

# ΜΗΧΑΝΟΤΡΟΝΙΚΗ

## Εργασία με ARDUINO: ΚΙΝΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ( SOLAR PANEL)

### Ομάδα εργασίας:

Καρύδης Αναστάσιος, Α.Ε.Μ. 91931

Ελληνούδης Δημήτριος, Α.Ε.Μ. 91927

### ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

#### Περιγραφή συστήματος

Η συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του 7ου εξάμηνου στο μάθημα της Μηχανοτρονικής. Η εργασία μας αναφέρεται σε ένα κινητό πάνελ που ακολουθεί την κίνηση του ηλίου. Ο σκοπός του είναι η χρήση του σε ηλιακά πάρκα ώστε να παίρνουμε την μέγιστη ηλιακή ενέργεια. Το project που δημιουργήσαμε, αποτελείται από δύο λειτουργίες, την αυτόματη μέσω των αισθητήρων φωτός και την χειροκίνητη μέσω των ποτενσιόμετρων. Τα κομμάτια του κινητού πάνελ εκτυπώθηκαν σε 3d εκτυπωτή και η κατασκευή έγινε από εμάς.

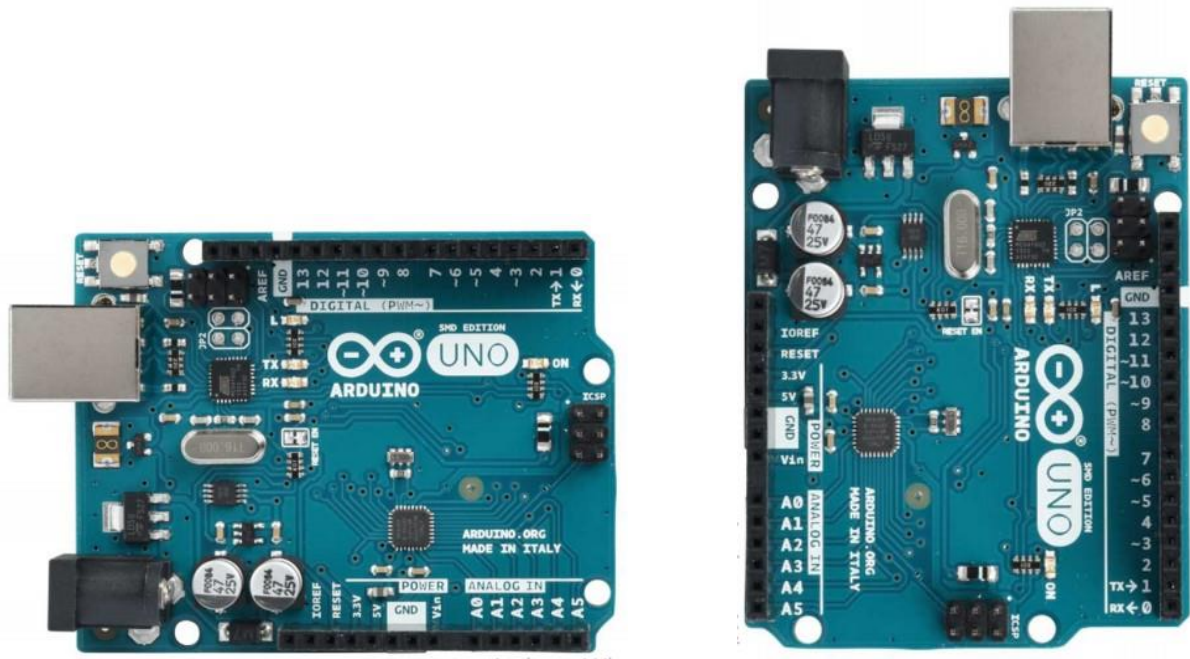
Τα στοιχεία που χρειαστήκαμε για το κύκλωμα, είναι τα παρακάτω:

- **Arduino UNO:** εδώ έγιναν όλες οι συνδέσεις σε αναλογικό και ψηφιακό σήμα.

Το Arduino κατασκευάστηκε για πρώτη φορά το 2005, ως εργαλείο για τους φοιτητές στο Ινστιτούτο Σχεδιασμού Αλληλεπίδρασης της Ivrea στην Ιταλία, με στόχο την παροχή ενός εύκολου και χαμηλού κόστους τρόπο δημιουργίας συσκευών που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους χρησιμοποιώντας αισθητήρες και ενεργοποιητές, για αρχάριους και επαγγελματίες. Το όνομα Arduino προέρχεται από ένα μπαρ στην Ivrea της Ιταλίας, όπου συνήθιζαν να συναντώνται ορισμένοι από τους εφευρέτες του. Το μπαρ πήρε το όνομά του από τον Arduin της Ivrea, ο οποίος ήταν βασιλιάς της Ιταλίας από το 1002 έως το 1014. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>, πρόσβαση στις 20-1-2021).

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++ ). Υπάρχουν διάφορες εκδοχές της πλακέτας Arduino (όπως για παράδειγμα Uno, Mini, Mega, Leonardo κτλ.) με διαφορετικά χαρακτηριστικά, στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση Uno. Το Arduino μπορεί να συμπεριφερθεί σαν ένας μικροσκοπικός υπολογιστής, αφού ο χρήστης μπορεί να συνδέσει επάνω του πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, να τα επεξεργάζεται και να στέλνει κατάλληλες εντολές στις μονάδες εξόδου.

Το Arduino διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και για αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.



Εικόνα 1: Arduino UNO

Στην πάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από 0 ως 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι. Λειτουργούν στα 5V και καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το πολύ 40mA. Ως ψηφιακή έξοδος, ένα από αυτά τα pin μπορεί να τεθεί από το πρόγραμμα σε κατάσταση HIGH ή LOW, οπότε το Arduino θα ξέρει αν πρέπει να διοχετεύσει ή όχι ρεύμα στο συγκεκριμένο pin. Ως *ψηφιακή είσοδος* μέσα από το πρόγραμμα, μπορούμε με την κατάλληλη εντολή να διαβάσουμε την κατάστασή του (HIGH ή LOW) ανάλογα με το αν η εξωτερική συσκευή που έχουμε συνδέσει σε αυτό το pin διοχετεύει ή όχι ρεύμα στο pin. Μερικά από αυτά τα 14 pin, εκτός από ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία. Συγκεκριμένα: Τα pin 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμα ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Τα pin 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Τα pin 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation).

Στην κάτω πλευρά του Arduino, με τη σήμανση ANALOG IN, βρίσκεται μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως *αναλογική είσοδος* κάνοντας χρήση του ADC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή. Καθένα από τα 6 αυτά pin, με κατάλληλη εντολή μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακό pin εισόδου/εξόδου όπως τα 14 που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά.

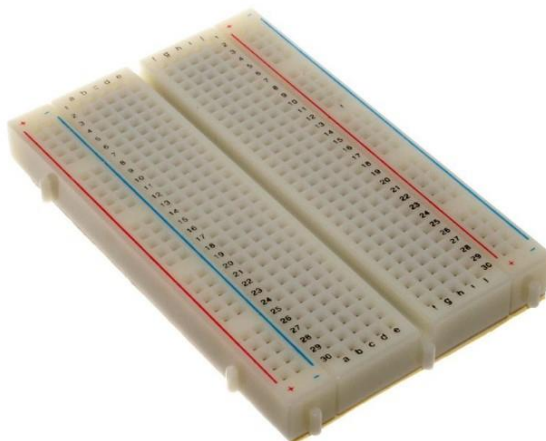
Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φισ των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο) και βρίσκεται στην κάτωαριστερή γωνία του Arduino. Η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Δίπλα από τα pin αναλογικής εισόδου, υπάρχει μια ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός έχει ως εξής: *Το πρώτο*, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (σε οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο Arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του Arduino. *Το δεύτερο*, με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά σας με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την

εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA. Το τρίτο, με την ένδειξη 5V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματά σας με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως λειτουργεί στα 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «φέρει» στα 5V. Το τέταρτο και το πέμπτο pin, με την ένδειξη GND, είναι γειώσεις. Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, στην περίπτωση που δεν βολεύει να χρησιμοποιηθεί την υποδοχή του φισ των 2.1mm. Αν όμως υπάρχει ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό το pin για να τροφοδοτηθεί εξαρτήματα με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V.

Πάνω στην πλακέτα του Arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 μικροσκοπικά LED επιφανειακής στήριξης. Η λειτουργία του διακόπτη που έχει την σήμανση RESET είναι να επανεκινεί το Arduino και του LED με την σήμανση POWER είναι να ανάβει όταν το Arduino είναι σε λειτουργία. Τα δύο LED με τις σημάσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα) δεδομένα μέσω USB. Σημειώνεται ότι τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και συνεπώς δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία γίνεται αποκλειστικά μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1. Τέλος, υπάρχει το LED με την σήμανση L. Αυτό είναι ένα δοκιμαστικό LED και είναι συνδεδεμένο με το pin 13. (Κεχαγιάς Ι., *Ιχνηλάτης Ηλιακής Ενέργειας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.*)

• **1 breadboard:** πάνω στο οποίο τοποθετήσαμε όλα τα καλώδια του συστήματός μας, και να πειραματιστούμε με ευκολία.

Το breadboard είναι μια βάση κατασκευής πρωτοτύπων ηλεκτρονικών. Η λέξη, κυριολεκτικά, σημαίνει σανίδα ψωμιού, δηλαδή ένα γυαλισμένο κομμάτι ξύλου που χρησιμοποιείται για την κοπή ψωμιού. Πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 1970 και ονομάστηκε solderless breadboard (γνωστό και ως plugboard, terminal array board) και σήμερα χρησιμοποιείται ο όρος "breadboard". Η πλακέτα του breadboard είναι επαναχρησιμοποιήσιμη και εύκολη στη χρήση της για τη δημιουργία προσωρινών πρωτοτύπων και τον πειραματισμό στο σχεδιασμό κυκλωμάτων. Μπορούμε να σχεδιάσουμε και να κατασκευάσουμε τα πρωτότυπα πλήθους ηλεκτρονικών συστημάτων, χρησιμοποιώντας breadboards, πχ. από μικρά αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα έως πλήρεις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (CPUs). (<https://en.wikipedia.org/wiki/Breadboard>, πρόσβαση στις 21-1-2021).



Εικόνα 2: Breadboard

- **Καλώδια:** με τα οποία συνδέσαμε τα επιμέρους τμήματα του συστήματος.
- **2 σερβοκινητήρες:** οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για να δώσουμε κίνηση στο πάνελ.

Ο σερβοκινητήρας είναι μια διάταξη που μπορεί να γυρίζει με ακρίβεια έναν άξονα από τις 0 μέχρι τις 180 μοίρες. Έχει εφαρμογή σε κατασκευές που θέλουμε να κινείται κάποιο μέρος ελεγχόμενα, π.χ. αν σταθεροποιήσουμε κάπου τη βάση του, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το σέρβο για να εισάγουμε κίνηση σε εύρος 180 μοιρών στην κατασκευή μας. Ένα κλασσικό δείγμα σερβοκινητήρα ιδανικό για το Arduino είναι ο *TowerPro SG90*. Το σέρβο έχει *τρία* καλώδια: ένα κόκκινο που συνδέεται στην πηγή (+5V), ένα καφέ ή μαύρο που συνδέεται στη γείωση (GND) κι ένα άσπρο ή κίτρινο που συνδέεται στο pin του Arduino, μέσω του οποίου λαμβάνει παλμούς PWM συχνότητας 50Hz, των οποίων ο κύκλος εργασίας (Duty cycle) είναι ανάλογος με τις μοίρες στρέψης.

([http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/robotiki\\_G\\_2018\\_final/\\_0.html](http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/robotiki_G_2018_final/_0.html), πρόσβαση στις 21-1-2021).



Εικόνα 3: Σερβοκινητήρας

- **4 φωτοαντιστάσεις:** με τις οποίες παίρνουμε τις τιμές που χρειαζόμαστε για να δουλέψουμε αυτόματα την μετακίνηση του πάνελ, δηλ. είναι οι αισθητήρες του συστήματος.

Η φωτοαντίσταση είναι μια αντίσταση της οποίας η τιμή μειώνεται με την αύξηση του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια της. Η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στο φαινόμενο της φωτοαγωγιμότητας, όπως και όλων των φωτοενεργών διατάξεων (φωτοαντιστάσεων, φωτοδιόδων, φωτοτρανζίστορ κ.λ.π.), δηλαδή να μετατρέψουν τις διακυμάνσεις του φωτός σε ηλεκτρικό σήμα, ή να συλλάβουν τα φωτόνια που προσπίπτουν πάνω σ' αυτά με την ελάχιστη ανάκλαση, και να δημιουργήσουν ελεύθερα ηλεκτρόνια ή και οπές με τη μέγιστη απόδοση. (Τσιτσιπής Π., 2011, *Ε.Α.Ηλεκτρονικής Φυσικής, Τ.Ε.Ι.Λαμίας*). Αν πέσει φως στην συσκευή, με αρκετά υψηλή συχνότητα, τότε φωτόνια απορροφούνται από τον ημιαγωγό και δεσμευμένα ηλεκτρόνια αποκτούν αρκετή ενέργεια, ώστε να αποσπαστούν από τα άτομα που τα δεσμεύουν. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται, άγουν ρεύμα και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασης. Η φωτοαντίσταση κατασκευάζεται από ειδικά φωτοαγώγιμα υλικά όπως ενώσεις κάδμιου - σεληνίου. Το υλικό αυτό στηρίζεται πάνω σε μια μικρή μονωτική επιφάνεια και το όλο στοιχείο τοποθετείται μέσα σε ένα γυάλινο σωλήνα, διαφανή για το φως που προστατεύει το φωτοαγώγιμο υλικό. Οι φωτοαντιστάσεις χρησιμοποιούνται σε πολλά κυκλώματα αυτοματισμών.



Εικόνα 4: Φωτοαντιστάσεις

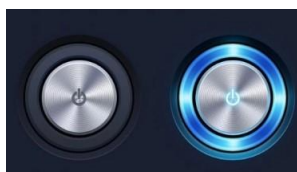
• **2 φωτάκια λεντ (LED):** τα λεντ τοποθετήθηκαν για την εναλλαγή από χειροκίνητη λειτουργία σε αυτόματη. Χρησιμοποιήθηκαν ένα κόκκινο και ένα πράσινο LED.

Μια δίοδος εκπομπής φωτός (LED) είναι μια πηγή φωτός ημιαγωγού που εκπέμπει φως όταν το ρεύμα ρέει μέσα από αυτό. Τα ηλεκτρόνια στον ημιαγωγό ανασυνδυάζονται με τρύπες ηλεκτρονίων, απελευθερώνοντας ενέργεια με τη μορφή φωτονίων. Το χρώμα του φωτός (που αντιστοιχεί στην ενέργεια των φωτονίων) καθορίζεται από την ενέργεια που απαιτείται για να διασχίσουν τα ηλεκτρόνια το διάκενο ζώνης του ημιαγωγού. Το λευκό φως λαμβάνεται χρησιμοποιώντας πολλαπλούς ημιαγωγούς ή ένα στρώμα φωσφόρου που εκπέμπει φως στη συσκευή ημιαγωγών. Εμφανίστηκαν για πρώτη φορά ως πρακτικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα το 1962. Τα πρώτα LED εξέπεμπαν φως υπέρυθρης ακτινοβολίας χαμηλής έντασης (IR). Σε μεγάλη ποικιλία ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης, χρησιμοποιούνται υπέρυθρες λυχνίες LED, όπως στα κυκλώματα τηλεχειριστηρίων. Τα πρώτα LED ορατού φωτός ήταν χαμηλής έντασης και περιορίστηκαν σε κόκκινο. Τα μοντέρνα LED είναι διαθέσιμα σε μήκος ορατού, υπεριώδους (UV) και υπέρυθρου κύματος, με υψηλή απόδοση φωτός. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode), πρόσβαση στις 21-1-2021).



Εικόνα 5: LEDs

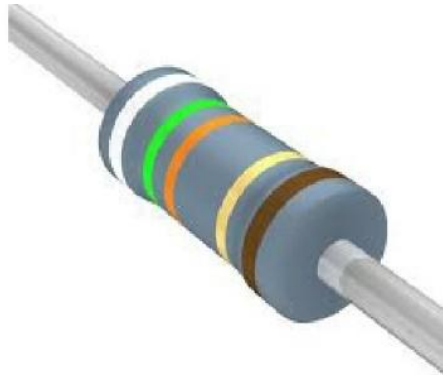
• **1 κουμπί:** το οποίο τοποθετήθηκε για να υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής της χειροκίνητης λειτουργίας σε αυτόματη, και αντίστροφα.



Εικόνα 6: Κουμπιά (BUTTONs)



- **7 αντιστάσεις:** οι οποίες τοποθετήθηκαν κατάλληλα στο κύκλωμα, έτσι ώστε να ελέγχεται η ροή του ρεύματος.



Εικόνα 7: Αντίσταση

- **2 ποτενσιόμετρα:** που χρησιμοποιήθηκαν για τη χειροκίνητη κίνηση του πάνελ οριζόντια και κάθετα.

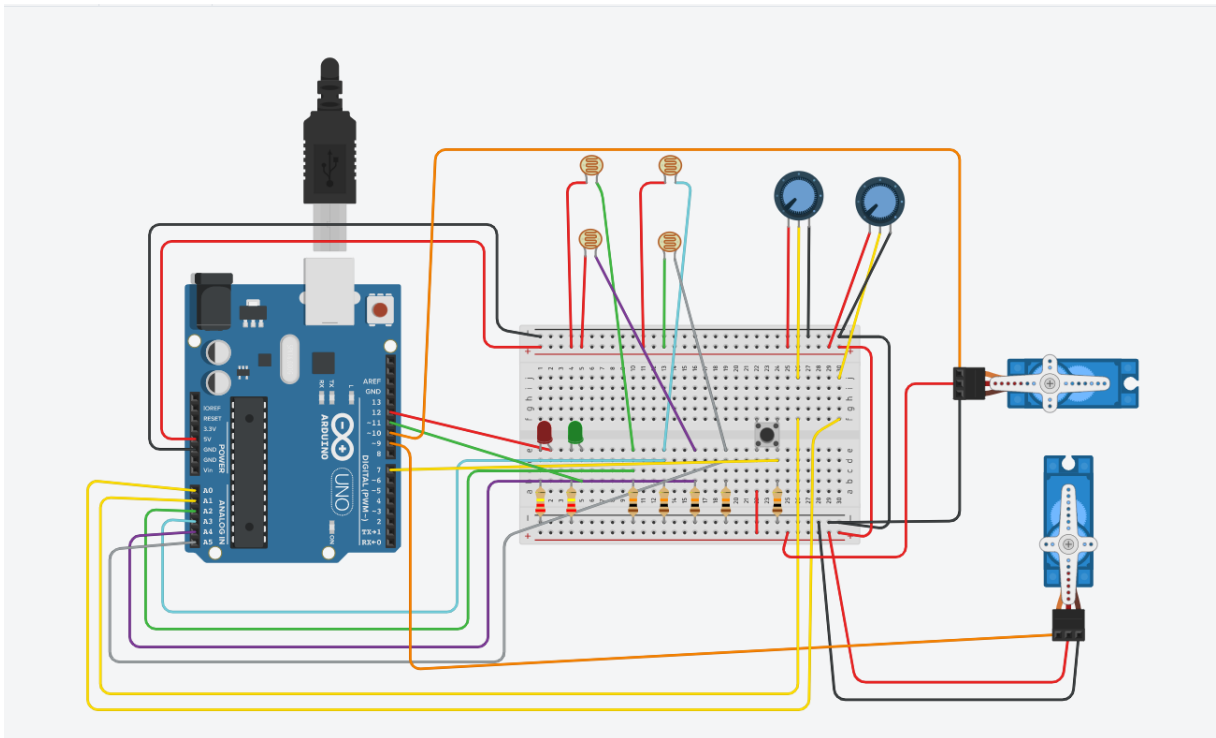
Το ποτενσιόμετρο είναι αναλογικό ηλεκτρονικό εξάρτημα, με τρεις ακροδέκτες. Είναι ένας μεταβλητός αντιστάτης, που χρησιμοποιείται συνήθως ως διαιρέτης τάσης, δηλαδή για τη μεταβολή του ηλεκτρικού δυναμικού. Μπορεί να λειτουργήσει και ως ροοστάτης αν χρησιμοποιηθούν μόνο οι δύο ακροδέκτες, ο μεσαίος και ένας από τους δύο άλλους ακροδέκτες του.



Εικόνα 8: Ποτενσιόμετρα

## Συνδεσμολογία κυκλώματος

Παρακάτω περιγράφεται η συνδεσμολογία και η λειτουργία του κυκλώματος που κατασκευάσαμε (Εικόνα 9), με τη βοήθεια του προγράμματος “tinkercad”.



Εικόνα 9: Η συνδεσμολογία του κυκλώματος

Ξεκινώντας με το start simulation οι σερβοκινητήρες παίρνουν τις αρχικές τιμές που έχουμε δώσει μέσα από τον κώδικα που δημιουργήσαμε. Πατώντας το button (δουλεύει σαν είσοδος στο κύκλωμα στο D7) ενεργοποιείται η αυτόματη λειτουργία (ανάβει το πράσινο led οπού δουλεύει σαν έξοδος στο κύκλωμα D11) οπού οι σερβοκινητήρες λαμβάνουν κίνηση μέσω των αισθητήρων φωτός που έχουμε τοποθετήσει. Οι φωτοαντιστάσεις έχουν τοποθετηθεί κατάλληλα, ώστε να μπορούν να διακρίνουν προς ποια κατεύθυνση υπάρχει μεγαλύτερη ηλιακή ενέργεια (έχουν συνδεθεί με τα αναλογικά σήματα του Arduino και λειτουργούν ως είσοδοι). Το σήμα που παίρνουν οι φωτοαντιστάσεις, εξαρτάται από το ποσοστό του φωτός που πέφτει επάνω σε αυτές. Στη συνέχεια, το σήμα που λαμβάνουν, πηγαίνει στο αναλογικό σήμα του Arduino και από εκεί μετατρέπεται σε ψηφιακό. Το μεταβαλλόμενο αυτό σήμα, δίνει τελικά την ανάλογη κίνηση στους σερβοκινητήρες. Οι αντιστάσεις που είναι τοποθετημένες σε κάθε ξεχωριστό κομμάτι του κυκλώματος, έχουν μπει για να ελέγχουν την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος για κάθε αγωγό. Πατώντας 2<sup>η</sup> φορά το button, ενεργοποιείται η χειροκίνητη λειτουργία (ανάβει το κόκκινο led, που δουλεύει σαν έξοδος στο κύκλωμα D12) και η κίνηση των κινητήρων του κυκλώματος, εξαρτάται από τα 2 ποτενσιόμετρα. Το ποτενσιόμετρο που βλέπουμε από τη δεξιά πλευρά, κινεί το ηλιακό πάνελ δεξιόστροφα-αριστερόστροφα, δηλαδή κινεί τον κινητήρα με οριζόντια κίνηση (λειτουργεί στο κύκλωμα ως είσοδος στο αναλογικό σήμα A0). Το ποτενσιόμετρο που βλέπουμε από την αριστερή πλευρά, κινεί το πάνελ πάνω-κάτω δηλαδή κινεί το σερβοκινητήρα με κάθετη κίνηση (λειτουργεί ως είσοδος στο κύκλωμα που είναι συνδεδεμένο στο αναλογικό σήμα του Arduino). Τα ποτενσιόμετρα συνδέονται στο αναλογικό σήμα του Arduino και οι τιμές που δίνουν, μεταβάλλονται ανάλογα με τη “γωνία” που θα τους δώσουμε εμείς χειροκίνητα. Οι τιμές που δίνουν τα ποτενσιόμετρα είναι από 0 έως 1023. Το σήμα αυτό πηγαίνει στις αντίστοιχες αναλογικές θήρες του Arduino, και στη συνέχεια μετατρέπουμε αυτές τις τιμές από 0-1023 σε

0 έως 180 μοίρες. Μετά, το σήμα αυτό πηγαίνει στις ψηφιακές εξόδους του Arduino και κινούνται οι κινητήρες. Οι κινητήρες, δουλεύουν σαν εξοδοι στο κύκλωμα και είναι συνδεδεμένοι σε ψηφιακές θήρες του Arduino και παίρνουν την τροφοδοσία τους μέσω του breadboard. Το breadboard είναι συνδεδεμένο με την τροφοδοσία και τη γείωση του Arduino (5v-GND), κι έτσι έχουμε ένα λιγότερο περίπλοκο κύκλωμα.

### Κώδικας του συστήματος

Αρχικά εισάγουμε τις μεταβλητές εισόδου και δηλώνουμε τους σερβοκινητήρες. Ο κάθετος σερβοκινητήρας προκαλεί δεξιά ή αριστερή κίνηση του panel, ενώ ο οριζόντιος σερβοκινητήρας κινεί πάνω ή κάτω το panel. Όλες οι μεταβλητές είναι τύπου int, δηλαδή ακέραιες τιμές με αρχική τιμή 0. Η μεταβλητή mode αναφέρεται στη λειτουργία και παίρνει τιμές 0 όταν η λειτουργία είναι χειροκίνητη, και 1 όταν είναι αυτόματη. Το button State αναφέρεται στο κουμπί, και παίρνει τιμές 0 και 1 που αντιστοιχούν στο LOW όταν δεν είναι πατημένο, και στο HIGH όταν είναι πατημένο. Οι μεταβλητές top Left Light, top Right Light, bottom Left Light, bottom Right Light αντιστοιχούν σε κάθε φωτοαντίσταση (π.χ. top Left Light: αντιστοιχεί στην επάνω αριστερά φωτοαντίσταση). Οι μεταβλητές Left Light, Right Light, Top Light, Bottom Light αναφέρονται στον μέσο όρο των φωτοαντιστάσεων που είναι αριστερά, δεξιά, πάνω και κάτω (πχ  $Left\ Light = (top\ Left\ Light + bottom\ Left\ Light)/2$ ).

Στην συνάρτηση voidsetup αντιστοιχούμε τις ψηφιακές και αναλογικές εισόδους και εξόδους του Arduino στις μεταβλητές μας. Πιο συγκεκριμένα, το ποτενσιόμετρο που κινεί τον κάθετο κινητήρα, αντιστοιχείται στην αναλογική είσοδο A0 και το άλλο ποτενσιόμετρο στην αναλογική είσοδο A1. Οι φωτοαντιστάσεις αντιστοιχούνται στις αναλογικές εισόδους A2,A3,A4,A5. Το κουμπί που αλλάζει τη λειτουργία από χειροκίνητη σε αυτόματη, αντιστοιχίζεται στην ψηφιακή είσοδο 7. Τα δυο led που έχουμε τοποθετήσει, ένα πράσινο για την αυτόματη λειτουργία και ένα κόκκινο για την χειροκίνητη, αντιστοιχούνται στις ψηφιακές εξόδους 11 και 12 αντιστοίχως. Ο κάθετος σερβοκινητήρας συνδέεται με την ψηφιακή είσοδο 9 και ο οριζόντιος με την ψηφιακή είσοδο 10.

Στην συνάρτηση voidloop, περιγράφεται ο τρόπος που λειτουργεί το σύστημα. Αρχικά, περιγράφεται πως γίνεται η λειτουργία αυτόματη και χειροκίνητη. Εισάγουμε τη μεταβλητή prevButtonState η οποία έχει αρχική τιμή 0. Πατάμε το κουμπί και η μεταβλητή button State παίρνει την τιμή HIGH, η τιμή της μεταβλητής mode ισούται αρχικά με 0. Επομένως το πράσινο led που αντιστοιχεί στην ψηφιακή έξοδο 11, παίρνει τιμή HIGH και ανάβει, ενώ το κόκκινο μένει κλειστό. Η μεταβλητή mode παίρνει την τιμή 1 και η prev Button State παίρνει την τιμή που είχε η button State. Επομένως, όταν ξαναπατήσουμε το κουμπί, η τιμή του button State θα είναι διαφορετική από αυτή του prev Button State, και πλέον η mode έχει την τιμή 1, οπότε και ανάβει το κόκκινο led και κλείνει το πράσινο.

Εάν η mode ισούται με 0 όταν προχωρήσουμε στο επόμενο block, σημαίνει ότι είμαστε στην χειροκίνητη λειτουργία, και οι σερβοκινητήρες κινούνται με βάση τις τιμές που δέχεται από τα ποτενσιόμετρα. Εάν η mode ισούται με 1, σημαίνει ότι είμαστε στην αυτόματη λειτουργία.

Οι φωτοαντιστάσεις παίρνουν τιμές από την συνάρτηση map (value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh). Έπειτα υπολογίζονται οι μεταβλητές LeftLight, RightLight, TopLight, BottomLight με τον μέσο όρο.

Εάν η απόλυτη διαφορά μεταξύ των μεταβλητών LeftLight και RightLight είναι μεγαλύτερη από 4 μονάδες, τότε έχουμε δυο περιπτώσεις. Εάν η τιμή της RightLight είναι



μεγαλύτερη από της LeftLight, δηλαδή έχουμε περισσότερο φως στους δεξιούς αισθητήρες και ο κάθετος σερβοκινητήρας είναι σε γωνία μικρότερη των 180 μοιρών, τότε ο κάθετος σερβοκινητήρας κινείται μέχρι να φτάσει σε γωνία 0 μοιρών. Εάν η τιμή της LeftLight είναι μεγαλύτερη από της RightLight, δηλαδή έχουμε περισσότερο φως στους αριστερούς αισθητήρες και ο κάθετος σερβοκινητήρας είναι σε γωνία μεγαλύτερη των 0 μοιρών, τότε ο κάθετος σερβοκινητήρας κινείται μέχρι να φτάσει σε γωνία 180 μοιρών.

Ομοίως, κινείται ο οριζόντιος σερβοκινητήρας με βάση τις τιμές των TopLight και BottomLight.

## Παράρτημα Ι: Ο αναλυτικός κώδικας του συστήματος

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο κώδικας (σε γλώσσα C++) για τη λειτουργία του ηλιακού πάνελ, όπως περιγράφηκε παραπάνω: #include <Stepper.h>

```
#include <Servo.h>

//Initialize variables

int mode = 0;

int buttonState = 0;

int prevButtonState = 0;

int topLeftLight = 0;

int topRightLight = 0;

int bottomLeftLight = 0;

int bottomRightLight = 0;

int LeftLight = 0;

int RightLight = 0;

int TopLight = 0;

int BottomLight = 0;

//Declare two servos

Servo servo_9;

Servo servo_10;

void setup()

{

    pinMode(7, INPUT); //Mode Button

    pinMode(12, OUTPUT); //Led indicator for manual mode

    pinMode(11, OUTPUT); //Led indicator for auto mode

    pinMode(A0, INPUT); //Potentiometer for right-left movement

    pinMode(A1, INPUT); //Potentiometer for up-down movement

    pinMode(A2, INPUT); //Light sensor up - left

    pinMode(A3, INPUT); //Light sensor up - right

    pinMode(A4, INPUT); //Light sensor bottom - left

    pinMode(A5, INPUT); //Light sensor bottom - right

    servo_9.attach(9); //Servo motor right - left movement
```

```

servo_10.attach(10); //Servo motor up - down movement
}

void loop()
{
  buttonState = digitalRead(7);
  if (buttonState != prevButtonState) {
    if (buttonState == HIGH) {
      //Change mode and ligh up the correct indicator
      if (mode == 1) {
        mode = 0;
        digitalWrite(12, HIGH);
        digitalWrite(11, LOW);
      } else {
        mode = 1;
        digitalWrite(11, HIGH);
        digitalWrite(12, LOW);
      }
    }
  }
  prevButtonState = buttonState;
  delay(50); // Wait for 50 millisecond(s)
  if (mode == 0) {
    //If mode is manual map the pot values to degrees of rotation
    servo_9.write(map(analogRead(A0), 0, 1023, 0, 180));
    servo_10.write(map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 180));
  } else {
    //if mode is auto map the sensor values to 0-100 ligh intensity.
    //Every light sensor has different sensitivity and must be first tested
    //for it's high and low values
    topLeftLight = map(analogRead(A2),50,980,0,100);
    topRightLight = map(analogRead(A3),200,990,0,100);
  }
}

```

```

bottomLeftLight = map(analogRead(A4),170,970,0,100);
bottomRightLight = map(analogRead(A5),250,1000,0,100);
//Calculate the average light conditions
TopLight = ((topRightLight + topLeftLight) / 2);
BottomLight = ((bottomRightLight + bottomLeftLight) / 2);
LeftLight = ((topLeftLight + bottomLeftLight) / 2);
RightLight = ((topRightLight + bottomRightLight) / 2);
//Rotate the servos if needed
if (abs((RightLight - LeftLight)) > 4) { //Change position only if light difference is
bigger then 4%
    if (RightLight > LeftLight) {
        if (servo_9.read() < 180) {
            servo_9.write((servo_9.read() + 1));
        }
    }
    if (RightLight < LeftLight) {
        if (servo_9.read() > 0) {
            servo_9.write((servo_9.read() - 1));
        }
    }
}

if (abs((TopLight - BottomLight)) > 4) { //Change position only if light difference is
bigger then 4%
    if (TopLight > BottomLight) {
        if (servo_10.read() > 0) {
            servo_10.write((servo_10.read() - 1));
        }
    }
    if (TopLight < BottomLight) {
        if (servo_10.read() < 180) {
            servo_10.write((servo_10.read() + 1));
        }
    }
}

```

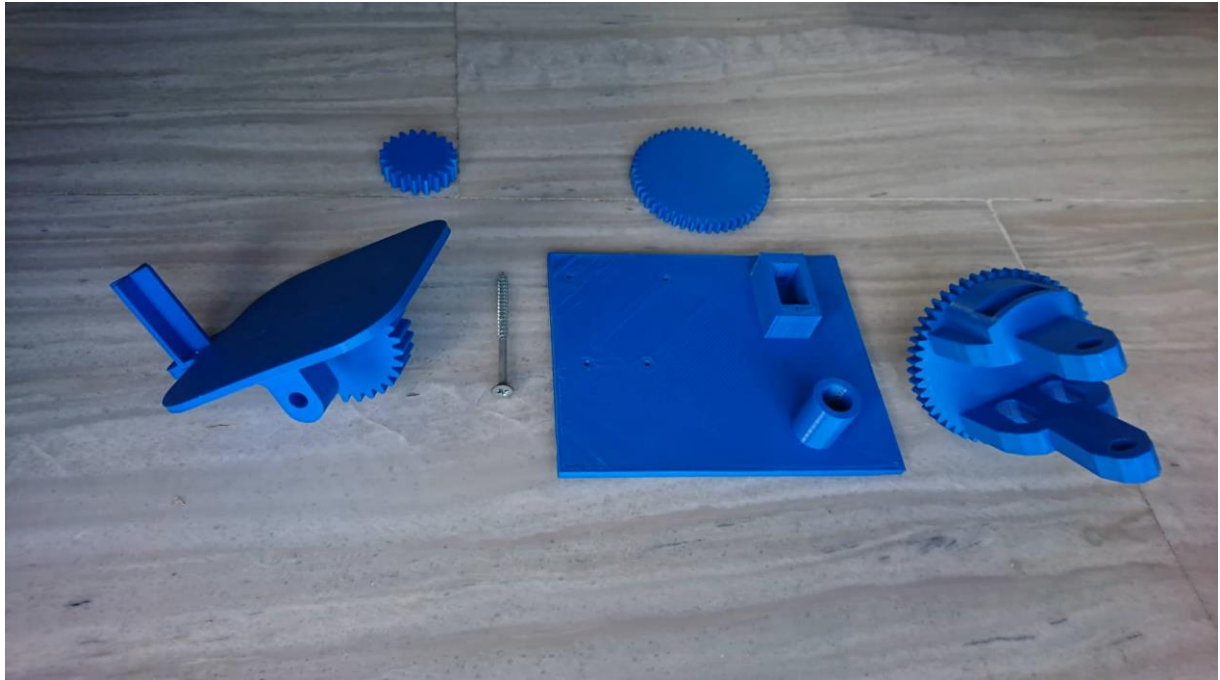
}

}

}

## Παράρτημα II: Εκτύπωση σε 3D Printer τα εξαρτήματα του πάνελ

Παρακάτω φαίνονται τα εξαρτήματα του πάνελ (Εικόνες 10 ως 13), όπως αυτά παρήχθησαν με τη χρήση του εκτυπωτή : “Creality Ender 3 3D Printer”, στην προσπάθειά μας να κατασκευάσουμε το ηλιακό πάνελ:

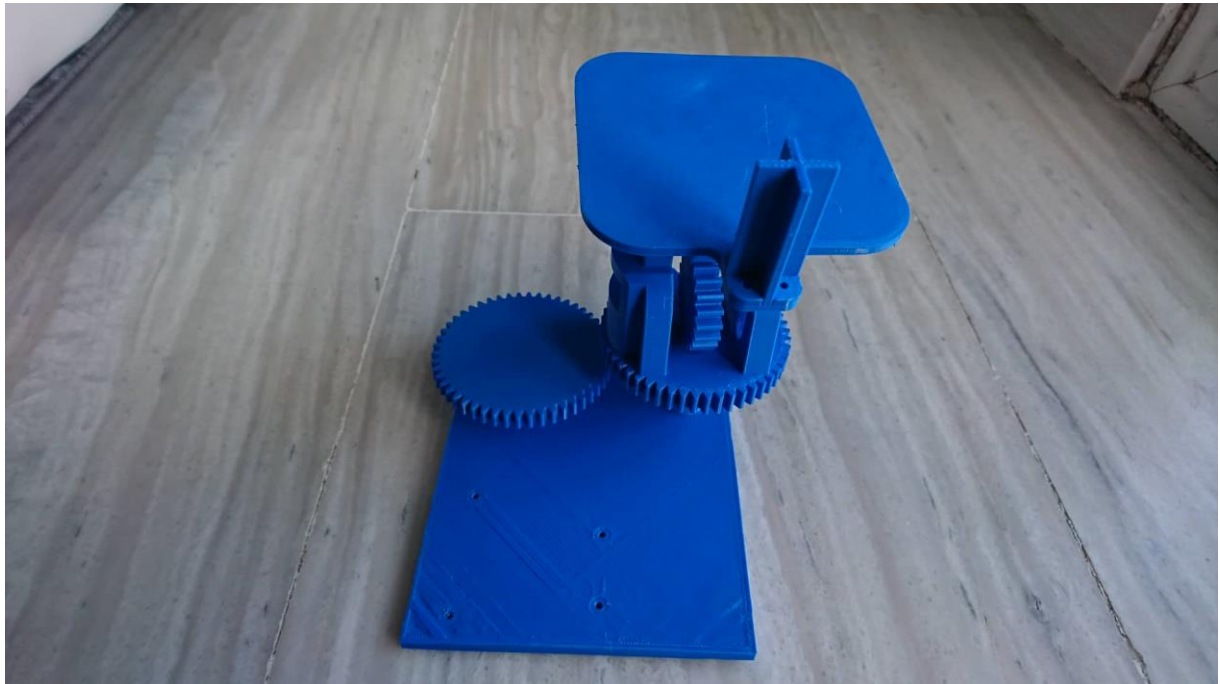


Εικόνα 10: Εξαρτήματα του πάνελ

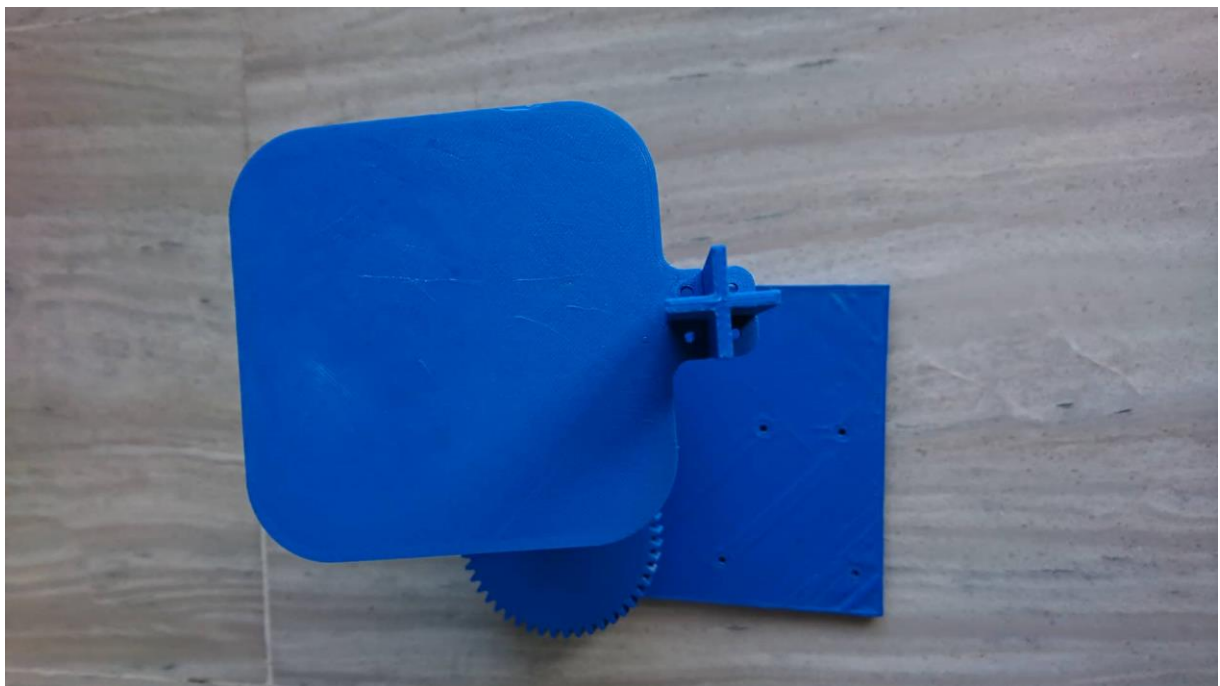




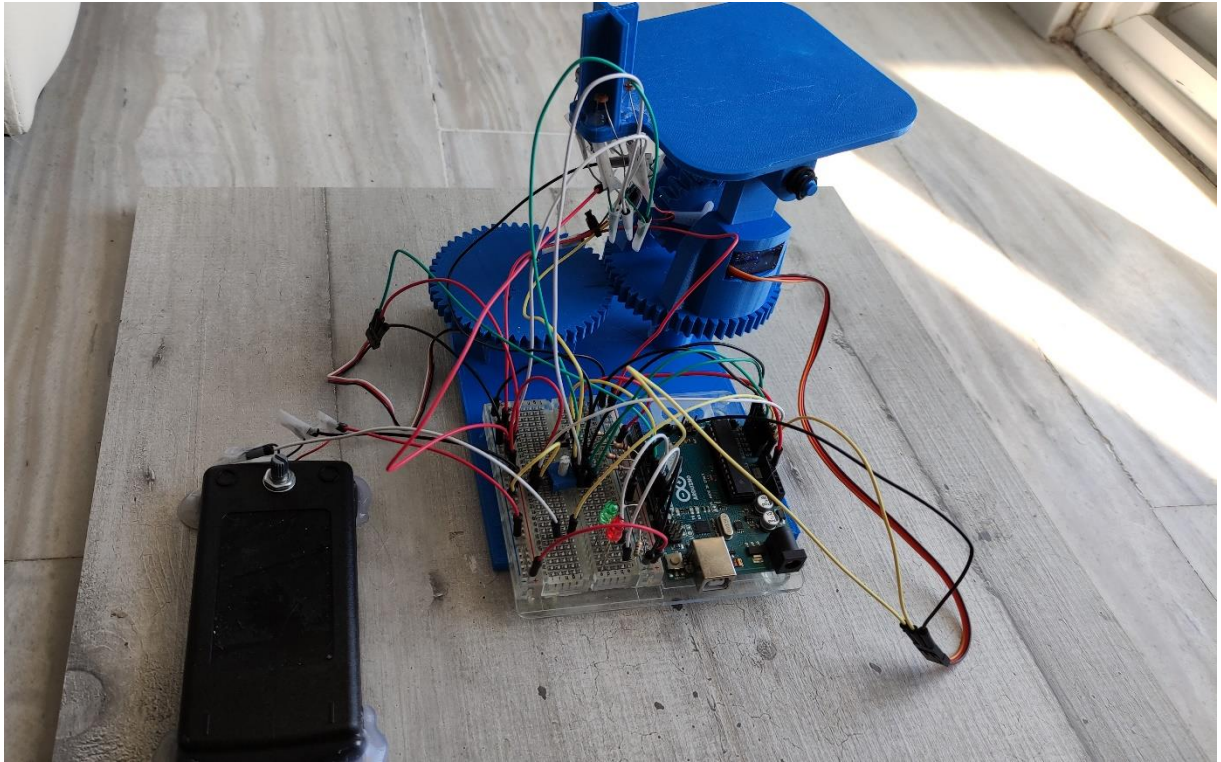
Εικόνα 11: Συνδεσμολογία εξαρτημάτων πάνελ (κίνηση οριζόντια και κάθετη)



Εικόνα 12: Συνδεσμολογία εξαρτημάτων πάνελ (κίνηση οριζόντια και κάθετη)



Εικόνα 13: Συνδεσμολογία εξαρτημάτων πάνελ (επάνω στο “σταυρό” τοποθετούνται οι 4 αισθητήρες)



Εικόνα 14: Τελικό αποτέλεσμα με σύνδεση καλωδίων

### **Σύνδεσμος Βίντεο Παρουσίασης**

<https://youtu.be/zhUMcOWRlj0>