

# Στοιχεία σχεδιασμού ενός robot

---

Πατίρης Παναγιώτης



Επιβλέπων καθηγητής Δρ. Μηνάς Δασυγένης  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών  
Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών, <http://arch.icte.uowm.gr/>  
Κοζάνη 2018

---



# Περιεχόμενα

---

- Εισαγωγή-Ιστορική Εξέλιξη
- Βασικές έννοιες Ρομποτικής
- Βιομηχανικά Ρομπότ
- Έλεγχος των Ρομπότ
- Βήματα Σχεδιασμού ενός ρομπότ
- Πηγές-Βιβλιογραφία



---

# Εισαγωγή-Ιστορική Εξέλιξη



# Μηχανές-Αυτόματα [1] (1/2)

Μηχανή: Ο όρος προέρχεται από την ελληνική γλώσσα και την λέξη “μήχος” που σημαίνει “μέσον, τρόπος βοήθειας” και περιγράφει οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον που έχει δημιουργηθεί με σκοπό την διευκόλυνση κάποιας ανθρώπινης εργασίας, αυξάνοντας την δύναμη ή την αποτελεσματικότητα του ανθρώπου ή ακόμα και την εξ ολοκλήρου υλοποίηση κάποιας εργασίας.

Ο όρος αυτός θα αντικατασταθεί τον 20ο αιώνα με τον όρο “ρομπότ” από το θεατρικό έργο του Τσέχου συγγραφέα Karel Čapek “R.U.R.” (“Rossumovi Univerzální Roboti” (αγγλική μετάφραση: Rossum’s Universal Robots).



# Μηχανές-Αυτόματα [1] (2/2)

- Οι “μηχανές” έχουν κάνει την εμφάνιση του από τους πρώτους ιστορικούς χρόνους της ανθρωπότητας με αναφορές σε αυτόματες μηχανές που είχαν κατασκευαστεί για να εκτελούν κάποιες συγκεκριμένες διεργασίες να υπάρχουν σε μύθους και θρύλους της Αρχαίας Ελλάδας.
- Στα Ομηρικά έπη γίνεται η πρώτη αναφορά του όρου “Αυτόματα”, ο οποίος περιγράφει τις μηχανές που κινούνται από μόνες τους, με χρήση κάποιας εσωτερικής ενέργειας, όπως τα ζώα και ο άνθρωπος.
- Το αν υπήρχαν δεν είναι ιστορικά επιβεβαιωμένο, αλλά οι αναφορές αυτές δείχνουν ότι η ιδέα μίας αυτόματης μηχανής η οποία θα αναλάμβανε να φέρει εις πέρας κάποιες εργασίες υπήρχε ήδη από την Προϊστορία.



# Αυτόματα της Αρχαιότητας [2,3] 1/3

- **Οι χρυσοί βοηθοί του Ήφαιστου:** Στην ελληνική μυθολογία αναφέρεται ότι ο Ήφαιστος είχε φτιάξει μερικές χρυσές γυναίκες οι οποίες εκτελούσαν χρέη βοηθού στο εργαστήριο του, είτε με τις διάφορες κατασκευές που πραγματοποιούσε είτε για να τον βοηθούν να περπατάει καλύτερα.
- **Οι μηχανικοί σκύλοι του Ήφαιστου:** Οι θεοί είχαν παραγγείλει στον Ήφαιστο να φτιάξει μηχανικούς σκύλους, οι οποίοι ήταν χρυσοί και ασημένιοι, αθάνατοι και πανίσχυροι, για να τους δώσουν στον βασιλιά Αλκίνοο για την προστασία του παλατιού του.
- **Οι κινούμενες κούκλες του Δαίδαλου:** Αναφορές του Ομήρου και του Πλάτωνα αναφέρουν ότι, ο μεγάλος αυτός εφευρέτης, είχε φτιάξει και κάποιες κούκλες για τα παιδιά του Μίνωα, οι οποίες είχαν την ικανότητα να μιλάνε και να κινούνται.



## Αυτόματα της Αρχαιότητας [6] 2/3

---

### Η “αυτόματη θεραπαινίς” του Φίλωνος του Βυζαντίου:

Ανθρωποειδές ρομπότ με τη μορφή υπηρέτριας (σε φυσικό μέγεθος) που στο δεξί χέρι της κρατούσε μια οινοχόη ενώ το αριστερό είχε μία άδεια παλάμη.



# Η “αυτόματη θεραπαινίς”-Τρόπος λειτουργίας [6] 1/3

- Στο στήθος της υπηρέτριας βρίσκονταν δύο στεγανά δοχεία γεμάτα με οίνο και νερό αντίστοιχα.
- Στον πυθμένα τους υπήρχαν δύο σωληνίσκοι που οδηγούσαν το περιεχόμενό τους μέσα από το δεξί χέρι της στο χείλος της οινοχόης. Δύο αεραγωγοί σωληνίσκοι ξεκινούσαν από το πάνω μέρος των δοχείων, διαπερνούσαν τον πυθμένα τους και κατέληγαν λυγισμένοι στο στομάχι της.
- Το αριστερό της χέρι συνδεόταν μέσω άρθρωσης με τους ώμους της ενώ μια ελικοειδής ράβδος (ελατήριο) έκκεντρα τοποθετημένη στην προέκτασή του το συγκρατούσε ανυψωμένο. Δύο σωλήνες ξεκινούσαν από το ίδιο σημείο (κλείδα) και κατέρχονταν διαπερνώντας και αποφράζοντας τα λυγισμένα διάτρητα άκρα των αεραγωγών σωληνίσκων.





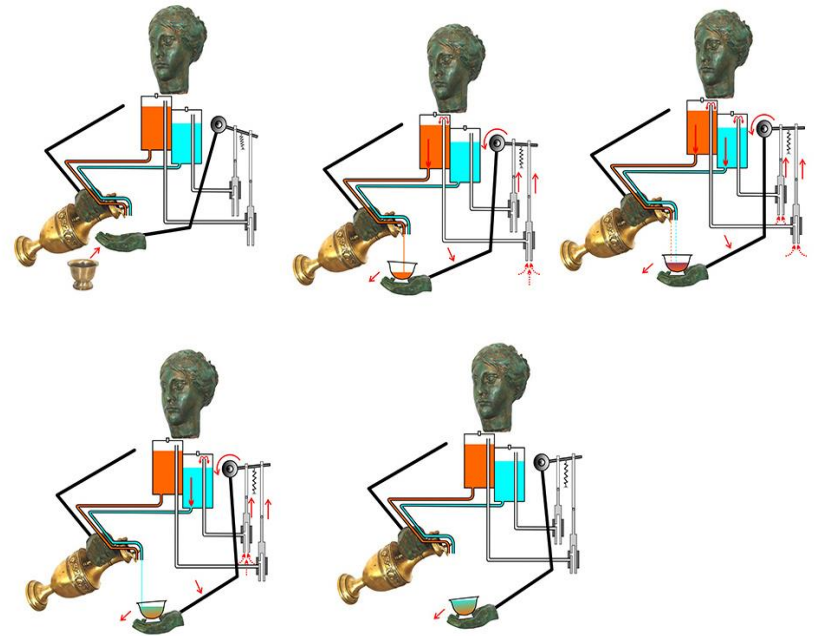
# Η “αυτόματη θεραπαινίς”-Τρόπος λειτουργίας [6] 2/3

- Οι σωλήνες της κλείδας διέθεταν δύο οπές στις απολήξεις τους, με την οπή που επικοινωνούσε με το δοχείο του οίνου να προηγείται αυτής που επικοινωνούσε με το νερό.
- Όταν τοποθετούνταν ο κρατήρας στην παλάμη της υπηρέτριας, το αριστερό χέρι της κατέβαινε και οι σωλήνες της κλείδας ανυψώνονταν. Η οπή του ενός σωλήνα ευθυγραμμιζόταν με τον αεραγωγό σωληνίσκο του δοχείου του οίνου, αέρας εισερχόταν στο δοχείο και οίνος έρρεε από το σωληνίσκο της οινοχόης στον κρατήρα. Όταν μισογέμιζε το κύπελλο με κρασί, το χέρι λόγω βάρους κατέβαινε περισσότερο, η δίοδος του αεραγωγού σωληνίσκου του οίνου έφρασσε και η ροή σταματούσε.
- Παράλληλα ευθυγραμμιζόταν η οπή του δεύτερου σωλήνα με τον αεραγωγό σωληνίσκο του δοχείου με το νερό και άρχιζε να ρέει νερό για την αραιώση του οίνου.



# Η “αυτόματη θεραπαινίς”-Τρόπος λειτουργίας [6] 3/3

- Όταν γέμιζε το κύπελλο, το χέρι (λόγω βάρους) κατέβαινε περισσότερο, η δίοδος του αεραγωγού σωληνίσκου του νερού έφρασσε και η ροή σταματούσε.
- Αν αφαιρούνταν οποιαδήποτε στιγμή ο κρατήρας, το αριστερό χέρι ανυψωνόταν, οι σωλήνες της κλείδας κατέβαιναν αποφράζοντας τους αεραγωγούς σωληνίσκους, δημιουργώντας κενό στα δοχεία και η ροή των υγρών σταματούσε.
- Η υπηρέτρια γέμιζε το κύπελλο του επισκέπτη με καθαρό οίνο ή αραιωμένο με νερό στην ποσότητα που αυτός επιθυμούσε ανάλογα με τη χρονική στιγμή που θα το τραβούσε από την παλάμη της.



# Αυτόματα της Αρχαιότητας [8] 3/3

**Το υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου:** Ο Κτησίβιος, Έλληνας φυσικός και εφευρέτης από την Αλεξάνδρεια σχεδίασε και κατασκεύασε το υδραυλικό ρολόι το οποίο λειτουργεί με χρήση μίας πηγής νερού και κατάλληλη προσαρμογή της ροής της. Το ρολόι αυτό έχει την δυνατότητα να λειτουργεί αδιάκοπα “μετρώντας” τα 365 διαφορετικά ωράρια του έτους.



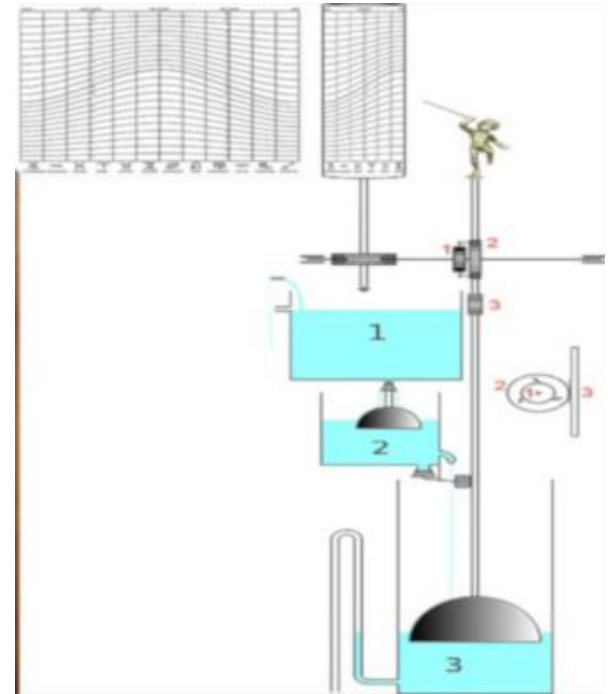
# Το υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου-Τρόπος Λειτουργίας [8] 1/2

- Το νερό της πηγής τροφοδοτείται στο ανώτερο δοχείο (Δοχείο 1).
- Αυτό με τη σειρά του τροφοδοτεί με νερό το μικρότερο ενδιάμεσο δοχείο (Δοχείο 2), το οποίο περιέχει έναν ελεγκτή σταθερής στάθμης με ένα σύστημα κωνικής βαλβίδας διακοπής της ροής του νερού, πάνω στον πλωτήρα που περιέχει.
- Μέσω ενός “σταλάκτη” τροφοδοτείται το κάτω δοχείο (Δοχείο 3) σταγόνα-σταγόνα με κατάλληλη ροή. Η άνοδος της στάθμης στο δοχείο 3 προκαλεί την ύψωση του πλωτήρα που περιέχει ο οποίος, μέσω μίας ράβδου, ανεβάζει ένα μικρό αγαλματίδιο με έναν δείκτη, ο οποίος υπεδείκνυε την ώρα σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο.
- Στο τύμπανο αυτό αναγράφονται οι ώρες του 24ώρου, ανάλογα με την ημερομηνία. Όταν φθάνει ο δείκτης στο τέλος του 24ώρου, μέσω ενός παράπλευρου σιφονιού του δοχείου 3, αδειάζει το δοχείο αυτό και η διαδικασία αρχίζει από την αρχή.



# Το υδραυλικό ρολόι του Κτησίβιου-Τρόπος Λειτουργίας [8] 2/2

- Με την κάθοδο του πλωτήρα, λόγω του αδειάσματος του δοχείου 3, ενεργοποιείται ένα σύστημα μετάδοσης κίνησης με σχέση 1 προς 365 το οποίο προκαλεί την περιστροφή του τυμπάνου έτσι ώστε ο δείκτης να δείχνει με ακρίβεια το ωράριο της επόμενης ημέρας.
- Μέσω του παραπάνω τρόπου λειτουργίας, το ρολόι αυτό έχει την δυνατότητα να λειτουργεί αδιάκοπα (όσο υπάρχει παροχή νερού από την πηγή στο δοχείο 1), “μετρώντας” τα 365 διαφορετικά ωράρια του έτους.



# Αυτόματα του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης [9]

## 1/2

Αλ Γιαζάρι (Badī ' az-Zaman Abū l- ' Izz ibn Ismā ' īl ibn ar-Razāz al-Jazarī) (1136-1206 μ.Χ.): φιλόλογος, μαθηματικός, καλλιτέχνης, εφευρέτης, μηχανικός και τεχνίτης.

- **Μηχανικός τυμπανιστής:** το πρώτο ανθρωποειδές Αυτόματο του Μεσαίωνα.
- **Ρολόι Κάστρο:** σύνθετη αυτόματη μηχανή, με ύψος περίπου 3.4 μέτρα που είχε πολλαπλές λειτουργίες, εκτός της τήρησης του χρόνου, όπως η εμφάνιση των ζωδιακών τροχιών, τροχιών Ήλιου και Σελήνης κ.α..
- **“The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices”** (Το βιβλίο της γνώσης των Ευφών Μηχανικών Συσκευών): εκδόθηκε το 1206 και περιγράφει 100 μηχανικές συσκευές, μαζί με τις οδηγίες κατασκευής αυτών.



# Αυτόματα του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης

## [10,11,12] 2/2

Leonardo da Vinci (15 Απριλίου 1452 - 2 Μαΐου 1519): Ιταλός αρχιτέκτονας, ζωγράφος, γλύπτης, μουσικός, εφευρέτης, μηχανικός, ανατόμος, γεωμέτρης, παλαιοντολόγος και γιατρός.

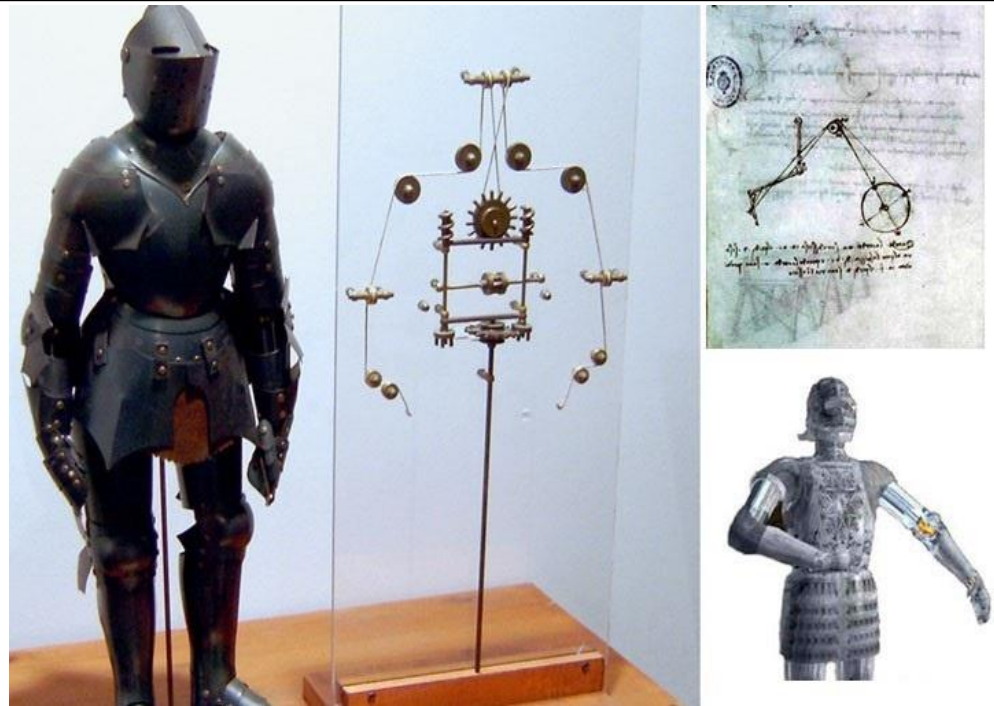
- Πλούσιο θεωρητικό έργο με περιγραφή πολλών μηχανών, ακόμα και ιπτάμενων.
- Πολύ σημαντικό του έργο είναι ένα Αυτόματο που κατασκεύασε, ένας μηχανικός ιππότης, το παλαιότερο σωζόμενο σχέδιο ανθρωποειδούς Αυτόματου, που είχε την δυνατότητα να ανασηκώνει και να ανακινεί τα χέρια του και το κεφάλι του, καθώς και να σηκώνεται όρθιο και να κάθεται, με περιορισμένες όμως κινήσεις, οι αναλογίες του οποίου ακολουθούν τις αναλογίες του ανθρώπου του Βιτρούβιου.



# Ο μηχανικός ιππότης του Da Vinci [11] 1/2

Το Αυτόματο του Λεονάρντο Ντα Βίντσι και ο εσωτερικός του μηχανισμός, όπως εκτίθενται σε διάφορες εκθέσεις:

- Δημιουργήθηκε ως πολεμική μηχανή για αμυντικούς σκοπούς, έκανε περιορισμένες κινήσεις και ήταν έτσι σχεδιασμένο ώστε οι κινήσεις που έκανε να δίνουν την εντύπωση ότι υπάρχει κάποιος άνθρωπος μέσα στην πανοπλία.





# Ο μηχανικός ιππότης του Da Vinci [11] 2/2

- Μπορούσε να σταθεί, να καθίσει, να σηκώσει το γείσο του να κουνήσει το λαιμό του και ανεξάρτητα τα χέρια του.
- Ολόκληρο το ρομποτικό σύστημα λειτουργούσε με μια σειρά από τροχαλίες και καλώδια.
- Σχεδιάστηκε το 1495 και ανακαλύφθηκε το 1957 από τον Carlo Pedretti, κρυμμένος ανάμεσα στα αμέτρητα σχέδια του μεγάλου αυτού εφευρέτη.
- Το 1996, ο Mark Rosheim δημοσίευσε μια ανεξάρτητη μελέτη του ρομπότ, την οποία και ακολούθησε μια συνεργασία ανακατασκευής με το ινστιτούτο της Φλωρεντίας και το μουσείο ιστορίας και επιστημών.
- Ένα ολοκληρωμένο μοντέλο σε φυσικές διαστάσεις κατασκευάστηκε μόλις το 2002 από τον Rosheim, στα πλαίσια των γυρισμάτων ενός ντοκιμαντέρ του BBC.



# Το μηχανικό λιοντάρι του DaVinci

- Το 1515 δημιούργησε ένα μηχανικό λιοντάρι με τη δυνατότητα να περπατάει και όταν φτάσει στον προορισμό του να ανοίγει το στήθος του λιονταριού, αποκαλύπτοντας ένα fleur-de-lis (στυλιζαρισμένο κρίνο) προς τιμήν της γαλλικής μοναρχίας.
- Το λιοντάρι χάθηκε ή καταστράφηκε σε κάποιο σημείο της ιστορίας και ξανακατασκευάστηκε το 2009 από τον μηχανικό Renato.
- Στη φωτογραφία φαίνεται όπως εκτίθεται στην γκαλερί του Leonardo DaVinci Workshop στη Νέα Υόρκη των Η.Π.Α. .



# Από τα Αυτόματα στα Ρομπότ

- Ο κλάδος των αυτόματων μηχανών, από τα μέσα του 20ου αιώνα θα μετονομαστεί σε κλάδο της ρομποτικής.
- Εξελίχθηκε ραγδαία, σε σχέση με την μέχρι τότε εξέλιξη του, λόγω:
  - της ανακάλυψης και της μελέτης του ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού στα τέλη του 19ου αιώνα και
  - της εφεύρεσης των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και των υπολογιστών τον 20ο αιώνα.
- Αλλαγή κινητήριου δύναμης από μηχανικής φύσης σε ηλεκτρικής.
- Τα σύγχρονα ρομπότ είναι ηλεκτρονικά.



# Ο αυτόματος αργαλειός του Joseph-Marie Jacquard [13]

- Πρώτη μεγάλη εφεύρεση του 19ου αιώνα ήταν η κατασκευή ενός αυτόματου αργαλειού από τον Joseph-Marie Jacquard το 1804.
- Ο έλεγχος του μηχανήματος γινόταν με χρήση κατάλληλων διάτρητων καρτών τις οποίες εισήγαγε ο χρήστης.
  - Είχαν πολλαπλές σειρές τρυπών και πολλές τέτοιες κάρτες ενώνονταν μαζί για την δημιουργία μίας συνεχόμενης αλληλουχίας καρτών.
  - Κάθε τέτοια αλληλουχία αντιστοιχούσε στο επιθυμητό σχέδιο που θα χρησιμοποιούσε ο αργαλειός για την λειτουργία του.
  - Χρησιμοποιήθηκαν στην συνέχεια και από άλλους εφευρέτες και οδήγησαν στην εφεύρεση του ηλεκτρονικού υπολογιστή που δεχόταν εντολές μέσω διάτρητων καρτών.



# Μελέτες και εφευρέσεις που συνετέλεσαν στην εξέλιξη της ρομποτικής 1/2

---

- Η εφεύρεση του ηλεκτρικού στοιχείου από τον Alessandro Volta, το 1799.
  - Η θεμελίωση της Ηλεκτρομαγνητικής Θεωρίας και της επαλήθευσης της από τον Hertz το 1887.
  - Η εφεύρεση της διόδου κενού από τον Fleming το 1904 και της τριόδου λυχνίας (λυχνία κενού) το 1904 από τον Lee De Frost.
  - Η εφεύρεση του transistor από τους John Bardeen, Walter Brattain και William Shockley, το 1947.
  - Η εφεύρεση του ολοκληρωμένου κυκλώματος από τους Jack Kirby και Robert Noyce και η εφεύρεση του laser από τους Townes και Schawlow το 1958.
- 



# Μελέτες και εφευρέσεις που συνετέλεσαν στην εξέλιξη της ρομποτικής 2/2

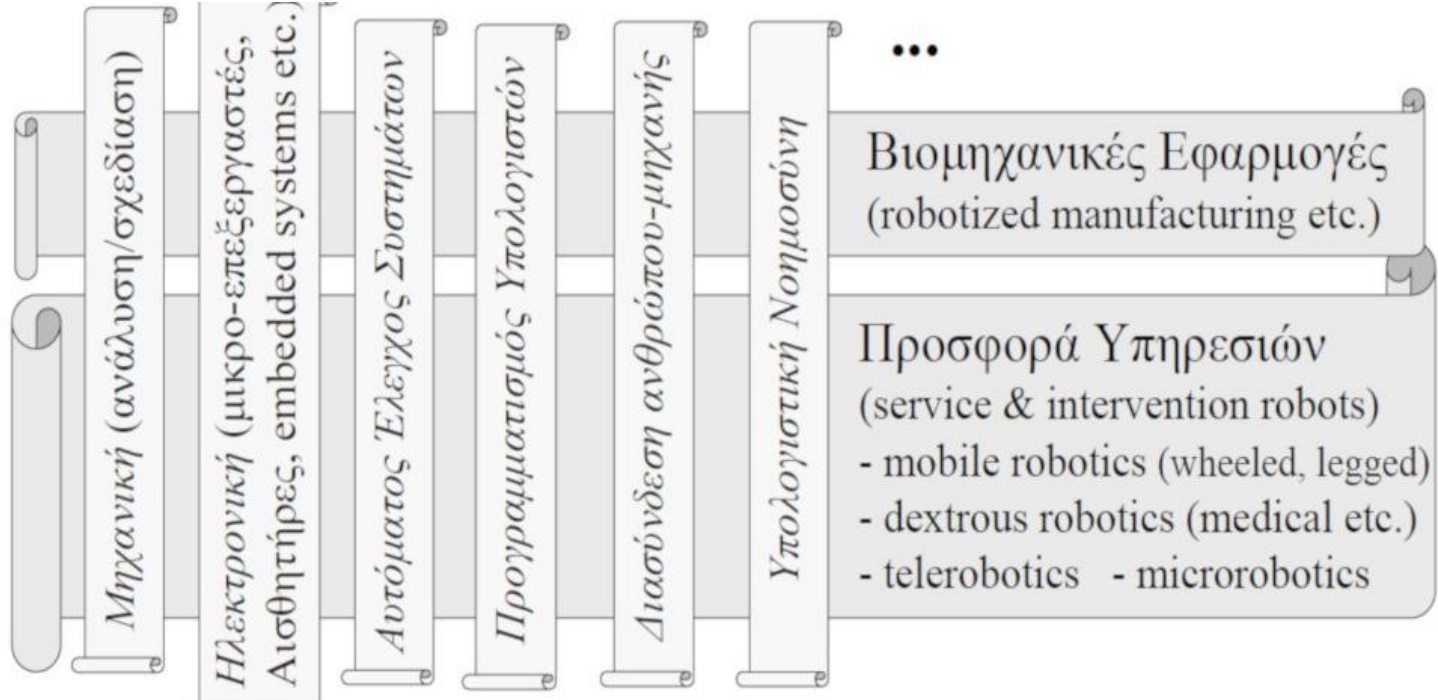
---

- Η συνεισφορά των παραπάνω:
  - Μίκρυναν τις απαιτούμενες διαστάσεις των εξαρτημάτων των αυτόματων μηχανών.
  - Βελτίωσαν πολύ τις απαιτήσεις ενέργειας και απόδοσης των Αυτόματων.
  - Έκαναν εφικτή την ανάπτυξη πολύ πιο πολύπλοκων μηχανισμών που προσέδιδαν μεγάλη ποικιλία δυνατοτήτων.
- Χρήση Ηλεκτρομαγνητισμού για τον απομακρυσμένο έλεγχο:
  - Το πρώτο τηλεκατευθυνόμενο όχημα παρουσιάστηκε από τον Nikola Tesla το 1898 στο Madison Square Garden στην Νέα Υόρκη. Ένα πλωτό ηλεκτρικό σκάφος που ελεγχόταν μέσω ενός τηλεχειριστηρίου και μπορούσε να κινείται, να αναβοσβήνει φώτα και να βυθίζεται. [14]



# Ρομποτική: Συνδυαστικός κλάδος

- «κατακόρυφη» κατάτμηση σε θεματολογικά επιστημονικά πεδία.
- «οριζόντια» κατάτμηση σε πεδία εφαρμογών.



# Ιστορία του όρου “Ρομπότ” [5,15,16]

- 1921: χρονιά που παρουσιάστηκε στο κοινό το θεατρικό έργο του Τσέχου συγγραφέα Karel Čapek “R.U.R.”
- 1927: δημιουργία της ταινίας “Metropolis” το 1927 από τον Fritz Lang όπου για πρώτη φορά εμφανίζεται ένα θηλυκό ρομπότ, ονόματι “Maria”, ο “πρόγονος” των μετέπειτα εμφανιζόμενων χαρακτήρων ρομπότ της έβδομης τέχνης.
- 1939: Αρχή δημιουργίας του έργου “Robot Series” από τον Ισαάκ Ασίμοφ που αποτελείται από 38 μικρές ιστορίες και 5 μυθιστορήματα, στα οποία πρωταγωνιστές είναι εξελιγμένα “Ποζιτρονικά” (positronic) ρομπότ. Στα έργα αυτά θεσμίζονται οι “τρεις νόμοι του Ασίμοφ” ή οι “τρεις νόμοι της Ρομποτικής” όπως αναφέρονται σήμερα.





# Οι τρεις νόμοι της Ρομποτικής [16, 17, 18]

---

1. Ένα ρομπότ δεν μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε άνθρωπο ή να επιτρέψει, με την αδράνεια του, να προκληθεί βλάβη σε άνθρωπο.
2. Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει στις εντολές κάποιου ανθρώπου, εκτός και αν αυτές έρχονται σε σύγκρουση με τον πρώτο νόμο.
3. Ένα ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξη του, όσον αυτό δεν έρχεται σε σύγκρουση με τους δύο προηγούμενους νόμους.

Οι παραπάνω νόμοι που καθιέρωσε ο Ασίμοφ, δεν είναι επίσημοι νόμοι που να γίνονται αποδεκτοί από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας, έχουν όμως σημαντική επιρροή σε αυτή.

---



# Ο μηδενικός νόμος της Ρομποτικής [16, 17, 18]

---

- Σε μεταγενέστερο διήγημα του, ο Ασίμοφ συμπλήρωσε τους παραπάνω νόμους με τον μηδενικό νόμο:
  - Ένα ρομπότ δεν μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην ανθρωπότητα ή να επιτρέψει, με την αδράνεια του, να προκληθεί βλάβη στην ανθρωπότητα.
- Σύμφωνα με τον νόμο αυτό, ο πρώτος νόμος μετατράπηκε στον:
  - Ένα ρομπότ δεν μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε άνθρωπο ή να επιτρέψει, με την αδράνεια του, να προκληθεί βλάβη σε άνθρωπο, όσο αυτό δεν έρχεται σε σύγκρουση με τον μηδενικό νόμο.



# Άλαν Τούρινγκ [19]

**Άλαν Τούρινγκ (Alan Matheson Turing, 1912-1954):** Άγγλος Μαθηματικός, καθηγητής της λογικής, κρυπτογράφος και θεωρητικός βιολόγος.

- Θεωρείται ως ο “πατέρας της επιστήμης των υπολογιστών”, χάρη στην πολύ μεγάλη συνεισφορά του στο γνωστικό πεδίο της θεωρίας υπολογισμού κατά τη δεκαετία του 1930, με την εισαγωγή της έννοιας το “θεωρητικού υπολογιστή” που ονομάστηκε “μηχανή Τούρινγκ” το 1936.
- Θεωρείται ως ο “πατέρας της τεχνητής νοημοσύνης”, χάρη στη λεγόμενη “δοκιμασία του Τούρινγκ” (Turing test) την οποία πρότεινε το 1950 και αποτελεί έναν τρόπο να διαπιστωθεί πειραματικά αν μία μηχανή έχει αυθεντικές γνωστικές ικανότητες και μπορεί να σκεφτεί.



# Δοκιμασία του Τούρινγκ [19]

- Η δοκιμασία αυτή προβλέπει την επικοινωνία ενός ανθρώπου με έναν υπολογιστή.
- Ο άνθρωπος δεν γνωρίζει αν είναι υπολογιστής ή άνθρωπος αυτό/αυτός με το/τον οποίο επικοινωνεί.
- Πρέπει, κάνοντας ερωτήσεις και παίρνοντας απαντήσεις, να αποφανθεί αν είναι υπολογιστής ή άνθρωπος.
- Την δοκιμή Τούρινγκ κατάφερε και περάσει το 2014 το ρωσικής κατασκευής ρομπότ με το όνομα Eugene Goostman που κατάφερε να πείσει το 33% των ανθρώπων που συμμετείχαν το πείραμα ότι είναι ένας 13χρονος μαθητής από την Ουκρανία.



---

# Βασικές έννοιες Ρομποτικής



# Σύγχρονος Ορισμός του Όρου “Ρομπότ” [20, 21] 1/2

---

- Το λεξικό **Merriam-Webster** ορίζει τον όρο ως:

- Μία μηχανή που μοιάζει με ανθρώπινο ον και εκτελεί ποικίλες πράξεις όμοιες με των ανθρώπινων όντων (όπως το να περπατάει ή να μιλάει). Ένα αποδοτικό αλλά “αναίσθητο” άτομο που πράττει αυτόματα.
- Μία συσκευή η οποία εκτελεί σύνθετα καθήκοντα, συνήθως επαναλαμβανόμενα, αυτόματα.
- Ένας μηχανισμός που καθοδηγείται από αυτόματο έλεγχο.



# Σύγχρονος Ορισμός του Όρου “Ρομπότ” [20, 21, 22]

## 2/2

---

- **Cambridge Dictionary:** “Μία μηχανική συσκευή που λειτουργεί αυτόματα ή μέσω ελέγχου από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή”.
- **Robot Institute of America (RIA):** “Μία επαναπρογραμματίσιμη, πολυλειτουργική χειριστική διάταξη (manipulator) σχεδιασμένη να μετακινεί υλικά, μέρη, εργαλεία ή εξειδικευμένες συσκευές μέσω ποικίλων προγραμματισμένων κινήσεων για την ολοκλήρωση μίας σειράς εργασιών”.



# Ορισμός των Ρομπότ [20, 21, 22]

---

Βάσει των παραπάνω αλλά και του έργου μετέπειτα ερευνητών, έχει οριστεί με αρκετά καλή ακρίβεια το ποιες μηχανές μπορεί να θεωρηθούν σαν “ρομπότ” και ποιά πρέπει να είναι τα κύρια χαρακτηριστικά τους:

- Ως Ρομπότ ορίζεται μία μηχανή η οποία έχει την δυνατότητα να “αισθάνεται”, να “σκέφτεται” και να “επενεργεί” (οι αντίστοιχοι αγγλικοί όροι είναι: sense, think και act).





# Βασικά Χαρακτηριστικά ενός Ρομπότ [23, 24]

---

- Διαθέτει ένα πλήθος αισθητήρων (sensors) για την απόκτηση πληροφορίας από:
  - Το εξωτερικό περιβάλλον.
  - Το “εσωτερικό” του περιβάλλον, δηλαδή τις δικές του λειτουργίες.
- Έχει την δυνατότητα επεξεργασίας, μέσω μίας CPU, των πληροφοριών που αποκτά μέσω των αισθητήρων.
- Έχει την δυνατότητα να επενεργεί με χρήση κάποιων κινητών εξαρτημάτων που καλούνται “Επενεργητές” (actuators) για την εκτέλεση κάποιας εργασίας.



# Βασικά μέρη ενός ρομπότ [23, 24]

---

Ένα ρομπότ θα πρέπει να αποτελείται από δύο βασικά συστήματα:

- Το πρώτο είναι το μηχανικό, στο οποίο περιλαμβάνεται το σύστημα κίνησης είτε ολόκληρου του ρομπότ είτε κάποιων μερών του.
- Το δεύτερο το ηλεκτρονικό, στο οποίο υπάγεται η CPU και η επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη του όπως και οι διάφοροι αισθητήρες.



# Βασικές Δυνατότητες ενός Ρομπότ [23, 24]

- Να έχει την δυνατότητα επαναπρογραμματισμού, οπότε ένα ρομπότ θα πρέπει να περιέχει τα βασικά μέρη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή ώστε να μπορεί να προγραμματίζεται η λειτουργία του ανάλογα με τις ανάγκες της εργασίας που καλείται να εκτελέσει και να επεξεργάζεται τις πληροφορίες που συλλέγει.
- Να έχει την δυνατότητα κίνησης, είτε ολόκληρο είτε μερών του, την δυνατότητα Μηχανικής Δράσης, ώστε να μπορεί να εκτελεί τις φυσικές διεργασίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της εκάστης εργασίας.
- Να έχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα και στόχους εργασίας, δηλαδή να έχει προσαρμοστικότητα, ευστροφία και ευκαμψία (οι αντίστοιχοι αγγλικοί όροι είναι: adaptability, versatility και flexibility).



# “Γενιές” Ρομπότ [22, 23, 24]

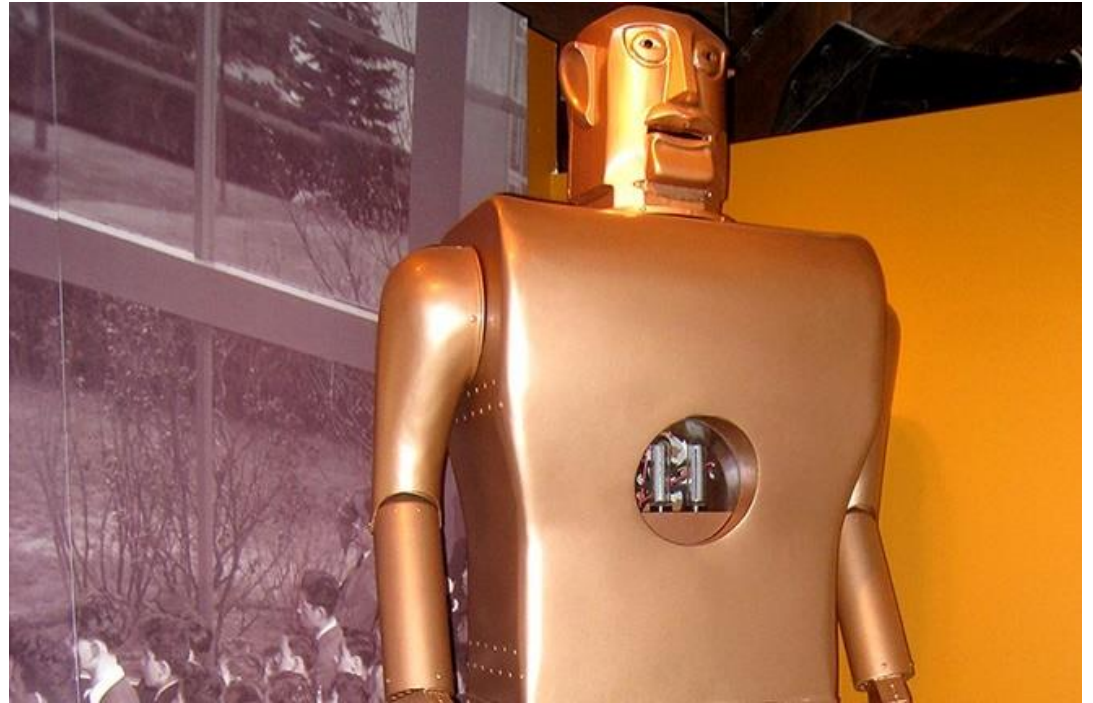
Τα στάδια της εξέλιξης της Ρομποτικής χαρακτηρίζονται ως “γενιές”:

- **Ρομπότ πρώτης γενιάς:** είναι αρκετά απλά και με περιορισμένες ικανότητες, χωρίς να έχουν την ικανότητα υπολογισμού και “αίσθησης” (συλλογή πληροφοριών από το περιβάλλον) με αποτέλεσμα να μην έχουν την ικανότητα αυτόματης λειτουργίας και να απαιτείται κάποιος χειριστής.
- **Ρομπότ δεύτερης γενιάς:** έχουν περιορισμένη υπολογιστική ικανότητα, διαθέτουν αισθητήρες για την συλλογή πληροφοριών σχετικά με την λειτουργία τους και για τον προγραμματισμό τους χρησιμοποιούνται γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.
- **Ρομπότ τρίτης γενιάς:** διαθέτουν “νοημοσύνη” και μπορούν να παίρνουν αποφάσεις κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της εργασίας τους, μέσω προγραμματισμού με χρήση τεχνικών της τεχνητής νοημοσύνης και εξελιγμένων αισθητήρων.



# Το πρώτο σύγχρονο ρομπότ [25]

- **Elektro**: το πρώτο σύγχρονο ρομπότ που παρουσιάστηκε στο κοινό της Αμερικής (έκθεση World's Fair του 1939 στη Νέα Υόρκη).
- Κινούνταν ανάμεσα στον κόσμο της έκθεσης, αλληλεπιδρούσε με τον κόσμο συστήνοντας τον εαυτό του με την φράση *“Είμαι ένας έξυπνος σύντροφος και έχω ένα πολύ καλό εγκέφαλο με 48 ηλεκτρικούς διακόπτες”*.
- Υπάκουγε σε εντολές που λάμβανε μέσω τηλεφώνου (1<sup>ης</sup> Γενιάς ρομπότ).



# Τα Ρομπότ στη Νεότερη Εποχή [22, 26]

- Τα πρώτα “μοντέρνα” ρομπότ κατασκευάστηκαν μετά την εφεύρεση των υπολογιστών τη δεκαετία του 1940.

Ένα από τα πρώτα ήταν ο Σέικι (Shakey).

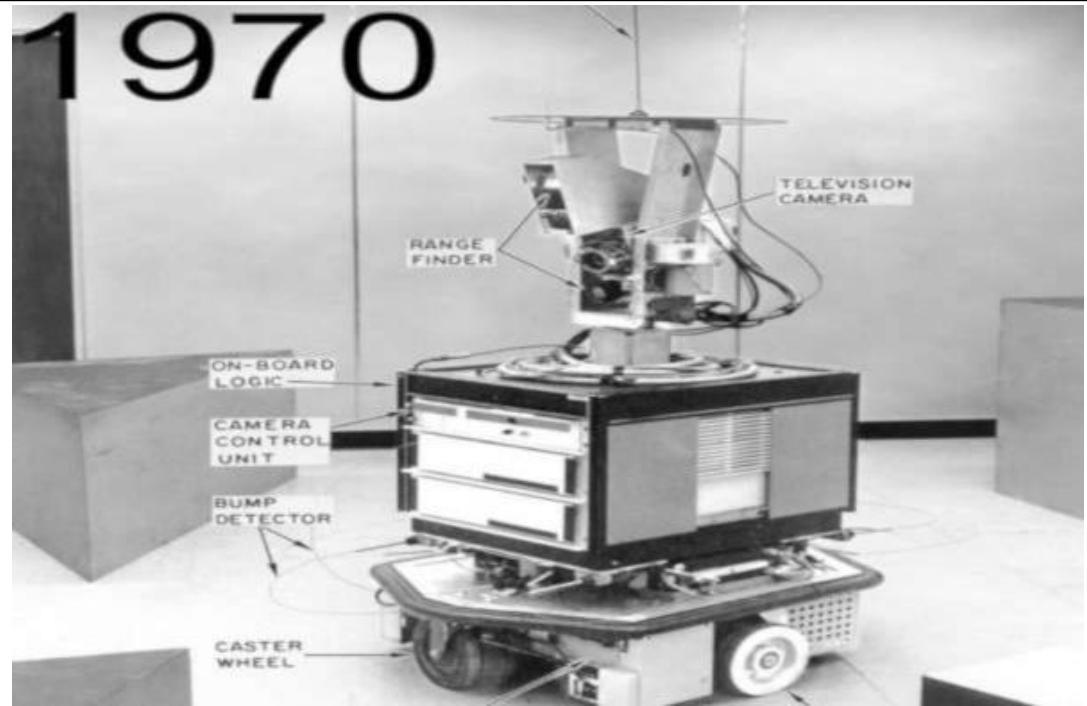
- Τα επόμενα χρόνια οι περισσότερες εφαρμογές της ρομποτικής ήταν σε αυτοματισμούς και ρομπότ εργοστασίων.
- Ένα μεγάλο μέρος των ερευνητών εστίασαν τις προσπάθειές τους στην αναπαραγωγή ανώτερων και αφηρημένων ανθρώπινων ικανοτήτων, δηλαδή στην επίτευξη τεχνητής νοημοσύνης.



# Ο Σέικι (Shakey) [28]

## Ο Σέικι (Shakey):

- Σχεδιάστηκε από τους ερευνητές του Stanford Research Institute (ΗΠΑ), στα τέλη της δεκαετίας του 1960.
- Ήταν σε θέση να τοποθετεί τουβλάκια σε κατακόρυφες στήλες, έχοντας μια βιντεοκάμερα ως οπτικό αισθητήρα και ένα μικρό υπολογιστή για την επεξεργασία των πληροφοριών που λάμβανε.



# Βασική Δομή ενός Ρομπότ [27, 28] 1/2

---

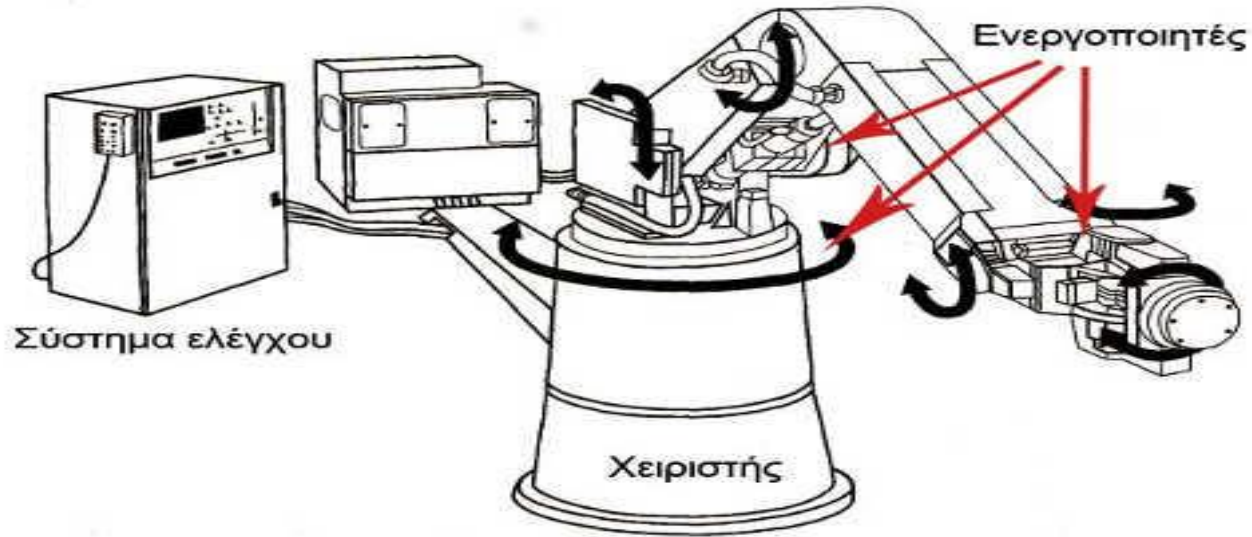
Η βασική δομή ενός ρομπότ αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Ένα εξωτερικό σώμα (περίβλημα).
- Κινητήρας/ες που λειτουργεί/ούν σαν μύς/ες (ενεργοποιητές).
- Αρθρώσεις.
- Αισθητήρας/ες για πληροφόρηση.
- Πηγή ενέργειας (συνήθως ηλεκτρική ενέργεια).
- Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (το «μυαλό») για έλεγχο και λειτουργία.





# Βασική Δομή ενός Ρομπότ 2/2



# Εξωτερικό σώμα (περίβλημα)

- Προστατεύει τον εσωτερικό μηχανισμό του ρομπότ και καθορίζει την “εξωτερική μορφή” του ρομπότ.
- Το υλικό κατασκευής εξαρτάται από την εφαρμογή
  - Για συνηθισμένες, καθημερινές εφαρμογές: ελαφρύ περίβλημα, συνήθως πλαστικό.
  - Για Βιομηχανικές εφαρμογές: μεταλλικό κάλυμμα ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες.
  - Για υποβρύχια ρομπότ: μεταλλικό κάλυμμα ανθεκτικό στις υψηλές πιέσεις.
  - Για διαστημικά ρομπότ: πλαστικό ή μεταλλικό κάλυμμα ανθεκτικό στους κραδασμούς, τις υψηλές θερμοκρασίες και τις χαμηλές πιέσεις.



# Ενεργοποιητές [24, 28] 1/2

- **Ηλεκτρικοί ενεργοποιητές (electric actuators):**
  - Σερβοκινητήρες που μπορεί να είναι συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος.
  - Βηματικοί κινητήρες (stepper motors). Είναι οι συνηθέστεροι κινητήρες ρομπότ σήμερα γιατί:
    - μπορούν να υποστηρίξουν υψηλές ταχύτητες με μεγάλη ακρίβεια, είναι εύκολοι στην χρήση και τον έλεγχο τους και έχουν σχετικά μικρό κόστος και μέγεθος.
- **Πνευματικοί ενεργοποιητές (Pneumatic actuators):** Χρησιμοποιούν την πίεση κάποιου αέριου για την κίνηση και στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι αεροσυμπιεστές.
  - Μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλες ταχύτητες αλλά μικρή ακρίβεια, έχουν σχετικά μικρό κόστος κατασκευής αλλά μεγάλο συντήρησης.



# Ενεργοποιητές [24, 28] 2/2

- **Υδραυλικοί ενεργοποιητές (Hydraulic actuators):** Η κίνηση στηρίζεται στην πίεση κάποιου υγρού, όπως συνηθέστερα κίνηση με έμβολα λαδιού.
  - Μπορούν να υποστηρίξουν υψηλές ταχύτητες και δύναμη κίνησης, είναι σχετικά εύκολοι στον έλεγχο, έχουν αρκετά μεγάλο μέγεθος και το κόστος για ενεργοποιητές μικρού μεγέθους είναι σχετικά υψηλό.
- **Πιεζοηλεκτρικοί ενεργοποιητές (piezoelectric actuators):** Χρησιμοποιούν την πίεση για την παραγωγή κινητικής ενέργειας και βασίζονται στο φαινόμενο της ηλεκτροσυστολής
  - με την άσκηση συγκεκριμένης τάσης σε ένα υλικό προκαλείται παραμόρφωση του (παραμόρφωση έως και 0.1 % κεραμικών υλικών σε ηλεκτρικό πεδίο)).



# Αισθητήρες [24, 28]

- Οπτικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούν το φως για την συλλογή των πληροφοριών.
  - Ανιχνευτές φωτός (light sensors), μονοφθalmικής ή στερεοσκοπικής όρασης (monocular/binocular vision) και Laser.
- Ηλεκτρομαγνητικοί, που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα για την “αναγνώριση” του περιβάλλοντος και συνήθως λειτουργούν όπως οι συσκευές RADAR ή οι συσκευές GPS.
- Μηχανικοί, που χρησιμοποιούν μηχανικά σήματα, όπως η πίεση, για να προσδιορίσουν την θέση, την γωνία ή την ταχύτητα κάποιων μερών τους ή κάποιου αντικειμένου στο περιβάλλον τους.
- Ακουστικοί, που χρησιμοποιούν ηχητικά σήματα για την συλλογή πληροφοριών από το περιβάλλον.



# Κατηγοριοποίηση αισθητήρων [24, 28] 1/2

- Μία πρώτη γενική ταξινόμηση τους αφορά το είδος (ή τη ροή) της πληροφορίας που συλλέγουν:
  - Αν η πληροφορία αφορά την εσωτερική λειτουργία του, όπως παραδείγματος χάριν την γωνία κλίσης κάποιας άρθρωσης ή την θέση και την ταχύτητα κάποιου μέρους του ρομπότ, τότε χαρακτηρίζονται ως **“Ιδιοδεκτικοί” (proprioceptive)** ή **“Εσωτερικής Κατάστασης”**.
  - Αν αφορά το περιβάλλον του, όπως παραδείγματος χάριν την θέση κάποιου μέρους του ή υλικού το οποίο θα πρέπει να χειριστεί ή διαχειριστεί, τότε χαρακτηρίζονται ως **“Ετεροδεκτικοί” (Exteroceptive)** ή **“Εξωτερικής Κατάστασης”**.



# Κατηγοριοποίηση αισθητήρων [24, 28] 2/2

---

- Μία άλλη γενική ταξινόμηση τους αφορά το είδος της πληροφορίας που συλλέγουν (αναφορικά με την χρήση της πληροφορίας αυτής):
  - Αισθητήρες απόστασης (range sensors).
  - Αισθητήρες θέσης (απόλυτης ή σχετικής).
  - Αδρανειακοί αισθητήρες (inertial sensors).
  - Αισθητήρες περιβάλλοντος (environmental sensors).



# Βαθμοί Ελευθερίας [33]

- Ως βαθμός ελευθερίας στην Φυσική ορίζεται μία παράμετρος που είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου (ή αντικειμένου) σε ένα σύστημα, ή αλλιώς, το πλήθος των τρόπων με τους οποίους μπορεί να κινηθεί το σημείο (ή αντικείμενο).
  - **Μεταφορικοί βαθμοί ελευθερίας (R):** όταν μπορεί να εκτελέσει μεταφορική κίνηση.
    - “Μεταφορική” κίνηση: η κίνηση που κάνει ένα σημείο (ή αντικείμενο) όταν αλλάζει η θέση του, δηλαδή μεταβαίνει από το σημείο A στο σημείο B.
  - **Περιστροφικοί βαθμοί ελευθερίας (P):** όταν μπορεί να εκτελέσει περιστροφική κίνηση.
    - “Στροφική” (ή περιστροφική) κίνηση: η κίνηση η οποία δεν αλλάζει τη θέση του σημείου (ή αντικειμένου) αλλά τον προσανατολισμό του στον χώρο.





# Αρθρώσεις [31, 33] 1/2

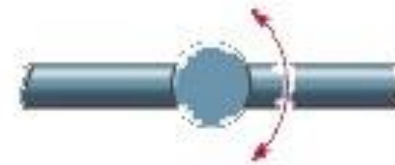
- **Γραμμική άρθρωση:** Δυνατότητα γραμμικής κίνησης σε μία ευθεία. Τα δύο μέρη που ενώνει πρέπει να είναι παράλληλα το ένα με το άλλο, με το ένα να ολισθαίνει στο άλλο.
- **Ορθογώνια άρθρωση:** Δυνατότητα γραμμικής κίνησης όπου τα δύο μέρη που ενώνει είναι κάθετα μεταξύ τους.
- **Περιστροφική άρθρωση:** Δυνατότητα περιστροφής στα μέρη τα οποία ενώνει γύρω από τον άξονα που είναι κάθετος στο επίπεδο που ορίζεται από τα δύο αυτά μέρη.



Γραμμική Άρθρωση  
(Linear joint)



Ορθογώνια Άρθρωση  
(Orthogonal joint)

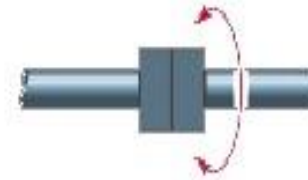


Περιστροφική Άρθρωση

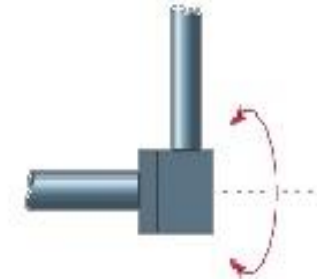


# Αρθρώσεις [31, 33] 2/2

- **Συστροφική άρθρωση:** Ενώνει δύο μέρη που είναι παράλληλα μεταξύ τους και δίνει την δυνατότητα της στροφικής κίνησης σε άξονα παράλληλο με την ευθεία που τα μέρη που ενώνει ορίζουν.
- **Περιστρεφόμενη άρθρωση:** Δυνατότητα στροφικής κίνησης με τα δύο μέρη του βραχίονα που ενώνει είναι κάθετα μεταξύ τους. Έτσι, το κινούμενο μέρος δεν συστρέφεται αλλά περιστρέφεται γύρω από τον άξονα που ορίζει το άλλο μέρος.



Συστροφική Άρθρωση  
(Twisting joint)



Περιστρεφόμενη Άρθρωση  
(Revolving joint)



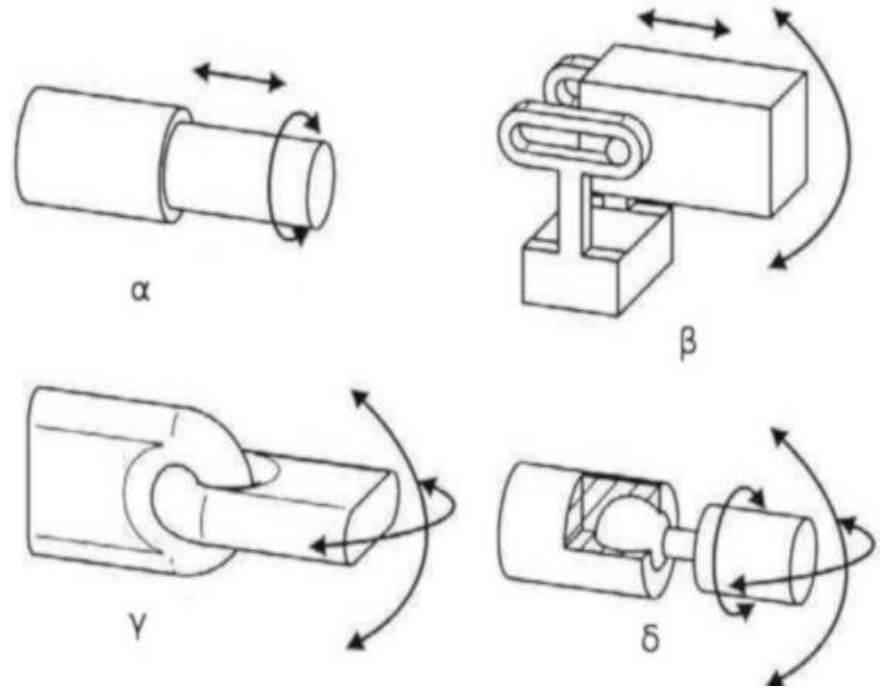
# Σύνθετες Αρθρώσεις [31, 33]

α) Δυνατότητα κυλινδρικής κίνησης με δύο βαθμούς ελευθερίας, έναν μεταφορικό και έναν περιστροφικό.

β) Δυνατότητα κύλισης και περιστροφής γύρω από έναν άξονα με δύο μεταφορικούς βαθμούς ελευθερίας.

γ) Δυνατότητα περιστροφής γύρω από δύο άξονες, σε ένα επίπεδο, έχοντας δύο μεταφορικούς βαθμούς ελευθερίας.

δ) Δυνατότητα κίνησης σε ένα επίπεδο με δύο μεταφορικούς βαθμούς ελευθερίας, και δυνατότητα περιστροφής του κινούμενου μέρους με έναν περιστροφικό βαθμό ελευθερίας.



# Εφαρμογές της Ρομποτικής

---

- Ρομπότ εδάφους
- Ρομπότ αέρος
- Θαλάσσια ρομπότ
- Διαστημικά ρομπότ
- Ιατρικά ρομπότ
- Βιομηχανικά ρομπότ
- Εκπαιδευτικά ρομπότ
- Πολεμική βιομηχανία κ.α.



# Κινούμενα και σταθερά ρομπότ [23, 24, 27, 29]

---

- Ρομπότ εδάφους, αέρα, θαλάσσια και διαστημικά.
- Βιομηχανικά Ρομπότ – Ρομποτικοί Χειριστές:
  - Σταθερή βάση – περιορισμένος χώρος εργασίας .
- Κινούμενα ρομπότ: σε χώρους εργασίας με αυτόνομη ή τηλεχειριζόμενη *κίνηση*.
  - Αυτόνομη κίνηση: δυνατότητες χαρτογράφησης και αντίληψης θέσης στο χώρο, καθώς και σχεδιασμό δρόμου.
  - Εργασία σε «μη φιλικό» προς τον άνθρωπο περιβάλλον, ή αλληλεπίδραση με τον άνθρωπο στο περιβάλλον εργασίας.
  - Μηχανισμοί δημιουργίας κίνησης και αισθητήριες διατάξεις.



# Βασικές έννοιες κινούμενων ρομπότ [23, 24, 27, 29]

---

- Μηχανισμοί Κίνησης στο χώρο (locomotion)
  - Αισθητήριες Διατάξεις (sensing):
    - Αισθητήρες εσωτερικής κατάστασης (διάταξη) του ρομπότ (internal-state sensors ή αλλιώς proprioceptive sensors).
    - Αισθητήρες εξωτερικής κατάστασης του ρομπότ - Κατάσταση/Δομή εξωτερικού περιβάλλοντος (external-state sensors ή αλλιώς exteroceptive sensors).
    - Σύνθεση αισθητηριακών πληροφοριών (sensor fusion).
  - Αρχιτεκτονικές ελέγχου (mobile robot control architectures).
  - Αυτό-εντοπισμός θέσης / Χαρτογράφηση (self-localization / map-building).
  - Σχεδιασμός πορείας – Πλοήγηση (path planning / navigation).
- 



# Βασικές Κατηγορίες Κινούμενων Ρομπότ

## [23, 24, 27, 29]

---

- Επίγεια (terrestrial).
- Τροχοφόρα (wheeled).
- Ρομπότ με πόδια (βαδίζοντα, αναρριχώμενα, κλπ.) (legged robots: walking, climbing etc.).
- Υποβρύχια (aquatic, underwater robotics).
- Ιπτάμενα (αεροπλάνα, ελικόπτερα κλπ.).
- Διαστημικά.
- Μίκρο / Νάνο – Ρομποτική.



# Κινούμενα Ρομπότ

Wheeled



Legged



Flying





# Κινούμενα Ρομπότ – Μηχανισμοί Κίνησης

## [23, 24, 27, 29]

---

- Τα ρομπότ με τροχούς είναι κατάλληλα για τις ομαλές επιφάνειες.
  - Τα ρομπότ με τεχνικά πόδια είναι κατάλληλα για φυσικό εξωτερικό περιβάλλον και δύσβατο έδαφος.
  - Ιπτάμενα ρομπότ (π.χ. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Remotely Piloted Vehicles (RPVs)).
  - Υποβρύχια ρομπότ (π.χ. Autonomous Underwater Vehicles (AUVs), Remotely Operated Vehicles (ROVs)).
  - Πολλά ρομπότ που συναντούμε σε πολλές εφαρμογές είναι υβριδικά συστήματα. Χρησιμοποιούν διάφορα συστήματα κίνησης.
- 



# Επίδοση Κινούμενων Ρομπότ

## [23, 24, 27, 29]

---

- Η επίδοση ενός κινούμενου ρομπότ εξαρτάται από:
  - Την ευστάθεια του
    - Στατική/δυναμική.
    - Χαρακτηριστικά εδάφους.
  - Την πολυπλοκότητα ελέγχου (μηχανισμοί δημιουργίας κίνησης).
  - Την ταχύτητα μετακίνησης.
  - Την κατανάλωση ενέργειας και την ικανότητα αυτονομίας που έχει.



# Χαρακτηριστικά Κίνησης [23, 24]

---

- Σταθερότητα

- Αριθμός σημείων επαφής
- Κέντρο βάρους
- Στατική/δυναμική ευστάθεια
- Κλίση επιπέδου

- Χαρακτηριστικά επαφής

- Σημείο ή περιοχή επαφής
- Γωνία επαφής
- Τριβή

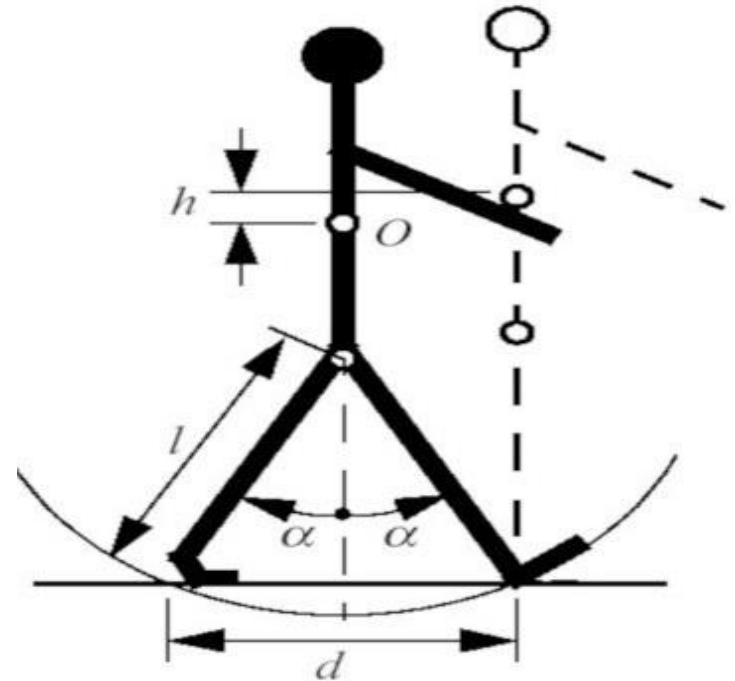
- Περιβάλλον

- Δομή
- Μέσο (αέρας, νερό, μαλακό ή σκληρό δάπεδο)



# Είδη Κίνησης Κινούμενων Ρομπότ [23, 24]

- Τα είδη κίνησης που συναντάμε στη φύση είναι τεχνικά δύσκολο να μιμηθούν.
- Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν τροχούς ή ερπύστριες.
- Η κύλιση είναι αποδοτική αλλά δεν προέρχεται από την φύση.
- Το περπάτημα ενός δίποδου είναι πολύ κοντά στην κίνηση με κύλιση.



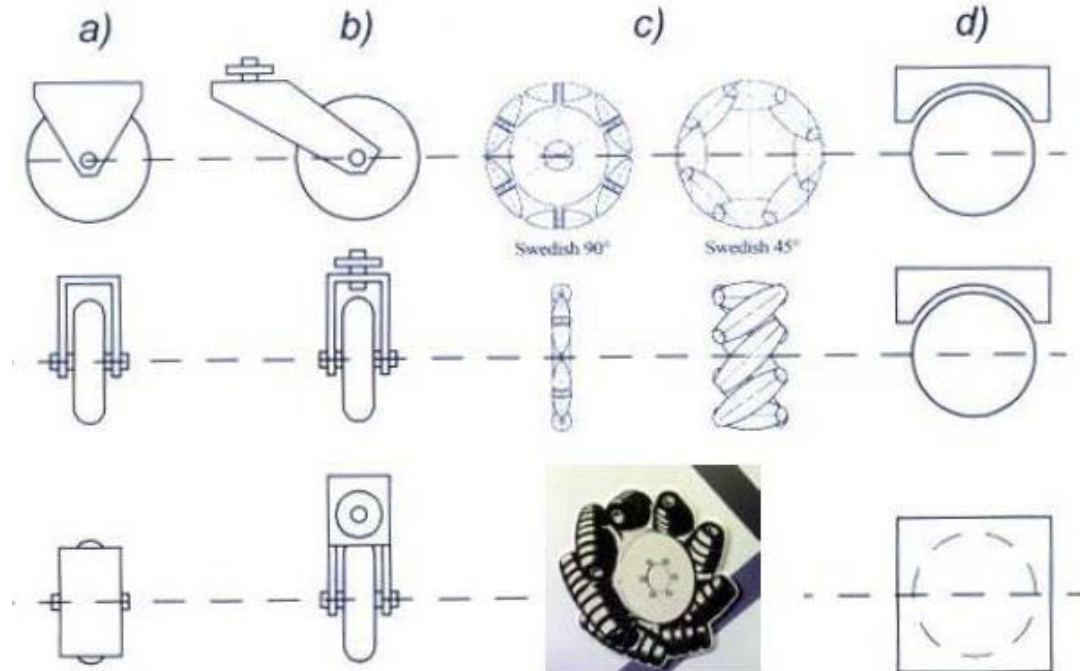
# Τροχοφόρα Ρομπότ [23, 24, 27, 29]

- Τρεις τροχοί είναι αρκετοί και εγγυούνται ευστάθεια:
  - Το κέντρο βάρους είναι στο τρίγωνο που σχηματίζεται από τα σημεία επαφής των τροχών με το έδαφος.
- Με 4 ή περισσότερους τροχούς βελτιώνεται η ευστάθεια:
  - απαιτείται και ελαστική ανάρτηση.
- Οι μεγαλύτεροι τροχοί μπορούν να ξεπερνούν ψηλότερα εμπόδια:
  - απαιτούν μεγαλύτερη ροπή ή μείωση στο κιβώτιο ταχυτήτων.
- Οι περισσότερες διατάξεις είναι μη-ολονομικές και απαιτούν καλύτερο έλεγχο.
- Ο συνδυασμός κίνησης και στροφής σε έναν τροχό κάνει τον σχεδιασμό πολύπλοκο και αυξάνει τα λάθη οδομετρίας.



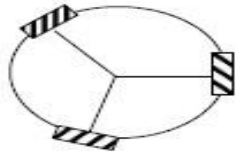
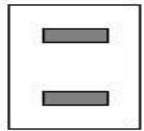
# Τύποι τροχών [23, 24]

- a) Τυπικός τροχός (σταθερό ή περιστρεφόμενο κατακόρυφο άξονα)
- b) Προσανατολιζόμενος τροχός (Castor wheel)
- c) Πανκατευθυντικός τροχός (Omnidirectional (Swedish) wheel)
- d) Σφαιρικός τροχός (Spherical wheel)

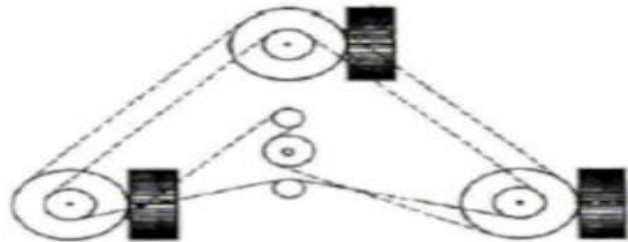
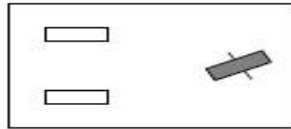
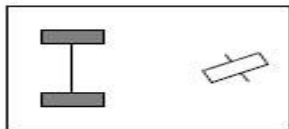
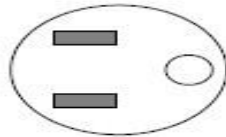
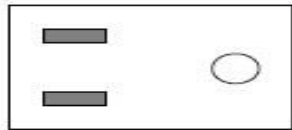


# Διατάξεις τροχών [23, 24]

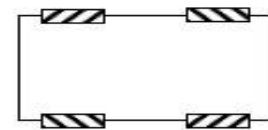
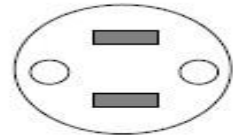
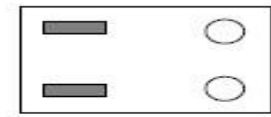
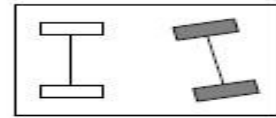
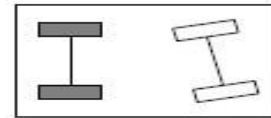
2 τροχοί



3 τροχοί



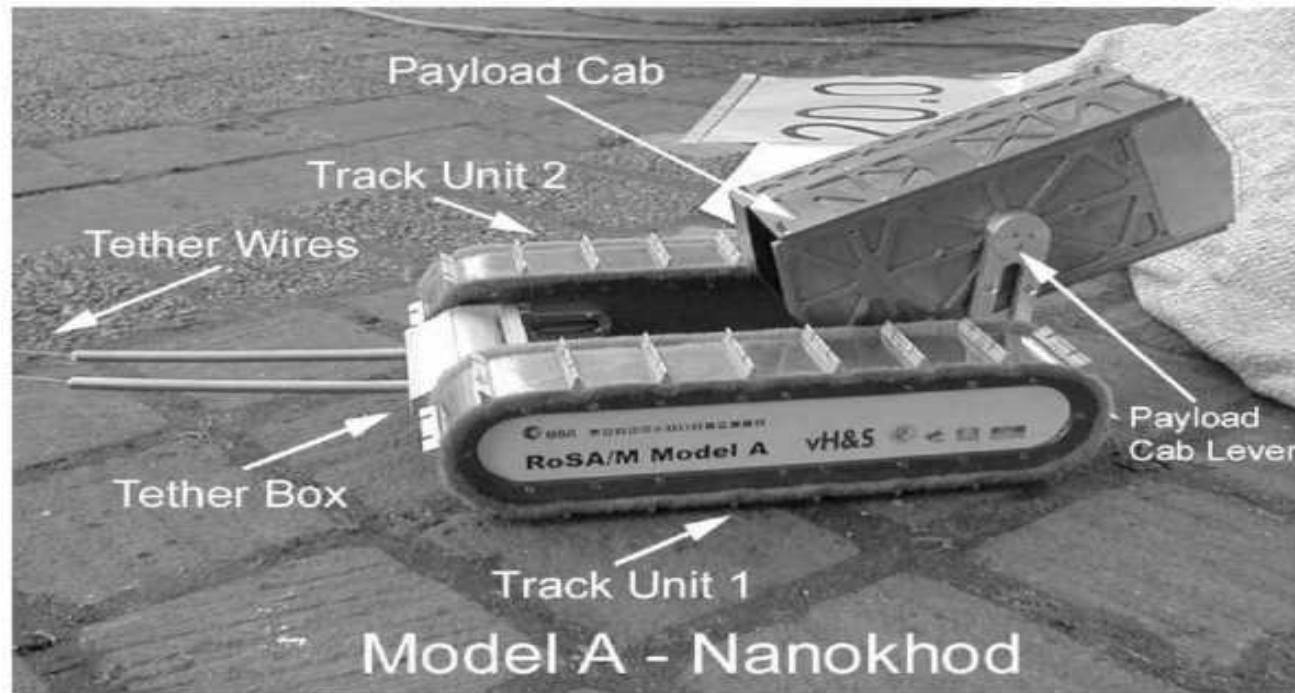
4 τροχοί



...



# Ερπυστριοφόρο





# Βαδίζοντα Συστήματα με Πόδια [24, 29, 31] 1/2

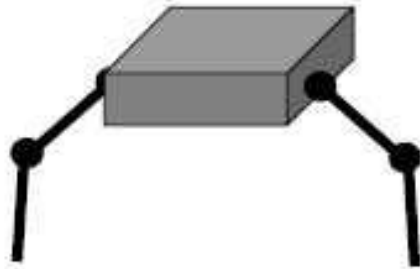
---

- Όσο λιγότερα πόδια τόσο πιο πολύπλοκη η κίνηση.
  - Χρειάζονται τουλάχιστον 3 πόδια για στατική ευστάθεια (3 σημεία ορίζουν ένα επίπεδο).
- Κατά τη διάρκεια κίνησης κάποια πόδια σηκώνονται.
  - Η ευστάθεια χάνεται προσωρινά.
- Για στατικό περπάτημα χρειάζονται τουλάχιστον 6 πόδια.

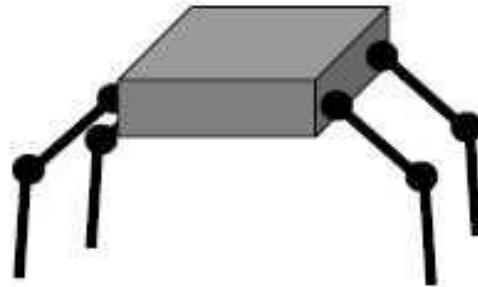


# Βαδίζοντα Συστήματα με Πόδια [24, 29, 31] 2/2

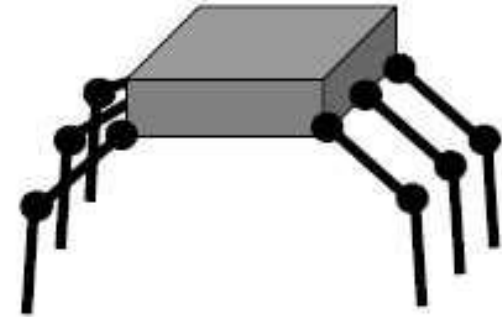
---



Θηλαστικά  
(2 ή 4 πόδια)



Ερπετά  
(4 πόδια)



Έντομα  
(6+ πόδια)

Διάταξη ποδιών για βάδιση σε διάφορα βιολογικά συστήματα στη φύση

---



# Αριθμός συνδέσμων για κάθε πόδι (DOF - Degrees of freedom) [24, 29, 31]

---

- Τουλάχιστον 2 DOF για να κινηθεί ένα πόδι μπροστά.
  - Πρέπει να σηκωθεί και να μετακινηθεί.
- Συνήθως έχουμε 3 DOF για κάθε πόδι.
- Για τον σύνδεσμο του αστράγαλου 4ος DOF.
  - Πιθανώς θα βελτιωθεί η κίνηση.
  - Αλλά, επιπλέον DOF αυξάνει την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού και ελέγχου της κίνησης.



# Πλήθος διασκελισμών [24, 29, 31] 1/2

---

- Ο διασκελισμός χαρακτηρίζεται ως η ακολουθία γεγονότων ανύψωσης και απελευθέρωσης των ποδιών.

- Εξαρτάται από τον αριθμό των ποδιών.

- Ο αριθμός των πιθανών γεγονότων  $N$  για μια συσκευή με  $k$  πόδια είναι:

$$N = (2k - 1)!$$

- Για ένα δίποδο ( $k=2$ ) ο αριθμός πιθανών γεγονότων  $N$  είναι:

$$N = (2k - 1)! = 3! = 6$$



# Πλήθος διασκελισμών [24, 29, 31] 2/2

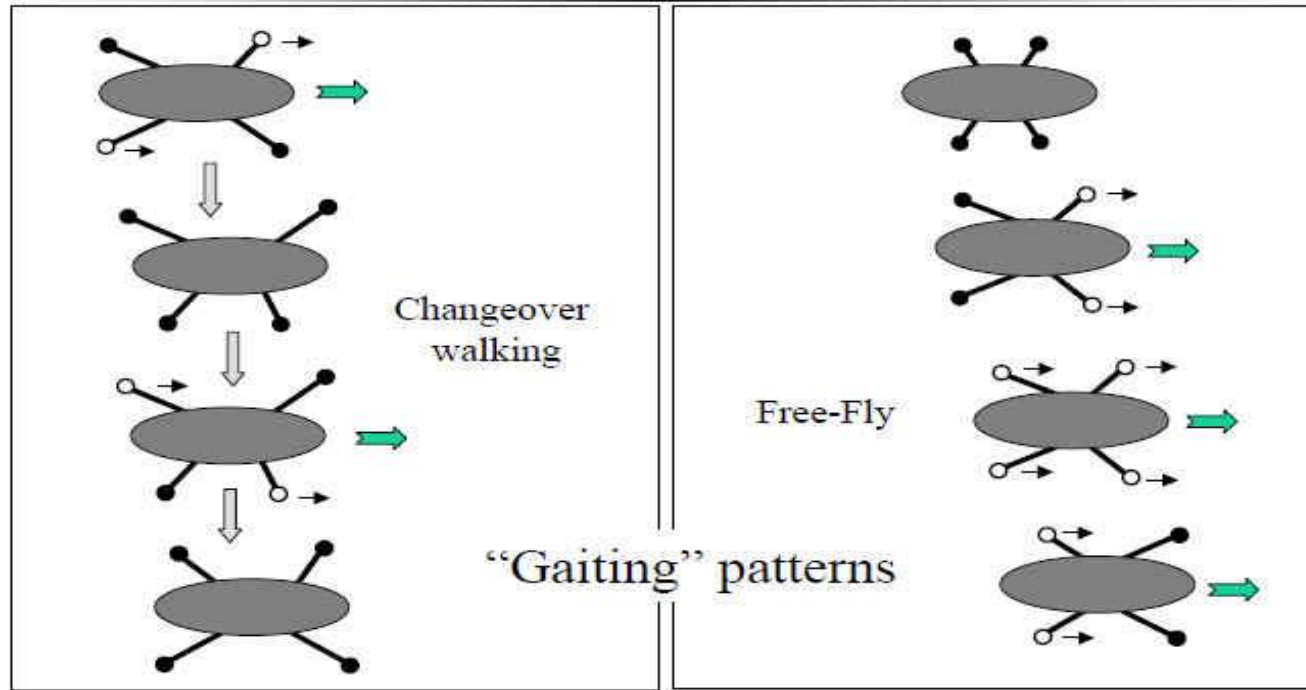
- Τα 6 διαφορετικά γεγονότα είναι:
  - Ανύψωση δεξιού ποδιού.
  - Ανύψωση αριστερού ποδιού.
  - Απελευθέρωση δεξιού ποδιού.
  - Απελευθέρωση αριστερού ποδιού.
  - Ανύψωση και των 2 ποδιών.
  - Απελευθέρωση και των 2 ποδιών.

- Για ένα εξάποδο  $k = 6$ :

$$N = (2k - 1)! = 11! = 39,916,800 \text{ πιθανά γεγονότα.}$$



# Τύποι «Βηματισμού» Τετράποδου [24, 29, 31]

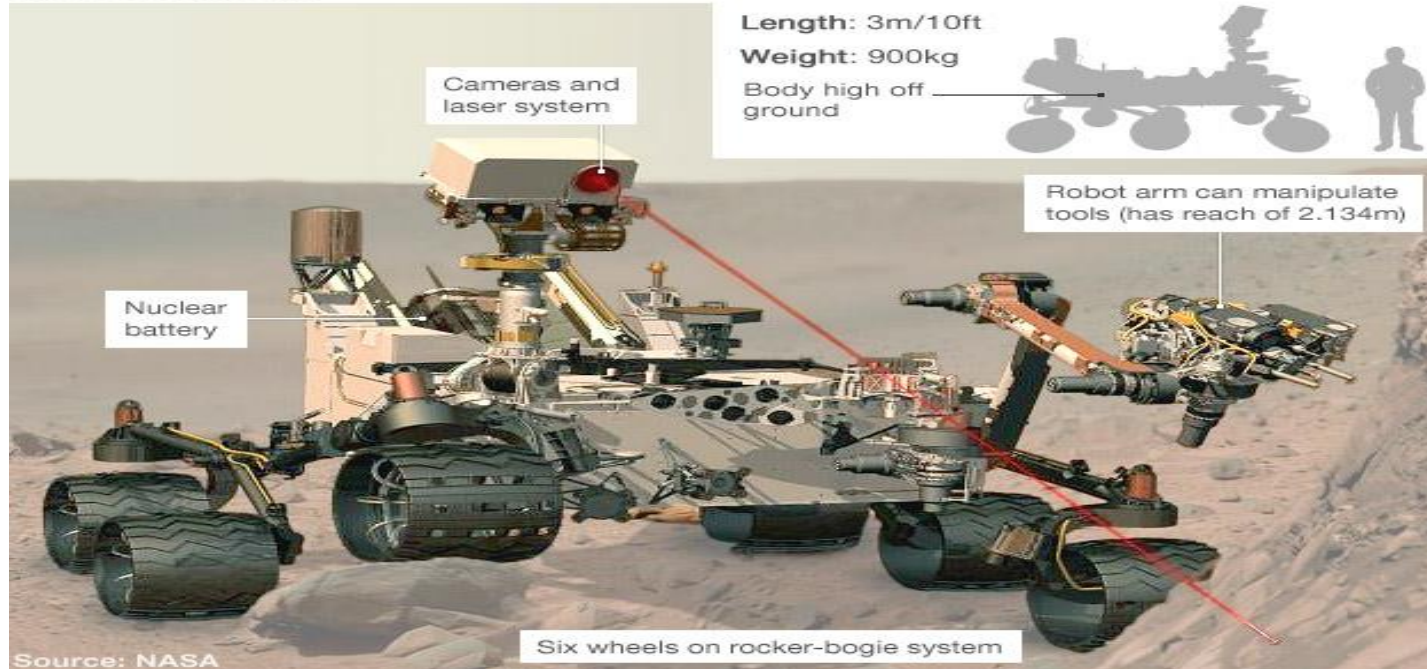


# «Υβριδικό» Ρομποτικό Όχημα - Ρομπότ EPFL «Shrimp» [34]



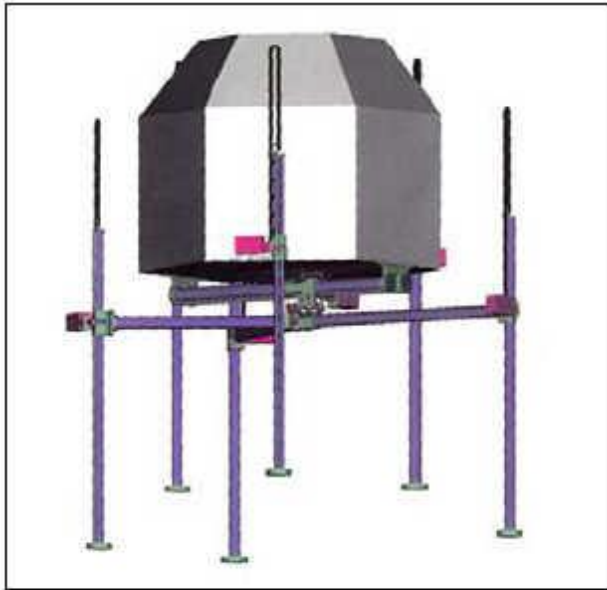
# «Υβριδικό» Ρομποτικό Όχημα - "Curiosity" Mars Rover [35]

Mars Science Lab





# Αυτοκινούμενα Ρομπότ με Πόδια



Εξάποδο ρομπότ **Ambler**  
(Robotics Institute, CMU)



Εξάποδο ρομπότ **Dante** (NASA)



# Ανθρωπόμορφο Ρομποτικό Δίποδο [36]

- Μοντέλο: P20
- Κατασκευαστής: Honda
  - Μέγιστη ταχύτητα: 2 km/h
  - Αυτονομία: 15 λεπτά
  - Βάρος: 210 kg
  - Ύψος: 1,82 μέτρα
  - DoF ποδιών: 2\*6
  - DoF χεριών: 2\*7
- Το πρώτο ανθρωπόμορφο ρομποτικό δίποδο με ρεαλιστική κίνηση.



---

# Βιομηχανικά Ρομπότ



# Βιομηχανική Ρομποτική [37, 38] 1/2

---

- Ο πιο ανεπτυγμένος και εξελιγμένος κλάδος της Ρομποτικής.
  - Ασχολείται με τις εφαρμογές των ρομπότ στη Βιομηχανία.
  - Στηρίχθηκε στις μελέτες πάνω στην οργάνωση της μαζικής παραγωγής από τους Φρέντερικ Γουίνσλοου Τέιλορ και Χένρι Φορντ.
    - Καταμερισμός εργασίας κατά την παραγωγή ενός προϊόντος σε επιμέρους στάδια.
    - Γραμμή παραγωγής.
  - 1954: κατοχύρωση της ευρεσιτεχνίας (patent) από τον George Devol του πρώτου βιομηχανικού ρομπότ και γένεση του όρου “Βιομηχανικό ρομπότ”.
- 



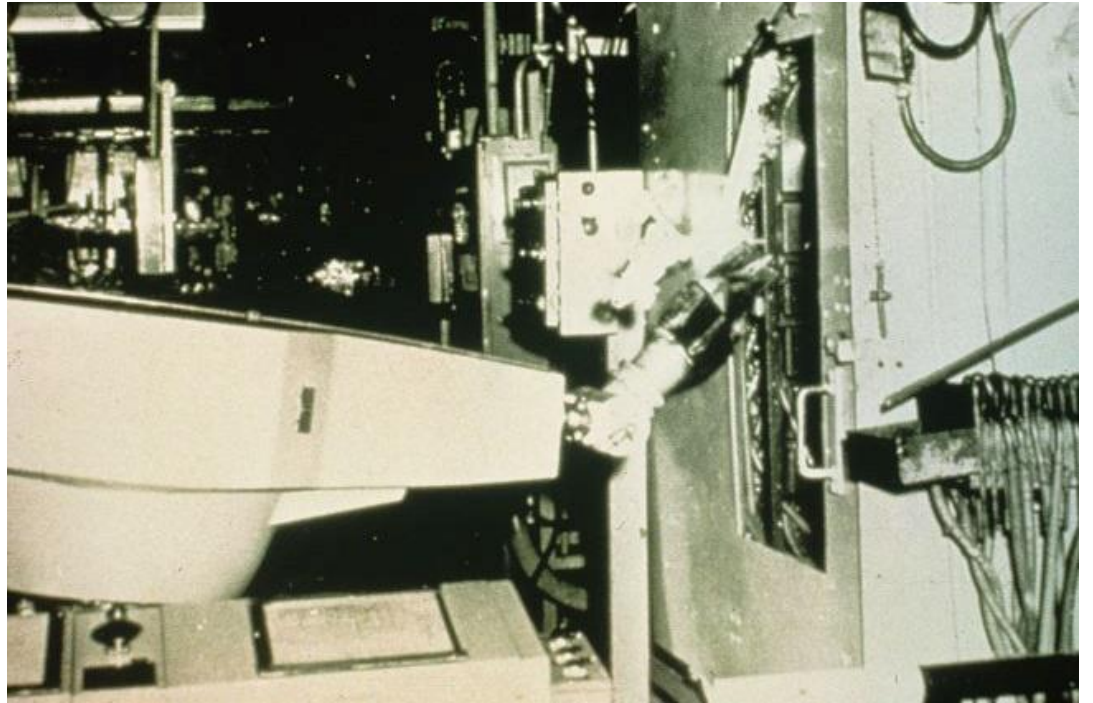
## Βιομηχανική Ρομποτική [37, 38] 2/2

- 1961: Εγκατάσταση του πρώτου βιομηχανικού ρομπότ, του “Unimate”, σε εργοστάσιο General Motor’s (GM) στο Trenton, στην πολιτεία New Jersey των Ηνωμένων Πολιτειών.
- 1962: 6 κυλινδρικά ρομπότ από την εταιρία AMF (American Machine and Foundry) εγκαθίστανται στο εργοστάσιο της Ford στο Canton των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Τα ρομπότ αυτά ονομάστηκαν “Versatran” που είναι ένωση των λέξεων “versatile transfer” (ευέλικτη μεταφορά).
- 1967: Το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ στην Ευρώπη εγκαταστάθηκε στο εργοστάσιο της Svenska Metallverken στο Urplands Väsby της Σουηδίας και ήταν ένα Unimate.



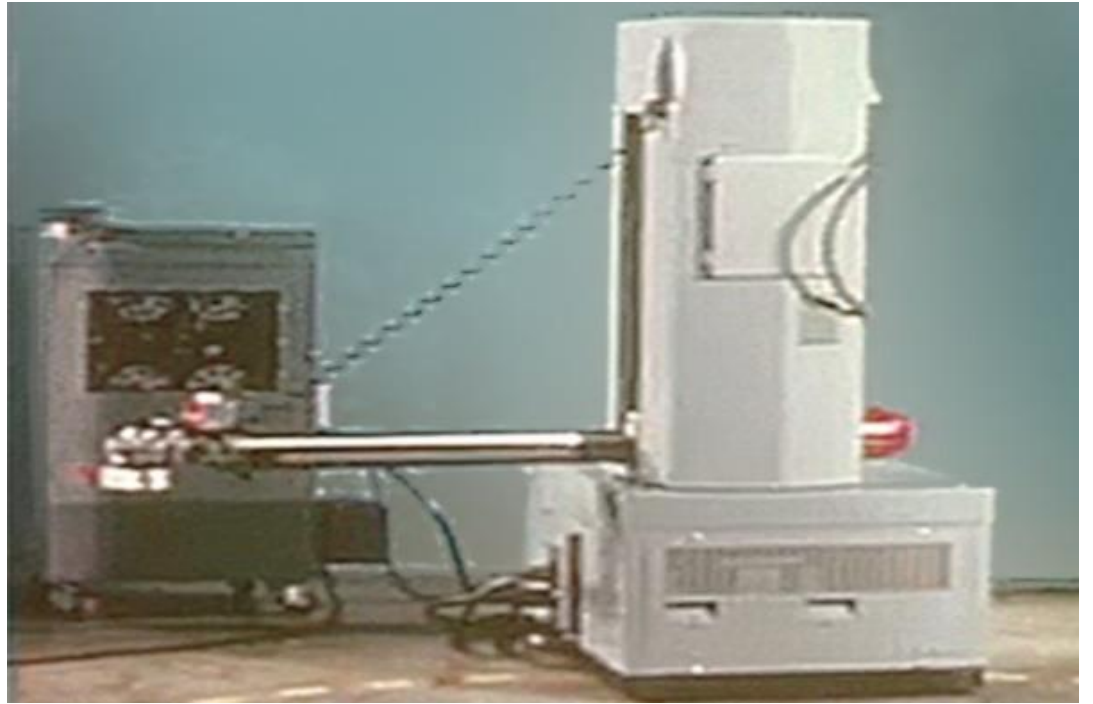
# Unimate [39]

- Ο πρώτος ρομποτικός βραχίονας “Unimate” των George Devol και Joseph Engleberger.
- Η χρήση του αφορούσε την μετακίνηση/μεταφορά διαφόρων αντικειμένων.



# Versatran [40]

- “Versatran” (ένωση των λέξεων “versatile transfer” (ευέλικτη μεταφορά) ).
- Το πρώτο κυλινδρικό βιομηχανικό ρομπότ.
- Χρησιμοποιούνταν και αυτό για τη μεταφορά/μετακίνηση αντικειμένων.



# Πλεονεκτήματα της Χρήσης Ρομπότ 1/2

---

- Ποιότητα: τα βιομηχανικά αυτοματοποιημένα ρομπότ έχουν την ικανότητα να βελτιώνουν δραματικά την ποιότητα του προϊόντος.
- Μέγιστη ακρίβεια.
- Επαναληψιμότητα προγραμματισμένων εργασιών.
- Αύξηση ρυθμού παραγωγής, σε καλύτερη ποιότητα, του προϊόντος.
- Ασφάλεια: Ένα Ρομπότ μπορεί να αυξήσει την ασφάλεια στο χώρο εργασίας.





# Πλεονεκτήματα της Χρήσης Ρομπότ 2/2

- Εργασία σε περιβάλλον που για τον άνθρωπο μπορεί να είναι επικίνδυνο ή ανθυγιεινό.
- Οικονομικά στοιχεία:
  - Βελτιωμένη ασφάλεια των εργαζομένων οδηγεί σε εξοικονόμηση πόρων.
  - Η αύξηση του ρυθμού παραγωγής και της ποιότητας του προϊόντος αυξάνει τα κέρδη της επιχείρησης.
  - Μικρότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με την ανθρώπινη εργασία.



# Μειονεκτήματα της Χρήσης Ρομπότ 1/2

- Δαπάνη: Η αρχική επένδυση για την ολοκληρωμένη αυτοματοποιημένη ρομποτική σε μια επιχείρησή είναι σημαντική, ειδικά όταν οι ιδιοκτήτες επιχειρήσεων περιορίζουν τις αγορές τους σε νέο ρομποτικό εξοπλισμό.
- Εκπαίδευση: Οι εργαζόμενοι θα πρέπει να περάσουν από ένα πρόγραμμα κατάρτισης για να αλληλεπιδρούν με το νέο ρομποτικό εξοπλισμό.
- Ασφάλεια: Το Ρομπότ μπορεί να προστατεύσει τους εργαζόμενους από ορισμένους κινδύνους, αλλά εν τω μεταξύ, η ίδια η παρουσία τους μπορεί να δημιουργήσει άλλα προβλήματα ασφαλείας.



# Μειονεκτήματα της Χρήσης Ρομπότ 2/2

---

- Εκτοπισμός ανθρώπινου δυναμικού από πολλές θέσεις εργασίας, με ορατό τον κίνδυνο ολοκληρωτικής αντικατάστασης.
- Ηθικά διλήμματα όσον αφορά την λήψη αποφάσεων από ένα ρομπότ.



# Οργανισμοί Βιομηχανικής Ρομποτικής

## [42, 43, 44, 45] 1/2

- Η Ιαπωνική Ένωση Ρομπότ (Japan Robot Association-JARA). Ιδρύθηκε το 1971.
- Ο αμερικάνικος “Σύνδεσμος ρομποτικών βιομηχανιών” (Robotic Industries Association-RIA) που ιδρύθηκε το 1974.
- Του Ηνωμένου Βασιλείου, η “Βρετανική Ένωση Αυτοματισμού και Ρομπότ” (British Automation and Robot Association-BARA) που ιδρύθηκε το 1979.
- Ο ισπανικός “Ισπανικός Οργανισμός Ρομποτικής” AER (Asociación Española de Robótica) που ιδρύθηκε το 1985.
- Ο ολλανδικός “Οργανισμός Βιομηχανικής Ρομποτικής” CIR (Contactgroep Industriële Robots (Dutch Robotic Association)).



# Οργανισμοί Βιομηχανικής Ρομποτικής

## [42, 43, 44, 45] 2/2

- Ο “Οργανισμός Βιομηχανικής Ρομποτικής της Δανίας”, DIRA (Danish Industrial Robot Association) που ιδρύθηκε το 1982.
- Ο “Ρωσικός Οργανισμός Ρομποτικής”, RAR (Russian Association of Robotics) που ιδρύθηκε το 2015.
- Ο “Σουηδικός Οργανισμός Βιομηχανικής Ρομποτικής”, SWIRA (Swedish Industrial Robot Association), που ιδρύθηκε το 1980.
- Ο “Γαλλικός Οργανισμός Βιομηχανικής Ρομποτικής” AFRI (Association Francais de Robotique Industrielle), που ιδρύθηκε το 1978.
- Η “Αυστραλιανή εταιρία ρομπότ” (Australian Robot Association Inc.), που ιδρύθηκε το 1981.



# Διεθνής Ομοσπονδία Ρομποτικής [43]

- Παγκόσμιος Οργανισμός που ιδρύθηκε το 1987 ως μη κερδοσκοπικός οργανισμός.
- Παρέχει δεδομένα αγοράς παγκοσμίως για έρευνες, μελέτες και στατιστικά στοιχεία.
- Βοηθάει τους κατασκευαστές της ρομποτικής να εισέλθουν σε νέες αγορές.
- Οργανώνει τις συζητήσεις στρογγυλής τραπέζης του διευθυντή IFR.
- Ενθάρρυνση της έρευνας στη ρομποτική και προώθηση των δεσμών μεταξύ επιστήμης και βιομηχανίας (Βραβείο IERA).
- Συνεργάζεται ενεργά με εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς ρομποτικής.
- Υποστηρίζει το Διεθνές Συμπόσιο για την Ρομποτική ISR (μια διάσκεψη για τη βιομηχανική και την ρομποτική των υπηρεσιών που διεξάγεται από το 1970).



# Νόμοι της Βιομηχανικής Ρομποτικής [15]

---

- Ως κλάδος της Ρομποτικής, θα ισχύουν οι τρεις νόμοι της Ρομποτικής.
- Προστέθηκαν άλλοι δύο από τον Stig Moberg της ABB Robotics για εφαρμογή στα βιομηχανικά ρομπότ:
  - Ένα ρομπότ πρέπει να ακολουθεί την τροχιά που έχει καθοριστεί από τον χειριστή του, όσο αυτό δεν έρχεται σε σύγκρουση με τους πρώτους 3 νόμους.
  - Ένα ρομπότ πρέπει να έχει την ταχύτητα και την επιτάχυνση που έχει καθοριστεί από τον χειριστή του όσο δεν υπάρχει κάτι που να εμποδίζει την κίνηση του και τα παραπάνω δεν έρχονται σε σύγκρουση με τους προηγούμενους νόμους.



# Ορισμός Βιομηχανικών Ρομπότ [45, 46] 1/3

- Η JARA, σε συνεργασία με την ιαπωνική επιτροπή βιομηχανικών προτύπων (Japanese Industrial Standards Committee) ορίζει τα βιομηχανικά ρομπότ σε διάφορα επίπεδα:
  - Χειριστής (manipulator): μία μηχανή που έχει λειτουργίες παρόμοιες με τα ανθρώπινα άνω άκρα και μετακινεί αντικείμενα στο χώρο.
  - Ρομπότ αναπαραγωγής (playback robot): ένας χειριστής ο οποίος μπορεί να εκτελέσει μία εργασία ακολουθώντας αποθηκευμένες πληροφορίες για μία ακολουθία λειτουργίας, που έχει αποκτήσει πριν την εκτέλεση της εργασίας.
  - Ευφυές ρομπότ (intelligent robot): ένα ρομπότ που μπορεί να καθορίσει την συμπεριφορά του και τις ενέργειες που θα εκτελέσει μέσω των λειτουργιών της αίσθησης και της αναγνώρισης που έχει.





# Ορισμός Βιομηχανικών Ρομπότ [45, 46] 2/3

- Η BARA ορίζει ένα βιομηχανικό ρομπότ ως:
  - “μία επαναπρογραμματιζόμενη συσκευή με τουλάχιστον τέσσερις βαθμούς ελευθερίας, σχεδιασμένη να μπορεί να μεταφέρει και να χειρίζεται μέρη, σύνεργα ή ειδικά κατασκευασμένα εργαλεία μέσω ποικίλων προγραμματιζόμενων κινήσεων για την εκτέλεση συγκεκριμένων βιομηχανοποιημένων εργασιών”.
- Η RIA (Robotic Industries Association) ορίζει ένα βιομηχανικό ρομπότ ως:
  - “έναν επαναπρογραμματίσιμο, πολυλειτουργικό χειριστή σχεδιασμένο να μετακινεί υλικά μέσω ποικίλων προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών”.



# Ορισμός Βιομηχανικών Ρομπότ [45, 46] 3/3

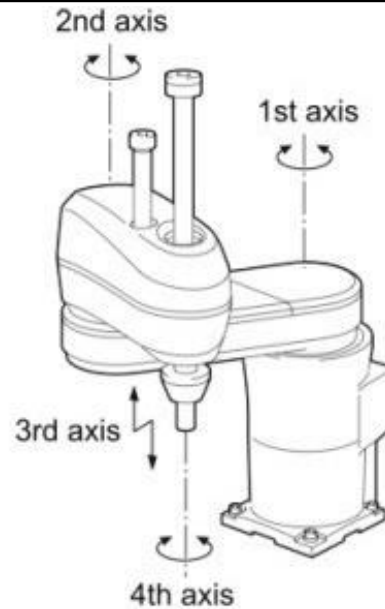
- Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Organization for Standardization-ISO) ορίζει ένα βιομηχανικό ρομπότ ως:
  - “Ένα Βιομηχανικό Ρομπότ είναι ένα αυτόματο, ελεγχόμενο από σερβο-μηχανισμό, ελεύθερα προγραμματιζόμενος, πολυλειτουργικός χειριστής, με αρκετά μέρη, για τον χειρισμό κομματιών εργασία, εργαλείων ή ειδικών συσκευών. Προγράμματα μεταβλητής λειτουργίας καθιστούν εφικτή την εκτέλεση πολλαπλών εργασιών”.
- Ο ορισμός αυτός είναι πολύ κοντά στον ορισμό του Ινστιτούτου Ρομποτικής (RIA).
- Ο όρος “σέρβο” (servo) περιγράφει έναν “αναδραστικό μηχανισμό ελέγχου” και αποτελείται από έναν μικρό μηχανισμό με κατάλληλους αισθητήρες που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και καθορισμό της θέσης του βιομηχανικού ρομπότ (και γενικότερα ρομπότ ή αυτόματων).



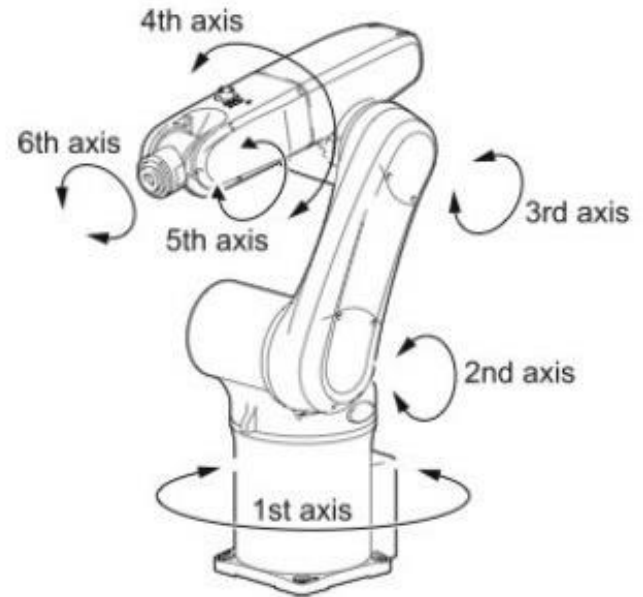
# Τοπολογίες Βιομηχανικών Ρομπότ 1/2

- **Σειριακά Ρομπότ:**

- τα μέρη τους ενώνονται το ένα με το άλλο σε σειρά.
- Το στοιχείο δράσης το χειρίζεται ένα μέρος του ρομπότ (Βραχίονας).



SCARA ρομπότ

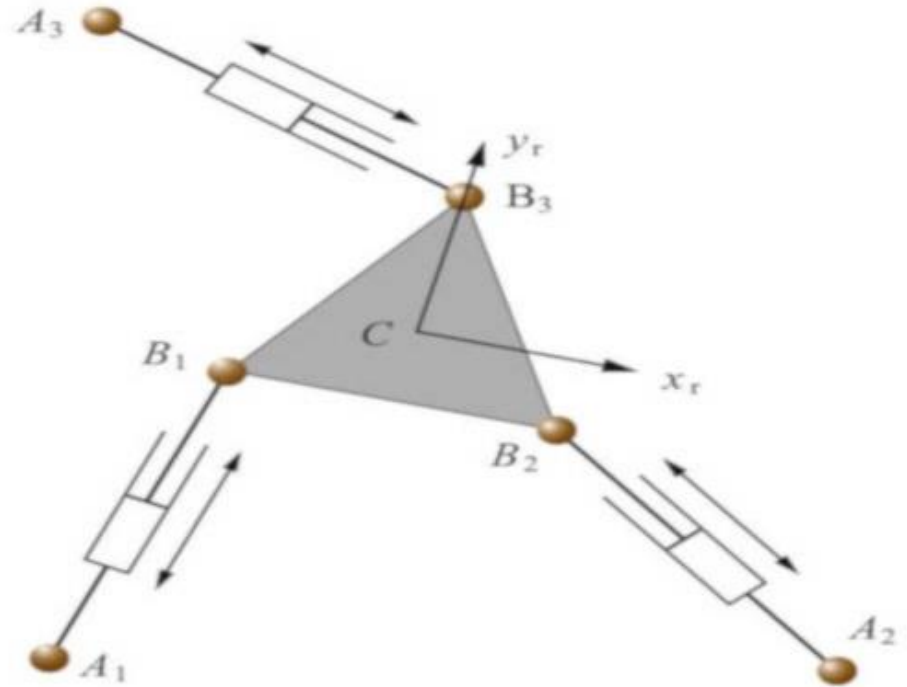


Αρθρωτό ρομπότ



# Τοπολογίες Βιομηχανικών Ρομπότ 2/2

- Παράλληλα Ρομπότ ή Παράλληλες Κινηματικές Μηχανές:
  - Διαθέτουν περισσότερους από έναν βραχίονες που χειρίζονται το στοιχείο δράσης.
- Συγκριτικά με τα Σειριακά:
  - Έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα
  - Μικρότερο χώρο εργασίας



# Παραδείγματα Παράλληλων Ρομπότ

---

**FANUC Corporation**



**Adept Technology Inc.**



**ABB**



# Βασικές παράμετροι των Βιομηχανικών Ρομπότ

## [46, 47] 1/3

- Το πλήθος των βαθμών ελευθερίας (**Degrees of Freedom-DOF**) που έχει ένα ρομπότ.
- Το πλήθος των αξόνων (**Number of Axes**) στους οποίους μπορεί αυτό να κινηθεί, το οποίο συνήθως ισούται με το πλήθος των βαθμών ελευθερίας που θα έχει.
- Ο “φάκελος εργασίας” (**Working Envelope**): ο χώρος που περιβάλλει το ρομπότ.
- Ο “χώρος εργασίας” (**Working Space**): το κομμάτι του φακέλου εργασίας με το οποίο το ρομπότ μπορεί να αλληλεπιδράσει πλήρως, ανάλογα με την εργασία που εκτελεί. Ο χώρος εργασίας εξαρτάται άμεσα από τους βαθμούς ελευθερίας (ή το πλήθος των αξόνων) που έχει.



# Βασικές παράμετροι των Βιομηχανικών Ρομπότ

## [46, 47] 2/3

- Η **κινηματική (Kinematics)** του ρομπότ, που ως έννοια εμπεριέχει το πλήθος, το είδος και την διευθέτηση των αρθρώσεων που έχει το συγκεκριμένο ρομπότ.
- Το **ωφέλιμο φορτίο (Payload)** που μπορεί να μετακινήσει ή να χειριστεί.
- Η **ταχύτητα (Speed)** με την οποία μπορεί να εκτελέσει την εργασία για την οποία σχεδιάστηκε:
  - μπορεί να περιγράφεται ανεξάρτητα για την μεταφορική και την περιστροφική κίνηση που έχει την δυνατότητα να εκτελεί ένα συγκεκριμένο ρομπότ.
- Η **επιτάχυνση (Acceleration)**: περιγράφει το πόσο γρήγορα μπορεί να αποκτήσει την μέγιστη ταχύτητα σε συγκεκριμένη απόσταση, δίνεται συνήθως για κάθε άξονα κίνησης (ή βαθμό ελευθερίας).



# Βασικές παράμετροι των Βιομηχανικών Ρομπότ

## [46, 47] 3/3

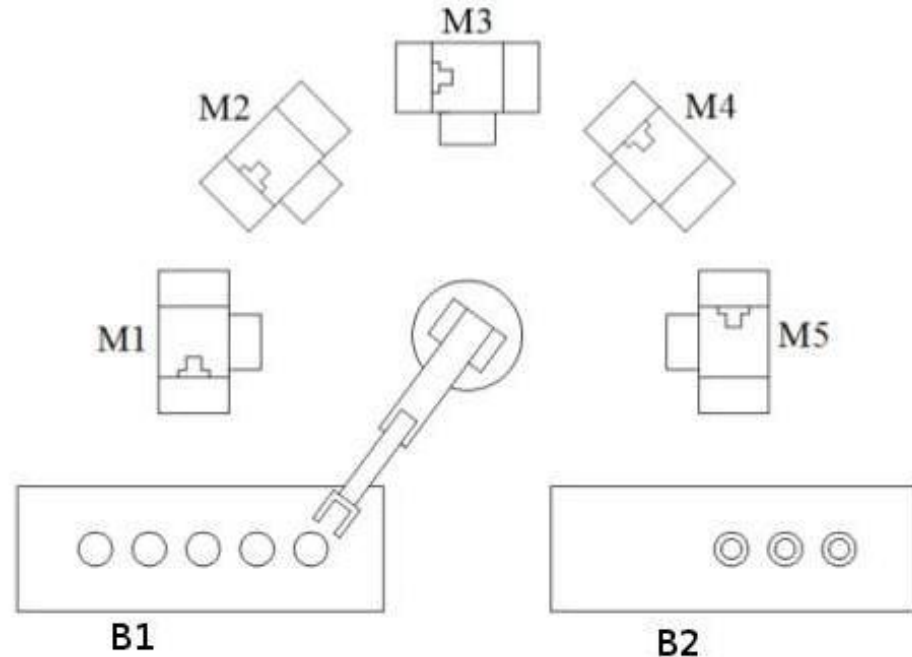
- **Η ακρίβεια (Accuracy)**, με την οποία μπορεί ένα ρομπότ να προσεγγίσει ένα συγκεκριμένο σημείο στον χώρο εργασίας του.
- **Η επαναληψιμότητα (Repeatability)**, είναι μία παράμετρος που ποσοτικοποιεί την πιστότητα με την οποία μπορεί ένα ρομπότ να εκτελέσει επανειλημμένα μία συγκεκριμένη εργασία, η οποία εξαρτάται από την ακρίβεια που έχει.
- **Ο έλεγχος κίνησης (Motion Control)**, ο οποίος γίνεται από το σύστημα ελέγχου του ρομπότ έτσι ώστε αυτό να καλύπτει τον απαιτούμενο χώρο εργασίας με την απαιτούμενη ακρίβεια και επαναληψιμότητα.
- **Η συμμόρφωση (Compliance)**, που μετράει την απόσταση ή την γωνία την οποία καλύπτει ένα ρομπότ με την άσκηση σε κάποια άρθρωση του συγκεκριμένης δύναμης.





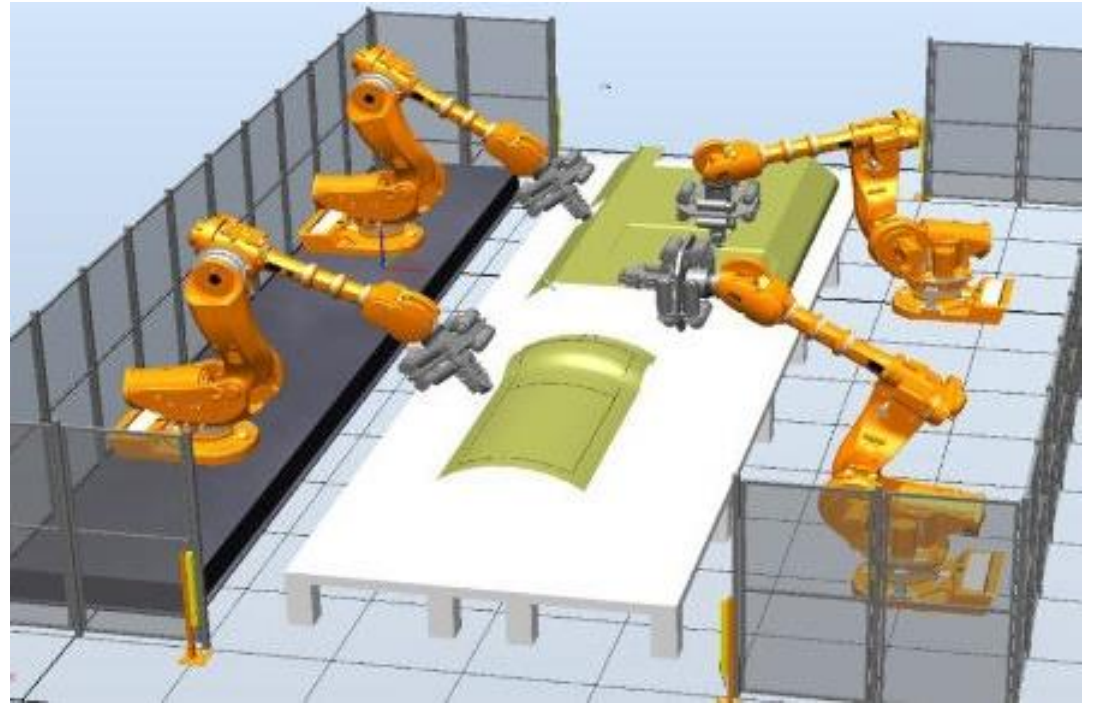
# Κυψέλες Εργασίας [46, 47] 1/3

- Κυψέλες εργασίας με το ρομπότ να είναι κεντρικά τοποθετημένο (robot centered workcell).
- Οι συσκευές ή τα αντικείμενα με τα οποία θα αλληλεπιδράσει, τοποθετούνται γύρω του.



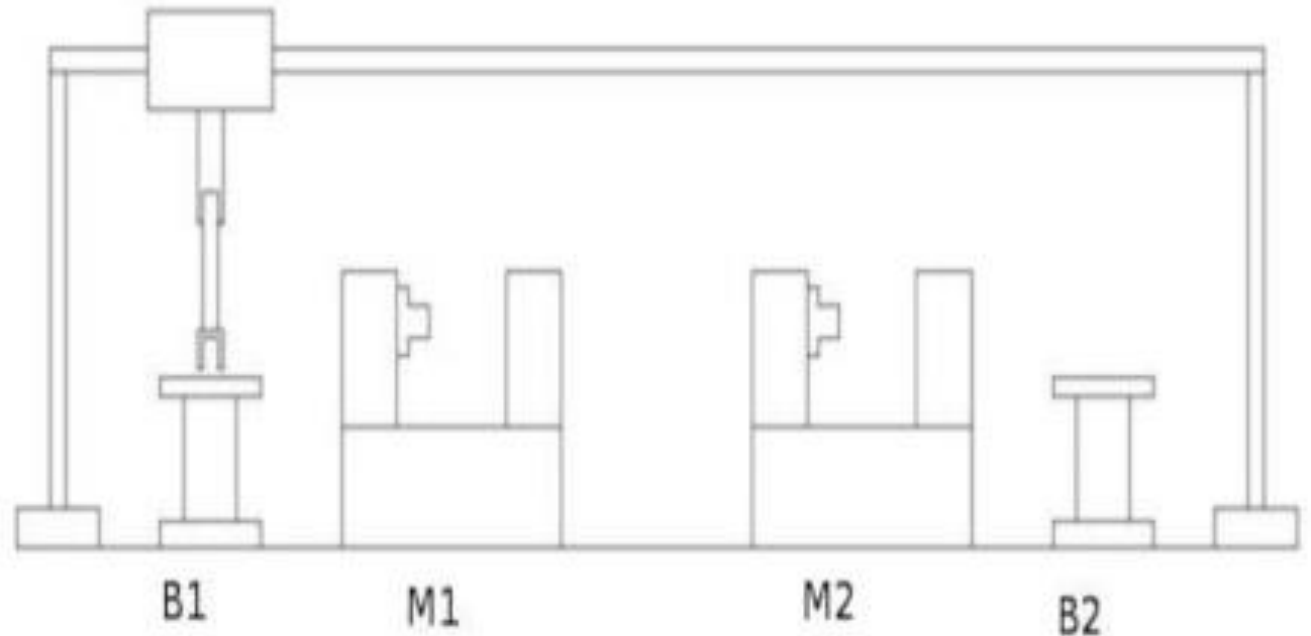
## Κυψέλες Εργασίας [46, 47] 2/3

- Κυψέλες εργασίας με γραμμή παραγωγής (inline robot workcell).
- Τα ρομπότ είναι τοποθετημένα κατά μήκος της γραμμής παραγωγής, αναλαμβάνοντας κάθε ένα μία διαφορετική εργασία πάνω στο προϊόν που παράγεται.



## Κυψέλες Εργασίας [46, 47] 3/3

- Κυψέλες εργασίας με κινητό ρομπότ.
- Το ρομπότ είναι τοποθετημένο σε κατάλληλη διάταξη για να κινείται στον χώρο εργασίας του.



# Κατηγορίες Βιομηχανικών Ρομπότ

- Η κατηγοριοποίηση (ή ταξινόμηση) των Βιομηχανικών Ρομπότ είναι μία πολυσχιδής έννοια.
- Υπάρχουν πολλών ειδών κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται τα ρομπότ αυτά ανάλογα με:
  - κάποια από τα χαρακτηριστικά ή
  - τις παραμέτρους που έχουν.
- Ταξινόμηση σε τάξεις.
- Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας.
- Ταξινόμηση βάσει του είδους εργασίας.



# Ταξινόμηση Βιομηχανικών Ρομπότ σε τάξεις [47] 1/3

- Σύμφωνα με το πρότυπο JIS B0134-1986 της JARA, ορίζονται 6 τάξεις:
  - **Χειροκίνητος χειριστής (manual manipulator):** Στην τάξη αυτή ανήκουν οι χειριστές (manipulators) που ελέγχονται από ανθρώπινο χειριστή. Τα ρομπότ της τάξης αυτής ανήκουν στην πρώτη γενιά) ρομπότ.
  - **Ρομπότ σταθερής ακολουθίας (fixed sequence robot):** Ρομπότ που εκτελούν προγραμματισμένες και προκαθορισμένες κινήσεις χωρίς την ανάγκη ανθρώπινου χειριστή που όμως δεν είναι επαναπρογραμματίσιμα. Τα ρομπότ της συγκεκριμένης τάξης ανήκουν στην δεύτερη γενιά.
  - **Ρομπότ μεταβλητής ακολουθίας (variable sequence robot):** Παρόμοια με τα ρομπότ σταθερής ακολουθίας, αλλά επαναπρογραμματίσιμα, και ανήκουν στην δεύτερη γενιά.



# Ταξινόμηση Βιομηχανικών Ρομπότ σε τάξεις [47]

## 2/3

- **Ρομπότ αναπαραγωγής (playback robot):** Έχουν την δυνατότητα αυτόματης εκτέλεσης κάποιας εργασίας, ο προγραμματισμός της οποίας γίνεται με την “εκπαίδευση” του ρομπότ. Είναι ρομπότ δεύτερης γενιάς.
  - **Ρομπότ αριθμητικού ελέγχου (numerical control robot):** Εκτελούν μία αλληλουχία κινήσεων για την ολοκλήρωση κάποιας εργασίας, τις οποίες ο ανθρώπινος χειριστής τις προγραμματίζει μέσω εισαγωγής κατάλληλων αριθμητικών δεδομένων στην μονάδα ελέγχου του και είναι ρομπότ δεύτερης γενιάς.
  - **Ευφυές ρομπότ (intelligent robot):** Ρομπότ τρίτης γενιάς, τα οποία μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον τους και να αντιδράσουν σε κάποιο εξωτερικό ερέθισμα έχοντας την δυνατότητα να πάρουν κάποια απόφαση και αλλάξουν κάτι στον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας τους για την καλύτερη ολοκλήρωση της.
- Η RIA (Robotic Industries Association) δεν θεωρεί τις δύο πρώτες τάξεις ως “ρομπότ” λόγω του ότι δεν είναι επαναπρογραμματίσιμα, και δεν διαφοροποιεί τις άλλες τέσσερις.



# Ταξινόμηση Βιομηχανικών Ρομπότ σε τάξεις [47]

3/3

- Η γαλλική AFRI ταξινομεί τα Βιομηχανικά Ρομπότ σε τέσσερις τύπους:
  - Ο τύπος A είναι πανομοιότυπος με την κλάση 1 της JARA.
  - Ο τύπος B χωρίζεται στους B1 που περιέχει την τάξη 2 της JARA και B2 που περιέχει την τάξη 3.
  - Ο τύπος C περιέχει τις τάξεις 3 και 4 της JARA, η οποία χωρίζεται σε τύπου C1, στον οποίο ανήκουν ρομπότ με λιγότερες από πέντε προγραμματίσιμες αρθρώσεις και σε τύπου C2, που ανήκουν τα ρομπότ με πέντε ή περισσότερες προγραμματίσιμες αρθρώσεις και θεωρείται ότι ορίζει, για την AFRI, την πρώτη γενιά ρομπότ.
  - Ο τύπος D είναι πανομοιότυπος με την τάξη 6 της JARA και τα ρομπότ της τάξης αυτής, για την AFRI, ανήκουν στην δεύτερη και την τρίτη γενιά ρομπότ.



# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

1/7

- **Καρτεσιανό ή X-Y-Z ρομπότ (Cartesian Robot)**

- Ρομπότ που έχει τρεις γραμμικούς άξονες κίνησης (ή αλλιώς, τρεις μεταφορικούς βαθμούς ελευθερίας).
- Χαρακτηρίζονται ως “PPP” ρομπότ.
- Το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο έχει δυνατότητα κίνησης είναι το καρτεσιανό.
- Η δομή του κυρίως σώματος ενός καρτεσιανού ρομπότ θα αποτελείται από (τουλάχιστον) 3 μέρη, τα οποία θα ενώνονται μεταξύ τους με γραμμικές ή ορθογώνιες αρθρώσεις (οπότε θα έχει τους τρεις μεταφορικούς βαθμούς ελευθερίας ή γραμμικούς άξονες που προαναφέρθηκαν).





# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

2/7

- **Κυλινδρικό ρομπότ (Cylindrical Robot)**

- Ρομπότ που έχουν έναν στροφικό και δύο γραμμικούς άξονες.
- Χαρακτηρίζονται ως “RPP”.
- Έχει δυνατότητα κίνησης στο κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων.
- Η βασική δομή του κυρίως σώματος ενός κυλινδρικού θα αποτελείται από έναν άξονα, ο οποίος θα έχει την δυνατότητα περιστροφής (θα συνδέεται δηλαδή με κάποιο σταθερό σημείο, π.χ. το έδαφος ή την οροφή με μία συστροφική άρθρωση), στον οποίο θα είναι συνδεδεμένο μέσω ορθογώνιας άρθρωσης ένα άλλο μέρος και στο οποίο, τέλος, θα είναι συνδεδεμένο μέσω γραμμικής άρθρωσης το τρίτο μέρος του ρομπότ.
- Τα κυλινδρικά ρομπότ έχουν, σχετικά με τα καρτεσιανά, μεγαλύτερη ευελιξία κίνησης στον χώρο λόγω του περιστροφικού άξονα που έχουν.



# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

3/7

- **Σφαιρικό ρομπότ (Spherical Robot)**

- Ρομπότ που έχουν δύο στροφικούς άξονες και έναν γραμμικό
- Χαρακτηρίζονται ως “RRP” ρομπότ.
- Έχει δυνατότητα κίνησης στο κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων.
- Η βασική δομή του κυρίως σώματος ενός σφαιρικού ρομπότ θα είναι παρόμοια με ενός κυλινδρικού ρομπότ, με την ειδοποιό διαφορά ότι στον πρώτο σταθερό περιστροφικό άξονα θα συνδέεται, μέσω μίας περιστροφικής άρθρωσης το επόμενο μέρος του, στο οποίο, τέλος, θα είναι συνδεδεμένο, μέσω γραμμικής άρθρωσης, το τρίτο μέρος του.
- Το μήκος των περιστροφικών αξόνων καθορίζουν την διακριτική ικανότητα των ρομπότ αυτών και το πλεονέκτημα τους, σχετικά με τα καρτεσιανά και τα κυλινδρικά είναι η αυξημένη του ευελιξία στην κίνηση τους στον χώρο λόγω των δύο περιστροφικών αξόνων που διαθέτουν.



# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

4/7

- **Ρομπότ SCARA (SCARA Robot)**

- Ρομπότ με τέσσερις άξονες, τρεις περιστροφικούς και έναν μεταφορικό.
- Χαρακτηρίζονται ως “RRP” ή και “PRR” ρομπότ, ανάλογα με το αν είναι πρώτος ή τελευταίος ο μεταφορικός άξονας.
- Ήταν μία σημαντική καινοτομία στον χώρο της Βιομηχανικής Ρομποτικής γιατί έχουν την δυνατότητα να μεταβληθεί η συμμόρφωση τους ανάλογα με την εργασία που καλούνται να εκτελέσουν.
- Η δυνατότητα επιλεκτικής συμμόρφωσης τους οφείλεται στην δυνατότητα μεταβολής του μήκους των αξόνων του.



# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

5/7

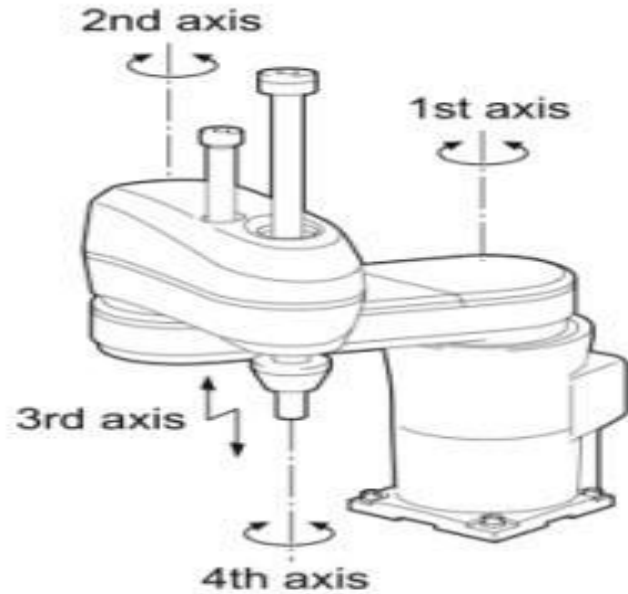
- **Αρθρωτό ρομπότ (Articulated Robot)**

- Ρομπότ που έχουν τρεις στροφικούς άξονες.
- Χαρακτηρίζονται ως “RRR”.
- Η βασική δομή ενός ρομπότ της κατηγορίας αυτής προσομοιάζει αυτήν του ανθρώπινου χεριού:
  - Το μέρος που συνδέεται με κάποιο σταθερό σημείο (π.χ. έδαφος ή κάποιος τοίχος) είναι η βάση είναι το “σώμα”.
  - Μέσω μίας άρθρωσης, του “ώμου”, συνδέεται το δεύτερο μέρος, ο “άνω βραχίονας”.
  - Ο άνω βραχίοντας συνδέεται μέσω του “αγκώνα” με τον κάτω βραχίονα ή τον “πήχυ”.
  - Μέσω του “καρπού” μπορεί να ενωθεί κάποιο εργαλείο, ένα ανάλογο της παλάμης του ανθρώπινου χεριού.

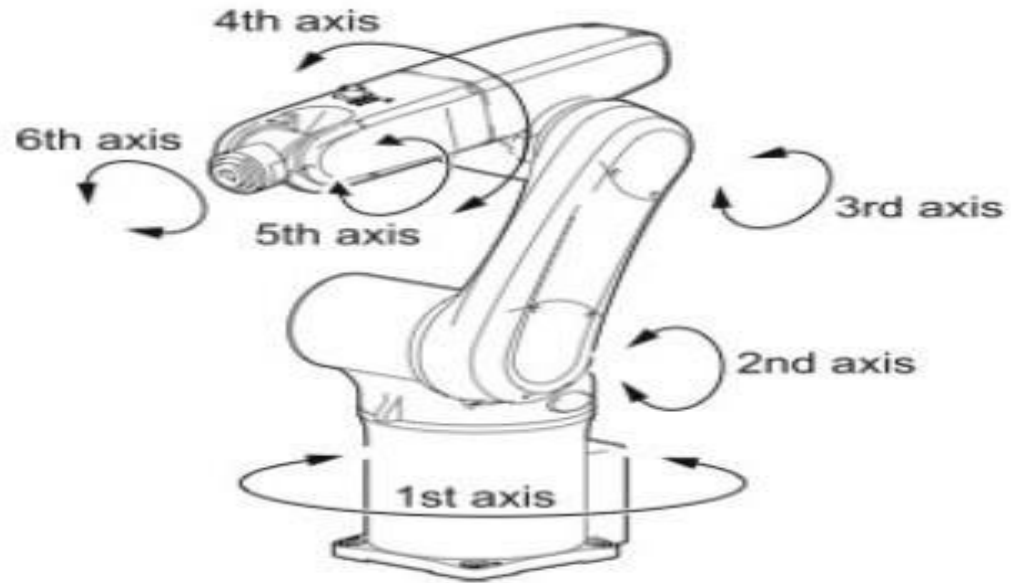


# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

6/7



SCARA ρομπότ


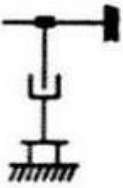
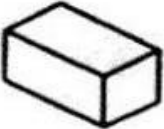

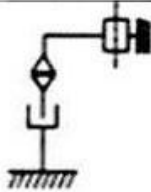

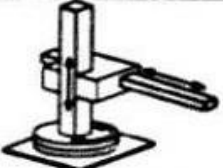
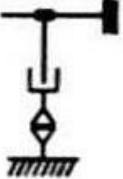


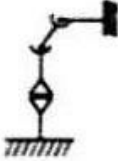






Αρθρωτό ρομπότ



# Ταξινόμηση βάσει του χώρου εργασίας [45, 46, 47]

7/7

Κατηγορία	Κινηματική δομή	Χώρος Εργασίας	Κατηγορία	Κινηματική δομή	Χώρος Εργασίας
 Cartesian Robot			 SCARA Robot		
 Cylindrical Robot			 Articulated Robot		
 Spherical Robot					



# Ταξινόμηση βάσει του είδους εργασίας [48] 1/5

---

- **Ρομπότ συγκόλλησης (Welding robots)**

- Σχεδιασμένο να μπορεί να εκτελεί αυτοματοποιημένα τις εργασίες συγκόλλησης διαφόρων μερών, επιτελώντας τον χειρισμό και την συγκόλληση των κομματιών αυτών.
- Η δυνατότητα και της συγκόλλησης αλλά και του χειρισμού των κομματιών διαχωρίζει ένα Βιομηχανικό Ρομπότ από ένα μηχάνημα συγκόλλησης:
  - Το μηχάνημα συγκόλλησης απαιτεί έναν χειριστή για την τοποθέτηση των κομματιών και τον χειρισμό του μηχανισμού συγκόλλησης.
  - Το ρομπότ λειτουργεί αυτόνομα.
- Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην “βαριά βιομηχανία”.



# Ταξινόμηση βάσει του είδους εργασίας [48] 2/5

---

- **Ρομπότ χειρισμού υλικών (Material handling robots)**
  - Είναι σχεδιασμένα για κάποιες από τις πιο ανιαρές, βαρετές αλλά και επικίνδυνες εργασίες, όπως
    - την απλή μεταφορά κάποιων υλικών ή αντικειμένων.
    - τον χειρισμό άλλων υλικών που είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο όπως κάποια ραδιενεργά υλικά.
  - Βελτιώνουν αρκετά την αποδοτικότητα της παραγωγής εκτελώντας πιο γρήγορα και με περισσότερη ακρίβεια τις εργασίες που αναλαμβάνουν.





# Ταξινόμηση βάσει του είδους εργασίας [48] 3/5

- **Ρομπότ παλετοποίησης (Palletizing robot)**

- Αναλαμβάνουν την φόρτωση και ξεφόρτωση εξαρτημάτων, κουτιών ή άλλων αντικειμένων προς και από παλέτες.
- Χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλους του τομείς της βιομηχανίας και υπάρχει μεγάλη ποικιλία ρομπότ του είδους αυτού:
  - ποικίλες δυνατότητες ωφέλιμου φορτίου και συμμόρφωσης.
  - ανάλογα με το φορτίο που απαιτείται να χειριστούν και τον χώρο εργασίας στον οποίο θα εγκατασταθούν από τα οποία θα εξαρτηθεί και το τελικό στοιχείο δράσης που θα διαθέτουν.
- Διαφέρουν από τα ρομπότ χειρισμού υλικών γιατί η εργασία τους δεν περιλαμβάνεται στο στάδιο της παραγωγής αλλά στο τελικό στάδιο της φόρτωσης του έτοιμου προϊόντος.



# Ταξινόμηση βάσει του είδους εργασίας [48] 4/5

---

- **Ρομπότ Βαψίματος (Painting robot)**

- Αναλαμβάνουν το βάψιμο σε μία βιομηχανία.
- Έχουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα από έναν άνθρωπο που θα αναλάμβανε την ίδια εργασία λόγω:
  - της καλύτερης ακρίβειας και επαναληψιμότητας που έχουν.
  - “πρόσβαση” σε όλο τον χώρο γύρο από το υλικό ή αντικείμενο που θα βάψουν.
  - οι εργασίες βαψίματος μπορεί να είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία λόγω κάποιων πιθανώς δηλητηριωδών, για τον άνθρωπο, συστατικών που έχουν οι βαφές.



# Ταξινόμηση βάσει του είδους εργασίας [48] 5/5

- **Ρομπότ συναρμολόγησης (Assembly robot)**

- Χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των εργασιών συναρμολόγησης κάποιου προϊόντος από τα μέρη που το αποτελούν.
- Μεγάλη βελτίωση της απόδοσης παραγωγής του εργοστασίου στο οποίο θα εγκατασταθούν λόγω της ακρίβειας και της ικανότητας μεγάλης ταχύτητας επαναληψιμότητας που προσφέρει η χρήση τους στις εργασίες αυτές.

- **Φρέζες ή ρομπότ “άλεσης” (milling robot)**

- Εκτελεί εργασίες κοψίματος κομματιών, συγκεκριμένου για κάθε εφαρμογή σχήματος, υλικών από ένα πρωταρχικό κομμάτι.
- Πλεονεκτήματα: Υψηλή ακρίβεια και ταχύτητα, εκτελούν είδος εργασιών εμπεριέχει έναν αρκετά υψηλό βαθμό επικινδυνότητας για τον άνθρωπο.

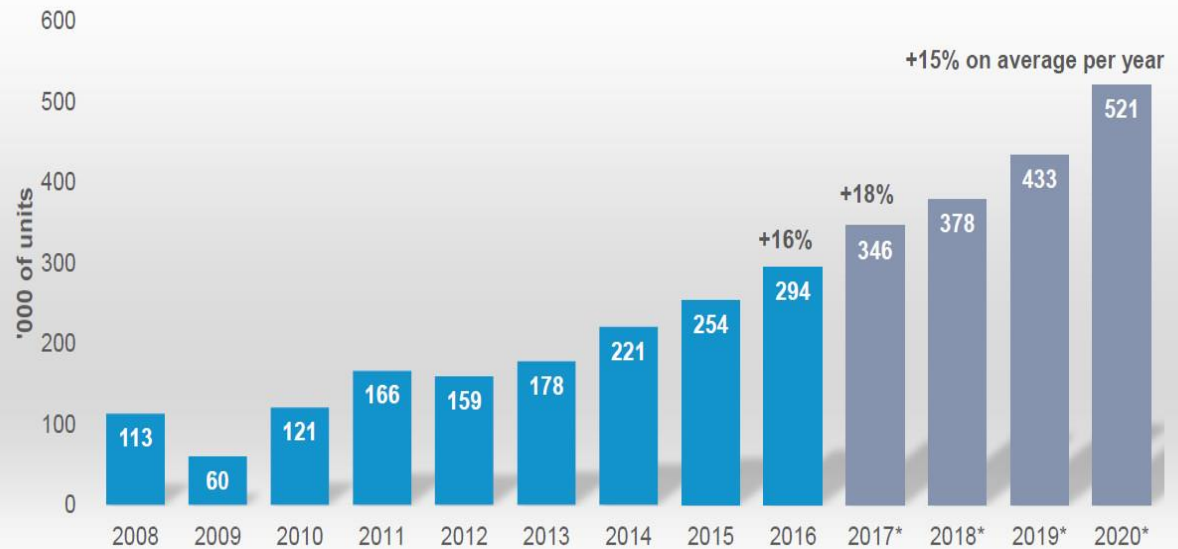


# Ζήτηση Βιομηχανικών Ρομπότ σε Παγκόσμιο Επίπεδο ανά χρόνο [63]

Πηγή: έκθεση της IFR που παρουσιάστηκε στην Φρανκφούρτη τον Σεπτέμβριο του 2017.

- Η ζήτηση αυξήθηκε κατά 16% το 2016.
- Η ζήτηση αναμένεται να αυξηθεί κατά 18% το 2017.
- Αναμένεται αύξηση 15% κάθε χρόνο μέχρι το 2020.

Estimated annual worldwide supply of industrial robots  
2008-2016 and 2017\*-2020\*



Source: IFR World Robotics 2017

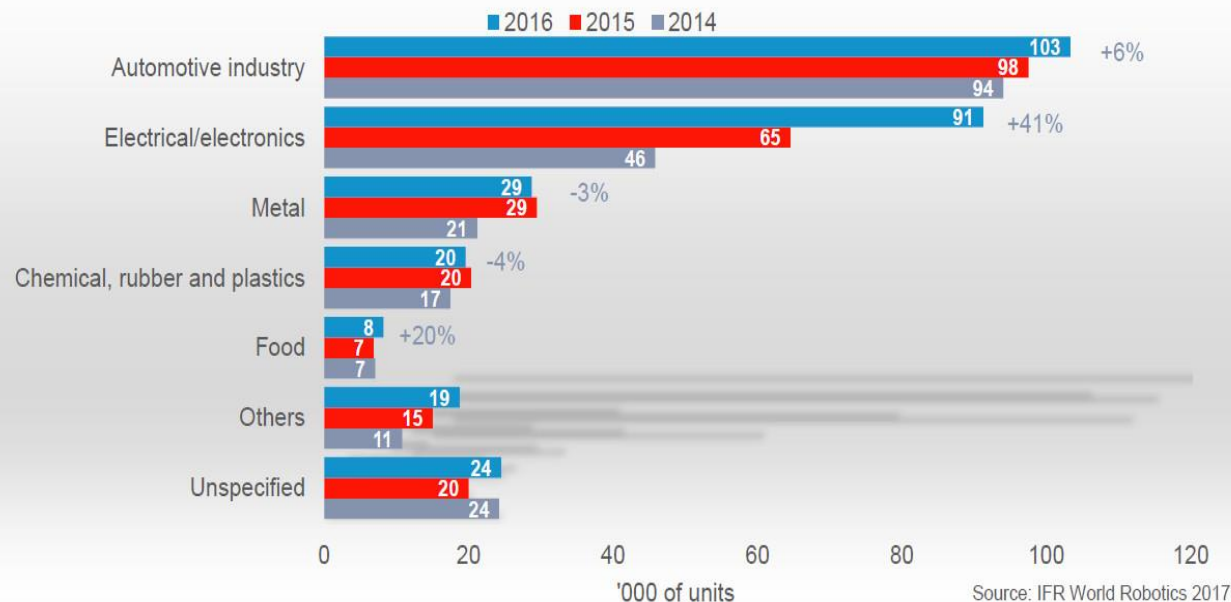


# Ζήτηση Βιομηχανικών Ρομπότ σε Παγκόσμιο Επίπεδο ανά χρόνο ανά Βιομηχανικό κλάδο [63]

Πηγή: έκθεση της IFR που παρουσιάστηκε στην Φρανκφούρτη τον Σεπτέμβριο του 2017.

- Η ζήτηση αυξήθηκε κατά 41% το 2016 στον κλάδο των ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών.
- Μεγαλύτερη ζήτηση στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας.
- Πτώση στους κλάδους της μεταλλουργίας, των χημικών και των πλαστικών.

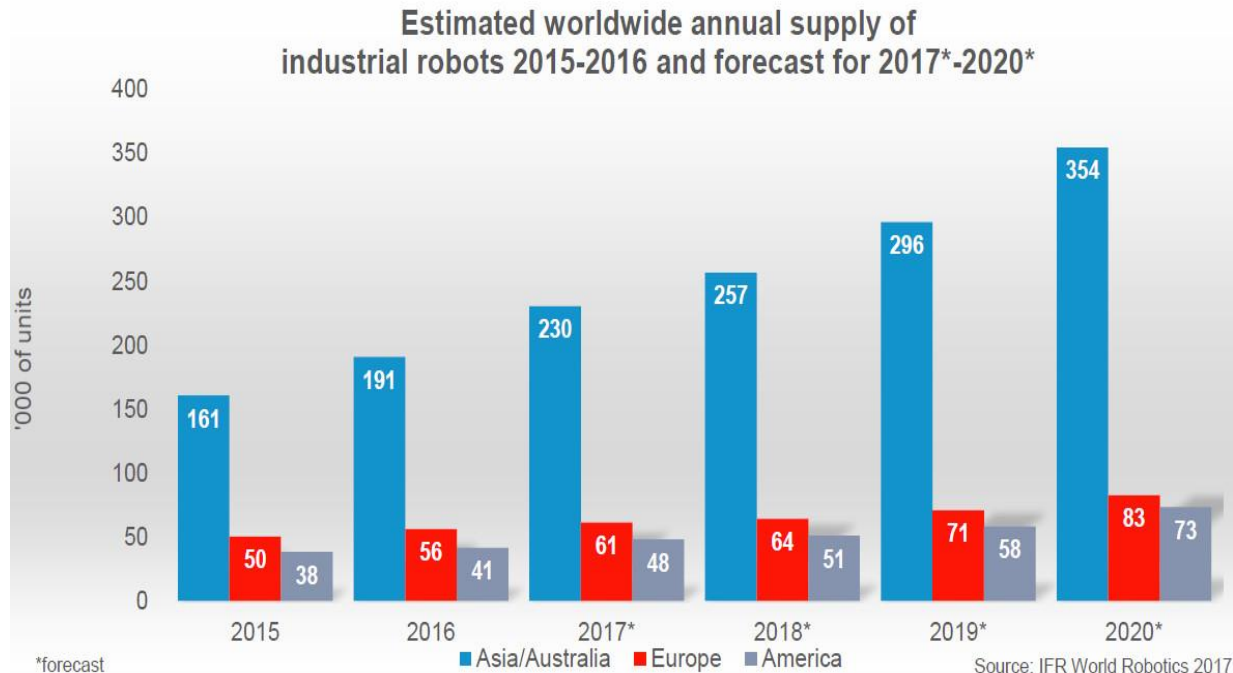
Estimated annual supply of industrial robots at year-end by industries worldwide 2014-2016



# Ζήτηση Βιομηχανικών Ρομπότ σε Παγκόσμιο Επίπεδο ανά χρόνο ανά Ήπειρο [63]

Πηγή: έκθεση της IFR που παρουσιάστηκε στην Φρανκφούρτη τον Σεπτέμβριο του 2017.

- Μεγαλύτερη ζήτηση στις Ασιατικές Βιομηχανίες.
- Αναμένεται να αυξηθεί πολύ περισσότερο μέχρι το 2020.
- Η ζήτηση στην Ασία είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση στην Ευρώπη και την Αμερική, αθροιστικά.



# Εγκατεστημένα Βιομηχανικών Ρομπότ σε Παγκόσμιο Επίπεδο ανά χρόνο ανά Ήπειρο [63]

Πηγή: έκθεση της IFR που παρουσιάστηκε στην Φρανκφούρτη τον Σεπτέμβριο του 2017.

- Περισσότερα εγκατεστημένα βιομηχανικά ρομπότ στις Ασιατικές Βιομηχανίες.
- Αναμένεται να αυξηθεί πολύ περισσότερο μέχρι το 2020.
- Τα εγκατεστημένα στην Ασία είναι σχεδόν διπλάσια από τα αντίστοιχα στην Ευρώπη και την Αμερική, αθροιστικά.



---

# Έλεγχος των Ρομπότ





# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ [49, 50, 51] 1/4

- Ένα από τα πιο βασικότερα μέρη ενός ρομπότ είναι το σύστημα ελέγχου του.
- Αποτελείται από ένα υπολογιστικό σύστημα που καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας του ρομπότ.
  - σύμφωνα με τις προδιαγραφές λειτουργίας του και το πως έχει προγραμματιστεί αυτό να λειτουργεί και να κινείται.
- Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά συστημάτων ελέγχου ρομπότ:
  - μεγάλη ανθεκτικότητα.
  - υψηλή αξιοπιστία ελέγχου.
  - ευκολία του προγραμματισμού.
  - ικανότητα διάγνωσης βλαβών.



# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ [49, 50, 51] 2/4

- Πριν τα Ψηφιακά Συστήματα η λειτουργία των βιομηχανικών ρομπότ ελεγχόταν και καθοριζόταν μέσω ελεγκτών κλειστού βρόγχου.
  - Χρησιμοποιούσαν αναλογικά όργανα, όπως ήταν οι ηλεκτρονόμοι (relays-ρελέ) και οι cam timers (ή drum sequencer).
    - Ηλεκτρομηχανικό σύστημα που χρησιμοποιείται για τον αυτόματο έλεγχο της αλληλουχίας κάποιων ενεργειών.
  - Αποτελούνταν από αρκετά μέρη.
  - Ήταν αρκετά αργό.
  - Η αλλαγή του τρόπου λειτουργίας ενός βιομηχανικού ρομπότ ήταν δαπανηρή και χρονοβόρα.



# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ [49, 50, 51] 3/4

- Με την εξέλιξη των Ψηφιακών Κυκλωμάτων άρχισαν να χρησιμοποιούνται Ψηφιακά Συστήματα.
- Ανάλογα με την εφαρμογή και τις απαιτήσεις της μπορεί να χρησιμοποιηθεί:
  - VLSI κύκλωμα
  - PLC
  - Μικροεπεξεργαστής
  - Μικροϋπολογιστής
- Στο 90% των εφαρμογών χρησιμοποιούνται PLCs.

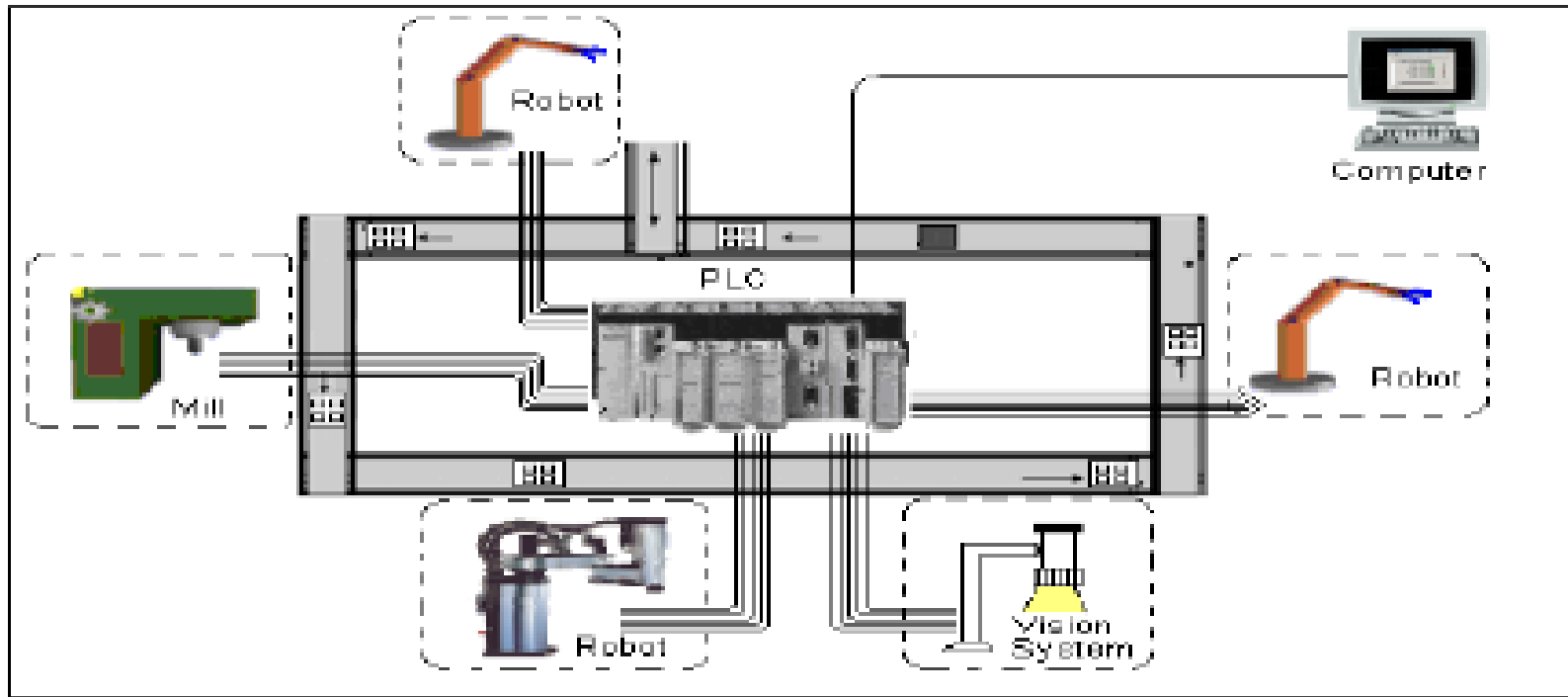


# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ [49, 50, 51] 4/4

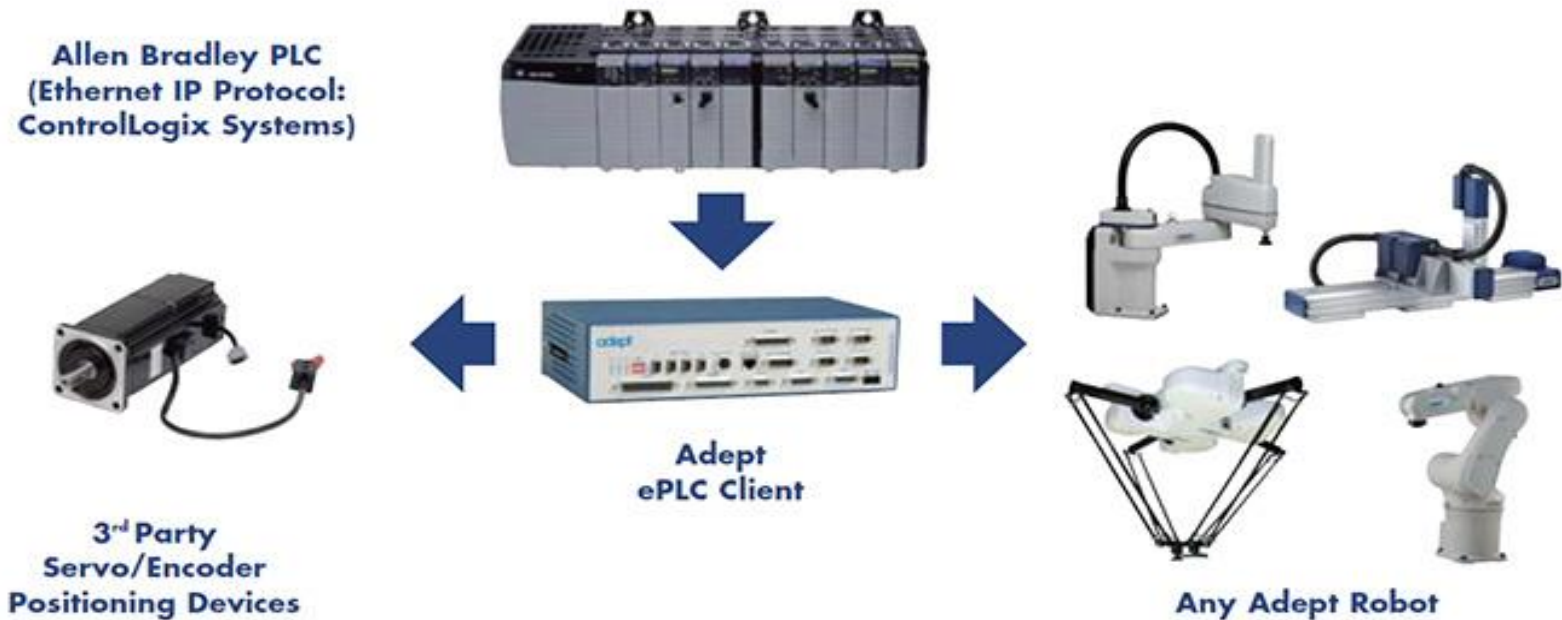
- **PLCs (Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές-Programmable Logic Controllers):**
  - Ψηφιακοί υπολογιστές ειδικών εφαρμογών.
  - Αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν, αρχικά, από την βιομηχανία αυτοκινήτων στα τέλη της δεκαετίας του 1960.
  - Λόγω της εφαρμογής τους στη Βιομηχανική Ρομποτική έγιναν πολύ ανθεκτικοί.
  - Εύκολα επαναπρογραμματίσιμοι με χρήση κάποιας γλώσσας προγραμματισμού.
  - Διαθέτουν διεπαφή επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής (man machine interfaces-MMI) που διαχειρίζεται ο χρήστης μέσω της γραφικής διεπαφής χρήστη (graphical user interfaces-GUI).
  - Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο διαφορετικών ρομποτικών συστημάτων.



# “Καθολικότητα” των PLCs [52]



# ePLC Σύστημα της Adept [53]



# Arduino [61] 1/3

- Από τους πιο συνηθισμένους μικροελεγκτές για ρομπότ, ειδικά για την εκπαιδευτική ρομποτική γιατί:
  - Έχει χαμηλό κόστος.
  - Είναι απλό. Μέσα σε λίγες ώρες ο άπειρος χρήστης μπορεί να δημιουργήσει την πρώτη του κατασκευή.
  - Είναι ανοικτού κώδικα (υλικό και λογισμικό).
  - Ιδιοκατασκευή εναλλακτικών, καινοτόμων πειραματικών διατάξεων σε σχέση με αυτές του εμπορίου.
  - Πλούσιο διαδικτυακό υλικό υποστήριξης.
  - Αισθητήρες με χαμηλό κόστος.
  - Εύκολοι τρόποι απεικόνισης των δεδομένων από αισθητήρες.



# Arduino [61] 2/3

- Το Arduino βασίζεται στον ATmega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή, τον οποίο χρονίζει στα 16MHz. Ο ATmega328 διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων:
  - 2Kb μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματά σας για να αποθηκεύουν μεταβλητές.
  - 1Kb μνήμης EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «ωμή» εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων (χωρίς datatype) ανά byte από τα προγράμματά σας κατά το runtime.
  - 32Kb μνήμης Flash, από τα οποία:
    - τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του.
    - Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των προγραμμάτων σε γλώσσα μηχανής.





# Arduino [61] 3/3



# Arduino IDE και σύνδεση στον υπολογιστή [61]

---

- Το Arduino IDE είναι βασισμένο σε Java και συγκεκριμένα παρέχει:
  - ένα πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων σας (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 χειρίζεστε εύκολα μέσα από τον κώδικά σας τα εξαρτήματα που συνδέετε στο Arduino,
  - τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch σας,
  - ένα serial monitor που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής πύλης (USB),
  - και την επιλογή να ανεβάσετε το μεταγλωττισμένο sketch στο Arduino.



# Γλώσσα Προγραμματισμού Arduino

- Βασίζεται στη γλώσσα Wiring, μια παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο Atmega.
- Υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και χαρακτηριστικά της C++.
- Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc.
- Χρησιμοποιούνται ουσιαστικά τις ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στην C.
- Υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino.



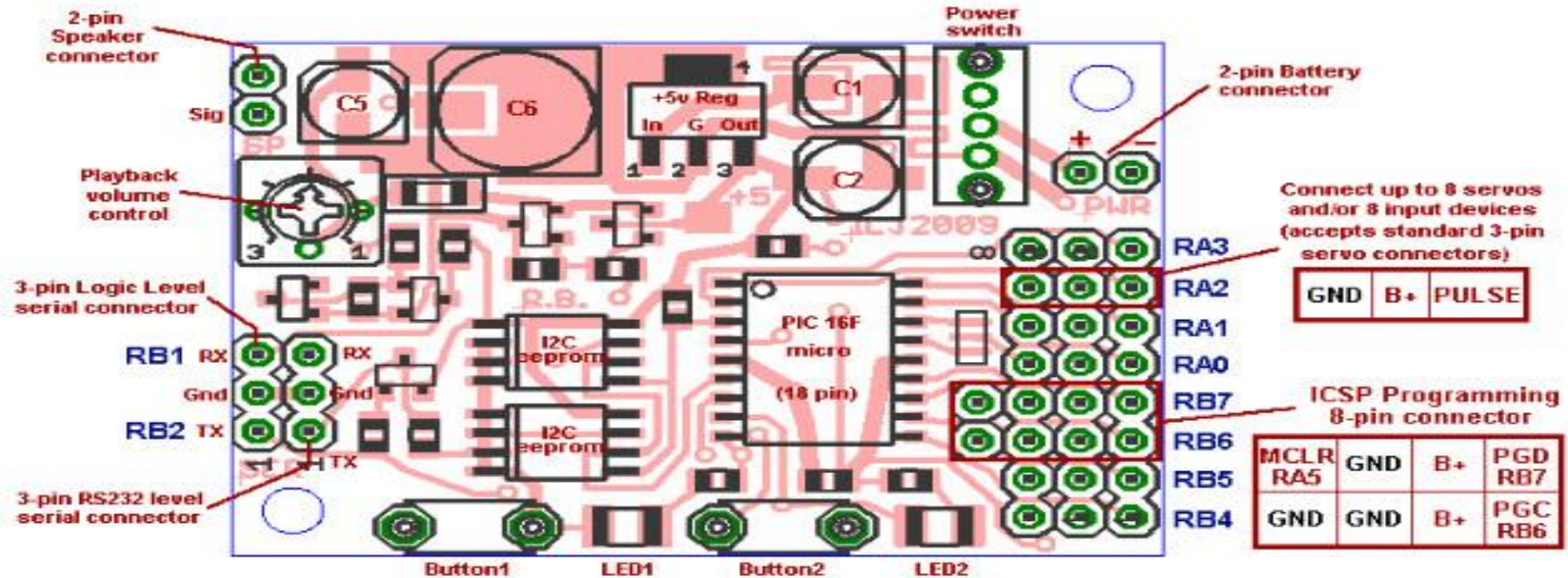
# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ: TalkBot Brain [67] 1/2

---



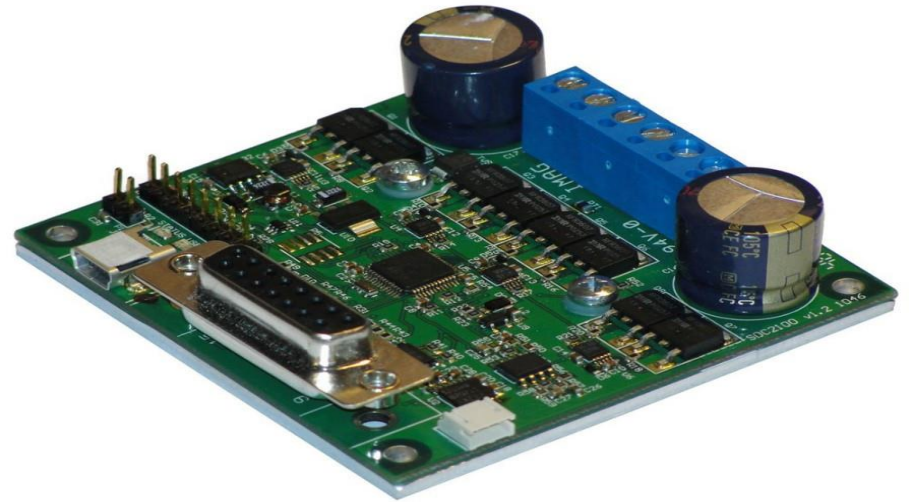
# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ: TalkBot Brain [67] 2/2

TalkBot v1.0 - 1 Megabit talking robot controller - [www.TalkBotBrain.com](http://www.TalkBotBrain.com)



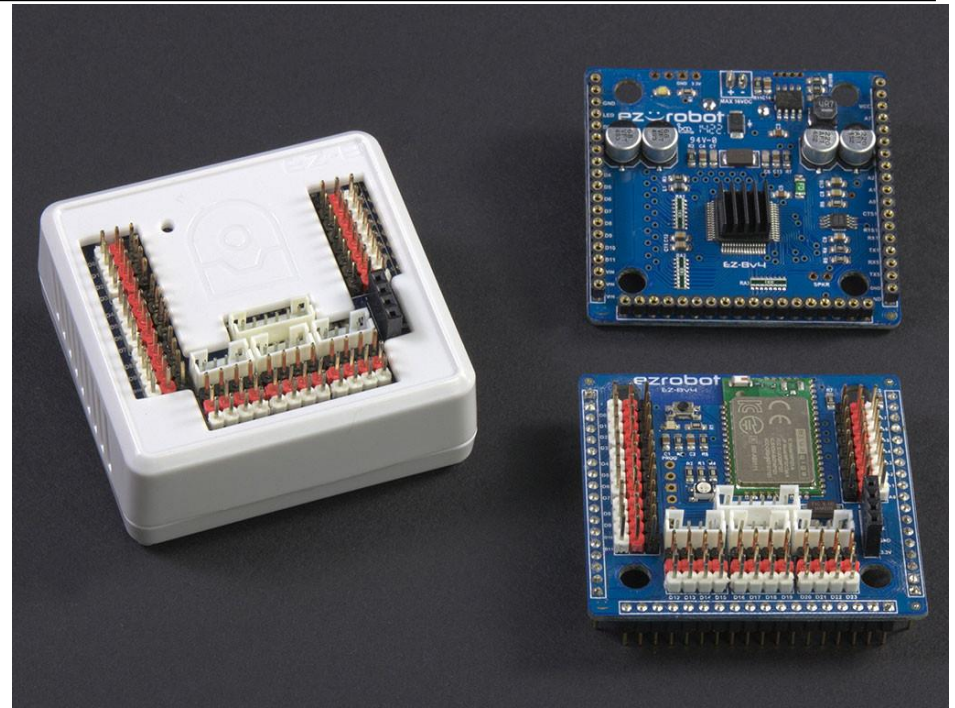
# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ: RoboteQ SDC2160, Robot Controller [68]

- Διαστάσεις: 2.6" (70mm) πλάτος x 2.6" (70mm) ύψος x 0.75" (19mm) πάχος.
- Βάρος: 80 γρ.
- Υψηλής απόδοσης μικροϋπολογιστής 32-bit.
- Αριθμός καναλιών: 2



# Σύστημα Ελέγχου Ρομπότ: EZ-B v4/2 Wi-Fi Robot Controller [69]

- Ασύρματος ελεγκτής ρομπότ της EZ-Robot.
- Διαθέτει δύο Cortex ARM επεξεργαστές με συχνότητα λειτουργίας στα 220MHz.
- Διαθέσιμο λογισμικό με γραφικό περιβάλλον για τον προγραμματισμό του ελεγκτή.



# “Εκπαίδευση” ενός Ρομπότ

---

- Αυτόνομη εκμάθηση δεξιοτήτων.
    - Μη επιβλεπόμενη (αναπτυξιακή) μάθηση (developmental robot learning).
  - Εκπαίδευση ρομπότ από άνθρωπο / Αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ.
    - Μάθηση μέσω παρατήρησης (robot teaching by demonstration, learning by observation / by imitation).
    - Τηλερομποτική / Τηλεχειρισμός.
  - Μετά την “εκπαίδευση” του, το Ρομπότ θα επαναλαμβάνει ακριβώς τις κινήσεις που “έμαθε”.
- 





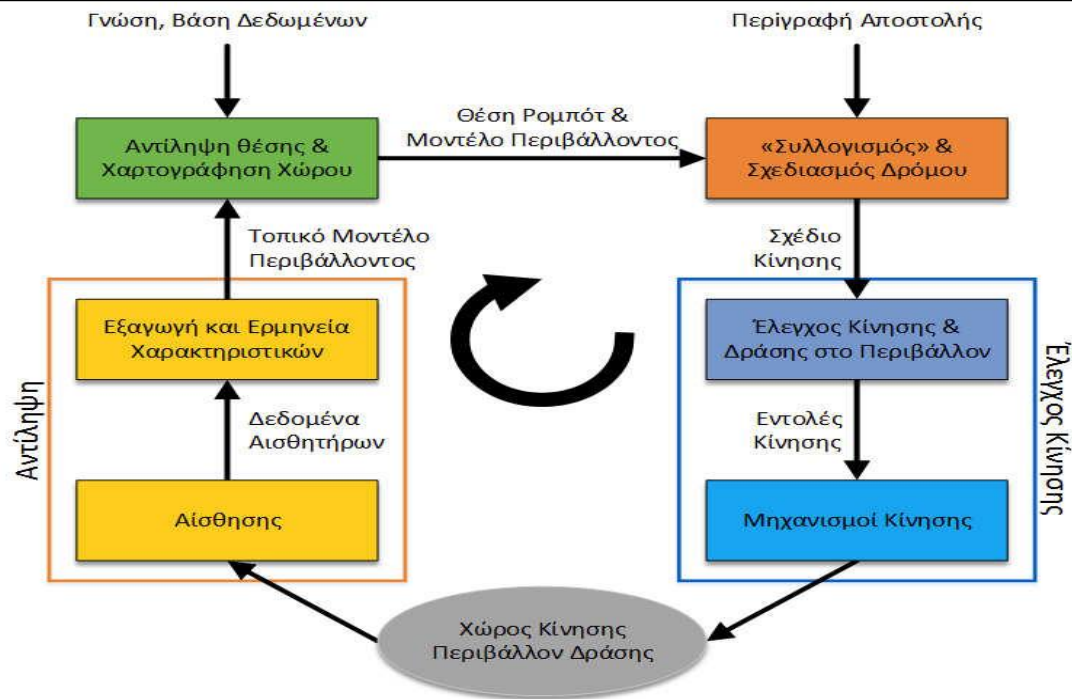
# Τηλερομποτική: Βασικές Έννοιες

---

- Στόχος: «Τηλεπαρουσία» (Telepresence)
  - «Διαφάνεια» (transparency) του συστήματος ως προς την ανατροφοδότηση αισθητηριακής πληροφορίας.
  - «Παρουσία» (feel of presence) στον απομακρυσμένο χώρο ρομποτικής εργασίας (sensory-physical/action-decision).
- Πρόβλημα: χρονικές καθυστερήσεις στο βρόχο αμφίδρομης επικοινωνίας (time-delays).
  - Προβλεπτικός Έλεγχος (predictive control).
  - Προβλεπτικά μοντέλα απεικόνισης και ανάδρασης (predictive displays).
  - Μοντέλα Εικονικής Πραγματικότητας.



# Βασική Δομή Ελέγχου Κινούμενων Ρομπότ [23, 24]



# Προγραμματισμός Ρομπότ

---

- Ο προγραμματισμός αυτός μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:
  - Τον προγραμματισμό με απευθείας σύνδεση (online programming)
    - Ο προγραμματισμός μέσω “εκπαίδευσης”
  - Τον προγραμματισμό χωρίς απευθείας σύνδεση (offline programming-OLP)
    - Χρήση Λογισμικού και κάποιας γλώσσας προγραμματισμού
    - Είναι ο κύριος τρόπος προγραμματισμού ρομπότ, με τον προγραμματισμό με απευθείας σύνδεση του ρομπότ να χρησιμοποιείται κυρίως για την επαλήθευση και τον έλεγχο της λειτουργίας του ρομπότ, το οποίο έχει προγραμματιστεί με OLP μέθοδο.



# Γλώσσες Προγραμματισμού (Γενικής Χρήσης) [70]

---

- C:
    - “διαδικαστική” γλώσσα προγραμματισμού.
    - αναπτύχθηκε μεταξύ του 1969 και του 1973, από τον Ντένις Ρίτσι για να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη του λειτουργικού συστήματος UNIX.
    - Χρησιμοποιείται από το 15.447% των προγραμματιστών.
  - C++:
    - Ξεκίνησε σαν προεπεξεργαστής της C αλλά εξελίχθηκε σε αντικειμενοστραφή γλώσσα που αποτελεί υπερσύνολο της C.
    - Χρησιμοποιείται από το 7.364% των προγραμματιστών.
  - JAVA:
    - αντικειμενοστραφής γλώσσα που σχεδιάστηκε από την εταιρεία πληροφορικής Sun Microsystems.
    - Χρησιμοποιείται από το 17.436% των προγραμματιστών.
- 



# Γλώσσες Προγραμματισμού Ρομπότ 1/6

- LISP (LISt Processor): επινοήθηκε από τον John McCarthy το 1958 στο MIT.
  - Γλώσσα υψηλού επιπέδου.
  - Μέρη του συνόλου λογισμικών ROS (Robot Operating System - Λειτουργικό Σύστημα Ρομπότ έχουν γραφεί σε LISP.
  - Δημιουργήθηκε για χρήσεις γενικού σκοπού και χρησιμοποιείται και για τον προγραμματισμό των βιομηχανικών ρομπότ.
- AML (A Manufacturing Language): δημιουργήθηκε από την IBM το 1982.
  - Γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου που βασίζεται σε υπο-ρουτίνες.
  - Η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου ειδικά σχεδιασμένη για ρομποτικές εφαρμογές.
  - Δυνατότητα δημιουργίας μέσω Προσωπικού Υπολογιστή (PC) προγραμματιστικής εφαρμογής για ρομπότ.



# Γλώσσες Προγραμματισμού Ρομπότ 2/6

- AL: αναπτύχθηκε στο εργαστήριο τεχνητής νοημοσύνης του πανεπιστημίου του Stanford για τον έλεγχο των ρομποτικών βραχιόνων Stanford.
  - Γλώσσα προγραμματισμού ρομπότ δεύτερης γενιάς.
  - Στηρίζεται στην γλώσσα Pascal και τα προγράμματα γράφονται και εκτελούνται σε υπολογιστές της οικογένειας PDP (10 ή 11).
- SAIL (Stanford Artificial Intelligence Language–Γλώσσα τεχνητής νοημοσύνης του Stanford): Είναι η έκδοση υψηλού επιπέδου της AL.
  - Καθιστά δυνατό το να ελεγχθούν δύο ρομποτικοί βραχίονες του Stanford (Scheinman) και δύο PUMA 600 βραχίονες, ταυτόχρονα.



# Γλώσσες Προγραμματισμού Ρομπότ 3/6

---

- **HELP:** αναπτύχθηκε από την εταιρία General Electric
  - Χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό εφαρμογών βιομηχανικών ρομπότ:
    - Συναρμολόγησης.
    - Ελέγχου.
    - Συγκόλλησης τόξου.
    - Μηχανικής όρασης.
  - Δυνατότητα ελέγχου δύο ρομποτικών βραχιόνων ταυτόχρονα.
  - Η δομή της γλώσσας είναι παρόμοια με της Pascal.



# Γλώσσες Προγραμματισμού Ρομπότ 4/6

- JARS: Αναπτύχθηκε από το εργαστήριο JPL (Jet Propulsion Laboratory- Εργαστήριο αεριώθησης) της NASA.
  - Η βάση της γλώσσας είναι η Pascal.
  - Η πρώτη της εφαρμογή ήταν η διασύνδεση της με το ρομπότ PUMA 6000 για την εκτέλεση διαφόρων προγραμμάτων.
- MCL (Manufacturing Control Language): Αναπτύχθηκε από τον McDonnell Douglas.
  - Είναι μία παραλλαγή της γλώσσας ATP (Automatically Programmed Tooling).
  - Χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό των συστημάτων ελέγχου των κατασκευαστικών βιομηχανικών ρομπότ.





# Γλώσσες Προγραμματισμού Ρομπότ 5/6

- RAIL: δημιουργήθηκε από την Automatrix.
  - Παρόμοιες εφαρμογές με την HELP.
  - Χρησιμοποιεί παρόμοιους τύπους δεδομένων με την Pascal.
  - Γλώσσα υψηλού επιπέδου.
  - Χρησιμοποιεί μικροεπεξεργαστές τύπου Motorola 68000 και υποστηρίζει πολλές εντολές για τον έλεγχο οπτικών συστημάτων.
  - Χρησιμοποιείται κυρίως από τρία διαφορετικού τύπου συστήματα:
    - Το Hitachi Process Robot (εφαρμογές Arc Welding).
    - Τον Καρτεσιανό βραχίονα (για εφαρμογές συναρμολόγησης).
    - Οπτικά συστήματα χωρίς βραχίονα.



# Γλώσσες Προγραμματισμού Ρομπότ 6/6

- RPL: αναπτύχθηκε από το Stanford Research Institute (Ινστιτούτο Έρευνας του Στάνφορντ)
  - Χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τον έλεγχο του Unimation PUMA 500.
  - Είναι μία εξέλιξη της LISP, οι βασικές αρχές της οποίας οργανώνονται με σύνταξη παρόμοια με της FORTRAN.
- VAL (Variable Assembly Language): υιοθετήθηκε, κυρίως, από την Unimation.
  - Απλή σύνταξη.
  - Μπορεί να περιγράψει με αρκετή απλότητα τις λειτουργίες ενός βιομηχανικού ρομπότ.
  - Αποτελείται από δύο κύριους άξονες:
    - τις εντολές προγράμματος (program instructions), που χρησιμοποιούνται για την σύνταξη προγραμμάτων για τον έλεγχο των λειτουργιών του ρομπότ.
    - τις εντολές παρακολούθησης (monitor commands) που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των προγραμμάτων που γράφουν οι χρήστες.



# Λογισμικά για Έλεγχο και Προγραμματισμό Ρομπότ

## [54] 1/6

- **DENSO Robotics**

- WINCAPS III: Λογισμικό για τον OLP προγραμματισμό, τον έλεγχο, την αξιολόγηση και την συντήρηση των βιομηχανικών ρομπότ.
- ORiN2: Λογισμικό περιβάλλον για τον προγραμματισμό ρομπότ και συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν με αυτά, με χρήση γλωσσών προγραμματισμού γενικής χρήσης, όπως η C++, η C#, η Visual Basic και το LabView.
- ORiN Vision: Περιέχει βιβλιοθήκες για τον προγραμματισμό οπτικών συστημάτων με το ORiN2.
- EMU: Μπορεί ο χρήστης να προγραμματίσει και να προσομοιώσει την λειτουργία των Denso ρομπότ καθώς και των περιφερειακών συσκευών που αυτά υποστηρίζουν.
- Robot Tools: Ολοκληρωμένο πακέτο εργαλείων για την καλύτερη συντήρηση και λειτουργία των Denso ρομπότ.



# Λογισμικά για Έλεγχο και Προγραμματισμό Ρομπότ

## [55] 2/6

---

- **Kawasaki Robotics**

- K-ROSET : Χρησιμοποιείται για:

- την προσομοίωση των ρομπότ.
- την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων κυψελών εργασίας.
- την προσθήκη διαφόρων ειδών ρομπότ και περιφερειακών συσκευών σε αυτές.
- ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει με την OLP μέθοδο τα ρομπότ.
- να ελέγξει την εκτέλεση των εφαρμογών που δημιουργεί μέσω προσομοιώσεων.

- K-SPARC : Παρόμοιο λογισμικό με το παραπάνω, αλλά εξειδικευμένο για εφαρμογές παλετοποίησης.

- KCONG : Όπως και το K-SPARC, έχει παρόμοιες λειτουργίες και δυνατότητες με το K-ROSET, αλλά είναι εξειδικευμένο για εφαρμογές συγκόλλησης.



# Λογισμικά για Έλεγχο και Προγραμματισμό Ρομπότ

## [56] 3/6

---

- **Comau**

- **SmartRivet:** Η βιβλιοθήκη αυτή λογισμικού παρέχει ένα σύνολο έτοιμων προς χρήση τεχνικών οδηγιών για την διαχείριση των λειτουργιών των Rivet συστημάτων, χωρίς να είναι απαραίτητος ο προγραμματισμός τους με κώδικα.
- **Robosim Pro:** Λογισμικό για τον τρισδιάστατο OLP προγραμματισμό των ρομπότ.
- Διάφορα λογισμικά για εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως:
  - **SmartArc** για εφαρμογές συγκόλλησης τόξου.
  - **SmartHand** για εφαρμογές χειρισμού υλικών.
  - **Palletizing Motion** για εφαρμογές παλετοποίησης (πακεταρίσματος).



# Λογισμικά για Έλεγχο και Προγραμματισμό Ρομπότ

## [57] 4/6

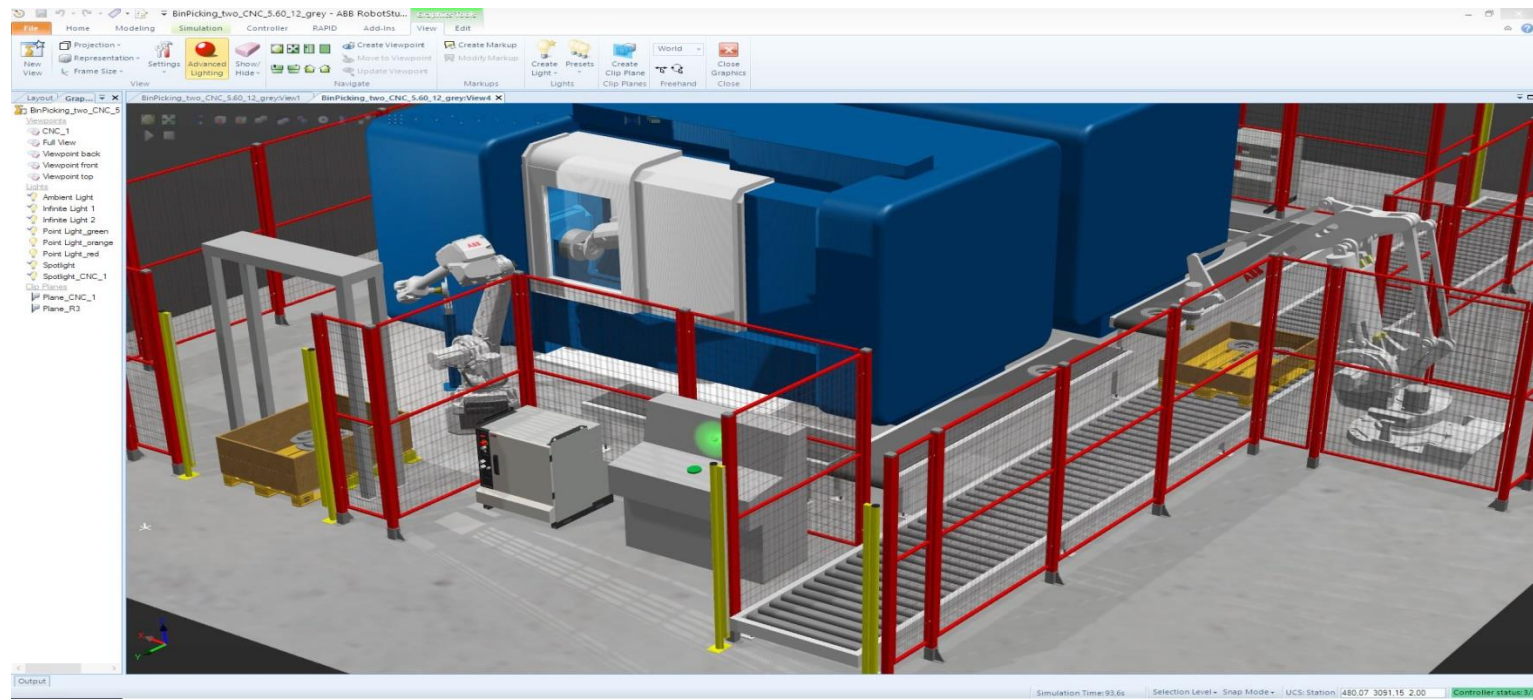
---

- **ABB**

- Production Screen: ο χρήστης μπορεί να “εκπαιδεύσει”, με χρήση της συσκευής FlexPendant, που είναι μία κινητή συσκευή ελέγχου, τα ABB ρομπότ, ανεξάρτητα με την εφαρμογή την οποία θέλει να υλοποιήσει.
- RobotStudio: ο χρήστης να προγραμματίσει OLP τα ABB ρομπότ.
  - Εγκαθίσταται σε έναν προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, με λειτουργικό περιβάλλον Windows 7 ή Windows 8 και χρησιμοποιεί τα εργαλεία του .NET της Microsoft.
  - Διαθέτει βιβλιοθήκες για την μοντελοποίηση και τον OLP προγραμματισμό όλων των μοντέλων ABB ρομπότ, δίνοντας την δυνατότητα προσομοίωσης του προγράμματος που υλοποιείται.
  - Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να σχεδιάσει εφαρμογές και τρισδιάστατες προσομοιώσεις για όλα τα συστήματα και περιφερειακά που προσφέρει.



# Robot Studio [57]



# Λογισμικά για Έλεγχο και Προγραμματισμό Ρομπότ [58, 59, 60] 5/6

- RISE (Robotmaster Interactive Simulation Environment): διαδραστικό περιβάλλον σχεδιασμού και προγραμματισμού εφαρμογών για βιομηχανικά ρομπότ.
  - Έχει την δυνατότητα εισαγωγής σχεδίου ρομποτικού βραχίονα από κάποιο λογισμικό σχεδίασης (CAD-Computer-aided design).
- RoboDK: Προσομοιωτής λειτουργίας και OLP προγραμματισμού των βιομηχανικών ρομπότ.
- MatLab: ολοκληρωμένο περιβάλλον μαθηματικού προγραμματισμού.
  - Διαθέτει εργαλειοθήκη (toolbox) ειδικά για τον προγραμματισμό και την προσομοίωση της λειτουργίας ενός ρομπότ, το “Robotics Toolbox”.





# Λογισμικά για Έλεγχο και Προγραμματισμό Ρομπότ

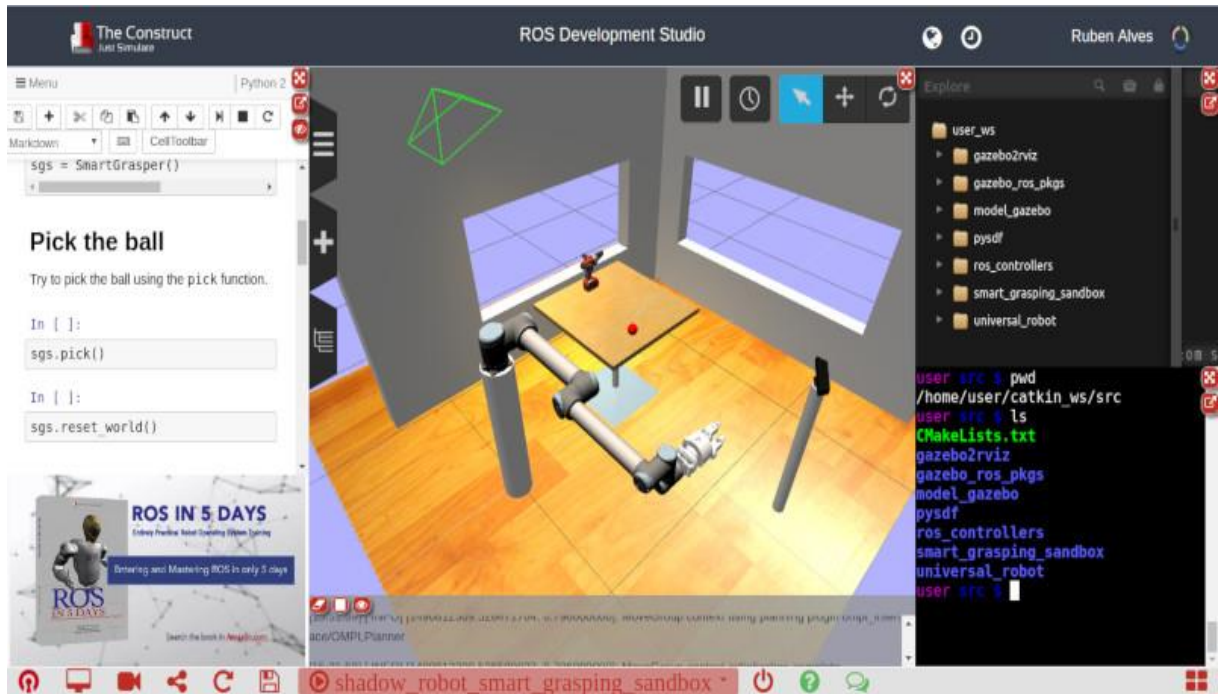
## [71, 72] 6/6

- Robot Operating System (ROS): συλλογή προγραμμάτων για την ανάπτυξη λογισμικού για ρομπότ.
  - Τα προγράμματα που περιέχει μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες:
    - Εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και διανομή λογισμικού που βασίζεται στο ROS, ανεξάρτητα από τη γλώσσα και από την πλατφόρμα που θα χρησιμοποιηθεί.
    - Οι εφαρμογές της βιβλιοθήκης του ROS, όπως το roscpp, το rospy και το roslisp.
    - Πακέτα που περιέχουν κώδικα που σχετίζεται με την εφαρμογή και χρησιμοποιεί μία ή περισσότερες βιβλιοθήκες του ROS.
  - Είναι γραμμένο σε C++ ή Python.
  - BSD άδεια χρήσης



# ROS [73]

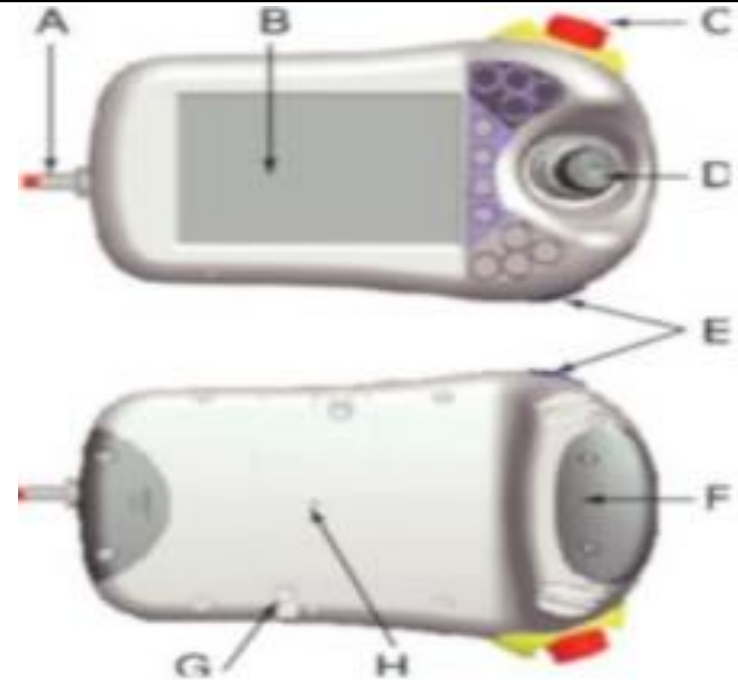
- Σχεδιασμός εφαρμογής έξυπνου “πιασίματος” με το ROS και προσομοίωση της λειτουργίας.
- Χρησιμοποιείται το πακέτο λογισμικού “Smart Grasping Sandbox” που είναι διαθέσιμο στο ROS.



# Συσκευή Διδασκαλίας Μονάδας ABB FlexPendant

## [62] 1/2

- TPU-Teach Pendant Unit): Χρήση για την εκπαίδευση ρομπότ από άνθρωπο.
- Παράδειγμα: ABB FlexPendant
  - A : Η σύνδεση με τον ελεγκτή του ρομπότ.
  - B : Η οθόνη αφής.
  - C : Το κουμπί επείγουσας διακοπής της λειτουργίας.
  - D : Το χειριστήριο.
  - E : Μία θύρα USB.
  - F : Ενεργοποίηση της συσκευής.
  - G : Stylus pen (ακίδα ή στυλό για χρήση στην οθόνη αφής).
  - H : Κουμπί επαναφοράς (reset).



# Συσκευή Διδασκαλίας Μονάδας: ABB FlexPendant

## [62] 2/2

- Λειτουργίες που εκτελούν τα κουμπιά:
  - A-D : Προγραμματιζόμενα κουμπιά στα οποία ο χρήστης μπορεί να ορίσει ποια λειτουργία επιθυμεί να εκτελούν.
  - E : Επιλογή της μηχανικής μονάδας που επιθυμεί να χειριστεί ο χρήστης.
  - F : Επιλογή τρόπου κίνησης, με επιλογές “reorient”. (αναπροσανατολισμός) και “linear” (γραμμικός).
  - G : Επιλογή τρόπου κίνησης, 1-3 αξόνων ή 4-6 αξόνων.
  - H : Εναλλαγή προσαυξήσεων (toggle increments).
  - J : Κουμπί “Step BACKWARD” το οποίο, αν είναι πατημένο, εκτελεί μία εντολή “προς τα πίσω” (backwards).
  - K : Κουμπί “START” με το οποίο αρχίζει η εκτέλεση του προγράμματος.
  - L : Κουμπί “Step FORWARD” που εκτελεί μία επόμενη εντολή.
  - M : Κουμπί “STOP” που σταματάει την εκτέλεση του προγράμματος.



# Συσκευή Διδασκαλίας Μονάδας: KUKA 00-168-334 SmartPad KCP 4 Teach Pad [64]

- Οθόνη: Βιομηχανική οθόνη αφής ανθεκτική στις γρατσουνιές
- Μέγεθος οθόνης: 8.4"
- Διαστάσεις: 240 x 290 x 50 mm (WxHxD)
- Βάρος: 1.100 γρ.
- Κατάλληλο για όλα τα μοντέλα ρομπότ της εταιρίας KUKA



# Συσκευή Διδασκαλίας Μονάδας: pendant station TP5 [65]

- Πλήρης συμβατότητα με όλες τις εφαρμογές και τα μοντέλα της εταιρίας COMAU για την πλατφόρμα C5G.
- Εξελιγμένη αρχιτεκτονική λογισμικού και υλισμικού.
- Εξελιγμένη USB θύρα.
- Ευρεία touch screen 7” και πληκρολόγιο.



# Συσκευή Διδασκαλίας Μονάδας: Bluetooth Teach Console, STRobotics [66] 1/2

1. Η τρέχουσα θέση του ρομπότ.
2. Κουμπιά ελέγχου της θέσης.
3. Κουμπιά κίνησης ενεργού στοιχείου ή άρθρωσης.
4. Το πόσα mm ή μοίρες θα κινηθεί με κάθε πάτημα των κουμπιών 2 και 3.
5. Προσθήκη ή διαγραφή διαδρομής που έχει “διδασθεί” στο ρομπότ.



# Συσκευή Διδασκαλίας Μονάδας: Bluetooth Teach Console, STRobotics [66] 2/2

6. Καθορισμός της θέσης του ρομπότ σε συγκεκριμένη προεπιλεγμένη θέση ετοιμότητας.
7. Λειτουργία ευθυγράμμισης του ρομπότ.
8. Επιλογή τρόπου λειτουργίας.
9. Επιλογή ελέγχου του σώματος ή του εργαλείου του ρομπότ.
10. Άνοιγμα ή κλείσιμο του γάντζου του ρομπότ.





---

# Βήματα Σχεδιασμού ενός ρομπότ



# Βήματα Σχεδιασμού ενός ρομπότ

- Ορισμός του προβλήματος/εργασίας που καλείται το ρομπότ να λύσει/εκτελέσει.
- Γίνεται η απαραίτητη έρευνα.
- Επιτυγχάνεται ο αρχικός σχεδιασμός.
- Σχεδιάζεται ένα πρωτότυπο.
- Υλοποιείται το ρομπότ.
- Προγραμματίζεται το ρομπότ.
- Ελέγχεται και αξιολογείται σύμφωνα με τον ορισμό του προβλήματος/εργασίας.
- Επανάληψη των παραπάνω για διόρθωση πιθανών σφαλμάτων.



# Βήμα 1: Ορισμός του προβλήματος/εργασίας που καλείται το ρομπότ να λύσει/εκτελέσει

---

- Οι ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν:
  - ποιος είναι ο σκοπός της κατασκευής του ρομπότ.
  - ποιες είναι οι συγκεκριμένες απαιτήσεις.
- Απαιτείται πολύ προσοχή γιατί είναι απολύτως αναγκαίο για τα υπόλοιπα βήματα ο ακριβής καθορισμός του τι ακριβώς θα κάνει το ρομπότ.



# Βήμα 2: Η απαραίτητη έρευνα

---

- Στόχοι του βήματος αυτού:
  - Η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών.
  - Καθορισμός των λεπτομερειών του σχεδιασμού.
    - Κινούμενο ή όχι και πως (ρόδες, πόδια, έλικες, φτερά).
    - Επίγειο, θαλάσσιο ή αεριοθούμενο.
    - Γενιά.
    - Είδος.
    - Ακρίβεια, δύναμη, ταχύτητα κλπ.
  - Εξέταση των εναλλακτικών λύσεων που είναι διαθέσιμες.
  - Με βάση τα στοιχεία αυτά να σχεδιαστεί το ρομπότ.



# Βήμα 3: Αρχικός Σχεδιασμός

---

- Καθορισμός των βασικών στοιχείων κατασκευής του ρομπότ.
  - Βασικά ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν:
    - Πως θα κινείται;
    - Θα χειρίζεται άλλα αντικείμενα και με ποιο τρόπο;
    - Τι μορφή ενέργειας θα χρησιμοποιεί;
    - Θα αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του;
    - Θα έχει κάποια μορφή ευφυΐας;
    - Πόσο σημαντικό ρόλο παίζει η εμφάνιση του;
    - Έχει σημασία το χρώμα, το σχήμα, τα υλικά κατασκευής;
- 



# Βήμα 4: Σχεδίαση του προτύπου

---

- Καθορισμός των βασικών χαρακτηριστικών του ρομπότ.
  - Βασικά ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν:
    - Πόσο δυνατό πρέπει να είναι;
    - Πόσο σταθερό πρέπει να είναι;
    - Πόση ακρίβεια χρειάζεται στις κινήσεις του;
    - Πόσο εύκολο πρέπει να είναι στο χειρισμό του;
    - Τι αντοχή πρέπει να έχει όσον αφορά τη θερμοκρασία;
  - Καθορισμός των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, του τρόπου κατασκευής και του κόστους κατασκευής του ρομπότ.
- 



# Βήμα 5: Υλοποίηση του ρομπότ

- Επιλογή του κατάλληλου τρόπου κατασκευής:
  - Με κοπή και σχηματοποίηση των υλικών.
  - Με χρήση συνδέσμων (βίδες, κόλες, συγκόλληση).
  - Με τη διαμόρφωση των υλικών (χτύπημα κλπ).
  - Με τη δημιουργία αντιγράφων χρησιμοποιώντας καλούπια.
- Στοιχεία που θα καθορίσουν τον τρόπο κατασκευής:
  - Τα διαθέσιμα υλικά.
  - Οι διαθέσιμες εγκαταστάσεις.
  - Το κόστος παραγωγής.
  - Τον στόχο υλοποίησης του συγκεκριμένου ρομπότ.



# Βήμα 6: Προγραμματισμός του ρομπότ

- Σχεδιασμός των απαραίτητων κινήσεων που πρέπει να εκτελεί το ρομπότ για την ολοκλήρωση της εργασίας ή την λύση ενός προβλήματος.
  - Σχεδιασμός κινήσεων:
    - Ευθεία Κινηματική ανάλυση.
    - Αντίστροφη Κινηματική ανάλυση.
    - Κινηματική ανάλυση ταχύτητας.
  - Καθορισμός του αλγορίθμου λύσης το προβλήματος.
- Επιλογή της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού, ανάλογα με τον ελεγκτή που έχει επιλεγθεί και υλοποίηση των παραπάνω.





# Βήμα 7: Έλεγχος και αξιολόγηση του προτύπου

---

- Λειτουργία του ρομπότ και παρακολούθηση του τρόπου λειτουργίας του.
- Επανάληψη πολλές φορές για την ανακάλυψη πιθανών σφαλμάτων.
- Αξιολόγηση της λειτουργίας σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό.
- Αξιολόγηση του τρόπου κατασκευής και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.
- Αξιολόγηση του τρόπου αλληλεπίδρασης του ρομπότ με το περιβάλλον.
- Αξιολογούνται:
  - Απόδοση του ρομπότ με βάση τους αρχικούς στόχους.
  - Απόδοση του σχεδιαστή, κατασκευαστή και προγραμματιστή.



# Βήμα 8: Επανάληψη βημάτων για διόρθωση πιθανών σφαλμάτων

- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, μπορεί να χρειαστεί να γίνει:
  - Επαναδιατύπωση του προβλήματος.
  - Επανάληψη του αρχικού σχεδιασμού.
  - Επανάληψη της σχεδίασης του προτύπου.
  - Αλλαγή του επιλεγμένου τρόπου κατασκευής.
  - Επαναπρογραμματισμός του ρομπότ.
- Μετά την εκτέλεση των απαραίτητων βημάτων, επανέλεγχος και αξιολόγηση εκ νέου μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.



# Επίλογος

Η παρουσίαση αυτή είναι επικεντρωμένη στο τεχνικό μέρος των Ρομπότ, το θέμα όμως αυτό είναι πολύπλευρο και επηρεάζει πολλές πτυχές της ζωής μας όπως η εργασία ή η διασκέδαση.

Ενέχει όμως και πολλούς προβληματισμούς γύρω από θέματα κοινωνικής και ηθικής φύσης.

Η ανάπτυξη της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης σηματοδοτούν μια νέα επανάσταση της οποίας τα αποτελέσματα δεν μπορούν να προβλεφθούν ακόμα.

Το θέμα θα αποτελέσει σημείο αιχμής για την έρευνα με εμπλοκή επιστημόνων απο πολλά επιστημονικά πεδία.

Σίγουρα με την συμβολή των ρομπότ ο κόσμος στο μέλλον θα είναι εντλώς διαφορετικός απο αυτόν που ζούμε σήμερα.



---

# Πηγές - Βιβλιογραφία



# Πηγές-Βιβλιογραφία 1/11

1. Τα αυτόματα στην Ιλιάδα και την Οδύσσεια [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://users.sch.gr/jenyk/index.php/artificialintelligence/ai-historicalreview/38-automaticmachinesofomiros> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
2. History of robots, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_robots](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_robots) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
3. Τάλως, το πρώτο ρομπότ στην ιστορία!, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://arduinobots.wordpress.com/%CF%81%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE/%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B7-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B7/> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
4. Η Ιστορία των Ρομπότ. Η εξέλιξή τους. , [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://athinodromio.gr/%CE%B7-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%81%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8C%CF%84-%CE%B7-%CE%B5%CE%BE%CE%AD%CE%BB%CE%B9%CE%BE%CE%AE-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82/#.WWzcTSdLd1Y>, [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
5. A Brief History of Robotics, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://robotics.megagiant.com/history.html> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 2/11

6. «Αυτόματη θεραπείας», Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.archaiologia.gr/blog/photo/%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B7-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%B1%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%AF%CF%82/> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
7. Ήρων, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%89%CF%81%CF%89%CE%BD> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
8. «Ρολόι του Κτησιβίου», Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.archaiologia.gr/blog/photo/%cf%81%ce%bf%ce%bb%cf%8c%ce%b9-%cf%84%ce%bf%cf%85-%ce%ba%cf%84%ce%b7%cf%83%ce%b9%ce%b2%ce%af%ce%bf%cf%85-%ce%bc%ce%bf%cf%85%cf%83%ce%b5%ce%af%ce%bf-%ce%b1%cf%81%cf%87%ce%b1%ce%af%ce%b1/> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
9. Ismail al-Jazari, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ismail\\_al-Jazari](https://en.wikipedia.org/wiki/Ismail_al-Jazari) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
10. Leonardo da Vinci, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo\\_da\\_Vinci](https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
11. Leonardo's robot, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo%27s\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo%27s_robot) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 3/11

12. Vitruvian Man, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vitruvian\\_Man](https://en.wikipedia.org/wiki/Vitruvian_Man) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
13. Joseph-Marie Jacquard, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.britannica.com/biography/Joseph-Marie-Jacquard> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
14. Race of Robots, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [http://www.pbs.org/tesla/II/II\\_robots.html](http://www.pbs.org/tesla/II/II_robots.html) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
15. J. Wallen, “The history of the industrial robot”, Technical report from Automatic Control at Linköpings universitet, 8th May 2008
16. R.U.R., [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://en.wikipedia.org/wiki/R.U.R.> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
17. Robot series (Asimov), [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Robot\\_series\\_\(Asimov\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Robot_series_(Asimov)) , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
18. R. Murphy, D. D. Woods, “Beyond Asimov: The Three Laws of Responsible Robotics”, IEEE Intelligent Systems, Volume: 24, Issue: 4, July-Aug. 2009
19. H. Shah, K. Warwick, “Passing the Turing Test Does Not Mean the End of Humanity”, Cognitive Computation, June 2016, Volume 8, Issue 3, pp 409-419



# Πηγές-Βιβλιογραφία 4/11

20. Definition of robot, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
21. Definition of “robot” - English Dictionary, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/robot> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
22. Robotics: A Brief History, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/1998-99/robotics/history.html> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
23. O. Khatib, B. Siciliano, “Springer Handbook of Robotics”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008
24. Δρ. Γ. Α. Δημητρίου, “Ευφυή Κινούμενα Ρομπότ”, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <<http://akrob.frederick.ac.cy/images/pdf/arxes-rompotikis/EyfiiKinoumenaRompot-1.pdf> >, [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
25. The return of Elektro, the first celebrity robot, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.newscientist.com/article/mg20026873.000-the-return-of-elektro-the-first-celebrity-robot> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
26. Robot History-Timeline, [online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://ifr.org/robot-history> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
27. Thomas R. Kurfess, “Robotics and Automation Handbook”, Taylor & Francis (2005)





# Πηγές-Βιβλιογραφία 5/11

- 
28. Shakey the robot [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Shakey\\_the\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Shakey_the_robot), [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
  29. P.I. Corke, “Robotics, Vision & Control”, Springer 2017, ISBN 978-3-319-54413-7.
  30. S.R. Deb, S. Deb, “Robotics Technology and Flexible Automation, (Second edition)”, Tata McGraw Hill (2010)
  31. H. H. Poole, “Fundamentals of Robotics Engineering”, Springer Science & Business Media (2012)
  32. K. Asai, S. Takashima, P.R. Edwards, “Manufacturing, Automation Systems and CIM Factories”, Springer Science & Business Media (1993)
  33. Robot Links and Joints - Robotics Bible, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.roboticsbible.com/robot-links-and-joints.html>, [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
  34. Estier, T., Piguet, R., Eichhorn, R. & Siegwart, R. (2000a). Shrimp, a Rover Architecture for Long Range Martian Mission. Proceedings of the Sixth ESA Workshop on Advanced Space Technologies for Robotics and Automation (ASTRA'2000), Netherlands, Dec. 5–7.
  35. A historic moment for humanity: NASA Launches "Curiosity" Mars Rover, [Online], Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.techcenter.in/2011/11/historic-moment-for-humanity-nasa.html> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
- 



# Πηγές-Βιβλιογραφία 6/11

36. Robot Development History [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://global.honda/innovation/robotics/robot-development-history.html> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
37. J. Bloem, M. van Doorn, S. Duivestijn, D. Excoffier, R. Maas, E. van Ommeren, 2014, “The Fourth Industrial Revolution” Sogeti VINT (research report), Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.fr.sogeti.com/globalassets/global/downloads/reports/vint-research-3-the-fourth-industrial-revolution> [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
38. J. Wallen, “**The history of the industrial robot**”, Technical report from Automatic Control at Linköpings universitet, 8th May 2008
39. UNIMATE // The First Industrial Robot, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm> [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
40. 1958-62 – “VERSATRAN” Industrial Robot – Harry Johnson & Veljko Milenkovic, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://cyberneticzoo.com/early-industrial-robots/1958-62-versatran-industrial-robot-harry-johnson-veljko-milenkovic/> [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
41. Japan Robot Association | Member List | Regular Members, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.jara.jp/e/h/memberlist.html>, [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 7/11

42. Japan Robot Association | About JARA | Outline, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.jara.jp/e/h/jara01.html> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
43. International Federation of Robotics-About IFR, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://ifr.org/association> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
44. International Federation of Robotics-IFR Members, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://ifr.org/members-list> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
45. International Federation of Robotics-Industrial Robots, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://ifr.org/industrial-robots> , [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]
46. R. K. Mittal, I. J. Nacra, “Robotics and Control”, Tata McGraw-Hill Education (2003)
47. H. H. Poole, “Fundamentals of Robotics Engineering”, Springer Science & Business Media (2012)
48. Industrial Robot Applications, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.robots.com/applications>, [Τελευταία πρόσβαση: 01 Αυγούστου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 8/11

49. PLC or No PLC?: Robot Controller Takes on More [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/PLC-or-No-PLC-Robot-Controller-Takes-on-More/content\\_id/1106](https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/PLC-or-No-PLC-Robot-Controller-Takes-on-More/content_id/1106), [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
50. Programmable Logic Controllers (PLC) [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.robots.com/articles/viewing/programmable-logic-controllers-plc>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
51. YASKAWA-Motoman Robotics: PLC Integrated Robots-The case for unified architecture [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: [http://cdn2.hubspot.net/hubfs/366775/PDFs/WhitePaper\\_PLC\\_IntegratedRobots.pdf](http://cdn2.hubspot.net/hubfs/366775/PDFs/WhitePaper_PLC_IntegratedRobots.pdf) , [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
52. Peixoto, João & Souza, José & Reis, Bernardo & Pereira, Carlos. (2014). MAS and PLC: A comparison on applications of manufacturing systems. 19.
53. New Line of PLC Programmable Robots by Adept, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.expo21xx.com/news/adept-plc-programmable-robots/>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
54. Software, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://www.densorobotics-europe.com/en/software>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
55. Simulation & OLP, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/other/simulation-OLP/>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 9/11

56. Robotics : Software, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.comau.com/EN/our-competences/robotics/software>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
57. Application Software, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://new.abb.com/products/robotics/application-software>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
58. Robotmaster v6 - Robot programming software, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://www.robotmaster.com/en/products>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
59. Simulator for industrial robots and offline programming - RoboDK, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://robodk.com/>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
60. P.I. Corke, “Robotics, Vision & Control”, Springer 2017, ISBN 978-3-319-54413-7.
61. Γνωρίζω τον κόσμο των Ρομπότ – Arduino, [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <https://4dimkal-robot.weebly.com/tiota-epsilon943nualphaiota-tauomicron-arduino.html> , [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]
62. What is a FlexPendant? [Online] Διαθέσιμο στο σύνδεσμο: <http://developercenter.robotstudio.com/BlobProxy/manuals/IRC5FlexPendantOpManual/doc27.html>, [Τελευταία πρόσβαση: 18 Αυγούστου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 10/11

63. Presentation market overview Industrial Robots, World Robotics 2017 edition, IFR, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: [https://ifr.org/downloads/press/Presentation\\_PC\\_27\\_Sept\\_2017.pdf](https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf) [Τελευταία πρόσβαση: 25 Σεπτεμβρίου 2018]
64. The KUKA smartPAD: simply more freedom, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/robot-controllers/smartpad> [[Τελευταία πρόσβαση: 27 Σεπτεμβρίου 2018]
65. Pendant station, TP5, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <http://www.directindustry.com/prod/comau-spa/product-102039-1914812.html> [Τελευταία πρόσβαση: 27 Σεπτεμβρίου 2018]
66. Bluetooth Teach Console, ST Robotics, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <https://strobotics.com/nexus.htm> [Τελευταία πρόσβαση: 27 Σεπτεμβρίου 2018]
67. Brains for robots robotic controllers, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: [https://www.blackrobotics.com/Brains\\_for\\_robots\\_robotic\\_controllers.htm](https://www.blackrobotics.com/Brains_for_robots_robotic_controllers.htm) [Τελευταία πρόσβαση: 27 Σεπτεμβρίου 2018]
68. RoboteQ SDC2160 - 2x20A, 7V-60V Robot Controller, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <https://www.robotshop.com/uk/roboteq-sdc2160---2x20a-7v-60v-robot-controller.html> [Τελευταία πρόσβαση: 27 Σεπτεμβρίου 2018]
69. EZ-B v4/2 Wi-Fi Robot Controller, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <https://www.ez-robot.com/Shop/AccessoriesDetails.aspx?productNumber=40> [Τελευταία πρόσβαση: 27 Σεπτεμβρίου 2018]



# Πηγές-Βιβλιογραφία 11/11

- 
70. TIOBE Index for September 2018, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> [Τελευταία πρόσβαση: 01 Οκτωβρίου 2018]
71. <http://www.ros.org/>
72. <http://wiki.ros.org/>
73. RDS | Smart Grasping System available on ROS Development Studio, Διαθέσιμο online στο σύνδεσμο: <http://www.theconstructsim.com/smart-grasping-system-simulation-available-on-ros-development-studio/> [Τελευταία πρόσβαση: 01 Οκτωβρίου 2018]

