



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρ. Μηχ/κών και Μηχ/κών Υπολογιστών
Τομέας Σημάτων, Ελέγχου και Ρομποτικής
Εργαστήριο Ρομποτικής & Αυτοματισμού

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Άσκηση 1. Ρομποτικό Κύτταρο

Εισαγωγή

Ρομποτικό Κύτταρο

→ Διάταξη αποτελούμενη από ένα σύνολο μηχανισμών με πυρήνα ένα ρομποτικό χειριστή που συνεργάζονται για την επίτευξη ενός κοινού στόχου

Στόχος

→ Ταξινόμηση και εναπόθεση 6 αντικειμένων* σε κατάλληλη θέση στην παλέτα ανάλογα με το υλικό και τις ιδιότητές τους

**2 πλαστικά, 2 μεταλλικά αφόρτιστα, 2 μεταλλικά φορτισμένα*



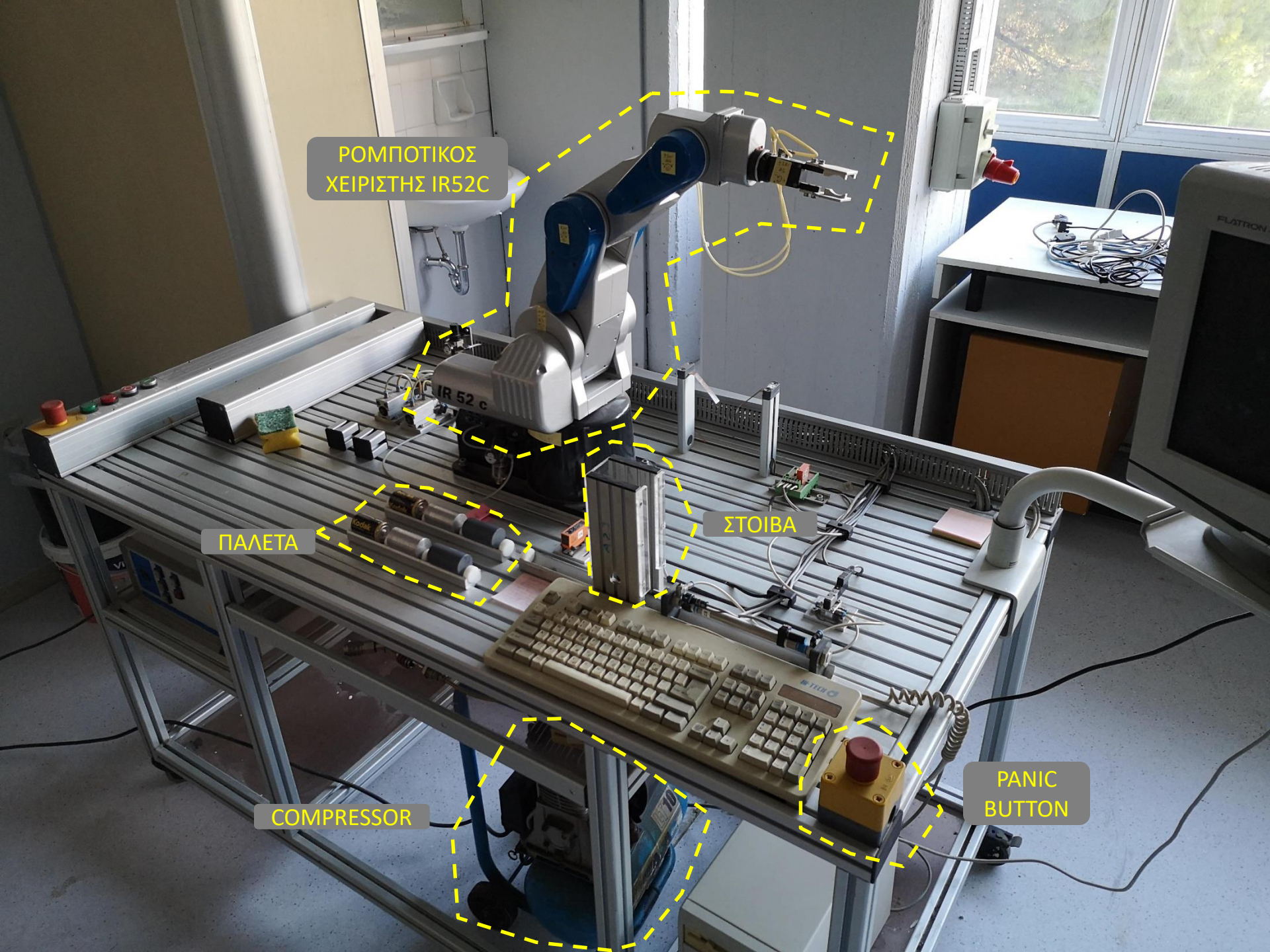
ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ
ΧΕΙΡΙΣΤΗΣ IR52C

ΠΑΛΕΤΑ

ΣΤΟΙΒΑ

COMPRESSOR

PANIC
BUTTON



Επιμέρους Μηχανισμοί

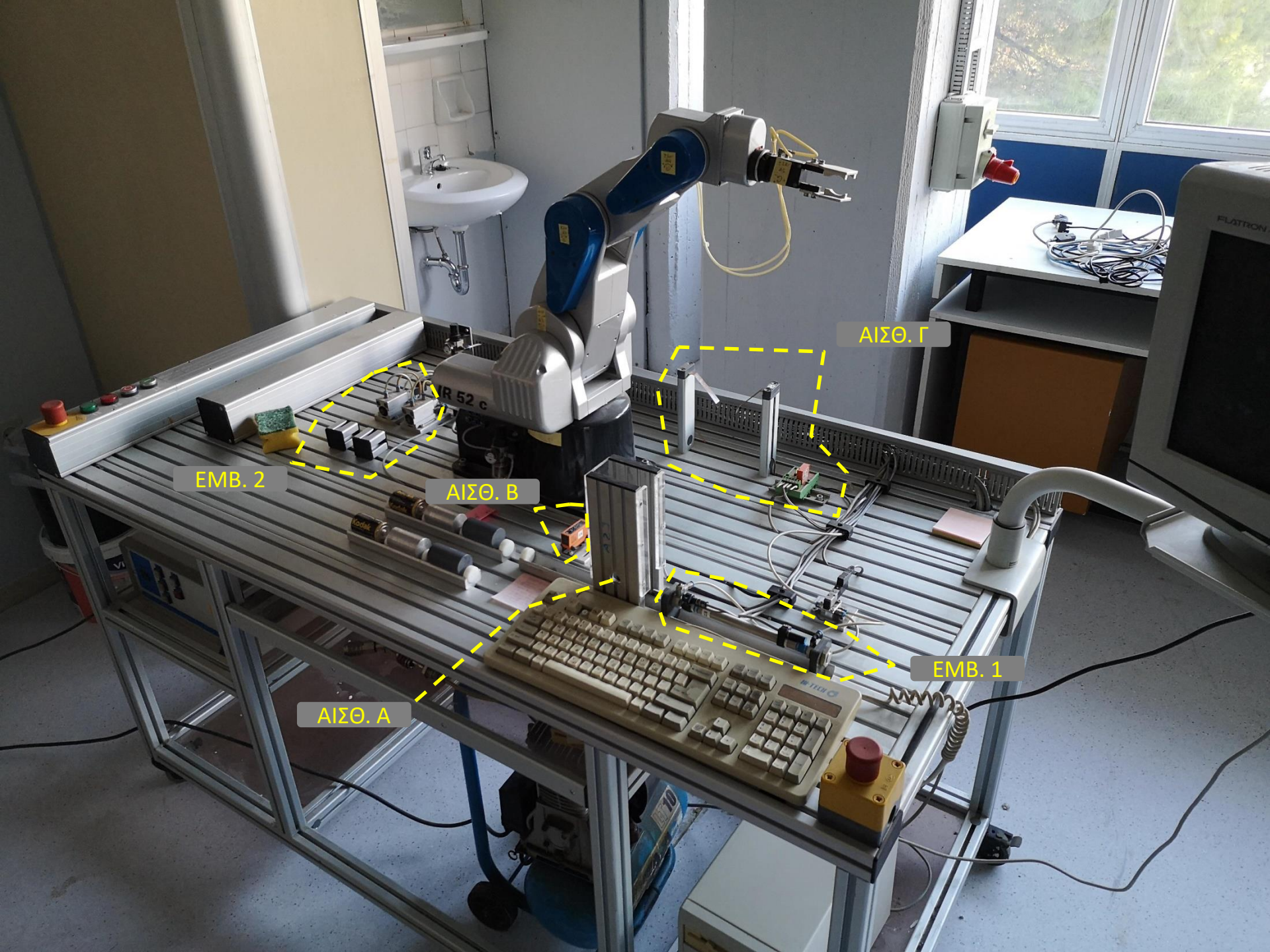
Αισθητήρες :

- A. Επαγωγικός \rightarrow εντοπισμός μεταλλικού αντικειμένου
- B. Οπτικός \rightarrow εντοπισμός αντικειμένου
- C. Χωρητικός (μιας πολικότητας) \rightarrow εντοπισμός φορτισμένου αντικειμένου

Ηλεκτροπνευματικά έμβολα:

1. Εξώθηση αντικειμένου από τη στοίβα
2. Επικόλληση ετικέτας





ΕΜΒ. 2

ΑΙΣΘ. Β

ΑΙΣΘ. Α

ΑΙΣΘ. Γ

ΕΜΒ. 1

Ρομποτικός Χειριστής IR52C

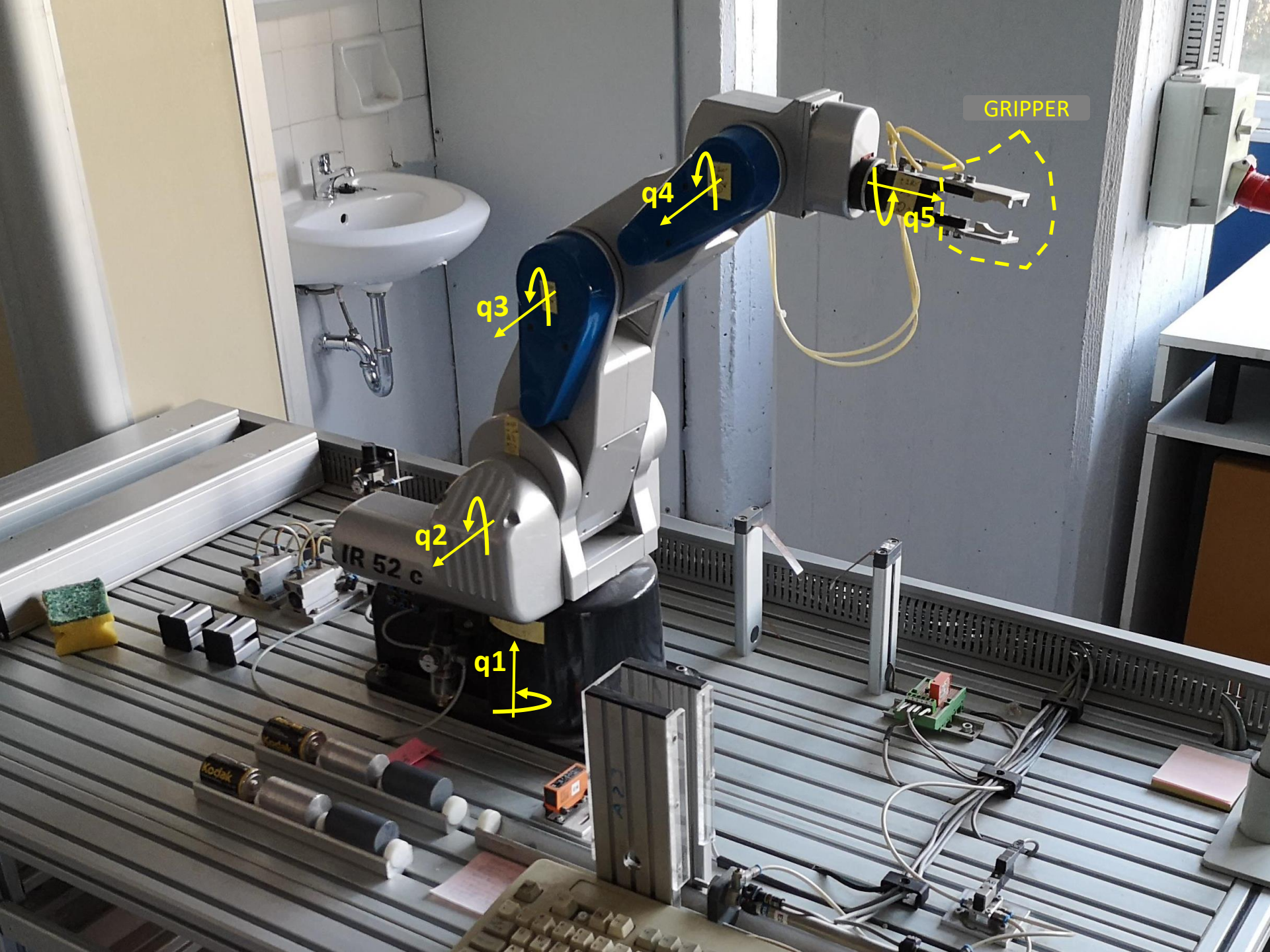
Βαθμοί Ελευθερίας (DOFs) :

- 5 ανεξάρτητοι περιστροφικοί άξονες οδηγούμενοι από υψηλής απόδοσης σερβοκινητήρες
- Πνευματική αρπάγη (gripper)

Έλεγχος θέσης μέσω αυξητικών κωδικοποιητών (encoders)

Έλεγχος αυτοματοποίησης μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος PSI





GRIPPER

q_4

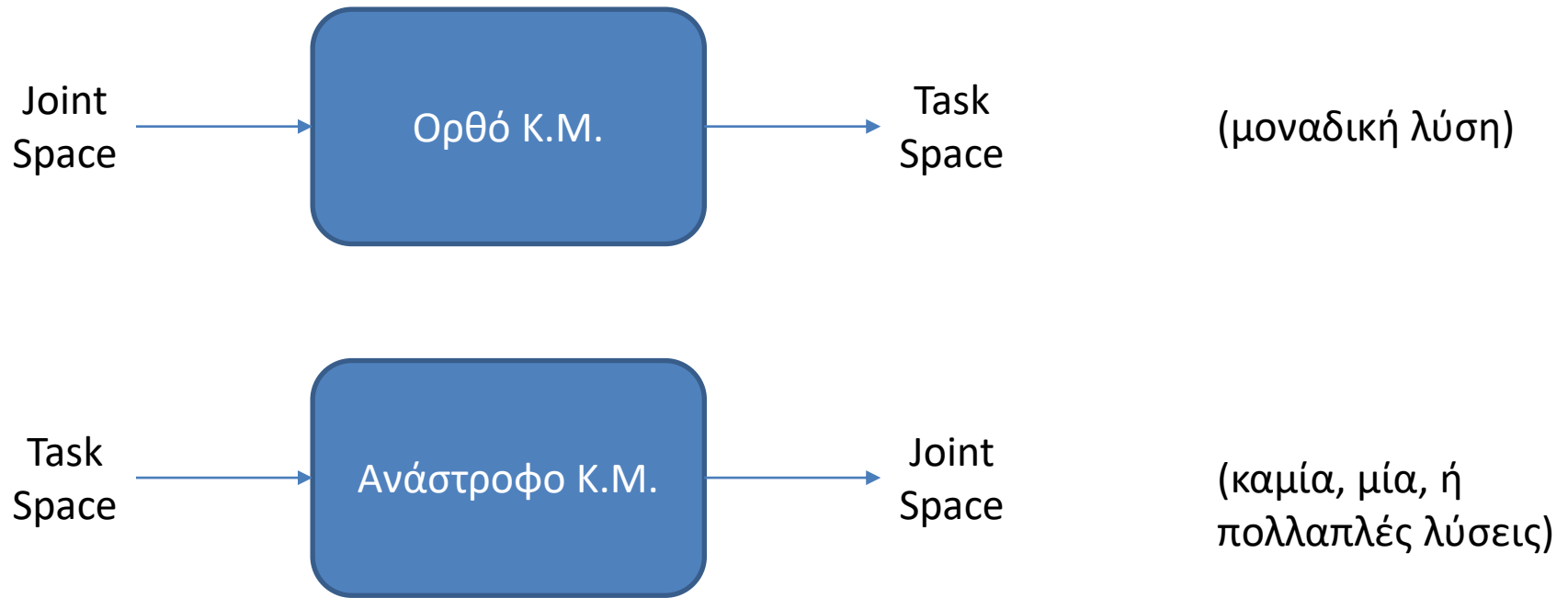
q_3

q_2

q_1

q_5

Ορθή και Ανάστροφη Κινηματική



* Ορθή κινηματική ανάλυση μέσω Denavit-Hartenberg για την εξαγωγή του κινηματικού μοντέλου



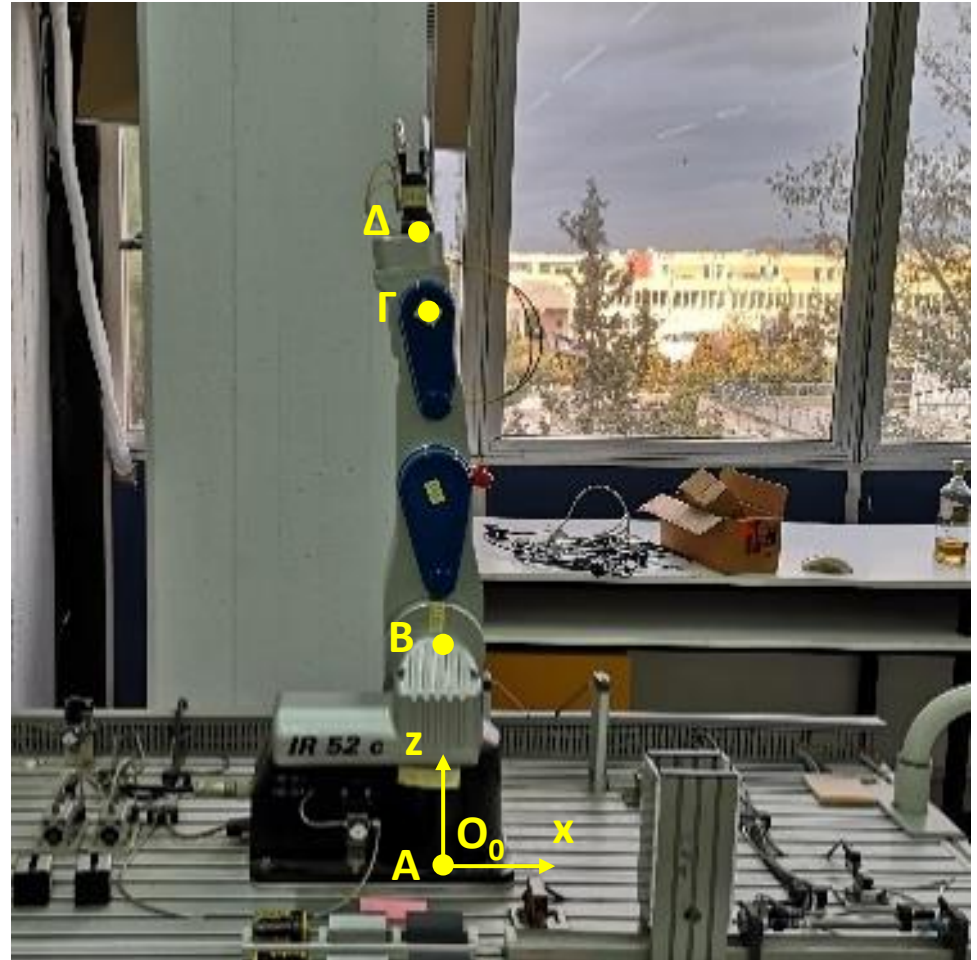
Assignment #1 (D-H)

1.1 Ακολουθώντας τη μέθοδο Denavit-Hartenberg, σε ποιο από τα παρακάτω σημεία πάνω στο σχήμα θα τοποθετηθεί το πλαίσιο O_1 ;

- (A) A
- (B) B
- (Γ) Γ
- (Δ) Δ

1.2 Ακολουθώντας τη μέθοδο Denavit-Hartenberg, σε ποιο από τα παρακάτω σημεία πάνω στο σχήμα θα τοποθετηθεί το πλαίσιο O_4 , αν το O_3 είναι τοποθετημένο στο σημείο Γ;

- (A) A
- (B) B
- (Γ) Γ
- (Δ) Δ



Συστήματα Συντεταγμένων (ΣΣ)

Παγκόσμιο (World)

- Σχετική μετατόπιση του end-effector στους άξονες x, y, z ενός σταθερού παγκόσμιου ΣΣ
- Διατήρηση του προσανατολισμού του end-effector

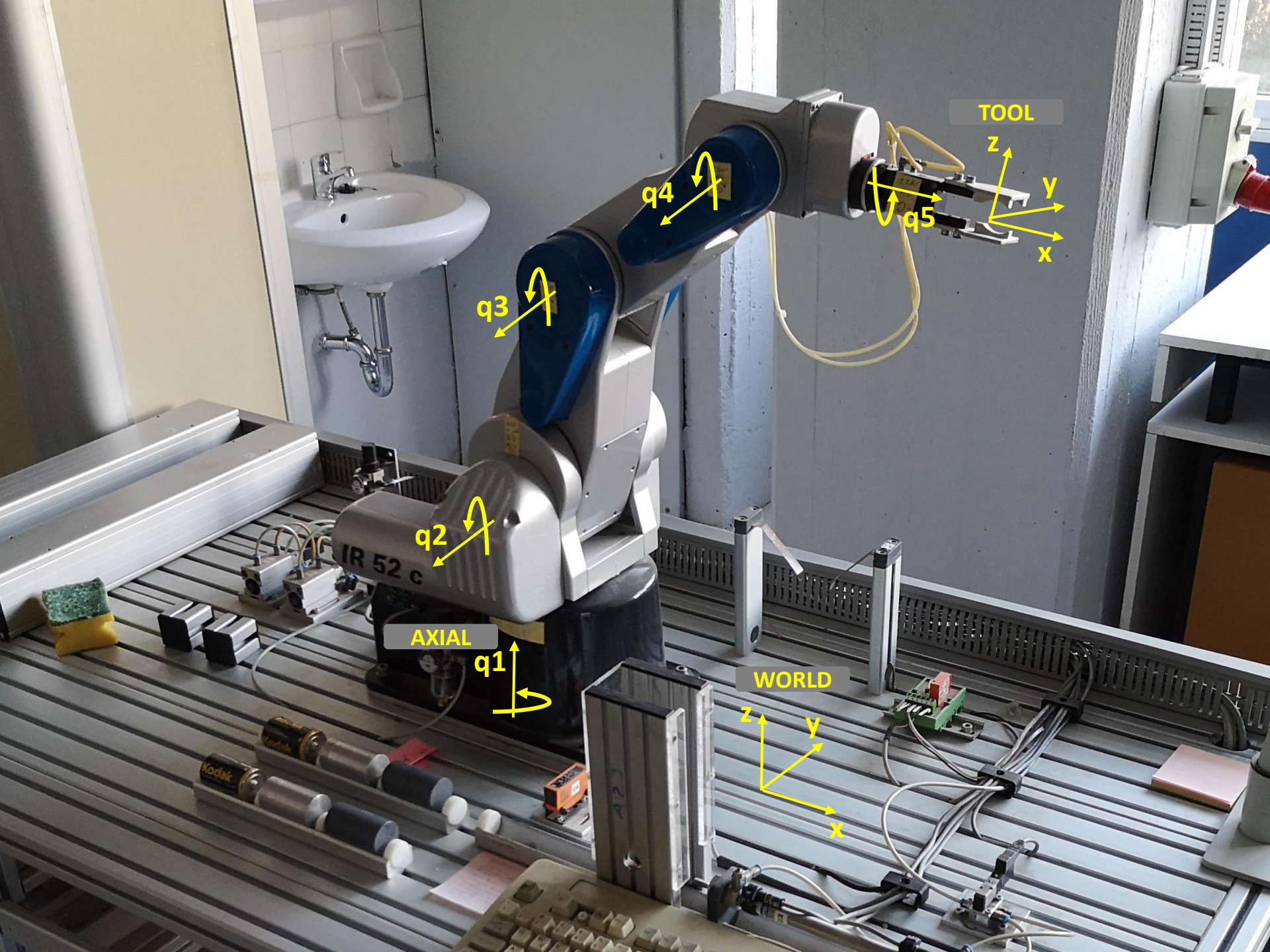
Αξονικό (Axial)

- Απευθείας επενέργηση στους κινητήρες του βραχίονα (joint space)
- Σχετική μεταβολή της γωνίας στροφής της επιλεγμένης άρθρωσης

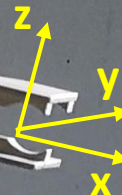
Εργαλείου (Tool)

- Μετατόπισης – Σχετική μετατόπιση του end-effector στο τοπικό ΣΣ
- Περιστροφής – Σχετική περιστροφή Roll-Pitch-Yaw (RPY) στο τοπικό ΣΣ





TOOL



q_4

q_5

q_3

q_2

AXIAL

q_1

WORLD



Assignment #2 (ΣΣ)

2.1.



(A) World
(B) Axial
(C) Tool



2.2.



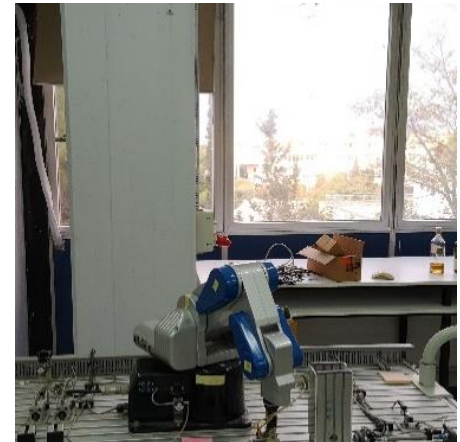
(A) World
(B) Axial
(C) Tool



2.3.



(A) World
(B) Axial
(C) Tool



Θέση 0 \rightarrow Θέση 1 (Axial)



Θέση 1 → Θέση 2 (Axial)



Θέση 2 → Θέση 3 (World/Tool)



Τροχιές (Line, Point-to-Point, Arc)

LINE

Διαδικασία

- Εντοπισμός του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει τα δύο ακραία σημεία (αρχή-τέλος) στο task space
- Διαίρεση του ευθύγραμμου τμήματος σε πολλά διαδοχικά σημεία
- Επίλυση του Ανάστροφου Κ.Μ. στο καθένα για τον υπολογισμό του κατάλληλου συνδυασμού επενεργήσεων στο joint space
- Μεταβολή των γωνιών κάθε άρθρωσης για την προσέγγιση των διαδοχικών σημείων της τροχιάς

Pros : Γνωστή τροχιά στο task space

Cons : Υψηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα

POINT-TO-POINT

Διαδικασία

- Επίλυση του Ανάστροφου Κ.Μ. ΜΟΝΟ για τα δύο ακραία σημεία (αρχή-τέλος)
- Μεταβολή των γωνιών κάθε άρθρωσης μεταξύ των δύο ακραίων θέσεων

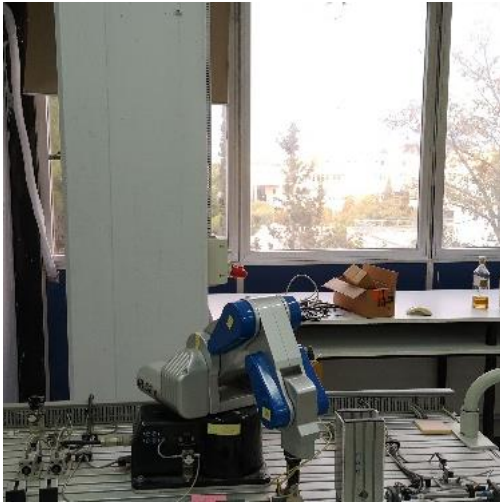
Pros : Χαμηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα

Cons : Άγνωστη τροχιά στο task space



Assignment #3 (Τροχιές)

3.1.



(A) Line
(B) Point-To-Point



3.2.



(A) Line
(B) Point-To-Point



Θέση 3 → Θέση 2 (Line)



Θέση 2 \rightarrow Θέση 1 (Point-To-Point)



Πιθανές προκλήσεις

Θέση επαγωγικού αισθητήρα

- Λύση : Επανατοποθέτηση του 1ου αντικειμένου στο τέλος της στοίβας

Μονή πολικότητα χωρητικού αισθητήρα

- Λύση : Έλεγχος και των δύο πλευρών του μεταλλικού αντικειμένου για τον εντοπισμό ενδεχόμενου φορτίου

Αδυναμία επαγωγικού αισθητήρα για έλεγχο ολοκλήρωσης της διαδικασίας

- Λύση : Έλεγχος οπτικού αισθητήρα μετά την ενεργοποίηση του εμβόλου εξώθησης





Ζητούμενα

Περιγραφή του πειράματος

- Στόχος
- Επιμέρους μηχανισμοί (αισθητήρες, έμβολα, κλπ.)
- Περιγραφή βραχίονα (βαθμοί ελευθερίας, χώρος εργασίας, συστήματα συντεταγμένων, τροχιές)
- Περιγραφή ορθής και ανάστροφης κινηματικής
- Λύση ορθού κινηματικού μοντέλου για τον ρομποτικό χειριστή με D-H

Περιγραφή της διαδικασίας σε ψευδοκώδικα



Σημεία προσέγγισης του ρομπότ

Σ01. Αρχική κατάσταση ρομπότ

Σ03. Μπροστά από A1

Σ05. Πάνω από A2*

Σ06α. Εντός A2 ορθά

Σ07. Πάνω από E

Σ08α. Εντός E για πλαστικά

Σ09. Πάνω από Π1*

Σ10α. Εντός Π1 θέση A

Σ11. Πάνω από Π2*

Σ12α. Εντός Π2 θέση A

Σ13. Πάνω από Π3*

Σ14α. Εντός Π3 θέση A

Σ02. Πάνω από A1*

Σ04. Πάνω από στοίβα

Σ06β. Εντός A2 ανάποδα

Σ08β. Εντός E για μεταλλικά

Σ10β. Εντός Π1 θέση B

Σ12β. Εντός Π2 θέση B

Σ14β. Εντός Π3 θέση B

A1 : Οπτικός αισθητήρας

A2 : Χωρητικός αισθητήρας

E : Έμβολα επικολλήσεων ετικετών (σε πλαστικά και μεταλλικά)

Π1 : Παλέτα τοποθέτησης πλαστικών

Π2 : Παλέτα τοποθέτησης μεταλλικών αφόρτιστων

Π3 : Παλέτα τοποθέτησης μεταλλικών φορτισμένων

