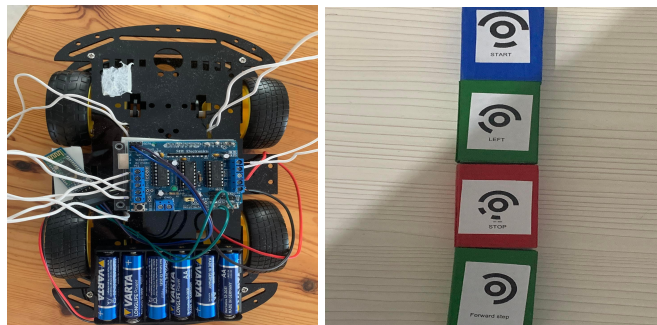


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Δημιουργία παθητικής Απτικής  
Διεπαφής για τη βελτίωση της  
εκμάθησης προγραμματισμού»



**Του φοιτητή**  
**Χαράλαμπος Τσαγκαλίδης**  
**Αρ. Μητρώου: 154618**

**Επιβλέπων**  
**Θεοδόσης Σαπουνίδης**  
**Επίκουρος Καθηγητής**

**Ημερομηνία 6/2/2022**

Τίτλος Δ.Ε. Δημιουργία παθητικής Απτικής Διεπαφής για τη βελτίωση της εκμάθησης  
προγραμματισμού

Κωδικός Δ.Ε. 21328

Όνοματεπώνυμο φοιτητή/τών. Χαράλαμπος Τσαγκαλίδης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή. Θεοδόσης Σαπουνίδης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 8/10/2021

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 6/2/2022

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

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

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





## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία μας κέντρισε το ενδιαφέρον καθώς είχαμε την δυνατότητα να ερευνήσουμε και κατ' επέκταση να κατανοήσουμε την χρήση των απτικών διεπαφών στην εκμάθηση του προγραμματισμού στην εκπαίδευση. Επίσης με τη κατασκευή μιας δικής μας απτικής διεπαφής ανακαλύψαμε την δυνατότητα να βοηθήσουμε στο κομμάτι της εκμάθησης αλλά και με την μελέτη της διπλωματικής εργασίας να εμπνεύσουμε κι άλλους ανθρώπους να ασχοληθούν με αυτόν το τομέα.

## Περίληψη

Η διπλωματική εργασία, μελετά τα χαρακτηριστικά των απτικών διεπαφών και των γλωσσών προγραμματισμού, για την εκμάθηση προγραμματισμού. Επιπλέον, ερευνά την ρομποτική και την συνεισφορά της στην εκπαίδευση, ενώ παρουσιάζονται απτικές διεπαφές που χρησιμοποιούν τον απτικό προγραμματισμό για την εκμάθηση προγραμματισμού αλλά και άλλων επιστημών. Ακόμα, μελετά την βιβλιοθήκη TopCode και τον τρόπο που μεταφράζονται τα σύμβολα της απο τη κάμερα.. Τέλος, κατασκευάσαμε την δική μας απτική διεπαφή και παρουσιάζουμε το τρόπο κατασκευη της αλλά και ένα παράδειγμα για τη χρήση της.

# Creating a passive Tangible Interface to improve programming learning

Charalampos Tsagkalidis

## **Abstract**

The dissertation studies the characteristics of tangible user interfaces and programming languages for learning programming. In addition, it investigates robotics and its contribution to education, while presenting tangible user interfaces that use tactile programming to learn programming and other sciences. It also studies the TopCode library and how its symbols are translated by the camera. Finally, we built our own tangible user interface and present how to build it and an example of its use

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Θεοδόση Σαπουνίδη για την καθοδήγηση και τον καθηγητή Michael Horn για την βιβλιοθήκη που χρησιμοποίησα. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Παύλο Μάντζιαρη για τις συμβουλές του στην υλοποίηση της απτικής διεπαφής.

# Περιεχόμενα

Πρόλογος	v
Περίληψη	vi
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	ix
Κεφάλαιο 1ο: Η Τεχνολογία στην Εκπαίδευση	1
1.1 Η τεχνολογία στην εκπαίδευση	1
1.2 Οι απτικές διεπαφές στην εκπαίδευση	2
1.2.1 Η ρομποτική στην εκπαίδευση	3
1.3 Ο απτικός προγραμματισμός	3
1.3.1 CurlyBot & MediaCubes	4
1.3.2 Electronics Blocks	5
1.3.3 BitBall & TellTale	5
1.3.4 Topobo & Tagicons	6
1.3.5 A-Bricks & Tangible Flag	6
1.3.6 Logo & AlgoBlocks	7
1.3.7 Bot & (Main) Frames	8
1.3.8 X-IS	9
1.3.9 Σύστημα Proteas	10
Κεφάλαιο 2ο: Η βιβλιοθήκη TopCode	11
2.1 Η βιβλιοθήκη TopCode	11
2.2 Η αποκωδικοποίηση των συμβόλων TopCode	11
2.2.1 Το μειονέκτημα της κάμερας	14
Κεφάλαιο 3ο: Η δική μας Απτική Διεπαφή	14
3.1 Κατασκευή απτικής διεπαφής	14
3.1.1 Πλακέτα Arduino UNO	17
3.1.2 Bluetooth HC-04	19
3.1.3 Κινητήρες DC	19
3.1.4 Πλακέτα Motor Driver L293D	20

## Κεφάλαιο 4ο: Χρήση της Απτικής Διεπαφής

### 4.1 Κατασκευή απτικής διεπαφής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	22
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Κώδικας Arduino	33
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Κώδικας σύνδεσης Bluetooth Υπολογιστή με Bluetooth HC-04	41

# Κεφάλαιο 1ο: Η Τεχνολογία στην εκπαίδευση

## 1.1 Η τεχνολογία στην εκπαίδευση

Η εκπαίδευση έχει αναπτύξει τεχνολογίες, σαν τις Απτικές Διεπαφές, που είναι πλέον απαραίτητες για τους καθηγητές ώστε να κάνουν το μάθημα αποδοτικότερο αλλά και πιο ενδιαφέρον. Στην αντίπερα όχθη οι μαθητές αποκτούν ενδιαφέρον για το μάθημα και μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα στην προκειμένη περίπτωση τον προγραμματισμό. Με τον όρο απτικές, εννοούνται όλα τα αντικείμενα που μπορούν να επεξεργαστούν από τα ανθρώπινα χέρια, ενώ με τον όρο διεπαφές εννοείτε ο τρόπος που επικοινωνούν δύο διαφορετικές οντότητες, στην δική μας περίπτωση ο άνθρωπος και η μηχανή. Στην διάρκεια μιας σχολικής μέρας οι καθηγητές προκειμένου να κάνουν πιο ενδιαφέρον το μάθημα αξιοποιούν αντικείμενα σαν τις ξυλομπογιές ή τους χάρακες, που μπορούν να αντικατασταθούν πλέον με τις απτικές διεπαφές, ώστε να βοηθήσουν τα παιδιά να κατανοήσουν καλύτερα ή για να τους τραβήξουν τη προσοχή. Επιπλέον οι απτικές διεπαφές ενσωματώνουν την ιδέα της ομαδικότητας μεταξύ των παιδιών. Για παράδειγμα, οι καθηγητές αναθέτουν στα παιδιά να κάνουν μια ομαδική εργασία ή να γίνει μια ομαδική διόρθωση μιας έκθεσης στα πλαίσια του μαθήματος, κάτι τέτοιο μπορεί να εφαρμοστεί και με την βοήθεια μιας απτικής διεπαφής καθώς μπορεί να διδάξει αλλά παράλληλα και να ενσωματώσει όλα τα παιδιά μιας τάξης στην διαδικασία της εκμάθησης. Υπάρχουν κάποια απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να υπάρχουν στις απτικές διεπαφές με εκπαιδευτικό χαρακτήρα:

- Καλή σχέση κόστους - αποτελεσματικότητας: Ένα χαρακτηριστικό που διευκρινίζει αν αξίζει κάποιος να επενδύσει χρήματα. Είτε αγοράζοντας κάτι φθινό όπως είναι οι ξυλομπογιές είτε κάτι ακριβότερο που θα του επιφέρει χρήματα αργότερα.
- Αξιοπιστία: Οι εφαρμογές να έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούνται σε βάθος χρόνου.
- Ευελιξία : Ο όρος εννοεί ότι ένα εργαλείο θα πρέπει να χρησιμοποιείτε με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, καθώς και να είναι εύκολο να προσαρμοστεί σε πολλές διαφορετικές καταστάσεις.
- Χρησιμότητα: Η εφαρμογή θα πρέπει να διευκολύνει τον καθηγητή στην επεξήγηση του μαθήματος αλλά και τον μαθητή στην κατανόηση.

Αναφέροντας τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι εφαρμογές με εκπαιδευτικό χαρακτήρα προέκυψε το ερώτημα, εάν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές εκπληρώνουν αυτές τις προϋποθέσεις καθώς χρησιμοποιούνται από τις περισσότερες απτικές διεπαφές ως δεύτερο μέσο επικοινωνίας, δηλαδή με τη χρήση γραφικού περιβάλλοντος, πέρα από κάποιο αντικείμενο με την απτική διεπαφή, είτε ως μέσο σύνδεσης για την επικοινωνία με την απτική διεπαφή. Οι υπολογιστές είναι ένα αντικείμενο που χρησιμοποιείται σε βάθος χρόνου καθώς η φθορά του μπορεί να είναι πολλές φορές ελάχιστη αλλά έχει και την δυνατότητα να βρεθεί μια οικονομική λύση προκειμένου να αγορασθεί. Επιπλέον ο υπολογιστής μπορεί να υπάρχει σε όποιο μέρος θελήσει ο καθηγητής, διότι πλέον υπάρχει και η φορήτη λύση των laptop η των tablet. Ταυτόχρονα εξυπηρετεί την εκπαίδευση είτε με την χρήση μόνο πληροφοριών μέσω του διαδικτύου είτε όπως προαναφέραμε σαν μέσο που εξυπηρετεί μια απτική διεπαφή. Τέλος οι υπολογιστές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται καθημερινά πλέον στα πλαίσια κάθε μαθήματος και όχι απλά στα πλαίσια κάποιου εργαστηριακού μαθήματος.

Ορμώμενοι από την ανάγκη να υπάρξει όσον το δυνατόν καλύτερος τρόπος εκπαίδευσης με την βοήθεια των απτικών διεπαφών, εστίασαμε στην εκμάθηση προγραμματισμού με απτικές διεπαφές. Οι απτικές διεπαφές γεννούν δικές τους γλώσσες προγραμματισμού που θα πρέπει να αποτελούνται από ορισμένα χαρακτηριστικά.

Οι προγραμματιστικές γλώσσες που βοηθούν στην εκμάθηση προγραμματισμού θα πρέπει να αποτελούνται από τα εξής:

- Απλή χρήση: Κάθε μαθητής θα πρέπει να χειρίζεται το σύστημα με ευκολία. Ο απλός χειρισμός προάγει την συνεργατικότητα για δύο λόγους. Αρχικά, οι μαθητές δεν χρειάζεται να συγκεντρωθούν για το πως θα χρησιμοποιήσουν το εργαλείο αλλά μπορούν να αφοσιωθούν στην δραστηριότητα και την ομαδική δουλειά. Επιπλέον λόγω της ευκολίας, οι χρήστες δοκιμάζουν συνεχώς πράγματα που μπορούν να αποφέρουν κάποιο λάθος σχετικό με τη δραστηριότητα που μπορεί να συζητηθεί από την ομάδα.
- Ταυτόχρονη πρόσβαση
- Κοινή Παρακολούθηση: Όλοι οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν και να χειριστούν το πρόγραμμα όποτε το θέλουν. Επίσης όλοι οι μαθητές μπορούν να παρακολουθούν την πρόοδο της διαδικασίας στην οθόνη. Κάτι τέτοιο, συμβάλει στην δημιουργία συνεργασίας, διότι ο μαθητής θα πρέπει να μεταφέρει τις δικές του ιδέες στους υπόλοιπους και να συζητηθούν.
- Δημιουργία κίνησης: Χρειάζεται κίνηση ώστε κάποιος να συνδέσει κάποιο τουβλάκι μεταξύ τους ή να πάρει ένα άλλο. Αυτό, σημαίνει ότι κάποιος άλλος θα πρέπει να κινηθεί ώστε να δει ο συνεργάτης του το τουβλάκι που θέλει να πάρει. Με αποτέλεσμα να αποτελεί λόγος για συζήτηση αλλά και συνεργατικότητα.

Στις αρχές του 1960 δημιουργήθηκαν τέτοιου είδους γλώσσες προγραμματισμού σε συνδυασμό με απτικές διεπαφές που απαιτούσαν την χρήση τους. Η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού ονομάζεται Logo και στην παρακάτω ενότητα θα παρουσιαστεί εκτενέστερα. Πρόκειται για μια γλώσσα που είχε μια από τις μεγαλύτερες επιρροές στο χώρο.

Τέλος, οι γλώσσες προγραμματισμού έχουν πληθώρα πλεονεκτημάτων και στην εκπαίδευση. Τα παιδιά μπορούν να καλλιεργήσουν την υπολογιστική σκέψη τους με την βοήθεια αυτών καθώς επινοούν τις εντολές που θα δώσουν σε μια απτική διεπαφή. Ακόμα αναπτύσσουν την διαχείριση της φυσικής τους γλώσσας, της δημιουργικότητας και της κοινωνικής συναναστροφής τους, καθώς όπως αναφέρουν ο Μαρκόπουλος και ο Bekker σε δική τους έρευνα τα παιδιά από 8 έως 12 ετών που περνούν από την ψευδαίσθηση στη πραγματικότητα τους αρέσει να δουλεύουν σε ομάδες. Επιπρόσθετα σε έρευνα της Logo αναφέρεται ότι τα παιδιά αποκτούν καλύτερη οπτική μνήμη αλλά και καλύτερη αντιμετώπιση στην επίλυση προβλημάτων.

## **1.2 Οι απτικές διεπαφές στην εκπαίδευση**

Οι απτικές διεπαφές θα πρέπει να ενσωματώνουν αντικείμενα από τον φυσικό κόσμο τα οποία συνδυάζοντας τα να δημιουργείτε μια γλώσσα προγραμματισμού που όπως προαναφέραμε θα βοηθήσει τους μαθητές να διδαχθούν προγραμματισμό. Οι Ishi και Ulmer έχουν περιγράψει με δικό τους τρόπο την οπτική που έχουν απέναντι στις απτικές διεπαφές αναφέροντας ότι είναι συστήματα που ενώνουν τον φυσικό κόσμο με τις ψηφιακές πληροφορίες (Ishi & Ulmer, 1997). Έπειτα πολλές απτικές διεπαφές, χρησιμοποιήθηκαν για να εξυπηρετούν τον χώρο της μουσικής, των μαθηματικών, την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και την αφήγηση ιστοριών αλλά εννοείτε και την εκμάθηση προγραμματισμού. Τα απτικά συστήματα που σχεδιάστηκαν για την βοήθεια στην εκμάθηση

προγραμματισμού, αφορούσαν κυρίως ανθρώπους που ανήκουν σε μικρές ηλικιακές ομάδες ή ανθρώπους που δεν είχαν εγκλιματιστεί ξανά με το αντικείμενο. Για τα συγκεκριμένα συστήματα δημιουργήθηκαν δύο ειδών κατηγορίες τα παθητικά συστήματα και τα ενεργά συστήματα. Τα παθητικά συστήματα αποτελούνται από στοιχεία όπως τα RFIDs(Radio Frequency Identification) και την αναγνώριση εικόνας, ενώ από την άλλη τα ενεργά συστήματα αποτελούν ενσωματωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

### **1.2.1 Η ρομποτική στην εκπαίδευση**

Οι απτικές διεπαφές που στοχεύουν στην εκμάθηση του προγραμματισμού συνήθως αποτελούνται από ρομπότ. Το ρομπότ είναι ένα μηχάνημα που συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον του και χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα για να ακολουθήσει οδηγίες με τελικό σκοπό να κάνει κάποια εργασία ή ενέργεια. Στα πλαίσια της δική μας απτικής διεπαφής χρησιμοποιείτε ένα ρομπότ οπότε θα ήταν αναγκαίο να παρουσιάσουμε κάποια συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν.

Η αυξανόμενη επιτυχία των ρομπότ τα τελευταία χρόνια, κέντρισε το ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα αλλά και για περισσότερη δημιουργία. Ένας μεγάλος αριθμός από ρομπότ έχει δημιουργηθεί με σκοπό να μπορέσει ο άνθρωπος να τα χρησιμοποιήσει πιο εύκολα στην καθημερινότητα. Οι ερευνητές συσχέτιζαν τα ρομπότ με την εκπαίδευση για αρκετά χρόνια και πολλοί από αυτούς μελέτησαν τα αποτελέσματα που μπορούν να επιφέρουν στην εκπαίδευση. Αρχικά, έχουν κατασκευαστεί πολλά ρομπότ από εταιρείες όπως η Sony με το Aibo ένα σκυλί ρομπότ, η Sega έναν δεινόσαυρο και η UGOBE τα i-Dog, i-Cat, i-Fish. Τα ρομπότ δεν δημιουργήθηκαν μόνο για την διασκέδαση αλλά και για την αλληλεπίδραση τους με τα παιδιά, γι' αυτό και οι ερευνητές συνέχισαν να μελετούν εκτενέστερα, ώστε να καταφέρουν τα ρομπότ να χρησιμοποιηθούν και για τη μάθηση. Η ρομποτική είναι κάτι παραπάνω από μια απλή κατασκευή, καθώς είναι σχεδόν απαραίτητο να δημιουργηθούν προγράμματα τα οποία επιτρέπουν στα ρομπότ να κινηθούν, να ηχούν, να τραγουδούν και να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παρουσιάσεις αλλά και σχετικές εργασίες, καθώς οι μαθητές δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον. Με την χρήση της ρομποτικής τα παιδιά μαθαίνουν για σένσορες, μηχανές και για τον ψηφιακό κόσμο με έναν τρόπο που θυμίζει περισσότερο παιχνίδι. Τα παιδιά κατασκευάζουν δικά τους αυτοκίνητα, ανελκυστήρες που δουλεύουν με σένσορες αφής. Κατα κάποιο τρόπο μπορούν να γίνουν μηχανικοί και να χαρούν της δημιουργίες τους, μαθαίνοντας παράλληλα μαθηματικά και προγραμματισμό(Bers,2008).

### **1.3 Ο απτικός προγραμματισμός**

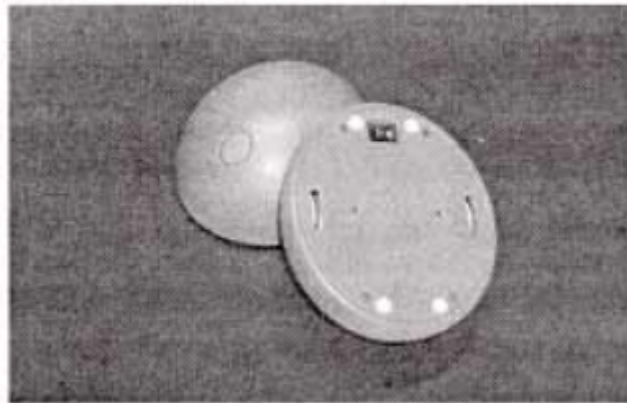
Οι απτικές διεπαφές πήραν το όνομα τους από τους Ishi και Ulmer, οι οποίοι ήταν και οι πρωτεργάτες της ένταξης των απτικών διεπαφών σε σχολικές τάξεις. Με τη δημιουργία γλωσσών προγραμματισμού για την εκπαίδευση παρατηρήθηκε δυσκολία από αρχάριους χρήστες στο χειρισμό, καθώς διαθέτουν δύσκολους όρους και δύσκολες τεχνικές. Επίσης παρατηρήθηκε η δυσκολία κάποιων χρηστών με το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Για τους λόγους αυτούς δημιουργήθηκε ο απτικός προγραμματισμός που το μόνο που απαιτεί είναι την σύνδεση αντικειμένων μεταξύ τους, στο φυσικό κόσμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται και το γνωστικό φορτίο του χρήστη και να εστιάζει περισσότερο την προσοχή του στην εκμάθηση του προγραμματισμού. Η ιδέα του απτικού προγραμματισμού ξεκινάει περίπου στα μέσα της δεκαετίας του '70 από τον Radia Perlman ο οποίος στη συνέχεια έγινε ερευνητής στο MIT Logo Lab. Ο ίδιος πίστευε ότι οι κανόνες σύνταξης που έχει μια γλώσσα προγραμματισμού είναι ένα βασικό εμπόδιο στην εκμάθηση γλωσσών προγραμματισμού από τα παιδιά. Για να γίνει αυτό δυνατό κατασκεύασε μια διεπαφή που ονομάζεται Slot Machines(EIKONA)

και επιτρέπει στα παιδιά να εισάγουν διαφορετικές κάρτες, που εκπροσωπούν το Logo commands, σε τρία διαφορετικά χρωματιστά ράφια τα οποία εκπροσωπούν τις υπορουτίνες. Περίπου 20 χρόνια αργότερα, οι Madea και McGee's δημιούργησαν το Solid Programming και οι Suzuki και Kato έφτιαξαν το AlgoBlocks μια εξίσου σημαντική απτική διεπαφή για την εκμάθηση προγραμματισμού. Ο solid προγραμματισμός είναι η εισαγωγή των λογικών πράξεων AND, OR, NOT με φυσικό τρόπο ενσωματώνοντας σένσορες με αποτέλεσμα τα ρομπότ να ανταποκρίνονται στις εντολές που τους δίνονται.

Θεώρησαμε ότι θα πρέπει να παρουσιαστούν όσες περισσότερες απτικές διεπαφές χρησιμοποιούν απτικό προγραμματισμό, καθώς χρησιμοποιούμε κάτι ανάλογο στην δική μας απτική διεπαφή. Κάποιες από τις παρακάτω δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την εκμάθηση προγραμματισμού αλλά και για άλλες επιστήμες. Επιπλέον αναφέρονται συμπεράσματα για την κάθε απτική διεπαφή ώστε να γίνει κατανοητό με το κλείσιμο του κεφαλαίου πόσο σημαντικό ρόλο κατέχει ο απτικός προγραμματισμός στην εκμάθηση προγραμματισμού αλλά και άλλων επιστημών.

### 1.3.1 CurlyBot & Media Cubes

Οι Frei, Su, Mikhak δημιούργησαν το σύστημα Curlybot το οποίο επιτρέπει στα παιδιά να προγραμματίσουν το ρομπότ ώστε να κινηθεί. Για την επιβεβαίωση ότι γίνεται εγγραφή της κίνησης ή για την επανάληψη χρησιμοποιείται ένα κόκκινο και ένα πράσινο αντιστοιχα, LED φως. Ο McNerney περιέγραψε πολλές απτικές γλώσσες προγραμματισμού οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τουβλάκια. Το τουβλάκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μεταβλητή, σαν χρονόμετρο, σένσορας ή σαν κάτι που μπορεί να ρυθμίσει ο χρήστης.



Εικόνα 1.1. CurlyBot

Οι Blackwell, Hague, Greaves απο το πανεπιστημιο του Cambridge κατασκεύασαν το παιχνίδι Media Cubes. Ένα παιχνίδι προγραμματισμού για τον έλεγχο δικτύων που καταναλώνουν ηλεκτρονικές συσκευές. Το Media Cubes είναι τουβλάκια με δυνατότητα επικοινωνίας με infrared σένσορες.



Εικόνα 1.2. Media Cubes

### 1.3.2 Electronic Blocks

Ακόμα ένα παιχνίδι με δημιουργούς τους Wyeth και Purchase που η γλώσσα αποτελείται από τουβλάκια με σένσορες για τον εντοπισμό του φωτός, ήχου και αφής. Τα λογικά τουβλάκια περιλαμβάνουν λειτουργίες όπως το and, delay και toggle. Επίσης τα τουβλάκια κίνησης αναπαράγουν κίνηση, φως και ήχο και εφαρμόζουν απλούς κανόνες σύνταξης. Όταν τα παιδιά δημιουργούν τις δικές του σειρές από τουβλάκια, μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να πειραματιστούν με τους σενσορες και τα λογικά εξαρτήματα. Ο Wyeth ερευνήσε, πως ένα παιδί 7-8 χρονών, είναι δυνατό να καταλάβει τις διαφορετικές πλευρές του προγραμματισμού όταν αλληλεπιδρά με τα τουβλάκια ενώ προσπαθεί να ολοκληρώσει 20 προγραμματιστικές ασκήσεις. Επιπλέον ο ίδιος αναφέρει ότι, τα παιδιά κατασκευάζουν θεμελιώδεις κανόνες για την κατανόηση του προγραμματισμού. Οι σχέσεις που έχουν μεταξύ τους το input και το output δεν είναι εμφανής και μπορούν να ανακαλυφθούν με την ασχολία, με το παιχνίδι, την παρατήρηση και την εξερεύνηση.



Εικόνα 1.3. Electronics Blocks

### 1.3.3 BitBall & TellTale

Ένα παιχνίδι που κατασκευάστηκε από τον M. Resnick, με βάση τον συνδυασμό φυσικών και ψηφιακών συστημάτων, το οποίο είναι εστιασμένο στον ψηφιακό χειρισμό ή στον εκπαιδευτικό ονομάζεται BitBall. Το συγκεκριμένο παιχνίδι δίνει τη δυνατότητα να εξερευνήσουν την κίνηση και την επιτάχυνση μιας μπάλας έχοντας ενσωματωμένο μικροελεγκτή και LEDs.

Το TellTale με δημιουργούς τους Annany και Cassel, είναι ένα απτικό παιχνίδι που βοηθάει τα παιδιά να μάθουν καλύτερα τη γλώσσα. Η κατασκευή είναι μια κάμπια που αποτελείται από πέντε κομμάτια

και επιτρέπει στα παιδιά να ηχογραφήσουν 20 δευτερόλεπτα τραγουδιού σε κάθε κομμάτι. Έπειτα μπορούν να ανακατανέμουν αυτά τα κομμάτια όπως θέλουν. Όταν ξανά βάλουν σε σειρά τα κομμάτια της κάμπιας, από το κεφάλι προς το σώμα μπορούν να ακούσουν ολόκληρη την ηχογράφιση ξανά. Το TellTale δίνει τη δυνατότητα να κάνουν τους δικούς τους συνδυασμούς και να τα εκτελέσουν.

### 1.3.4 Torobo & Tagicons

Οι Raffle, Parkes, Ishii δημιούργησαν ένα παιχνίδι με κατασκευές που ονομάζεται Torobo και αναπτύσει την κινητική μνήμη. Χρησιμοποιώντας το Torobo τα παιδιά μπορούν να κατασκευάσουν δικά τους δημιουργήματα τα οποία μπορούν να τους δώσουν κίνηση.

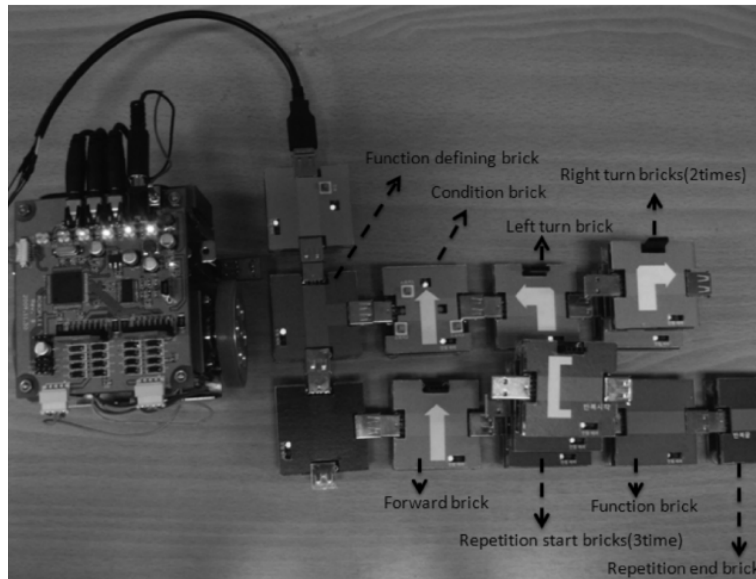


Εικόνα 1.4. Torobo

Οι Scarf, Winkler, Herczeg σχεδίασαν ένα προγραμματιστικό σύστημα που ονομάζεται Tangicons, βασισμένο στη βιβλιοθήκη TopCode για παιδιά νηπιαγωγείου. Τα παιδιά έχουν την δυνατότητα με κύβους να φτιάξουν ένα δικό τους παιχνίδι που συνδυάζει το φυσικό περιβάλλον με τον προγραμματισμό.

### 1.3.5 A-Bricks & Tangible Flag

Το σύστημα A-Bricks αποτελείται από ένα ρομπότ με δύο ρόδες που κινούνται από μια μηχανή τύπου step-ring και τρεις σένσορες στο μπροστινό μέρος αριστερά και δεξιά. Όταν ο LED σένσορας εντοπίσει την μαύρη γραμμή, τότε το ρομπότ έχει την δυνατότητα να κινηθεί προς τα εμπρός, δεξιά και αριστερά. Το A-Bricks αποτελείται από τουβλάκια όπου μπορείς να τα τοποθετήσεις οριζόντια αλλά και το ένα πάνω στο άλλο. Τα οριζόντια συνδέονται με 4-pin header και με usb. Επίσης είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορείς να τα συνδέσεις διαδοχικά, με τη δυνατότητα να επεκταθεί από κάτω και όχι κατά μήκος ώστε να αποφεύγεται το μεγάλο εύρος. Πάνω στα τουβλάκια είναι εμφανής τα βελάκια με την κατεύθυνση που θέλει να δώσει ο χρήστης.

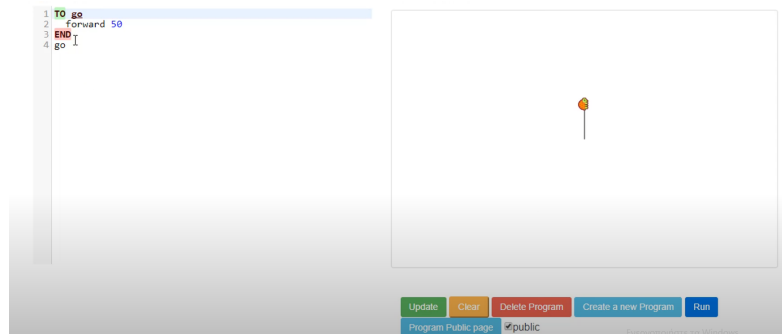


Εικόνα 1.5. A-Bricks

Τέλος οι Chirpman, Druin, Beer, Fails, Guha & Simms κατασκεύασαν ένα σύστημα που ονομάζεται Tangible Flag και δίνει την δυνατότητα στα παιδιά να δημιουργήσουν ψηφιακά αντικείμενα στο φυσικό περιβάλλον. Επίσης δίνεται η δυνατότητα για σημειώσεις σε ψηφιακή μορφή, με απώτερο σκοπό τα παιδιά να έχουν πρόσβαση σε αυτές τις σημειώσεις σχολιάζοντας, κατά τη διάρκεια της ενασχόληση τους με το φυσικό αντικείμενο.

### 1.3.6 Logo & AlgoBlock

Η φιλοσοφία της Logo ονομάζεται Construvism, είναι μια θεωρία μάθησης που κατασκευάστηκε από τον Ελβετό ψυχολόγο Jean Papert. Ο Seymour Papert ήταν μέλος αυτής της ομάδας, με ειδικότητα στα μαθηματικά και στη πληροφορική ήταν ο πρώτος που δημιούργησε την Logo και αναφέρεται συχνά ως πατέρας της. Στη κατασκευή της γλώσσας μεγάλο μερίδιο έχει ο ψυχολόγος Jean Piaget που συνεργάστηκε με τον Seymour Papert για την ολοκλήρωση της, βάζοντας και οι δύο στοιχεία από τις επιστήμες που μελετούσαν. Ο Jean Piaget μελέτησε την θεωρία μάθησης της γλώσσας και την ονόμασε, Construvism, είναι μια έννοια που αντιλαμβάνεται την εκπαίδευση ως μια διαδικασία όπου οι μαθητές δημιουργούν από μόνοι τους την γνώση, όσο αλληλεπιδρούν με πράγματα και ανθρώπους. Το Construvism είναι θεωρία τρόπου μάθησης αλλά και στρατηγική της εκπαίδευσης, όπου συμβουλεύει με το σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος. Στο βιβλίο του Seymour Papert, Mindstorms, όπου δημοσιεύτηκε το 1981, στην απαρχή δηλαδή των μικρο-υπολογιστών, το βιβλίο μελετάει την σημαντικότητα της προσωπικής επαφής του ατόμου που μαθαίνει και εξετάζει την κοινωνική συναναστροφή στη μάθηση. Στα ενδιαμέσα κεφάλαια, υπάρχουν πληροφορίες για την κουλτούρα που υπάρχει γύρω από τους υπολογιστές και την τεχνητή νοημοσύνη. Το περιβάλλον της Logo αποτελείται από μια Χελώνα-ρομπότ που έχει την δυνατότητα της κίνησης δίνοντας εντολές από τον υπολογιστή. Για παράδειγμα, με την εντολή forward 100, κινεί τη χελώνα ευθεία για 100 βήματα. Επίσης το right 45, γυρίζει την χελώνα κατά 45 μοίρες κατά τη φορά του ρολογιού. Έτσι, με αυτές τις δύο εντολές η χελώνα μπορεί να μετακινηθεί εύκολα οπουδήποτε την προγραμματίσεις.



Εικόνες 1.6. Χελώνα Logo

Το παιχνίδι AlgoBlock είναι μια απτική προγραμματιστική γλώσσα που είναι βασισμένη στην γλώσσα Logo. Η γλώσσα περιέχει φυσικά blocks που μπορούν να συνδεθούν το ένα με το άλλο, ενώ αυτά συνδέονται με έναν υπολογιστή με αποτέλεσμα να δημιουργούν πρόγραμμα. Οι μαθητές μπορούν να χειριστούν ένα υποβρύχιο, όπου διαμέσου των εντολών όπως για παράδειγμα το forward, slide, left/right, turn, κάθε μια από αυτές τις εντολές έχουν και τα δικά τους block. Επιπλέον μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιήσει επαναλήψεις, όπως το if-then-else και την δυνατότητα επανάληψης της εντολής. Επίσης, το παιχνίδι αποτελείται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος περιέχει και γραφικό περιβάλλον με ένα υποβρύχιο το οποίο και μετακινείται εξίσου με τα blocks.

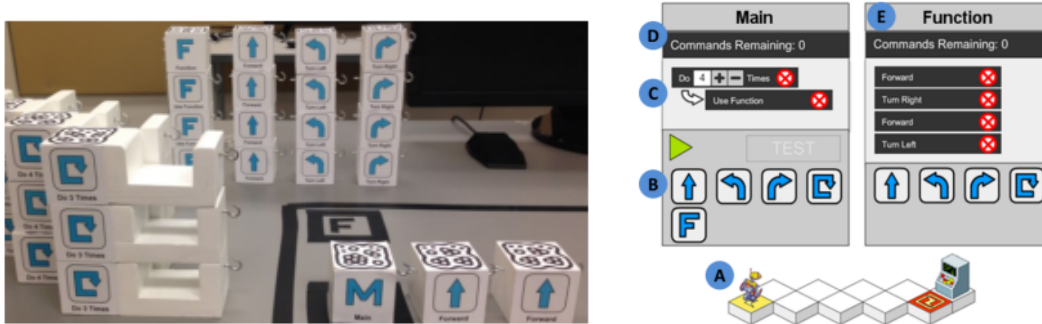


Εικόνα 1.7. AlgoBlock

### 1.3.7 Bot & (Main) Frames

Ένα παιχνίδι που είναι εμπνευσμένο από τη βιβλιοθήκη του TopCode είναι το Bots & (Main) Frames που αποτελείται από γραφικό αλλά και από απτικό περιβάλλον. Το γραφικό του περιβάλλον αποτελείται από ένα ρομπότ που κινείται σε έναν διάδρομο με σκοπό να φτάσει στο τελικό προορισμό που ορίζεται με ένα κόκκινο πλακάκι και έναν υπολογιστή απέναντι του. Κάθε φορά που φθάνει σε αυτό το πλακάκι τότε αλλάζει επίπεδο δυσκολίας και περνάει στο επόμενο έχοντας συνολικά δέκα. Κάθε επίπεδο δυσκολίας αποτελεί και μια εφαρμογή του προγραμματισμού, στα επίπεδα 1-3 βοηθάει το χρήστη να κατανοήσει την έννοια του αλγόριθμου και το τρόπο κατασκευής του. Τα επίπεδα 4-6 μαθαίνουν στο χρήστη την έννοια των επαναλήψεων στον προγραμματισμό. Τέλος, τα επίπεδα 7-10 διδάσκει την κατασκευή προγραμμάτων που εκτελούνται και μπορούν να καταφέρουν το στόχο του παιχνιδιού. Η παραπάνω διαδικασία προϋποθέτει να τοποθετήσει ο χρήστης στη σειρά τα κατάλληλα τουβλάκια κάνοντας τα δικά του προγράμματα και ταυτόχρονα μαθαίνοντας έννοιες του

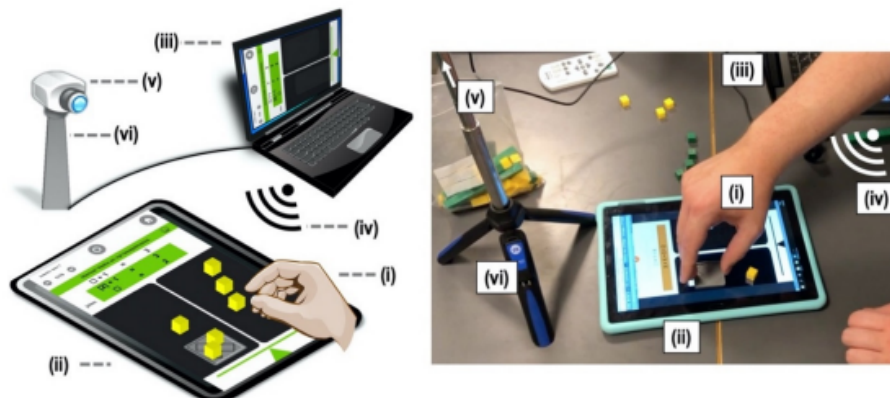
προγραμματισμού. Το απτικό περιβάλλον αποτελείται από τουβλάκια που αναγράφεται πάνω το σύμβολο και η θέση που θα κινηθεί ή απο μεταλύτερα τουβλάκια που δημιουργούν επαναλήψεις και δέχονται άλλα τουβλάκια. Η διαδικασία βασίζεται στα σύμβολα πάνω στα τουβλάκια που αναγνωρίζονται από μια κάμερα και δίνουν κίνηση στο γραφικό ρομπότ.



Εικόνα 1.8. Bot & (Main) Frames

### 1.3.8 X-IS

Υπάρχει ένα εναλλακτικό παιχνίδι που μπορεί να διδάξει τα μαθηματικά και πιο συγκεκριμένα εξισώσεις πρώτου βαθμού σε παιδιά με τη βοήθεια μιας απτικής διεπαφής. Η απτική διεπαφή ονομάζεται X-is και αποτελείται από έναν υπολογιστή, ένα tablet και μια κάμερα σε θέση πάνω από το πάγκο εργασίας με τη βοήθεια του τριπόδου. Με τη κάμερα εντοπίζονται στην οθόνη του tablet κύβοι φτιαγμένοι από καουτσούκ που μπορεί ο χρήστης να μετακινήσει πάνω στην γραφική διεπαφή του tablet. Ο στόχος του παιχνιδιού είναι τα παιδιά μετακινώντας τους κύβους που μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, από τη μια μεριά στην άλλη, να μάθουν την επίλυση εξισώσεων δίνοντας βαρύτητα και στην ποσότητα αλλά και στην σειρά που τοποθετούνται. Κατα τη διάρκεια της διαδικασίας, υπάρχει βοήθεια από την γραφική διεπαφή του tablet καθώς επίσης υπάρχουν και δύο επίπεδα δυσκολίας αναλόγως με το επίπεδο που θα διαλέξει ο μαθητής.



Εικόνα 1.9. X-IS

### 1.3.9 Σύστημα Proteas

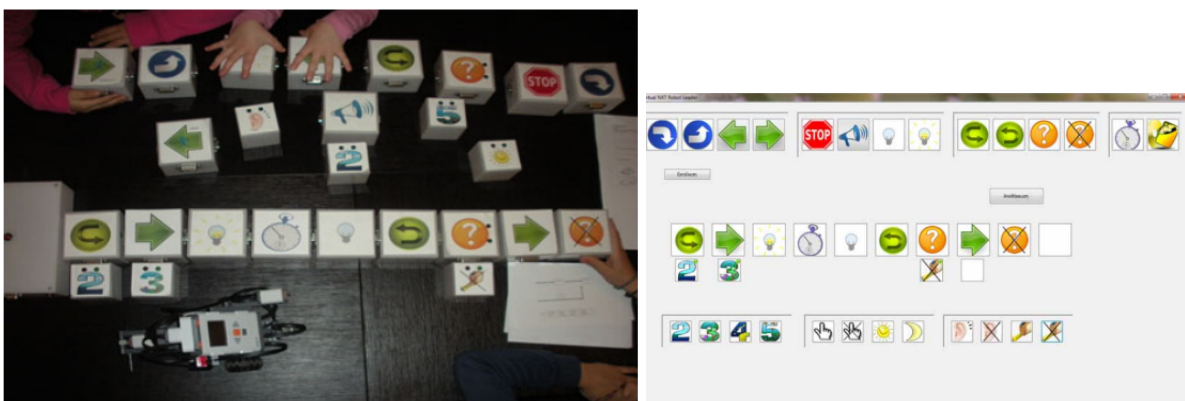
Το Proteas Kit είναι ένα ρομπότ το οποίο αποτελείται από 3 υποσυστήματα. Υπάρχουν 2 απτικά προγραμματιστικά εργαλεία το T\_Butterfly και το T\_ProRob και ένα γραφικό που ονομάζεται V\_ProRob. Το T\_ProRob είναι ένα υποσύστημα όπου αποτελείτε απο 28 εντολές και 16 μικρότερους

παραμέτρους. Οι χρήστες μπορούν να προγραμματίσουν ένα NXT Lego ρομπότ συνδέοντας κύβους. Η εκτέλεση του προγράμματος ξεκινά όταν οι χρήστες πατούν το κουμπί που υπάρχει στο master box και αυτό με την σειρά του ξεκινάει την επικοινωνία με τους κύβους που είναι συνδεδεμένοι μαζί του. Κάποιες από τις εντολές που μπορεί να εκτελέσει το ρομπότ είναι να προχωρήσει εμπρός, να καθυστερήσει, να ανοίξει ένα φως και να μετακινηθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Όταν τελειώσουν οι εντολές τότε το ρομπότ στέλνει ένα σήμα ώστε να δει αν υπάρχει κάποιο εμπόδιο μπροστά του ώστε να πάρει ακόμα ένα βήμα μπροστά. Το πλεονέκτημα της απτικής εφαρμογής είναι ότι μπορεί κάποιος να προγραμματίσει πολύ απλά. Επιπλέον υπάρχει ένας κύβος αν ο χρήστης θελήσει να αποθηκεύσει το πρόγραμμα, δηλαδή της εντολές που έδωσε προηγουμένως.

Για τη κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος χρησιμοποιήθηκε για τη συνδεσιμότητα ένας μικρού κόστους D9 και D25 και δύο μικροελεγκτές PIC18F2620, PIC18F4550. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το RS232. Κάθε κύβος στέλνει πληροφορίες στους δύο γειτονικούς κύβους. Το master box με το πάτημα του κουμπιού στέλνει δεδομένα στο πρώτο κύβο και του επιστρέφονται δεδομένα μόνο από τον τελευταίο κύβο. Όταν το master box θέλει να εκτελέσει το πρόγραμμα, στέλνει τις κατάλληλες εντολές στο πρώτο κύβο και αυτό στέλνει ένα ID στον επόμενο κύβο. Κάθε κύβος έχει τον δικό του ID και τον μοιράζεται με τον αμέσως επόμενο κύβο.

Έτσι, ο τελευταίος κύβος έχει μαζέψει όλα τα ID και τα στέλνει στο master box και αυτή είναι η απάντηση που παίρνει και αναφερθήκαμε παραπάνω. Αμέσως επόμενη δουλειά είναι το master box να στείλει το πρόγραμμα στον υπολογιστή χρησιμοποιώντας Bluetooth ή RS 232. Ο υπολογιστής της καταγράφει σε μια βάση δεδομένων, δηλαδή εκεί υπάρχουν οι εντολές και οι παράμετροι και αποθηκεύει και στατιστικά δεδομένα. Όταν ο υπολογιστής σταματήσει την καταγραφή και την μεταγλώττιση του προγράμματος στέλνει το πρόγραμμα για εκτέλεση στο ρομπότ χρησιμοποιώντας Bluetooth.

Τέλος, το V\_ProRob σχεδιάστηκε ως ένα αξιόπιστο γραφικό περιβάλλον όπου δείχνει στην οθόνη τα κυβάρια που υπάρχουν και στο φυσικό κόσμο. Αυτό βοηθάει στην πραγματοποίηση προγραμμάτων βάζοντας στη σειρά τα εικονικά κυβάρια, αλλά με τη χρήση του ποντικιού. Σε αυτή τη περίπτωση, η επικοινωνία μεταξύ του ρομπότ και του υπολογιστή γίνεται με την χρήση Bluetooth και επιτρέπει στο υποσύστημα να έχει επικοινωνία με το χρήστη. Το γραφικό σύστημα είναι συνδεδεμένο με μια βάση δεδομένων και καταγράφει λεπτομέρειες του προγράμματος που κατασκευάστηκαν από τον χρήστη.



Εικόνα 1.10. T\_ProRob και V\_ProRob

## Κεφάλαιο 2ο: Η Βιβλιοθήκη TopCode

### 2.1 Η βιβλιοθήκη TopCode

Η βιβλιοθήκη, TopCode με δημιουργό τον M.Horn, αποτελείται από κυκλικής μορφής σύμβολα που αποτελούνται από γραμμές με χρωματισμό άσπρο και μαύρο τα οποία σχεδιάστηκαν για να τοποθετούνται με όποια μορφή θελήσει ο καθένας πάνω σε αντικείμενα του φυσικού κόσμου. Κάθε ένα από αυτά τα σύμβολα αφού εντοπιστούν από τη κάμερα επιστρέφουν το ID number, location tag εκφρασμένο σε pixels, τις γωνίες που το διέπουν και την διάμετρο σε pixels. Η βιβλιοθήκη TopCode μπορεί αναγνωρίζει ενενήντα εννέα σύμβολα που είναι τυπωμένα, ακόμα και αν είναι σε διαστάσεις 25x25 pixel. Η βιβλιοθήκη TopCode είναι βασισμένη σε μια άλλη βιβλιοθήκη που ονομάζεται Spotcode και έχει δημιουργηθεί από την εταιρεία High Energy Magic σε μια έρευνα του πανεπιστημίου Cambridge. Το SpotCode κάνει κωδικοποίηση 42-bit ακεραίων με δύο ομόκεντρα δαχτυλίδια παρόμοια τα οποία έχουν 21 κομμάτια το καθένα, δεδομένο που επιτρέπει ένα μεγάλο αριθμό από ξεχωριστούς κώδικες. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι CRC-32 checksum και χρησιμεύει ώστε να εντοπίζει τα λάθη που συμβαίνουν κατά την αποκωδικοποίηση. Ο M.Horn για να αυξήσει την αποδοτικότητα και την ταχύτητα απλοποίησε τον αλγόριθμο μειώνοντας το σύμβολο σε ένα data ring με 13 κομμάτια και αντικατέστησε το CRC-32 αλγόριθμο με έναν απλό έλεγχο.

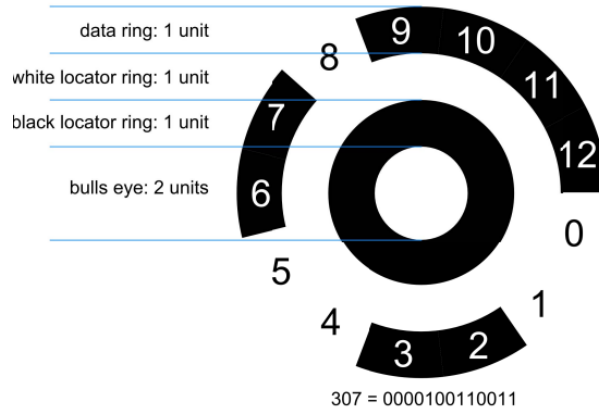
Αν μπορούσαμε να περιγράψουμε τα σύμβολα που χρησιμοποιούμε, θα παρατηρούσε ότι, ο κεντρικός κύκλος, από μέσα προς τα έξω είναι σχεδιασμένος σε άσπρο χρώμα και έχει διάμετρο 2 εκατοστά. Στη συνέχεια έχει ένα μαύρο κύκλο ο οποίος είναι γύρω από τον άσπρο κύκλο στη μέση. Ο μαύρος κύκλος έχει 1 εκατοστό πάχος και 4 διάμετρο. Γύρω από αυτά υπάρχει ένας μεγαλύτερος άσπρος κύκλος όπου έχει 1 εκατοστό πάχος και 6 διάμετρο. Τέλος περικλείονται από έναν κύκλο ο οποίος περιλαμβάνει άσπρο και μαύρο με ένα πάχος 1 εκατοστό και 9 διάμετρο. Αν μπορούσαμε να το ονομάσουμε κάπως τον τελευταίο και μεγαλύτερο κύκλο θα λέγαμε ότι είναι ένας κύκλος από δεδομένα όπου χωρίζεται σε 13 κομμάτια, τα δεδομένα βρίσκονται είτε στα μαύρα σημεία είτε στα άσπρα. Το σημαντικότερο είναι ότι τα μαύρα κομμάτια ισοδυναμούν με το δυαδικό 0 ενώ τα άσπρα με το δυαδικό 1. Τα bit εντοπίζονται από τον αλγόριθμο με τη φορά του ρολογιού και ξεκινούν από την δωδέκατη θέση καταλήγοντας στην θέση μηδέν.

Αναφέραμε και παραπάνω ότι πρέπει να εντοπιστούν τα σύμβολα, αυτό μπορεί να συμβεί με τη χρήση μιας web κάμερας που θα έχει τουλάχιστον διαστάσεις 640X480. Αυτές οι διαστάσεις χρησιμοποιήθηκαν στην πρωτότυπη απτική διεπαφή που δημιούργησε ο M.Horn, μπορούμε πλέον να χρησιμοποιήσουμε τις κάμερες του παρόντος που ξεπερνούν αυτές τις διαστάσεις.

### 2.2 Η αποκωδικοποίηση των συμβόλων TopCode

Με την κατασκευή των αλγορίθμων για τον εντοπισμό και την αναγνώριση συμβόλων χρειάστηκε να κατασκευαστεί ένας αλγόριθμος και πάλι με τη γλώσσα προγραμματισμού Java όπου θα αναγνωρίζει και θα αποκωδικοποιεί τα σύμβολα που εντοπίζει η κάμερα. Ο αλγόριθμος ξεκινάει με διαδικασία που μετατρέπει έγχρωμες εικόνες σε δυαδικές, εννοώντας τα σύμβολα που διαβάσει που αποτελούνται από μαύρο και άσπρο. Η παραπάνω μετατροπή δημιουργήθηκε από τον Welner ο οποίος περιλαμβάνει μόνο έναν τρόπο ώστε να αναγνωρίζεται το σύμβολο με ακρίβεια και να διακρίνει τα άσπρα από τα μαύρα pixels. Ο αλγόριθμος δεν χρειάζεται κάποια παραπάνω βοήθεια και μπορεί να τα καταφέρει πολύ καλά με σκιές αλλά και με το υπερβολικό φως που προκαλεί θαμπώματα. Ο αλγόριθμος

σκανάρει την εικόνα γραμμή προς γραμμή και αναγνωρίζει τα σύμβολα, κάθε σύνολο από pixels αντιστοιχεί σε κάθε ένα από τα κομμάτια. Κάθε pixel που έχει εντοπιστεί έχει γύρω του από 4 ακόμα pixels οριζόντια και κάθετα. Ο αλγόριθμος μπορεί να αναγνωρίζει την εικόνα, μία κάθε φορά και να προχωρά στην επόμενη. Με την αποκωδικοποίηση αναγνωρίζεται κάθε ένα από τα σύμβολα της βιβλιοθήκης TopCode. Κάθε φορά που αναγνωρίζεται ένα σύμβολο τότε υπάρχει ένα ID number που παραχωρείται σε αυτό το σύμβολο και κατανέμεται σε μια λίστα από παρόμοιους αριθμούς.



Εικόνα 2.1. Ο αριθμός 307 που προκύπτει από τα 13-bits γύρω από σύμβολο.

Για την αποκωδικοποίηση της βιβλιοθήκης, αρχικά θα πρέπει να εντοπιστεί το κέντρο του συμβόλου. Ο αλγόριθμος μπορεί να αναγνωρίσει μόνο τα pixels που υπάρχουν στο κέντρο του. Σκεφτείτε νοητά, το άσπρο χρώμα στο κέντρο του συμβόλου, ο αλγόριθμος ξεκινάει σκανάροντας πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά έως ότου να βρεθεί το μαύρο χρώμα, όπου ανήκει στον επόμενο μαύρο κύκλο με στόχο να βρεθεί το κέντρο του συμβόλου. Το επόμενο βήμα είναι να βρει την διάμετρο του μεγαλύτερου άσπρου κύκλου, δηλαδή του κύκλου που βρίσκεται ακριβώς πάνω από τον μαύρο κύκλο που μόλις εντοπίσαμε. Ο αλγόριθμος σκανάρει σε τέσσερις κατευθύνσεις από το κέντρο του συμβόλου και πάλι, μέχρι να βρει το επόμενο μαύρο χρώμα του κύκλου, πράγμα που σημαίνει ότι εντόπισε που τελειώνει ο άσπρος κύκλος και το άθροισμα αυτών των τεσσάρων αποστάσεων διαιρείται με το 9 και παρουσιάζει προσεγγιστικά το μέγεθος της διαμέτρου του συμβόλου. Ο αλγόριθμος θα πρέπει να αναγνωρίζει την γεωμετρία του συμβόλου, δηλαδή τις γωνίες που το διέπουν, ώστε να έχει τη δυνατότητα να διαβάσει σωστά τα 14 κομμάτια του μεγαλύτερου εξωτερικού μαύρου κύκλου. Πριν μπορέσει να αναγνωρίσει τη σωστές γωνίες του συμβόλου έπρεπε να διαβάσει το σύμβολο 10 φορές και να υπολογίσει με τον παρακάτω τύπο,  $(2\pi/(21 \times 10) \text{ radians})$  και ήταν ο μόνος τρόπος ώστε να μπορέσει να αναγνωρίσει τις γωνίες του και να προσφέρει όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Πολλές φορές λόγω κακών υπολογισμών ή κακών φωτογραφιών δεν πετύχαινε η αποκωδικοποίηση των συμβόλων.

Για να διαβαστούν τα 13-bits από την βιβλιοθήκη, γίνεται σκανάρισμα σε όλο το σύμβολο και πρέπει να εντοπίσει δεκατρία κομμάτια τα οποία υπάρχουν σε συγκεκριμένες γωνίες. Για να συμβεί αυτό εντοπίζει 8 pixel διαγώνια από αριστερά προς τα δεξιά. Τα 8 κομμάτια μεταφράζονται σαν ακέραιοι αριθμοί, από το 0 έως το 255 και αναλόγως με το χρωματισμό τους καταχωρείτε και ένας αριθμός. Στο μαύρο καταχωρείτε το 0 ενώ στο άσπρο το 255.

Ο εντοπισμός των pixels εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

1. Το κεντρικό pixel του συμβόλου.

2. Το μέγεθος του συμβόλου, την διάμετρο.
3. Τις γωνίες που το διέπουν.

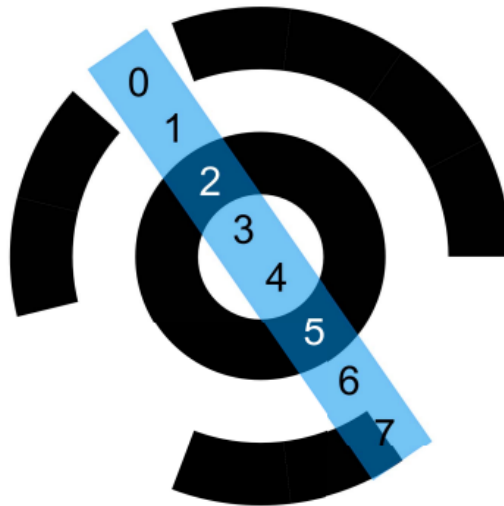
Για κάθε σύμβολο υπάρχει το επίπεδο αξιοπιστίας, που εξαρτάται από τους παραπάνω τρεις παραμέτρους. Όσο πιο ακριβείς είναι οι παραπάνω παράμετροι τόσο πιο αξιόπιστο είναι ότι η κάμερα εντόπισε το σωστό σύμβολο με τον σωστό ID. Στις περιπτώσεις που υπάρχουν λάθη στα παραπάνω τρία, τότε σημαίνει είτε ότι δεν είναι σύμβολο της βιβλιοθήκης ή ότι δεν υπάρχει επαρκή αξιοπιστία για το σύμβολο που προσπαθεί να αποκωδικοποιηθεί., σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται η εξίσωση αξιοπιστίας. Υπάρχει μια εξίσωση που υπολογίζει την αξιοπιστία σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει:

$$C = s_1 + s_3 + s_4 + s_6 + (255 - s_2) + (255 - s_5) +$$

$$|2s_0 - 255| + (255 - |2s_7 - 255|)$$

()

Η μεταβλητή  $C$  είναι το επίπεδο αξιοπιστίας, οι μεταβλητές  $s_0$  έως  $s_7$  είναι τα 8 κομμάτια που εξετάζονται από τα αριστερά προς τα δεξιά, όπως βλέπουμε και στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 2.2. Τα 8 pixels που εντοπίζει από αριστερά προς τα δεξιά ο αλγόριθμος.

Παραπάνω τα κομμάτια που αναγράφονται ως 1,3,4 και 6 είναι άσπρα και μπορούν να διακριθούν με ευκολία από τη κάμερα, εξίσου στην ίδια κατάσταση βρίσκονται και τα μαύρα κομμάτια 2 και 5. Το 0 ενώ υπάρχει στη παραπάνω εικόνα, υπολογίζεται ως δεδομένο με βάση την ανάλυση που κάναμε παραπάνω. Πρέπει η ένταση των χρωμάτων να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στο άσπρο και στο μαύρο, αν κάτι τέτοιο δεν επιτευχθεί τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια εξίσωση  $|2s - 255|$  για να

ελαχιστοποιήσει την ένταση του γκρι και να αυξήσει τα άσπρα και τα μαύρα χρώματα όσο περισσότερο γίνεται. Το κομμάτι με τον αριθμό 7, είναι μεταξύ άσπρου και μαύρου, αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ακρίβεια και υπάρχει μια άλλη εξίσωση για αυτήν την περίπτωση είναι:  $(255-|2s-255|)$ .

Στην περίπτωση που η ένταση χρωμάτων εννοώντας αν είναι πιο κοντά στο μαύρο χρώμα ή στο άσπρο χρώμα, για ένα κομμάτι είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το 128 τότε καταγράφεται το δυαδικό 1 ενώ αντίθετα το δυαδικό 0 και κάπως έτσι αποκτούν το άσπρο το δυαδικό 1 και το μαύρο το δυαδικό 0. Αμέσως μετά καταγράφονται με 0 ή 1 τα δεκατρία κομμάτια του μεγαλύτερου μαύρου κύκλου, έχοντας 13-bits τα οποία ο αλγόριθμος τα αντιστρέφει, τα μετατρέπει σε δεκαδικό αριθμό και έχει ως αποτέλεσμα την μικρότερη τιμή, ελέγχει αν αυτή η τιμή υπάρχει και αν υπάρχει τότε σημαίνει ότι έγινε σωστή αναγνώριση του συμβόλου. Ανακεφαλαιώνοντας, η διαδικασία της αποκωδικοποίησης μας προσφέρει τέσσερις πληροφορίες για κάθε σύμβολο της βιβλιοθήκης TopCode, που επιτρέπει στον μεταγλωττιστή να τα αποκωδικοποιήσει:

1. Το κέντρο του συμβόλου
2. Την διάμετρο του συμβόλου
3. Τις γωνίες που το διέπουν
4. Έναν αριθμό, αποτελούμενο με δεκατρία bits που ονομάζεται ID number.

### 2.2.1 Το μειονέκτημα της κάμερας

Παρόλο που η βιβλιοθήκη δουλεύει σε συνθήκες φωτισμού αρκετά καλά, υπάρχουν μειονεκτήματα που δυσκολεύουν την μεταγλώττιση του προγράμματος. Ένα από αυτά είναι η περίπτωση που κάποιο χέρι ή αντικείμενο βρίσκεται μπροστά στη κάμερα με αποτέλεσμα να καλύπτεται κάποιο σύμβολο της βιβλιοθήκης και ο χρήστης δεν το έχει αντιληφθεί, τότε το πρόγραμμα δεν θα λειτουργήσει όπως το προγραμματίσει. Άλλο μειονέκτημα είναι το μέγεθος της περιοχής που μπορεί να εντοπίσει σύμβολα η κάμερα που θα πρέπει να είναι ρυθμισμένη από πριν από τον δημιουργό ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει σωστά. Ενώ ίδιο πρόβλημα δημιουργεί και το φως που είναι λίγο πιο εύκολο να ρυθμιστεί.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: Δημιουργία Απτικής Διεπαφής

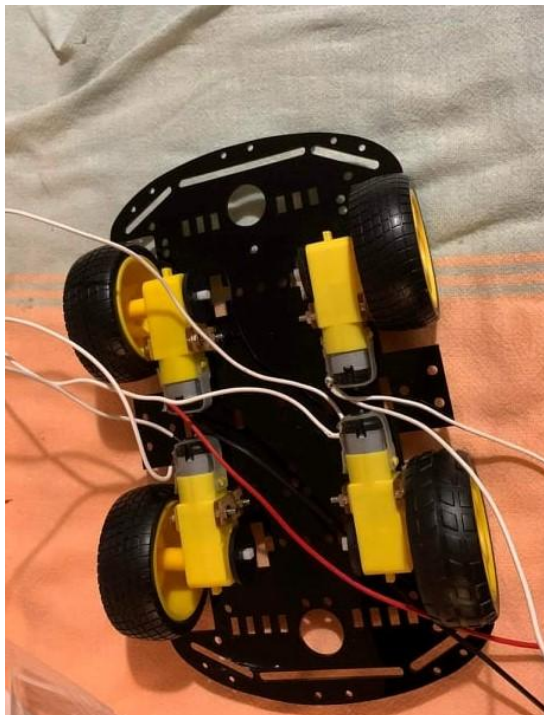
### 3.1 Κατασκευή απτικής διεπαφής

Με την έμπνευση των απτικών διεπαφών που παρουσιάσαμε, αποφασίσαμε να υλοποιήσουμε μια δική μας, με στόχο την βελτίωση της εκμάθησης του προγραμματισμού. Επιπλέον, να έχει την δυνατότητα οποιοσδήποτε μελετώντας αυτήν την εργασία να κατανοήσει τον κόσμο των απτικών διεπαφών και να εμπνευστεί μια δική του έχοντας ως βάση την απτική διεπαφή που παρουσιάζουμε.

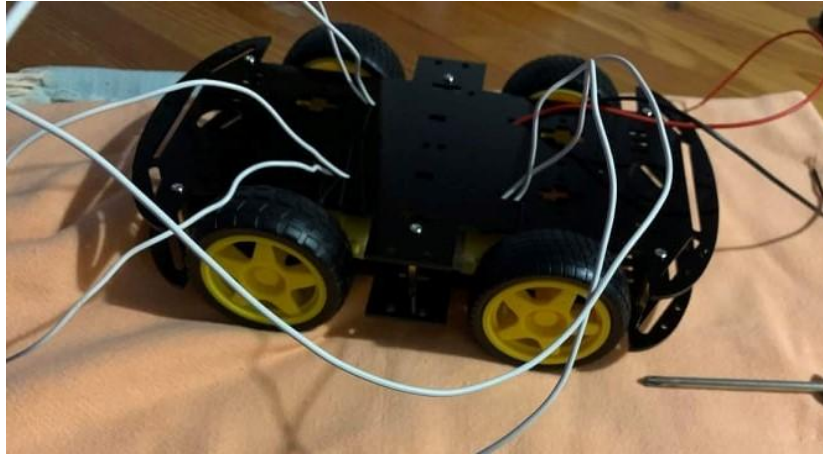
Αρχικά ένας μέρος της απτικής διεπαφής είναι το ρομπότ-αυτοκίνητο. Το ρομπότ-αυτοκίνητο αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα:

- Δύο ακρυλικές συναρμολογούμενες επιφάνειες.
- Πλακέτα Arduino UNO.
- Motor Driver L293D.
- Bluetooth Module HC-04

Στην αρχή συναρμολογούμε τις ακρυλικές επιφάνειες και τους DC κινητήρες πάνω σε αυτές καθώς υπάρχει επαρκής χώρος στο κάτω μέρος τους. Στην εικόνα θα παρατηρήσουμε ότι συναρμολογούμε τους κινητήρες DC με την πρώτη επιφάνεια και στη συνέχεια συναρμολογείται η δεύτερη πάνω από την πρώτη. Επιπλέον τα καλώδια των DC κινητήρων μέσω των εσοχών που υπήρχαν στις επιφάνειες μπορούν να εφαρμοστούν από μέσα, ώστε να βρεθούν και στην επιφάνεια για την χρήση τους (Εικόνα 3.1),(Εικόνα 3.2).

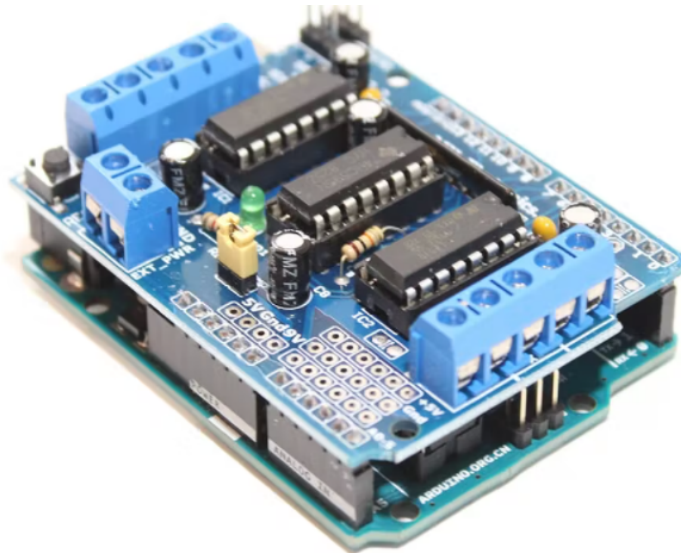


Εικόνα 3.1. Εφαρμογή DC κινητήρων στη πρώτη ακρυλική επιφάνεια.



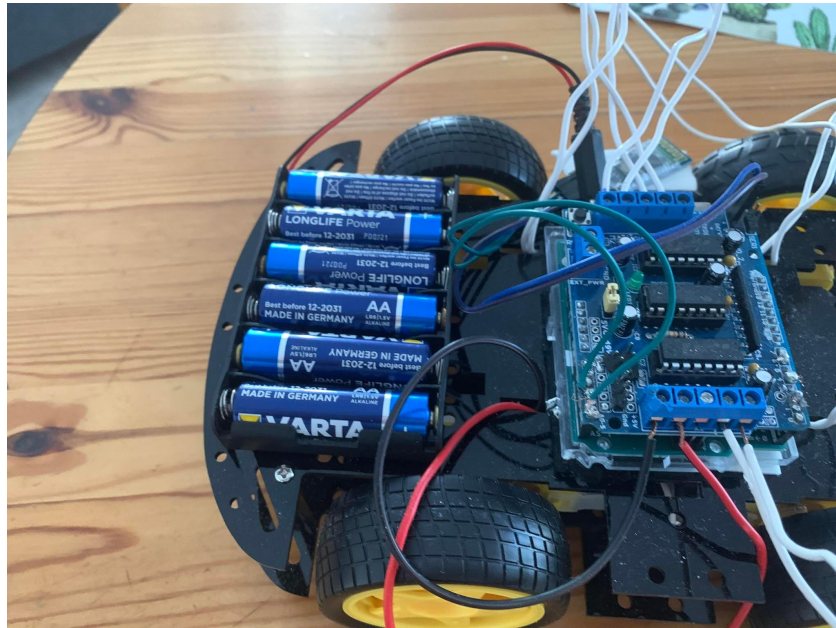
Εικόνα 3.2. Κατασκευή του ρομπότ-αυτοκινήτου.

Εφόσον φθάσαμε σε αυτό το σημείο (Εικόνα 3.2), θα πρέπει να συναρμολογηθούν οι πλακέτες Arduino UNO και Motor Driver L293D. Η πλακέτα Motor Driver L293D εφαρμόζει τα pins της πάνω στις υποδοχές της πλακέτας Arduino UNO (Εικόνα 3.3). Εν συνέχεια θα πρέπει να κολλήσουμε το Bluetooth Module HC-04 επάνω στη πλακέτα Motor Driver L293D, η συνδεσιμότητα δίνεται παρακάτω στην περιγραφή των αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικόνα 3.3 Σύνδεση Arduino UNO και Motor Driver L293D

Τέλος, η πλακέτα Arduino UNO θα πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στην επιφάνεια. Εμείς κρατήσαμε την πλαστική βάση της και με αυτοκόλλητο δύο πλευρών την τοποθετήσαμε πάνω στην επιφάνεια. Επιπλέον, με τον ίδιο τρόπο τοποθετήσαμε και το Bluetooth HC-04 σε θέση πάνω στην ακρυλική επιφάνεια (Εικόνα 3.4). Η τροφοδοσία όλων των παραπάνω προήλθε από 6 αλκαλικές μπαταρίες, με συνολική τάση 9V, που τοποθετήθηκαν πάνω σε μια μπαταριοθήκη και αυτή με τη σειρά της πάνω στην επιφάνεια.



Εικόνα 3.4. Ολοκληρωμένη η κατασκευή του ρομπότ-αυτοκινήτου

Με την ολοκλήρωση του hardware ξεκινήσαμε την κατασκευή του κώδικα που αποτελείται από δύο κομμάτια:

1. Σύνδεση Bluetooth Υπολογιστή και Bluetooth HC-04, ώστε να υπάρχει ανταλλαγή δεδομένων. Στη προκειμένη περίπτωση ανταλλάσουν, τα ID's από κάθε σύμβολο της βιβλιοθήκης TopCode που χρησιμοποιήσαμε.
2. Προγραμματισμός της πλακέτας Arduino UNO, ώστε με τη παραλαβή των δεδομένων να υπάρχει κίνηση στο ρομπότ-αυτοκίνητο.

Αρχικά χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη TopCode, που προηγουμένως αναφέραμε, επιλέξαμε 11 σύμβολα από την βιβλιοθήκη και τα τυπώσαμε σε μορφή αυτοκόλλητου ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε αντικείμενο. Επιλέξαμε να τα τοποθετήσουμε πάνω σε σπирτόκουτα όπου προηγουμένως τα βάψαμε με διαφορετικά χρώματα, ώστε να ξεχωρίζουν. Έτσι ολοκληρώθηκε και το απτικό κομμάτι της απτικής διεπαφής. Εν συνεχεία ξεκινήσαμε τον προγραμματισμό για την εγκαθίδρυση της σύνδεσης μεταξύ υπολογιστή και ρομπότ-αυτοκίνητο. Ακολουθούμε τα εξής βήματα για να το πετύχουμε:

1. Ανατρέχουμε στο github της βιβλιοθήκης TopCode και εγκαθιστούμε το αρχείο στον υπολογιστή μας:
  - Μετατρέπουμε το zip αρχείο σε απλό φάκελο για να είναι διαχειρίσιμος και στη συνέχεια ανοίγουμε το φάκελο Javascript.
  - Μέσα στο φάκελο δημιουργούμε ένα αρχείο html και τοποθετούμε σε αυτό το αρχείο τον κώδικα (Παράρτημα Α), το αποθηκεύουμε στον ίδιο φάκελο με όποιο όνομα επιθυμούμε. Για την δημιουργία ενός τέτοιου αρχείου χρειάζεται να έχουμε στον υπολογιστή εγκατεστημένο IDE της αρεσκείας μας, εμείς επιλέξαμε το Visual Studio Code.
  - Με τον κώδικα που χρησιμοποιήσαμε εξασφαλίσαμε ότι υπάρχει σύνδεση και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ υπολογιστή και του ρομπότ-αυτοκίνητο.

2. Για να δώσουμε κίνηση στο ρομπότ-αυτοκίνητο θα πρέπει να προγραμματίσουμε την πλακέτα Arduino UNO. Συνδέουμε τη πλακέτα με τον υπολογιστή, με το καλωδίο που περιέχεται στην συσκευασία και στη συνέχεια εγκαθιστούμε στον υπολογιστή μας το Arduino και κατ' επέκταση το Arduino IDE όπου θα γράψουμε και το κώδικα του ρομπότ.

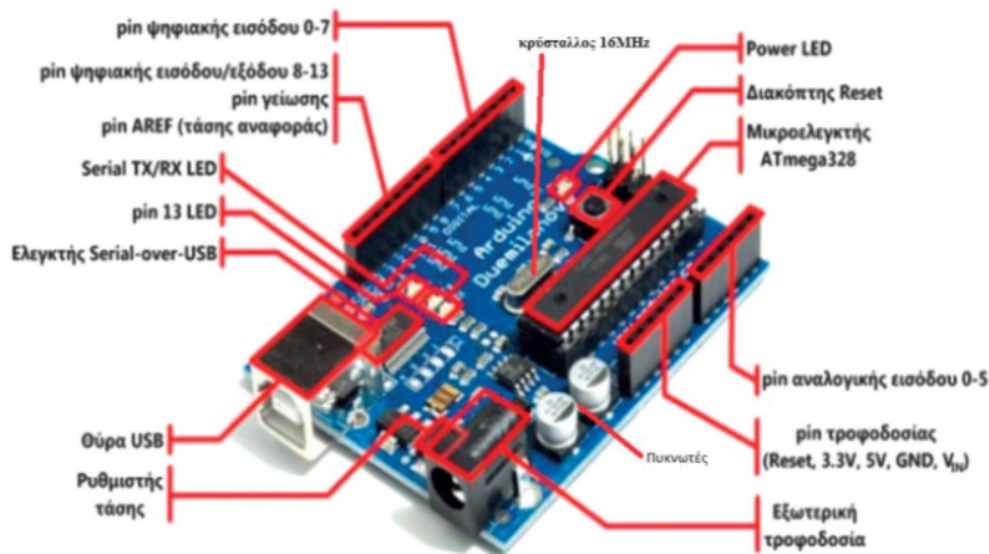
- Εφόσον επιτύχουμε αυτήν την διαδικασία ανοίγουμε το Arduino IDE και γράφουμε τον κώδικα (Παράρτημα Β). Στη συνέχεια το ανεβάζουμε στην πλακέτα με το σχετικό κουμπί που παρέχει το IDE.

Με την ολοκλήρωση όλων των προηγούμενων, η απτική διεπαφή είναι έτοιμη για χρήση.

### 3.1.1 Πλακέτα Arduino UNO

Η πλακέτα Arduino UNO βασίζεται στον μικροεπεξεργαστή ATmega328P και παρέχει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους με τάση λειτουργίας στα 5V και μέγιστο ρεύμα 40mA, εκ των οποίων τα 6 χρησιμοποιούνται ως PWM(Pulse Without Modulation) έξοδοι ενώ οι άλλες 6 ως αναλογικές εισοδοί. Επίσης παρέχει 16MHz ρολόι και usb θύρα για σύνδεση με τον υπολογιστή. Η τροφοδοσία μπορεί να συμβεί διαμέσω των pins η εξωτερικά από τη θύρα έχοντας την δυνατότητα να φθάσει στα 12V αναλόγως και τη μπαταρία που θα χρησιμοποιήσουμε, στη δική μας περίπτωση τροφοδοτήθηκε με 9V. Τέλος, διαθέτει τρεις μνήμες:

- EEPROM: Η μνήμη είναι μεγέθους 1kB με δυνατότητα ανάγνωσης και εγγραφής δεδομένων χωρίς να χάνονται τα δεδομένα αν κάνουμε reset ή διακοπεί σύνδεση με τη πλακέτα.
- SRAM: Η μνήμη είναι μεγέθους 2kB και έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του προγράμματος αλλά δεν υποστηρίζει αποθήκευση δεδομένων κατά τη διαδικασία του reset ή απρόσμενης διακοπής σύνδεσης με τη πλακέτα.
- FLASH: Το μέγεθος της μνήμης είναι 32kB, εκ των οποίων τα 30kB χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του προγράμματος που θέλουμε να μεταφορτώσουμε στην πλακέτα και τα υπόλοιπα 2kB είναι το firmware που διατίθεται εγκατεστημένο από τον κατασκευαστή και χρησιμεύει στην μεταφόρτωση του προγράμματος.



Εικόνα 3.5 Arduino UNO

Τι είναι το Pulse Without Modulation;

Δίνεται η δυνατότητα να δημιουργηθεί τετραγωνικός παλμός, δηλαδή η εναλλαγή του σήματος από 0 σε 1. Πρακτικά σημαίνει είναι ότι όταν συνδέσουμε ένα εξάρτημα με το PWM έξοδο τότε σημαίνει ότι μπορούμε να μεταβάλλουμε την τάση απο 0V έως και 5V. Πού χρήσιμο σε κατασκευές ρομπότ διότι μπορείς να ρυθμίσεις την ταχύτητα από ένα όχημα.

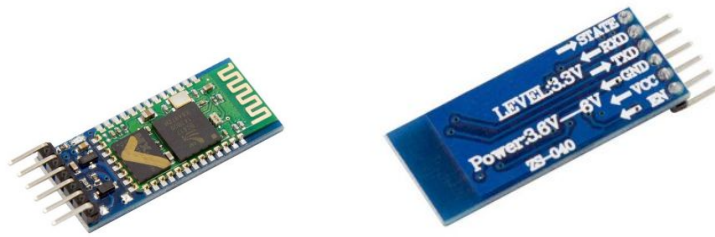
Τα χαρακτηριστικά του:

- Ταχύτητα λειτουργίας: +4,8V λειτουργεί σε 0,2 sec περιστρέφεται σε 60 μοίρες.
- Τάσης Λειτουργίας: 4,8V-7,2V
- Ρεύμα Λειτουργίας χωρίς ρότορα: 120mA
- Ρεύμα Λειτουργίας με ρότορα: 1450mA
- Βάρος:55g

### 3.1.2 Bluetooth HC-04

Το Bluetooth εκπέμπει δεδομένα με χαμηλής έντασης ραδιοκύματα και επικοινωνεί με συχνότητα 2,45 GHz. Το Bluetooth chip που διαθέτει κάθε συσκευή λαμβάνει - εκπέμπει και στη συνέχεια κωδικοποιεί και αποκωδικοποιεί δεδομένα. Το Bluetooth που χρησιμοποιούμε έχει 6 pins που αποτελούνται από:

- State: Κατάσταση Λειτουργίας
- RXD: Receive Pin
- TXD: Transmit Pin
- GND: Γείωση
- +5V: Τροφοδοσία
- KEY: Προγραμματισμός(HIGH) και Λειτουργία(LOW)



Εικόνα 3.6. Bluetooth HC-04

Τα χαρακτηριστικά του:

- Ισχύς Εκπομπής:  $\leq 4\text{dBm}$
- Συχνότητα Λειτουργίας: 2,4GHz
- Πρωτόκολλο Bluetooth: Bluetooth 2.0+ EDR
- Ταχύτητα: Ασύγχρονη 2,1Mbps(Max) / 160 kbps - Σύγχρονη 1Mbps/1Mbps
- Ευαισθησία:  $\leq -84\text{dBm}$
- Τάση Λειτουργίας: 3,6 - 5,5 V

Πως συνδέεται με την πλακέτα Arduino:

- RX: Συνδέεται με το pin A3.
- TX: Συνδέεται με τον pin A5.
- VCC: Συνδεεται με pin 5V.
- GROUND: Το συνδέουμε με την γείωση.

### 3.1.3 Κινητήρες DC

Ο κινητήρας DC είναι μια ηλεκτρική μηχανή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια. Ο κινητήρας αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

- Τον στάτη, έναν μαγνήτη που δημιουργεί μαγνητικό πεδίο.
- Τον οπλισμό, ένα πηνίο και αποτελεί το μέρος του εξαρτήματος που κινείται.

Στα άκρα του οπλισμού βρίσκεται ένας δακτύλιος που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα και στριφογυρίζει, γυρνώντας κατ' επέκταση και τον οπλισμό. Ο τρόπος για να αλλάξουμε την

περιστροφή των κινητήρων είναι να αλλάξουμε την πολικότητα.



Εικόνα 3.7. DC κινητήρες

Τα χαρακτηριστικά του:

Τάση λειτουργίας: 3-6 VDC

Ρεύμα χωρίς φορτίο: <200mA

Λιγότερη δυνατή ταχύτητα: 3V, 90 RPM

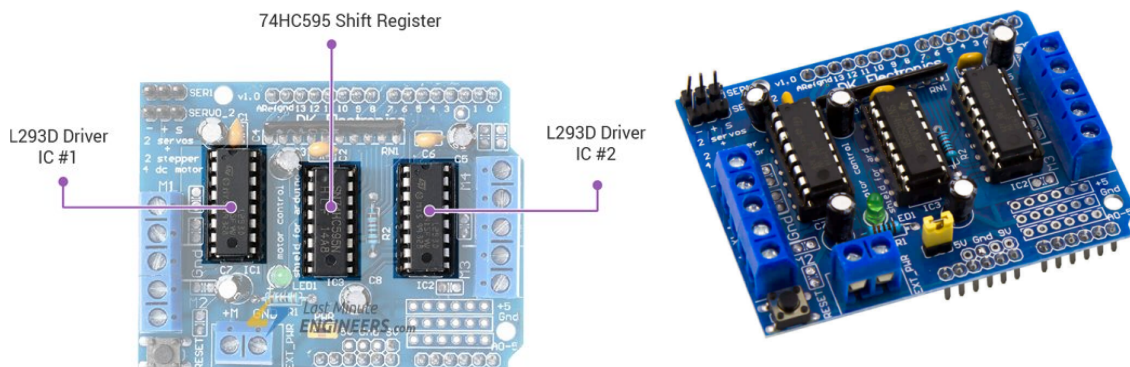
Μέγιστη δυνατή ταχύτητα: 6V, 130 RPM

Ροπή: 29g

Σχέση Μετάδοσης: 48:1

### 3.1.4 Πλακέτα Motor Driver L293D

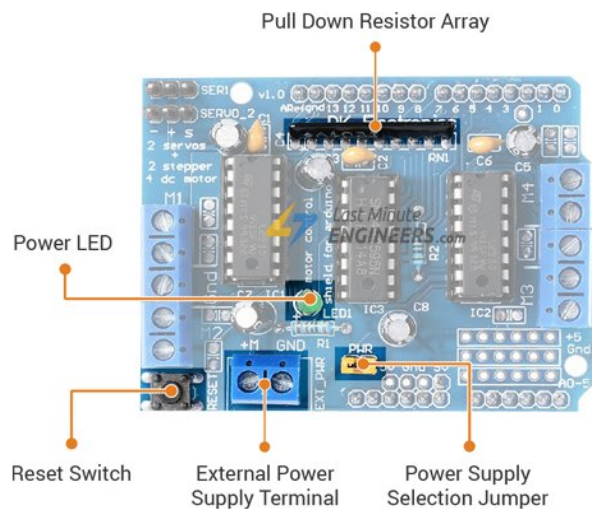
Η Πλακέτα L293D είναι κατασκευασμένη από μονολιθικό με διπλά κανάλια και μία γέφυρα H που σημαίνει ότι μπορεί να ελέγξει τέσσερις κινητήρες DC και δύο κινητήρες Stepper. Στην εικόνα παρακάτω μπορούμε να διακρίνουμε τους δύο L293D Drivers και στη μέση το 74HC595 Shift Register. Το εξάρτημα 74HC595 Shift Register προσφέρει 8 pins, 4 για κάθε L293D Driver που προκύπτουν από την μετατροπή των τεσσάρων ψηφιακών pins που προσφέρει η πλακέτα Arduino. Ακόμα η πλακέτα περιέχει 4 H-Bridges και κάθε μια από αυτές μπορεί να προσφέρει 0,6A για κάθε κινητήρα. Η πλακέτα L293D μπορεί να εφαρμόσει τα pins της επάνω στην πλακέτα Arduino.



Εικόνα 3.8. Motor Driver L293D

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τις τρεις περιπτώσεις που μπορεί να δεχτεί ηλεκτρικό ρεύμα:

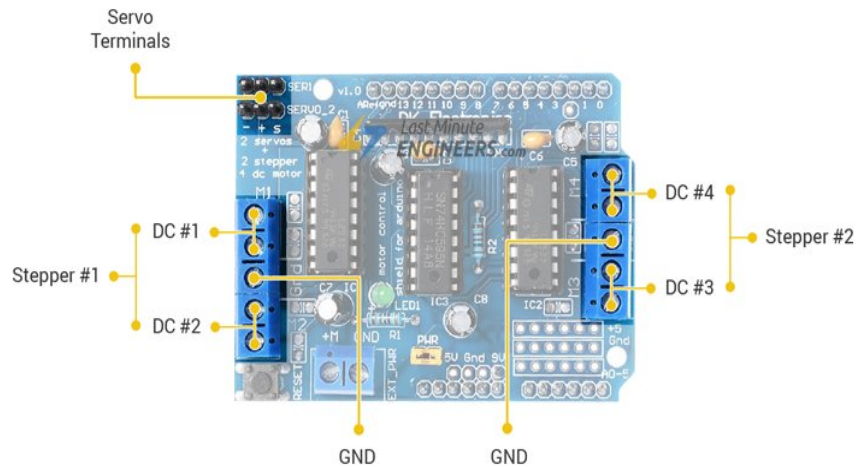
- External Power Supply Terminal, μπορεί να συνδεθούν μπαταρίες δια μέσω αυτών ενεργοποιώντας και της δύο πλακέτες.
- Power Supply Selection Jumper, μπορείς να συνδεθεί την πλακέτα Arduino με ρεύμα και στη συνέχεια με jumper με την πλακέτα L293D για τις περιπτώσεις που χρειαζόμαστε κάτω από 12V.
- Μπορεί να συνδεθεί ξεχωριστά τις 2 πλακέτες εφόσον δεν συνδέονται με κάποιο jumper διότι θα μπορούσε να καταστρέψει τις πλακέτες. Μπορούμε να συνδέσουμε την πλακέτα Arduino απο την είσοδος που μπορεί να δεχθεί DC ρεύμα και τη πλακέτα L293D απο τα 2 pins της εισόδου που μπορεί να δεχθεί καλώδια.



Εικόνα 3.9. Motor Driver L293D

Οι έξοδοι που προσφέρει η πλακέτα διακρίνονται στην εικόνα:

- Προσφέρει εισόδους για 4 κινητήρες και 2 γειώσεις, που μπορούν να προσφέρουν 4,5 - 25V και 600mA για κάθε κανάλι.
- Προσφέρει 6 pins που τα 3 απο αυτα προσφέρονται για 2 σερβοκινητήρες.



Εικόνα 3.10. Motor Driver L293D

Τα χαρακτηριστικά του για κάθε driver:

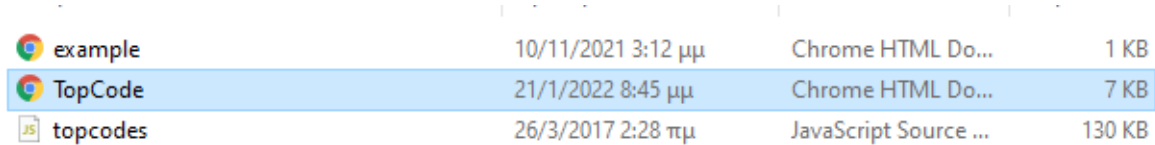
- Τάσης Λειτουργίας: 5-12V
- Μέγιστο ρεύμα για κάθε κανάλι: 600mA
- Μέγιστο Ρεύμα Εξόδου: 1,2A

Shift Register, είναι ένα ψηφιακό κύκλωμα που χρησιμοποιεί flip flops που η έξοδος του ενός flip flops συνδέεται με την είσοδο του επόμενου. Στη δική μας περίπτωση του 74HC595 δουλεύει με το πρωτόκολλο SIPO (Serial IN Parallel OUT), που σημαίνει ότι τα λαμβανόμενα δεδομένα είναι σε σειρά από τον μικροελεγκτή και στέλνονται δια μέσω παράλληλων pins.

## Κεφάλαιο 4: Χρήση της Απτικής Διεπαφής

### 4.1 Χρήση του λογισμικού της Απτικής Διεπαφής

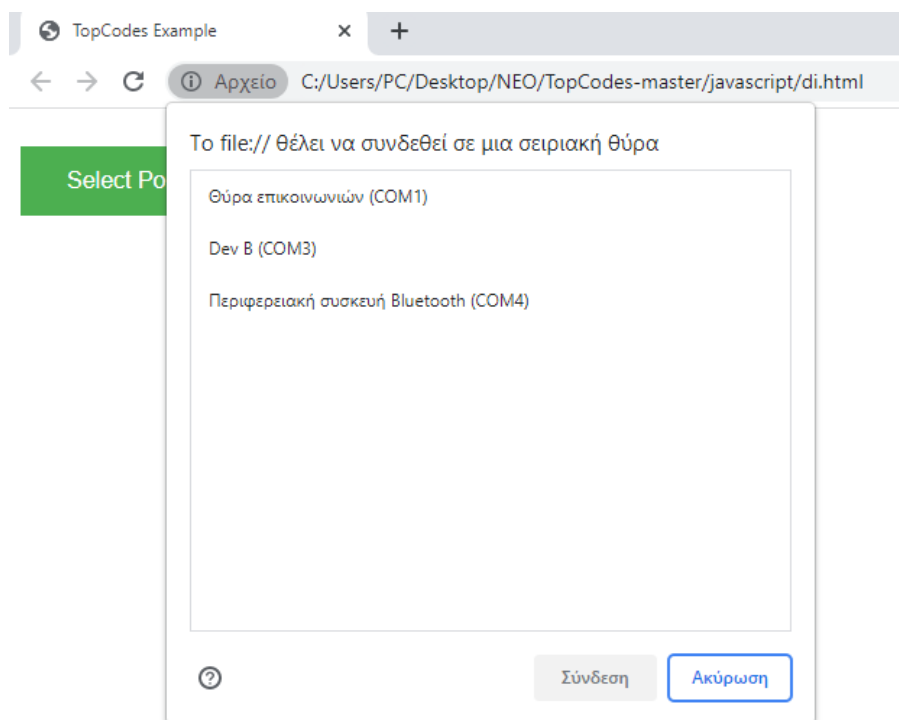
Η διαδικασία ξεκινά ανοίγοντας το αρχείο που προσθέσαμε τον κώδικα για την σύνδεση μεταξύ του υπολογιστή και του Bluetooth HC-04(Εικόνα 4.1).



example	10/11/2021 3:12 μμ	Chrome HTML Do...	1 KB
TopCode	21/1/2022 8:45 μμ	Chrome HTML Do...	7 KB
topcodes	26/3/2017 2:28 πμ	JavaScript Source ...	130 KB

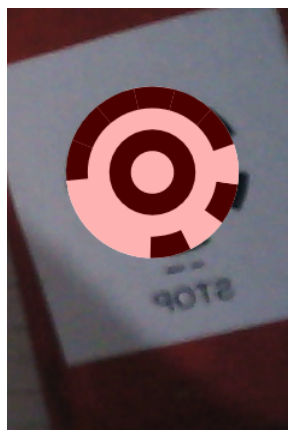
Εικόνα 4.1 Αρχείο TopCode

Αμέσως μετά πατάμε το κουμπί Select Port και εμφανίζεται το παράθυρο για την επιλογή το Bluetooth HC-04, δηλαδή συνδέουμε το Bluetooth του υπολογιστή με το Bluetooth του ρομπότ-αυτοκινήτου(Εικόνα 4.2). Επιλεγουμε στη περίπτωση μας, το Dev B(COM3) και πατάμε το κουμπί σύνδεση.



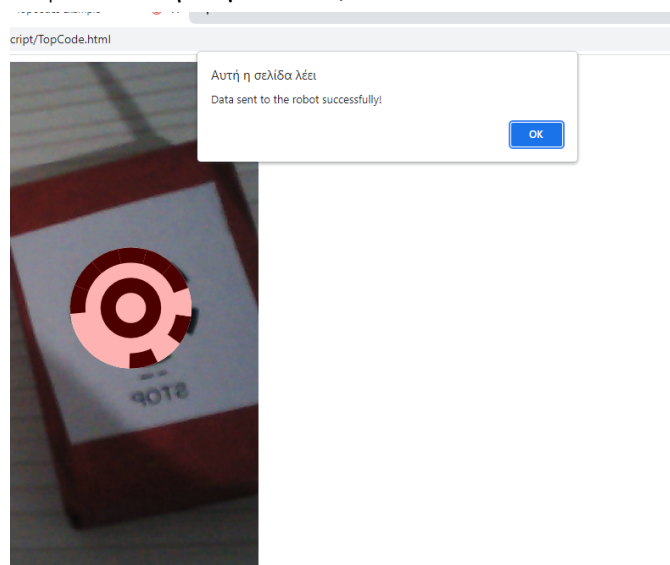
Εικόνα 4.2. Σύνδεση με το Bluetooth του ρομπότ-αυτοκινήτου

Αμέσως μετά θα εμφανιστεί στην οθόνη μας το κουμπί που θα δώσουμε άδεια για την ενεργοποίηση της κάμερας και με το χέρι μας πρέπει να την τοποθετήσουμε στη σωστή θέση ώστε να φαίνεται καλά το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε από τα σύμβολα της βιβλιοθήκης TopCode(Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3. Με αυτό το τρόπο αποδεικνύεται ότι η κάμερα εντόπισε το σύμβολο TopCode.

Τέλος, πατάμε το κουμπί Send Data και στη συνέχεια εμφανίζεται ένα παράθυρο που επιβεβαιώνει ότι στάλθηκαν τα δεδομένα εφόσον πατήσουμε το OK, τότε θα εκτελεστούν οι εντολές(Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Μήνυμα που επιβεβαιώνει ότι στάλθηκαν τα δεδομένα στο ρομπότ-αυτοκίνητο.

## 4.2 Δυνατότητες της Απτικής Διεπαφής

Η απτική διεπαφή διαθέτει 20 κουτάκια με εντολές τις οποίες θα πρέπει να βάλουμε την μία κάτω από την άλλη, κατακόρυφα. Τα κουτάκια αποτελούν τις εντολές για τον προγραμματισμό του ρομπότ-αυτοκινήτου. Για τη σωστή χρήση της απτικής διεπαφής θα πρέπει να ακολουθούμε τα εξής βήματα:

- Κάθε πρόγραμμα ξεκινά υποχρεωτικά με το κουτάκι Start, το οποίο είναι με χρώμα μπλε εάν δεν τοποθετηθεί πρώτο τότε το πρόγραμμα δεν θα δουλέψει σωστά(Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.5. Start

- Κάθε πρόγραμμα υποχρεωτικά ανάμεσα από τις παρακάτω εντολές χρησιμοποιεί το κουτάκι Delay, που είναι με χρώμα κίτρινο. Για κάθε καινούργια εντολή που προσθέτουμε, προσθέτουμε από κάτω της το κουτάκι Delay(Εικόνα 4.6).



Εικόνα 4.6. Delay

- Υπάρχουν οι κινήσεις Forward, Back, Left και Right και οι κινήσεις Forward Step, Back Step, Left Step, Right Step. Οι πρώτες 4 κινήσεις “τρέχουν” συνεχόμενα ενώ οι άλλες 4 σταματάνε μόνες τους, τα παραπάνω τουβλάκια είναι σε πράσινο χρώμα. Τέλος, υπάρχει η κίνηση Stop που σταματάει τις κινήσεις Forward, Back, Left, Right.(Εικόνα 4.7).

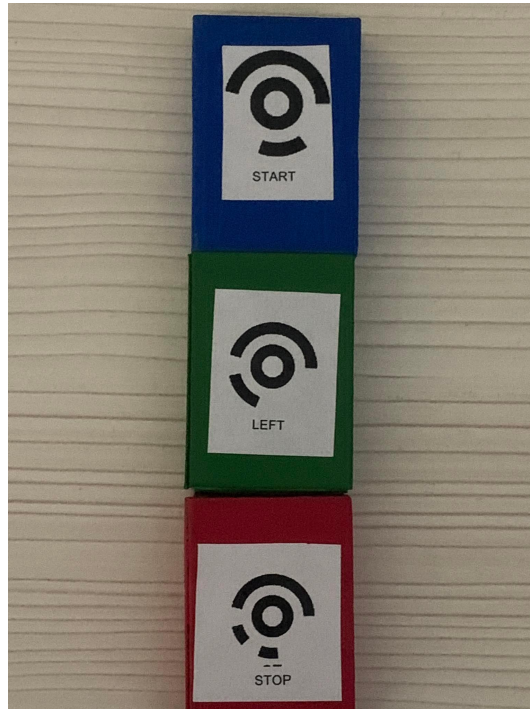


Εικόνα 4.7. Stop και Forward step

Στο πρόγραμμα που απεικονίζεται στη κάτω εικόνα το πρόγραμμα μας ξεκινάει πάντα με το κουτάκι Start στη συνέχεια απεικονίζονται οι εντολές Left Step, Backward Step, Right Step και ενδιάμεσα από αυτές το κουτάκι Delay. Το ρομπότ-αυτοκίνητο θα εκτελέσει τις εντολές του και στη συνέχεια θα σταματήσει μόνο του καθώς η τελευταία εντολή του είναι Right Step η οποία είναι προγραμματισμένη να σταματήσει μόνη της (Εικόνα 4.8). Στη περίπτωση που στο τέλος υπάρχει εντολή Left, Right, Backward, Forward θα πρέπει πάντα να σταματάει είτε με την εντολή Stop είτε με την εντολή Delay(Εικόνα 4.9).



Εικόνα 4.8. Πρόγραμμα της απτικής διεπαφής.



Εικόνα 4.9 Η εντολή Left σταματά να εκτελείται με την εντολή Stop.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Βιβλία**

- [1] Rosson M, CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM Digital Library. ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction, 2007.
- [2] Rosson M, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems , ACM Digital Library, ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction, 2007.
- [3] Rosson M, CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM Digital Library., ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction, 2007.
- [4] Ullmer B, TEI'07 : First International Conference on Tangible and Embedded Interaction: February 15-17 2007 in Baton Rouge, Louisiana, USA, Theme of the CCT 14th Annual Mardi Gras Conference : conference proceedings.
- [5] Zhou Y, Wang M, “Tangible User Interfaces in Learning and Education”, International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition, pp. 20-25, 2015.
- [6] Sapounidis T, Alimisis D, “Educational robotics for STEM: A review of technologies and some educational considerations”, Science and mathematics education for 21st century citizens: Challenges and ways forward, pp. 167-190, 2020

### **Application Note**

- [1] Θεόδωρος Λουκίσας, Appl, Προκλήσεις και ευκαιρίες στη διδασκαλία μέσω του Διαδικτύου, pp.1-23
- [2] Θεόδωρος Λουκίσας, Τι γίνεται όμως αν χρειάζεται να προχωρήσουμε γρήγορα στη διδασκαλία στο διαδίκτυο, pp 1-32.
- [3] Θεόδωρος Λουκίσας, Σχεδιάζοντας τη Διαδικτυακή Μάθηση, pp. 1-21.
- [4] Θεόδωρος Λουκίσας, Θεωρίες Μάθησης και ψηφιακά εκπαιδευτικά σενάρια, 1-32.

### **Data Sheet**

- [1] Atmel, “8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash ”, ATmega328P , 2015.

### **Internet Site**

- [1] Available: [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).

- [2] Available: <https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/dc-motors-guide>
- [3] Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pulse-width-modulation>
- [4] Available: <https://www.rs-online.com/designspark/basics-of-74hc595>
- [5] Available: <https://learn.adafruit.com/adafruit-arduino-lesson-4-eight-leds/the-74hc595-shift-register>
- [6] Available: <https://lastminuteengineers.com/l293d-motor-driver-shield-arduino-tutorial/>
- [7] Available: <https://lastminuteengineers.com/l293d-motor-driver-shield-arduino-tutorial/>
- [8] Available: <https://turtleacademy.com/lessons/1>
- [9] Available: [https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what\\_is\\_logo/logo\\_and\\_learning.html](https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_and_learning.html)
- [10] Available: <https://robotics.uom.gr/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CF%81%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8C%CF%84/>

### **Paper in Conference Proceedings**

- [1] Hwang W, Wu S, Yang T, “Children's interactive behavior and strategy in a multi-robots' collaborative environment”, Proceedings - 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2010, pp.168-172.
- [2] Sapounidis T, Demetriadis S, “Touch your program with hands: Qualities in tangible programming tools for novice”, Proceedings - 2011 Panhellenic Conference on Informatics, PCI 2011, pp.363-367.
- [3] Sapounidis T, Demetriadis S, “Exploring children preferences regarding tangible and graphical tools for introductory programming: Evaluating the PROTEAS kit”, Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2012, pp. 336-320.
- [4] Sakamoto R, Ohshima T, “Code weaver: A tangible programming learning tool with mixed reality interface”, SIGGRAPH Asia 2019 Posters, SA 2019.
- [5] HS Raffle, AJ Parkes, Ishi.H, “Topobo a constructive assembly system with kinetic memory”, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 647-654, 2004.
- [6] Chipman G, Druin A, Beer D, Fail JA, Guha ML, Simms S, “A case study of tangible flags: a collaborative technology to enhance field trips”, Proceedings of the 2006 conference on Interaction design and children, 2006.
- [7] Sapounidis T, Demetriadis S, “Touch your program with hands: Qualities in tangible programming tools for novice”, Proceedings - 2011 Panhellenic Conference on Informatics, PCI 2011, pp.363-367.

[8] S.Demetriadis, T.Tsiatsos, T.Sapounidis, M.Tsolaki, A.Gerontidis, “Exploring the potential of programming tasks to benefit patients with mild cognitive impairment”, Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 2016.

[9] T.Sapounidis, D.Alimisis, “Educational robotics curricula: current trends and shortcomings”, Educational Robotics International Conference, pp. 127-138, 2021.

[10] S. Demetriadis, S. Atmatzidou, T. Sapounidis, “The AUTH Framework for Research in Educational Robotics: Collaboration Scripts, Metacognitive Skills, Tangible Interfaces and the CPPC+ Model”, 3rd International Workshop Teaching robotics, teaching with robotics Integrating Robotics in School Curriculum, 2012.

### **Journal Articles**

[1] Wang D , Zhang Y , Chen S “E-block: A tangible programming tool with graphical blocks”, *Mathematical Problems in Engineering*, 2013

[2] Lehtonen D, Machado L, Joutsenlahti J, Perkkilä P, “The potentials of tangible technologies for learning linear equations”, *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 4, pp 1-33, Dec. 2020.

[3]Kwon D, Kim H, Shim J, Lee W, “Algorithmic Bricks: A tangible robot programming tool for elementary school students”, *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, pp. 474-479 ,2012.

[4] Frei P, Su V, Mikhak B, Ishii H, “curlybot: Designing a New Class of Computational Toys”, pp. 1-4, 2000.

