**Ρομποτικός βραχίονας ταξινόμησης χρημάτων**

**Ιωάννης Μπακατάρης (ΠΕ86)**

bak@gymkassandras.gr

**Δαβής Γεώργιος (ΠΕ04.01)**

gdavisn@yahoo.gr

**Περίληψη**

Αρθρωτός βραχίονας 2 βαθμών ελευθερίας με δυνατότητα αναγνώρισης χαρτονομισμάτων μέσω ενός αισθητήρα χρωμάτων. Ο βραχίονας θα αναγνωρίζει τα χαρτονομίσματα, θα υπολογίζει την συνολική αξία τους, θα την αναφέρει από ένα μικρο ηχείο και θα τα ταξινομεί ανάλογα με την αξία τους . Η κίνηση του βραχίονα θα γίνεται με τη χρήση 2 Servo ενώ η προσκόλληση των χαρτονομισμάτων στο βραχίονα με τη βοήθεια μίας αντλίας κενού.

Υλικά: 1 Arduino Uno, 1 Ξύλινο αρθρωτό βραχίονα, 1 Servo Mini 3.5kg.cm (Feetech FT1117M) και 1 Servo Micro 1.8kg.cm Metal Gears (Feetech FS90MG) 1 color sensor TCS3200 1 Micro Air Pump Motor - 6V (AM-265) 1 Loudspeaker 0.5W 8Ω - 28 x 4.7mm

Η κατασκευή θα μπορεί να είναι χρήσιμη σε άτομα με προβλήματα όρασης καθώς θα υπολογίζει την αξία μιας δέσμης χρημάτων και θα μπορεί να τα ταξινομεί.

**Λέξεις κλειδιά:** *Arduino, TinkerCad, αναγνώριση χρώματος*.

***1. Εισαγωγή***

Ο μικροεπεξεργαστής Arduino προγραμματίστηκε με τη χρήση μπλοκ εντολών και όχι με γραπτό κώδικα. Αυτό εξασφαλίζει ότι δε θα γίνουν συντακτικά λάθη και επιτρέπει στον προγραμματιστή να επικεντρωθεί στη δημιουργία του προγράμματος και όχι στην αναζήτηση συντακτικών λαθών. Ο προγραμματισμός έγινε στο περιβάλλον TinkerCad όπου οι μαθητές είχαν την δυνατότητα να σχεδιάσουν το κύκλωμα και να το προγραμματίσουν. Επιπροσθέτως το συγκεκριμένο περιβάλλον δίνει και τη δυνατότητα προσομοίωσης κι έτσι οι μαθητές μπορούσαν να βρουν τυχόν λάθη και να τα διορθώσουν πριν περάσουν στην πραγματοποίηση του έργου. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν το έργο σε ένα εικονικό περιβάλλον, να κάνουν διορθώσεις που δεν θα επηρεάσουν το τελικό έργο και με αυτό τον τρόπο δε θα αποθαρρυνθούν. Ένας άλλος επίσης σημαντικός λόγος είναι η ευκολία με την οποία μπορεί να τρέξει ένα πρόγραμμα. Το περιβάλλον κάνει αυτόματα εκσφαλμάτωση κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού. Συνεπώς ο προγραμματιστής ενημερώνεται άμεσα για κάποιο λάθος και προβαίνει στην άμεση διόρθωσή του. Όταν λοιπόν έρθει η ώρα να τρέξει το πρόγραμμά του, γνωρίζει ότι δε θα υπάρξουν κωλύματα.

Ακόμα ένα μεγάλο πλεονέκτημα που προσφέρει ο μικροεπεξεργαστής Arduino είναι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν χιλιάδες ηλεκτρονικά εξαρτήματα του εμπορίου και δεν υπάρχει περιορισμός στα εξαρτήματα του συγκεκριμένου μοντέλου, όπως γίνεται με άλλα πακέτα.

***2. Συγκρότηση της ομάδας***

Την φετινή σχολική χρονιά οι μαθητές του σχολείου δέχτηκαν την πρόσκληση για τη συμμετοχή τους στην ομάδα ρομποτικής. Ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν τον λόγο που θα ήθελαν να συμμετάσχουν στη συγκεκριμένη ομάδα, τι θα μπορούσαν να προσφέρουν, αλλά και πιστεύανε ότι θα κερδίσουν.

Στη συνέχεια οι μαθητές που εκδήλωσαν ενδιαφέρον παρακολούθησαν μερικά μαθήματα σχετικά με το αντικείμενο. Μερικοί πίστευαν ότι θα δουλέψουν με ρομπότ και όταν αντίκρισαν κυκλώματα και ηλεκτρονικά εξαρτήματα έχασαν το ενδιαφέρον τους και αποχώρησαν. Όσοι παρέμειναν ενθουσιάστηκαν με το αντικείμενο και συμφώνησαν να συνεχίσουμε την προσπάθεια.

***3. Εύρεση ιδέας***

Για αρχή οι μαθητές αναζήτησαν στο διαδίκτυο έτοιμες εργασίες για να γνωρίσουν τις δυνατότητες που παρέχει ο μικροεπεξεργαστής Arduino. Ακολούθησαν αρκετές προτάσεις τις οποίες οι μαθητές παρουσίασαν στην ομάδα. Ήταν όλες πολύ ενδιαφέρουσες και υπήρξε αρκετή δυσκολία για την τελική απόφαση. Δεδομένου ότι και το οικονομικό θέμα ήταν ένα εμπόδιο για την πραγματοποίηση μερικών έργων καταλήξαμε στις πιο υλοποιήσιμες ιδέες.

Τελικά καταλήξαμε να δημιουργήσουμε έναν ρομποτικό βραχίονα, μιας και ο βραχίονας ήταν έτοιμος από περσινή εργασία που υλοποιήθηκε στο μάθημα της φυσικής. Η κίνηση του βραχίονα γινότανε με την χρήση νερού και σωληνώσεων που κουνούσαν ανεξάρτητα το κάθε μέρος. Σκεφτήκαμε λοιπόν να αντικαταστήσουμε τους σωλήνες με κινητήρες servo που θα χειριζόταν ο μικροεπεξεργαστής.

Αυτό που έμενε ήταν να αποφασιστεί τι ακριβώς θα κάνει ο βραχίονας διότι δεν ήταν πολύ ενδιαφέρον απλά να κινείται. Μετά από συζήτηση και ανάλυση καταλήξαμε να κάνει κάτι. Και αυτό θα ήταν να ταξινομεί χαρτονομίσματα βάσει του χρώματος τους. Η ομάδα συμφώνησε ομόφωνα ότι είναι καλή ιδέα και δημιουργική. Ακολούθησε αναζήτηση στο διαδίκτυο για ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν την ιδέα, όπως η αναγνώριση του χρώματος του χαρτονομίσματος ή ένα εξάρτημα που θα μπορούσε να ανασηκώσει ένα χαρτονόμισμα και να το αποθέσει στη σωστή θέση. Υπήρχαν όλα τα εξαρτήματα που χρειαζόμασταν κι έτσι η ιδέα κλείδωσε.

***4. Ανάλυση***

Κατ’ αρχάς μελετήσαμε τις κινήσεις και τις λειτουργίες του βραχίονα προκειμένου να συλλέξουμε όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα. Μελετήσαμε τις δυνατότητες του κάθε εξαρτήματος και σκεφτήκαμε πως θα γίνει η ενσωμάτωσή τους στον ήδη υπάρχον βραχίονα. Επίσης ο τρόπος που λειτουργεί το κάθε εξάρτημα θα έπαιζε ρόλο στον τελικό σχεδιασμό και αποτέλεσμα.

Παραγγείλαμε Arduino σετ τα οποία περιλάμβαναν αρκετά από τα εξαρτήματα που χρειαζόμασταν. Παρ’ όλα αυτά κινητήρες servo παραγγείλαμε ξεχωριστά για να έχουν καλύτερες επιδόσεις και μεταλλικά γρανάζια για μεγαλύτερη αντοχή.

Σκεφτήκαμε ότι η χρήση της υπάρχουσας δαγκάνας του βραχίονα για την μετακίνηση των χαρτονομισμάτων θα ήταν αρκετά δύσκολη διότι είναι πολύ λεπτά. Καταλήξαμε ότι θα ήταν προτιμότερο να κατασκευάσουμε ένα εξάρτημα στο οποίο θα προσκολλούνταν το χαρτονόμισμα με δημιουργία υποπίεσης, για να μπορεί ο βραχίονας να το μετακινήσει και να το ελευθερώσει όταν φτάσει στην τελική θέση. Για το λόγο αυτό προσαρμόσαμε σε ένα εύκαμπτο σωληνάκι μία μικρή βεντούζα την οποία τρυπήσαμε εσωτερικά. Την άλλη άκρη του σωλήνα εφαρμόσαμε στην αντλία κενού Vacuum Pump - 12V - ROB-10398 την οποία παραγγείλαμε. Το δοκιμάσαμε και τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά.

Στη συνέχεια χρειαζόμασταν ένα αισθητήρα φωτός που θα διέκρινε τα χρώματα προκειμένου να ξεχωρίζει το ένα χαρτονόμισμα από το άλλο. Και πάλι αναζητήσαμε σχετικά εξαρτήματα και βρήκαμε το TCS3200 Color Sensor. Παρομοίως το παραγγείλαμε το δοκιμάσαμε και τα αποτελέσματα ήταν εξίσου ικανοποιητικά. Προσπαθήσαμε να καταλάβουμε την λειτουργία του κάνοντας διάφορα πειράματα με χρωματιστά χαρτιά και στη συνέχεια μελετήσαμε πως αντιδρά στα διάφορα χαρτονομίσματα.

Επίσης δημιουργήθηκαν υποομάδες και μοιράστηκαν αρμοδιότητες. Έτσι η μία ομάδα ανέλαβε να ασχοληθεί με το κατασκευαστικό μέρος, ενώ η άλλη ομάδα θα επικεντρώνονταν στον προγραμματισμό.

***5. Επιμόρφωση***

Δεδομένου ότι οι μαθητές δεν είχαν χρησιμοποιήσει τον μικροεπεξεργαστή Arduino, έπρεπε να γίνει μία επιμόρφωση στην συνδεσμολογία και τον τρόπο λειτουργίας καθώς και τον προγραμματισμό του. Λαμβάνοντας υπόψη το πιεσμένο σχολικό ωράριο αποφασίστηκε η επιμόρφωση να γίνει εκτός σχολείου. Οι υπεύθυνοι καθηγητές μέσω δικτυακής ομάδας παρουσίαζαν μαθήματα μέσω TinkerCad και οι μαθητές τα μελετούσαν σε προσωπικό χρόνο. Κανονίζαμε συναντήσεις στο σχολείο για να μελετήσουμε τα αποτελέσματα και να λυθούν τυχόν απορίες. Στη συνέχεια αναθέτονταν κάποια εργασία στους μαθητές την οποία θα υλοποιούσαν μέχρι την επόμενη συνάντηση. Έτσι άρχισαν σιγά σιγά να εξοικειώνονται με τα εξαρτήματα, την λειτουργία τους και τον προγραμματισμό.

Όταν οι μαθητές κατανόησαν την λειτουργία αρχίσαμε να συζητάμε πως θα μπορούσε το κάθε εξάρτημα να ενσωματωθεί στον βραχίονα και πως θα μπορούσε να εξυπηρετήσει στην λειτουργία του.

***6. Υλοποίηση***

Εφόσον οι μαθητές εξοικειώθηκαν με το Arduino ξεκίνησε η υλοποίηση της κατασκευής και προγραμματισμού του βραχίονα. Οι μαθητές συγκεντρώνονταν όποτε ήταν εφικτό στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου. Εκεί σε ομαδοσυνεργατικό κλίμα δούλευαν με ιδιαίτερο ζήλο και ενδιαφέρον.

Η ομάδα κατασκευής ανέλαβε να ενσωματώσει όλα τα εξαρτήματα στον βραχίονα. Συγκεκριμένα ένα servo κινητήρα που κινεί τον βραχίονα πάνω κάτω ώστε να κατεβαίνει να πιάσει το χαρτονόμισμα και να ανεβαίνει για να περιστραφεί στη σωστή θέση. Ένας δεύτερος servo κινητήρας περιστρέφει τον βραχίονα στις συγκεκριμένες θέσεις. Στη θέση 0 μοιρών όπου βρίσκεται η στοίβα με τα χαρτονομίσματα και ανά 45 μοίρες για να φτάσει στη σωστή θέση όπου θα αποθέσει το χαρτονόμισμα.

Τοποθέτησε επίσης στην άκρη του βραχίονα τον αισθητήρα χρωμάτων που θα ανιχνεύει το χρώμα του χαρτονομίσματος και την αντλία κενού που θα ρουφάει το χαρτονόμισμα ή θα το αποθέτει στη σωστή θέση. Η λειτουργία της αντλίας κενού γίνεται με τη χρήση ενός ηλεκτρομηχανικού διακόπτη (ρελέ).

Servo 1 Servo 2

0o

45o

0o

90o

45o

Η ομάδα προγραμματιστών ανέλαβε να προγραμματίσει το κάθε εξάρτημα. Στο περιβάλλον προγραμματισμού TInkerCad δημιούργησαν τον κώδικα που θα εκτελούσε το ζητούμενο. Συγκεκριμένα:

Δημιουργία μεταβλητών:

*redFrequency // αποθηκεύεται η τιμή του κόκκινου από τον αισθητήρα TCS3200*

*greenFrequency // αποθηκεύεται η τιμή του πράσινου από τον αισθητήρα TCS3200*

*blueFrequency // αποθηκεύεται η τιμή του μπλε από τον αισθητήρα TCS3200*

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος το πρόγραμμα εκτελεί την ζητούμενη λειτουργία, σύμφωνα με τον παρακάτω ψευδοκώδικα:

*Κατέβασμα βραχίονα*

*Προσκόλληση χαρτονομίσματος*

*Αναγνώριση χρώματος*

*ΑΝ το χρώμα είναι ΚΟΚΚΙΝΟ (10€) ΤΟΤΕ*

*Περιστροφή βραχίονα στις 45 μοίρες (θέση 10€)*

*Κατέβασμα βραχίονα*

*Αποκόλληση χαρτονομίσματος*

*Ανέβασμα βραχίονα*

*Περιστροφή στις 0 μοίρες*

*ΑΝ το χρώμα είναι ΜΠΛΕ (20€) ΤΟΤΕ*

*Περιστροφή βραχίονα στις 90 μοίρες (θέση 20€)*

*Κατέβασμα βραχίονα*

*Αποκόλληση χαρτονομίσματος*

*Ανέβασμα βραχίονα*

*Περιστροφή στις 0 μοίρες (θέση χαρτονομισμάτων)*

Η αναγνώριση χρώματος έγινε με τη χρήση του αισθητήρα TCS3200 Color Sensor. Οι μαθητές τοποθέτησαν χρωματιστά χαρτιά και κατέγραψαν πως αντιδρά ο αισθητήρας στα διάφορα χρώματα, καταγράφοντας την τιμή του κόκκινου, πράσινου και μπλε αισθητήρα σε κάθε περίπτωση. Διαπίστωσαν πως όταν το χαρτάκι έχει κόκκινη απόχρωση το κόκκινο έχει μικρότερη τιμή από το μπλε, συνεπώς η εντολή

*if (redFrequency < blueFrequency)*

χρησιμοποιήθηκε για να αναγνωρίσει χαρτονομίσματα κόκκινα (10€), ενώ η εντολή

*if (redFrequency > blueFrequency)*

για τα μπλε χαρτονομίσματα (20€).

***8. Βελτιώσεις***

Έγινε προσπάθεια ο βραχίονας να υπολογίζει το συνολικό ποσό των χαρτονομισμάτων και να το αναφέρει. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε μικρό ηχείο 0.5 W και επειδή η ένταση του ήχου ήταν πολύ χαμηλή προσθέσαμε ολοκληρωμένο ενισχυτή ήχου . Για το προγραμματιστικό μέρος έγινε στο IDE η προσθήκη της βιβλιοθήκης talkie .

To αποτέλεσμα ήταν το πρόγραμμα ομιλίας και υπολογισμού να δουλεύει ξεχωριστά , αλλά σε συνδυασμό με τα servo να κολλάει. Εκεί όπως συμπεράναμε μετά από αναζήτηση στο internet φαίνεται να υπάρχει σύγχυση (conflict) , μεταξύ της βιβλιοθήκης των servo και του talkie.

Θα προσπαθήσουμε σε επόμενο στάδιο να δουλέψουμε τα servo με ξεχωριστή κάρτα με οδηγούς (drivers) ώστε να ξεπεραστεί το πρόβλημα.

***7. Δυσκολίες***

Μία δυσκολία που αντιμετώπισαν οι μαθητές έχει σχέση με το χαρτονόμισμα των 5€ του οποίου η απόχρωση είναι μεταξύ μπλε και πράσινου. Έτσι δεν μπόρεσαν προς το παρόν να βρουν τρόπο να το ανιχνεύουν, αλλά δεν σταμάτησαν τις προσπάθειες.

Επίσης ήταν δύσκολο να προγραμματιστούν συγκεντρώσεις. Ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να υπάρξει απαρτία στις συγκεντρώσεις δεδομένου ότι οι μαθητές προέρχονται από διαφορετικά τμήματα και ήταν δύσκολο να πάρουν άδεια την ίδια σχολική ώρα. Επίσης χάθηκαν αρκετές ευκαιρίες λόγω εκδρομών, αργιών ή ενημερωτικών ομιλιών. Σε όλα αυτά προστίθεται ο περιορισμένος χρόνος κατά τον οποίο είναι διαθέσιμο το εργαστήριο πληροφορικής.

***Βιβλιογραφία***

*https://www.tinkercad.com/learn/*

*https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage*