



# Cyber hand

Σχεδίαση και ανάπτυξη  
ρομποτικού χεριού βασισμένο  
σε ενσωματωμένα συστήματα  
και ασύρματη ζεύξη για  
απομακρυσμένη διαχείριση

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### **Κεφάλαιο 1**

#### Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στην Ρομποτική .....	2
1.2 Ιστορική Αναδρομή .....	4
1.3 Η ρομποτική σήμερα .....	7
1.4 Τεχνητή νοημοσύνη .....	10
1.5 Relative Work – Συναφής εργασίες .....	12

### **Κεφάλαιο 2**

#### Τεχνολογίες Ενσωματωμένων Συστημάτων

2.1 Ενσωματωμένα Συστήματα .....	15
2.2 Μικροελεγκτές .....	16
2.3 ARM .....	18
2.4 AVR Microcontrollers .....	19
2.5 Intel Edison .....	21

### **Κεφάλαιο 3**

#### Τεχνολογίες Επικοινωνίας Χαμηλής Κατανάλωσης

3.1 Ασύρματη Επικοινωνία .....	23
3.2 Wifi(802.11).....	24
3.3 Bluetooth.....	26
3.4 BLE .....	28
3.5 (802.15.4).....	29

### **Κεφάλαιο 4**

#### Αισθητήρες και Ενεργοποιητές ενσωματωμένων συστημάτων

4.1 Αισθητήρες.....	36
4.2 Τι είναι το Arduino .....	37
4.3 Τι είναι το Xbee .....	40
4.3 Τι είναι το Servo .....	41

### **Κεφάλαιο 5**

#### Σχεδιασμός και Υλοποίηση Πλατφόρμας

5.1 Σχεδίαση Έξυπνου Γαντιού.....	42
5.2 Σχεδίαση Ρομποτικού Βραχίονα .....	50
5.3 Κατασκευή Έξυπνου Γαντιού.....	55
5.4 Κατασκευή Ρομποτικού Βραχίονα.....	60

### **Κεφάλαιο 6**

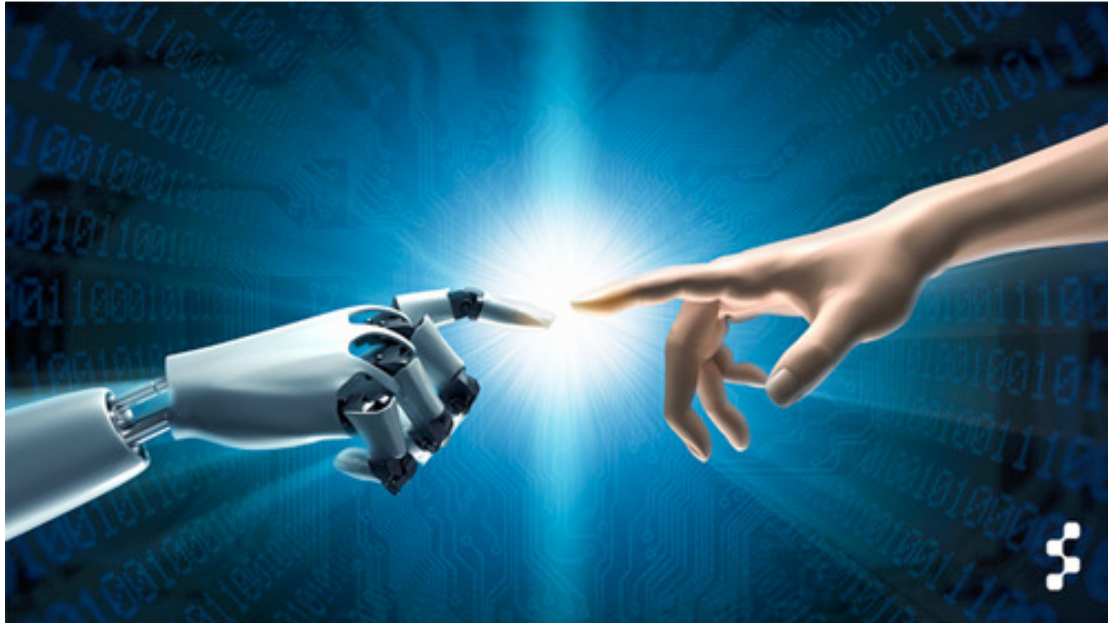
#### Συμπεράσματα

6.1 Περίληψη.....	77
6.2 Μετρήσεις .....	77
6.3 Προβλήματα .....	78
6.4 Μελλοντικές Επεκτάσεις .....	79
6.5 Βιβλιογραφία .....	80

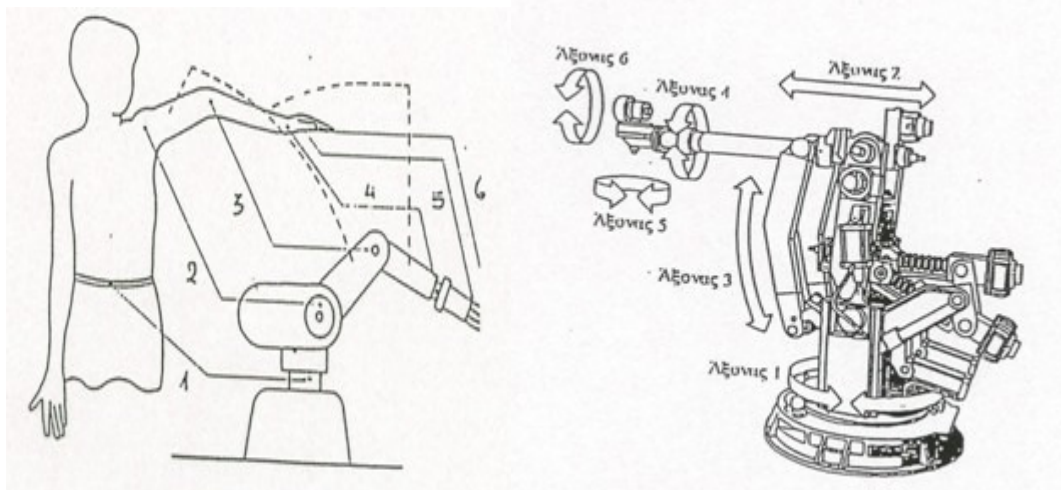
# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή στην Ρομποτική

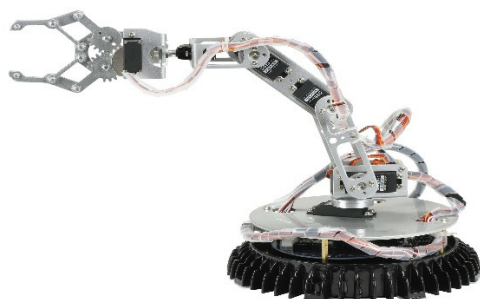


Η Ρομποτική (Robotics) είναι κλάδος της τεχνολογίας που ασχολείται με τη σχεδίαση, την ανάπτυξη και τη μελέτη ρομπότ. Η επιστήμη της Ρομποτικής αποτελεί συνδυασμό πολλών άλλων επιστημών, κυρίως της πληροφορικής, της ηλεκτρονικής και της μηχανολογίας. Ο όρος ρομπότ πρωτοεμφανίζεται σε ένα θεατρικό έργο επιστημονικής φαντασίας του Τσέχου συγγραφέα Κάρελ Τσάπεκ το 1921 και προέρχεται από τη σλαβική λέξη *robota* που σημαίνει εργασία. Το 1961 κατασκευάζεται και τίθεται σε λειτουργία το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ. Τα ρομπότ είναι αυτόματες μηχανές με προγραμματισμένη συμπεριφορά, με αρκετούς άξονες κίνησης των οποίων οι κινήσεις είναι περιστροφικές ή γραμμικές και η χρήση των οποίων αποσκοπεί στην αντικατάσταση του ανθρώπου στην εκτέλεση έργου, τόσο σε φυσικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο λήψης αποφάσεων.



Αναλογία ρομπότ και ανθρώπινο χέρι      Βιομηχανικό ρομπότ με έξι άξονες κίνησης

Η ρομποτική επιστήμη έχει κάνει άλματα προόδου και έχει προσφέρει αρκετά τεχνολογικά θαύματα. Τα ρομποτικά συστήματα συνεχώς εξελίσσονται και είναι ήδη μέρος της ζωής μας σε πολλούς τομείς όπως στη βιομηχανία, την ιατρική, τη διασκέδαση και την προσωπική βοήθεια. Κάνουν σχεδόν τα πάντα! Καθαρίζουν, σερβίρουν, χειρουργούν, σκουπίζουν, κατασκευάζουν αυτοκίνητα, παίζουν μουσική και πολλά άλλα.



Ρομποτικός βραχίονας



Ρομποτική ιατρική



Ρομπότ βιομηχανίας



Ρομπότ cleaner

Ο πρώτος και κύριος χρήστης του βιομηχανικού ρομπότ, εξακολουθεί να είναι μέχρι και σήμερα, είναι οι αυτοκινητοβιομηχανίες. Ένα παράδειγμα μας δείχνει

ότι με τη χρήση των ρομπότ η BMW ελάττωσε το χρόνο παραγωγής ενός αυτοκινήτου της από 192 ώρες το 1980 σε 89 ώρες το 1985.

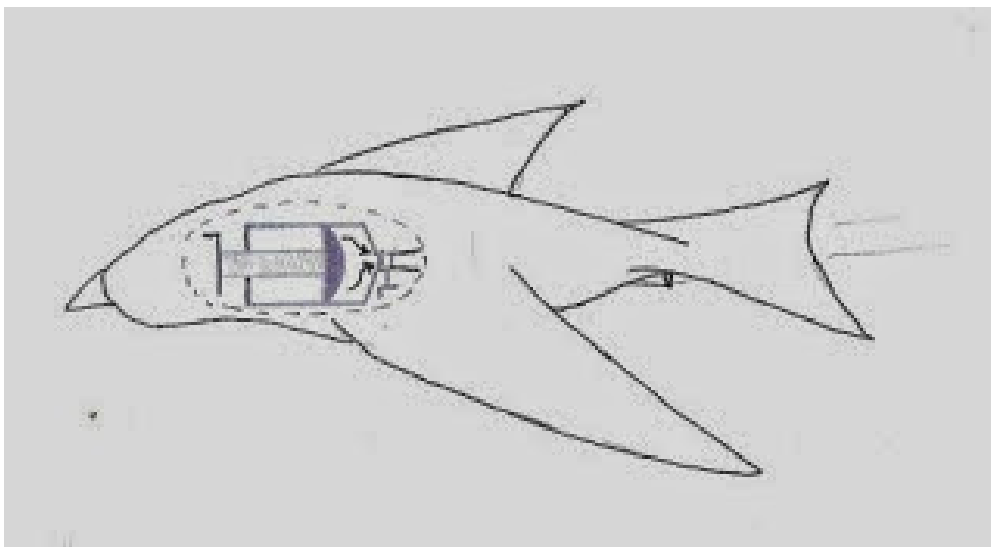
Υπάρχουν διάφορα κριτήρια διάκρισης και αντίστοιχες κατηγοριοποιήσεις των ρομπότ. Μία από αυτές είναι η διάκρισή τους σε τρεις, επί του παρόντος, "γενιές". Στην πρώτη γενιά κατατάσσονται ρομπότ με περιορισμένη ευελιξία, που διευθύνονται από τον άνθρωπο, όπως, για παράδειγμα, οι απλοί "χειριστές", σχετικά απλά εργαλεία που επιτρέπουν, για παράδειγμα, τη μετακίνηση επικίνδυνων αντικειμένων (π.χ. ραδιενεργών υλικών). Στη δεύτερη γενιά κατατάσσονται τα ρομπότ που είναι εφοδιασμένα με σταθερό πρόγραμμα δράσης και ρομπότ που λαμβάνουν εντολές από κάποιο σύστημα αριθμητικού ελέγχου. Στην τρίτη γενιά κατατάσσονται ρομπότ που είναι εφοδιασμένα:

- με αισθητήριες "πληροφορίες" από το περιβάλλον,
- με διάταξη επεξεργασίας των πληροφοριών και
- με κινητήριο σύστημα εκτέλεσης εργασιών.

## 1.2 Ιστορική αναδρομή

Στην ιστορία της ρομποτικής έχουν αναφερθεί σπουδαίες κατασκευές για τα πρώτα χρόνια της ρομποτικής. Παρακάτω θα δούμε μερικά:

- Ο Αρχύτας ο Ταραντίνος ο οποίος ήταν Έλληνας φιλόσοφος, πολιτικός, στρατηγός, μαθηματικός και μηχανικός (428 - 347 π.Χ.) λέγεται πως κατασκεύασε μια ιπτάμενη μηχανή ( "πέτομηχανή" ή "περιστερά") από ξύλο που κινούνταν με ατμό και μπορούσε να διανύσει απόσταση μέχρι και 200μ.



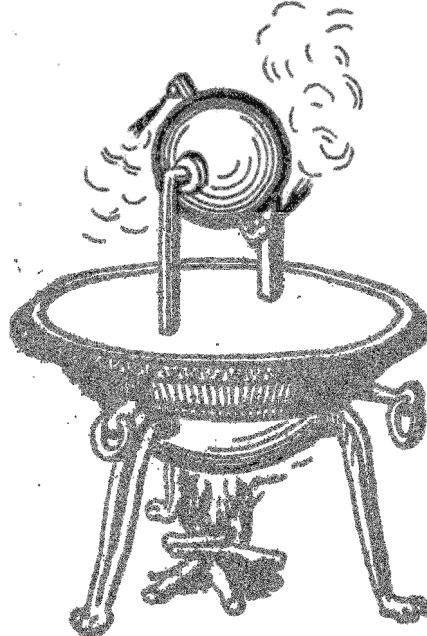
Πετομηχανή

- Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ( $\approx 150 - 100$  π.Χ.) είναι ο αρχαιότερος αυτοματισμός που σώζεται ως σήμερα (Αρχ. Μουσείο Αθηνών). Μπορούσε να προβλέπει τις θέσεις των πλανητών.



Μηχανισμός Αντικυθήρων

- Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς ( $\approx 10 - 70$  μ.Χ.) κατασκεύασε την αιολόσφαιρα ή ατμοστρόβιλος, η πρώτη ατμομηχανή στην ιστορία.



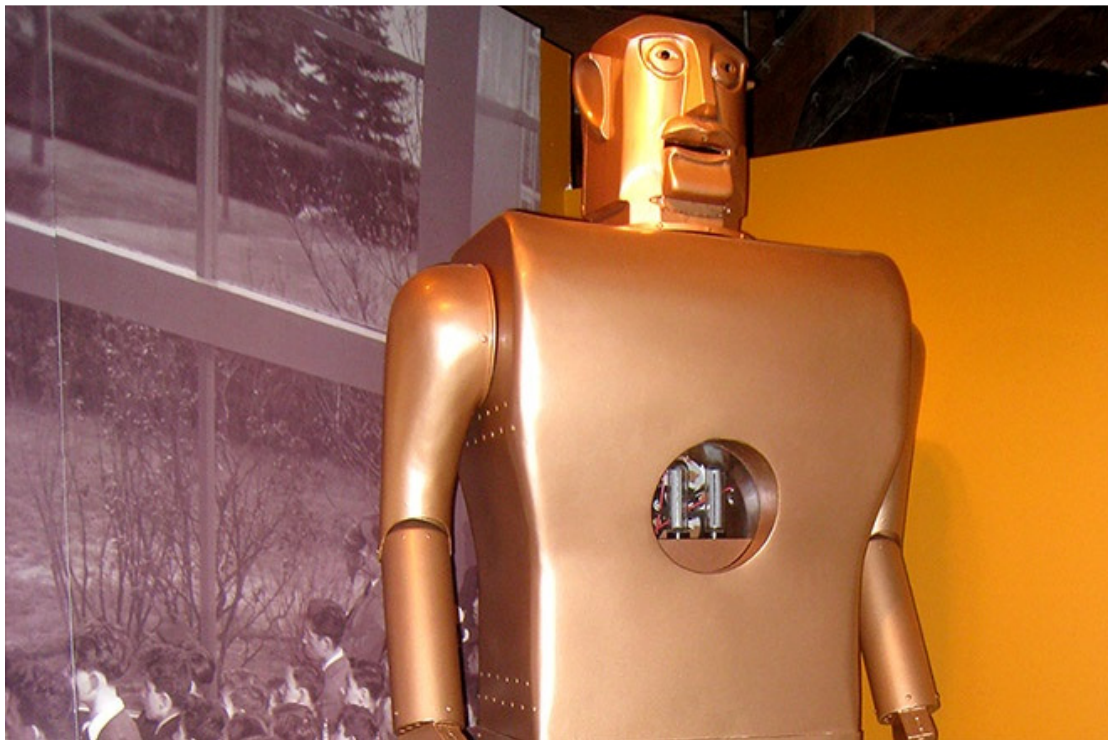
Αιολόσφαιρα

- Ο Ιταλός Leonardo da Vinci (1452 - 1519 μ.Χ.) σχεδίασε (και ίσως κατασκεύασε) ένα ανθρωποειδές ρομπότ με πανοπλία. Το ρομπότ μπορούσε να ανασηκώνεται και να κινεί τα χέρια και το κεφάλι του. Είναι το παλαιότερο σχέδιο ανθρωποειδούς ρομπότ που σώζεται ως σήμερα.



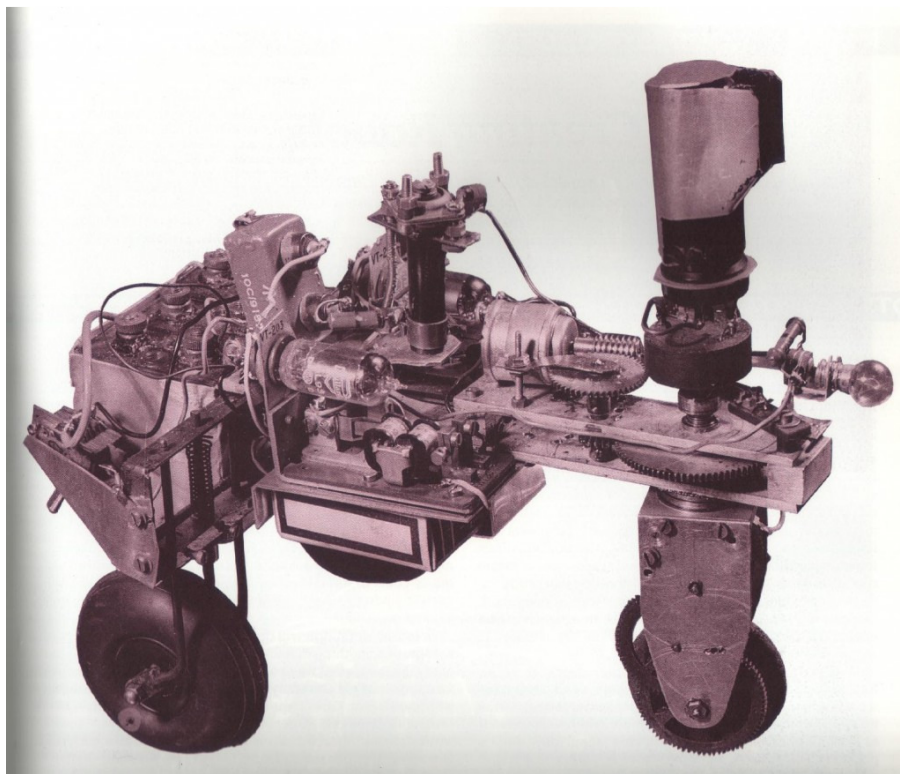
Ανθρωποειδές Ρομπότ

- Το 1930 η εταιρία Westinghouse Electric Corporation (Η.Π.Α.) κατασκευάζει το ανθρωποειδές ρομπότ Elektro που μπορούσε να μιλά, να περπατά, και να καπνίζει.



Ανθρωποειδές Ρομπότ

- Το 1948 κατασκευάζεται το πρώτο αυτόνομο ρομπότ Elsie στο πανεπιστήμιο του Bristol (Αγγλία), που κινούνταν με βάση ερεθίσματα που λάμβανε από αισθητήρες φωτός.



Αυτόνομο Ρομπότ Elsie

### 1.3 Η Ρομποτική Σήμερα

Σήμερα η εξέλιξη της ρομποτικής είναι ραγδαία. Στο χώρο αυτό υπάρχουν πανεπιστήμια αλλά και αρκετές και καταξιωμένες εταιρίες όπως η Sony Robots και η Honda Robots οι οποίες εξετάζονται αναλυτικότερα παρακάτω.

#### **SONY ROBOTS**

Η Sony Robots είναι μια από τις καταξιωμένες και μεγάλες εταιρίες στο χώρο των ηλεκτρονικών καθώς και της ρομποτικής, καθώς και της τεχνητής νοημοσύνης. Ένα από τα είδη ρομπότ τα οποία κατασκεύασε η Sony Robots είναι το QRIO SDR-4XII. Σχεδιασμένο για χρήση μέσα στο σπίτι, αυτό το συμπαγές δίποδο ρομπότ χαρακτηρίζεται από την ενισχυμένη ασφάλεια και τη μεγάλη διάρκεια λειτουργίας, επίσης αυξήθηκε η ικανότητα για καλύτερη επικοινωνία. Επιπλέον το QRIO τραγούδησε τα πρώτα τραγούδια που γράφτηκαν από Ryuichi Sakamoto (γιαπωνέζο μουσικό) και επίσης μπορούσε να εκτελέσει και χορευτικές επιδείξεις. Τελικά το QRIO ήταν ένα πρωτότυπο, και δεν προωθήθηκε εμπορικά.



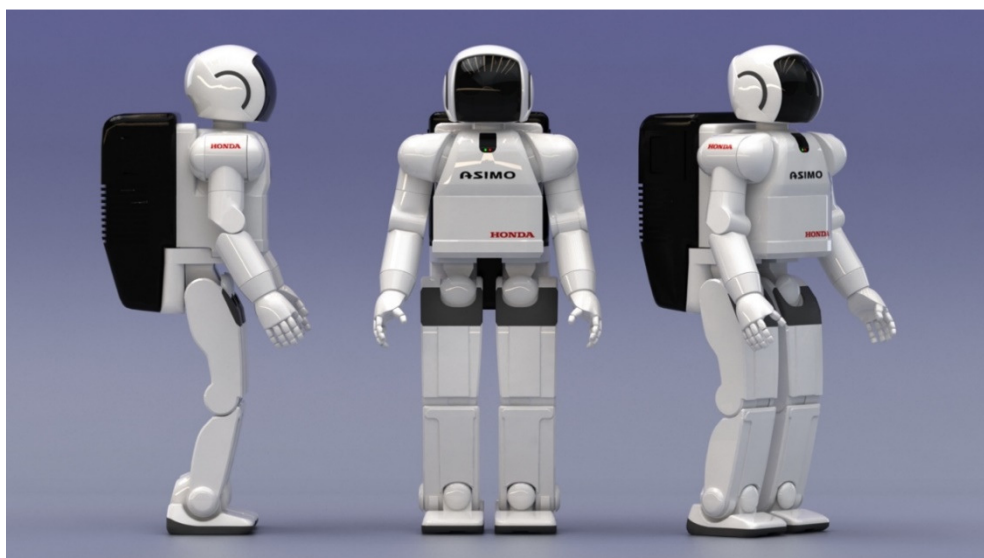
Sony Dream Robot

# QRIO



## HONDA ROBOTS

Ο ASIMO είναι το αποκορύφωμα δυο δεκαετιών ερευνάς ρομποτικής humanoid από τους μηχανικούς της Honda. Ο ASIMO μπορεί να τρέξει, να περπατήσει σε δρόμους ή σημεία με κλίσεις ακόμα και σε ανώμαλες επιφάνειες, να γυρίσει ομαλά, να αναρριχηθεί στα σκαλοπάτια και να φθάσει να πιάσει αντικείμενα. Ο ASIMO μπορεί επίσης να κατανοήσει και να αποκριθεί στις απλές φωνητικές εντολές. Έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίσει τα πρόσωπα μιας συγκεκριμένης ομάδας ατόμων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τα ματιά του τα οποία είναι οι κάμερες του, ο ASIMO μπορεί επίσης να χαρτογραφήσει το περιβάλλον του και να καταχωρήσει τα στασιμά αντικείμενα. Μπορεί επίσης να αποφύγει τα εμπόδια καθώς κινείται μέσα στο περιβάλλον λειτουργίας του.



Εξέλιξη στον τομέα της ρομποτικής αποτελεί το "ευφυές ρομπότ", που χάρη στη χρησιμοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης είναι ικανό να διεκπεραιώνει σύνθετα και πολύπλοκα καθήκοντα. Ένα παράδειγμα "ευφυούς ρομπότ" είναι και τα γνωστά σε όλους μας Ανδροειδές. Οι ρομποτικοί μηχανικοί στο Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας της Κίνας (USTC) είχαν στο μυαλό τους το περίφημο ανδροειδές «Replicant» της ταινίας Blade Runner, όταν σχεδίαζαν το δικό τους ρομπότ επί τρία χρόνια. Το ανδροειδές με το όνομα «Jia Jia» μπορεί να πει απλές φράσεις όπως «γεια» και «καλώς ήλθες», αλλά και πιο σύνθετες φράσεις καθώς και μπορεί να αυτοσχεδιάσει λέγοντας λέξεις όπως: «Μην έρθεις πολύ κοντά σε μένα για να πάρετε φωτογραφία – Θα κάνει το πρόσωπό μου να φαίνεται χονδρό», φέρεται να είπε σε επισκέπτες όταν παρουσιάστηκε στην επαρχία Anhui.



Ανδροειδές «Jia Jia»

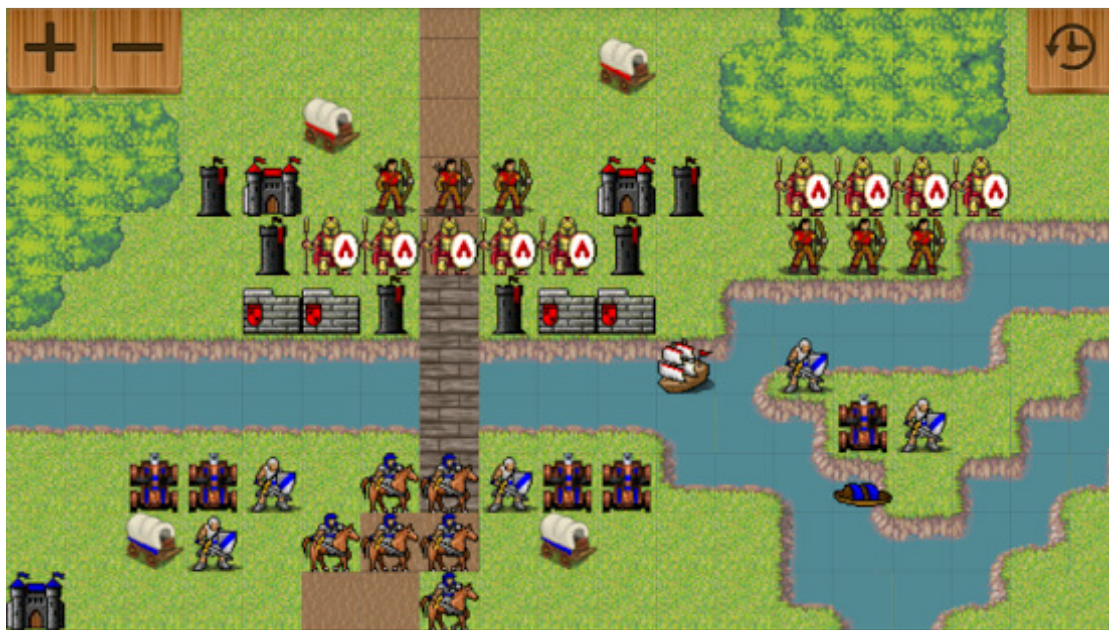
## 1.4 Τεχνητή Νοημοσύνη

Κατά τη δεκαετία του 1940 εμφανίστηκε η πρώτη μαθηματική περιγραφή τεχνητού νευρωνικού δικτύου, με πολύ περιορισμένες δυνατότητες επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων. Καθώς ήταν εμφανές ότι οι ηλεκτρονικές υπολογιστικές συσκευές που κατασκευάστηκαν μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν ένα τελείως διαφορετικό είδος μηχανής από ό,τι προηγήθηκε, η συζήτηση για την πιθανότητα εμφάνισης μηχανών με νόηση ήταν στην ακμή της. Το 1950 ο μαθηματικός Άλαν Τούρινγκ, πατέρας της θεωρίας υπολογισμού και προπάτορας της τεχνητής νοημοσύνης, πρότεινε τη δοκιμή Τούρινγκ· μία απλή δοκιμασία που θα μπορούσε να εξακριβώσει αν μία μηχανή διαθέτει ευφυΐα. Η τεχνητή νοημοσύνη θεμελιώθηκε τυπικά ως πεδίο στη συνάντηση ορισμένων επιφανών Αμερικανών επιστημόνων του τομέα το 1956 (Τζον Μακάρθι, Μάρβιν Μίνσκυ, Κλοντ Σάνον κλπ).



Ο όρος τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στον κλάδο της πληροφορικής ο οποίος ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων που μιμούνται στοιχεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς και στοιχειώδη ευφυΐα όπως μάθηση, προσαρμοστικότητα, εξαγωγή συμπερασμάτων, κατανόηση από συμφραζόμενα, επίλυση προβλημάτων κλπ. Ο Τζον Μακάρθι όρισε τον τομέα αυτόν ως «επιστήμη και μεθοδολογία της δημιουργίας νοούντων μηχανών». Η λογοτεχνία και ο κινηματογράφος επιστημονικής φαντασίας από τη δεκαετία του 1920 μέχρι

σήμερα έχουν δώσει στο ευρύ κοινό την αίσθηση ότι η τεχνική νοημοσύνη αφορά την προσπάθεια κατασκευής μηχανικών ανδρειδών ή αυτοσυνείδητων προγραμμάτων υπολογιστή, επηρεάζοντας μάλιστα ακόμα και τους πρώτους ερευνητές του τομέα. Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι επιστήμονες της τεχνητής νοημοσύνης προσπαθούν να κατασκευάσουν λογισμικό ή πλήρεις μηχανές οι οποίες να επιλύουν με αποδεκτά αποτελέσματα ρεαλιστικά υπολογιστικά προβλήματα οποιουδήποτε τύπου, αν και πολλοί πιστεύουν ότι η εξομοίωση ή η προσομοίωση της πραγματικής ευφυΐας, η ισχυρή τεχνική νοημοσύνη, πρέπει να είναι ο τελικός στόχος.



Παιχνίδι στρατηγικής

Τα βιντεοπαιχνίδια είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης εδώ και δεκαετίες, αξιοποιώντας τις μεθόδους της για να παράσχουν ανταγωνισμό στον παίκτη.

## 1.5 Συναφής Εργασίες

Η χρήση ρομποτικών άκρων ολοένα και αυξάνεται και πολλές εταιρείες δημιουργούν και σχεδιάζουν βραχιόνες για την βοήθεια ατόμων που έχουν πρόβλημα με τα άκρα τους. Εταιρείες όπως η RSL Steeper, η Touch Bionics και η Vincent Systems είναι μερικές από τις οποίες δημιουργούνται νέες τεχνολογίες για ρομποτικά άκρα.

- Bebionic v2 της RSL Steeper
- iLimb της Touch Bionics
- Vincent Hand της Vincent Systems



### Shadow Robot

Ερευνητές από τη Γαλλία, τη Βρετανία, την Ισπανία, την Πορτογαλία, τη Σουηδία και τη Γερμανία ένωσαν τις δυνάμεις τους στο πλαίσιο του προγράμματος μεγάλης κλίμακας HANDLE με σκοπό την εις βάθος κατανόηση των κινήσεων του ανθρώπινου χεριού και των μηχανισμών της λαβής με τη βοήθεια ρομποτικών άκρων. Το πρόγραμμα ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 2009 και ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2013. Σκοπός του project HANDLE ήταν αρχικά να κατανοήσουν πώς ο άνθρωπος εκτελεί διάφορες κινήσεις με τα χέρια του, προκειμένου να αντλήσουν πολύτιμες πληροφορίες ως προς τις δεξιότητές του. Σε δεύτερη φάση προσπαθήσαν να δουν πώς θα μπορούσαν να θέσουν τα δεδομένα αυτά σε πράξη, με τη βοήθεια ρομποτικών χεριών αλλά και να “διδάξουν” ένα ρομποτικό σύστημα να εκτελεί κινήσεις παρόμοιες με εκείνες των πραγματικών χεριών. Το ένα μέρος της μελέτης αφορούσε τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός τεχνητού χεριού με δυνατότητες αφής. Έτσι δημιουργήσαν το Shadow Robot και μαζί αναπτύχθηκαν ακόμη ειδικοί αλγόριθμοι με στόχο τον έλεγχο των κινήσεων των ρομποτικών χεριών, ως προς τη θέση και τη δύναμη της λαβής.



Shadow Robot

Στόχος παρ' όλα αυτά δεν ήταν η δημιουργία ενός ρομποτικού προσθετικού μέλους που θα χάριζε τον έλεγχο στον χρήστη του, αλλά ένα έξυπνο άκρο με πλήρη αυτονομία κινήσεων. Παρ' όλα αυτά, τα ευρήματά τους γύρω από τη φυσική κίνηση του χεριού θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν στον χώρο της ρομποτικής προσθετικής ανέφεραν.

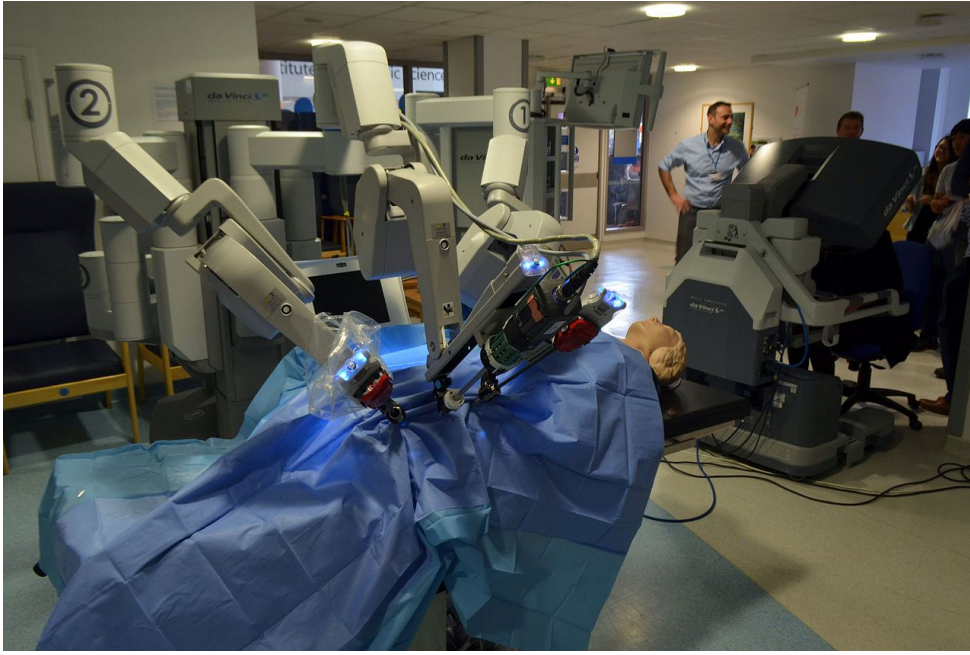
Πλέον το Shadow Robot είναι διαθέσιμο προς αγορά μέσω της αίτησης που υπάρχει στην ειδική ιστοσελίδα της εταιρείας.

## **Da Vinci**

Το χειρουργικό σύστημα da Vinci είναι ένα ρομποτικό χειρουργικό σύστημα από την αμερικανική εταιρεία Intuitive Surgical. Εγκεκριμένο από την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) το 2000, έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει τη σύνθετη χειρουργική επέμβαση χρησιμοποιώντας μια ελάχιστη επεμβατική προσέγγιση και ελέγχεται από έναν χειρουργό από μια κονσόλα. Το σύστημα χρησιμοποιείται συνήθως για προστατεκτομές και όλο και περισσότερο για την επιδιόρθωση της καρδιακής βαλβίδας και για τις γυναικολογικές χειρουργικές επεμβάσεις. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, το σύστημα da Vinci ονομάζεται "da Vinci" εν μέρει επειδή η «μελέτη της ανθρώπινης ανατομίας του Λεονάρντο Ντα Βίντσι οδήγησε τελικά στο σχεδιασμό του πρώτου γνωστού ρομπότ στην ιστορία».

Τα χειρουργικά συστήματα Da Vinci λειτουργούν σε νοσοκομεία παγκοσμίως, με εκτιμώμενες 200.000 χειρουργικές επεμβάσεις το 2012, συνηθέστερα για υστερεκτομή και απομάκρυνση του προστάτη. Από τις 30 Σεπτεμβρίου 2016 εγκαταστάθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο 3.803 μονάδες - 2.501 στις Ηνωμένες Πολιτείες, 644 στην Ευρώπη, 476 στην Ασία και 182 στον υπόλοιπο κόσμο. Η έκδοση "Si" του συστήματος κοστίζει κατά μέσο όρο ελαφρώς κάτω από τα 2

εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ, επιπλέον των ετήσιων τελών συντήρησης αρκετών εκατοντάδων χιλιάδων δολαρίων. Το σύστημα da Vinci έχει επικριθεί για το κόστος του και για ορισμένα ζητήματα με τις χειρουργικές επιδόσεις του.



Χειρουργικό σύστημα Da Vinci

## Κεφάλαιο 2

### Τεχνολογίες Ενσωματωμένων Συστημάτων

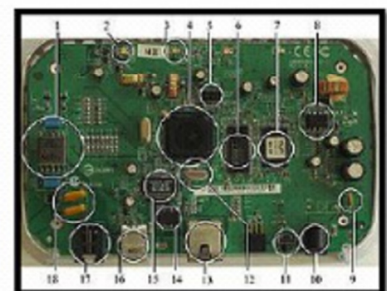
#### 2.1 Ενσωματωμένα Συστήματα

Ενσωματωμένο σύστημα μπορούμε να βρούμε σε οποιαδήποτε συσκευή η οποία περιλαμβάνει έναν προγραμματιζόμενο υπολογιστή, ο οποίος δεν είναι υπολογιστής γενικού σκοπού. Υπολογιστικά συστήματα βρίσκονται παντού υπάρχουν σχεδόν 50 ανά νοικοκυριό. Μερικά ενσωματωμένα συστήματα υπάρχουν σε:

- Κινητό τηλέφωνο.
- Εκτυπωτής.
- Αυτοκίνητο: μηχανή, φρένα, ταμπλό, κ.λπ.
- Αεροπλάνο: μηχανή, έλεγχοι πτήσης, πλοήγηση/επικοινωνία.
- Ψηφιακή τηλεόραση.
- Οικιακές συσκευές

Μερικά κοινά χαρακτηριστικά των ενσωματωμένων συστημάτων

- Μονής λειτουργίας.
  - Εκτελεί ένα μόνο πρόγραμμα, κατ' επανάληψη.
- Περιορισμένων δυνατοτήτων.
  - Χαμηλό κόστος, χαμηλή ισχύς, μικρό, γρήγορο, κ.λπ.
- Αντιδραστικά και πραγματικού χρόνου.
  - Συνεχώς αντιδρά στις αλλαγές στο περιβάλλον του συστήματος.
  - Πρέπει να υπολογιστούν συγκεκριμένα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο, χωρίς καθυστέρηση.



ADSL modem/router



ABS brakes

Ενσωματωμένα συστήματα στην καθημερινότητα

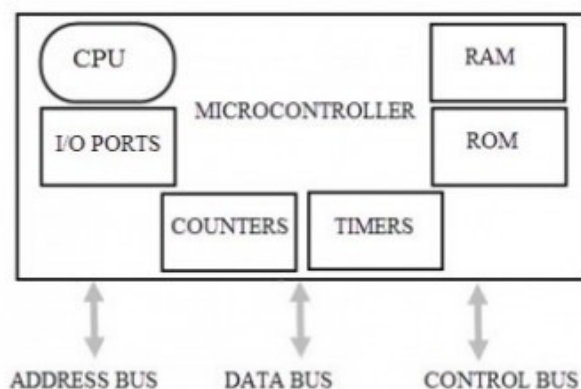


## 2.2 Microcontrollers

Ο **μικροελεγκτής** είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (Embedded Systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα.

Τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Με αυτόν τον τρόπο πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Χαμηλό κόστος.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.



Βασικό Διάγραμμα microcontroller

Μερικοί από τους γνωστότερους κατασκευαστές μικροελεγκτών είναι οι

- ARM (δεν κατασκευάζει αλλά παραχωρεί δικαιώματα χρήσης του πυρήνα)
- Atmel
- Epson
- Freescale Semiconductor (πρώην Motorola)
- Hitachi
- Maxim (μετά την εξαγορά της Dallas)
- Microchip
- NEC
- Toshiba
- Texas Instruments

### **Πρόσθετες λειτουργίες**

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί να περιέχει και:

- Μία ή περισσότερες ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART).
- Σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (πχ I2C, SPI, Ethernet).
- Ολόκληρα υποσυστήματα για την άμεση υποστήριξη από υλικολογισμικό (firmware) των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.
- Περισσότερες από μία εισόδους για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter, ADC).
- Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (Digital to Analog converter, DAC).
- Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων (Liquid Crystal Display, LCD).
- Υποσύστημα προγραμματισμού πάνω στο κύκλωμα (τύπου ISP) Χάρη σε αυτό το κύκλωμα, είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός ή η αναβάθμιση του λογισμικού της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (συνήθως σε θύρα UART RS-232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο.

## 2.3 ARM

### **Τι είναι Ο ARM**

Η ARM είναι μια αρχιτεκτονική συνόλου εντολών RISC των 32-bit, η οποία έχει αναπτυχθεί από την ARM Holdings. Τα αρχικά σημαίνουν Προχωρημένη Μηχανή RISC (Advanced RISC Machine)

Οι επεξεργαστές ARM είναι σχετικά απλοί, κάτι που τους κάνει κατάλληλους για εφαρμογές χαμηλής ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουν υπερισχύσει στις αγορές των κινητών και των ενσωματωμένων συστημάτων, σαν μικροί και σχετικά χαμηλού κόστους μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές. Το 2005, περίπου το 98% των πάνω από ένα δισεκατομμύριο κινητών τηλεφώνων που πωλούνται κάθε χρόνο είχαν τουλάχιστον έναν επεξεργαστή ARM.[3] Το 2009 οι επεξεργαστές ARM αντιστοιχούσαν περίπου στο 90% όλων των ενσωματωμένων επεξεργαστών RISC 32-bit[4] και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό σε καταναλωτικά ηλεκτρονικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών ψηφιακών βοηθών (personal digital assistants, PDAs), των κινητών τηλεφώνων, των συσκευών ψηφιακής μουσικής και πολυμέσων, των φορητών κονσολών βιντεοπαιχνιδιών, των αριθμομηχανών και περιφερειακών υπολογιστών όπως οι σκληροί δίσκοι και οι δρομολογητές.

### **Παραδείγματα εφαρμογών των πυρήνων ARM**

Οι πυρήνες ARM χρησιμοποιούνται σε αρκετά προϊόντα, όπως τα έξυπνα τηλέφωνα (smartphones). Παραδείγματα χρήσης τους σε υπολογιστές είναι ο Acorn Archimedes, το Apple iPad και το ASUS Eee Pad Transformer. Χρησιμοποιείται επίσης στον φορητό αναπαραγωγέα πολυμέσων iPod της Apple, στην ψηφιακή μηχανή PowerShot A470 της Canon, στη φορητή κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών Nintendo DS και στο σύστημα πλοήγησης TomTom.

Από το 2005, η ARM συνεργάζεται με το Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ, πάνω στον υπολογιστή SpiNNaker του τελευταίου, ο οποίος χρησιμοποιούσε πυρήνες ARM για να προσομοιώσει το ανθρώπινο μυαλό

### **Αρχιτεκτονική**

Από το 1995 μέχρι σήμερα, το ARM Architecture Reference Manual είναι η βασική πηγή τεκμηρίωσης πάνω στην αρχιτεκτονική του επεξεργαστή ARM και του συνόλου εντολών του, ενώ διακρίνει μεταξύ διεπαφών που όλοι οι επεξεργαστές πρέπει να υποστηρίζουν (όπως η σημασία των εντολών) και λεπτομερειών υλοποίησης, οι οποίες μπορούν να διαφέρουν ανά περίπτωση. Η αρχιτεκτονική έχει εξελιχθεί και, αρχίζοντας από τη σειρά πυρήνων Cortex, ορίζονται τρία «προφίλ» ("profiles"):

«Εφαρμογής» ("Application"): σειρά Cortex-A

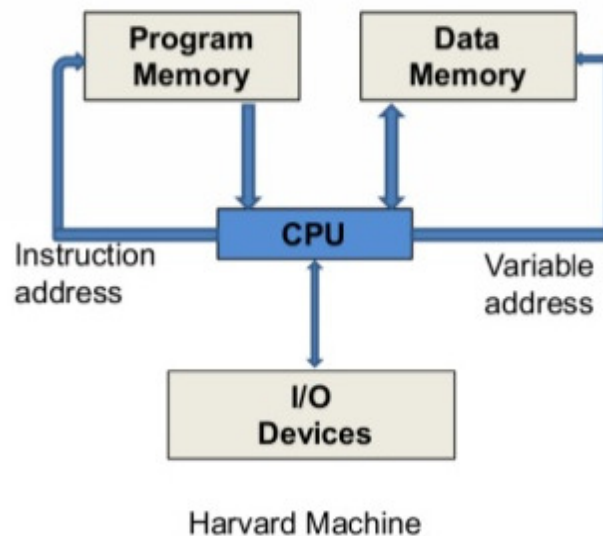
«Πραγματικού χρόνου» ("Real-time"): σειρά Cortex-R

«Μικροελεγκτή» ("Microcontroller"): σειρά Cortex-M

Τα προφίλ μπορεί να αποτελούν υποσύνολο της αρχιτεκτονικής. Για παράδειγμα, το προφίλ ARMv7-M που χρησιμοποιείται από τον πυρήνα Cortex-M3 υποστηρίζει μόνο το σύνολο εντολών Thumb-2, και το προφίλ ARMv6-M (που χρησιμοποιείται από τον Cortex-M0) είναι υποσύνολο του προφίλ ARMv7-M (υποστηρίζει λιγότερες εντολές).

## 2.4 AVR Microcontrollers

Οι μικροελεγκτές AVR χρησιμοποιούν τροποποιημένη Αρχιτεκτονική Χάρβαρντ 8-bit RISC (Reduced Instruction Set Computers) και αναπτύχθηκαν από την Atmel για πρώτη φορά το 1996. Η AVR ήταν μια από τις οικογένειες μΥπολογιστών που έκαναν χρήση της μνήμης flash για την αποθήκευση του προγράμματος, σε αντίθεση με τα Programmable ROM, EPROM ή EEPROM που χρησιμοποιούνται από άλλους μΥπολογιστές. Η βασική αρχιτεκτονική των AVR επινοήθηκε από δύο φοιτητές στο Νορβηγικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας, τους Alf-Bogen EGIL και Vegard Wollan.



### **Εκδόσεις AVR Μικροελεγκτών.**

#### **tinyAVR — σειρά ATtiny**

1-8 kB πρόγραμμα μνήμης

8–32 Ακροδέκτες

Περιορισμένο σετ εντολών χειρισμού περιφερειακών

## **megaAVR — σειρά ATmega**

4-256 kB πρόγραμμα μνήμης

28-100 Ακροδέκτες

Εκτεταμένο σετ εντολών (Εντολές Πολλαπλασιασμού και μεγαλύτερο χώρος για το πρόγραμμα μνήμης)

Εκτεταμένο σετ εντολών χειρισμού περιφερειακών

## **XMEGA — σειρά ATxmega**

16-384 kB πρόγραμμα μνήμης

44-64-100 Ακροδέκτες

Εκτεταμένα χαρακτηριστικά επιδόσεων, όπως η DMA, "Event System", καθώς και υποστήριξη κρυπτογράφησης.

Εκτεταμένο σετ εντολών χειρισμού περιφερειακών και DAC

## **Ειδικών Εφαρμογών AVR**

megaAVR με ειδικά χαρακτηριστικά, όπως ελεγκτή LCD , ελεγκτή USB, PWM, CAN

Διεπαφές επικοινωνίας	USB, UART, I2C, CAN, LIN
Διεπαφές χρήστη	LCD Segment display
Μετατροπείς	ADC, DAC, PWM
Αισθητήρες	Θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός
Ταλαντωτές	32kHz, 128kHz, 8MHz
Μετρητές	8bit, 16bit

Συνήθη περιφερειακά εισόδου εξόδου στους AVR

## 2.5 Intel Edison

Ο Intel Edison ήταν υπολογιστική μονάδα που δημιουργήθηκε από την Intel ως ένα σύστημα ανάπτυξης φορητών συσκευών και συσκευών Internet of Things. Το σύστημα αυτό είχε αρχικά ανακοινωθεί ότι θα έχει το ίδιο μέγεθος και σχήμα με μια SD κάρτα που θα περιέχει επεξεργαστή Intel Quark x86 διπλού πυρήνα στα 500 MHz επικοινωνώντας μέσω Bluetooth και Wi-Fi. Μια ανακοίνωση αργότερα άλλαξε την CPU σε έναν τύπο Intel Atom διπλού πυρήνα 22 nm Silvermont. Τον Σεπτέμβριο του 2014 μια δεύτερη έκδοση του Edison παρουσιάστηκε στο IDF, το οποίο ήταν μεγαλύτερο και παχύτερο από μια στάνταρ προδιαγραφών SD κάρτα.



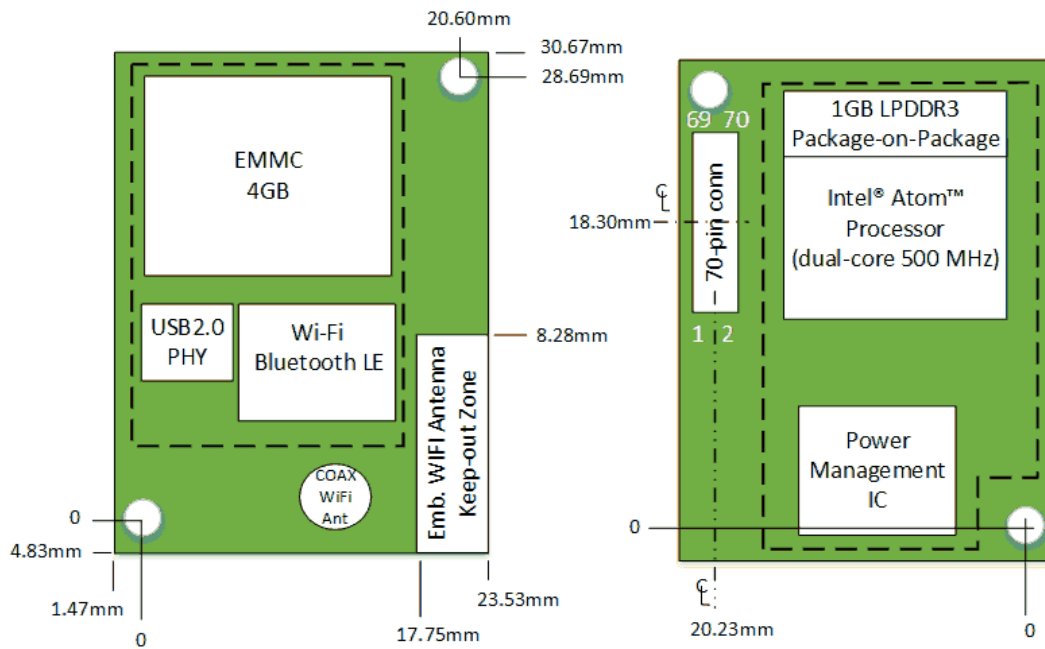
Version 1



Version 2

### Χαρακτηριστικά Intel Edison

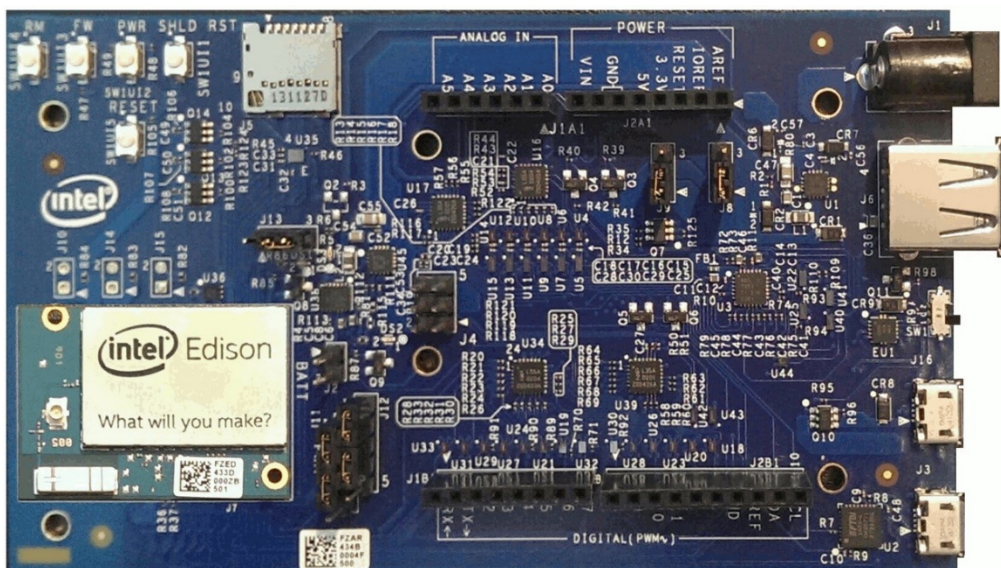
- Usb 2.0
- Serial port via header
- Wifi 802.11 n
- Bluetooth
- Dual Core Atom 500MHz
- 1GB RAM
- 4 EMMC Storage
- Audio
- Operation 3.5-4.5v



Κάτοψη Intel Edison

Ο Intel Edison τρέχει Yocto Linux και υποστηρίζει την ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino IDE, Eclipse(C, C++, Python), και Intel XDK (NodeJS, HTML5). Στην συνέχεια η Intel προχώρησε στην κατασκευή μιας συμβατής πλακέτας Arduino. Υπο με τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

- 20 ψηφιακά pins εισόδου/εξόδου
- 1 UART (Rx/Tx)
- 6 αναλογικές εισόδους
- Micro usb
- Sd card
- Dc power jack 7-15 D



Συμβατική πλακέτα Arduino

Η Intel τερμάτισε την παραγωγή του intel Edison τον Ιούνιο του 2017.

## Κεφάλαιο 3

### Τεχνολογίες Επικοινωνίας Ενσωματωμένων Συστημάτων

#### 3.1 Ασύρματη Επικοινωνία

Ο κόσμος ολοένα και προτιμά την ασύρματη επικοινωνία, με έναν συνεχώς αυξανόμενο αριθμό ανθρώπων που εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα των ασύρματων επικοινωνιών. Ασύρματη επικοινωνία ονομάζουμε την μετάδοση σημάτων χρησιμοποιώντας τα ραδιοκύματα ως μέσο αντί των καλωδίων. Πλέον βρίσκουμε αρκετές συσκευές που χρησιμοποιούν ασύρματη επικοινωνία όπως:

- Ασύρματα πληκτρολόγια/ποντίκια
- Laptops
- Κινητά τηλέφωνα
- Τηλεχειριστήρια και τηλεοράσεις

Για τις επιχειρήσεις, οι ασύρματες τεχνολογίες σημαίνουν νέους τρόπους για να μείνουν σε επαφή με τους πελάτες τους, τους προμηθευτές τους και τους υπαλλήλους τους. Μέρος της ασύρματης επικοινωνίας είναι και τα ασύρματα δίκτυα. Ασύρματο δίκτυο χαρακτηρίζεται το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, συνήθως τηλεφωνικό ή δίκτυο υπολογιστών, το οποίο χρησιμοποιεί επίσης ραδιοκύματα ως φορείς πληροφορίας. Υπάρχουν πολλοί τρόποι επικοινωνίας σε ένα ασύρματο δίκτυο. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Wifi (802.11)
- Bluetooth
- BLE
- 802.15.4



## 3.2 WIFI (802.11)

### **Τι είναι το Wifi**

Το IEEE 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων της IEEE για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) που είχαν ως σκοπό να επεκτείνουν το 802.3 (Ethernet, το συνηθέστερο πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης υπολογιστών) στην ασύρματη περιοχή. Τα πρότυπα 802.11 είναι ευρύτερα γνωστά ως WiFi επειδή η WiFi Alliance, ένας οργανισμός ανεξάρτητος της IEEE, παρέχει την πιστοποίηση για τα προϊόντα που εμπίπτουν στις προδιαγραφές του 802.11. Αυτή η οικογένεια πρωτοκόλλων αποτελεί το καθιερωμένο πρότυπο της βιομηχανίας στο χώρο των ασύρματων τοπικών δικτύων.

### **Λειτουργία**

Όπως τα κινητά τηλέφωνα έτσι και ένα δίκτυο Wifi χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για την μετάδοση πληροφοριών σε ένα δίκτυο. Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης WLAN πρωτοκόλλων. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία χρησιμοποιούμε σε καθημερινή βάση ακολουθούν συνήθως τα στάνταρ του IEEE 802.11. Υπάρχουν διάφορα πρωτόκολλα, όπως το 802.11A, το 802.11B, το 802.11G και το 802.11N. Παρακάτω θα δούμε τις διαφορές τους και ποια τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα του καθενός από αυτά;

#### **802.11A:**

- Μέγιστη ταχύτητα: 54Mbit/sec
- Συχνότητα λειτουργίας: 5GHz
- Δεν ενδείκνυται για εσωτερική χρήση (κακή απόδοση όσον αφορά το «πέρασμα ανάμεσα σε τοίχους»)
- Υποστηριζόμενες κρυπτογραφήσεις: WEP, WPA, WPA2

#### **802.11B:**

- Μέγιστη ταχύτητα: 11Mbit/sec
- Συχνότητα λειτουργίας: 2.4GHz
- Συμβατότητα με τα 802.11G και 802.11N
- Χρησιμοποιεί το ίδιο φάσμα συχνοτήτων με φούρνους μικροκυμάτων, ασύρματα τηλέφωνα και Bluetooth συσκευές

- Υποστηριζόμενες κρυπτογραφήσεις: Πολλές φορές μόνο WEP

### **802.11G:**

- Μέγιστη ταχύτητα: 54Mbit/sec
- Συχνότητα λειτουργίας: 2.4GHz
- Χρησιμοποιεί το ίδιο φάσμα συχνοτήτων με φούρνους μικροκυμάτων, ασύρματα τηλέφωνα και Bluetooth συσκευές
- Υποστηριζόμενες κρυπτογραφήσεις: WEP, WPA-Personal, WPA-Enterprise, WPA2 (AES Personal/Enterprise)

### **802.11N:**

- Μέγιστη ταχύτητα: 1Gbit/sec
- Συχνότητα λειτουργίας: 2.4GHz ή 5GHz
- Όταν λειτουργεί στα 2.4GHz, χρησιμοποιείται το ίδιο φάσμα συχνοτήτων με φούρνους μικροκυμάτων, ασύρματα τηλέφωνα και Bluetooth συσκευές
- Χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραιές για καλύτερη απόδοση
- Υποστηριζόμενες κρυπτογραφήσεις: WPA2-AES

### **Που χρησιμοποιείται**

Η ονομασία WiFi χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συσκευές WLAN που βασίζονται στην προδιαγραφή IEEE 802.11 b/g/n και εκπέμπουν σε συχνότητες 2.4GHz. Ωστόσο το WiFi έχει επικρατήσει και ως όρος αναφερόμενος συνολικά στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Συνήθεις εφαρμογές του είναι η παροχή ασύρματων δυνατοτήτων πρόσβασης στο Internet, τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (VoIP) και διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών όπως τηλεοράσεις, ψηφιακές κάμερες, DVD Player και ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές το 802.11 βρίσκει εφαρμογές ασύρματης μετάδοσης, όπως π.χ. στη μεταφορά φωτογραφιών από ψηφιακές κάμερες σε υπολογιστές για περαιτέρω επεξεργασία και εκτύπωση.

## 3.3 Bluetooth

### **Τι είναι το Bluetooth;**

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (Wireless Personal Area Networks, WPAN). Πρόκειται για μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, η οποία μπορεί να μεταδώσει σήματα μέσω μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές. Επομένως το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο παρέχει προ τυποποιημένη, ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε PDA, κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, προσωπικοί υπολογιστές, εκτυπωτές, καθώς και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή ψηφιακές κάμερες, μέσω μιας ασφαλούς, φθηνής και παγκοσμίως διαθέσιμης χωρίς ειδική άδεια ραδιοσυχνότητας μικρής εμβέλειας. Από τεχνικής άποψης το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης σε φυσικό επίπεδο, υποεπίπεδο MAC και, προαιρετικά, υποεπίπεδο LLC.

### **Εφαρμογές**

Το Bluetooth επιτρέπει την κατάργηση όλων των καλωδίων τα οποία παλαιότερα ήταν απαραίτητα για τη «διασύνδεση» μεταξύ υπολογιστών, φορητών υπολογιστών χειρός, κινητών τηλεφώνων και άλλων ψηφιακών συσκευών, όπως ψηφιακές κάμερες, σαρωτές, εκτυπωτές, μικρόφωνα, ακουστικά, ραδιόφωνα κ.α. Το Bluetooth επιτρέπει την σύνδεση του κινητού με τον υπολογιστή, τη μεταφορά δεδομένων, όπως εικόνες, επαφές και σημειώσεις από κινητό προς κινητό, τη σύνδεση στο Internet κ.α. Όλα αυτά χωρίς καλώδια και πολύπλοκες ρυθμίσεις.

Οι εφαρμογές του λοιπόν είναι πολλαπλές:

- Ασύρματη δικτύωση μεταξύ επιτραπέζιου και φορητού υπολογιστή, σε έναν περιορισμένο χώρο με ελάχιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης.
- Ασύρματα περιφερειακά, όπως εκτυπωτές, ποντίκια και πληκτρολόγια, τα οποία επικοινωνούν με κάποιον επιτραπέζιο ή φορητό υπολογιστή.
- Ασύρματη μεταφορά ψηφιακών αρχείων (εικόνες, mp3 κλπ.) ανάμεσα σε κινητά τηλέφωνα και PDA.
- Ασύρματα ακουστικά για κινητά τηλέφωνα και Smartphone.
- Ιατρικές εφαρμογές – δοκιμάζονται συσκευές από εταιρίες που παρέχουν ηλεκτρονικές συσκευές προχωρημένης ιατρικής.
- Ορισμένοι δέκτες GPS μεταφέρουν πληροφορίες NMEA μέσω Bluetooth.

- Ασύρματη τηλεφωνία στο αυτοκίνητο: Το Bluetooth δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες καταλλήλως εξοπλισμένων κινητών τηλεφώνων να χρησιμοποιούν κάποιες βασικές λειτουργίες τους με ασύρματα ακουστικά. Ανάλογο σύστημα υπάρχει ενσωματωμένο και σε κράνη οδηγών μοτοσικλέτας, επιτρέποντας τη συνομιλία κατά την οδήγηση.
- Απομακρυσμένος έλεγχος συσκευών, όπου έως την εμφάνιση του Bluetooth χρησιμοποιούνταν τεχνολογία υπέρυθρων ακτίνων.

## Λειτουργία

Το Bluetooth επιτρέπει τις απευθείας συνδέσεις από συσκευή προς συσκευή (point to point), καθώς και την ταυτόχρονη σύνδεση έως και 7 συσκευών με τη χρήση μιας μοναδικής συχνότητας. Τις προδιαγραφές της συγκεκριμένης τεχνολογίας ανέπτυξε και υποστηρίζει το Bluetooth Special Interest Group. Το Bluetooth λειτουργεί στο «αδέσμευτο» φάσμα συχνοτήτων των 2,4 GHz, ώστε οι συσκευές που το ενσωματώνουν να μπορούν να λειτουργήσουν απροβλημάτιστα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι παρεμβολές από παρεμφερείς συσκευές, το Bluetooth εκμεταλλεύεται την αμφίδρομη επικοινωνία και τη μέθοδο μετάδοσης με διασπορά φάσματος Frequency Hopping (έως και 1600 εναλλαγές συχνότητας ανά δευτερόλεπτο). Από φυσική άποψη επίσης το Bluetooth λειτουργεί περίπου στα 2.4 GHz, προδιαγράφει τρία επίπεδα ισχύος της εκπομπής από τα οποία εξαρτάται και η εμβέλεια επικοινωνίας (πάντα μικρότερη των 10 μέτρων σε PAN).

## 3.4 BLE

### **Τι είναι το BLE**

Το Bluetooth Low Energy πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά το 2011 ως Bluetooth 4.0. Όταν μιλάμε για Bluetooth Low Energy vs. Bluetooth, η διαφορά είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας του Bluetooth 4.0. Με την κατανάλωση ενέργειας Bluetooth LE, οι εφαρμογές μπορούν να λειτουργούν σε μια μικρή μπαταρία για τέσσερα έως πέντε χρόνια. Δεν είναι ιδανικό για ομιλία στο τηλέφωνο και είναι ζωτικής σημασίας για εφαρμογές που χρειάζονται να ανταλλάσσουν περιοδικά μικρά ποσά δεδομένων.

### **Εύρος BLE**

Ακριβώς όπως το Bluetooth, το BLE λειτουργεί στη ζώνη ISM(industrial, scientific and medical) 2,4 GHz. Σε αντίθεση με την κλασσική τεχνολογία Bluetooth, ωστόσο, το BLE παραμένει σε κατάσταση αναστολής συνεχώς, εκτός από την περίπτωση που ξεκινά μια σύνδεση. Οι πραγματικοί χρόνοι σύνδεσης είναι μόνο μερικά ms, σε αντίθεση με το Bluetooth που θα πάρει ~ 100ms. Ο λόγος για τον οποίο οι συνδέσεις είναι τόσο σύντομες, είναι ότι οι ρυθμοί δεδομένων είναι υψηλοί στα 1 Mb / s.

### **Εφαρμογές M2M / IoT του BLE**

- Συσκευές παρακολούθησης της αρτηριακής πίεσης
- Συσκευές που μοιάζουν με fubit(activity tracker)
- Βιομηχανικοί αισθητήρες παρακολούθησης
- Γεωγραφικές, στοχευμένες προσφορές (iBeacon)
- Εφαρμογές δημόσιων συγκοινωνιών

### **Bluetooth vs. BLE - Η διαφορά IOT**

Συνοπτικά, τα Bluetooth και τα Bluetooth Low Energy χρησιμοποιούνται για πολύ διαφορετικούς σκοπούς. Το Bluetooth μπορεί να χειριστεί πολλά δεδομένα, αλλά καταναλώνει γρήγορα τη ζωή της μπαταρίας και κοστίζει πολύ περισσότερο. Το BLE χρησιμοποιείται για εφαρμογές που δεν χρειάζεται να ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων και συνεπώς μπορούν να

λειτουργούν με μπαταρία για χρόνια με φθηνότερο κόστος. Όλα εξαρτώνται από το τι προσπαθείτε να επιτύχετε.

### 3.5 (802.15.4)

Το πρότυπο IEEE 802.15 αποτελεί την 15 η ομάδα εργασίας του IEEE 802, η οποία επικεντρώνεται στα ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPANs) με περιοχή κάλυψης λιγότερη των 10 μέτρων και γι' αυτό αποτελούν την ιδανικότερη λύση για τη σχεδίαση WSNs . Το προσωπικό δίκτυο (PAN), το οποίο χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση συσκευών που βρίσκονται σε μικρή απόσταση, μπορεί να είναι είτε ενσύρματο με υπολογιστικούς διαύλους είτε ασύρματο (WPAN). Το πρότυπο επικοινωνίας για τα προσωπικά δίκτυα ή για τα ασύρματα δίκτυα μικρών αποστάσεων είναι το 802.15.

#### **Λειτουργία**

Στο πρωτόκολλο 802.15.4 εκχωρούνται συνολικά 27 κανάλια εκ των οποίων 16 κανάλια ανήκουν στη ζώνη των 2.4 GHz, 10 κανάλια στη ζώνη των 915 MHz και 1 κανάλι στη ζώνη των 868 MHz. Η ζώνη των 2.4 GHz αποτελεί την πιο διαδεδομένη ζώνη συχνοτήτων, που είναι και η κοινή ζώνη συχνοτήτων λειτουργίας με τα υπόλοιπα ασύρματα δίκτυα άρα και επικάλυψης.

- 250 Kbps στη ζώνη των 2.4 GHz με κωδικοποίηση O-QPSK
- 40 Kbps στη ζώνη των 915 MHz με κωδικοποίηση BPSK
- 20 Kbps στη ζώνη των 868 MHz με κωδικοποίηση BPSK

Η περιοχή κάλυψης δεν είναι αυστηρά καθορισμένη, καθώς τα χαρακτηριστικά διάδοσης είναι δυναμικά και μεταβαλλόμενα. Μικρές μεταβολές της θέσης και της κατεύθυνσης πιθανόν να έχουν άμεση επίπτωση στην ισχύ ή την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος. Οι αλλαγές αυτές προκύπτουν, είτε μια συσκευή είναι στατική είτε κινείται, εξαιτίας των κινούμενων αντικειμένων που παρεμβάλλονται και επιδρούν άμεσα στη ζεύξη μεταξύ πομπού και δέκτη.

Το βασικότερο συστατικό των δικτύων που χρησιμοποιούν το πρότυπο 802.15.4 είναι η συσκευή ή κόμβος.

Υπάρχουν δύο είδη κόμβων:

- Συσκευή πλήρους λειτουργίας (Full-Function Device –FFD)
- Συσκευή μειωμένης λειτουργίας (Reduced-Function Device –RFD)

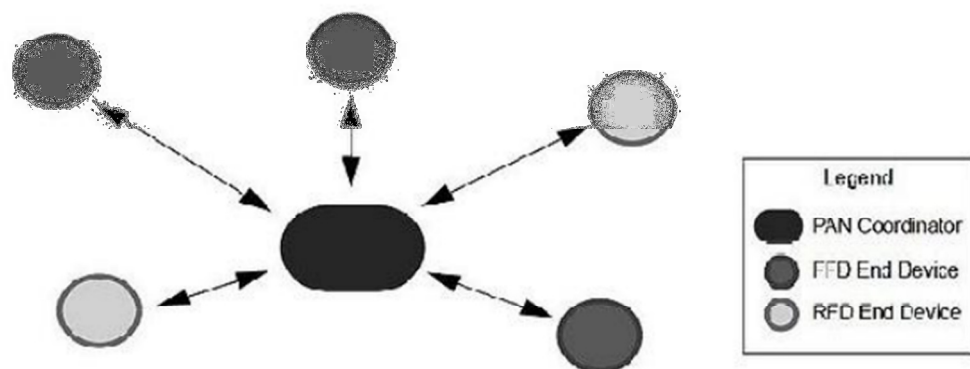
Ένα δίκτυο περιέχει τουλάχιστον έναν κόμβο FFD, ο οποίος λειτουργεί σαν κεντρικός συντονιστής του δικτύου. Ο κόμβος FFD μπορεί να λειτουργήσει είτε ως κεντρικός συντονιστής ενός προσωπικού δικτύου (Personal Area Network –PAN coordinator), είτε ως τοπικός συντονιστής σε οποιαδήποτε περιοχή του δικτύου ή ως απλή συσκευή. Το δίκτυο αποτελείται από κόμβους

FFD, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με οποιονδήποτε κόμβο που βρίσκεται εντός της εμβέλειάς τους, και από κόμβους RFD, οι οποίοι μπορούν να επικοινωνούν μόνο με τον πλησιέστερο κόμβο FFD ή τον έναν κεντρικό κόμβο FFD συντονιστή, ο οποίος είναι συνήθως συνδεδεμένος με έναν υπολογιστή ή κάποιο άλλο δίκτυο. Οι κόμβοι RFD προορίζονται για απλές εργασίες, ενώ οι κόμβοι FFD αποτελούν το βασικό κορμό του δικτύου. Οι κόμβοι ορίζονται είτε με μία 64bit IEEE διεύθυνση είτε μία 16bit «μικρή» διεύθυνση κατά τη διάρκεια της συσχέτισης.

Συνεπώς, ένα δίκτυο σύμφωνα με το πρότυπο 802.15.4 μπορεί να υποστηρίξει μέχρι  $2^{16} - 1 = 65536 - 1 = 65535$  κόμβους με την διεύθυνση 0xFFFF να αποτελεί τη διεύθυνση ευρυεκπομπής (broadcast address).

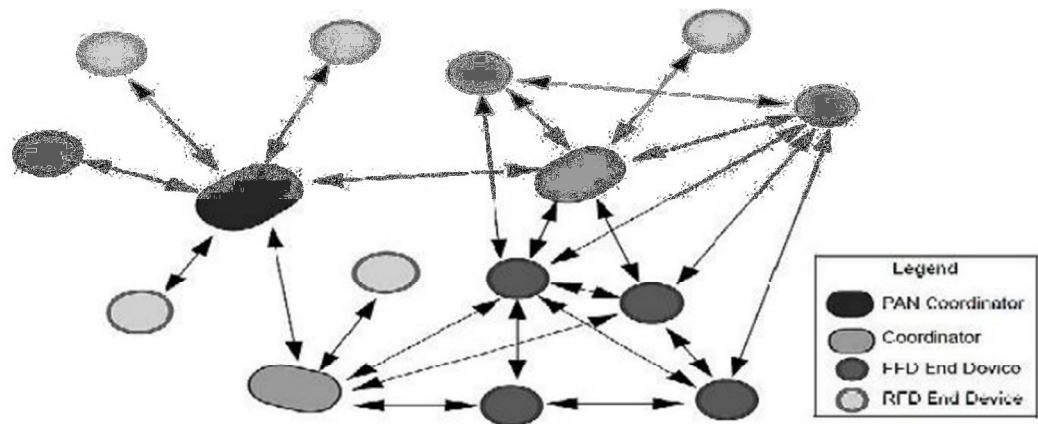
Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 υποστηρίζει τρεις βασικές τοπολογίες

- Τοπολογία αστέρα



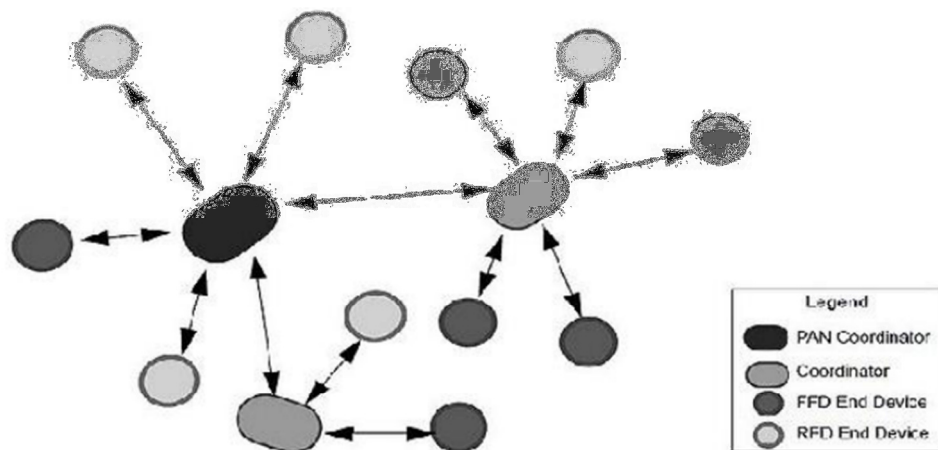
Στην τοπολογία αστέρα η συσκευή FFD, μετά την πρώτη ενεργοποίησή της, μπορεί να εγκαθιδρύσει το δίκτυό της και να λειτουργεί ως PAN coordinator. Με την επιλογή ενός PAN Identifier, που είναι μοναδικό για κάθε δίκτυο εντός της περιοχής εκπομπής, όλα τα δίκτυα αστέρα λειτουργούν ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα δίκτυα αστέρα σε τρέχουσα λειτουργία.

- Τοπολογία peer-to-peer (mesh)



Στην peer-to-peer τοπολογία κάθε συσκευή μπορεί να επικοινωνήσει με κάθε άλλη που βρίσκεται στην περιοχή εκπομπής της, καθώς και να εξαχθούν επιπρόσθετες τοπολογίες όπως η cluster tree μορφή. Μια συσκευή ορίζεται ως PAN coordinator, η οποία μπορεί να αποτελεί την πρώτη συσκευή που επικοινωνεί στο δίκτυο.

- Τοπολογία Cluster – tree



Η τοπολογία αυτή αποτελεί μία ειδική περίπτωση της τοπολογίας peer-to-peer. Οι περισσότερες συσκευές αυτής της τοπολογίας είναι συσκευές FFD, ενώ μία συσκευή RFD μπορεί να συνδεθεί μόνο όταν είναι στο τέλος της διακλάδωσης του cluster, αφού έχει τη δυνατότητα να επικοινωνήσει μόνο με μια συσκευή FFD κάθε φορά. Η κάθε συσκευή FFD έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει σαν συντονιστής και να παρέχει συγχρονισμό σε άλλες συσκευές καθώς και σε άλλους συντονιστές. Ως καθολικός PAN coordinator του δικτύου, ο οποίος καταναλώνει τους περισσότερους υπολογιστικούς πόρους από κάθε άλλη συσκευή, μπορεί να λειτουργήσει μόνο ένας συντονιστής. Ο PAN coordinator σχηματίζει την πρώτη ομάδα-cluster, της οποίας αποτελεί το cluster head –CLH της ομάδας με το cluster identifier –CID να λαμβάνει την τιμή 0, επιλέγει ένα χρησιμοποιήσιμο PAN identifier και μεταδίδει ευρέως ακολουθίες δεδομένων σε γειτονικές συσκευές. Μια συσκευή, που είναι



υποψήφια για σύνδεση, όταν λάβει μια ακολουθία δεδομένων μπορεί να απαιτήσει να συνδεθεί στο δίκτυο μέσω του CLH και αν ο PAN coordinator της επιτρέψει, τότε θα προστεθεί η συσκευή ως child στη λίστα των γειτόνων του. Εν συνεχεία, η συσκευή αυτή θα προσθέσει το CLH ως parent στη λίστα γειτόνων της και θα ξεκινήσει η μετάδοση περιοδικών ακολουθιών (periodic beacons). Αν η σύνδεση αυτή δεν είναι εφικτή, τότε η συσκευή θα αναζητήσει άλλο CLH –parent που ανήκει σε άλλο cluster του δικτύου. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι η ευρεία κάλυψη μιας περιοχής, ενώ μειονέκτημά της είναι η χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης των μηνυμάτων.

## **Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer) του 802.15.4**

Το φυσικό επίπεδο παρέχει την υπηρεσία PHY data service και την PHY management service, που αλληλοεπιδρά με την οντότητα διαχείρισης του φυσικού επιπέδου (Physical Layer Management Entity –PLME). Το πρότυπο 802.15.4 καθορίζει ως επιτρεπόμενη τεχνική μετάδοσης του φυσικού επιπέδου την τεχνική εξάπλωσης φάσματος συνεχούς ακολουθίας DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) με διαμόρφωση BPSK (Binary Phase Shift Keying) ή OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying). Οι βασικές λειτουργίες και υπηρεσίες που υλοποιούνται από το PHY επίπεδο του 802.15.4 είναι:

- Ενεργοποίηση και Απενεργοποίηση του Πομποδέκτη (transceiver), όπου αυτός τίθεται σε μία από τις τρεις καταστάσεις: εκπομπή, λήψη και sleeping.
- Ανίχνευση Ενέργειας (Energy Detection –ED) στο τρέχον κανάλι, η οποία είναι μια εκτίμηση της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος.
- Κατανομή Εγγυημένων Χρονοθυρίδων (Guaranteed Time Slots - GTSS)
- Έλεγχος Αδράνειας Καναλιού (Clear Channel Assessment - CCA) για πολλαπλή πρόσβαση χρησιμοποιώντας ED ή ανίχνευση φέροντος σήματος (Carrier Sense mode) ή και συνδυασμό και των δύο. Σε κατάσταση ED το μέσο θεωρείται κατειλημμένο αν ανιχνευθεί επίπεδο ενέργειας πάνω από ένα προκαθορισμένο κατώφλι (threshold), ενώ σε κατάσταση ανίχνευσης φέροντος το μέσο θεωρείται κατειλημμένο αν ανιχνευθεί σήμα με τη διαμόρφωση και τα spreading χαρακτηριστικά του προτύπου 802.15.4. Στη συνδυασμένη κατάσταση, απαιτούνται αμφότερες οι προαναφερθείσες συνθήκες να λαμβάνονται υπόψιν για το αν το μέσο είναι κατειλημμένο ή όχι.
- Ένδειξη Ποιότητας Ζεύξης (Link Quality Indication –LQI) για τα ληφθέντα πακέτα, όπου πραγματοποιείται αυτή η μέτρηση για κάθε πακέτο που λαμβάνεται. Η μέτρηση της ισχύος ή/και της ποιότητας μιας ζεύξης, μέσω της οποίας μεταφέρεται ένα πακέτο, γίνεται με τη χρήση του ED του λήπτη, ένα

ποσοστό σήματος προς θόρυβο, ή ένα συνδυασμό αυτών. Βέβαια, ο τρόπος υπολογισμού του LQI από το 802.15.4 δεν καθορίζεται πλήρως, αφήνοντας το σχεδιαστή να εισάγει το δικό του ανάλογα με τους πόρους που διαθέτει, τις απαιτήσεις της εφαρμογής και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

- Επιλογή συχνότητας καναλιού, αφού οι ασύρματες ζεύξεις μπορούν να λειτουργήσουν σε 27 διαφορετικά κανάλια υπό το πρότυπο 802.15.4 και έτσι το φυσικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη μετάθεση του πομποδέκτη σε ένα συγκεκριμένο κανάλι.

- Αποστολή και λήψη δεδομένων, η οποία και είναι η πιο βασική λειτουργία του φυσικού επιπέδου, εφαρμόζοντας τεχνικές διαμόρφωσης και spreading.

- Δομή των πακέτων του φυσικού επιπέδου, όπου η επικεφαλίδα συγχρονισμού SHR (Synchronization Header) αποτελείται από το preamble σήμα που χρησιμεύει για το συγχρονισμό και από το πεδίο που υποδηλώνει το τέλος του πεδίου συγχρονισμού SFD (Start Of frame Delimiter), που καθορίζει το τέλος του πεδίου SHR και την αρχή του υπόλοιπου πακέτου. Η επικεφαλίδα φυσικού επιπέδου PHR (PHY Header) αποτελείται από 8 bits και περιέχει πληροφορίες για το μήκος του πλαισίου. Το τμήμα δεδομένων του φυσικού επιπέδου (PHY Payload) είναι αυτό που ακολουθεί στο τέλος και περιλαμβάνει και το πλαίσιο MAC, το οποίο είναι μεταβλητού μήκους.

## **Το Υπο-επίπεδο Ελέγχου Προσπέλασης στο Μέσο Μετάδοσης (MAC-Media Access Control) του 802.15.4**

Το MAC υπο-επίπεδο εξασφαλίζει τη διασύνδεση των ανώτερων επιπέδων με το φυσικό, δηλαδή είναι το επίπεδο που δρα ως διεπαφή μεταξύ του υποεπιπέδου ελέγχου λογικής σύνδεσης (LLC) και του PHY Layer. Το πρωτόκολλο ελέγχου προσπέλασης στο μέσο παρέχει διευθυνσιοδότηση και μηχανισμούς ελέγχου προσπέλασης του καναλιού, το οποίο καθιστά δυνατή την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών ή των κόμβων του δικτύου. Το υποεπίπεδο MAC εξομοιώνει ένα δικατευθυντήριο κανάλι επικοινωνίας σε δίκτυο πολλών σημείων, όπου το κανάλι μπορεί να παρέχει υπηρεσίες μόνο εκπομπής (unicast), πολυεκπομπής (multicast) ή ευρυεκπομπής (broadcast). Το MAC υπο-επίπεδο παρέχει την υπηρεσία MAC data service και την MAC management service, που διασυνδέονται με την οντότητα διαχείρισης του MAC (MAC Layer Management Entity –MLME) και την υπηρεσία πρόσβασης σημείου (Service Access Point - SAP). Οι βασικές αρμοδιότητες που υλοποιούνται από το MAC υποεπίπεδο του 802.15.4 είναι:

- Η διαχείριση του beacon

- Η πρόσβαση στο διαθέσιμο κανάλι
- Η διαχείριση των εγγυημένων χρονοθυρίδων (Guaranteed Time Slots – GTS)
- \*Η επιβεβαίωση των μεταδιδόμενων frames
- \*Η αναγνώριση της μεταφοράς των frames

Το πρότυπο 802.15.4 μπορεί να λειτουργήσει είτε σε non-beacon-enabled mode είτε σε beacon-enabled mode. Στην πρώτη περίπτωση, η οποία είναι ιδανική για δίκτυα τοπολογίας αστέρα, υποστηρίζονται δίκτυα πολλαπλών βημάτων (multi-hop), όπου μια ομάδα κόμβων είναι μονίμως ενεργή και αναμεταδίδει μηνύματα που δημιουργήθηκαν από άλλους κόμβους χαμηλής κατανάλωσης. Στην non-beacon λειτουργία, χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος CSMA χωρίς χρονοθυρίδες (un-slotted) και δεν χρησιμοποιείται ο μηχανισμός RTS (Ready to Send) / CTS (Clear to Send), αφού το μέγεθος των πλαισίων του 802.15.4 είναι μικρό. Υπάρχει όριο στον αριθμό των αποσύρσεων που γίνονται, για την αποφυγή αέναης απόσυρσης (backoff), στην οποία ο χρόνος απόσυρσης του CSMA αυξάνεται εκθετικά χωρίς όρια, και μόλις φτάσει στο μέγιστο αυτό όριο δημιουργείται μια αναφορά αποτυχίας πρόσβασης στο κανάλι (channel access failure) από το MAC και αποστέλλεται στο ανώτερο επίπεδο της στοίβας. Στην άλλη περίπτωση λειτουργίας, την beacon-enabled mode, ο χρόνος του καναλιού διαιρείται σε υπερ-πλαίσια (super-frames), όπου οριοθετούνται από τους συντονιστές της ομάδας κατά την εκπομπή beacons. Στα πλαίσια μιας ομάδας, όλες οι επικοινωνίες, γίνονται κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου υπερ-πλαίσιου, η διάρκεια του οποίου ονομάζεται διάρκεια υπερ-πλαίσιου (Super-frame Duration –SD). Βέβαια, ο συντονιστής μπορεί να απενεργοποιήσει την εκπομπή των beacons και έτσι να μην χρησιμοποιήσει τη δομή του υπερ-πλαίσιου. Εφόσον είναι επιθυμητό, οι αισθητήρες να έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, στα super-frames υπάρχει ένα συνιστώμενο διάστημα εντός του οποίου ο coordinator δεν δέχεται πακέτα. Έτσι, όλες οι πληροφορίες πρέπει να μεταδοθούν στο ενεργό διάστημα ενώ ο coordinator «πέφτει για ύπνο» (sleep) όλο το υπόλοιπο διάστημα. Συνεπώς, το super-flame αποτελείται από ένα ενεργό και ανενεργό τμήμα, όπου το πρώτο υποδιαιρείται σε σχισμές σταθερού μήκους και αποτελείται από μία περίοδο ανταγωνισμού πρόσβασης (Contention Access Period –CAP), στην οποία οι κόμβοι ανταγωνίζονται για την πρόσβαση στο μέσο χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο slotted CSMA/CA, και μία περίοδο πρόσβασης χωρίς ανταγωνισμό, στην οποία οι κόμβοι μεταδίδουν τα δεδομένα τους χωρίς διαμάχη και σε εγγυημένες χρονικές «σχισμές» (Guaranteed Time Slots – GTS), τις οποίες διαθέτει και διαχειρίζεται ο PAN coordinator.

Το MAC υποεπίπεδο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Πολλαπλής Πρόσβασης με Ανίχνευση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance –CSMA/CA) για την επιλογή της χρονικής στιγμής που θα εκπέμψει μια συσκευή ή θα τεθεί σε αναμονή για τη λήψη ενός πακέτου. Χρησιμοποιούνται δύο τύποι προσπέλασης, οι οποίοι αναφέρθηκαν ονομαστικά πιο πάνω, ανάλογα με τη διαμόρφωση του καναλιού :

1. Un-slotted μορφή του αλγορίθμου, που είναι διαδεδομένη σε δίκτυα με απενεργοποιημένη την εκπομπή beacons και με πρόβλεψη της ανίχνευσης του καναλιού πριν την μετάδοση. Έτσι, μια συσκευή σε κάθε εκπομπή δεδομένων, πρέπει να περιμένει ένα τυχαίο χρονικό διάστημα περιόδων back off. Σε περίπτωση αδράνειας του καναλιού αρχίζει η μετάδοση, ενώ στην περίπτωση που είναι απασχολημένο ακολουθείται ένας τυχαίος αλγόριθμος back off και έπειτα εκπέμπει. Κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, δεν ανιχνεύει το κανάλι και στέλνει την ακολουθία δεδομένων ολόκληρη, η οποία μπορεί να χαθεί λόγω παρεμβολών.

2. Slotted μορφή του αλγορίθμου, που χρησιμοποιείται από δίκτυα με ενεργοποιημένη την εκπομπή beacons. Οι χρονοσχιστές απόσυρσης ευθυγραμμίζονται με την αρχή εκπομπής του πλαισίου beacon και όταν ένας κόμβος επιθυμεί να εκπέμψει στη διάρκεια της περιόδου ανταγωνισμού του καναλιού, εντοπίζει το όριο της επόμενης θυρίδας και περιμένει τυχαίο χρόνο. Αν το κανάλι είναι κατειλημμένο, θα πρέπει να περιμένει για ένα τυχαίο αριθμό από θυρίδες και να ξαναδοκιμάσει για την πρόσβασή του στο κανάλι, ενώ αν είναι ελεύθερο περιμένει για το επόμενο όριο της θυρίδας και έπειτα εκπέμπει.

# Κεφάλαιο 4

## Αισθητήρες και Ενεργοποιητές Ενσωματωμένων Συστημάτων

### 4.1 Τι είναι οι Αισθητήρες

Αισθητήρας ονομάζεται μία συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε καθημερινά αντικείμενα, όπως κουμπιά ανελκυστήρων ευαίσθητα στην αφή και λάμπες φωτισμού που εκπέμπουν λαμπρότερα ή απαλότερα αγγίζοντας τη βάση τους. Υπάρχουν αναρίθμητες ακόμη χρήσεις που οι περισσότεροι άνθρωποι δεν αντιλαμβάνονται. Τις εφαρμογές τους συναντούμε στα αυτοκίνητα, σε μηχανές, στην αεροναυπηγική, την ιατρική, τη βιομηχανία και τη ρομποτική. Υπάρχουν πολλά είδη αισθητήρων όπως θα δούμε στην παρακάτω εικόνα.



Ο κάθε διαφορετικός τύπος αισθητήρα έχει μια δική του ξεχωριστή λειτουργία. Σας αναφέρουμε κάποια χαρακτηριστικά που μπορεί να έχει κάποιος αισθητήρας.

### **Εύρος**

Τα όρια στα οποία η συσκευή λειτουργεί αξιόπιστα.

### **Ακρίβεια**

Η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη τιμή εισόδου.

### **Ευαισθησία**

Η σχέση της αλλαγής εξόδου προς τη αλλαγή εισόδου, είναι ίση με τη διαφορά των τιμών της εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών εισόδου.

### **Απόκριση**

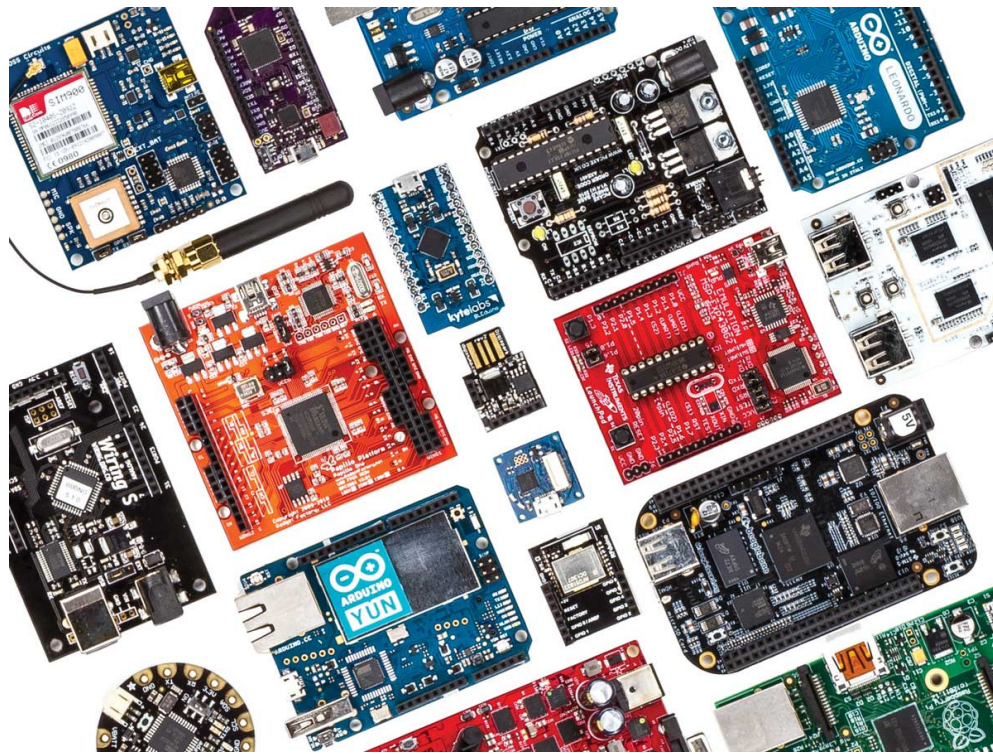
Ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει τη τελική τιμή η έξοδος.

### **Επαναληψιμότητα**

Η παραγωγή του ίδιου αποτελέσματος, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, με την ίδια είσοδο.

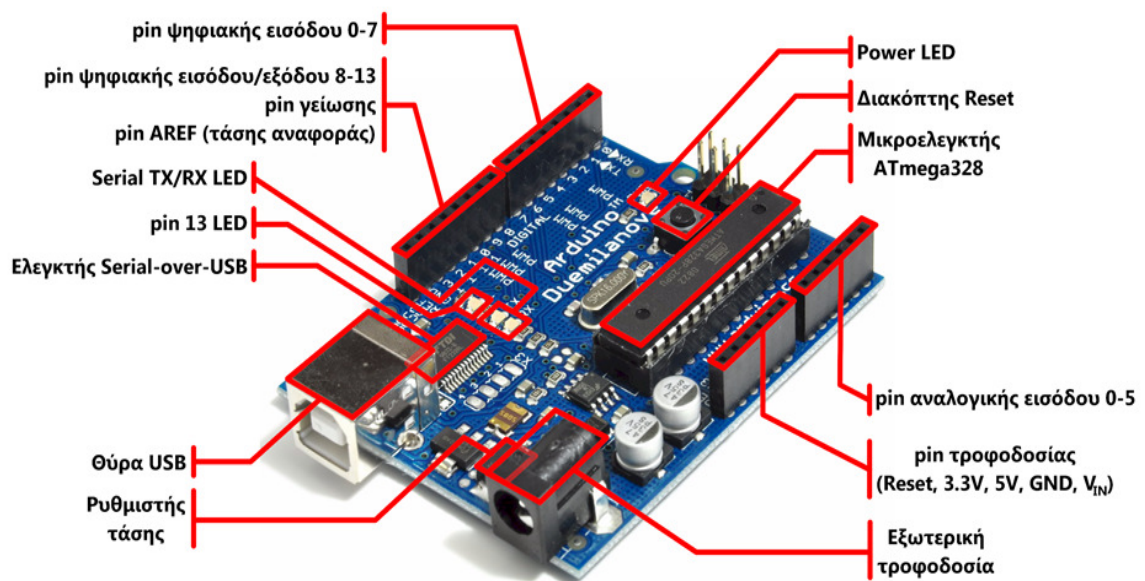
## **4.2 Τι είναι το Arduino**

Το **Arduino** είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++ ). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες όπως το διάγραμμα ακόμα και οι πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους.

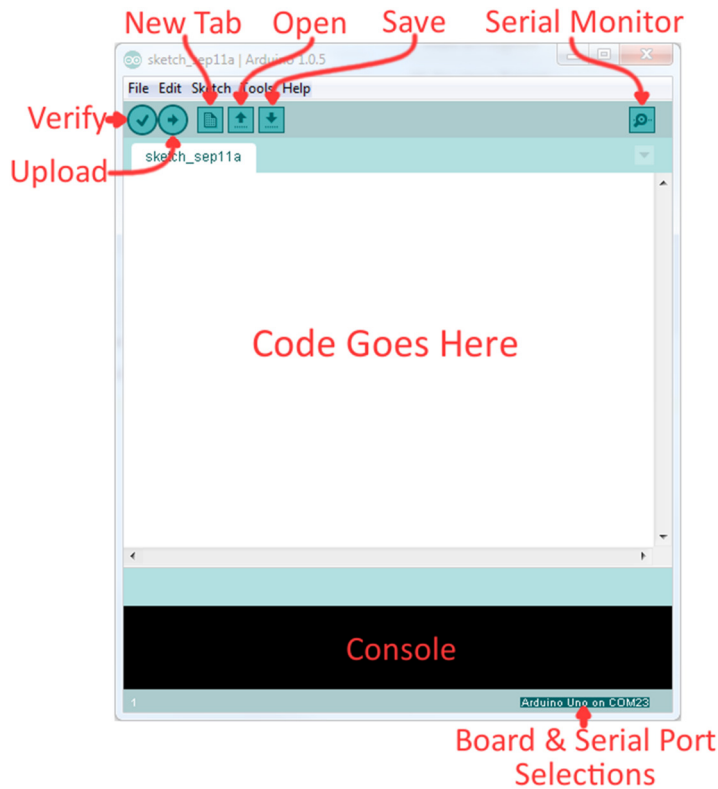


Μερικές βασικές εκδόσεις Arduino:

- 1.Arduino Nano
- 2.Arduino UNO
- 3.Arduino Lily Pad
- 4.Arduino Mega
- 5.Arduino Yun



Ότι χρειάζεστε για την διαχείριση του Arduino από τον υπολογιστή σας το παρέχει το Arduino IDE, την τελευταία έκδοση του οποίου μπορείτε να κατεβάσετε από το επίσημο site για καθένα από τα τρία δημοφιλέστερα



λειτουργικά συστήματα.

Το Arduino IDE είναι βασισμένο σε Java και συγκεκριμένα παρέχει:

- Ένα πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων (τα οποία ονομάζονται sketch στην ορολογία του Arduino) με συντακτική χρωματική σήμανση,
- Αρκετά έτοιμα παραδείγματα,
- Μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της γλώσσας και για να χειριζόμαστε εύκολα μέσα από τον κώδικά μας τα εξαρτήματα που συνδέετε στο Arduino,
- Τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch σας,
- Ένα serial monitor που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά της επιλογής μας στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για το debugging των sketch μας
- Και την επιλογή να ανεβάζουμε το μεταγλωττισμένο sketch στο Arduino.

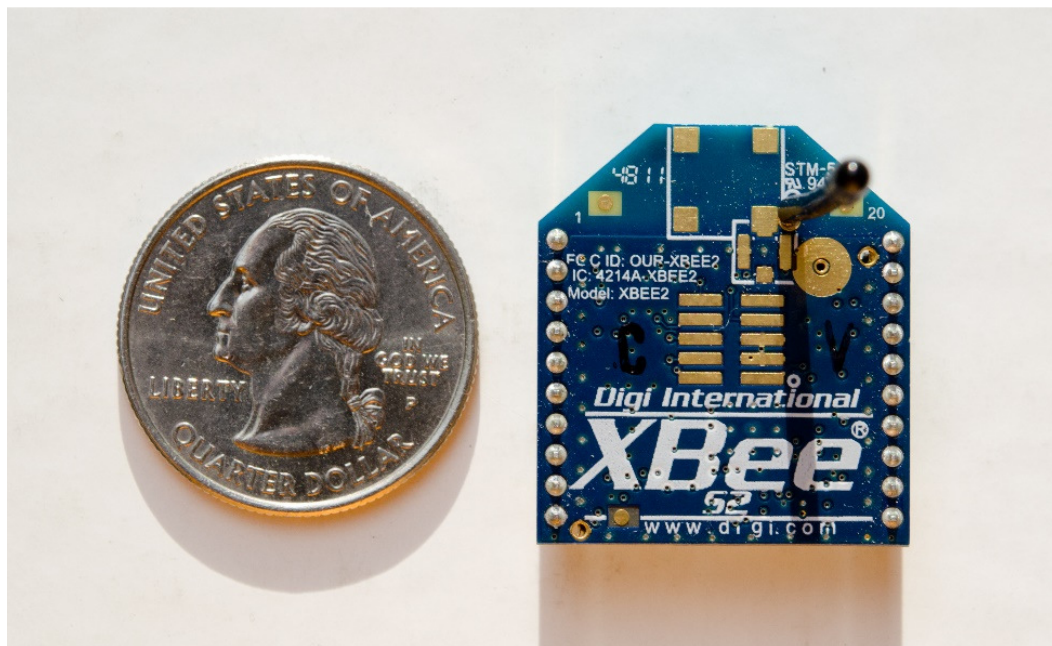


## 4.3 Τι είναι το Xbee

Το Xbee της εταιρίας Digi είναι ένα module ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο 802.15.4 το οποίο έχει εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση και περιέχει αρκετά μεγάλη εμβέλεια (~40 μέτρα) που το οποίο συνδέεται σε Vcc, Gnd και Tx Rx. Η οικογένεια Xbee έχει αρκετές εκδόσεις με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Παρακάτω θα δούμε μερικά χαρακτηριστικά αλλά και πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου module.

### Χαρακτηριστικά/Πλεονεκτήματα

- 802.15.4 / Multipoint τοπολογίες (πολλαπλών σημείων),
- Συχνότητες 2.4GHz για χρήση σε όλο τον κόσμο (ISM Band),
- Συχνότητες 900MHz για συστήματα μεγάλων αποστάσεων,
- Πλήρως συμβατά με άλλα προϊόντα δικτύωσης Drop-in της εταιρίας (Digi), συσκευών επέκτασης δικτύου κτλ.
- Κοινός τρόπος διασύνδεσης XBee για πλήθος συσκευών RF.
- Κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (sleep mode)
- Πολλαπλές λύσεις κεραιών
- Διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές χαμηλής κατανάλωσης και μικρών αποστάσεων

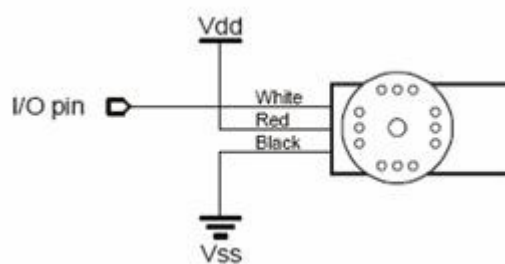


Xbee s2

## 4.4 Τι είναι το servo



Οι κινητήρες servo είναι μικρές συσκευές που έχουν έναν εξωτερικό άξονα. Αυτός ο άξονας μπορεί να μετακινηθεί σε διάφορες θέσεις αν αποσταλεί στον servo ένα κωδικοποιημένο σήμα. Όσο υπάρχει αυτό το σήμα στην γραμμή εισόδου του Servo τόσο αυτός θα διατηρεί τον άξονα του σε μια συγκεκριμένη θέση. Όταν αλλάζει το σήμα προκαλεί στον servo να μεταβάλει την γωνία του άξονα. Σε πρακτικές εφαρμογές οι servos χρησιμοποιούνται σε τηλεχειριζόμενα αεροπλάνα, αυτοκίνητα και στην ρομποτική. Οι κινητήρες αυτοί έχουν εξαιρετικά μικρό μέγεθος αλλά είναι αρκετά ισχυροί για το μέγεθος τους. Ο άξονας μπορεί να μετακινηθεί από την θέση 0 στη θέση 180 σε περίπου 1.5 second ανάλογα πάντα το μοντέλο.



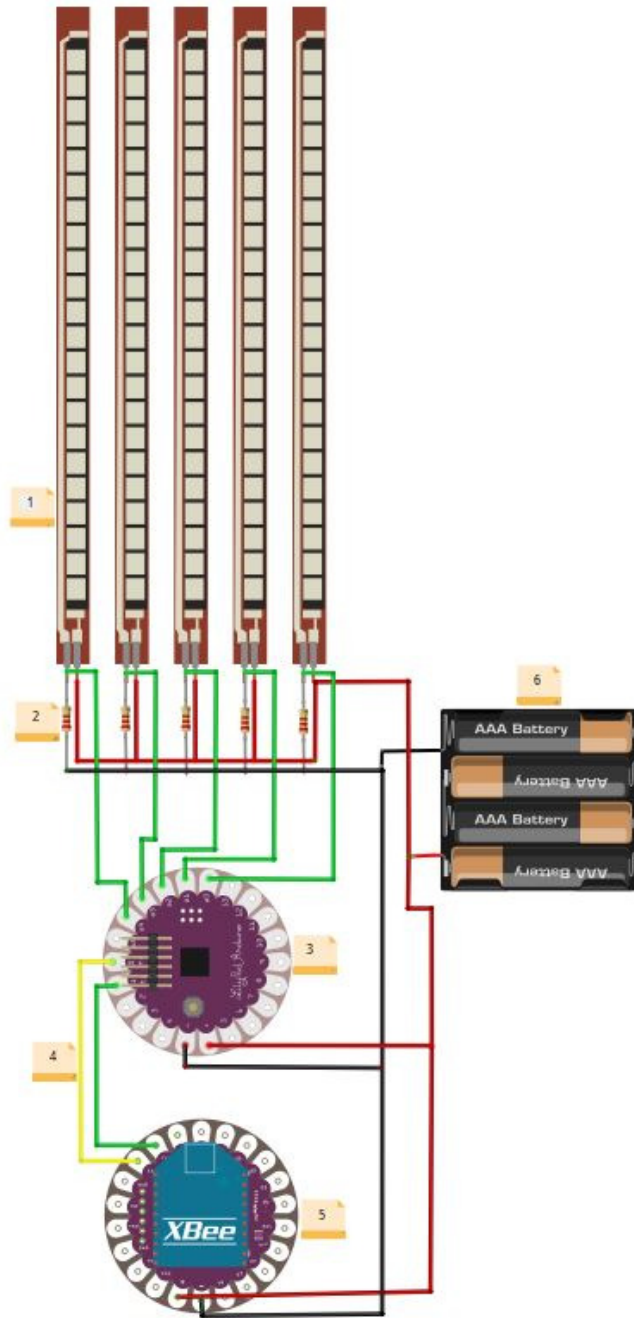
Για την διασύνδεση ενός σερβοκινητήρα απαιτούνται 1 Pin Εισόδου, όπως επίσης μια γραμμή για την τάση και μια γραμμή για την γείωση.

## **Κεφάλαιο 5**

### **Σχεδιασμός και Υλοποίηση Πλατφόρμας**

#### **5.1 Σχεδίαση Έξυπνου Γαντιού**

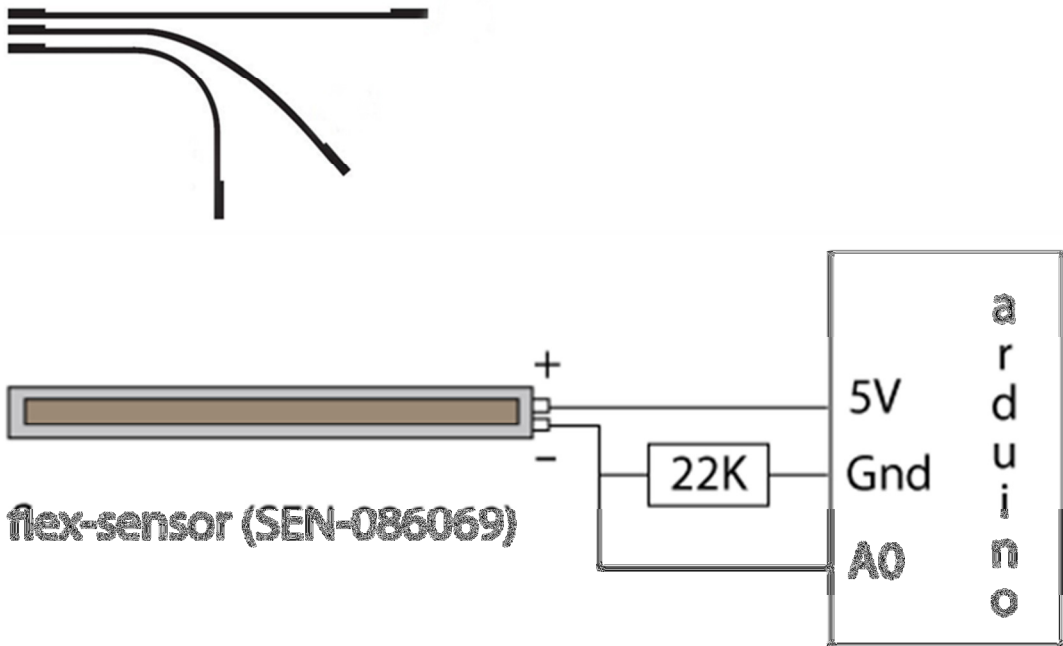
Το γάντι που το οποίο δημιουργήσαμε, είναι ο ελεγκτής του μηχανικού βραχίονα. Χωρίς το γάντι, ο βραχίονας δεν μπορεί να κινηθεί εκτός αν λάβει εντολή από τον υπολογιστή. Παρακάτω θα δούμε τον σχεδιασμό του γαντιού.



Διασύνδεση Arduino LilyPad με 5 flex sensors, Xbee και το battery pack

**1. Flex Sensors.**

Παίρνουμε τιμές από κάθε αισθητήρα που έχουμε λυγίζοντας τον από 0 ως 90 °.



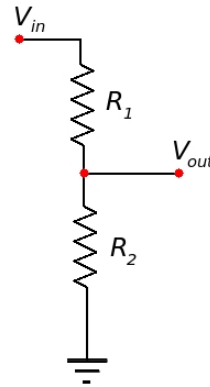
## 2. 22 K Ohm Resistors

Το flex sensor είναι στην ουσία μια αντίσταση που όσο την λυγίζουμε η τιμή της μεταβάλλεται από 30-70K ohm. Για να πάρουμε αναλογική τιμή φτιάξαμε έναν διαιρέτη τάσης.

Ο διαιρέτης τάσης ή διαιρέτης δυναμικού είναι μία απλή κυκλωματική διάταξη η οποία αποτελείται από δύο αντιστάτες συνδεδεμένους εν σειρά, στα άκρα των οποίων εφαρμόζεται η τάση εισόδου. Ως τάση εξόδου λαμβάνεται η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της μίας εκ των δύο αντιστάσεων. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η τάση εξόδου κυμαίνονται από το 0 έως την τάση εισόδου.

$$\text{Ρεύμα κυκλώματος: } I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Τάση εξόδου: } V_{out} = I \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$



Στο δικό μας παράδειγμα έχουμε:

$$V_{in} = 4.8V$$

$$R_1 = 30-70 \text{ K ohm}$$

$$R_2 = 22 \text{ K ohm}$$

$$\text{Minimum Value: } V_{out} = \frac{22k}{30k+22k} * 4.8$$

Maximum Value:  $V_{out} = \frac{22k}{70k+22k} * 4.8$

Άρα Θα έχουμε  $V_{out-min} = 2V$  όταν οι αισθητήρες μας θα είναι στην ευθεία και θα έχουμε  $V_{out-max} = 1.1$  όταν οι αισθητήρες μας θα είναι με κλίση  $90^\circ$ .

### 3. Arduino Lilypad

Ο μικροελεγκτής arduino lilypad λαμβάνει τιμές από τις αναλογικές θύρες 0-4, τις αποθηκεύει σε μεταβλητές που έχουμε ορίσει (“antixeiras, deikths, mesaios, paramesos, mikros”).

Τα servo καταλαβαίνουν μόνο τιμές από 0-180 ενώ οι αναλογικές τιμές που παίρνουμε από τα flex sensor είναι από 450-700 περίπου, άρα πρέπει να μετατρέψουμε τις τιμές που παίρνουμε από τα flex sensor σε τιμές από 0-180. Αυτό θα το κάνουμε με το map function.

`Var = map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh);`

Το map() επαναπροσδιορίζει έναν αριθμό από το ένα φάσμα στο άλλο.

Value = Η τιμή μας που θέλουμε να κάνουμε map.

fromLow = Η κατώτερη τιμή που μπορεί να φτάσει το value

fromHigh = Η μέγιστη τιμή που μπορεί να φτάσει το value.

toLow = Η κατώτερη τιμή που θέλουμε να έχει.

toHigh = Η μέγιστη τιμή που θέλουμε να έχει.

Ορίζουμε τις μεταβλητές μας ως εξής :

Value	fromLow	fromHigh	toLow	toHigh
Antixeiras	Antixeiras_kleistos	Antixeiras_anoiktos	0	60
Deikths	Deikths_kleistos	Deikths_anoiktos	0	80
Mesaios	Mesaios_kleistos	Mesaios_anoiktos	0	80
Paramesos	Paramesos_kleistos	Paramesos_anoiktos	0	80
Mikros	Mikros_kleistos	Mikros_anoiktos	0	60

Πίνακας Mapping τιμών από τα flex σε τιμές για τα Servo

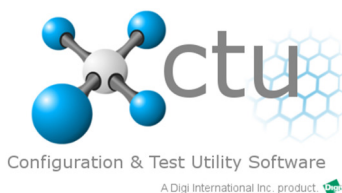
Έπειτα με το Xbee στέλνουμε σειριακά τα δεδομένα στο άλλο άκρο.

### 4.Επικοινωνία Lilypad με Xbee shield

Η επικοινωνία μεταξύ του arduino με το lilypad γίνεται με 2 καλωδιακά στις ψηφιακές θύρες 1 και 2 όπου είναι Tx και Rx του lilypad το ίδιο και στο Xbee shield. Το Tx του Arduino με το Rx του Xbee shield και αντίστοιχα το Rx του Arduino με το Tx του Xbee shield.

#### 5. Ασύρματη επικοινωνία Xbee

Χρησιμοποιούμε για ασύρματη σειριακή επικοινωνία το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4. Για να μπορέσουμε να ρυθμίσουμε και να προγραμματίσουμε τα Xbee χρειαστήκαμε το XCTU το οποίο είναι το πρόγραμμα για την διαχείριση των Xbee και είναι τις εταιρίας Digi που κατασκευάζει τα Xbee.



Για να μπορέσουμε να προγραμματίσουμε τα Xbee χρειαζόμαστε ένα μέσω επικοινωνίας με το οποίο θα μπορεί να γίνει αναγνωρίσιμο από τον υπολογιστή. Εμείς επιλέξαμε το usb Xbee Explorer ενώ άλλες επιλογές είναι "XBee Explorer Serial" και "XBee Explorer Dongle".



*USB Explorer, Explorer Dongle, Serial Explorer*

Με το πρόγραμμα XCTU κάναμε add τα 2 Xbee και μπορούμε πλέον να τα ρυθμίσουμε.

Για να μπορέσει να επικοινωνήσει το ένα με το άλλο θα πρέπει να είναι και στο ίδιο Baud rate που προσδιορίζει το πόσα δεδομένα μεταφέρει ανά δευτερόλεπτο (9600 bits per second στην δική μας περίπτωση).

Αυτό που ζητάμε είναι τα 2 Xbee να επικοινωνούν μεταξύ τους και πρέπει να κάνουμε τις παρακάτω ρυθμίσεις.

Setting	Acronym	XBee 1	XBee 2
<b>Channel</b>	<b>CH</b>	C	C
<b>PAN ID</b>	<b>ID</b>	D4A1	D4A1
<b>Destination Address High</b>	<b>DH</b>	0	0
<b>Destination Address Low</b>	<b>DL</b>	1	0
<b>Source Address</b>	<b>MY</b>	0	1

Πίνακας ρυθμίσεων σύνδεσης Xbee

#### -Channel

Ρυθμίζουμε πρώτα το κανάλι επικοινωνίας (channel frequency) που θα επικοινωνούν τα xbee. Στο δικό μας παράδειγμα βάλουμε “C”

#### -To PAN ID (Personal Area Network)

Το ID δικτύου πρέπει να είναι ίδιο για να επικοινωνήσουν τα xbee. Μπορούμε να βάλουμε δεκαεξαδικές τιμές από 0 έως 0xFFFF δηλαδή 65536 διαφορετικούς συνδιασμούς.

Η πιθανότητα να έχουμε το ίδιο id με κάποιον άλλον είναι μιδαμινή.

Εμείς διαλέξαμε τυχαία το “D4A1”

#### -My address(MY)

Κάθε Xbee στο δίκτυο πρέπει να έχει μια μοναδική δεκαεξαδική διεύθυνση.

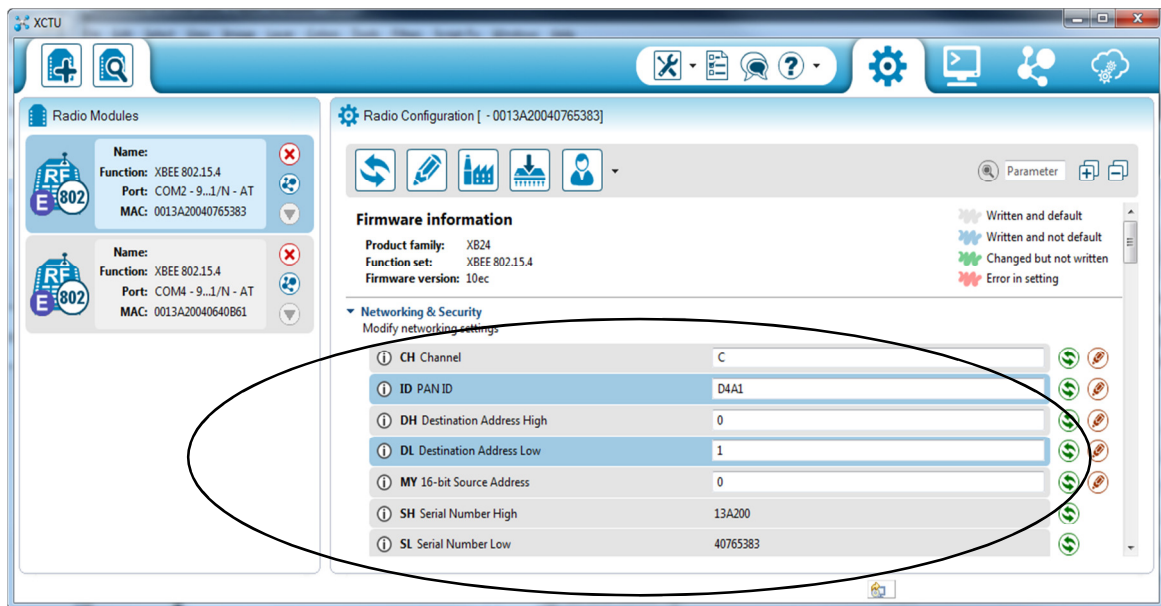
Στο δικό μας παράδειγμα βάλουμε στο άκρο του γαντιού “0” και στον βραχίονα “1”

#### -Destination address (DH&DL)

Κάθε xbee πρέπει να έχει και ένα destination address για να ξέρει που να στείλει τα δεδομένα. Για να στείλει ένα xbee δεδομένα σε ένα άλλο xbee πρέπει το destination address του να είναι ίδιο με το source του άλλου xbee.

Στο δικό μας παράδειγμα βάλουμε στο άκρο του γαντιού “1” και στον βραχίονα “0”



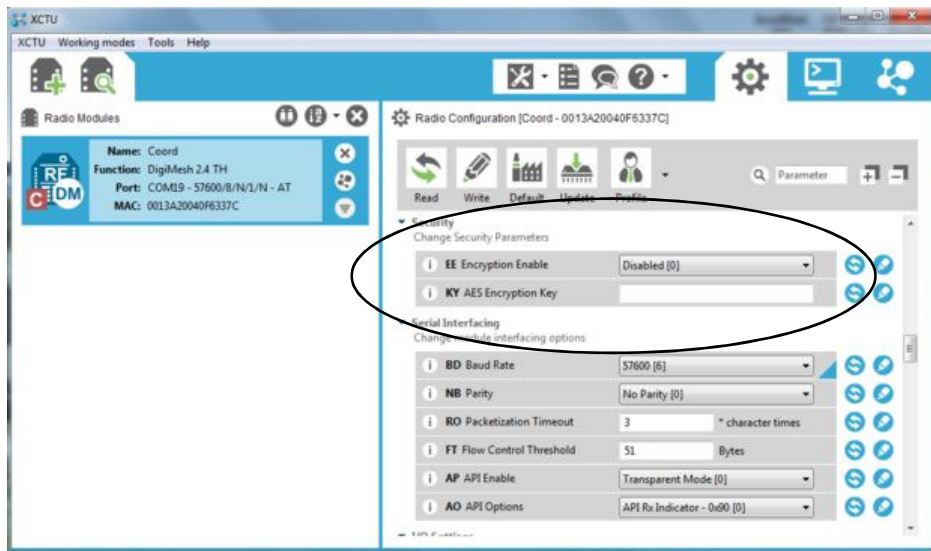


Γενικές ρυθμίσεις σύνδεσης Xbee

## Encryption

Ένα από τα πλεονεκτήματα του XBEE είναι ότι μπορούμε να κρυπτογραφήσουμε τα δεδομένα που στέλνουμε. Το Xbee έχει το Encryption απενεργοποιημένο εργοστασιακά, για να το ενεργοποιήσουμε επιλέγουμε τα Xbee και στις ρυθμίσεις τους ενεργοποιούμε την επιλογή "Enabled 1".

Στο KY AES Encryption Key βάζουμε το 32bit hex κλειδί κρυπτογράφησης μας και αντίστοιχα κάνουμε την ίδια ρύθμιση και στο άλλο Xbee. Το κλειδί πρέπει να είναι ίδιο αλλιώς όλα τα δεδομένα που μεταφέρουμε δεν θα μπορούν να διαβαστούν.

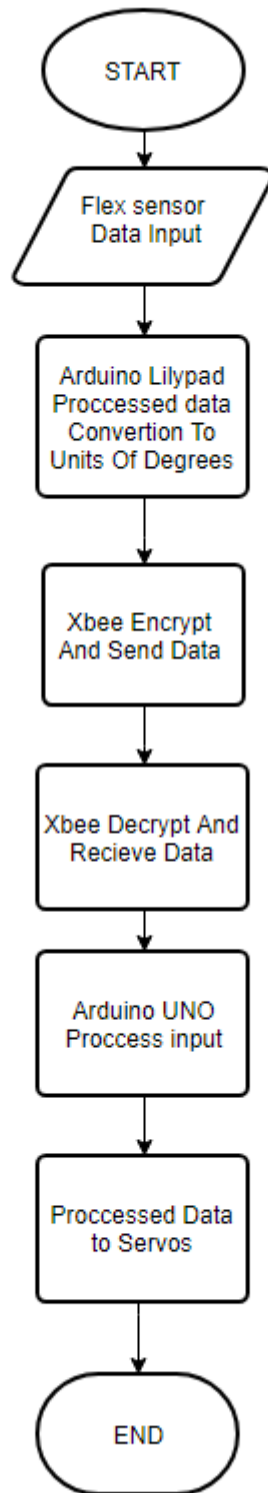


Επιλογές κρυπτογράφησης Xbee

Μετά την κρυπτογράφηση γίνεται η αποστολή στο άλλο άκρο. Κάθε φορά που στέλνει δεδομένα έχουμε βάλει μια καθυστέρηση των 30ms για την καλή λειτουργία του συστήματος

#### 6. Battery pack

Χρησιμοποιούμε 4 μπαταρίες των 1,2 V για την τροφοδοσία του Arduino Lilypad με τα flex sensor και το Xbee-Shield.

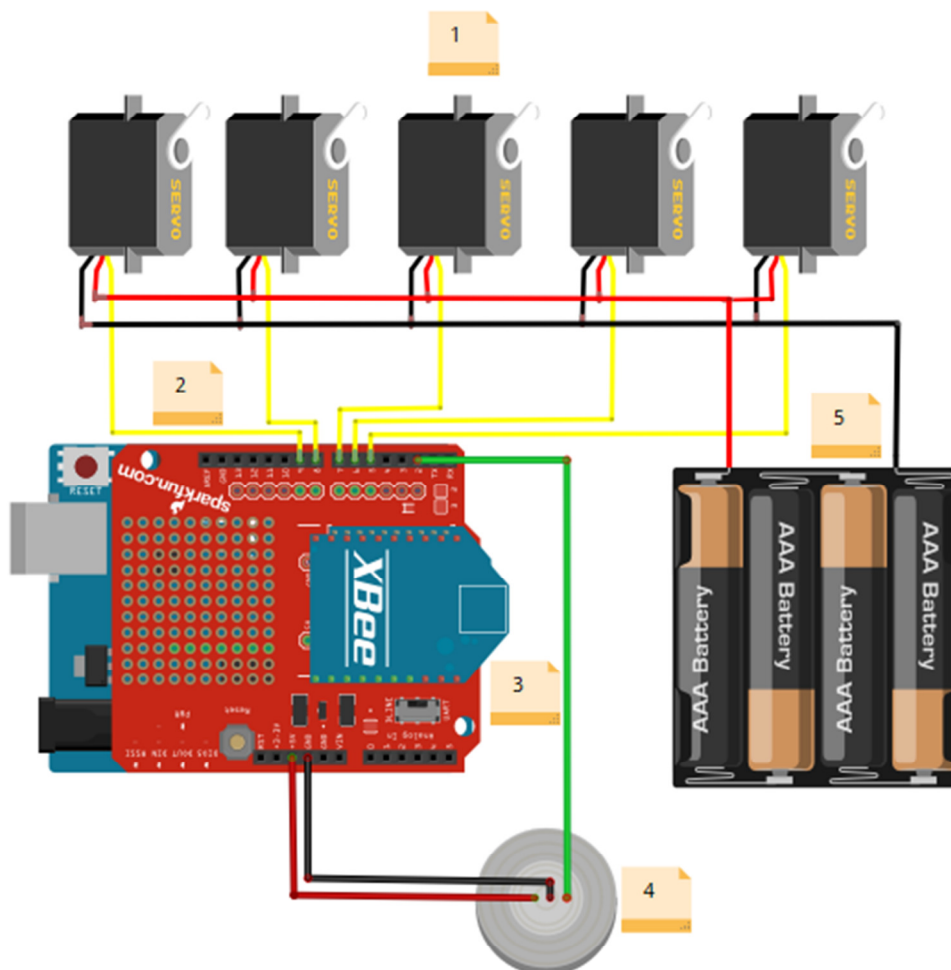


---

Γενική επικοινωνιακή σχεδίαση

## 5.2 Σχεδίαση Ρομποτικού βραχίονα

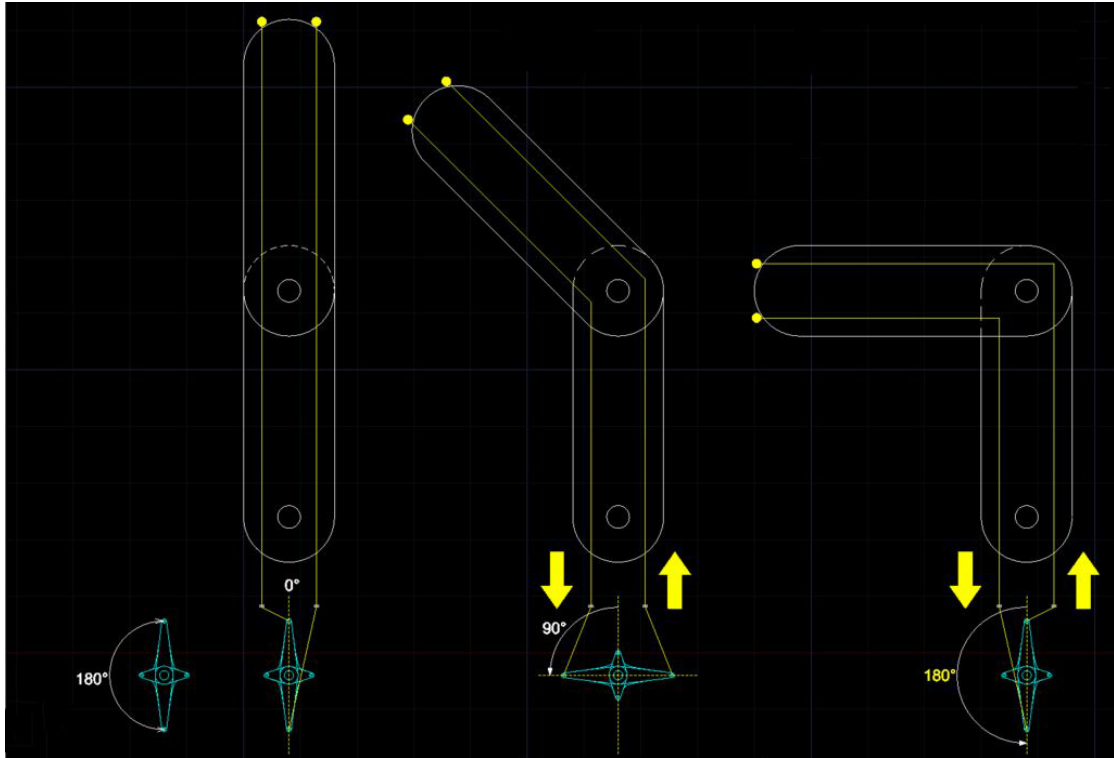
Ο σχεδιασμός του μηχανικού βραχίονα βασίζεται στην πραγματική ανθρώπινη κίνηση των χεριών. Η πλατφόρμα Arduino, μας βοηθά να πραγματοποιήσουμε κάποιες κινήσεις οι οποίες είναι αρκετά ρεαλιστικές. Παρακάτω θα δούμε τον σχεδιασμό του μηχανικού βραχίονα.



Διασύνδεση Arduino με Xbee, Servo και Battery pack

## 1.Servo

Τα Servo εκτελούνε κινήσεις από 0 ως 180 μοίρες και τα χρησιμοποιούμε να τραβήξουμε τις πετονιές από την μία και να χαλαρώσει από την άλλη.



Μηχανισμός Servo

## 2.Arduino Uno

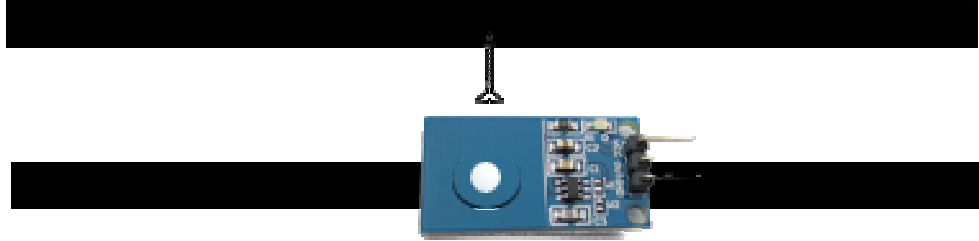
Με τα δεδομένα που έχουμε από το έξυπνο γάντι για κάθε δάχτυλο τα βάζουμε σε αντίστοιχες μεταβλητές και στέλνουμε τις τιμές στα servo όπου κινούνται ανάλογα.

## 3.Xbee shield

Ασύρματη επικοινωνία με το άλλο άκρο. Παίρνουμε τις τιμές από το τα δάχτυλα σε σειριακή μορφή με πρωτόκολλο επικοινωνίας IEEE 802.15.4

## 4.Touch Sensor

Αισθητήρας αφής που έχει τοποθετηθεί στην παλάμη της ξύλινης κατασκευής. Έχει 2 εκατοστά απόσταση με την ξύλινη επιφάνεια που έχουμε βάλει για προστασία και εκεί έχουμε βιδώσει μια πολύ μικρή βίδα έτσι ώστε με μια μικρή πίεση να ακουμπάει τον αισθητήρα και να παίρνουμε το αποτέλεσμα ότι ακούμπησε την επιφάνεια.



### 5. Battery Pack

Χρησιμοποιούμε 4x1.2v μπαταρίες για την τροφοδοσία των servo.  
Έχουμε ξεχωριστή τροφοδοσία για τα servo διότι δεν μπορεί το Arduino να δώσει σωστή τροφοδοσία σε όλα τα servo ταυτόχρονα.

## 5.3 Κατασκευή Έξυπνου Γαντιού

### -Υλικά-

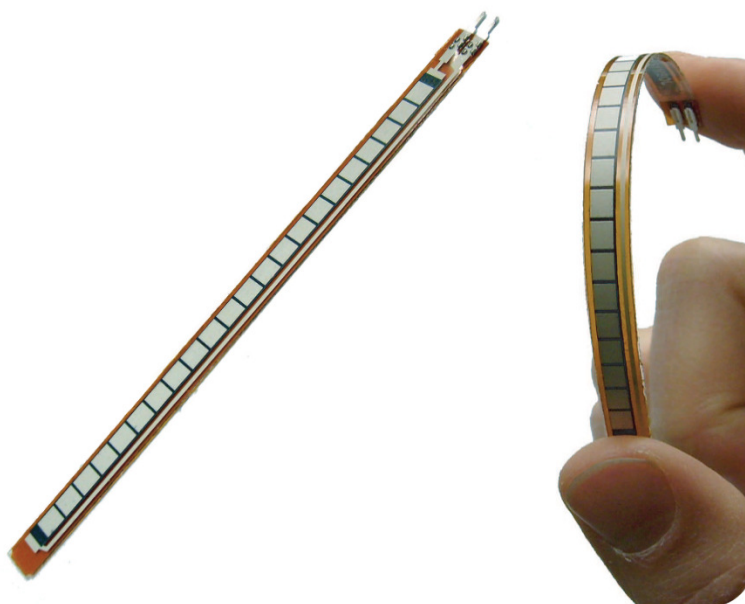
Για το γάντι χρειαστήκαμε τα εξής .

- 5 flex sensors 2.5"
- 5 20k resistors
- Arduino lilypad
- Xbee shield for lilypad
- Battery Pack
- Κολλητήρι
- Καλάι
- Απλό γάντι εργασίας
- Καλώδια
- Βελόνι & κλωστή
- Θερμοπίστολο
- Θερμική Σιλικόνη

Για το άκρο του γαντιού χρησιμοποιήσαμε ένα γάντι εργασίας. Αυτό διότι χρειάζεται να κάνουμε πολλές δοκιμές και αρκετές κολλήσεις πάνω του χωρίς να το φθαρεί, είναι εφαρμοστό στο χέρι και φτιαγμένο από ανθεκτικό υλικό.

### -Flex Sensor-

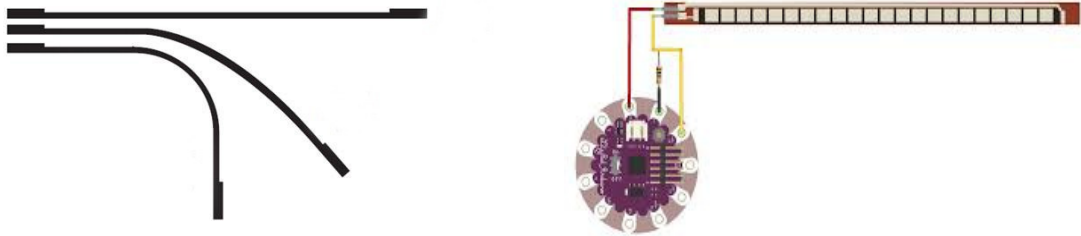
Για την ψηφιοποίηση των τιμών στα δάχτυλα χρησιμοποιήσαμε τα flex sensor 2.5" της spectra symbol που είναι αρκετά αξιόπιστα και φθηνά.



Flex Sensor 2.5"

Το flex αυτό όσο το λυγίζουμε τόσο μεταβάλετε η τιμή του. Αυτά τα flex sensors στην ουσία είναι αντιστάσεις από

30k-40k min values σε 50k-70k max values. Δεν έχουν όλα την ίδια αντίσταση, το κάθε ένα είναι ελάχιστα διαφορετικό.



Τα flex sensors τα ράψαμε πάνω από κάθε δάχτυλο στο γάντι μας έτσι ώστε να μείνουν σταθερά όταν λυγίζουμε τα δάχτυλα μας. Για να ασφαλίσουμε τα flex sensors όταν λυγίζουμε τα δάχτυλα μας πλήρως, βάλαμε θερμοσιλικόνη στα άκρα ώστε να μην μπορούν να κάνουν κάποια κίνηση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω όταν λυγίζουμε τα δάχτυλα μας.



Ράψιμο αισθητήρων

Έτσι φτάσαμε στο σημείο όπου όλα τα flex sensors είναι ραμμένα στα δάχτυλα. Στην συνέχεια χρησιμοποιήσαμε καλάνι για να κολλήσουμε τα καλώδια πάνω στα flex sensor μας τα οποία θα τα κολλήσουμε με το υπόλοιπο σύστημα.



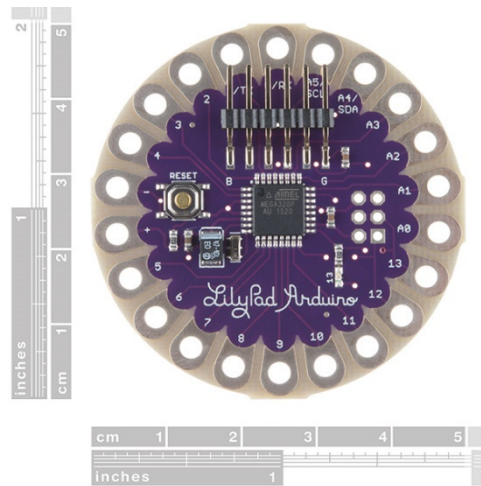


Ολοκλήρωση ράψιμου αισθητήρων

### -Arduino-

Στο κομμάτι του μηχανισμού για το γάντι διαλέξαμε το Arduino lilypad, το οποίο έχει σχεδόν τα ίδια χαρακτηριστικά με ένα κανονικό Arduino(UNO) αλλά είναι πολύ πιο μικρό και εύχρηστο για τέτοιου είδους εφαρμογές.

Name	Processor	Operating/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
LilyPad	ATmega168V ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
Uno	ATmega328P	5V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1



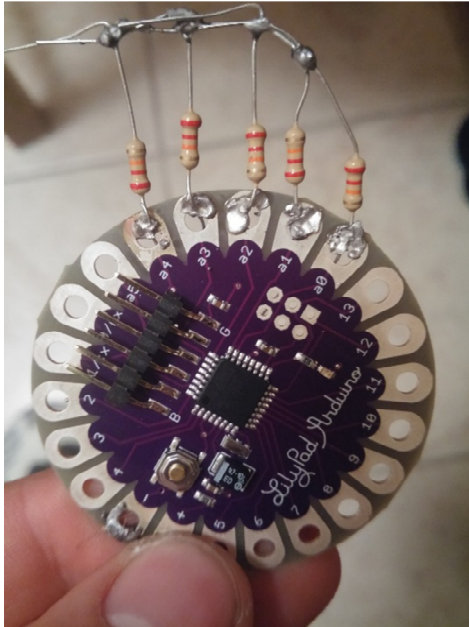
Arduino lilypad

Χαρακτηριστικά:

Microcontroller	ATmega168 or ATmega328V
Operating Voltage	2.7-5.5 V
Input Voltage	2.7-5.5 V
Digital I/O Pins	14
PWM Channels	6
Analog Input Channels	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (of which 2 KB used by bootloader)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Clock Speed	8 MHz

Κολλήσαμε με καλάι στην βάση του LilyPad 5 αντιστάσεις (22k) που θα συνδεθούν με τα καλώδια της αναλογικής εισόδου των flex sensors και με την γείωση.

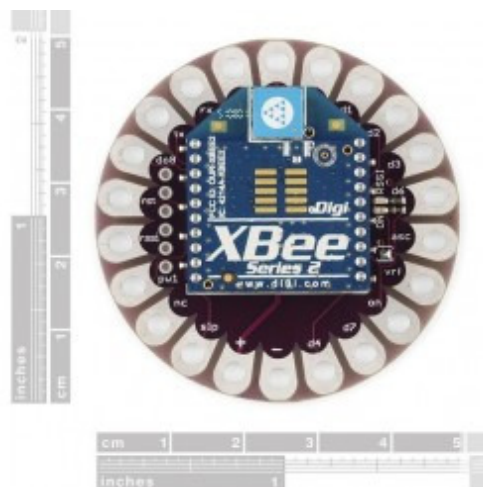
Το LilyPad χάρις την μικρή του αναλογία το ράψαμε και αυτό στο πάνω μέρος του γαντιού.

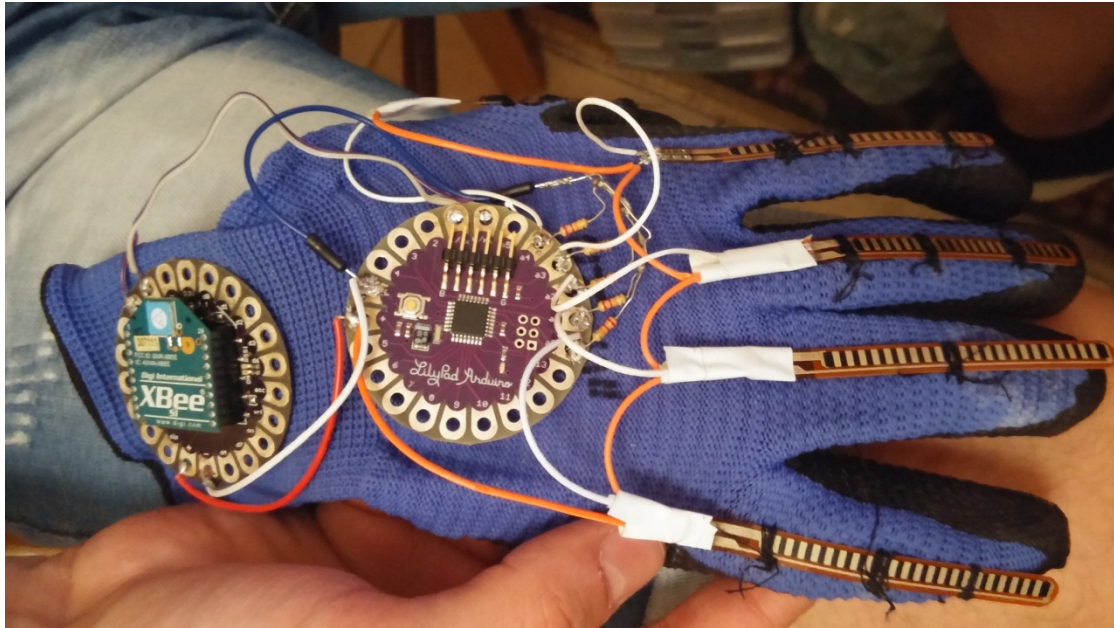


Συγκόλληση αντιστάσεων στο Lily Pad

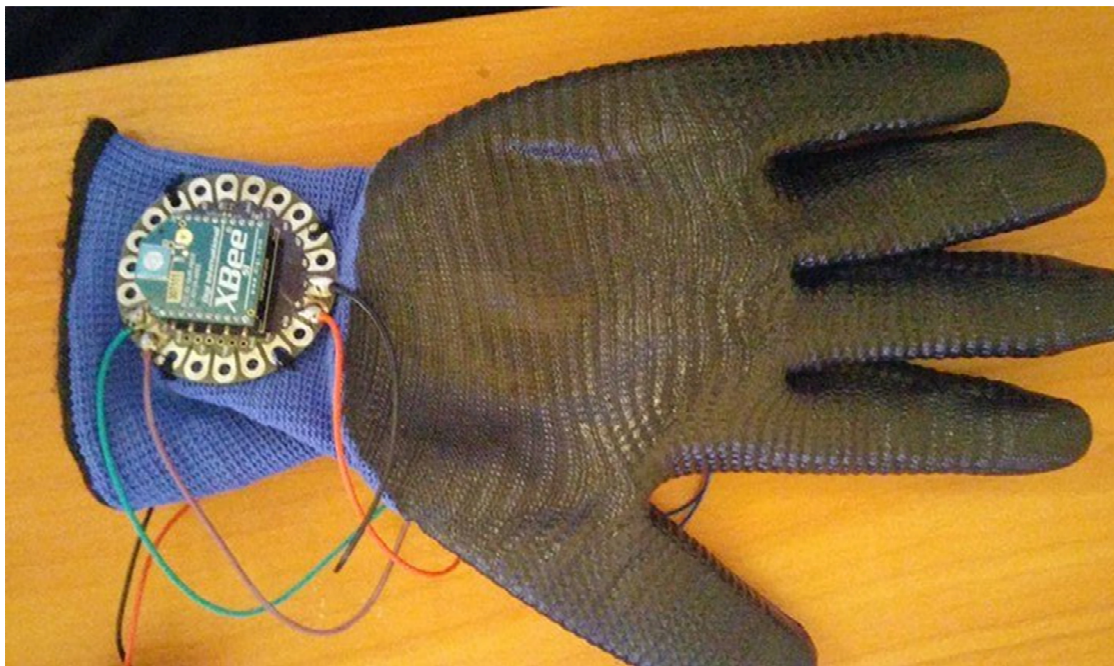
### -Ασύρματη επικοινωνία-

Σε αυτό το κομμάτι χρησιμοποιήσαμε το Xbee και το Xbee Shield το οποίο μας επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία των 2 άκρων. Κολλήθηκαν τα καλώδια ρεύματος, γείωσης και Tx Rx τα οποία είναι η επικοινωνία μεταξύ Arduino LilyPad και Xbee shield.





Μετά από επιτυχής δοκιμές που κάναμε στην σύνδεση μεταξύ των 2 άκρων προχωρήσαμε στο τελικό στάδιο και ράψαμε το XBEE shield στο κάτω μέρος του γαντιού

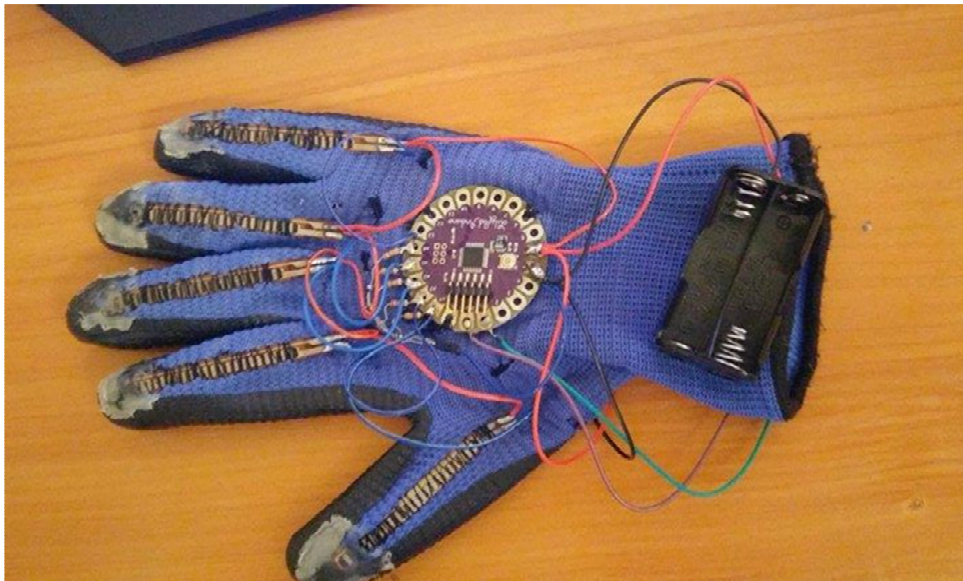


Ολοκλήρωση κατασκευής

## -Τροφοδοσία-

Τέλος, για την τροφοδοσία χρησιμοποιήσαμε ένα battery pack με 4 AA των 1.2v μπαταρίες για να τροφοδοτεί το Arduino Lilypad και το XBEE Shield (4 x 1.2v =4.8V).

Το κολλήσαμε κατευθείαν πάνω στο + - του Arduino Lilypad.



Battery pack για το Arduino Lilypad

## 5.4 Κατασκευή Ρομποτικού Βραχίονα

### **-Υλικά-**

Για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού χρειαστήκαμε τα εξής:

- 1 Ξύλινη Σανίδα( τάβλα κρεβατιού)
- 1 κομμάτι Plexiglass
- 5 Servo Motors (Tower Pro Mg 995)
- 10 Κομμάτια πετονιάς
- 10 Πλαστικά σωληνάκια
- Θερμοπίστολο
- Θερμική Σιλικόνη
- Εργαλεία κοπής ξύλου
- Καρφιά

### **-Κοπή αρχικού σχεδίου-**

Αρχικά, για να υλοποιήσουμε την ιδέα του ρομποτικού άκρου έπρεπε να βρούμε τα υλικά που θα μας βοηθούσαν στην κατασκευή. Έτσι καταλήξαμε να χρησιμοποιήσουμε μια τάβλα κρεβατιού που παράλληλα ήταν και οικονομική. Τοποθετήσαμε το χέρι μας πάνω στην τάβλα και σχεδιάσαμε το περίγραμμά του χεριού μας. Στην συνέχεια έγινε το αρχικό κόψιμο και είχαμε το ανάλογο αποτέλεσμα. Προχωρήσαμε στην κοπή των δαχτύλων τα οποία είναι το ίδιο μέγεθος προς το παρών μέχρι να τα λειάνουμε το καθένα ξεχωριστά.



Αρχικό σχέδιο κατασκευής

### **-Κατασκευή και λείανση δαχτύλων-**

Το επόμενο στάδιο ήταν να δημιουργηθούν κλειδώματα στο κάθε δάχτυλο ώστε να μοιάζει με ένα φυσικό ανθρώπινο δάχτυλο. Χρησιμοποιώντας ένα τροχό κοψίματος και λείανσης μπορέσαμε να κάνουμε τα δάχτυλα πιο σφριγηλά και ομοιόμορφα.



Λείανση δαχτύλων

Μετά από αρκετές ώρες και με μεγάλη προσοχή στο κόψιμο των άκρων, λόγω της ευαισθησίας που έχει το ξύλο, καταφέραμε να φτιάξουμε τα πρώτα κομμάτια. Στην συνέχεια δημιουργήσαμε μικρές τρύπες πάνω στα κομμάτια αυτά ώστε να μπορέσουμε να τα ενώσουμε με μικρά καρφιά και να δημιουργήσουμε τα δάχτυλα. Δυο από τα αρχικά δάχτυλα ήταν ο αντίχειρας και ο δείκτης.



Λείανση δαχτύλων



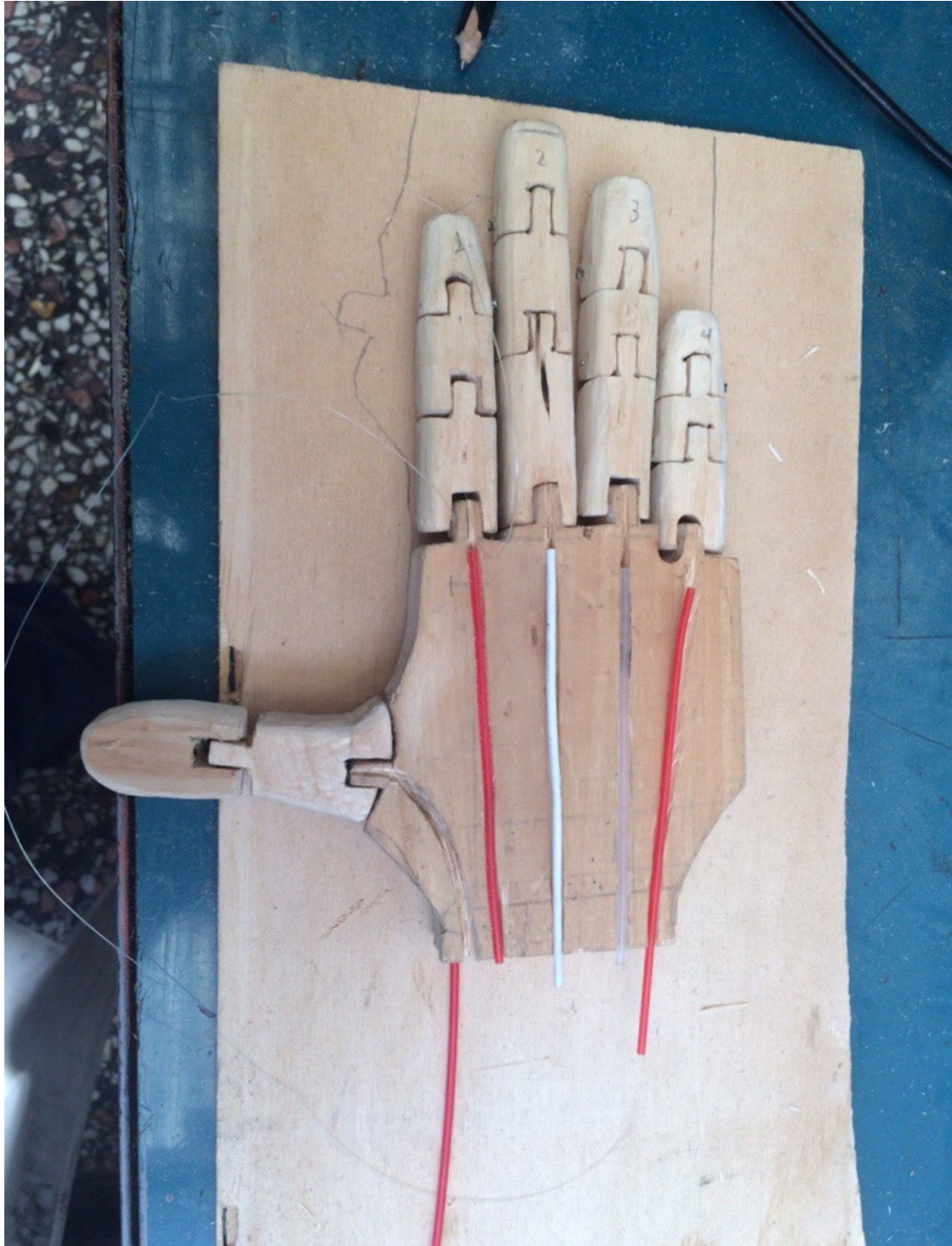
### -Άνοιγμα διαδρόμων στην παλάμη και στα δάχτυλα-

Μια οικονομική λύση για να μπορέσουμε να ελέγξουμε τα δάχτυλα ώστε να ανοιγοκλείνουν και να μπορεί να αντέξει αρκετή πίεση χωρίς να κοπεί εύκολα, είναι η πετονιά. Για να μπορέσουμε να περάσουμε την πετονιά μέσα από κάθε δάχτυλο κάναμε δυο τρύπες με ένα μικρό τρυπανάκι στην πάνω και κάτω μεριά σε κάθε κλείδωση ώστε να ανοίξουμε διαδοχικούς διαδρόμους προς την πάνω και κάτω μεριά αντίστοιχα της παλάμης. Λόγω μεγάλης τριβής μεταξύ πετονιάς και ξύλου που δημιουργείτε στην παλάμη, τοποθετήσαμε πλαστικά σωληνάκια από διάφορα σπρέι οπού μέσα τους καταλήγει η πετονιά που έρχεται από τα δάχτυλα.



Άνοιγμα διαδρόμων στα δάχτυλα και στην παλάμη

Έχουμε πλέον ολοκληρώσει τους διαδρόμους που θα χρησιμοποιηθούν για να περάσουν οι πετονιές. Τα δάχτυλα αφού έγιναν οι τρύπες έχουν τοποθετηθεί στην θέση τους με τα καρφιά και τα σωληνάκια στους.

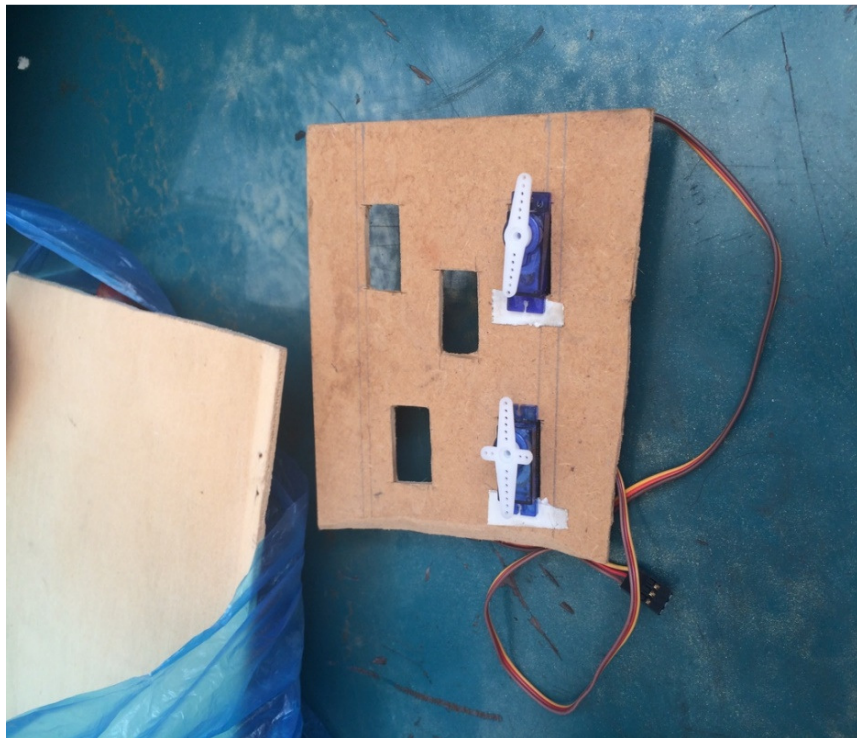
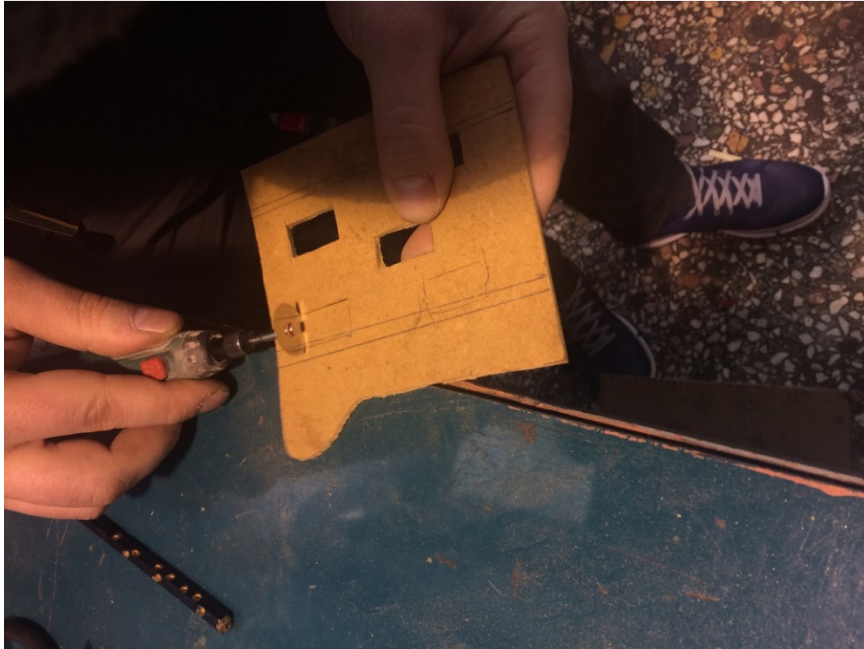


Ολοκλήρωση ανοιγματος διαδρόμων

### -Κατασκευή πρόχειρης βάσεις για τα servo motors-

Πριν προχωρήσουμε στην σχεδίαση της βάσης μας έπρεπε να δοκιμάσουμε ότι ως εδώ η κατασκευή μας ήταν όντως λειτουργική. Έτσι σχεδιάσαμε ένα πατρόν για να τοποθετήσουμε τα servomotors.

Αφού μετρήσαμε τις διαστάσεις του κάθε servomotor, κόψαμε τα σημεία στα οποία θα τοποθετηθούν.



Πρόχειρη βάση για Servo Motors

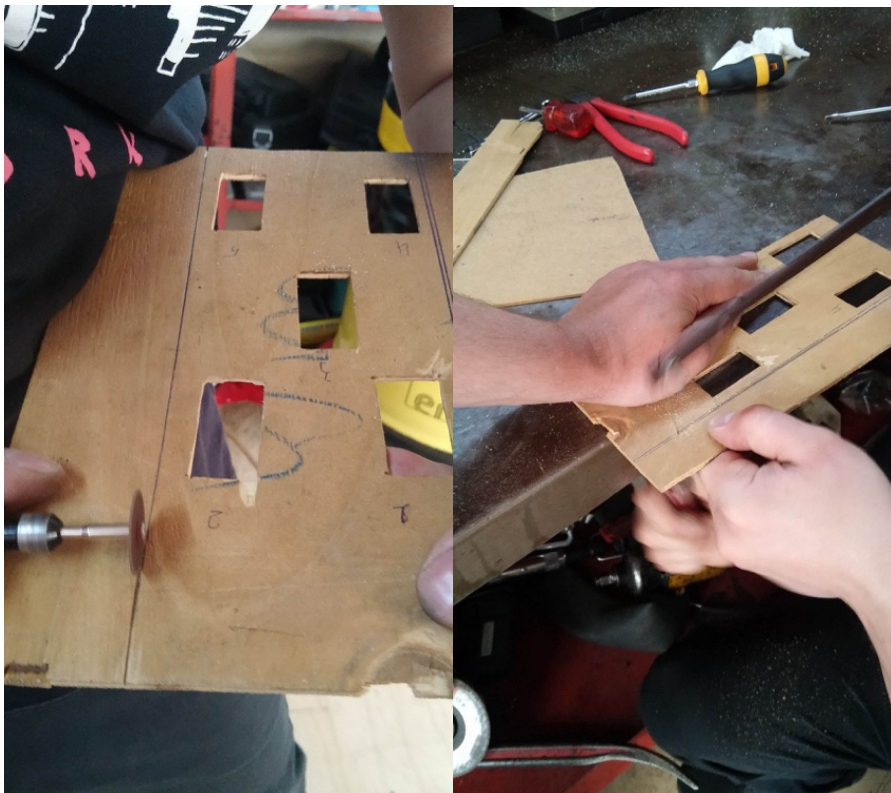
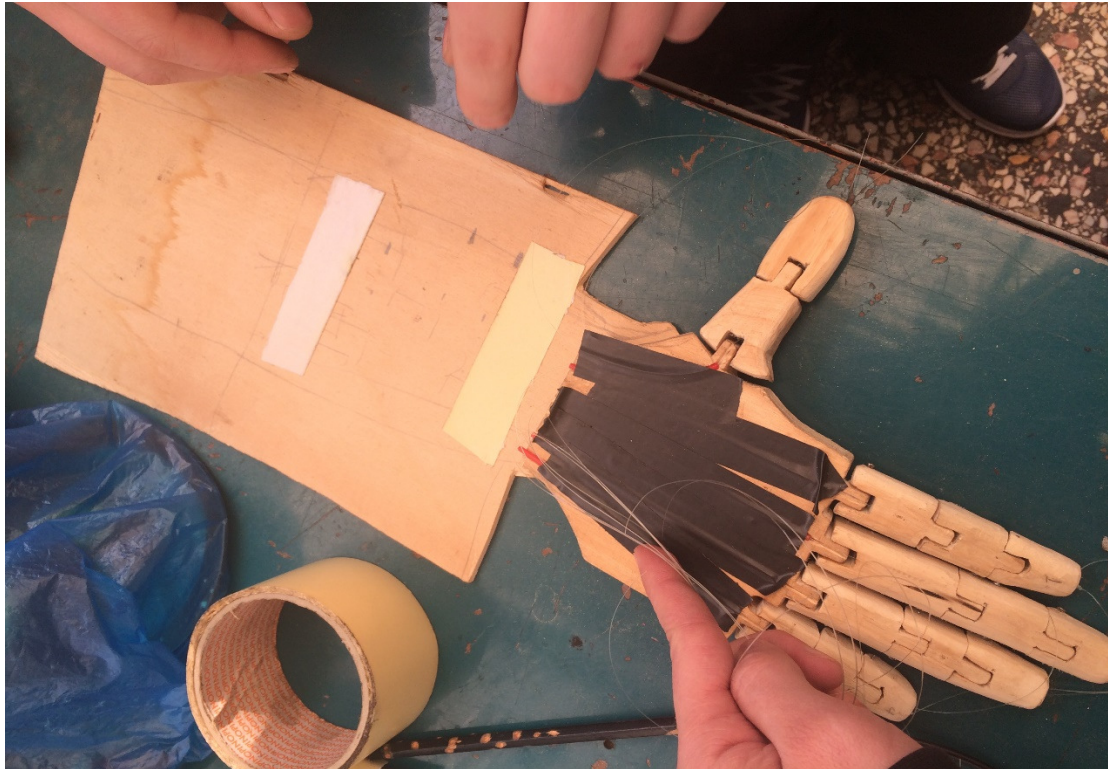
Στην συνέχεια το ενώσαμε με τον κορμό του χεριού βιδώνοντας το σε μία άλλη ξύλινη επιφάνεια που θα καλύπτει την παλάμη και θα λειτουργεί ως βάση για τον κορμό του χεριού. Μετά από αρκετές επιτυχημένες δοκιμές που κάναμε στα δυο πρώτα δάχτυλα τοποθετήσαμε και τα υπόλοιπα και συνεχίσαμε τις δοκιμές.



Δοκιμή πρόχειρης βάσης με τα Servo

### -Τελική κατασκευή βάσης για τα servo motors-

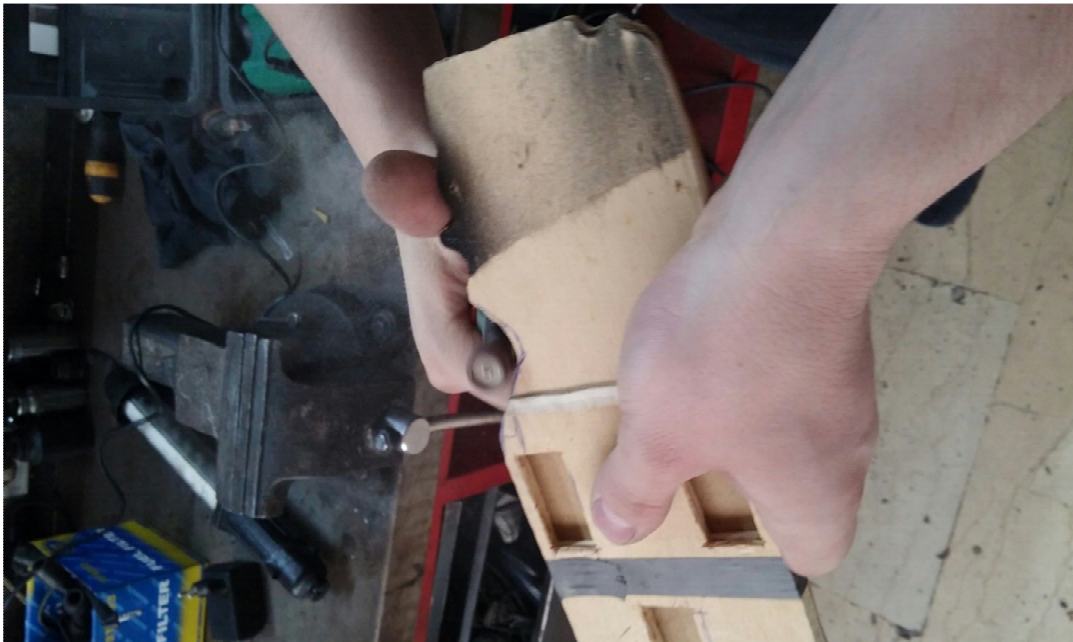
Προχωρήσαμε στην κανονική κατασκευή της βάσης για τα servo motors. Τοποθετήσαμε μεγαλύτερα servo (tower pro 955) για αυτό και η βάση έγινε μεγαλύτερη. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου servo motor έγινε λόγω ανθεκτικότητας.



Κατασκευή τελικής βάσης για τα Servo

Στην βάση που δημιουργήσαμε αφήσαμε αρκετή απόσταση μεταξύ των servomotors για να υπάρχει αρκετός χώρος ώστε όταν περιστρέφονται να μην ακουμπάνε το ένα με το άλλο. Χρησιμοποιήσαμε 4 μικρούς ξύλινους κύβους για να μπορέσουμε να στηρίξουμε την βάση με το υπόλοιπο σώμα.

Το επόμενο μας βήμα ήταν μια ξύλινη βάση για το κάτω μέρος του χεριού. Η βάση αυτή θα καλύπτει την έκταση που ξεκινάει από την παλάμη ως και το πίσω μέρος της κατασκευής και επίσης θα προστατεύει τα καλώδια από όλα τα servo motors και τον αισθητήρα αφής.

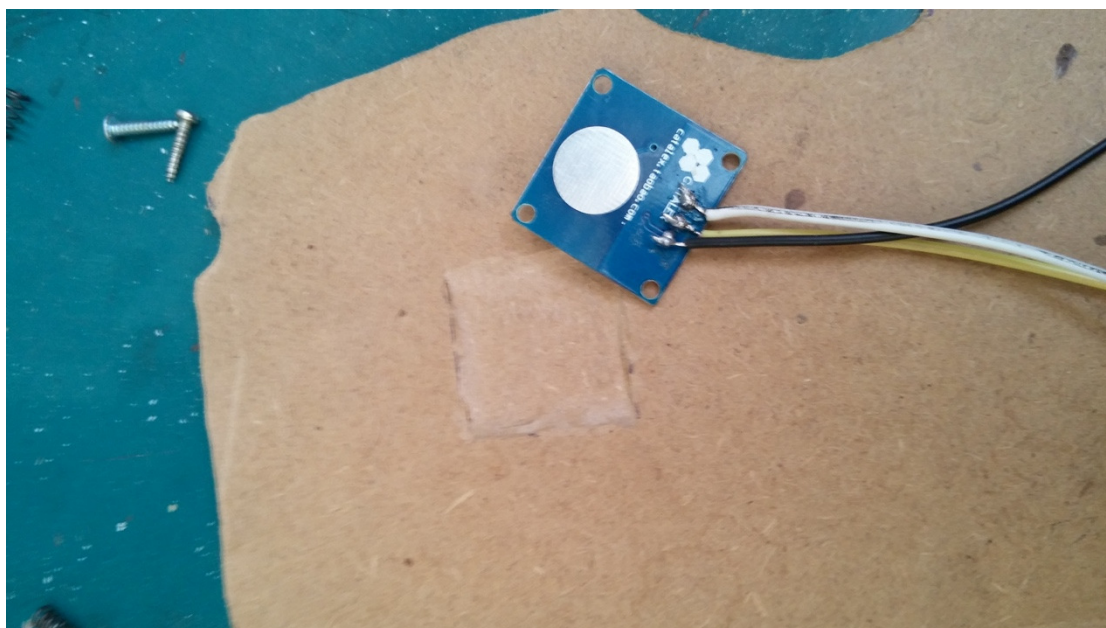


Κάλυψη κάτω μέρος της βάσης

### -Αισθητήρας αφής-

Στην βάση της παλάμης τοποθετήσαμε έναν αισθητήρα αφής.  
Ο αισθητήρας αυτός δεν είναι εμφανής αλλά βρίσκεται στην εσωτερική της πλευρά όπου απέχει περίπου 1 εκατοστό από μια μικρή βίδα που τοποθετήσαμε στην παλάμη.

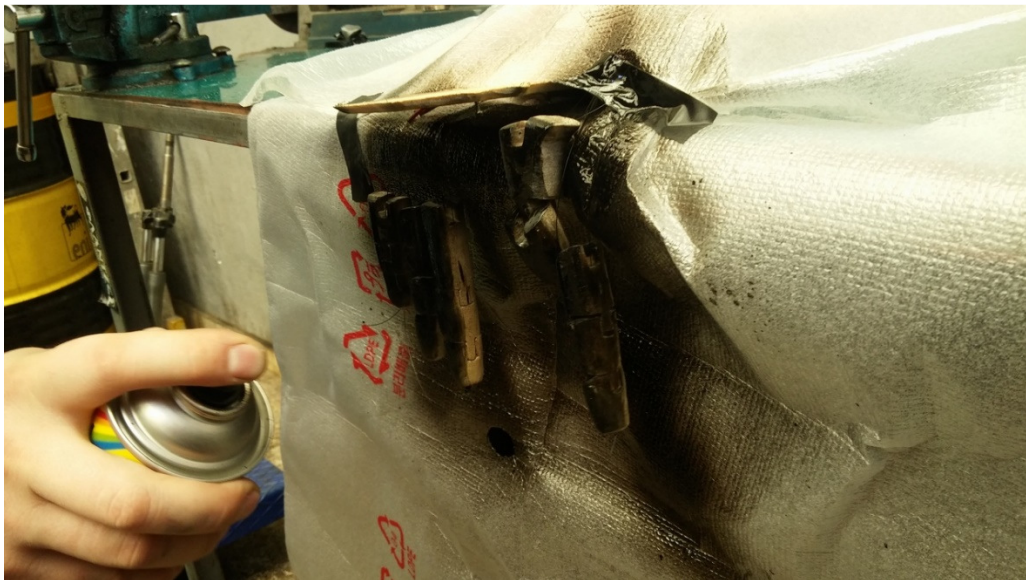
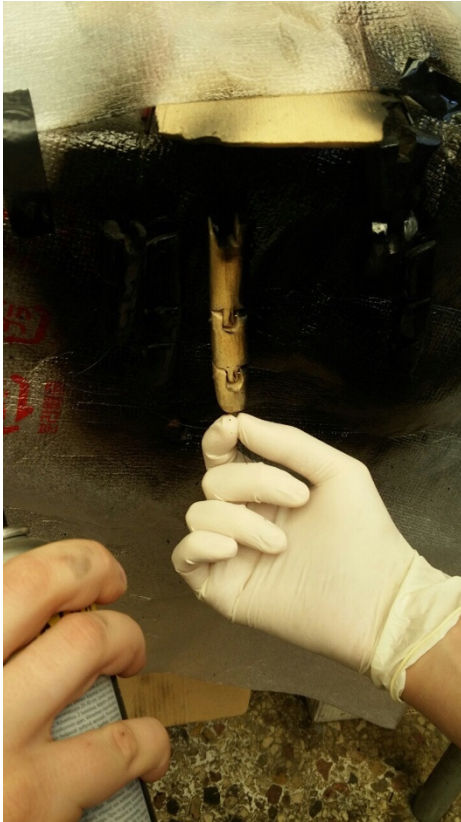
Μόλις ασκήσουμε δύναμη στην κάτω βάση της κατασκευής όπου τοποθετήσαμε τον αισθητήρα μας, θα ακουμπάει την βίδα μας και έτσι θα καταλαβαίνουμε ότι υπάρχει επαφή.



Εγκατάσταση αισθητήρα αφής

### -Βάψιμο κατασκευής-

Αποσυναρμολογήσαμε προσεκτικά όλα τα κομμάτια και ξεκινήσαμε ένα ένα να τα βάφουμε. Χρησιμοποιήσαμε ένα σπρέι μαύρου χρώματος και φορέσαμε γάντια μια χρήσης ώστε να προστατευτούμε από τα χημικά που περιέχει το σπρέι. Αρχίσαμε από τα δάχτυλα.



Βάψιμο δαχτύλων



Έπειτα βάψαμε την παλάμη και από τις δυο πλευρές.



Βάψιμο παλάμης

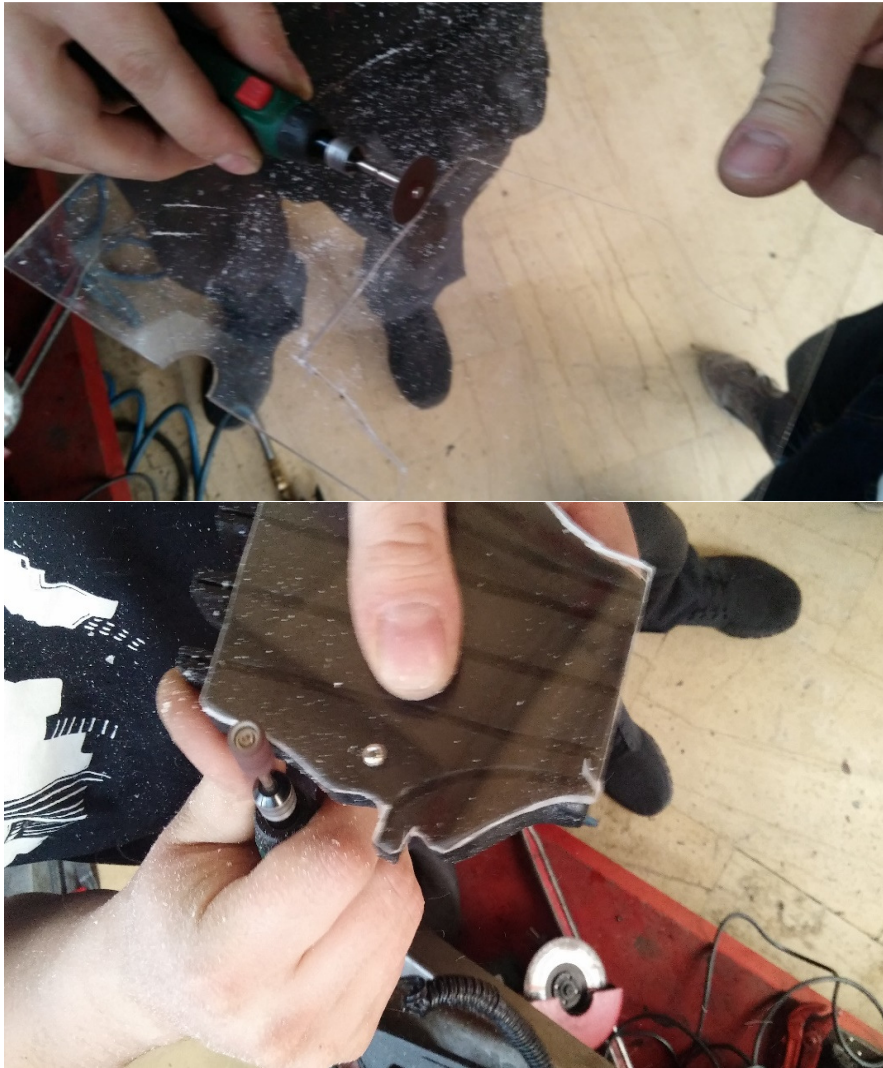
Επίσης βάψαμε τους κύβους στήριξης και τις βάσεις μας εμπρός πίσω.



Βάψιμο βάσεων και κύβων στήριξης

### -Plexiglass-

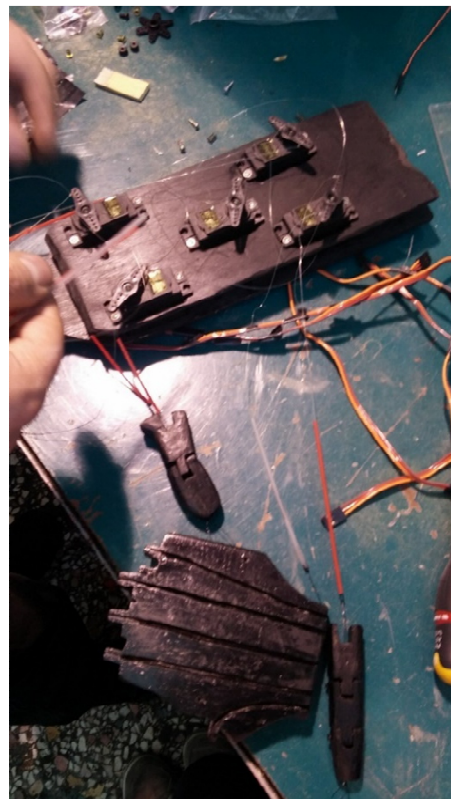
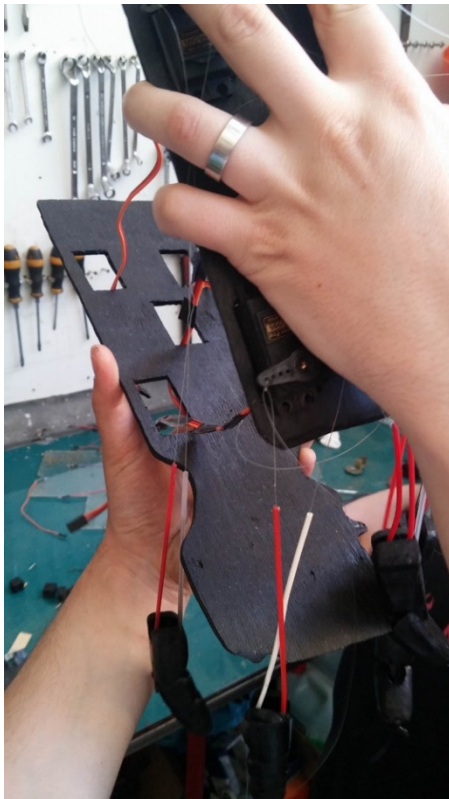
Τέλος, κόψαμε και λειάναμε ένα κομμάτι Plexiglas στα μέτρα της παλάμης για την προστασία του επάνω μέρους του χεριού που επίσης θα κρατάει σταθερά τα σωληνάκια.



Προστασία πάνω μέρους παλάμης με Plexiglass

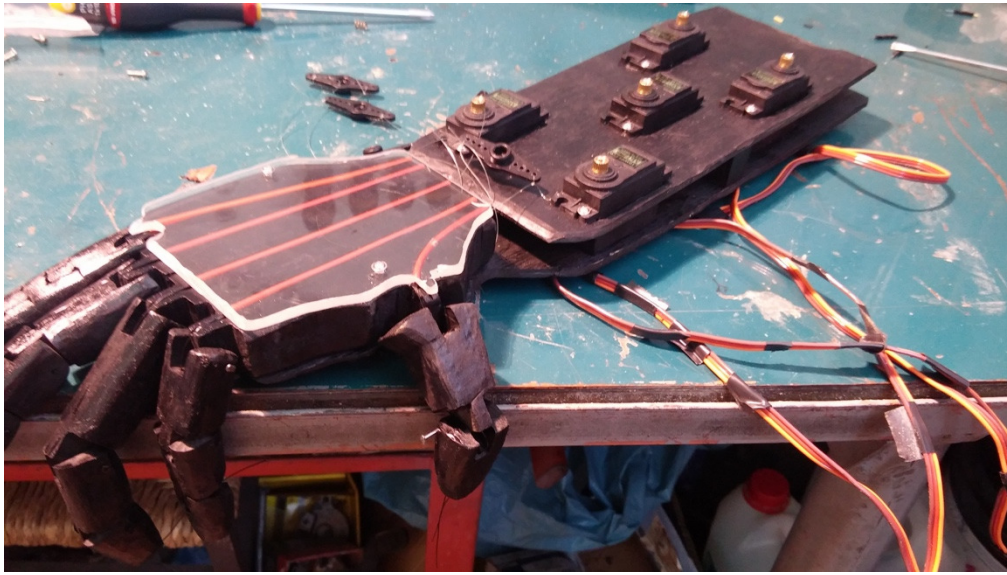
### -Ολοκλήρωση κατασκευής-

Αφού ολοκληρώθηκε το στάδιο του βαψίματος ξεκινήσαμε ξανά την συναρμολόγηση. Περάσαμε τα καρφιά στις τρύπες που έχουν γίνει στα δάχτυλα και περάσαμε την πετονιά. Τοποθετήσαμε τα σωληνάκια στην παλάμη και έπειτα βιδώσαμε το Plexiglas από πάνω ώστε να σταθεροποιηθούν. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε τα servo στην βάση τους. Έπειτα βιδώσαμε την βάση με τους 4 ξύλινους κύβους τους οποίους τους χρησιμοποιήσαμε και ως διαχωριστές για τις 2 αυτές βάσεις. Τώρα πλέον έχουμε μια σταθερή βάση μεταξύ της παλάμης και της βάσης με τα servomotors.

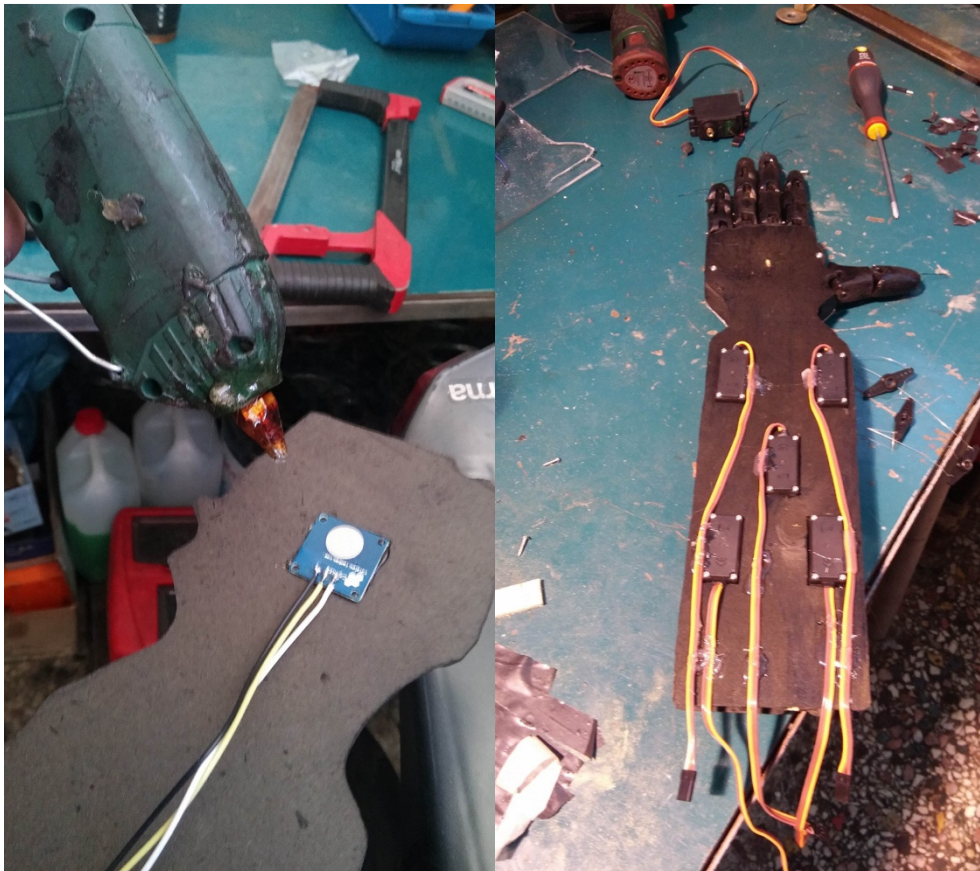


Συναρμολόγηση κομματιών

Ενώσαμε όλα τα κομμάτια και έχουμε την κατασκευή σχεδόν έτοιμη

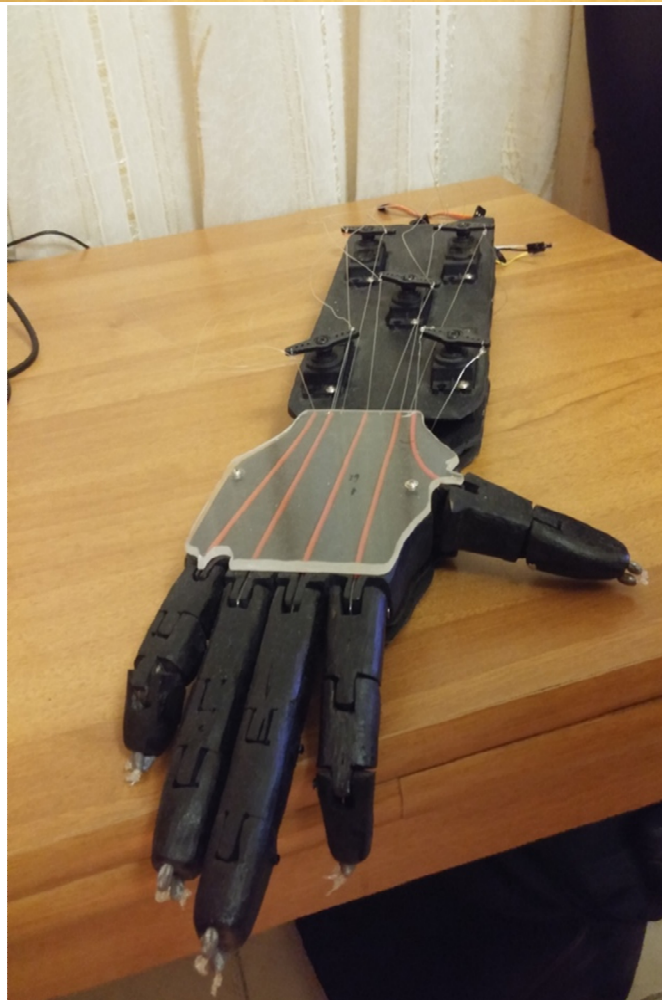
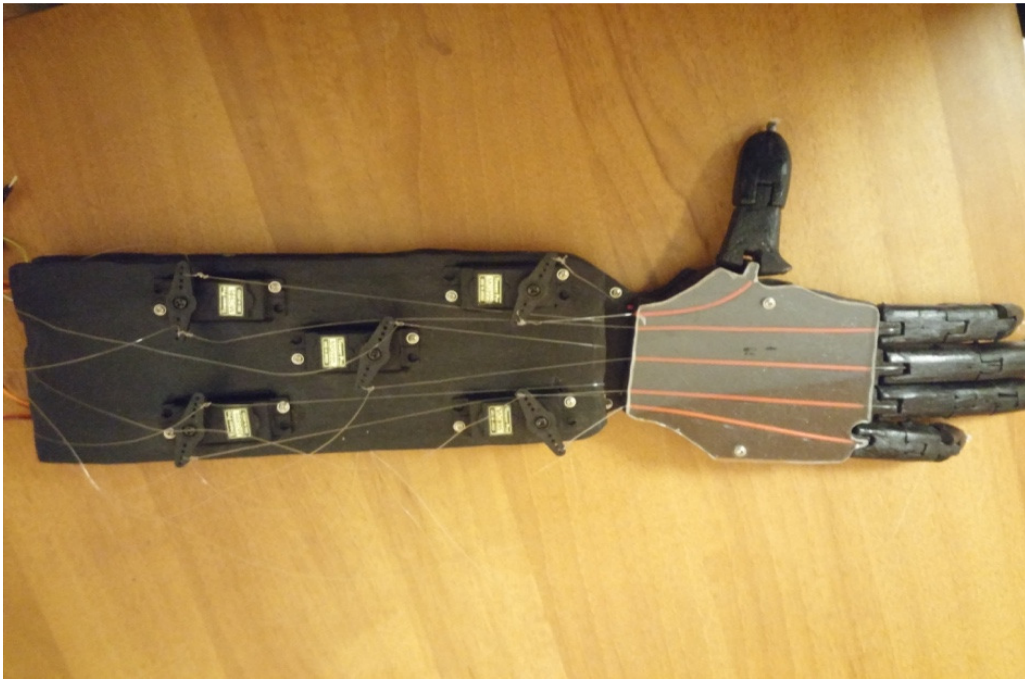


Τέλος, κολλήσαμε με θερμική σιλικόνη τον αισθητήρα αφής στο εσωτερικό της κάτω βάσης όπως επίσης και τα καλωδιακά από τα servo motors και των αισθητήρα αφής στην βάση τους.



Κόλληση καλωδίων και αισθητήρα αφής με θερμική σιλικόνη

Έχουμε πλέον το επιθυμητό αποτέλεσμα, ένα ξύλινο ρομποτικό χέρι.



Τελικό αποτέλεσμα κατασκευής

# Κεφάλαιο 6

## Συμπεράσματα

### 6.1 Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ξεκίνησε με μία παρουσίαση στην εισαγωγή στην ρομποτική και στην ιστορική αναδρομή της καθώς και που βρίσκεται σήμερα. Αναφερθήκαμε στην τεχνητή νοημοσύνη και που χρησιμοποιείται, έγινε ανάλυση των αισθητήρων που υπάρχουν και που χρησιμεύουν στην καθημερινή μας ζωή.

Στην συνέχεια αναλύσαμε τα ενσωματωμένα συστήματα και λειτουργίες στους microcontrollers ανάλογα με την εφαρμογή. Αναφερθήκαμε σε αρχιτεκτονικές όπως ARM ,AVR, και σε ασύρματες επικοινωνίες όπως wifi, Bluetooth, BLE, 802.15.4 αναλύσαμε που τα χρησιμοποιούμε και ποιες οι δυνατότητες τους. Ο στόχος μας είναι η χαμηλή κατανάλωση έτσι επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε το 802.15.4 για την ασύρματη επικοινωνία και AVR Microcontrollers Arduino Lilypad, Uno για τους υπολογισμούς μας.

Στο κατασκευαστικό κομμάτι αναλύσαμε πώς φτιάχτηκε το κάθε μέρος του ρομποτικού βραχίονα από την κοπή της ξύλινης βάσης στην παλάμη στα δάχτυλα και τέλος στο βάψιμο και την προσθήκη plexiglass για προστασία και αισθητική.

Στο κατασκευαστικό κομμάτι του έξυπνου γαντιού αναφερθήκαμε στην επιλογή υλικού του γαντιού. Με ποιο τρόπο τοποθετήθηκαν οι αισθητήρες στα δάχτυλα το Arduino Lilypad και το XBee καθώς και οι κολλήσεις που κάναμε μεταξύ τους.

Η λειτουργία είναι η εξής. Φορώντας το γάντι και κουνώντας τα δάχτυλα παίρνουμε αναλογικά δεδομένα από τους αισθητήρες στο έξυπνο χέρι και τα αποθηκεύουμε σε μεταβλητές. Έπειτα οι τιμές αυτές γίνονται map και μεταφράζονται σε τιμές που καταλαβαίνουν τα servo motors. Για την επικοινωνία το Xbee αναλαμβάνει την κρυπτογράφηση και την αποστολή των δεδομένων στο άλλο Xbee που είναι στην μεριά του ρομποτικού βραχίονα. Ο βραχίονας αναθέτει τις τιμές στα 5 servo motors που έχουμε τοποθετήσει και το κάθε ένα κινείται ανάλογα με την τιμή που έχει πάρει . Επίσης υπάρχει και ένας αισθητήρας αφής στην παλάμη του ρομποτικού μας βραχίονα που μας ειδοποιεί όταν κάτι το ακουμπάει.

### 6.2 Μετρήσεις

Το έξυπνο γάντι μπορεί να λειτουργήσει ως και μία ημέρα συνεχόμενα, αυτό διότι το μόνο που κάνει είναι να παίρνει μετρήσεις από τους αισθητήρες και να κάνει έναν απλό υπολογισμό.

Ο ρομποτικός βραχίονας μπορεί να λειτουργήσει περίπου 30-40 λεπτά διότι τα servo αντλούν γρήγορα τις μπαταρίες όταν βρίσκονται σε λειτουργία.

## 6.3 Προβλήματα/Παρατηρήσεις

- Η απλή έκδοση servo είναι αναξιόπιστη βγάζουν πολύ εύκολα πρόβλημα και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να κολλήσουν και να τρεμοπαίζουν. Για αυτό και επιλέξαμε μεγαλύτερα και πιο ακριβά servo motors
- Υπήρχε αρχικό πρόβλημα του ότι κοβόντουσαν οι πετονιές και στην συνέχεια χρησιμοποιήσαμε πιο χοντρές για λογούς ανθεκτικότητας. Στην συνέχεια εμφανίστηκε το πρόβλημα της χαλάρωσης της πετονιάς μετά από αρκετές ώρες χρήσης. Μια άλλη εναλλακτική θα μπορούσαν να είναι οι χορδές από κιθάρα.
- Τα flex sensor αρχικά τα είχαμε ράψει αλλά με το λύγισμα που τους κάναμε και την συνεχής πίεση παρατηρήθηκε ότι έφευγαν από την θέση τους και για την ακρίβεια μπροστά. Για να τα κάνουμε σταθερά βάλουμε θερμική σιλικόνη.
- Ένα βασικό πρόβλημα στο γάντι ήταν τα καλώδια που εννοούν τα modules και τα flex sensors μεταξύ τους. Είχαμε τοποθετήσει κοντά καλώδια ώστε να μην προεξέχει τίποτα αλλά παρατηρήσαμε πως μετρά από αρκετές κινήσεις του χεριού μας, τα καλώδια χαλάρωναν και κοβόντουσαν. Έτσι τοποθετήσαμε μεγαλύτερα σε μήκος καλώδια για να μην υπάρχει αυτό το πρόβλημα και η συνεχή συγκόλληση του.
- Την πρώτη φορά που δοκιμάσαμε να συνδέσουμε όλα τα servo με τα δάχτυλα και να δούμε πώς δουλεύουνε μας έσπασε η πετονιά από τον αντίχειρα και τον μικρό. Αυτό γιατί τα κάναμε test με ένα flex sensor και δίναμε τις ίδιες μοίρες σε όλα τα δάχτυλα. Μετά από αυτό το συμβάν καταλάβαμε ότι θέλουν να τους δώσουμε λιγότερες μοίρες έλξης.
- Μας δυσκόλεψε ιδιαίτερα η κατασκευή του ρομποτικού βραχίονα διότι χρησιμοποιήσαμε ξύλο και χρειάζεται πολύ προσοχή γιατί είναι εύκολο να σπάσει όταν ασκούμε δύναμη.



## 6.4 Μελλοντικές Προεκτάσεις

-Συνέχεια κατασκευής μέχρι τον ώμο.

-3D print όλο τον ρομποτικό βραχίονα.

-Θα μπορούσαμε να βάλουμε χορδές κιθάρας αντί πετονιά που είναι πάρα πολύ ανθεκτικές.

-Προσθήκη μηχανισμού να κουνιέται η παλάμη - καρπός δεξιά, αριστερά, πάνω και κάτω, έτσι πετυχαίνουμε την φυσική κίνηση ενός πραγματικού χεριού.

-Προσθήκη αισθητήρων αφής-πίεσης σε κάθε δάχτυλο ώστε να μπορέσουμε να ελέγξουμε πότε ακουμπάει και πότε όχι ένα αντικείμενο και με πόσο πίεση.

- Raspberry pi αντί για Arduino. Με την χρήση Raspberry pi έχουμε ένα νέο εύρος δυνατοτήτων διότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε python για τον προγραμματισμό έτσι θα είχαμε εύκολη απεικόνιση σε browser ενσωματωμένο Bluetooth και σύνδεση στο δίκτυο.

Υποθέτουμε ότι έχουμε πλήρη έλεγχο του βραχίονα από τον ώμο και έχουμε προσθέσει 2 κάμερες στον χώρο. Εγκαθιστούμε το openCV για την παρακολούθηση του χώρου και ανίχνευση αντικειμένων. Έτσι θα μπορούσαμε να ρίξουμε ένα χρωματιστό μπαλάκι από μακριά και ο βραχίονας να μετακινείται και να το πιάνει αυτόματα.

## 6.5 Βιβλιογραφία

**Arm** [https://en.wikipedia.org/wiki/ARM\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_architecture)

**Avr** <https://en.wikipedia.org/wiki/Atmel AVR>

**Intel Edison** [https://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_Edison](https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_Edison)

**Xbee** <https://www.digi.com/xbee>  
<https://learn.adafruit.com/xbee-radios/connect>

**Arduino** <https://www.arduino.cc>

### **Wireless communications**

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless>  
[https://www.diffen.com/difference/Bluetooth\\_vs\\_Wifi](https://www.diffen.com/difference/Bluetooth_vs_Wifi)  
<https://www.link-labs.com/blog/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15.4](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4)

**Flex Sensor** <https://learn.sparkfun.com/tutorials/flex-sensor-hookup-guide>

**Servo Motors** <http://www.rcmod.gr/2013/09/servo.html>  
<https://learn.adafruit.com/adafruit-arduino-lesson-14-servo-motors/overview>

**Wood Work** <https://www.youtube.com/user/WoodAndShop>