



MISKOLCI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR  
SZERSZÁMGÉPÉSZETI ÉS MECHATRONIKAI INTÉZET  
SZERSZÁMGÉPEK INTÉZETI TANSZÉKE  
*3515 Miskolc-Egyetemváros*



## SZAKDOLGOZAT

*Feladat címe:*

**FESTO MPS RENDSZER MITSUBISHI ROBOT PROGRAMOZÁSA**

*Készítette:*

**FEKETE TAMÁS**

*BSc szintű, gépészmérnök szakos  
Szerszámgépészeti és Mechatronikai szakirányos hallgató*

*Tervezésvezető:*

**DR. BARNA BALÁZS**

*tanszéki mérnök*

*Miskolci Egyetem Szerszámgépek Intézeti Tanszéke*

*Konzulens:*

**DR. HEGEDŰS GYÖRGY**

*egyetemi docens*

*Miskolci Egyetem Szerszámgépek Intézeti Tanszéke*

*2014. Május 19.*



SZERSZÁMGÉPÉSZETI ÉS MECHATRONIKAI INTÉZET  
SZERSZÁMGÉPEK INTÉZETI TANSZÉKE





## NYILATKOZAT

Alulírott Fekete Tamás, a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának hallgatója kijelentem, hogy a „*Festo MPS rendszer Mitsubishi robot programozása*” című, és SZG-2013/14-2-03B számon nyilvántartott Szakdolgozatot saját magam készítettem. A dolgozatban minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem.

Miskolc-Egyetemváros, 2014. május 19.

---

Aláírás



## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. SUMMARY</b> .....	5
<b>2. ROBOTOK</b> .....	6
<b>2.1 A ROBOTOK FEJLŐDÉSE</b> .....	6
<b>2.2 A MAI ROBOTOK</b> .....	7
<b>2.3 AZ IPARI ROBOTOK</b> .....	8
<b>2.4 RENDSZEREZÉS</b> .....	11
<b>2.5 VEZÉRLÉS</b> .....	13
<b>2.6 GYÁRTÓK</b> .....	14
<b>3. TANSZÉKI ROBOTOK</b> .....	15
<b>3.1 KUKA ROBOT</b> .....	15
<b>3.1.1 KUKA ROBOT KINEMATIKÁJA</b> .....	16
<b>3.1.2 KUKA ROBOT VEZÉRLÉSE</b> .....	18
<b>3.2 MITSUBISHI ROBOT</b> .....	19
<b>3.2.1 MITSUBISHI ROBOT KINEMATIKÁJA</b> .....	21
<b>3.2.2 MITSUBISHI ROBOT VEZÉRLÉSE</b> .....	22
<b>3.3 TANSZÉKI ROBOTOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA</b> .....	23
<b>4. FESTO MPS RENDSZER</b> .....	24
<b>4.1 MPS ÁLLOMÁSOK</b> .....	25
<b>4.2 MAGASRAKTÁR</b> .....	27
<b>4.3 ROBOT SZERVOTRANSPORTER</b> .....	28
<b>4.4 A RENDSZER FELÉPÍTÉSE</b> .....	29
<b>4.5 PNEUMATIKUS MEGFOGÓ</b> .....	30
<b>5. ROBOT PROGRAMOZÁSA</b> .....	32
<b>5.1 CIROS PROGRAMMING SZOFTVER</b> .....	33
<b>5.2 MELFA BASIC PROGRAMOZÁSI NYELV</b> .....	34
<b>6 ÖSSZEFOGLALÁS</b> .....	35
<b>7 IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	36



## 1. SUMMARY

My first writing my thesis task was to study industrial robots, particularly the KUKA 15/2 and the Mitsubishi RV-2SDB robots located at Department of Machine Tools, then describe technically and compare these robots. I also write about the Festo MPS (Modular Production System) mechatronical lab, in which the Mitsubishi robot is located.

There were already two projects done at the MPS lab, one about the PLC's, and the other about the warehouse module of the system, my work discusses the remaining topics that weren't written about yet, the robot and it's linear transporter. I tried to describe the whole system just as much as it's most important small details, like the pneumatic gripper of the robot. I've written about the different MPS modules, the robot controller and how the whole system is built up.

Further objective of my project was to learn how to program the robot and then prepare teaching materials and guide for students. This required me to study the demonstrational program of the lab, read the available documentations and tutorials and to experiment with the code myself. In the finished guide I described the CIROS Programming software and the main steps of writing a program, which I tried to supplement with example codes. While writing my programs I experienced some issues and possible sources of mistakes and errors which I also mentioned in my guide.

A such complex mechatronical system carries in itself plenty of opportunities, one could go much further into the details than I did. My guide is only an introduction to the programming, as I haven't included communication with the warehouse controller unit or haven't written any practical examples for multitasking programs running in parallel. It would be possible to continue the study in these directions, or even using other softwares to simulate the whole MPS system. I also see the possibility of developing more complex communications between the robot controller and the PLC's.



## 2. ROBOTOK

### 2.1 A ROBOTOK FEJLŐDÉSE

A robot szóról napjainkban emberszerű, mesterségesen alkotott, önállóan gondolkodó és beszélő szerkezetek jutnak eszünkbe. Ez az asszociáció elsősorban a science-fiction irodalomnak és mozifilmeknek köszönhetően terjedt el a köztudatban. Hasonló gépeket a valóságban viszont még csak most kezdenek kifejleszteni, a robotok fogalomköre azonban ennél sokkal szélesebb.

Az első mechanikus szerkezetek már több száz évvel ezelőtt megjelentek, végső soron ezekből eredeztethetőek maguk a robotok is. Ezekre általában automatákként, mechanikus automatákként hivatkoznak. Leonardo da Vinci tervei közt találunk mechanikusan mozgó emberi alakot, a 18. században Japánban teafelszolgáló figurákat készítettek, majd az elektronika megjelenésével Nikola Tesla már egy rádióvezérlésű torpedót mutathatott be, azonban a munkavégzésre használható robotok csak a 20. században jelentek meg.

A fokozatosan kialakuló elektrotechnika, vezérléstechnika csak az 1900-as évek második felétől kezdve engedte meg az ilyen eszközök fejlesztését. Erre egyrészt a számítási kapacitás miatt volt szükség, hiszen egy modern robot pályagenerálásához rengeteg számítás kell végezni valós időben, másrészt pedig a mozgatót végző egységek is leggyakrabban elektromos berendezések.

Az ipari robotok területe hamar integrálódott az informatikai, számítástechnikai tudományokkal. Ez azt is lehetővé tette, hogy a vezérlés mellett modellezni és szimulálni is lehessen a robotcellák folyamatait, illetve a szerszámgépekhez hasonlóan itt is megjelent a rendszerek közti kommunikáció és az állandó állapotfelügyelet.

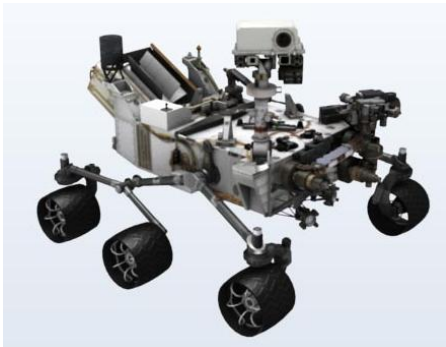
Emellett fontos megjegyezni, hogy a robotok nem csak az ipar szerves részévé váltak, de megmaradtak a legkülönfélébb kutatási területek középpontjában is, és emellett a háztartásokban is kezdenek megjelenni.

A legújabb kutatási témák között vannak olyan robotok, melyek egymással kommunikálva az állati rajok viselkedését próbálják utánogni, egyedi módon összekovácsolva a mérnöki, informatikai és biológiai tudományokat. Ígéretes terület a robotok orvosi felhasználása, például műtétek elvégzésére, illetve az idős emberek ápolása, kiszolgálása is.

[4]

## 2.2 A MAI ROBOTOK

A modern technológiák a mai napra lehetővé tették, hogy a robotok széles körben elterjedjenek. Ipari célú és katonai robotok, robotrepülőgépek mellett megjelentek a tűzesetek, földrengések során használható mentőrobotok. A porszívó robotok bárki számára elérhetőek, a csatornákat különböző szenzorokkal felszerelt távirányítású eszközökkel vizsgálják anélkül, hogy fel kellene bontani a hálózatot, és robot tengeralattjárókkal az óceánok mélyét is könnyebb felkutatni. Az űrkutatásban is előszeretettel használnak bonyolult mechatronikai eszközöket olyan helyeken, ahova az ember még nem juthat el.



1. ábra  
A NASA Curiosity Marsjárója  
[mars.jpl.nasa.gov]



2. ábra  
A Nemzetközi Űrállomás CANADARM robotkarja  
[upload.wikimedia.org]

A szórakoztatóelektronikában játékkutyák és beszélő, mozgó babák jelentek meg, melyek mögött ugyanolyan modern technológiák állnak. A játékiparban egyébként oktatási célra is megjelentek eszközök, például a LEGO Mindstorms termékei, mellyel egyszerűsített formában már a gyerekek is építhetnek, programozhatnak egyszerűbb robotokat saját elképzeléseik alapján. Középiskolás diákok és az egyetemek hallgatói számára rendszeresen szerveznek robotikai versenyt, megmérettetéseket is.



3. ábra  
A LEGO Mindstorms NXT és szenzorai  
[mindstorms.lego.com]



4. ábra  
da Vinci *Surgical System*  
[davincisurgery.com]



## 2.3 AZ IPARI ROBOTOK

Az ipari robotok a termelési folyamatok komplex automatizálását lehetővé tevő mechatronikai rendszerek. Kialakításuktól függően szinte bármilyen folyamatot el lehet végezni robotokkal. Alkalmazásuk indoka is sokféle lehet:

- Monoton munka
- Drága emberi munkaerő
- Veszélyes műveletek
- Termelékenység növelés [1]

Elkülöníthetjük a mozgó, szállítási célra használt robotjarműveket, logisztikai eszközöket, illetve a technológiai folyamatban résztvevő, vagy valamilyen műveletet végrehajtó robotokat, cellákat. Mindkét ágazat fontos területe lehet egy termelési folyamatnak, egyaránt komplex vezérlőrendszerekbe lehet integrálni a különféle modern ipari megoldásokat, azonban az ipari robot kifejezést általában az utóbbi csoportra értik. A továbbiakban tehát ezzel a csoporttal foglalkozom.

A Nemzetközi Szabványügyi Hivatal megfogalmazása szerint az ipari robot egy automatikusan vezérelt, programozható, többcélú manipulátor, mely három vagy több tengelyen mozoghat. Bár egyszerűbb műveletekhez akár két tengelyű mozgás is elég, a gyakorlatban ilyen csak célgépként, beépített manipulátorként szokott előfordulni.

Manipulátornak a kötött programú vagy kézi vezérlésű berendezéseket hívjuk, míg a robotok szabadon programozhatóak. [2]

Az ipari robotok leggyakoribb alkalmazási területei:

- Hegesztés
- Festés
- Rakodás
- Palettázás
- Ragasztás
- Sorjázás
- Szerelés
- Mérés
- Kiszolgálás
- Csomagolás

Összefoglalva egy robot végezhet kiszolgáló jellegű segédtevékenységet vagy fő technológiai műveletet. Manapság a robotok fejlődése révén nem ritka az utóbbi, bár kétségtelen, hogy hosszú nyílt kinematikai lánccal sem statikai sem dinamikai terhelés szempontjából nem tudják megközelíteni a szerszámgépek vagy más célgépek teljesítményét. [1]