[5] Wang D, Wang T, Liu Z, “A tangible programming tool for children to cultivate computational thinking”, *The Scientific World Journal*, 2014.

[6] Suzuki H, Kato H, “AlgoBlock: a tangible programming language, a tool for collaborative learning Sounding Board View project ProBo (ProjectBoard) View project”, 2014.

[7] Schneider B, Jermann P, Zufferey G, Dillenbourg P, “Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 4, pp. 222-232, 2011.

[8] Sherman L, Druin A, Montemayor J, Farber A, Platner M, Simms S, Porteous J, Alborzi H, Best J, Hammer J, Kruskal A, Matthews J, Rhodes E, Cosans C, Lal A, “CHI 2001 • 31 MARCH-5 APRIL Interactive Video Posters StoryKit: Tools for children to build room-sized interactive experiences”

[9] Africano D, Berg S,,Lindbergh,,KLundholm P,,Nilbrink F,,Persson A, “Designing Tangible Interfaces for Children's Collaboration”, 2004.

[10] Ishii H, Ullmer B, *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms*, PAPERS CHI, vol. 97, pp. 22-27, 1997.

- [11] Patten J, Griffith L, Ishii H, A Tangible Interface for Controlling Robotic Toys, 2000.
- [12] Sapounidis T, Demetriadis S, “Tangible versus graphical user interfaces for robot programming: Exploring cross-age children's preferences”, *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 17, pp. 1775-1786, 2013.
- [13] Horn S, Jacob R, “Tangible Computer Programming: Exploring the Use of Emerging Technology in Classrooms and Science Museums”, 2009.
- [14] Blackwell A, Hague R, Blackwell A, “AutoHAN: An Architecture for Programming the Home”
- [15] Newton-Dunn H, Nakano H, Gibson J, “Block Jam: A Tangible Interface for Interactive Music”, pp. 383-393, 2010.
- [16] Xu D, “Tangible User Interface for Children An Overview”, 2005.
- [17] M.Ananny, J.Cassell, Telling tales: A new toy for encouraging written literacy through oral storytelling, 2001.
- [18] Markopoulos P, Bekker M, “On the assessment of usability testing methods for children”, *Interacting with Computers*, vol 15, pp 227–243, April 2003
- [19] Διατριβή Δ, Σαπουνίδη Θ, “Σχεδίαση και Ανάπτυξη Συστήματος Απτικής Διεπαφής για Δραστηριότητες Εισαγωγικού Προγραμματισμού”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.
- [20] Πτυχιακή Εργασία Ματσούκας Μιλτιάδης, “Ρομποτικό όχημα αποφυγής εμποδίων και τηλεχειρισμός μέσω Bluetooth”, Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής,, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, 2018.
- [21] Διπλωματική Εργασία Ευγένιος Κ. Μπαρτζελιώτη, “Ρομποτικό σύστημα με τρεις βαθμούς ελευθερίας που ακολουθεί μία γραμμή μέσω ελέγχου οπτικής ανατροφοδότησης (Visual servo control)”, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 2017.
- [22] S.Tselegkaridis, T.Sapounidis, “Simulators in Educational Robotics: A Review”, 2021.
- [23] A.Tsimplinas, E.Berki, Ju.Pi Valtanen, T.Sapounidis, “Teaching Computational Thinking via Tangible and Graphical Interfaces—An Overview Through Reflective and Critical Lenses”, *Global Connectivity and Learning across the Generations*, 2019.
- [24] T.Sapounidis, S.Demetriadis, Pantelis M Papadopoulos, D.Stamovlasis, “International Journal of Child-Computer Interaction”, 2018.
- [25] Χρήστος Κυριακίδης, Γεώργιος Ντέλης, “Γλώσσες προγραμματισμού και εφαρμογές της σειράς Robo Technology της LEGO”, 2013

Κεφάλαιο 5ο:

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Α: Κώδικας σύνδεσης Bluetooth Υπολογιστή με Bluetooth HC-04

```
<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

  <title>TopCodes Example</title>

  <style>

    /* Style for all buttons */

    .button1 {

      background-color: #4caf50;

      /* Green */

      border: none;

      color: white;

      padding: 15px 32px;

      text-align: center;

      text-decoration: none;

      display: inline-block;

      font-size: 16px;

    }

    .button2 {

      background-color: #4caf50;

      /* Green */
```

```
border: none;

color: white;

padding: 15px 32px;

text-align: center;

text-decoration: none;

display: inline-block;

font-size: 16px;

}
```

```
.button3 {

background-color: #4caf50;

/* Green */

border: none;

color: white;

padding: 15px 32px;

text-align: center;

text-decoration: none;

display: inline-block;

font-size: 16px;

}
```

```
</style>
```

```
</head>
```

```
<body onload="">
```

```
<canvas id="video-canvas" style="display: none" width="800" height="600" style="background: #ddd"></canvas>
```

```
<br />
```

```
<button id="camera_btn" class="button1" style="display: none" onclick="TopCodes.startStopVideoScan('video-canvas')">
```

```
Start Camera!
```

```
</button>
```

```
<button id="port_btn" class="button2" onclick="requestPortAccess()" style="display: inline">
```

```
Select Port!
```

```
</button>
```

```
<button id="send_btn" class="button3" style="display: none" onclick="sendCode()">
```

```
Send Data!
```

```
</button>
```

```
<script src="topcodes.js"></script>
```

```
<script>
```

```
var sendData; //Function placeholder
```

```
var mainjson; //JSON object placeholder
```

```
//navigator.serial, Τρόπος σύνδεσης διαμέσου του υπολογιστή και του bluetooth module.
```

```
//serial.requestPort(), Επιλέγεις με ποια πόρτα θα συνδεθεί ο υπολογιστής
```

```
async function requestPortAccess() {
```

```
  navigator.serial
```

```
    .requestPort()
```

```
    .then((port) => {
```

```
// Connect to `port` or add it to the list of available ports.  
  
//The open() method of the SerialPort interface returns.  
  
//a Promise that resolves when the port is opened.  
  
//By default the port is opened with 8 data bits, 1 stop bit and no parity checking.  
  
//Baudrate, Πόσες φορές θα αλλάξει το σήμα ανά δευτερόλεπτο.
```

```
port.open({ baudRate: 9600 })
```

```
.then((x) => {
```

```
//display & hide buttons
```

```
var c = document.getElementById("video-canvas");
```

```
c.style.display = "inline";
```

```
c = document.getElementById("camera_btn");
```

```
c.style.display = "inline";
```

```
c = document.getElementById("port_btn");
```

```
c.style.display = "none";
```

```
//Set the `sendData` function to the corresponding port
```

```
sendData = async function (data) {
```

```
for(let i =0; i < data.length;i++)
```

```
{
```

```
var sendDataFunction = async function(){
```

```

const writer = port.writable.getWriter();

//Construct the array with the numbers

const d = new Uint8Array(1);

d[0] = data[i];

//Write the numbers to the bluetooth serial

await writer.write(d);

//Close the writer

writer.releaseLock();

console.log(data[i])

};

setTimeout(sendDataFunction,i*1000+1000);

}

};

})

.catch((e) => {

alert("ERROR! Connecting to the selected COM port");

//user didn't select a port

console.log(e);

});

})

.catch((e) => {

alert("ERROR! Requesting ports from PC");

console.log(e);

```

```

    });
}

async function sendCode() {

    var json = mainjson;

    //parse and send to serial

    var codes = json.topcodes;

    var parsedCodes = []; //array of number

    for (var i = 0; i < codes.length; i++) {

        //codes[0].code--> Το κωδικό απο το πρώτο json object.

        parsedCodes.push(codes[i].code);

    }

    var reversedCodes = parsedCodes;

    console.log(codes)

    //Εάν το πρώτο block δεν είναι 'start' κάνουμε reverse το array γιατί τα έχει διαβάσει ανάποδα.

    if(codes[0].code != 115) //Ελεγχος αν το πρώτο είναι start

        reversedCodes = parsedCodes.reverse();

    // parsedCodes = [653,809,805.....];

    console.log(reversedCodes);

    sendData(reversedCodes)

        .then((x) => {

            alert("Data sent to the robot successfully!");

        })

        .catch((x) => {

```

```

    alert("There was an error while trying to send data to the robot!");

    console.log(x);

});

}

// register a callback function with the TopCode library

TopCodes.setVideoFrameCallback("video-canvas", function (jsonString) {

//display & hide buttons

var c = document.getElementById("camera_btn");

c.style.display = "none";

c = document.getElementById("send_btn");

c.style.display = "inline";

// convert the JSON string to an object

var json = JSON.parse(jsonString);

//console.log(jsonString);

if (json.topcodes.length > 0) {

    mainjson = json;

}

// get the list of topcodes from the JSON object

var topcodes = json.topcodes;

// obtain a drawing context from the <canvas>

var ctx = document.querySelector("#video-canvas").getContext("2d");

```

```
// draw a circle over the top of each TopCode

ctx.fillStyle = "rgba(255, 0, 0, 0.3)"; // very translucent red

for (i = 0; i < topcodes.length; i++) {

  ctx.beginPath();

  ctx.arc(

    topcodes[i].x,

    topcodes[i].y,

    topcodes[i].radius,

    0,

    Math.PI * 2,

    true

  );

  ctx.fill();

}

});

</script>

</body>

</html>
```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Κώδικας Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>//Δήλωση της βιβλιοθήκης του bluetooth
```

```
#include <AFMotor.h>//Δήλωση της βιβλιοθήκης των κινητήρων.
```

```
//Εγκαθίδρυση την σύνδεσης του bluetooth με την πλακέτα Arduino.
```

```
//Δήλωση των pins που χρησιμοποιούνται για την
```

```
SoftwareSerial btSerial(A3, A5); // RX, TX
```

```
//Δήλωση του κάθε κινητήρα ξεχωριστά.
```

```
//Motor objects
```

```
AF_DCMotor motor1(1, MOTOR12_8KHZ);//Back right
```

```
AF_DCMotor motor2(2, MOTOR12_8KHZ);//Front right
```

```
AF_DCMotor motor3(3, MOTOR12_8KHZ);//Front left
```

```
AF_DCMotor motor4(4, MOTOR12_8KHZ);//Back left
```

```
//Χρησιμοποιείτε η μέγιστη ταχύτητα σε κάθε κινητήρα
```

```
int Speed = 255;
```

```
//Μεταβλητές για την καθυστέρηση κινήσεων του ρομπότ
```

```
int stepTime = 2000; //Time for each step in ms
```

```
void setup()
```

```

{

// Open serial communications and wait for port to open

//Εγκαθίδρυση της σειριακής επικοινωνίας και αναμονή έως ότου συνδεθεί με κάποιο port.

Serial.begin(9600);

btSerial.begin(9600);

btSerial.listen();

//Ρύθμιση της ταχύτητας των κινητήρων.

motor1.setSpeed(Speed);

motor2.setSpeed(Speed);

motor3.setSpeed(Speed);

motor4.setSpeed(Speed);

}

void loop() {

Serial.print(".");

//Η συσκευή του Arduino δέχεται δεδομένα που αποστέλλονται απο τον υπολογιστή στο bluetooth

while (btSerial.available())

{

//Δεχόμαστε ένα byte κάθε φορά.

//Δηλαδή αριθμούς απο το 0 εως το 255

byte code = btSerial.read();//Με την εντολή read() επιστρέφει το byte που μόλις έφθασε.

//Κάθε δεκαεξαδικός αριθμός ισούται με τον αριθμό που στέλνεται απο τα σύμβολα.

//Forward step

if (code == 0x1F) { //31

ForwardStep(stepTime);

```

```
}  
  
//Backward step  
if (code == 0x5D) { //93  
    BackwardStep(stepTime);  
}  
  
//Left step  
if (code == 0x37) { //55  
    LeftStep(stepTime);  
}  
  
//Right step  
if (code == 0x3B) { //59  
    RightStep(stepTime);  
}  
  
//***Allagi ta codes  
  
//Stop  
if (code == 0x57) { //87  
    Stop();  
}  
  
//Forward movement  
if (code == 0x5B) { //91  
    Forward();  
}  
  
//Backward movement
```

```
if (code == 0x3D) { //61
    Backward();
}

//Left movement
if (code == 0x4F) { //79
    Left();
}

//Right movement
if (code == 0x67) { //103
    Right();
}

//Ένα από τα σύμβολα χρησιμοποιούμε για την ομαλή λειτουργία των κινήσεων του ρομπότ.
if (code == 0x6D) { // 109
    delay(2000); // 2s Delay
}

}

}
```

```

//function για λειτουργία του ρομπότ προς τα εμπρός.

void Forward()

{

    //Πύθμιση να πηγαίνουν εμπρός όλοι οι κινητήρες.

    motor1.run(FORWARD);

    motor2.run(FORWARD);

    motor3.run(FORWARD);

    motor4.run(FORWARD);

}

//function για λειτουργία του ρομπότ να πηγένει προς τα εμπρός για ένα 1s.

void ForwardStep(int time_ms){

    Forward();    //Start moving forward

    delay(time_ms); //Delay stepTime in ms

    Stop();        //Stop the movement

}

//function για λειτουργία του ρομπότ προς τα πίσω.

void Backward()

{

    //Πύθμιση να πηγένουν πίσω όλοι οι κινητήρες.

    motor1.run(BACKWARD);

    motor2.run(BACKWARD);

    motor3.run(BACKWARD);

    motor4.run(BACKWARD);

}

```

//function για λειτουργία του ρομπότ να πηγένει προς τα πίσω για ένα 1s.

```
void BackwardStep(int time_ms){  
    Backward();    //Start moving forward  
    delay(time_ms); //Delay stepTime in ms  
    Stop();        //Stop the movement  
}
```

//function για λειτουργία του ρομπότ να στρίβει δεξιά 90 μοίρες.

```
void Right()  
{  
    //Pύθμιση να πηγένουν 2 κινήτηρες εμπρός και 2 πίσω  
    motor1.run(BACKWARD);  
    motor2.run(BACKWARD);  
    motor3.run(FORWARD);  
    motor4.run(FORWARD);  
}
```

//function για λειτουργία του ρομπότ να πηγένει στρίβει δεξιά 90 μοίρες για 1s.

```
void RightStep(int time_ms){  
    Right();    //Start moving forward  
    delay(time_ms); //Delay stepTime in ms  
    Stop();    //Stop the movement  
}
```

//function για λειτουργία του ρομπότ να στρίβει αριστερά 90 μοίρες.

```
void Left()  
{  
    motor1.run(FORWARD);
```

```

motor2.run(FORWARD);

motor3.run(BACKWARD);

motor4.run(BACKWARD);

}

//function για λειτουργία του ρομπότ να στρίβει αριστερά 90 μοίρες για 1s.
void LeftStep(int time_ms){

    Left();    //Start moving forward

    delay(time_ms); //Delay stepTime in ms

    Stop();    //Stop the movement

}

//function για να σταματήσει το ρομπότ.
void Stop()

{

    //Πύθμιση να σταματάνε όλοι οι κινητήρες.

    motor1.run(RELEASE);

    motor2.run(RELEASE);

    motor3.run(RELEASE);

    motor4.run(RELEASE);

}

```

