειάστηκε τροποποίηση μέσω του κυλινδρικού περιβλήματος με σκοπό την ισορροπία του στον οριζόντιο άξονα.
- Ο ρομποτικός βραχίονας θα είχε πιο αποδοτική χρήση στην οδήγηση ενός και παραπάνω solar panel ακόμα και λειτουργώντας σαν μικροελεγκτής σε solar panel παραγωγής μεγαλύτερης τάξης ρευμάτων.
- Επίσης θα μπορούσε να συνδεθεί στο διαδίκτυο λαμβάνοντας πληροφορίες για την ανατολή και τη δύση του ηλίου. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας του βραχίονα στις ώρες σκότους.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

Arduino. (n.d.). *Arduino Uno Rev3*. Ανακτήθηκε Δεκέμβριος 16, 2019 από:  
<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

Datasheet φωτοαντιστάτη GL5522: *Nanyang Lida Optic-electronics Co.,Ltd*. Ανακτήθηκε Δεκέμβριος 16, 2019 από: <https://pi.gate.ac.uk/pages/airpi-files/PD0001.pdf>

Datasheet servo κινητήρα Micro Servo 9g: *Imperial College London, Department of Electrical and Electronic Engineering*. Ανακτήθηκε Δεκέμβριος 16, 2019 από:  
[http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1\\_EE/stores/sg90\\_datasheet.pdf](http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf)

RS Components Pty Ltd. (n.d.). Datasheet αντιστάτη. Ανακτήθηκε Δεκέμβριος 16, 2019 από:  
<https://au.rs-online.com/>

### Ελληνική

Γιαννακόπουλος, Π.Η. (2012). Ηλεκτρονικά, Δίοδοι και Ενισχυτικά Στοιχεία. Αθήνα:  
Γιαννακόπουλος

Παπάζογλου, Π. & Λιώνης, Σ.Π. (2015). Ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino, Ένας πλήρης οδηγός για αρχάριους και προχωρημένους. Θεσσαλονίκη: Α.ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε