

Robottechnika

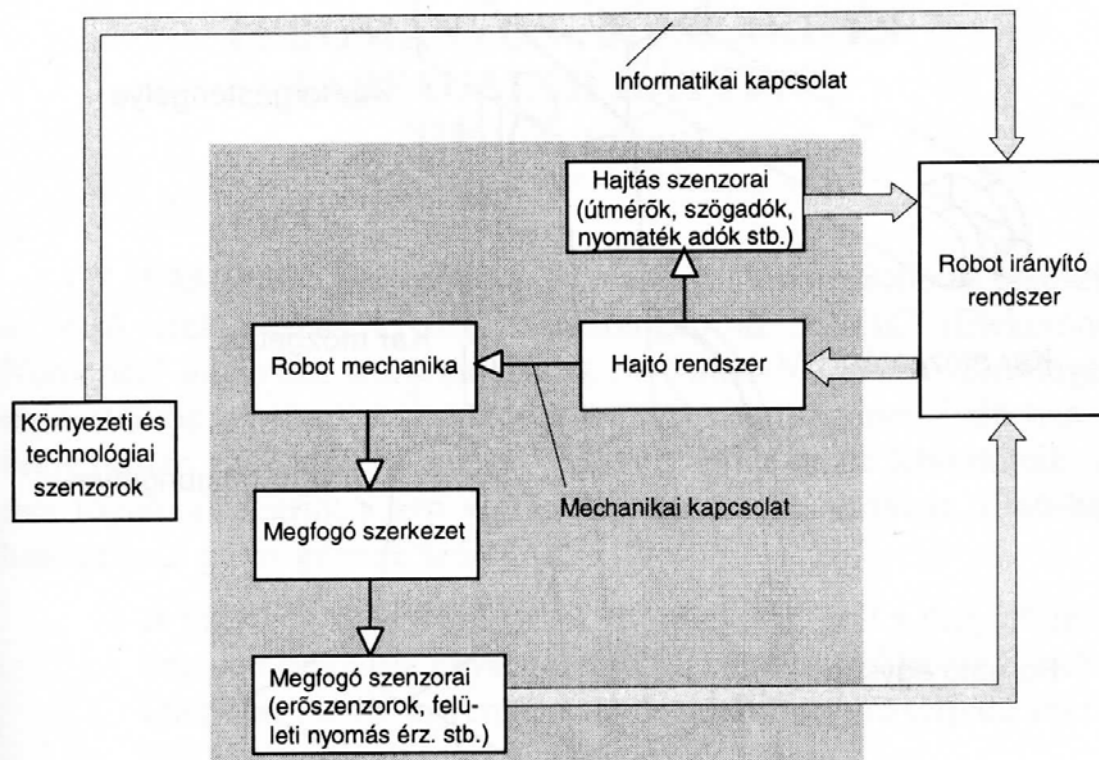
2. Ipari robotok

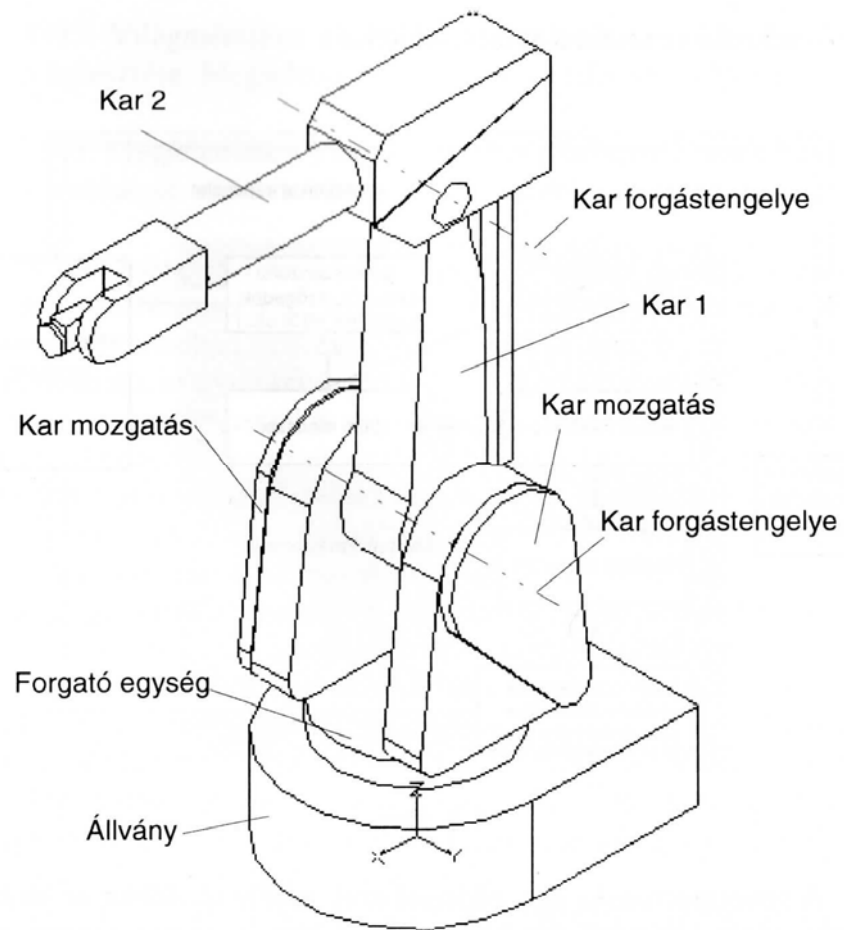
Ballagi Áron
Automatizálási Tanszék

- IGM Robotrendszerek Kft.
 - Hegesztőrobotok specialistája
 - <http://www.igm-group.com/hu>
- Max. 8 fő! – akiket tényleg érdekel a robotika (diplomamunka) !

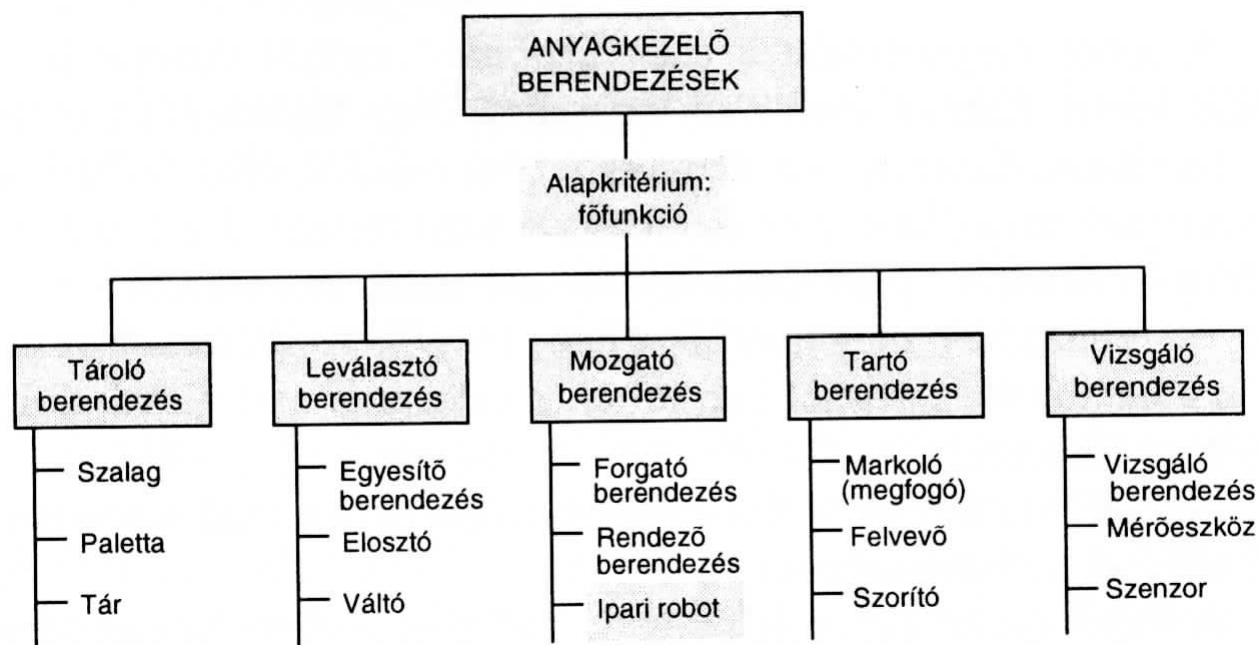


- 1951. Teleoperátor - Goertz és Bergsland (amerikai szabadalom)
- 1954. Kétkaros portálrobot szabadalom – C.W. Kenwart
- 1959. Első sorozatgyártású ipari robot – Planet Co.
- **1960. Első Unimate robot (számjegy vezérlésű, hidraulikus hajtás)**
- 1966. Első festő robot – Trallfa Co.
- **1971. Stanford kar, tisztán villamoshajtású**
- 1973. Kísérleti programozási nyelvek , SIRI, WAVE, AL
- 1974. ASEA Irb6 és Cincinnati Milacron T3 villamos hajtású robotok
- 1975. Első szerelési művelet – Olivetti SIGMA
- 1976. Rugalmas csukló – Charles Draper labor
- **1978. PUMA robot – Unimation**
- **1979. SCARA robot – Yamanashi Egyetem**
- 1981. Robotok direkt hajtása – Carnegi-Mellon Egyetem
- 1984. WABOT-2 antropomorph robot – Waseda Egyetem
- 1985. Harmadik generációs – autonóm mobil robotok megjelenése
- 1995. Robot platformok

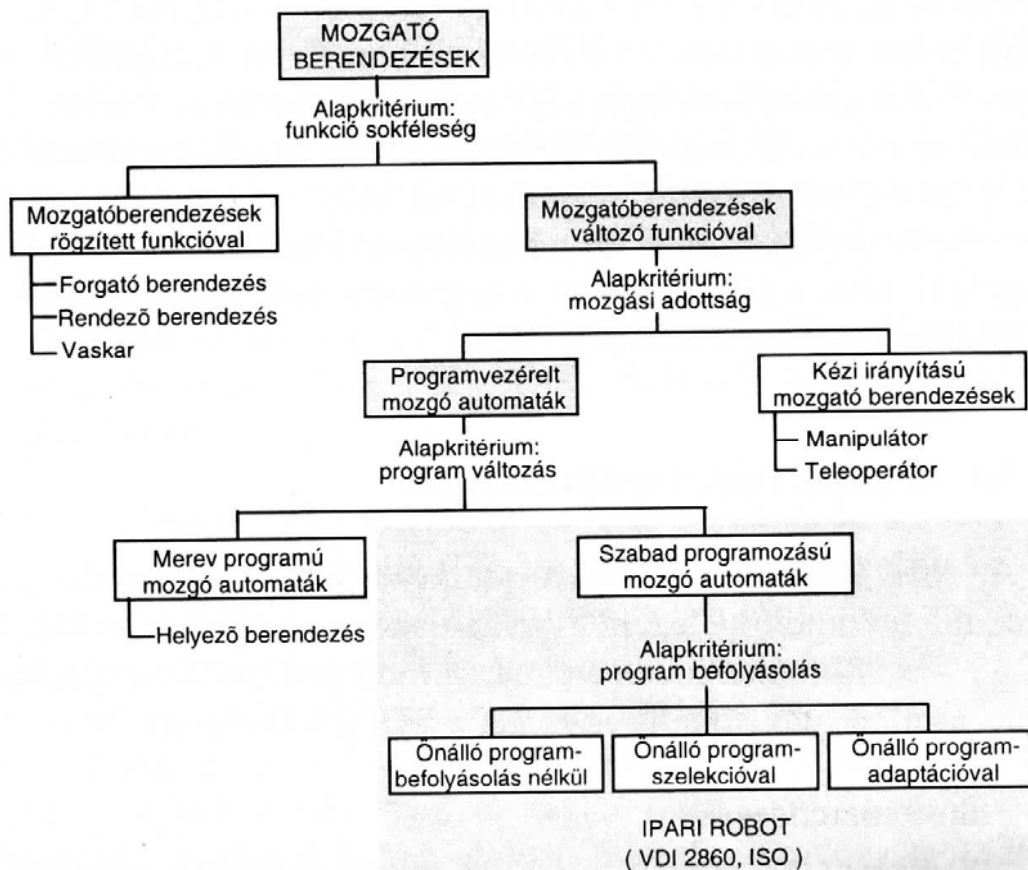


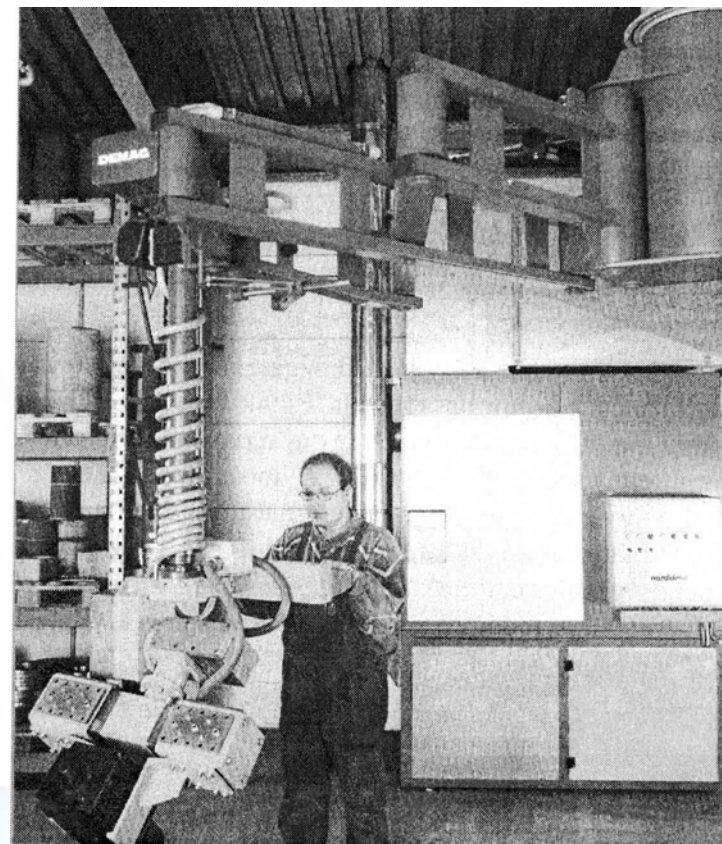
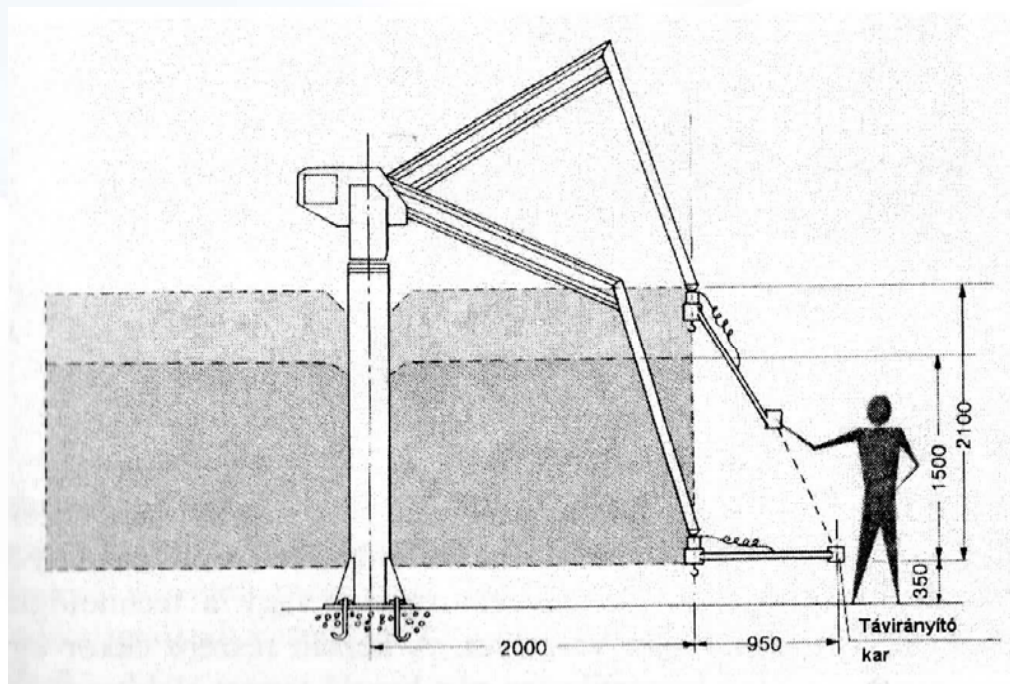


- Anyagkezelő berendezések fő funkcionális egységei (VDI 2860)

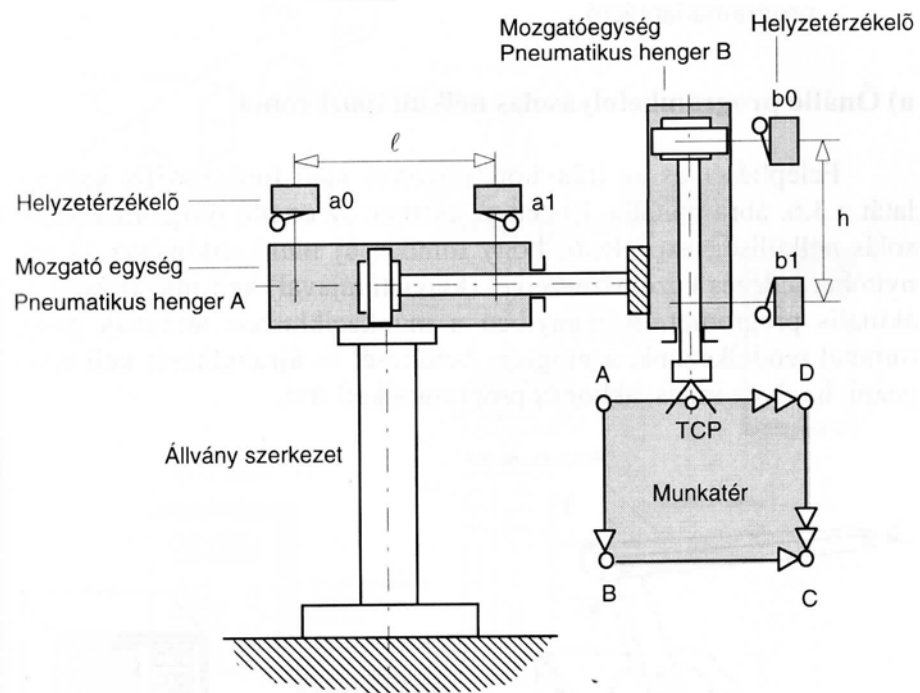


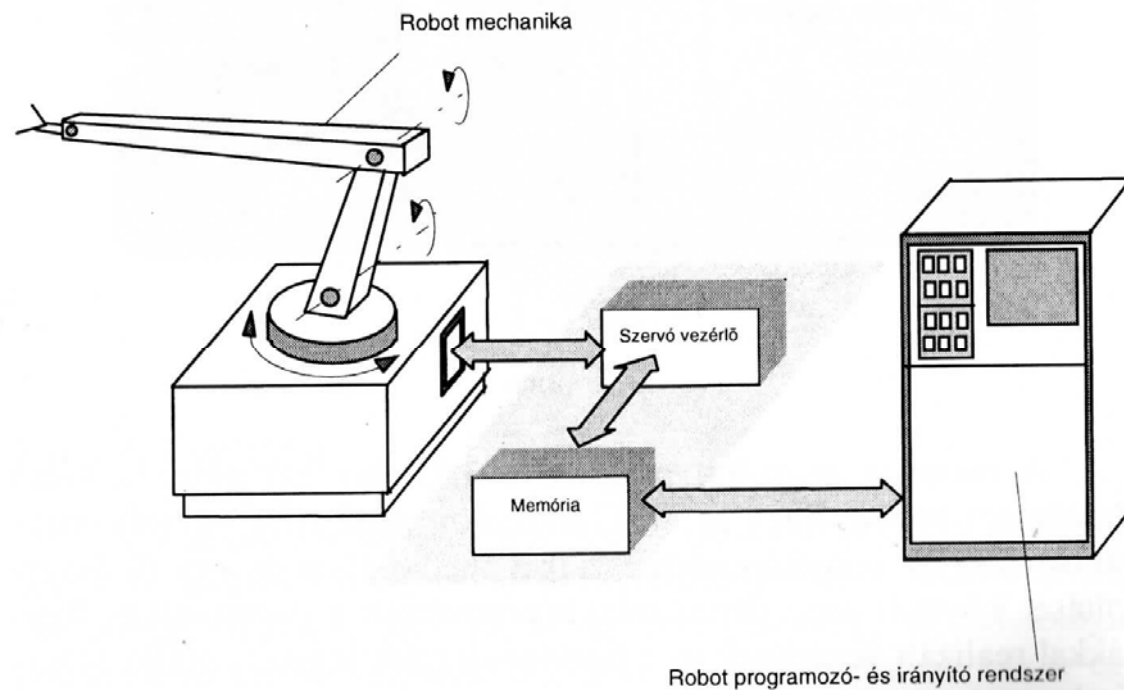
- Mozgató berendezés elemzése





- A programvezérlés csak egyetlen mozgásciklus végrehajtására alkalmas






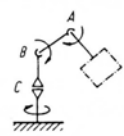


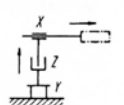

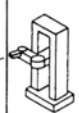
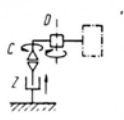


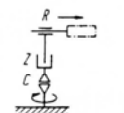


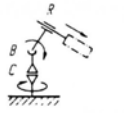

- Mechanikai testek (karok, tagok) + kinematikai kényszerk
- Kinematikai kényszer általában:
 - forgó (**R**otáció)
 - egyenes vonalú mozgás (**T**ranszláció)
- A pozíciómozgás általában három tagú robotmechanikával valósul meg.
 - $2^3 = 8$ egymástól független változatban kapcsolható egymáshoz


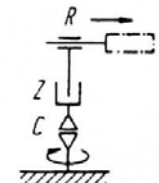


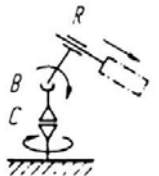

- **RRR**
 - RTR
 - **TRR**
 - **RRT**
 - TRT
 - **RTT**
 - TTR
 - **TTT**
- Robot osztályok
 - derékszögű koordinátarendszerű **TTT**
 - henger koordinátarendszerű **RTT**
 - gömbi koordinátarendszerű **RRT**
 - csuklós rendszerű
 - függőleges síkú csuklókaros **RRR**
 - vízszintes síkú csuklókaros **TRR**

Robot osztályok (kinematikai felépítés szerint)

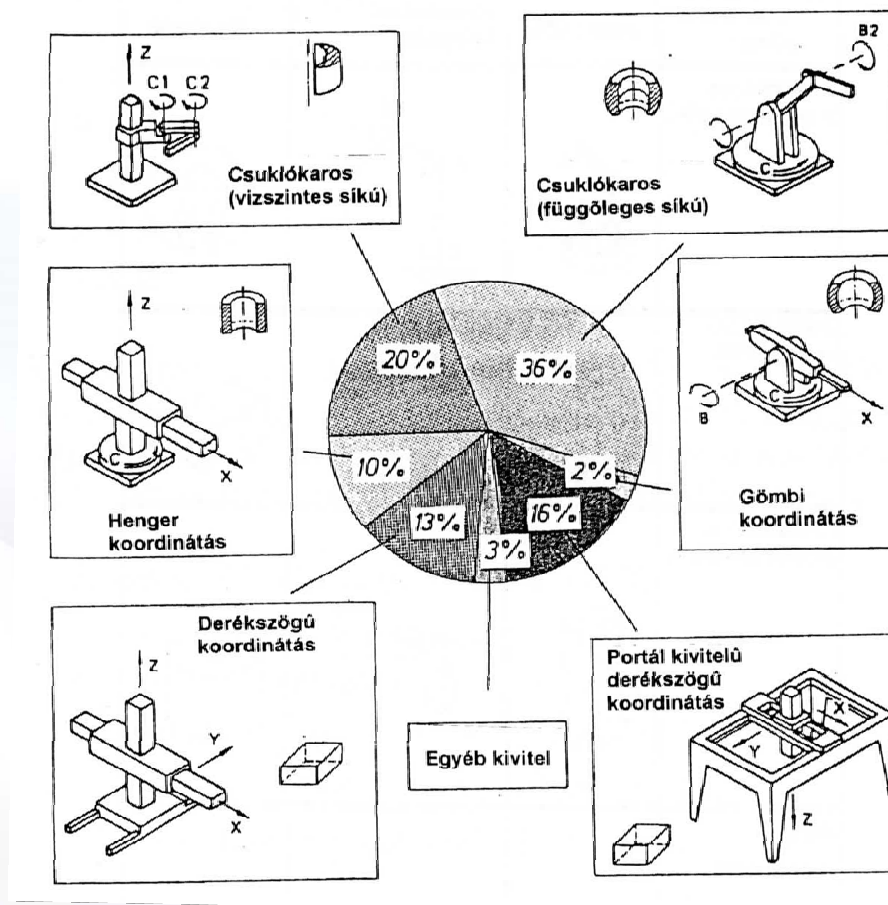
Kinematikai jelleg	Képi nézet	Kinematikai felépítés	Munkatér
Csuklókaros (függőleges síkú)			
Derékszögű koordinátás			
Csuklókaros (vízszintes síkú)			
Henger koordinátás			
Gömbi koordinátás			

Kinematikai jelleg	Képi nézet	Kinematikai felépítés	Munkatér
Csuklókaros (függőleges síkú)			
Derékszögű koordinátás			
Csuklókaros (vízszintes síkú)			

Kinematikai jelleg	Képi nézet	Kinematikai felépítés	Munkatér
Csuklókaros (függőleges síkú)			
Derékszögű koordinátás			
Csuklókaros (vízszintes síkú)			
Henger koordinátás			
Gömbi koordinátás			

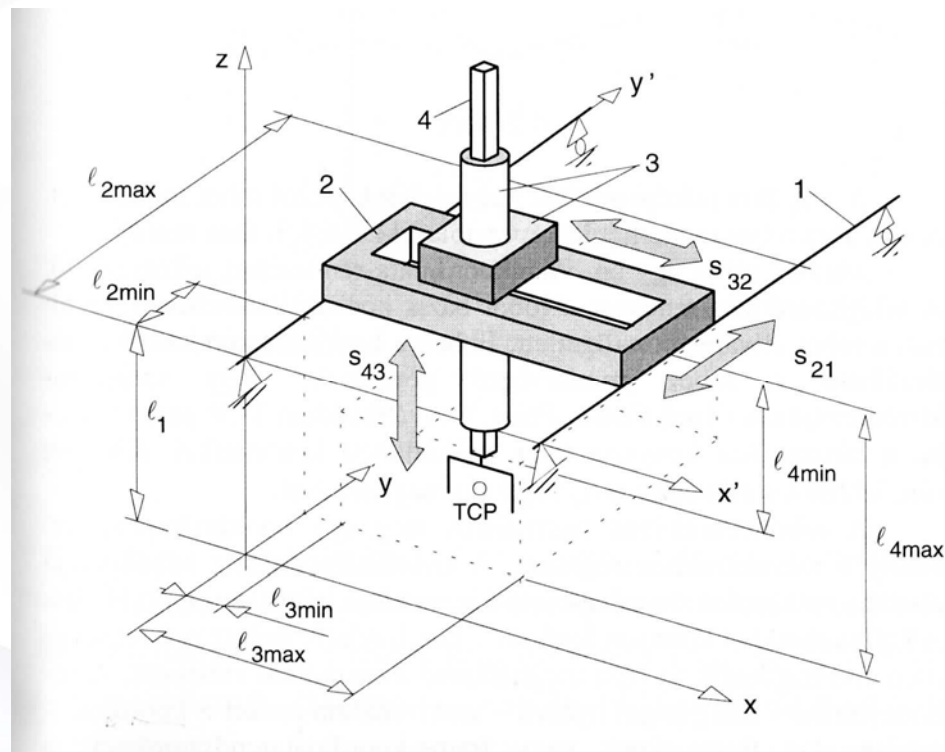
Henger koordinátás			
Gömbi koordinátás			

Egyes osztályok százalékos megoszlása

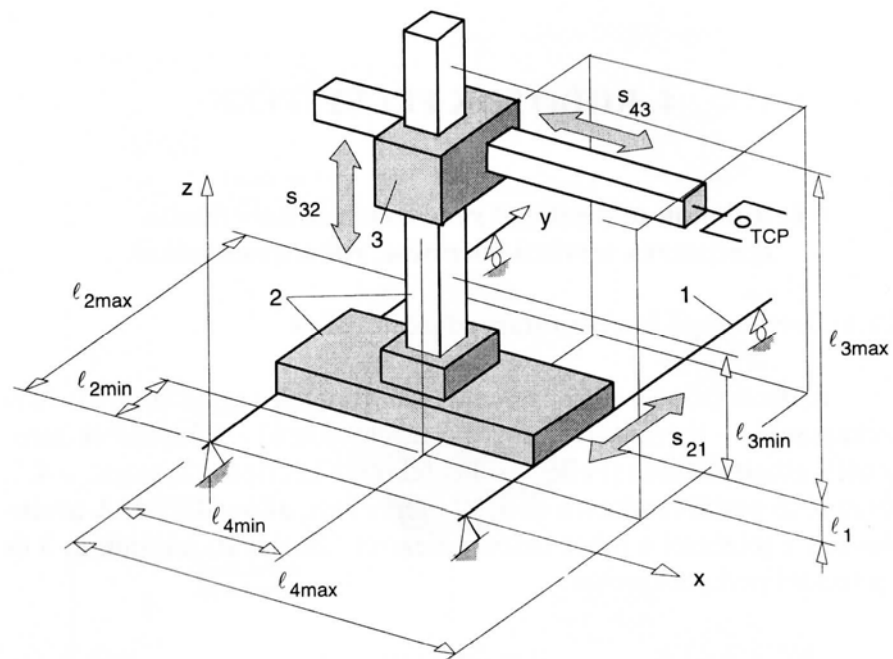




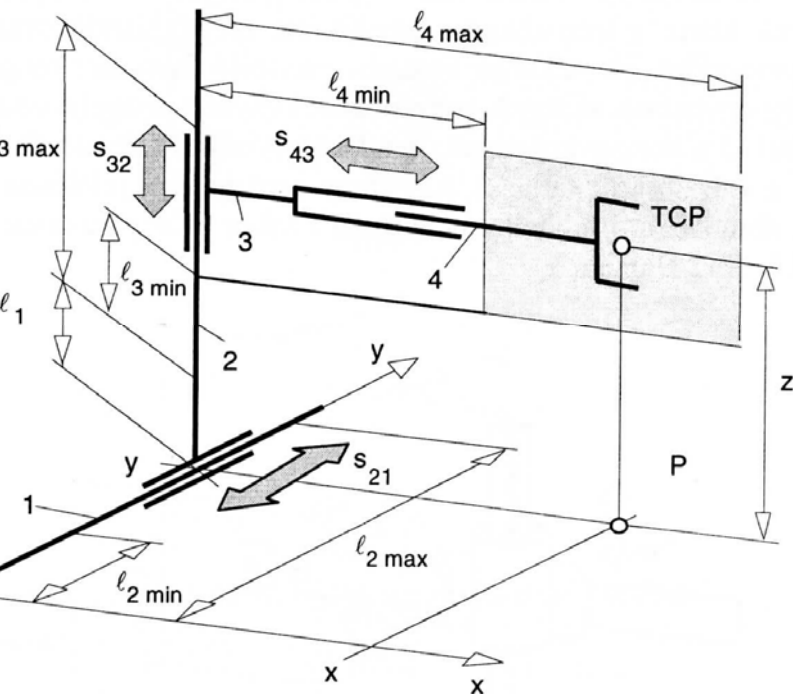
- Portál robot



- Álló rendszerű



Derékszögű koordinátarendszerű robot



$$x = l_{4\min} + s_{43}$$

$$y = l_{2\min} + s_{21}$$

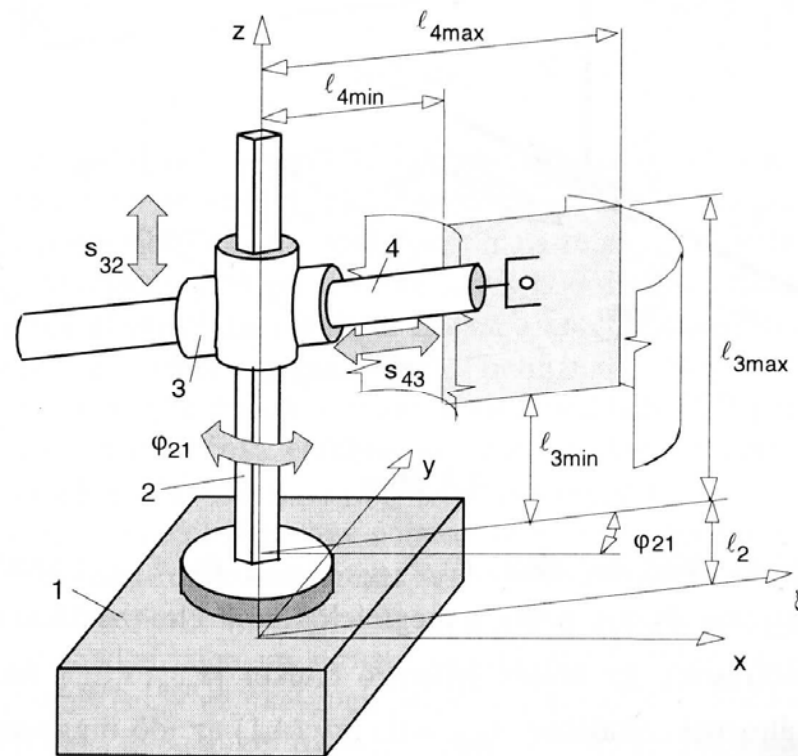
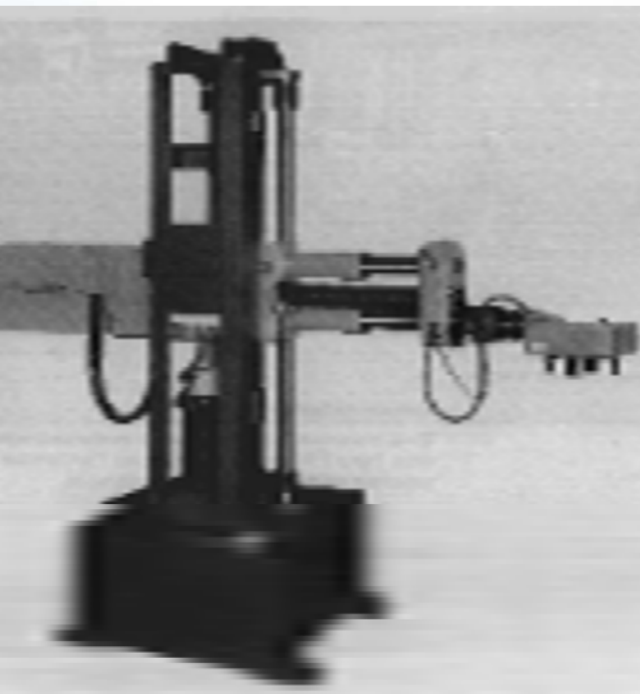
$$z = l_1 + l_{3\min} + s_{32}$$

$$x(t) = l_{4\min} + s_{43}(t)$$

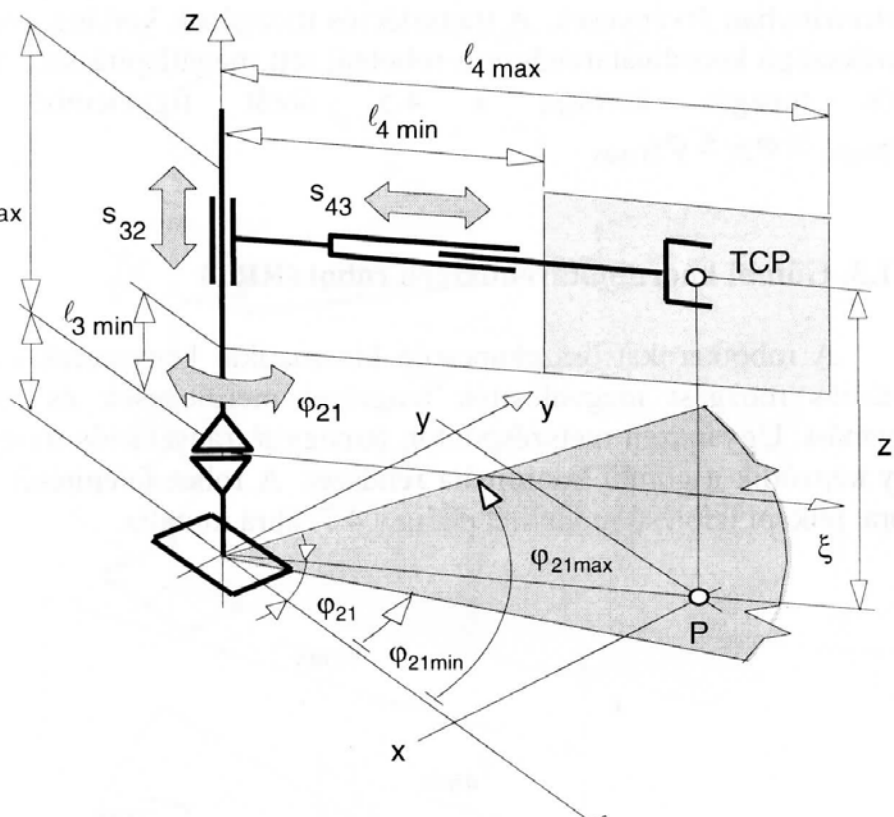
$$y(t) = l_{2\min} + s_{21}(t)$$

$$z(t) = l_1 + l_{3\min} + s_{32}(t)$$

Henger koordinátarendszerű robot (RTT)



Henger koordinátarendszerű robot (RTT)



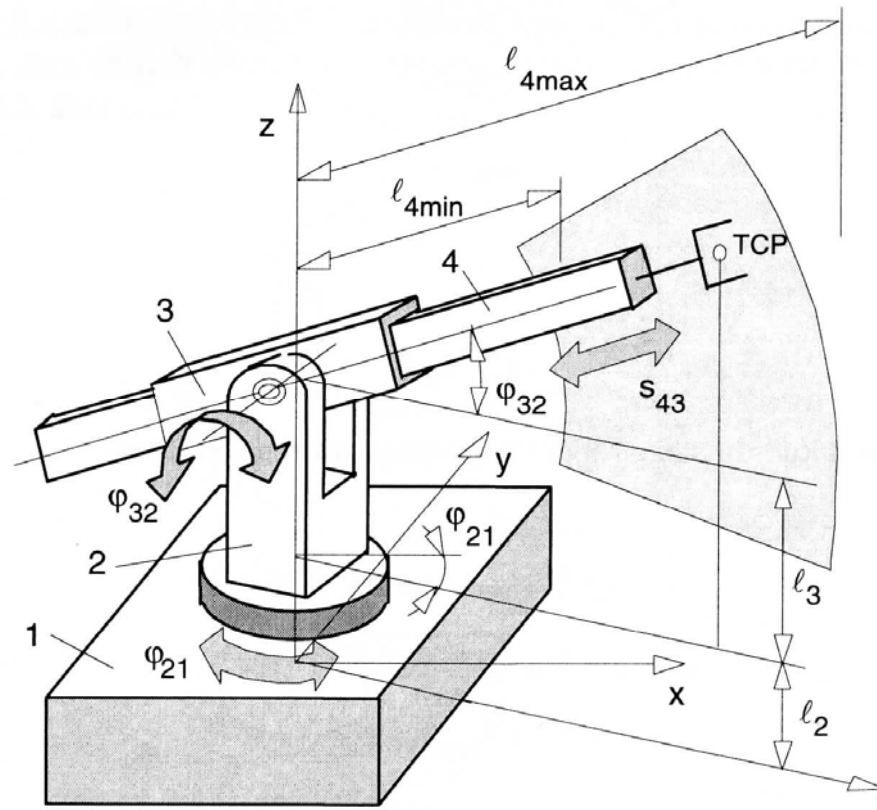
$$x = (l_{4min} + s_{43}) \cos \varphi_{21}$$

$$y = (l_{4min} + s_{43}) \sin \varphi_{21}$$

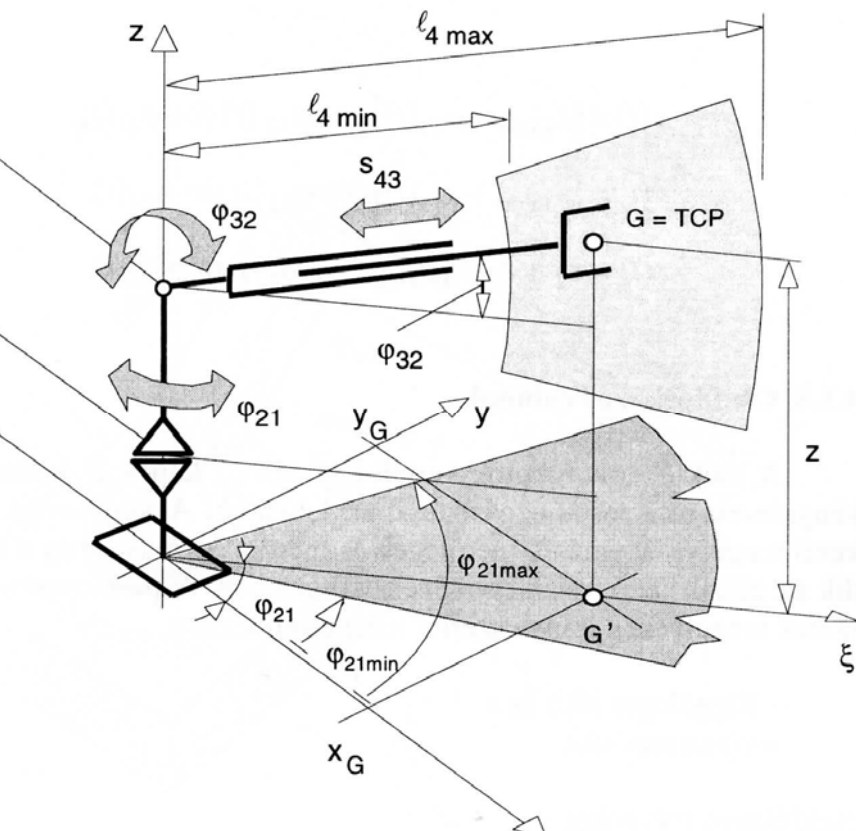
$$z = l_2 + l_{3min} + s_{32}$$

$$\varphi_{21min} \leq \varphi_{21} \leq \varphi_{21max}$$

Gömbi koordinátarendszerű robot (RRT)



Gömbi koordinátarendszerű robot (RRT)



$$x = (l_{4\min} + s_{43}) \cos \varphi_{32} \cos \varphi_{21}$$

$$y = (l_{4\min} + s_{43}) \cos \varphi_{32} \sin \varphi_{21}$$

$$z = l_2 + l_3 + (l_{4\min} + s_{43}) \sin \varphi_{32}$$

$$\varphi_{21\min} \leq \varphi_{21} \leq \varphi_{21\max}$$

$$\varphi_{32\min} \leq \varphi_{32} \leq \varphi_{32\max}$$

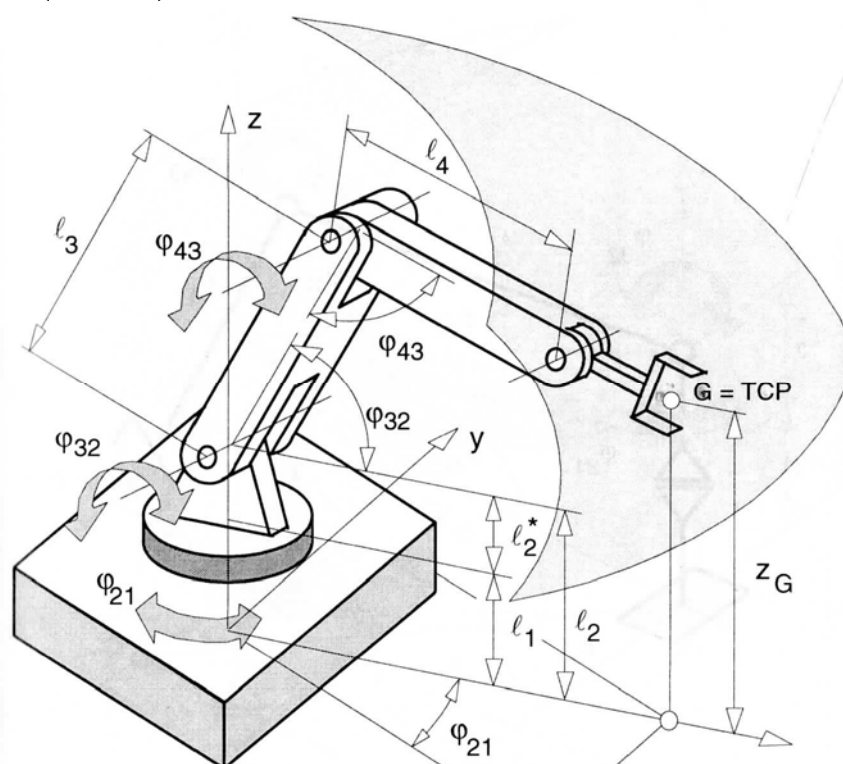
$$x(t) = (l_{4\min} + s_{43}(t)) \cos \varphi_{32}(t) \cos \varphi_{21}(t)$$

$$y(t) = (l_{4\min} + s_{43}(t)) \cos \varphi_{32}(t) \sin \varphi_{21}(t)$$

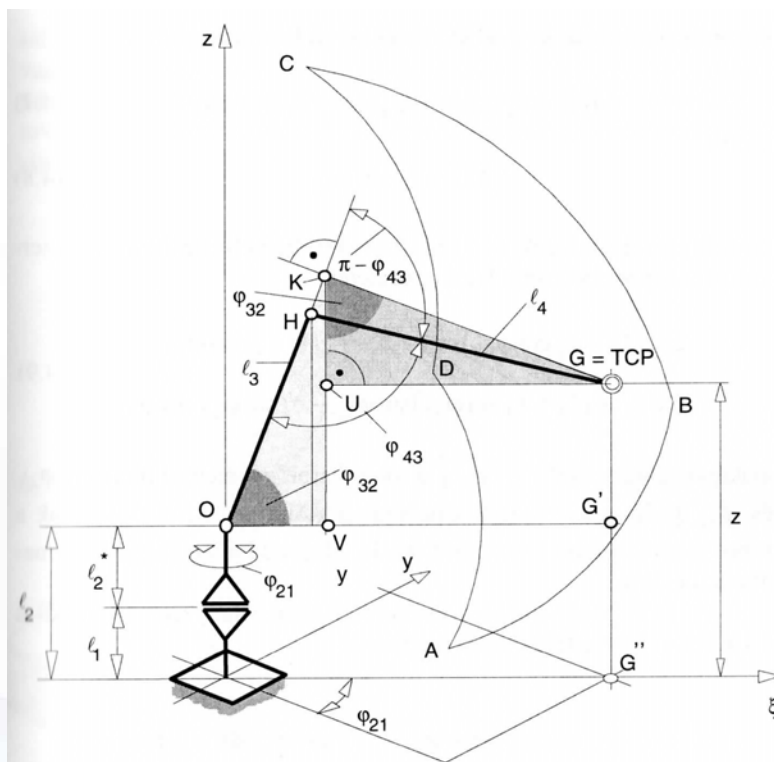
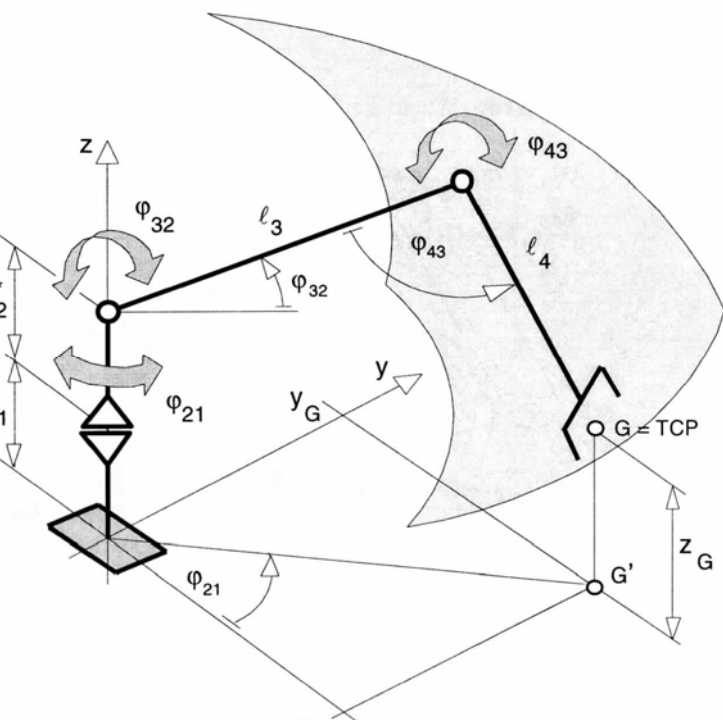
$$z(t) = l_2 + l_3 + (l_{4\min} + s_{43}(t)) \sin \varphi_{32}(t)$$

Csuklókaros Robotok

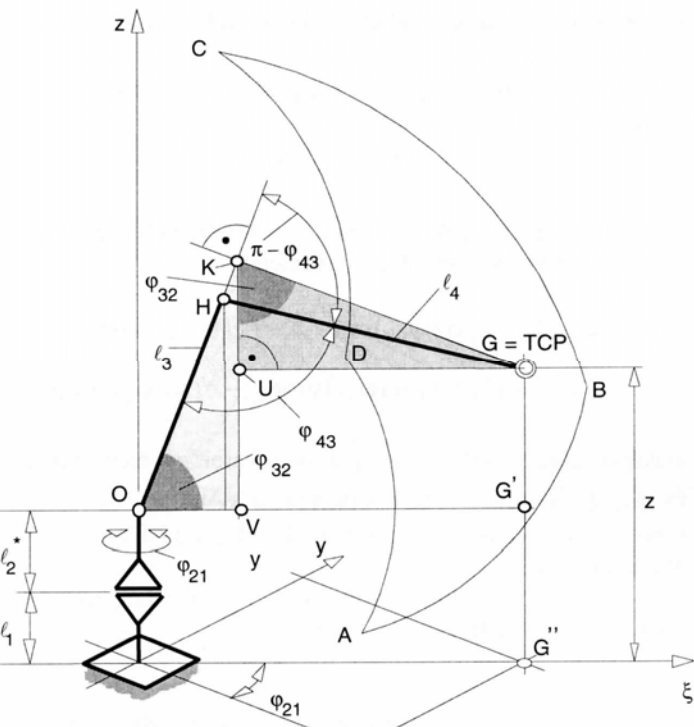
Függőleges síkú csuklókaros robotok (RRR)



Függőleges síkú csuklókaros robotok (RRR)



Függőleges síkú csuklókaros robotok (RRR)



$$\xi = (l_3 + \overline{HK}) \cos \varphi_{32} + \overline{KG} \sin \varphi_{32}$$

$$z = l_2 + (l_3 + \overline{HK}) \sin \varphi_{32} - \overline{KG} \cos \varphi_{32}$$

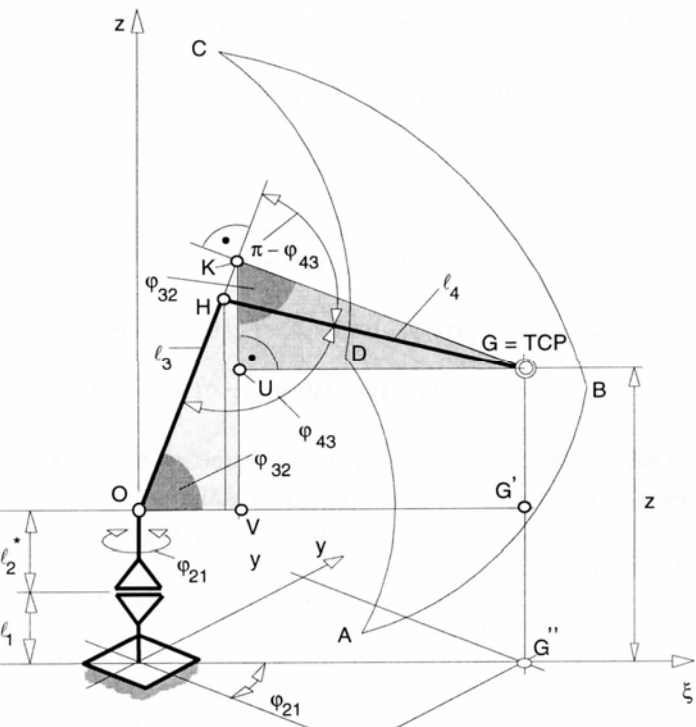
$$\overline{HK} = l_4 \cos(\pi - \varphi_{43}) = -l_4 \cos \varphi_{43}$$

$$\overline{KG} = l_4 \sin \varphi_{43}$$

$$\xi = (l_3 - l_4 \cos \varphi_{43}) \cos \varphi_{32} + l_4 \sin \varphi_{43} \sin \varphi_{32}$$

$$z = l_2 + (l_3 + l_4 \sin \varphi_{43}) \sin \varphi_{32} - l_4 \sin \varphi_{43} \cos \varphi_{32}$$

Függőleges síkú csuklókaros robotok (RRR)

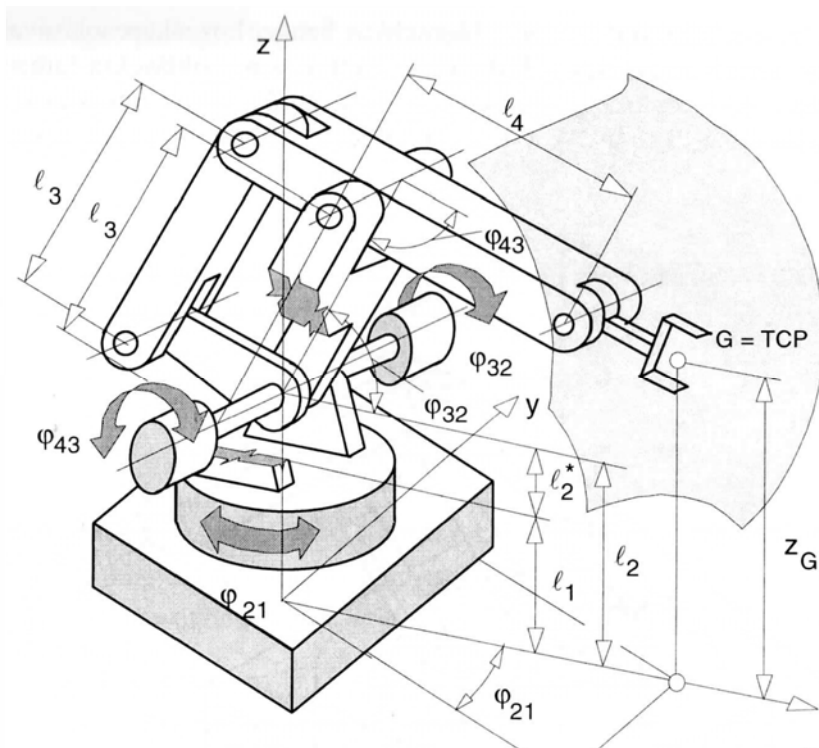
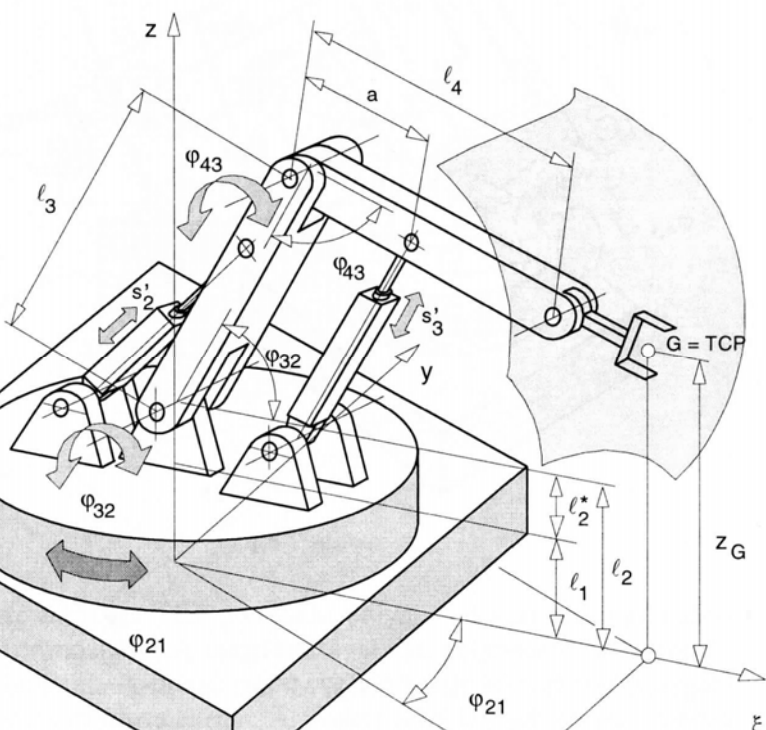


$$x = ((l_3 - l_4 \cos \varphi_{43}) \cos \varphi_{32} + l_4 \sin \varphi_{43} \sin \varphi_{32}) \cos \varphi_{21}$$

$$y = ((l_3 - l_4 \cos \varphi_{43}) \cos \varphi_{32} + l_4 \sin \varphi_{43} \sin \varphi_{32}) \sin \varphi_{21}$$

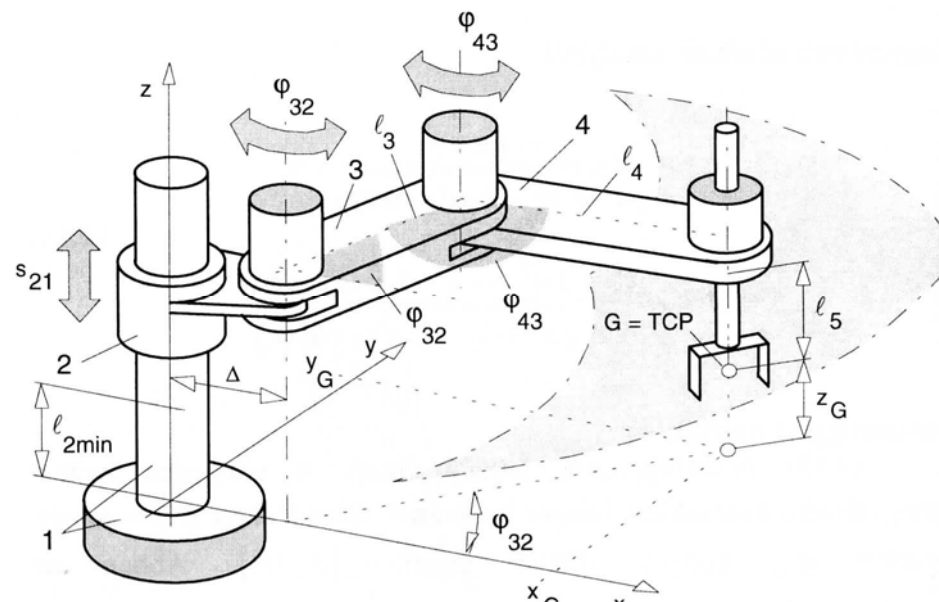
$$z = l_2 + (l_3 + l_4 \sin \varphi_{43}) \sin \varphi_{32} - l_4 \sin \varphi_{43} \cos \varphi_{32}$$

Függőleges síkú csuklókaros robotok (RRR)

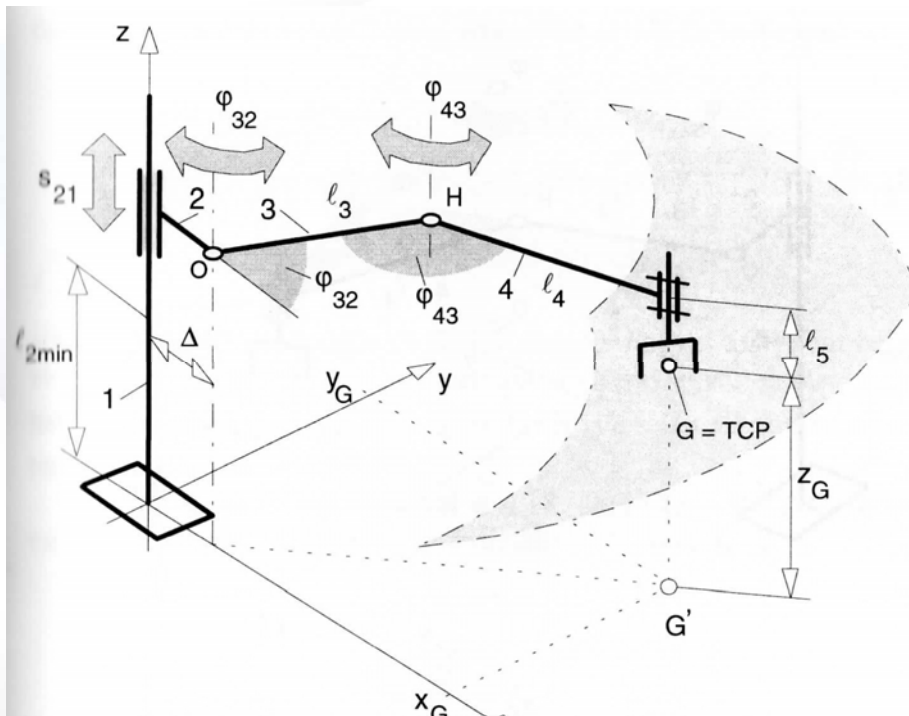


Vízszintes síkú csuklókaros robotok (RRT , TRR)

– SCARA - Selective Compliance Assembly Robot Arm

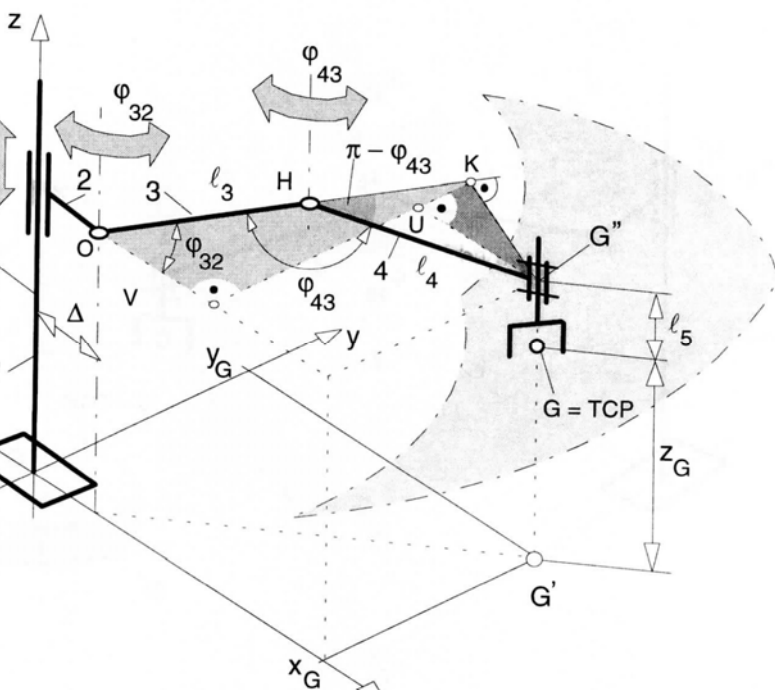


Vízszintes síkú csuklókaros robotok (TRR - SCARA)



Csuklókaros Robotok

Vízszintes síkú csuklókaros robotok (TRR - SCARA)



$$x = \Delta + (l_3 + \overline{HK}) \cos \varphi_{32} + \overline{KG} \sin \varphi_{32}$$

$$y = (l_3 + \overline{HK}) \sin \varphi_{32} - \overline{KG} \cos \varphi_{32}$$

$$z = l_{2\min} + s_{21} - l_5$$

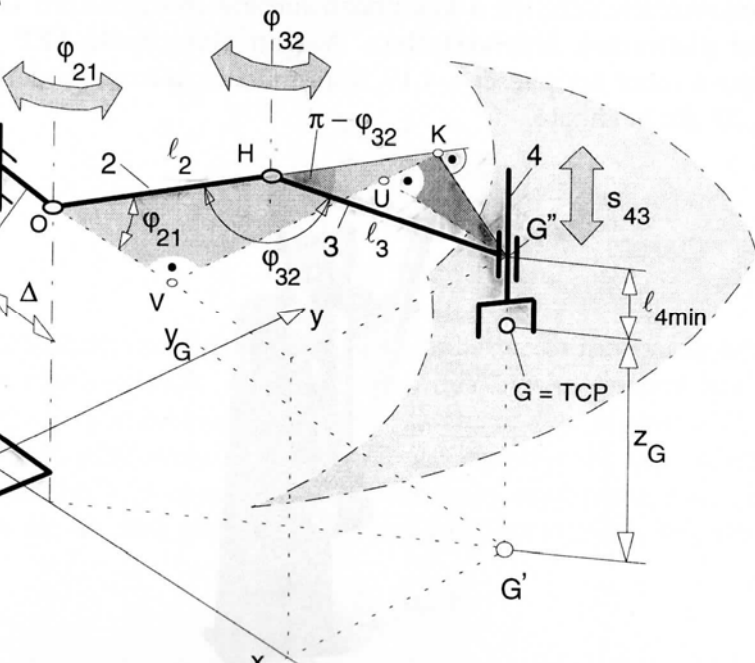
$$\overline{HK} = -l_4 \cos \varphi_{43}$$

$$\overline{KG} = l_4 \sin \varphi_{43}$$

$$x = \Delta + (l_3 - l_4 \cos \varphi_{43}) \cos \varphi_{32} + l_4 \sin \varphi_{43} \sin \varphi_{32}$$

$$y = (l_3 - l_4 \cos \varphi_{43}) \sin \varphi_{32} - l_4 \sin \varphi_{43} \cos \varphi_{32}$$

Vízszintes síkú csuklókaros robotok (RRT - SCARA)



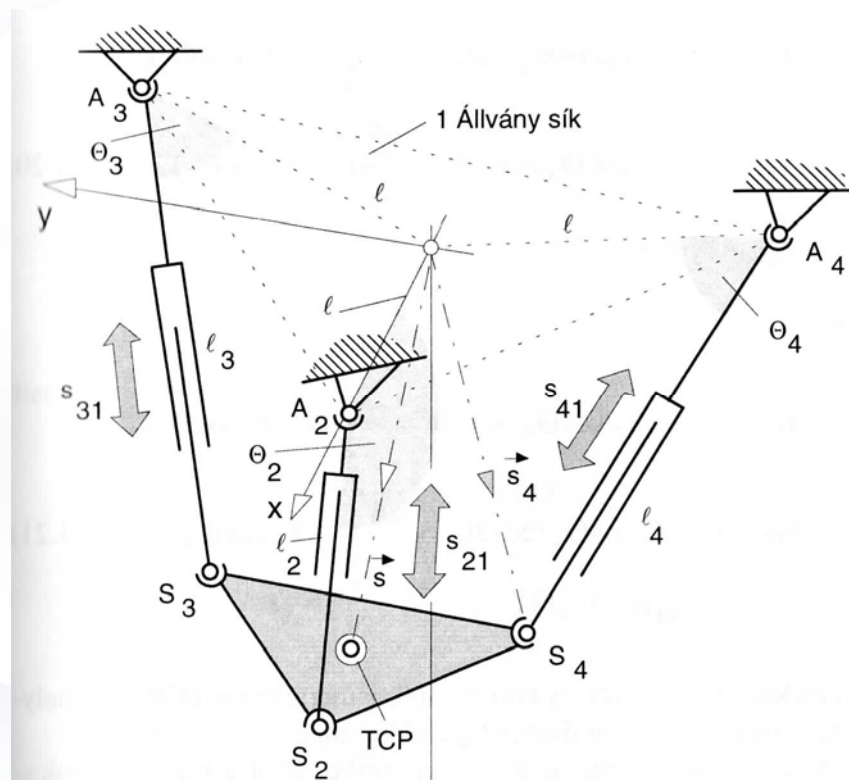
$$x = \Delta + (l_2 - l_3 \cos \varphi_{32}) \cos \varphi_{21} + l_3 \sin \varphi_{32} \sin \varphi_{21}$$

$$y = (l_2 - l_3 \cos \varphi_{32}) \sin \varphi_{21} - l_3 \sin \varphi_{32} \cos \varphi_{21}$$

$$z = l_1 - l_{4min} - s_{43}$$

Robotplatformok lineáris mozgásokból

Tricept

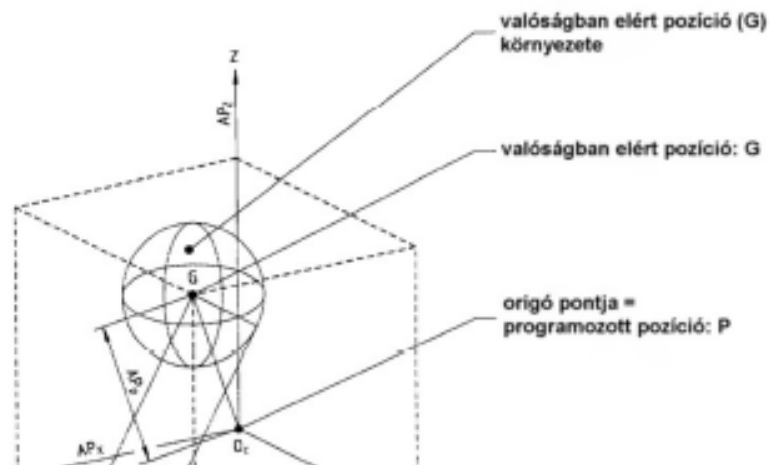


ISO 9283 Manipulating industrial robots -- Performance criteria and related test methods

AP /Pose accuracy/ Pozícionálási pontosság

- A programozott pozíció és a valóságban elért átlagos pozíció közötti különbség.
- IRB 2400L-7/1.8 ABB robotnál értéke 0.04mm.
- adott terheléssel, ugyanazon programozott pozíciót vizsgálva és azonos irányból végezve a méréseket

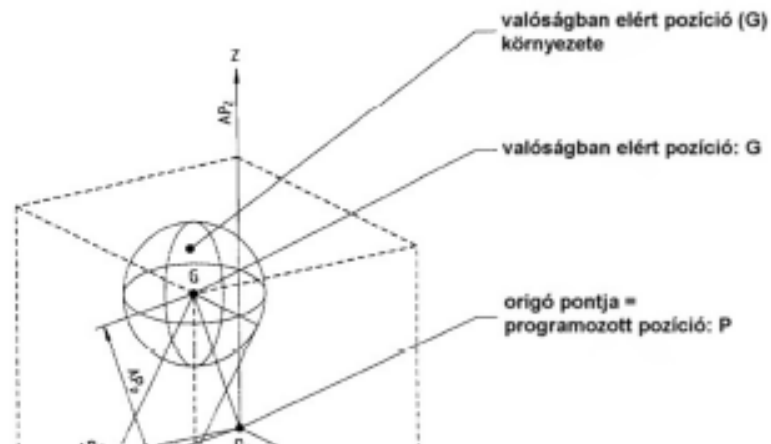
$$AP_p = \sqrt{AP_x^2 + AP_y^2 + AP_z^2}$$



2.1.2 RP /Pose repeatability/ Pozíció ismétlési pontossága

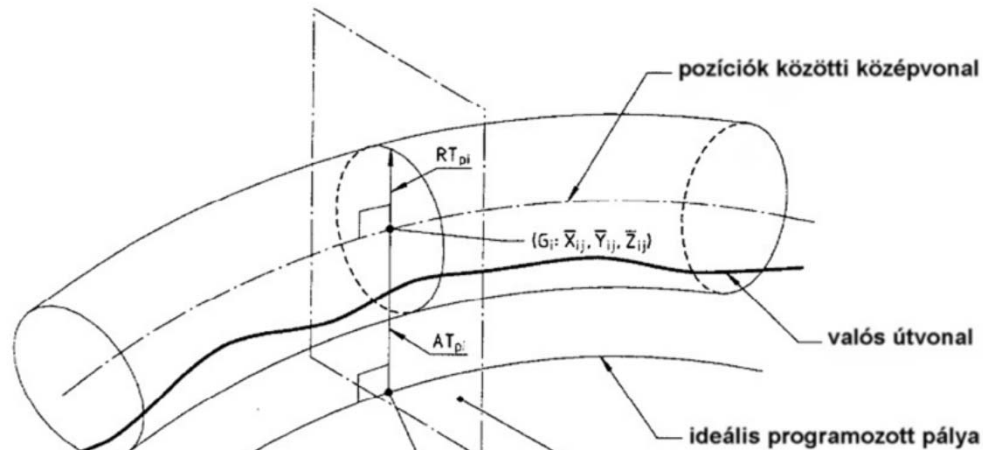
- A „legnagyobb variációs gömb” sugara,
- IRB 2400L-7/1.8 ABB robotnál értéke 0.07mm.
- Egy adott mérési sorozaton belül, adott terheléssel, ugyanazon programozott pozíciót vizsgálva és azonos irányból végezve a méréseket.
- Az ismétlési pontosság a robot alkatrészeinek precizitásától és merevségétől függ.

$$RP_l = l_{\text{átl}} + 3S_l \quad (S_l : \text{eltérések szórása})$$



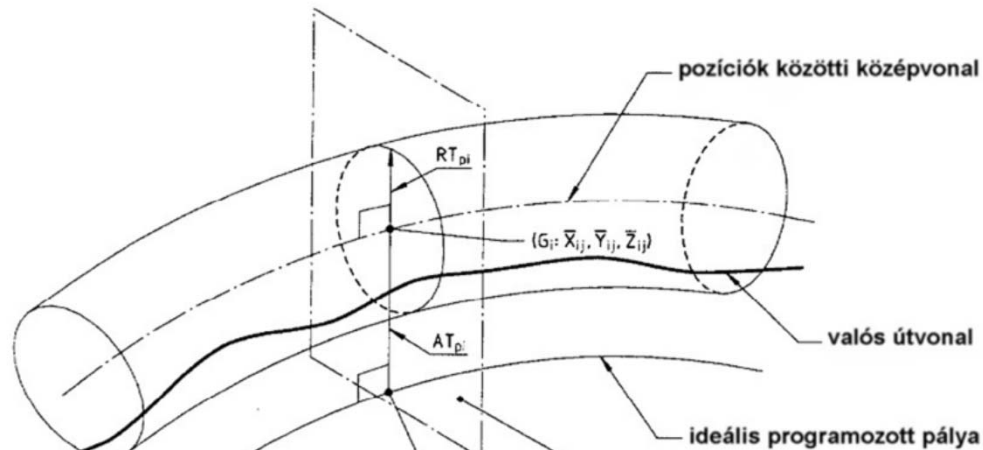
AT /Linear path accuracy/ Lineáris pálya pontosság

- A maximális pályaeltérést jelenti az egyes programozott teszt pozíciópontok közötti ideális pálya és a valóban befutott pályák között, IRB 2400L-7/1.8 ABB robotnál értéke 0.78mm.
- A lineáris pálya pontossága a robot mechanikai pontosságától, a pozíciómérő rendszer felbontásától és a robot kalibráltságától függ.



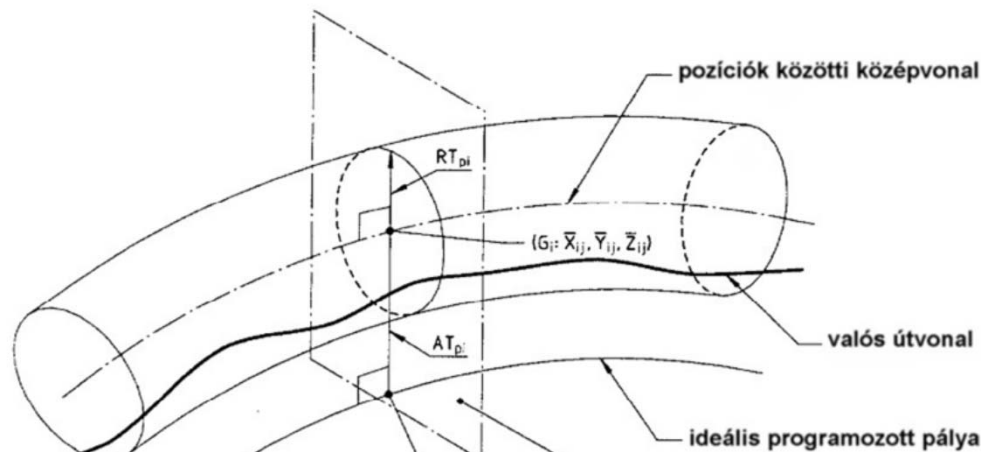
AT /Linear path accuracy/ Lineáris pálya pontosság

- A maximális pályaeltérést jelenti az egyes programozott teszt pozíciópontok közötti ideális pálya és a valóban befutott pályák között, IRB 2400L-7/1.8 ABB robotnál értéke 0.78mm.
- A lineáris pálya pontossága a robot mechanikai pontosságától, a pozíciómérő rendszer felbontásától és a robot kalibráltságától függ.



2.1.4 RT /Linear path repeatability/ Lineáris pályaismétlés pontossága

- Az egyes programozott teszt pozíciópontok között ismételt utak közötti maximális eltérést jelenti. IRB 2400L-7/1.8 ABB robotnál értéke 0.11mm.
- A lineáris pályaismétlés pontossága a robot mechanikai pontosságától és a pozíciómérő rendszer felbontásától függ.



AD /Distance accuracy/ Távolsági pontosság

- Az egyes programozott teszt pozíciópontok (P2, P4 átló az ISO kockában) közötti és a valóságban elért átlagos pozíciópontok közötti távolság eltérését jelenti, általános értéke ~20mm.

RD /Distance repeatability/ Távolság ismétlési pontossága

- A valóságban elért pozíciópontok közötti távolság eltérései szórásának háromszorosa, általános értéke ~ 0.2mm.

E /Exchangeability/ Robot felcserélhetőség

- Mértéke kifejezi, hogy egy adott robot típus lecserélése után mennyivel változnak a pozíciók ugyanazon körülményeket feltételezve (hőmérséklet, mechanikai installáció, szerszámozás).
- Az eltérések a következőkből adódnak:
 - gyártásból adódó mechanikus toleranciákból
 - robot összeszerelési eltérésekből
 - kalibrációs hibákból
- Mérése 5 robotra vonatkozik, robotonként 30 méréssel, és ugyanazt a vezérlőt használva. Az eltérések maximumát kell megadni.
- Ez az érték nagyban kifejezi a robot minőségét, éppen ezért a robotok paraméterei között nem tüntetik fel szívesen, nagyságrendileg 10 és 30mm között fordul elő. (nagyban összefügg a távolsági pontossággal)

Multi directional pose accuracy variation/ Több irányú pozícionálási pontosság változás

Position stabilisation time/ Pozíció stabilizációs idő

Position overshoot/ Pozíció túllövés

Drift of pose characteristics/ Pozícionálási pontosság elkúszásának mértéke

Path accuracy on reorientation/ Reorientációs pálya pontosság

Cornering deviation/ Eltérések sarokponti mozgásnál

Path velocity characteristics/ Sebesség eltérések a pálya mentén

Minimum posing time/ Minimális pozícionálási idő

Static compliance/ Statikus terhelésekre adott pozíció eltérés

Weaving deviations/ Pályára szuperponált keresztmozgások eltérése (hegesztő, ragasztó felhasználásoknál használatos)

Pontossági paraméterek tesztelése

gyártó által ajánlott felállítás, installálás

- bemelegedett rendszer (warmed-up) /kivéve a "drift of pose" mérést
- névleges terhelés
- környezeti hőmérséklet $20C^{\circ} \pm 2C^{\circ}$ (24 órás aklimatizáció szükséges)
- mérések alap koordináta-rendszerben
- a referencia és a mérési pontok az un. ISO kockán belül legyenek

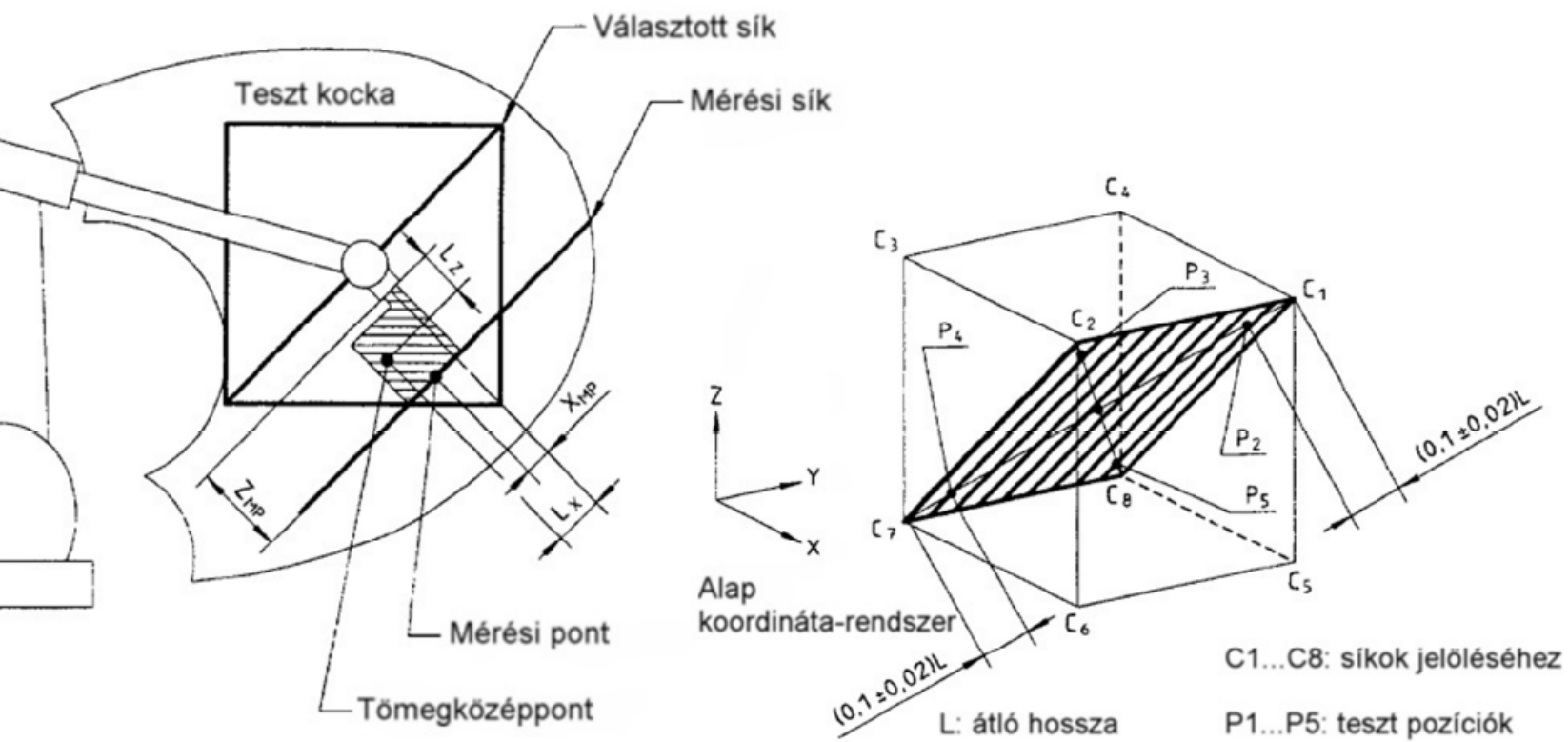
a méréseket a pozíció stabilizálódása után végezzük

mérési pont a TCP (pontos helyét a riportban meg kell adni)

maximális sebesség beállítások mellett (vagy: 100-50-10% pályakövetésnél)

mérések száma: lásd ISO 9283 pl. 30mérés

ISO tesztkocka

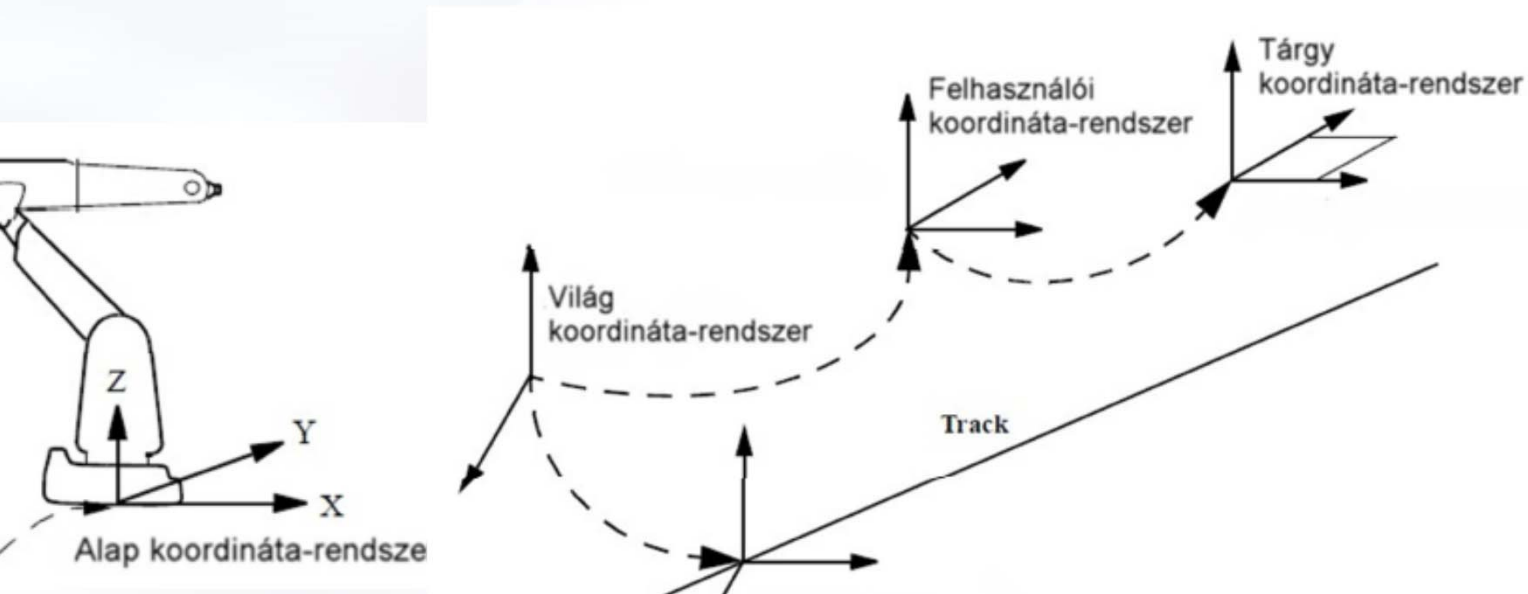


Robottechnikában alkalmazott koordináta-rendszerek

ALAP (BASE) koordináta-rendszer

Az ALAP (BASE) koordináta-rendszer mindig a robot alapjának középpontjához rögzített.

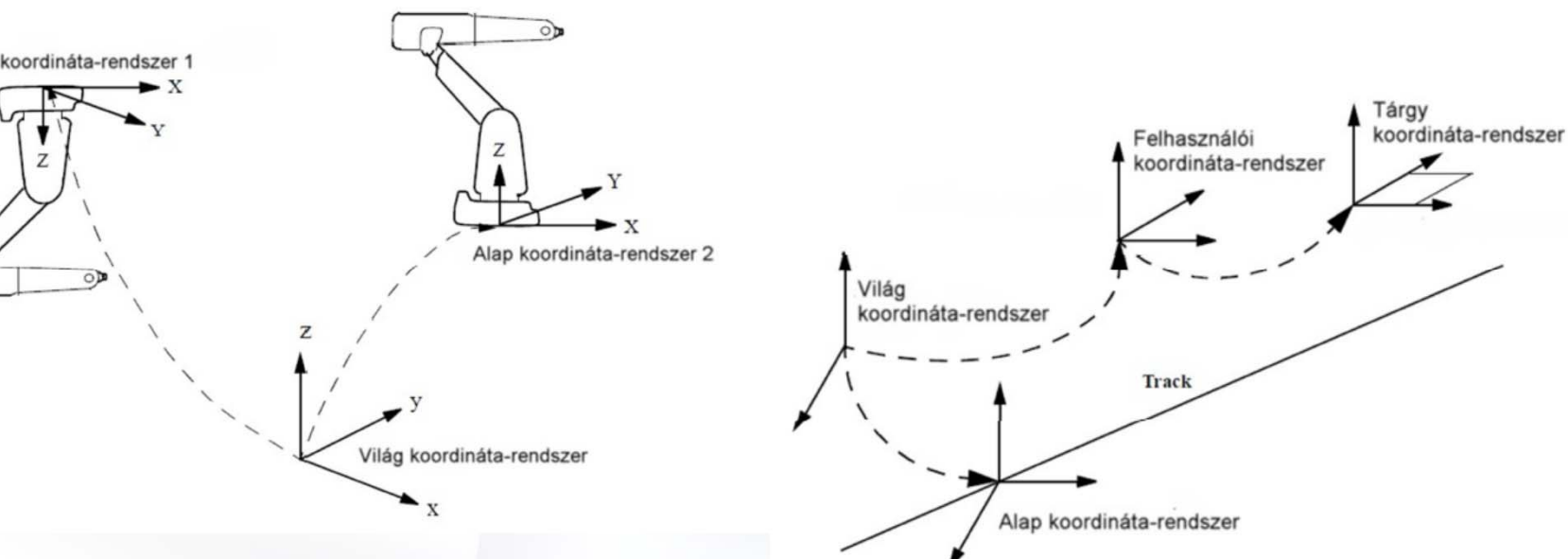
Programfutás alatt a robotvezérlőben a belső számítások ezen koordináta-rendszer alapján történnek.



VILÁG (WORLD) koordináta-rendszer

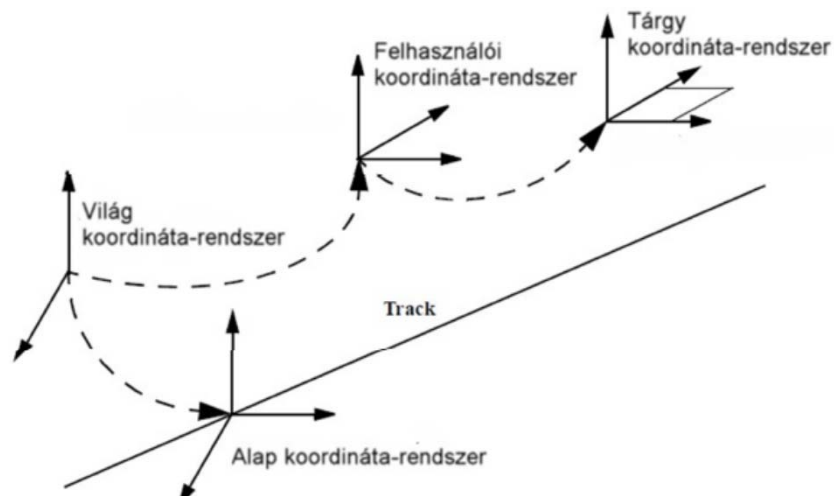
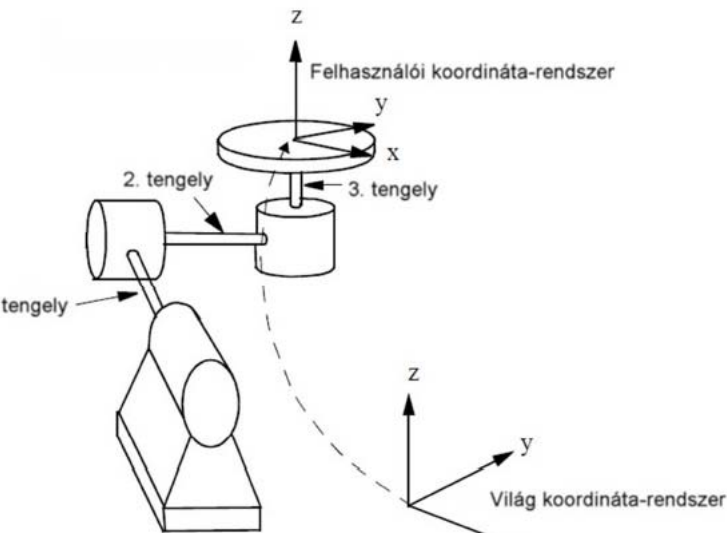
A világ koordináta-rendszer az alap koordináta-rendszer (rendszerek) egy fajtá másolataként is elképzelhető.

- Ezt egy un. eltolási keret (FRAME) definiálásával érhetjük el.



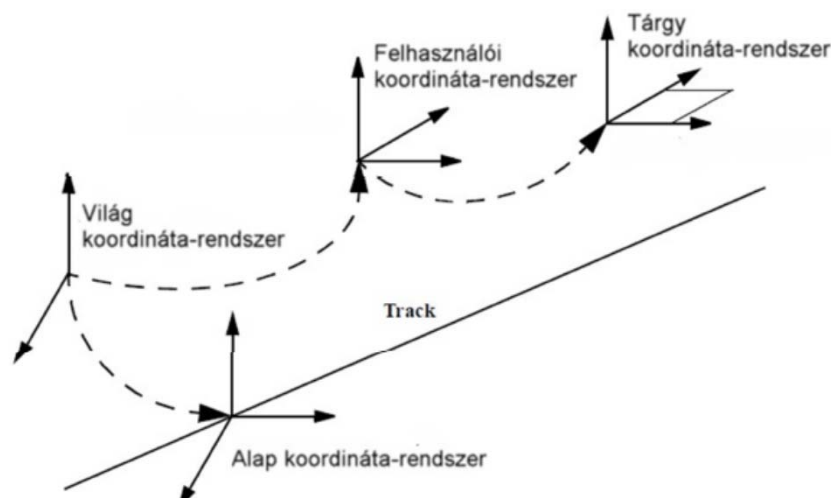
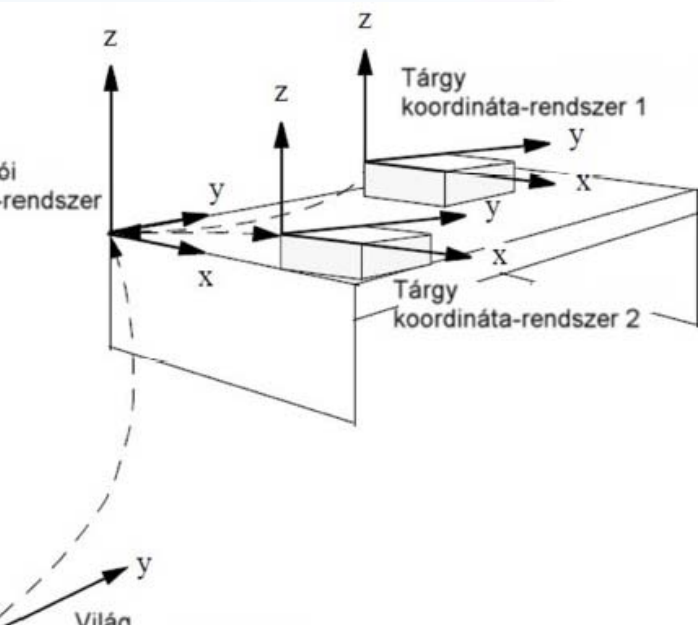
A felhasználói koordináta-rendszer alaprendszere a világ koordináta-rendszer.

- egyes készülékekhez rendelt felhasználói koordináta-rendszer. A munkadarab lefogató készülékek cseréje esetében nem kell újraprogramozást végeznünk.



TÁRGY (OBJECT) koordináta-rendszer

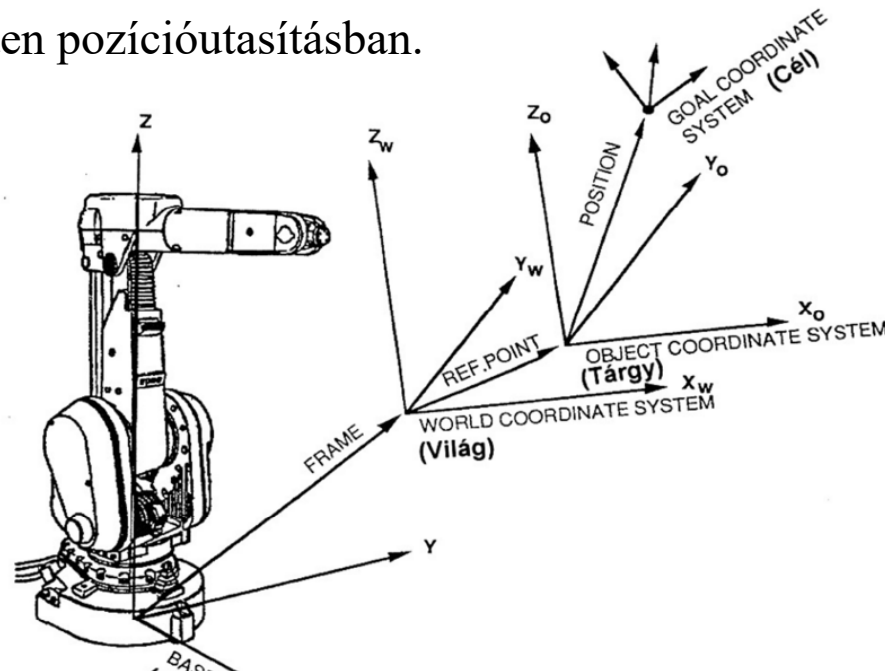
Ha a robot több tárgyon is végez műveletet, vagy ha a tárgyak helyzete megváltozhat, akkor hasznos lehet egy a tárgy egy bizonyos pontjára vonatkozó koordináta-rendszer használata.



CÉL (GOAL) koordináta-rendszer

A "legkülső" koordináta-rendszer a CÉL (GOAL) koordináta-rendszer. Ez definiálja a célpozíciót, (X,Y,Z és orientáció) ahová a robot a rászertelt szerszámmal eljut.

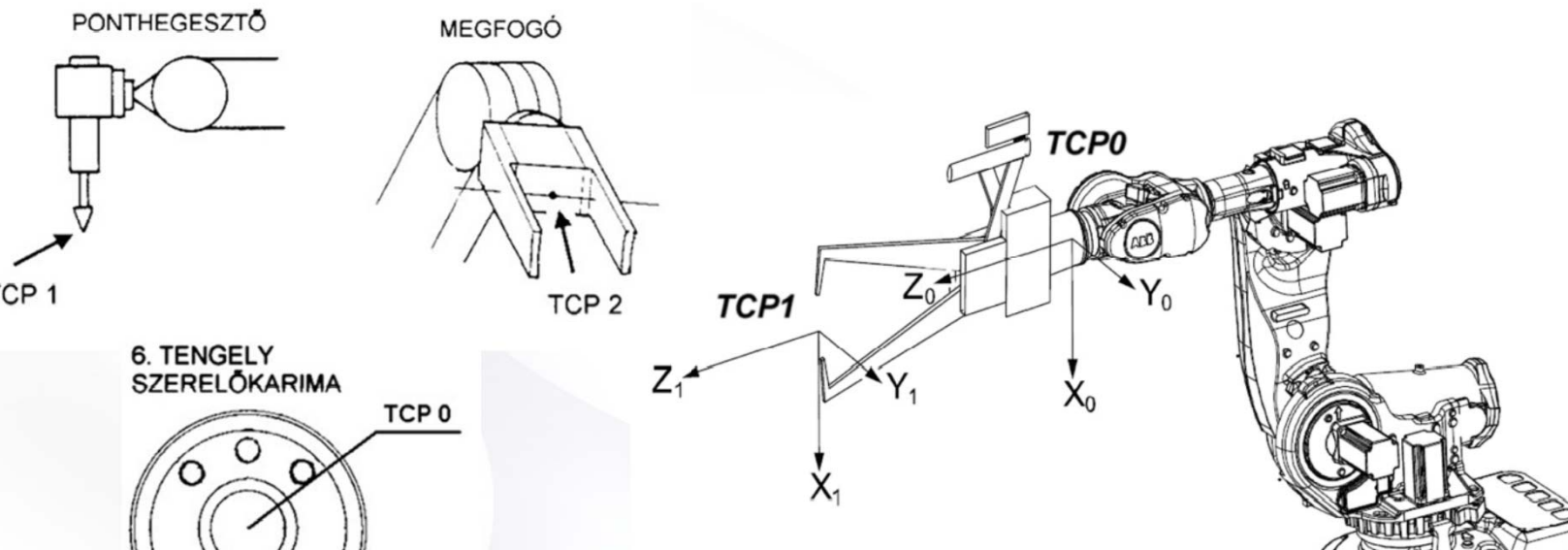
- Ez a pont kerül eltárolásra minden pozíciútasításban.



ROBOT SZERSZÁMKÖZÉPPONT (Tool Center Point -TCP)

A robotpozíciók és robotmozgások az un. robot szerszámközeppontra értelmezettek.

- Ezt a pontot valahol a szerszámon kell definiálni, pl. hegesztésnél a hegesztő szerszám csúcsa, megfogónál a megfogó közepe.



SZÉCHENYI
ISTVÁN
EGYETEM

KÉRDÉS?

Köszönöm a figyelmet!