

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

# ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:** ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΛΕΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟΥ ΑΜΑΞΙΔΙΟΥ

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΦΟΙΤΗΤΕΣ:** ΜΑΝΟΥΣΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ 37248

ΠΑΝΕΤΣΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 36954

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:** ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΚΟΥΡΟΣ ΠΑΥΛΟΣ

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:** 23/09/2016 ΑΘΗΝΑ

Copyright © Χαράλαμπος Μανουσίδης, Πανέτσος Ιωάννης 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	3
1. <a href="#">Εισαγωγή και στόχοι</a> .....	4
2. <a href="#">Συνδυασμένες επιστήμες - ρομποτική</a> .....	6
2.1. Ορισμός ρομπότ .....	7
2.2. Τύποι ρομπότ .....	8
2.3. Το μέλλον των ρομπότ.....	11
2.4. Ιστορία των κινούμενων ρομπότ .....	12
3. <a href="#">Εξαρτήματα και εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν</a> .....	22
3.1. Αναφορά των εξαρτημάτων και εφαρμογών .....	23
3.2. Επεξήγηση προδιαγραφών και χρήσης των εξαρτημάτων και εφαρμογών	24
4. <a href="#">Μεθοδολογία κατασκευής</a> .....	30
4.1. Κύκλωμα και συνδεσιμότητα .....	30
4.2. Εγκατάσταση κυκλώματος πάνω στο αυτοκινητάκι .....	31
4.3. Προγραμματισμός Arduino Uno .....	34
5. <a href="#">Συμπεράσματα και προτάσεις περαιτέρω μελέτης</a> .....	43
5.1. Αισθητήρες και αναγνώριση εμποδίων .....	44
5.2. Αυτόματο παρκάρισμα .....	45
6. <a href="#">Βιβλιογραφία</a> .....	46

# 1. Εισαγωγή και στόχοι

Τα τελευταία χρόνια, ένα σημαντικό πεδίο δράσης της επιστήμης της Ηλεκτρονικής αφορά στον τομέα της ανάπτυξης και εξέλιξης οχημάτων. Οι σύγχρονες απαιτήσεις για ευέλικτα συστήματα που θα υποβοηθούν ή θα αντικαθιστούν τον ανθρώπινο παράγοντα σε επικίνδυνες ή μη εφαρμογές, έχουν οδηγήσει στην εξέλιξη οχημάτων ικανών να εκτελούν δύσκολες αποστολές και να συμμετέχουν σε ποικιλία εφαρμογών.

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζουμε ένα βασικό κύκλωμα κίνησης αμαξιού το οποίο δέχεται εντολές ασύρματα μέσω του προτύπου τεχνολογίας *Bluetooth* από μία εφαρμογή σε κινητό τηλέφωνο λογισμικού android. Η κατασκευή και δοκιμή του κυκλώματος έγινε πάνω σε μικρό μοντέλο αμαξιού ώστε να προσομοιώσει ως προς ένα βαθμό την κίνηση πραγματικού αμαξιού από τον χειριστή του. Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας έχει σκοπό την εισαγωγή των συγγραφέων και αναγνωστών της στο μεγάλο πεδίο αυτοματοποίησης κινήσεων αμαξιών.

Είναι ένας τομέας στον οποίο ήδη υπάρχει μεγάλη ανάπτυξη και τα τμήματα έρευνας και ανάπτυξης εταιρειών σε όλο τον κόσμο δαπανούν τεράστια ποσά και κεφάλαια για την όσο το δυνατό καλύτερη επίτευξη σταθερών και αποτελεσματικών κατασκευών.

Το ξεκίνημα των προσπαθειών για την υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης τέτοιου είδους κατασκευής, μας πηγαίνει πολύ πίσω στα χρόνια, όταν όμως η τεχνολογία και οι δυνατότητες των ηλεκτρονικών συστημάτων και ο συνδυασμός ηλεκτρονικών, ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών στοιχείων απαιτούσε υπερβολικούς πόρους, δύσκολη συνέργεια, μη εξειδικευμένα όργανα και επικοινωνία τομέων επιστήμης που δεν είχαν μέχρι τότε φανταστεί. Ο συνδυασμός των γνώσεων τους, βοήθησε στο να δημιουργηθεί ένας κλάδος, μια ιδιαίτερη πτυχή επιστήμης, η οποία θα ήταν τόσο καινοτόμος και χρήσιμη στον άνθρωπο στο παρόν και ιδιαίτερα στο μέλλον.

Το αμάξι που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε εξολοκλήρου από την αρχή, είναι στην ουσία ένα ρομποτικό κατασκεύασμα, ένας συνδυασμός των προαναφερθέντων επιστημών και το γεγονός αυτό αποτέλεσε την αιτία να αποκτηθούν σημαντικές γνώσεις σε όλους αυτούς τους προαναφερθέντες τομείς.

Το ολοκληρωμένο σύστημα που κατασκευάσαμε δεν είναι ένα παιχνίδι. Αν και μπορεί να είναι διασκεδαστικό να το παρακολουθούμε και να το οδηγούμε, όπως και το να κινείται μόνο του στο χώρο ενώ βρισκόμαστε μακριά, εν τούτης πρόκειται για μια

κατασκευή υψηλής τεχνολογίας με πολλές δυνατότητες ανάπτυξης και χρήσης. Στόχος της όλης κατασκευής ήταν η έρευνα και η τεχνογνωσία που προκύπτει από την χρήση τεχνικών ηλεκτρονικής, μηχανολογίας, ρομποτικής και τηλεπικοινωνίας σε όλο το φάσμα της πρακτικότητας και της εφαρμογής σε πραγματικές συνθήκες.

Η αντιμετώπιση των ρεαλιστικών προβλημάτων και δυσκολιών, η παραμετροποίηση των μεταβλητών και των παραμέτρων, ο συμβιβασμός στα στάδια της εφαρμογής των θεωρητικών και εξιδανικευμένων κανόνων που σκοντάφτουν συνεχώς στην υλική υποδομή, όλα μετριάζονται και εξαλείφονται τη στιγμή που είναι η σημαντικότερη όλων. Η αίσθηση της επιτυχίας και της ικανοποίησης όταν το αποτέλεσμα είναι ένα σύστημα που για τον τελικό χρήστη, τον τελικό αποδέκτη μιας μεγάλης και επίπονης εφαρμογής είναι κατανοητή και απλή σαν εκτέλεση λειτουργίας, αλλά πίσω από αυτή, είναι κρυμμένη τεχνολογία, τεχνογνωσία και έρευνα ετών, τόσο καλά εφαρμοσμένη, που μοιάζει τελικά, με παιχνίδι.

## Τύποι μη επανδρωμένων οχημάτων

- Unmanned ground vehicle (UGV), such as the autonomous car
- Unmanned aerial vehicle (UAV), unmanned aircraft commonly known as a "drone"
- Unmanned combat aerial vehicle
- Unmanned surface vehicle (USV), for the operation on the surface of the water
- Autonomous underwater vehicle (AUV) or unmanned undersea vehicle (UUV), for the operation underwater
- Unmanned spacecraft, both remote controlled ("unmanned space mission") and autonomous ("robotic spacecraft" or "space probe")

## 2. Συνδυασμένες επιστήμες - ρομποτική

Η ρομποτική είναι μια «διεπιστημονική περιοχή» που συνδυάζει τη φυσική, την ηλεκτρολογία, τη μηχανολογία, την πληροφορική, τις τηλεπικοινωνίες, τη θεωρία συστημάτων, τον αυτόματο έλεγχο, την τεχνητή νοημοσύνη, την τεχνολογία των αισθητήριων διατάξεων (δύναμης, αφής, όρασης, κλπ), την εικονική πραγματικότητα, την επεξεργασία σήματος, την υπολογιστική όραση και την τεχνητή ζωή. Η ρομποτική ανήκει στον ευέλικτο αυτοματισμό και είναι μια τεχνολογία με μέλλον και για το μέλλον. Η ιστορική αρχή της ανιχνεύεται στο «αυτόματο ρολόι νερού» του Έλληνα μηχανικού Κτησίβιου ~300 π.Χ. και το μηχανισμό «αυτομάτου ανοίγματος–κλεισίματος θυρών» του Έρωνα της Αλεξάνδρειας ~50μ.Χ. Ο όρος ρομπότ, ο οποίος προέρχεται από τη σλαβική λέξη *robota*, οφείλεται στον Τσέχο δραματικό συγγραφέα Karel Capek 1921 και σημαίνει «αναγκαστική εργασία». Τα σημερινά ρομπότ αναπτύχθηκαν ταυτόχρονα με τον υπολογιστικό έλεγχο των εργαλειομηχανών. Το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ από τους Devol και Engelberger και τέθηκε σε λειτουργία το 1960 σε ένα χυτήριο μετάλλων. Από τότε, στα πενήντα χρόνια που ακολούθησαν, η ανάπτυξη της ρομποτικής ήταν ραγδαία και σήμερα βρίσκονται σε δράση παγκοσμίως πάνω από 120.000 ρομπότ με πρωταγωνιστές τις ΗΠΑ, την Ιαπωνία και την Ευρώπη που καλύπτουν βιομηχανικές, ιατρικές, επιστημονικές και κοινωνικές εφαρμογές.

## 2.1. Ορισμός ρομπότ

Σύμφωνα με το Robot Institute of America, ως ρομπότ μπορούμε να ορίσουμε έναν μηχανισμό σχεδιασμένο ώστε, μέσω προγραμματιζόμενων κινήσεων, να μεταφέρει υλικά, τεμάχια, εργαλεία ή ειδικευμένες συσκευές, με σκοπό την επιτέλεση ποικιλίας εργασιών.

Ένας τέτοιος μηχανισμός περιλαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες συνιστώσες :

Ένα *μηχανολογικό υποσύστημα*, το οποίο ενσωματώνει τη δυνατότητα του ρομπότ για εκτέλεση έργου. Το υποσύστημα αυτό αποτελείται από μηχανισμούς που επιτρέπουν στο ρομπότ να κινείται, όπως αρθρώσεις, συστήματα μετάδοσης κίνησης, επενεργητές – κινητήρες, οδηγούς, κτλ.

Ένα *υποσύστημα αίσθησης*, μέσω του οποίου το ρομπότ συγκεντρώνει πληροφορίες για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται τόσο το ίδιο, όσο και το περιβάλλον του. Το υποσύστημα αυτό, εκτός των άλλων, είναι υπεύθυνο για την αποδοχή των εξωτερικών εντολών, την επεξεργασία τους, την μετάφρασή τους σε ηλεκτρική ισχύ ώστε να δοθούν στους κινητήρες του ρομπότ, καθώς επίσης και για την παραγωγή σημάτων εξόδου που θα πληροφορούν για την κατάσταση του συστήματος. Στο υποσύστημα αίσθησης περιλαμβάνονται όργανα μέτρησης, αισθητήρες, ηλεκτρονικά στοιχεία κτλ.

Ένα *σύστημα ελέγχου*, το οποίο συνδυάζει κατάλληλα την αίσθηση με τη δράση, έτσι ώστε το ρομπότ να λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον επιθυμητό τρόπο. Ο ελεγκτής του ρομπότ επιβλέπει και συντονίζει ολόκληρο το σύστημα, για τη σχεδίαση και την υλοποίησή του δε, απαιτείται ο συνδυασμός γνώσεων από πολλές γνωστικές περιοχές, όπως είναι ο αυτόματος έλεγχος, η τεχνητή νοημοσύνη, η επιστήμη των υπολογιστών κτλ.

Ως ρομπότ χαρακτηρίζεται κάθε ελεγχόμενη από υπολογιστή μηχανή που μπορεί να εκτελέσει εργασίες τις οποίες κάνει ο άνθρωπος. Τα ρομπότ της πρώτης γενιάς δεν είχαν ικανότητα υπολογισμού και αίσθησης, ενώ τα ρομπότ της 2<sup>ης</sup> γενιάς διαθέτουν περιορισμένη υπολογιστική ικανότητα. Τα ρομπότ της 3<sup>ης</sup> γενιάς διαθέτουν «*νοημοσύνη*» (είναι όπως λέμε «έξυπνα ρομπότ») και μπορούν να λύνουν προβλήματα και να παίρνουν αποφάσεις κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Τις ικανότητες αυτές αποκτούν με τεχνικές «*τεχνητής νοημοσύνης*» και «*αίσθησης*».

Το ρεπερτόριο των εφαρμογών διευρύνεται συνεχώς σε νέα πεδία της ανθρώπινης δραστηριότητας και οι επιστήμονες συνεχίζουν αδιάκοπα την προσπάθεια ανάπτυξης και

κατασκευής αληθινά «έξυπνων ρομπότ» τα οποία να μπορούν να συμπεριφέρονται, όσο γίνεται πιο πολύ, όπως και ο άνθρωπος.

Στη λαϊκή αντίληψη τα ρομπότ συνδέθηκαν από τη δεκαετία του 1960 με ταινίες όπως «Η τελευταία ημέρα του κόσμου» και «Ο πόλεμος των άστρων». Χαρακτηριστικά παραδείγματα ρομπότ με συγκεκριμένους ρόλους ανθρώπινης μορφής είναι τα ρομπότ R2D2 και C3PO.

Σήμερα υπάρχει ένας θαυμαστός κόσμος ρομπότ που μπορούν να μετακινούνται, να βαδίζουν, να βλέπουν, να ομιλούν και να εκτελούν λεπτούς χειρισμούς που απαιτούν έξυπνάδα και επιδεξιότητα. Ο κόσμος αυτός διαρκώς εξαπλώνεται και ικανοποιεί τις ανάγκες εργασίας, παραγωγής, υγείας, ευημερίας και ψυχαγωγίας του ανθρώπου.

## 2.2. Τύποι ρομπότ

### **Βιομηχανικά ρομπότ**

Τα βιομηχανικά ρομπότ (ή ρομποτικοί βραχίονες) έχουν τη μορφή ενός ανθρώπινου βραχίονα με αρθρώσεις (ώμο, αγκώνα, καρπό) και παλάμη (αρπάγη/δαγκάνα, δάκτυλα). Η επιλογή του τύπου της κίνησής τους (γραμμική, κυλινδρική, σφαιρική, αρθρωτή) εξαρτάται από το είδος της εργασίας που πρέπει να εκτελέσουν.

Τα βιομηχανικά ρομπότ είναι κατάλληλα για επαναλαμβανόμενες εργασίες σε πλήρως δομημένα και σταθερά περιβάλλοντα. Τέτοιες εργασίες είναι: φόρτωμα/ξεφόρτωμα μηχανών, συναρμολόγηση, συγκόλληση, πρεσάρισμα, βαφή, γυάλισμα, κοκ. Τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα βιομηχανικά ρομπότ είναι: απαλλαγή των εργαζομένων από κουραστικές, ανιαρές και επικίνδυνες εργασίες ευελιξία, υψηλή παραγωγικότητα, καλύτερη ποιότητα προϊόντος και βελτιωμένη ποιότητα ζωής.



## **Κινούμενα ρομπότ**

Τα ρομπότ αυτά αποτελούνται από μια πλατφόρμα (όχημα) με ρόδες (3 ή 4) η οποία κινείται με κατάλληλο πρόγραμμα ελέγχου και είναι εφοδιασμένη με αισθητήρες όρασης (κάμερες), υπερήχων, απόστασης κ.α. Πάνω στην πλατφόρμα μπορεί να είναι προσαρμοσμένοι ρομποτικοί βραχίονες (ένας ή περισσότεροι) για την εκτέλεση εργασιών.

Τα ρομπότ του είδους αυτού, που καλούνται «*κινούμενοι ρομποτικοί χειριστές*», χρησιμοποιούνται για προσφορά υπηρεσιών, όπως μεταφορά υγειονομικού και λοιπού υλικού στα νοσοκομεία, μεταφορά φαρμάκων σε μεγάλες φαρμακαποθήκες, συλλογή φρούτων από δέντρα, κούρεμα προβάτων, κ.α. Χρησιμοποιούνται επίσης σε υποθαλάσσιες έρευνες για τη συλλογή οργανισμών, καθιζημάτων και άλλων αντικειμένων σε βάθη ωκεανών που είναι απαγορευτικά για τον άνθρωπο, αλλά και σε έρευνες στο εσωτερικό ηφαιστείων.

## **Ιατρικά ρομπότ**

Τα ιατρικά ρομπότ διακρίνονται σε «*μακρο-ρομπότ*» (χειρουργικά ρομπότ, ρομπότ αποκατάστασης ΑΜΕΑ, αυτόνομες ρομποτικές καρέκλες) και «*μικρο-ρομπότ*» (για καθοδηγούμενη από εικόνες χειρουργική, ελάχιστης επέμβασης/ενδοσκοπική χειρουργική, αγγειοπλαστική, εμβολισμός (γέμισμα) εγκεφαλικών ανευρυσμάτων κ.α.). Τα ιατρικά ρομπότ ενισχύονται σημαντικά από τηλεχειριστές και εικονική πραγματικότητα, ιδιαίτερα όταν ο ασθενής δεν μπορεί να μεταφερθεί στον τόπο του ειδικευμένου χειρουργού (τραυματίες πολέμου, ασθενείς απομακρυσμένων νησιών κ.λπ.). Ένα ιατρικό ρομπότ ευρείας χρήσης είναι το χειρουργικό ρομπότ Da Vinci.

## **Τηλερομπότ**

Τα τηλερομπότ συνδυάζουν τηλεχειρισμό από τον άνθρωπο και αυτονομία και μπορούν να λειτουργήσουν τόσο σε ημιδομημένα όσο και σε πλήρως αδόμητα περιβάλλοντα. Μπορούν να εκτελούν μη επαναλαμβανόμενες εργασίες χωρίς να έχουν τέλεια γνώση του χώρου εργασίας τους. Το μεγαλύτερο πρόβλημά τους είναι οι μεταβαλλόμενες χρονικές καθυστερήσεις ανάμεσα στο ρομπότ και το χειριστή, που

οφείλονται κυρίως στα συστήματα επικοινωνίας. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι οι ιατρικές, οι υποθαλάσσιες και οι διαστημικές εφαρμογές.

### **Κοινωνικά ρομπότ**

Κοινωνικό ρομπότ είναι ένα αυτόνομο ρομπότ που επικοινωνεί και αλληλεπιδρά με τον άνθρωπο ακολουθώντας κανόνες κοινωνικής συμπεριφοράς τους οποίους έχει διδαχθεί και μάθει. Οι τρεις βασικοί κανόνες τους οποίους πρέπει να ακολουθεί ένα κοινωνικό ρομπότ (πέρα από τους ειδικούς κανόνες ανθρώπινης συμπεριφοράς) είναι οι τρεις ρομποτικοί νόμοι του Ρώσου συγγραφέα Isaac Asimov που δημοσίευσε το 1941 στο μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας (I, Robot).

Οι νόμοι αυτοί είναι:

- (1) Ένα ρομπότ δεν πρέπει να βλάψει τον άνθρωπο ενεργά ή παθητικά,
- (2) Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει στον άνθρωπο εκτός εάν αυτό αντίκειται στο νόμο 1,
- (3) Ένα ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξή του εφόσον τούτο δεν αντιβαίνει στους δύο προηγούμενους νόμους.

Στα κοινωνικά ρομπότ ανήκουν και τα ανθρωποειδή ρομπότ που μπορούν να βαδίζουν και πολλά από αυτά έχουν ανθρώπινη μορφή (πρόσωπο, χέρια, κ.λπ.). Οι ικανότητές τους εξαρτώνται από τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσουν. Για παράδειγμα, ένα ρομπότ σερβιτόρος πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες καλής εξυπηρέτησης.

Τρία γνωστά κοινωνικά ρομπότ είναι το ρομπότ «Kismet» (μοίρα/ειμαρμένη στην Τουρκική), το ρομπότ «μουσικός» και το ρομπότ «Asimo» της Honda. Το Kismet, είναι ένα ρομποτικό κεφάλι με στόμα, μάτια και αυτιά που μπορεί να αποκρίνεται με συναισθηματικούς μορφασμούς (χαράς, θαυμασμού, έκπληξης, θυμού) ανάλογα με την περίπτωση που αντιμετωπίζει.

## 2.3. Το μέλλον των ρομπότ

Τα σύγχρονα ρομπότ έχουν μηχανικές και νοητικές ικανότητες που προηγουμένως ανήκαν στη σφαίρα επιστημονικής φαντασίας. Η ανάπτυξή τους θα συνεχίσει να επεκτείνεται με ολοένα νέα είδη ρομπότ κατάλληλα για τη βιομηχανία, την επιστήμη και την καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Ήδη σήμερα υπάρχουν ιπτάμενα μη επανδρωμένα οχήματα-ρομπότ, ρομποτικοί οδηγοί (ρομποτικά μαστούνια) τυφλών, ρομπότ ποδοσφαιριστές, πολύποδα ρομπότ ανίχνευσης ηφαιστειών, σμήνη συνεργαζόμενων ρομπότ, ρομποτικά έντομα, κοκ. Η έρευνα και ανάπτυξη προς την κατεύθυνση αυτή συνεχίζεται αδιάκοπα έχοντας ως βασική προτεραιότητα την ασφάλεια και άνεση του ανθρώπου και την απαλλαγή του από δύσκολες, επίπονες και επικίνδυνες εργασίες.

Στο μέλλον ο άνθρωπος πιθανώς θα ζει ανάμεσα στα ρομπότ στο σπίτι, το δρόμο, την εργασία, το νοσοκομείο, κλπ και θα συμβιώνει με αυτά για την επιτυχία του κοινού στόχου υγείας, υψηλής ποιότητας ζωής και μακροζωίας.

Ο άνθρωπος φανταζόταν πάντοτε μηχανές που να του μοιάζουν και να τον υπηρετούν στην καθημερινή του ζωή. Στην ελληνική μυθολογία είναι γνωστός ο *Τάλως*, το πρώτο ρομπότ που κατασκευάστηκε από τον Δαίδαλο (ή Ήφαιστο) με εντολή του Δία και δόθηκε στον Μίνωα για την προστασία της Κρήτης από τους εχθρούς της.

Σήμερα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται «έξυπνα ρομπότ» για τη βιομηχανία, τις υπηρεσίες, τις οικιακές εργασίες, αλλά δυστυχώς και για πολεμικούς σκοπούς. Όπως και άλλα επιτεύγματα της επιστήμης (λ.χ., της πυρηνικής φυσικής και τεχνολογίας) έχουν χρησιμοποιηθεί εναντίον του ανθρώπου, έτσι και τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν (και έχουν χρησιμοποιηθεί) για καταστροφικούς σκοπούς. Οι αυτοκαθοδηγούμενες βόμβες λέιζερ δεν είναι παρά «έξυπνα ρομπότ».

Ο αρχικός φόβος ότι ο αυτοματισμός θα αυξήσει την ανεργία αποδείχθηκε στην πράξη ότι δεν ισχύει, γιατί ο αυτοματισμός (μηχανοποίηση, ρομποτική, πληροφορική) δημιούργησαν πολύ περισσότερα νέα επαγγέλματα από όσα εξαφάνισαν. Έτσι συνολικά ο αυτοματισμός οδήγησε σε μείωση της ανεργίας, η οποία όμως εξαρτάται από την οικονομική κατάσταση τόσο στο επίπεδο κάθε χώρας όσο και διεθνώς.

Η πορεία της ρομποτικής δείχνει ότι αυτή θα συνεχίσει να αναπτύσσεται για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην ανάπτυξη αυτή μπορούν και πρέπει να συμβάλλουν φυσικοί, μαθηματικοί, μηχανικοί, πληροφορικοί, αλλά και γιατροί, χημικοί, βιολόγοι, και οικονομοτεχνικοί επιστήμονες.

## 2.4. Ιστορία των κινούμενων ρομπότ

Στην παράγραφο αυτήν, θα κάνουμε μία εκτεταμένη αναφορά στην ιστορία των κινούμενων ρομπότ, η οποία και έχει στιγματίσει την πορεία της τεχνολογίας και της επιστήμης, από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι σήμερα. Η εξέλιξη των κινούμενων ρομπότ προέκυψε με σκοπό την επιτέλεση διάφορων λειτουργιών, από την εκτέλεση απλών καθημερινών εργασιών, μέχρι τη διενέργεια πολύπλοκων ερευνών, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται και στις πλέον μεγάλης σημασίας διαστημικές αποστολές.

### 1939 - 1945

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, εμφανίστηκαν τα πρώτα κινούμενα ρομπότ, σαν αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου ενός αριθμού από νέα σχετικά ερευνητικά πεδία, όπως η Επιστήμη Υπολογιστών ή η Κυβερνητική.

### 1948 - 1949

Ο William Grey Walter κατασκεύασε τα ρομπότ Elmer και Elsie, δυο αυτόνομα ρομπότ, τα οποία ονομάστηκαν *Machina Speculatrix*, επειδή τους άρεσε να εξερευνούν το περιβάλλον τους. Το κάθε ένα από τα ρομπότ Elmer και Elsie ήταν εξοπλισμένο με έναν αισθητήρα φωτός. Αν έβρισκαν κάποια πηγή φωτός κινούνταν προς αυτήν, αποφεύγοντας παράλληλα τα εμπόδια που βρίσκονταν στον δρόμο τους. Αυτά τα ρομπότ αποδείκνυαν ότι μία πολύπλοκη συμπεριφορά μπορούσε να προκύψει από έναν απλό σχεδιασμό.

### 1961 - 1963

Το Johns Hopkins University ανέπτυξε το ρομπότ 'Beast'. Το ρομπότ Beast για να κινηθεί χρησιμοποιούσε ένα sonar. Όταν οι μπαταρίες του αποφορτίζονταν, τότε το ρομπότ θα εντόπιζε μία βάση φόρτισης με την οποία και θα συνδεόταν.

### 1969

Το Mowbot ήταν το πρώτο ρομπότ το οποίο κούρευε αυτόματα το γρασίδι

## 1970

Το Cart line follower του Πανεπιστημίου Stanford, ήταν ένα κινούμενο ρομπότ το οποίο ήταν ικανό να ακολουθήσει μία άσπρη γραμμή, χρησιμοποιώντας μία κάμερα. Ήταν ασύρματα συνδεδεμένο με έναν μεγάλο mainframe, ο οποίος και πραγματοποιούσε τους υπολογισμούς.

Την ίδια περίπου περίοδο (1966–1972), το Ερευνητικό Κέντρο του Stanford κατασκευάζει και πραγματοποιεί έρευνα πάνω σε ένα ρομπότ που ονομάστηκε Shakey, εξαιτίας της σπασμωδικής του κίνησης. Το Shakey ήταν εξοπλισμένο με μία κάμερα, αισθητήρα μέτρησης της απόστασης, αισθητήρες επαφής καθώς επίσης και κεραία για ασύρματη επικοινωνία. Το Shakey ήταν το πρώτο ρομπότ που επιχειρηματολογούσε για τις πράξεις του. Αυτό σημαίνει ότι δίνονταν στο ρομπότ πολύ γενικές εντολές, και εκείνο θα αντιλαμβανόταν τα απαραίτητα βήματα που έπρεπε να κάνει, ώστε να φέρει εις πέρας την ζητούμενη εργασία.

Τέλος, η Σοβιετική Ένωση εξερευνάει την επιφάνεια της Σελήνης, με το Lunokhod 1, ένα σεληνιακό ρόβερ.

## 1976

Με το πρόγραμμα Viking, η NASA στέλνει δύο μη επανδρωμένα διαστημικά σκάφη στον Άρη.

## 1980

Το ενδιαφέρον του κοινού γύρω από τα ρομπότ αυξάνεται, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την σταδιακή παραγωγή ρομπότ τα οποία μπορούν να αγοραστούν για οικιακή χρήση. Τα ρομπότ αυτά εξυπηρετούσαν ψυχαγωγικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς. Παραδείγματα αποτελούν το ρομπότ RB5X (το οποίο υπάρχει και σήμερα) και η σειρά HERO (Heathkit Educational RObot).

Επίσης, το Cart του Stanford είναι πλέον ικανό να πλοηγείται μεταξύ εμποδίων και να χαρτογραφεί το περιβάλλον του.

## Αρχές 1980

Η ομάδα του Ernst Dickmanns κατασκευάζει στο Bundeswehr University του Μονάχου, τα πρώτα ρομπότ – αυτοκίνητα, τα οποία είχαν τη δυνατότητα να κινηθούν έως και 55m/h σε άδειους δρόμους.

## **1987**

Το HRL (Hughes Research Laboratories) κατασκευάζει την πρώτη, χαρτογραφημένη και βασιζόμενη σε αισθητήρες, αυτόνομη λειτουργία ενός ρομποτικού οχήματος.

## **1989**

Ο Mark Tilden επινοεί την ρομποτική BEAM (Biology, Electronics, Aesthetics, Mechanics).

## **Αρχές 1990**

Ο Joseph Engelberger, πατέρας του βιομηχανικού ρομποτικού βραχίονα, εργάζεται με συναδέλφους προκειμένου να σχεδιάσει τα πρώτα εμπορικά διαθέσιμα αυτόνομα κινούμενα ρομπότ για νοσοκομειακή χρήση (τα οποία επρόκειτο να βγουν στην αγορά από την HelpMate).

Την ίδια περίοδο, το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ επενδύει πάνω στο project MDARS-I, το οποίο βασίζεται στα ρομπότ ασφάλειας εσωτερικών χώρων.

## **1991**

Ο Edo. Franzl, ο André Guignard και ο Francesco Mondada ανέπτυξαν το Khepera, ένα μικρό αυτόνομο κινούμενο ρομπότ, που έχει ως σκοπό ερευνητικές δραστηριότητες. Το συγκεκριμένο project υποστηρίχτηκε από το εργαστήριο του Πολυτεχνείου της Λωζάνης, LAMI-EPFL lab

## **1993 - 1994**

Τα Dante I και Dante II αναπτύχθηκαν από το Carnegie Mellon University. Και τα δύο ήταν βαδίζοντα ρομπότ που είχαν σκοπό την εξερεύνηση ενεργών ηφαιστειών.

## **1994**

Τα 2 δίδυμα ρομπότ – οχήματα VaMP της Daimler-Benz και VITA-2 της UniBwM, ταξίδεψαν (με επιβαίνοντες σε αυτά) περισσότερα από 1000km σε αυτοκινητόδρομο του Παρισιού 3 λωρίδων και με φυσιολογικά υψηλή κίνηση, με ταχύτητες κοντά στα 130 km/h. Τα ρομπότ αυτά επιδείκνυαν αυτόνομη οδήγηση σε ελεύθερες λωρίδες, οδήγηση σε φάλαγγα αυτοκινήτων, καθώς και αλλαγές λωρίδας (αριστερά και δεξιά), με αυτόνομη προσπέραση άλλων αυτοκινήτων.

## **1995**

Το ημιαυτόνομο αυτοκίνητο ALVINN ήταν κατευθυνόμενο υπό τον έλεγχο ηλεκτρονικού υπολογιστή, για μία πολύ μεγάλη διαδρομή. Παρόλα αυτά, γκάζι και φρένο ήταν ελεγχόμενα από άνθρωπο οδηγό.

## **1995**

Την ίδια χρονιά, ένα από τα ρομπότ – αυτοκίνητα του Ernst Dickmanns (με αυτοελεγχόμενα γκάζι και φρένα) ταξίδεψε περισσότερα από 1000 μίλια, από το Μόναχο στην Κοπεγχάγη, και επέστρεψε, εν μέσω κίνησης, με ταχύτητες κοντά στα 120 mph, εκτελώντας περιστασιακά ελιγμούς για να προσπεράσει άλλα αυτοκίνητα (μόνο σε κάποιες κρίσιμες περιπτώσεις, ένας οδηγός ασφαλείας ανέλαβε τον χειρισμό). Ενεργής όραση χρησιμοποιήθηκε για να αντιμετωπίσει τις ξαφνικές αλλαγές σε ορισμένα σημεία του δρόμου.

## **1995**

Το προγραμματιζόμενο κινούμενο ρομπότ της Pioneer γίνεται εμπορικά διαθέσιμο σε μία προσιτή τιμή, επιτρέποντας την εκτεταμένη ανάπτυξη στην έρευνα και την πανεπιστημιακή μελέτη της ρομποτικής μέσα στην επόμενη δεκαετία, καθώς η ρομποτική κίνηση γίνεται βασικό μέρος του κύκλου σπουδών πολλών πανεπιστημίων.

## **1996 - 1997**

Η NASA στέλνει στον Άρη το Mars Pathfinder μαζί με το ρόβερ του, το Sojourner, το οποίο είχε ως σκοπό την εξερεύνηση της επιφάνειας, δεχόμενο εντολές από τη Γη. Το Sojourner ήταν εξοπλισμένο με σύστημα αποφυγής κινδύνων, το οποίο επέτρεπε στο ρόβερ να βρίσκει αυτόνομα το δρόμο του μέσα στο άγνωστο έδαφος του Άρη.

## **1999**

Η Sony παρουσιάζει τον Aibo, έναν ρομποτικό σκύλο με δυνατότητα να βλέπει, να βαδίζει και να αλληλοεπιδρά με το περιβάλλον του. Επίσης, παρουσιάζεται το τηλεκατευθυνόμενο στρατιωτικό ρομπότ PackBot.

## 2001

Ξεκινάει το Swarm-bots project. Τα Swarm bots μοιάζουν με αποικίες εντόμων, και αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό μικρών ανεξάρτητων ρομπότ, τα οποία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και όλα μαζί εκτελούν πολύπλοκες εργασίες.

## 2002

Εμφανίζεται το Roomba, ένα οικιακό αυτόνομο κινούμενο ρομπότ που καθαρίζει το πάτωμα.

## 2003

Η Axxon Robotics αγοράζει την Intellibot, κατασκευάστρια εταιρία μίας σειράς εμπορικών ρομπότ τα οποία τρίβουν και σκουπίζουν τα πατώματα νοσοκομείων, γραφείων κτλ. Τα ρομπότ περιποίησης δαπέδου από την Intellibot Robotics, λειτουργούν εντελώς αυτόνομα, χαρτογραφώντας το περιβάλλον τους και χρησιμοποιώντας ένα σύνολο αισθητήρων για την αποφυγή εμποδίων κατά την πλοήγησή τους.

## 2004

Γίνεται εμπορικά διαθέσιμο το Robosapien, ένα βιομετρικό ρομπότ – παιχνίδι σχεδιασμένο από τον Mark Tilden.

Επίσης, με το 'The Centibots Project', 100 αυτόνομα ρομπότ λειτουργούν μαζί, προκειμένου να καταρτίσουν τον χάρτη ενός άγνωστου χώρου, και ψάχνουν για αντικείμενα μέσα στον χώρο αυτόν.

Τέλος, στον πρώτο διαγωνισμό DARPA Grand Challenge, πλήρως αυτόνομα οχήματα συναγωνίζονται, σε έναν κενό χώρο.

## 2005

Η Boston Dynamics δημιουργεί ένα τετράποδο ρομπότ, προκειμένου να κουβαλάει βαριά φορτία, σε έδαφος που είναι πολύ ανώμαλο για οχήματα.

## 2006

Η Sony σταματάει την κατασκευή του Aibo, και η HelpMate διακόπτει την παραγωγή της, αλλά το χαμηλότερου κόστους, αυτόνομο ρομπότ – βοηθός PatrolBot



γίνεται διαθέσιμο, στην συνεχόμενη προσπάθεια να γίνουν τα κινούμενα ρομπότ εμπορικώς βιώσιμα.

Το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ διακόπτει το πρόγραμμα MDARS-I, αλλά επενδύει στο MDARS-E, ένα αυτόνομο ρομπότ ειδικά κατασκευασμένο για την εκτέλεση γεωργικών εργασιών.

Επίσης, παρουσιάζεται το TALON-Sword, το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ρομπότ με εκτοξευτή χειροβομβίδων και άλλες ενσωματωμένες οπλικές επιλογές.

Τέλος, το Asimo της Honda εκπαιδεύεται να τρέχει και να ανεβαίνει σκάλες.

## **2007**

Γράφεται ιστορία με το DARPA Urban Grand Challenge, όπου έξι οχήματα ολοκληρώνουν αυτόνομα μία πολύπλοκη πορεία, η οποία περιλάμβανε άλλα επανδρωμένα οχήματα και εμπόδια.

Εξαπλώνονται τα έξυπνα ρομπότ στην διανομή εργασιών, της Kiva Systems. Αυτές οι ευφυείς μονάδες ταξινόμησης, κατατάσσουν τη λειτουργία τους ανάλογα με τη δημοτικότητα του περιεχομένου της.

Το Tug γίνεται ένα δημοφιλές μέσο για την μετακίνηση νοσοκομειακών αποθεμάτων μεγάλου φορτίου, ενώ το Speci-Minder και το Motivity ξεκινούν τη μεταφορά αίματος και άλλων δειγμάτων των ασθενών, από τους σταθμούς των νοσοκόμων σε διάφορα εργαστήρια.

Το Seekur, το πρώτο ευρέως διαθέσιμο, μη στρατιωτικό, βοηθητικό ρομπότ εξωτερικών χώρων, έχει τη δυνατότητα να ρυμουλκήσει ένα τριών τόνων όχημα από μία θέση παρκινγκ, να το οδηγήσει αυτόνομα σε έναν εσωτερικό χώρο και εν συνεχεία, να καθοδηγηθεί και πάλι προς τα έξω.

Εν τω μεταξύ, το PatrolBot εκπαιδεύεται να ακολουθεί ανθρώπους και να εντοπίζει πόρτες που είναι μισάνοιχτες.

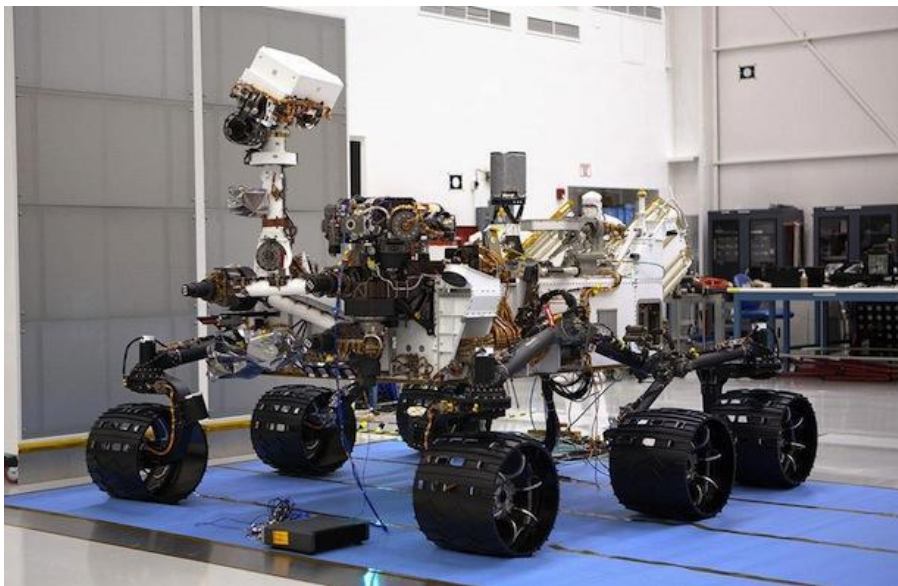
## **2008**

Η Boston Dynamics κυκλοφορεί το απόσπασμα ενός βίντεο, για μίας νέας γενιάς BigDog ικανό να βαδίζει σε παγωμένο έδαφος και να ανακτά την ισορροπία του σπρώχνεται από το πλάι.

## 2010

Ο διαγωνισμός Multi Autonomous Ground-robotic International Challenge (MAGIC) παρουσιάζει ομάδες αυτόνομων οχημάτων που χαρτογραφούν ένα μεγάλο αστικό περιβάλλον, που αναγνωρίζουν και παρακολουθούν ανθρώπους, και που αποφεύγουν εχθρικά αντικείμενα.

Στο σημείο αυτό, δεν θα μπορούσαμε να μην αναφέρουμε την πολύ πρόσφατη προσεδάφιση στον Άρη, του ρομπότ Curiosity της NASA. Το πυρηνοκίνητο Curiosity (ένα εξάτροχο όχημα ενός τόνου) αποτελεί το μεγαλύτερο τροχοφόρο ρομπότ που έχει εκτοξευτεί μέχρι σήμερα στο Διάστημα. Το ρομπότ των δύομισι δισεκατομμυρίων δολαρίων, πέντε φορές μεγαλύτερο από τα δίδυμα ρομπότ Spirit και Opportunity που προσεδαφίστηκαν στον Άρη το 2004, εκτοξεύτηκε τον Νοέμβριο του 2011 με κύριο αντικειμενικό στόχο να εξετάσει αν ο γειτονικός πλανήτης ήταν ποτέ φιλόξενος για τη ζωή. Το Curiosity προσεδαφίστηκε μέσα στον κρατήρα Γκέιλ, το μεγάλο βάθος του οποίου, θα επιτρέψει στο ρομποτικό γεωλόγο να εξετάσει τι κρύβεται κάτω από την απέραντη, άνυδρη έρημο που καλύπτει σήμερα σχεδόν ολόκληρο τον πλανήτη. Τροφοδοτούμενο από μία θερμοηλεκτρική γεννήτρια πλουτωνίου, το ρομπότ θα περάσει στη συνέχεια τουλάχιστον ένα γήινο έτος εξετάζοντας τα πετρώματα με κάμερες, λέιζερ και άλλα όργανα.



Μετά την αποστολή του ρομπότ Curiosity, η NASA ετοιμάζει νέα αποστολή για τον πλανήτη Άρη, αυτήν του ρομπότ InSight, το οποίο και θα είναι πολύ πιο προηγμένης τεχνολογίας από το Curiosity. Σκοπός του θα είναι να εξερευνήσει σε τι κατάσταση βρίσκεται ο πυρήνας του Άρη, αλλά και η πραγματοποίηση σεισμολογικών ερευνών στον πλανήτη. Τον έλεγχο της αποστολής θα έχει η Jet Propulsion Laboratory, όπως συμβαίνει και με την αποστολή του Curiosity. Για την κατασκευή του ρομπότ θα χρειαστεί η συνεργασία του κέντρου Αεροδιαστήματος της Γερμανίας και της Γαλλικής Διαστημικής Υπηρεσίας, ενώ στο έργο θα συμμετάσχουν και πανεπιστήμια από Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες. Το κόστος κατασκευής υπολογίζεται στα 350 εκατομμύρια ευρώ, ενώ το ταξίδι του θα ξεκινήσει το 2016.

Μη επανδρωμένο τηλεκατευθυνόμενο αμαξίδιο ναρκαλιευτής:





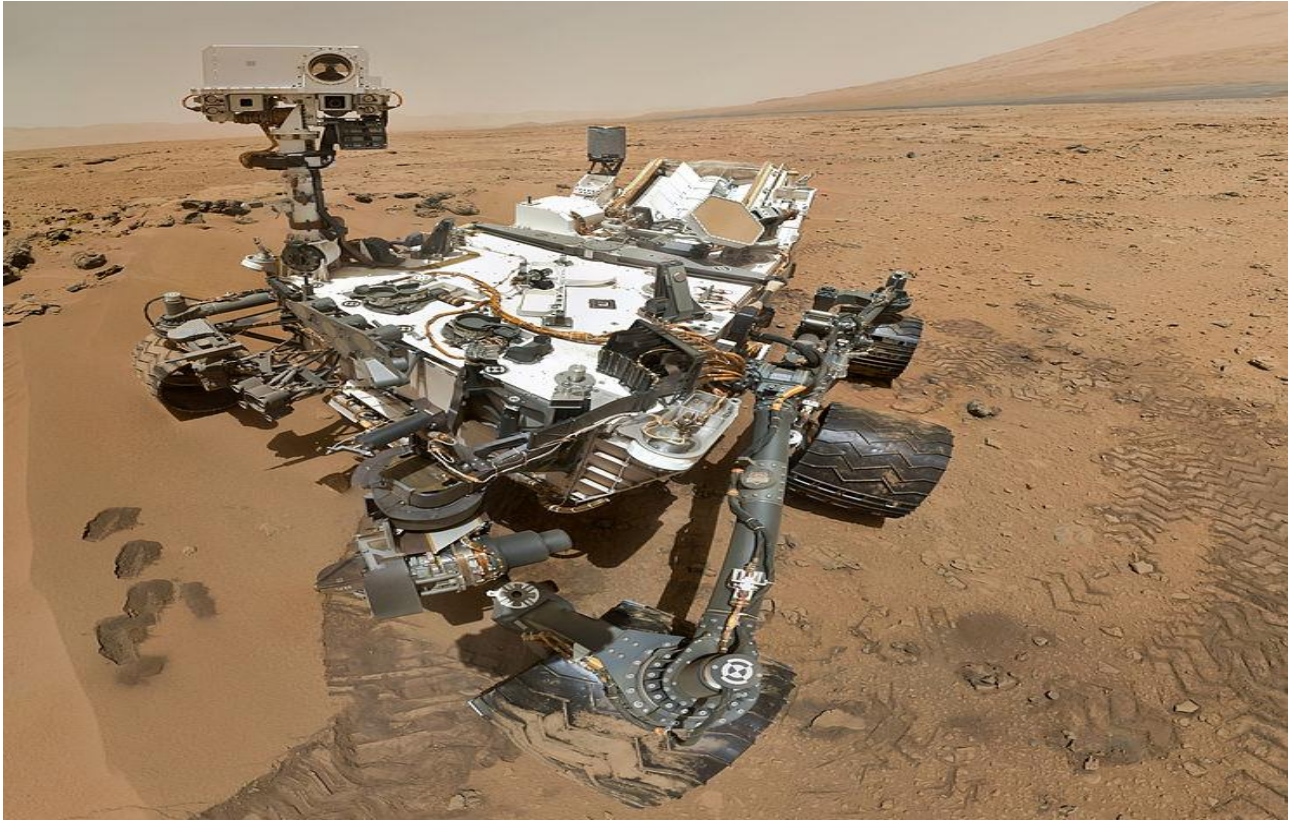
DJI Phantom μη επανδρωμένο τηλεκατευθυνόμενο τετρακόπτερο:



Μη επανδρωμένο τηλεκατευθυνόμενο υποβρύχιο:



Μη επανδρωμένο τηλεκατευθυνόμενο διαστημικό όχημα, η πασίγνωστη selfie 360 Μοιρών του Curiosity:



### 3. Εξαρτήματα και εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν

Παρακάτω φαίνεται το block διάγραμμα της συνολικής κατασκευής με έμφαση στα ηλεκτρονικά, ηλεκτρολογικά και μηχανικά μέρη.

Πάνω στην βασική αυτή πλακέτα ξεκίνησαν όλες οι λειτουργίες από τον έλεγχο της αρχικοποίησης μέχρι τον τελικό πλήρη έλεγχο των δύο ξεχωριστών μονάδων κίνησης.

Με πολλές επιλογές κατασκευής ενός πρωτοτύπου με τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας της αυτοκίνησης, από ένα μοτέρ μέχρι τέσσερα, μπορούμε να πετύχουμε κίνηση μπροστά ή πίσω άξονα με ένα μόνο μοτέρ και ένα κεντρικό διαφορικό.

Με δεύτερο μοτέρ και ξεχωριστό διαφορικό μπορούμε να κινήσουμε και τον δεύτερο άξονα για ένα πλήρως τετρακίνητο όχημα.

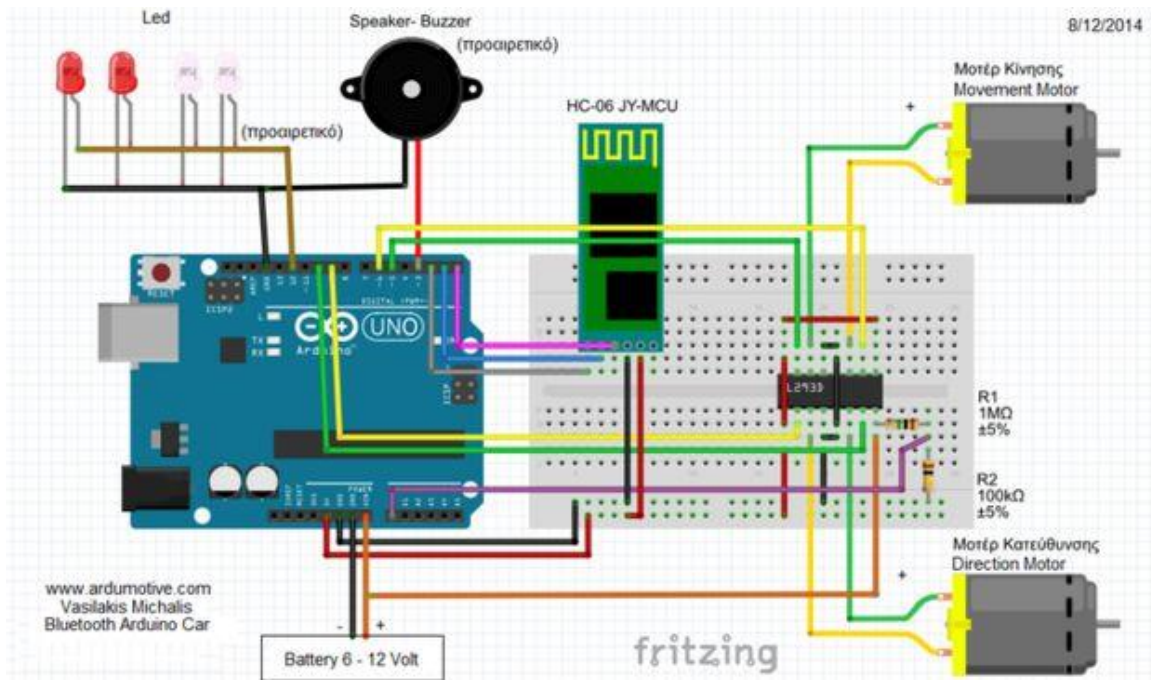
Η τελική επιλογή που κρίθηκε σωστότερη είναι η πλήρης αφομοίωση ενός προτύπου που υπάρχει χρόνια στην αυτοκίνηση, η κίνηση να δίνεται στους πίσω τροχούς και η εντολή στροφής για την κατεύθυνση στους μπροστά τροχούς, για μέγιστο έλεγχο και μέγιστη αξιοποίηση της λόγω μεγέθους περιορισμένης ροπής του μικροκινητήρα 5-12 Volt.

Για το Arduino ο έλεγχος δεν είναι άλλο πέραν σημάτων.

Εμείς έχουμε μέσω του μικροεπεξεργαστή του Arduino τον έλεγχο ανά εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου της επιτάχυνσης που θα έχει το αμαξίδιο, λόγω της αμεσότητας κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης που προσφέρει το ρολόι του επεξεργαστή του.

Έτσι δεν έχουμε περιορισμό στην αμεσότητα των εντολών που θα εκτελούνται, καθώς ο ανθρώπινος οργανισμός ελέγχοντας σε δέκατα του δευτερολέπτου τις κινήσεις που μεταφέρονται σε κλάσματα του δευτερολέπτου από τον εγκέφαλό του, έχει να ξεπεράσει την αδράνεια του σώματος, κίνηση χεριών για τιμόνι, κίνηση ποδιών για πεντάλ γκαζιού-φρένου και φυσικά να επεξεργαστεί τα ερεθίσματα από τις αισθήσεις ου. Η ταχύτητα και η αμεσότητα που μας προσφέρει ο βασικός χρονισμός του επεξεργαστή μας είναι υπεραρκετός λοιπόν.





### 3.1. Αναφορά τω εξαρτημάτων και εφαρμογών

- Μονάδα Ισχύος
- Arduino Uno
- Μονάδα Bluetooth χαμηλής ενέργειας
- Μονάδα L293 DC Motor Driver
- DC Κινητήρες
- Bluetooth Εφαρμογή

## 3.2. Επεξήγηση προδιαγραφών και χρήσης των εξαρτημάτων και εφαρμογών

### Μονάδα Ισχύος

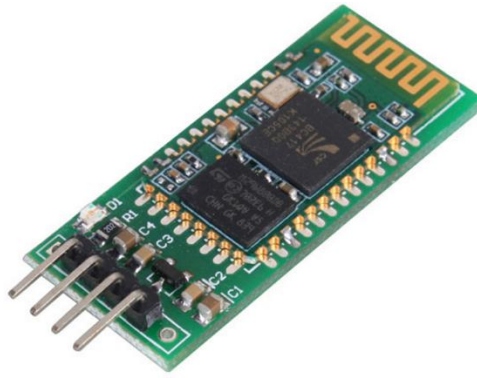
Όπως είναι πάντα υποχρεωτικό να υπάρχει μονάδα ισχύος για τις ηλεκτρονικές κατασκευές, προκειμένου να τροφοδοτήσει τις ηλεκτρονικές μονάδες και να λειτουργήσουν με το επιθυμητό αποτέλεσμα, εμείς έχουμε 6 μπαταρίες AA σε σειρά ώστε να πετύχουμε την τάση των 7,5V με την οποία τροφοδοτούμε την πλακέτα Arduino Uno, το κύκλωμα L293 και τη μονάδα Bluetooth.



### Μονάδα Bluetooth χαμηλής ενέργειας

Υπάρχουν αρκετές μονάδες Bluetooth Low Energy 4.0 για Arduino. Οι κοινές έχουν ως ακίδες τα: VCC, GND, RX και TX. Η ακίδα VCC συνδέεται συνήθως στη πηγή 3.3V της πλακέτας του Arduino και το GND στη γείωση. Οι ακίδες TX και RX προορίζονται για μετάδοση (transmit) και λήψη (receive) δεδομένων και σε αυτή τη περίπτωση το TX του Bluetooth συνδέεται με το RX του Arduino και το RX του Bluetooth με το TX του Arduino. Αυτή η διαμόρφωση μας επιτρέπει την ομαλή μεταφορά δεδομένων μεταξύ της μονάδας Bluetooth και της πλακέτας Arduino Uno. Σημαντική λεπτομέρεια είναι να ρυθμιστεί σωστά το BAUD rate σε μία από τις δύο μονάδες ή και στις δύο, ώστε το BAUD rate να είναι κοινό και στα δύο για να μπορούν να συγχρονίζονται στον ίδιο ρυθμό όταν ανταλλάζουν δεδομένα.





## Arduino Uno

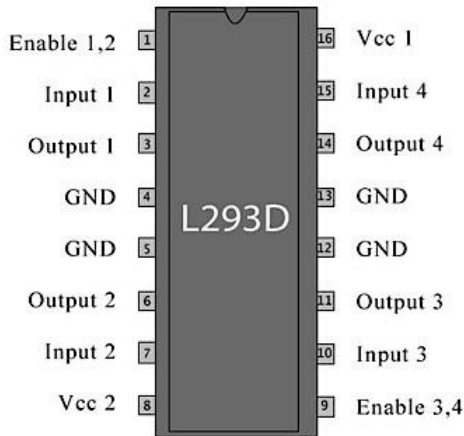
Το Arduino Uno είναι μία πλακέτα μικροελεγκτή που έχει την ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων. Το Arduino Uno σε αυτή την περίπτωση είναι προγραμματισμένο να ερμηνεύει τα δεδομένα που λαμβάνονται από τη μονάδα Bluetooth ασύρματα, καθώς και να περάσει δεδομένα (στη συγκεκριμένη περίπτωση δε μας χρειάζεται) μέσω της μονάδας Bluetooth στο χειριστήριο. Οι ακίδες IO του Arduino μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτελέσουμε συγκεκριμένη εργασία ανάλογα με το σήμα που έχουμε λάβει. Για παράδειγμα, στην περίπτωση αυτή, οι ακίδες εξόδου είναι ρυθμισμένες ώστε να οδηγούν τους DC κινητήρες μέσω του κυκλώματος L293.



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

## Μονάδα L293 DC Motor Driver

Το L293 είναι ένα chip οδήγησης κινητήρα με ενσωματωμένο κύκλωμα διπλής γέφυρας-H για την οδήγηση δύο κινητήρων ταυτόχρονα. Το L293 έχει 16 ακίδες, όπου η κάθε μία από τις 4 χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Διαθέτει ακίδες enable, εισόδου, εξόδου, Vcc και Gnd. Το L293 επιτρέπει σε κάθε κινητήρα να περιστρέφεται δεξιόστροφα και αριστερόστροφα με διαφορετικές λογικές καταστάσεις.



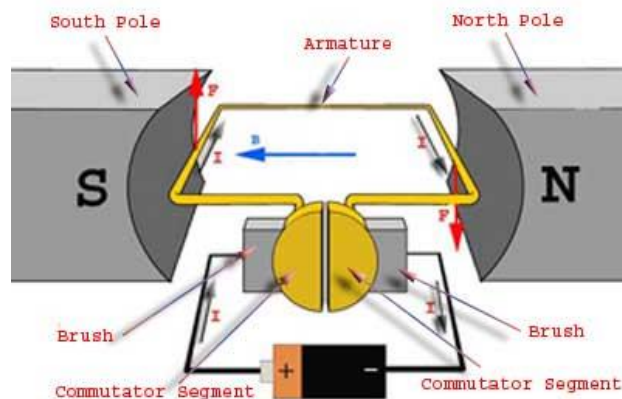
Pin No	Function	Name
1	Enable pin for Motor 1; active high	Enable 1,2
2	Input 1 for Motor 1	Input 1
3	Output 1 for Motor 1	Output 1
4	Ground (0V)	Ground
5	Ground (0V)	Ground
6	Output 2 for Motor 1	Output 2
7	Input 2 for Motor 1	Input 2
8	Supply voltage for Motors; 9-12V (up to 36V)	Vcc 2
9	Enable pin for Motor 2; active high	Enable 3,4
10	Input 1 for Motor 1	Input 3
11	Output 1 for Motor 1	Output 3
12	Ground (0V)	Ground
13	Ground (0V)	Ground
14	Output 2 for Motor 1	Output 4
15	Input 2 for Motor 1	Input 4
16	Supply voltage; 5V (up to 36V)	Vcc 1

Truth Table

Pin 2	Pin 7	Description
0	0	Motor stops
0	1	Motor runs clockwise
1	0	Motor runs anti-clockwise
1	1	Motor stops

## DC Κινητήρες

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται σε αυτό το project είναι απλοί κινητήρες που δέχονται τάση 5V και τους οποίους τροφοδοτούμε με το κύκλωμα L293. Ο κινητήρας DC περιστρέφεται προς τα δεξιά, όταν οι ακροδέκτες εισόδου του είναι 1-0 και προς τα αριστερά όταν οι ακροδέκτες εισόδου είναι στο 0-1. Ο κινητήρας DC σταματά όταν οι λογικές καταστάσεις εισόδου είναι 0-0 ή 1-1. Με το συνδυασμό δύο κινητήρων, έναν για να ωθεί μπροστά ή πίσω το αυτοκίνητο (πίσω τροχοί) και ένα για να το στρίβει δεξιά ή αριστερά (μπροστά τροχοί), εξασφαλίζουμε τη δυνατότητα κίνησης του αυτοκινήτου προς όλες τις κατευθύνσεις.

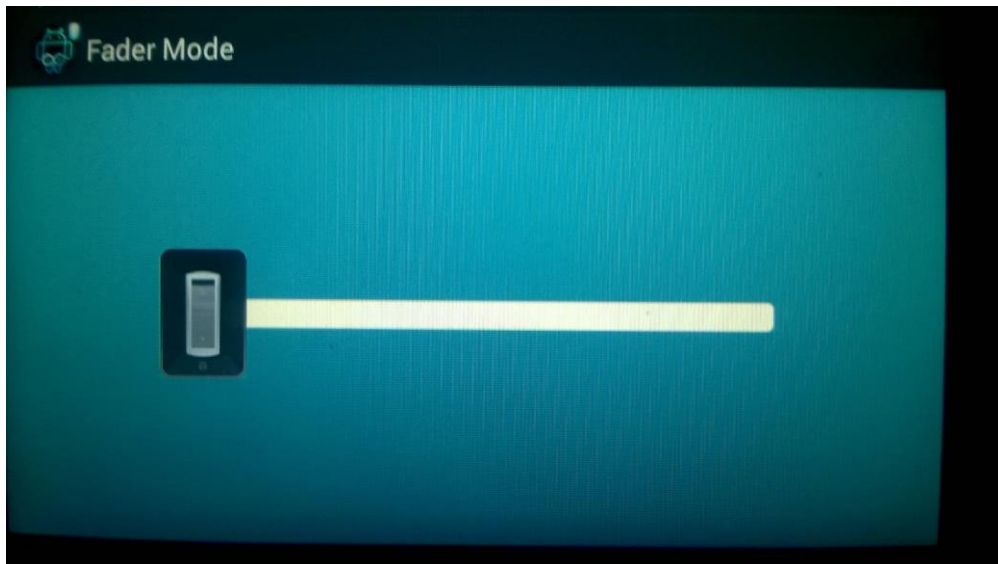


## Bluetooth Εφαρμογή

Ειδικά δεδομένα μπορούν να σταλούν μέσω του κινητού μας τηλεφώνου με τη συνδεδεμένη μονάδα Bluetooth χαμηλής ενέργειας, για τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Μπορούμε να οδηγήσουμε το αυτοκίνητο προς τα εμπρός, προς τα πίσω, αριστερά, δεξιά ή να εκτελέσουμε μία προκαθορισμένη σειρά κινήσεων. Η πλακέτα Arduino Uno επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει και αντιδράει σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει εγκατασταθεί στη μνήμη του, δίνοντας σήμα στις ακίδες εξόδου αναλόγως.

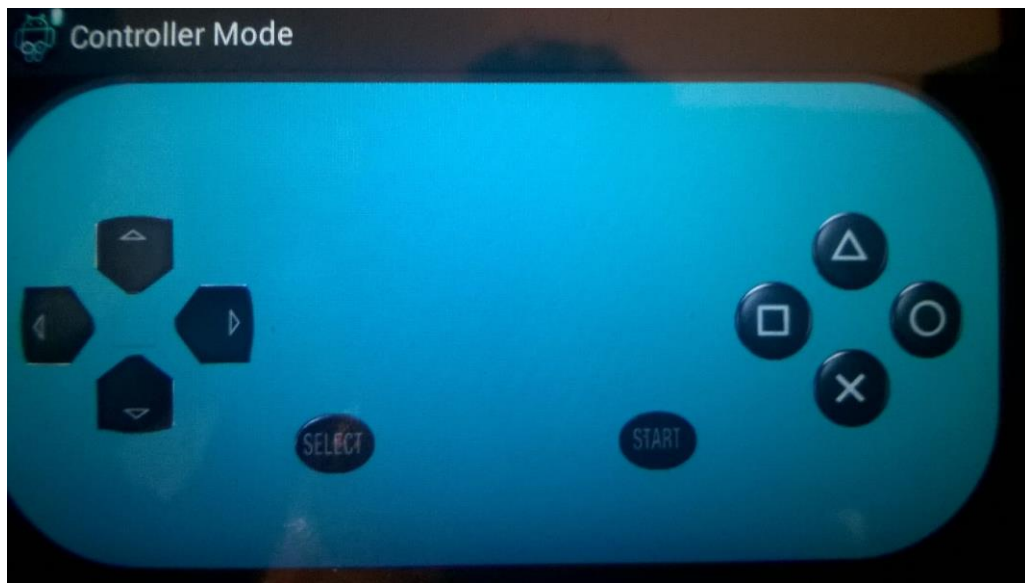
Παρακάτω ενδεικτικά μερικές φωτογραφίες από την εφαρμογή:

Στην πρώτη έχουμε μία μπάρα όπου σύροντάς τη στέλνει στο Bluetooth τιμές από 0 έως 9 με τις οποίες ελέγχουμε την ταχύτητα του αμαξιδίου.



Στην δεύτερη έχουμε προσομοίωση ενός controller play station όπου έχουμε δώσει στα κουμπιά τις τιμές F,B,L,R,D,P,S και πατώντας τα πετυχαίνουμε αφού σταλούν μέσω του Bluetooth στο Arduino τις εξής λειτουργίες:

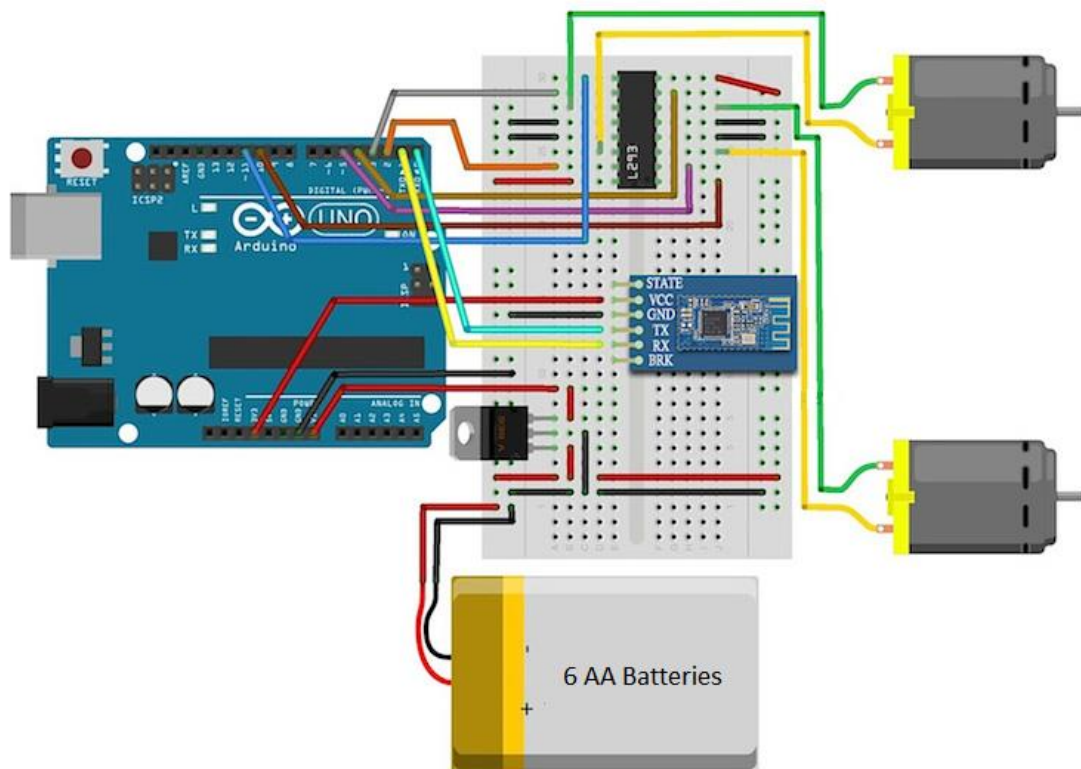
- F / Forward - Οι πίσω τροχοί σπρώχνουν προς τα εμπρός
- B / Backwards - Οι πίσω τροχοί σπρώχνουν προς τα πίσω
- L / Left - Οι μπροστά τροχοί στρίβουν αριστερά
- R / Right - Οι μπροστά τροχοί στρίβουν δεξιά
- D / Defined - Το όχημα ακολουθεί μία προκαθορισμένη κίνηση
- P / Park - Το όχημα παρκάρει δεξιά
- S / Stop – Brake – Φρένο/ ακύρωση κινήσεων



## 4. Μεθοδολογία κατασκευής

### 4.1. Κύκλωμα και συνδεσιμότητα

Παρακάτω υπάρχει η εικόνα με το κύκλωμα που περιέχει όλα τα προαναφερθέντα ηλεκτρονικά στοιχεία με τη σωστή συνδεσιμότητα.



Οι ψηφιακοί ακροδέκτες του Arduino χρησιμοποιούνται για να ρυθμίζουν τις διάφορες λογικές καταστάσεις του L293, ενώ οι ακροδέκτες εξόδου του L293 συνδέονται με τα μοτέρ κίνησης. Οι ακροδέκτες TX και RX της πλακέτας Arduino συνδέονται ανάποδα με τα RX και TX της μονάδας Bluetooth για τη δημιουργία σύνδεσης ανταλλαγής δεδομένων με την εφαρμογή στο κινητό μας.

## 4.2. Εγκατάσταση κυκλώματος πάνω στο αυτοκινητάκι

Για τη βάση και δοκιμή του κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε ένα τηλεκατευθυνόμενο αυτοκινητάκι.

Αρχικά το ανοίξαμε και αφαιρέσαμε το παλιό κύκλωμα και τοποθετήσαμε το δικό μας. Στη συνέχεια με ιμάντες το σταθεροποιήσαμε πάνω στον κορμό του αυτοκινήτου.

Στη συνέχεια προσθέσαμε στο μπροστινό χώρο όπου υπήρχε χώρος 2 μπαταρίες AA σε σειρά, όπου σε συνδυασμό με τις 4 που βάλαμε στο υπάρχον κάτω μέρος της βάσης, καταφέραμε να παράγουμε 9 volt τάση ρεύματος.

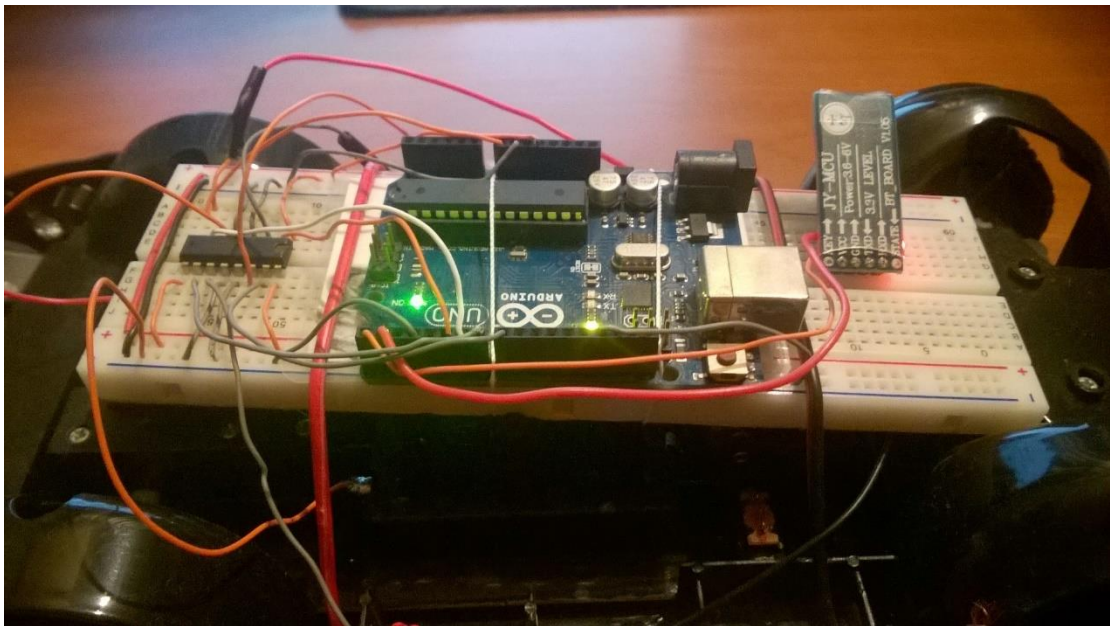
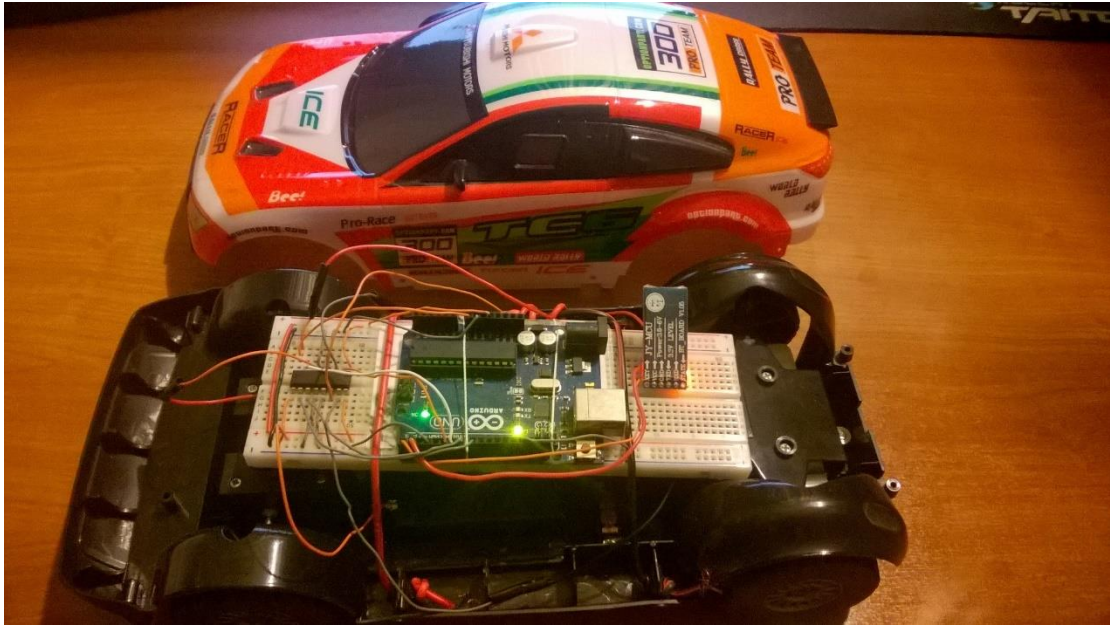
Τέλος, συνδέσαμε τη τροφοδοσία από τις μπαταρίες και τα μοτεράκια που βρίσκονται στις ρόδες με το κύκλωμα με δικά μας καλώδια και ηλεκτροκόλληση.



Το κύκλωμα πάνω στο αυτοκινητάκι φαίνεται παρακάτω:







## 4.3. Προγραμματισμός Arduino Uno

Για να μπορέσουμε να υλοποιήσουμε τις λειτουργίες που πρέπει να κάνει το αυτοκίνητο πρέπει πρώτα να γράψουμε το πρόγραμμα στην πλατφόρμα ανάπτυξης προγράμματος του Arduino IDE. Η υλοποίηση του προγράμματος περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Ορίζουμε τους ακροδέκτες της πλακέτας Arduino για κάθε DC κινητήρα.
- Ορίζουμε μία μεταβλητή που θα χειριστεί τα εισερχόμενα bytes δεδομένων.
- Ορίζουμε μία μεταβλητή με αρχική τιμή που θα χειρίζεται τη τάση στους ακροδέκτες κίνησης εμπρός και πίσω ώστε να ελέγχουμε τη ταχύτητα του οχήματος.
- Αρχικοποιούμε τη σειριακή επικοινωνία με ρυθμό Baud που να ταιριάζει με τη μονάδα Bluetooth χαμηλής ενέργειας, στη δική μας περίπτωση στα 9600.
- Φτιάχνουμε μία επανάληψη όπου ελέγχουμε κάθε φορά αν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία και στη συνέχεια τη διαβάζουμε και την εισάγουμε στη μεταβλητή που αναφέραμε.
- Ελέγχουμε αν το περιεχόμενο της μεταβλητής ταιριάζει με κάποια από τις περιπτώσεις μας και στη συνέχεια κάνουμε τις αντίστοιχες ενέργειες.
- Ορίζουμε τις ψηφιακές εξόδους του Arduino για κάθε περίπτωση που συνδέονται με τους ακροδέκτες εισόδου του L293, έτσι ώστε να ορισθούν οι λογικές καταστάσεις των κινητήρων που οδηγούν το όχημα προς τα μπροστά και προς τα πίσω, δεξιά και αριστερά.
- Τέλος, μπορούμε να ορίσουμε προκαθορισμένες κινήσεις ανάλογα με τις ανάγκες μας, όπως αυτόματο παρκάρισμα.

**Ο κώδικας του προγράμματος φαίνεται παρακάτω:**

```
const int motorPin1 = 5; //Pin 2 of L293 (FRONT)
const int motorPin2 = 6; //Pin 7 of L293(BACK)
const int motorPin3 = 7; //Pin 10 of L293(3HIGH RIGHT)
const int motorPin4 = 8; //Pin 15 of L293(4HIGH LEFT)

int state; //order given
int ismoving = 0; //is moving
int vSpeed = 130; //initial speed

void setup() {
  // Set pins as outputs:
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);

  // Initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  if(Serial.available() > 0){
    state = Serial.read();

    // For speed, values must be 0-255 (PWM)
    if (state == '0'){
      vSpeed = 70;
    }
  }
}
```

```
else if (state == '1'){  
    vSpeed = 90;  
}  
else if (state == '2'){  
    vSpeed = 110;  
}  
else if (state == '3'){  
    vSpeed = 130;  
}  
else if (state == '4'){  
    vSpeed = 140;  
}  
else if (state == '5'){  
    vSpeed = 150;  
}  
else if (state == '6'){  
    vSpeed = 160;  
}  
else if (state == '7'){  
    vSpeed = 170;  
}  
else if (state == '8'){  
    vSpeed = 180;  
}  
else if (state == '9'){  
    vSpeed = 255;  
}
```

```

/*****Forwards*****/
else if (state == 'F') {
  if (ismoving == 1) {
    digitalWrite(motorPin3, LOW);
    digitalWrite(motorPin4, LOW);
  }else{
    analogWrite (motorPin1, vSpeed);
    analogWrite (motorPin2, 0);
    ismoving = 1;
  }
}

```

```

/*****Backwards*****/
else if (state == 'B') {
  if (ismoving == 1) {
    digitalWrite(motorPin3, LOW);
    digitalWrite(motorPin4, LOW);
  }else{
    analogWrite (motorPin1, 0);
    analogWrite (motorPin2, vSpeed);
    ismoving = 2;
  }
}

```

```

/*****Left*****/
else if (state == 'L') {
  digitalWrite(motorPin3, LOW);
  digitalWrite(motorPin4, HIGH);
}

```

```

}

/*****Right*****/
else if (state == 'R') {
    digitalWrite(motorPin3, HIGH);
    digitalWrite(motorPin4, LOW);
}

/*****Defined Move*****/
else if (state == 'D') {
analogWrite (motorPin1, 0);
    analogWrite (motorPin2, 0);
    digitalWrite(motorPin3, LOW);
    digitalWrite(motorPin4, LOW);
    delay(200);

// back

    analogWrite (motorPin2, vSpeed);
    delay(1300);
    //stop

    analogWrite (motorPin2, 0);
    analogWrite (motorPin1, vSpeed);
    delay(200);
    analogWrite (motorPin1, 0);

    delay(500);

```

```
//turn
digitalWrite(motorPin3, HIGH);
analogWrite (motorPin1, vSpeed);
delay(2400);
digitalWrite(motorPin3, LOW);
delay(200);
```

```
//stop
    analogWrite (motorPin1, 0);
    analogWrite (motorPin2, vSpeed);
    delay(200);
    analogWrite (motorPin2, 0);
    analogWrite (motorPin2, vSpeed);
    delay(300);
    analogWrite (motorPin2, 0);
    delay(1000);
}
```

```
/******Park******/
```

```
else if (state == 'P') {  
    analogWrite (motorPin1, 0);  
    analogWrite (motorPin2, 0);  
    digitalWrite(motorPin3, LOW);  
    digitalWrite(motorPin4, LOW);  
    delay(200);  
  
    // back  
  
    analogWrite (motorPin2, vSpeed);  
    delay(1300);  
  
    //stop  
  
    analogWrite (motorPin2, 0);  
    analogWrite (motorPin1, vSpeed);  
    delay(200);  
    analogWrite (motorPin1, 0);  
  
    delay(500);
```



```
//turn
digitalWrite(motorPin4, HIGH);
  analogWrite (motorPin1, vSpeed);
delay(2400);
digitalWrite(motorPin4, LOW);
delay(200);

//stop
analogWrite (motorPin1, 0);
  analogWrite (motorPin2, vSpeed);
  delay(200);
  analogWrite (motorPin2, 0);
  analogWrite (motorPin2, vSpeed);
  delay(300);
  analogWrite (motorPin2, 0);
  delay(1000);
}
```

```
else {
  if (ismoving == 1) {
    analogWrite (motorPin1, 0);
```

```
    analogWrite (motorPin2, vSpeed);
    delay(300);
    analogWrite (motorPin2, 0);
}
else if (ismoving == 2) {
    analogWrite (motorPin2, 0);
    analogWrite (motorPin1, vSpeed);
    delay(300);
    analogWrite (motorPin1, 0);
}
digitalWrite(motorPin3, LOW);
digitalWrite(motorPin4, LOW);
ismoving = 0;
}
}
}
```

## 5. Συμπεράσματα και προτάσεις περαιτέρω μελέτης

Μετά από πολλές δοκιμές και εκτενή χρήση του μοντέλου που υλοποιήσαμε, τα αποτελέσματα είναι πολύ ικανοποιητικά αφού με τη κατασκευή, το πρόγραμμα και την εφαρμογή στο κινητό μπορούμε να κάνουμε τις βασικές κινήσεις ενός οχήματος χωρίς να έχουμε άμεση επαφή με αυτό.

Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να σκεφτόμαστε την εφαρμογή αυτού του συστήματος σε κανονικά οχήματα, ρεαλιστικών διαστάσεων, μεταφορικά και μη για να δώσουμε λύση σε καθημερινά προβλήματα.

Σαφώς η κατασκευή που υλοποιήσαμε δεν αποτελεί τελικό στάδιο παραγωγής ενός τέτοιου συστήματος αλλά μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η βάση του, αφού περιέχει όλα τα βήματα και τις διαδικασίες που απαιτούνται. Με πολύ μελέτη και βελτιστοποίηση του κάθε βήματος ξεχωριστά μπορούμε να επιτύχουμε αυτοματοποιημένες διαδικασίες που μπορούν να κάνουν τη ζωή μας πιο εύκολη, καθώς επίσης να την κάνουν πιο ασφαλή.

Φανταστείτε ένα σενάριο όπου θέλετε να παρκάρετε το όχημα σας ανάμεσα σε δύο ξένα και ο χώρος να είναι περιορισμένος. Έχοντας ένα σύστημα σαν αυτό που περιεγράφηκε θα μπορούσατε να βγείτε από το αμάξι σας και με χειρισμούς από το κινητό σας τηλέφωνο να παρκάρετε με άνεση, αφού βλέπετε πόσο χώρο έχετε μπροστά και πίσω, καθώς επιπρόσθετα συστήματα, όπως αισθητήρες, θα μπορούσαν να σας αποτρέψουν από χειρισμούς που ίσως σε μία στιγμή απροσεξίας θα έφερναν το όχημα σας σε σύγκρουση με τα ξένα οχήματα.

Ένα βήμα πιο πέρα είναι όλη αυτή η διαδικασία να υπάρχει σε αυτόματη λειτουργία όπου εσείς απλά θα φέρνατε το αυτοκίνητο σας σε μία θέση και αυτό θα πάρκαρε αυτόματα χωρίς τη βοήθεια σας και με ασφάλεια. Πολλές εταιρείες αυτοκινητοβιομηχανίας επενδύουν σε αυτό το μοντέλο που θεωρείται ένα από το σημαντικά για το παρόν και το μέλλον.

## 5.1. Αισθητήρες και αναγνώριση εμποδίων

Όλοι έχουμε στα οχήματα μας αισθητήρες για μέτρηση, καταγραφή και παρακολούθηση των συστημάτων του αυτοκινήτου και του γύρω χώρου. Μία από αυτές μπορεί να είναι η ειδοποίηση του οδηγού ότι το όχημα του βρίσκεται πολύ κοντά σε κάποιο εμπόδιο ώστε να αποτρέψει τη σύγκρουση του με αυτό και τυχόν ατυχήματα.

Οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες απόστασης είναι δυνατόν να διευκολύνουν σημαντικά την διαδικασία παρκαρίσματος. Πιεζοηλεκτρικοί ταλαντωτές τοποθετημένοι στον προφυλακτήρα εκπέμπουν υπερηχητικούς παλμούς και λαμβάνουν την ανάκλαση των παλμών αυτών. Το εύρος μέτρησης είναι περίπου τρία μέτρα.

Στις υψηλές ταχύτητες, ένας από τους πλέον συνήθεις λόγους ατυχημάτων είναι η πρόσκρουση στο προπορευόμενο όχημα όταν η τηρούμενη από αυτό απόσταση δεν είναι σωστή.

Για τη μέτρηση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα υπάρχουν αισθητήρες ραντάρ οι οποίοι λειτουργούν με μικροκύματα στην περιοχή των 76 - 77 GHz. Η εκπεμπόμενη δέσμη είναι ιδιαίτερα στενή ώστε να αποφεύγεται η οποιαδήποτε παρεμβολή από αντικείμενα που βρίσκονται στο πλάι του δρόμου.

Στο σύστημα Προσαρμοζόμενου Ελέγχου Ταξιδιού (ACC) της Bosch, υπάρχουν τέσσερα επικαλυπτόμενα ραντάρ τα οποία σαρώνουν την περιοχή εμπρός από το όχημα, με μία εμβέλεια μέτρησης μέχρι τα 200 μέτρα.

Το συγκεκριμένο μάλιστα σύστημα είναι σε θέση να διαχωρίσει και διαφορετικά οχήματα εντός της περιοχής που καλύπτει. Το επόμενο βήμα είναι η ενσωμάτωση του συστήματος παρακολούθησης με ραντάρ μικρής κλίμακας (short-range radar, SRR) σε οχήματα μαζικής παραγωγής.

## 5.2. Αυτόματο παρκάρισμα

Η διαδικασία αυτόματου παρκάριατος γίνεται όλο και πιο διαδομένη καθώς περνάνε τα χρόνια και εξελίσσονται τα συστήματα των αυτοκινήτων.

Ο τομέας αυτοκινητοβιομηχανίας πειραματίζεται πολύ στη σχεδίαση του αυτόνομου αυτοκινήτου. Πρωτότυπα αυτοκινήτων που κινούνται χωρίς οδηγό υπάρχουν ήδη αλλά οι περισσότερες προσπάθειες προσανατολίζονται στην ανάπτυξη τεχνολογιών που βελτιώνουν ακριβώς τα αυτοκίνητα που διατίθενται στη σημερινή αγορά, με εφαρμογές όπως ρυθμιστές ταχύτητας, αισθητήρες κόπωσης, αυτόματη μείωση της έντασης των φαναριών όταν το όχημα συναντά άλλο αυτοκίνητο.

Εκτός από τον εξοπλισμό που προσφέρει άνεση στο αυτοκίνητο, ο τομέας βελτιώνει την ασφάλεια μειώνοντας τους κινδύνους σύγκρουσης και "διατηρεί μια κινητικότητα στον οδηγό που δεν θα την είχε διαφορετικά. Για παράδειγμα, οι ηλικιωμένοι δυσκολεύονται να γυρίσουν το κεφάλι και συνεπώς το παρκάρισμα κατά μήκος του πεζοδρομίου ανάμεσα σε δύο αυτοκίνητα γίνεται πολύ δύσκολο", προσθέτει ο Ντεβοσέλ. "Γνωρίζουμε ότι οι μανούβρες για το παρκάρισμα είναι το πλέον ζητούμενο, καθώς είναι το πιο δύσκολο να γίνει".

Παράδειγμα αποτελεί το νέο Range Rover όπου οι κατασκευαστές του περιγράφουν:

«Η ιδέα είναι αρκετά απλή. Βγαίνοντας από το αυτοκίνητο, ο οδηγός θα θέσει σε λειτουργία μια εφαρμογή από το κινητό του τηλέφωνο ή οποιοδήποτε συνδεδεμένο αντικείμενο, και το όχημα θα αναχωρήσει μόνο του για να βρει την πρώτη διαθέσιμη θέση. Εγκαίρως θα θέσει εκ νέου σε λειτουργία την εφαρμογή και το αυτοκίνητο θα γυρίσει να περιμένει στην έξοδο του γκαράζ.»

Το σύστημα δεν χρειάζεται κανέναν ειδικό εξοπλισμό για να λειτουργήσει στο εσωτερικό του γκαράζ. Εξάλλου βασίζεται σε υπέρηχους αισθητήρες που ήδη χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, στο σύστημα αισθητήρων για το παρκάρισμα, για παράδειγμα. Μόλις που χρειάζεται να κάνει λίγο μπροστά και κατά περίπτωση, να προσθέσει κάμερες για την αναγνώριση θέσης για ανάπηρους ή την είσοδο του γκαράζ.

## 6. Βιβλιογραφία

- Σύγγραμμα ΤΕΙ Πειραιά Εισαγωγή στους Μικροελεγκτές PICmicro Δρ.Σταμάτης Αλατσαθιανός
- Robotshop [www.robotshop.com](http://www.robotshop.com)
- Robotics.megagiant [robotics.megagiant.com/history.html](http://robotics.megagiant.com/history.html)
- Instructables - DIY How To Make Instructions [www.instructables.com](http://www.instructables.com)
- M. Gopal. Control systems: principles and design. 2nd ed. Tata McGraw-Hill, 2002.
- [www.instructables.com/id/homemade-rc-car](http://www.instructables.com/id/homemade-rc-car)
- <http://solderer.tv/cxemcar/>
- <http://diyhacking.com/make-android-controlled-robot/>
- <https://create.arduino.cc/projecthub/windowsiot/bluetooth-rc-car-with-remote-arduino-5f09c9>
- <http://www.ardumotive.com/bluetooth-rc-car.html>