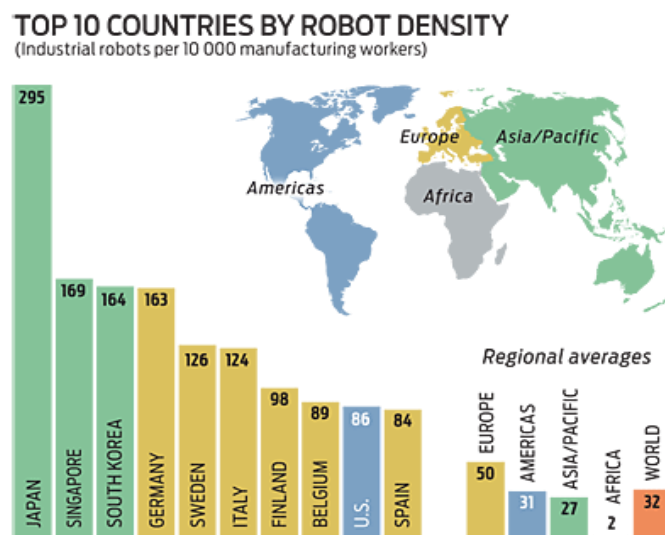




5. ábra  
Ipari robotok az esztergomi Magyar Suzuki Zrt. gyárában  
[origo.hu]

Az első ipari robotoknak tekinthető az 1962-ben megjelent UNIMATE és VERSATRAN, majd ezután 1967 környékén terjedtek el szélesebb körben. Ekkor még csak kiszolgáló, rakodó funkciót láttak el. Az 1970-es évektől kezdve bonyolultabb vezérlések jelentek meg, fejlődött a programozhatóságuk, rugalmasságuk, illetve megjelentek az integrált szenzorok, érzékelők. A robotok tehát érzékelni tudták a környezetüket, így sokkal összetettebb és intelligensebb vezérléseket lehetett elérni.

A fejlődésből az USA, Kanada és Japán vette ki a legnagyobb részt, majd megjelentek a piacon európai, főként német cégek is. [1]



6. ábra  
10 000 munkásra jutó ipari robotok száma országonként  
[spectrum.ieee.org]

A fejlődés során szükség volt a számítógépes vezérlőrendszerekre, ezek szabványosítására, elterjedésére. A robotok gyakorlatilag a CNC technikával párhuzamosan fejlődtek, nagyon sok hasonlóság figyelhető meg a kettő terület között. Kialakultak a gyártócellák, ahol jellemzően a szerszámgépeket szolgálják ki a robotok, és gyakran nem csak egymással, de az egész rendszerrel is kommunikálnak, nagyon hatékony rugalmas termelési rendszereket hozva így létre.

A mechatronika és a számítástechnika fejlődésével elterjedtek a mesterséges intelligenciával, rengeteg szenzorral, kamerákkal felszerelt, önálló mérlegelésre képes robotok is, bár ezek alkalmazása a legtöbb célterületre szükségtelen és drága. [1] [3]

Az ipari robotok jellemző tulajdonsága mindezek mellett az is, hogy a nagyobb üzemekben, tömeggyártásban éri meg használni őket. Bár adott esetben megoldható, hogy egy robot felváltva vagy tetszőleges sorrendben és mennyiségben végezzen különböző műveleteket ahelyett, hogy órákon vagy akár napokon át ugyanazt a monoton mozgólatsort végezné, egyedi gyártmányokhoz nagyon ritkán alkalmazzák őket.

Az ipari robotok főbb jellemzői, adatai:

- tengelyek és szabadságfokok száma
- robot munkaterület (working envelope)
- kinematika
- terhelhetőség
- maximális sebesség
- maximális gyorsulás
- ismétlési pontosság
- energiaforrás
- vezérlés és programozhatóság [3] [4]



**7. ábra**  
**KUKA KR 1000 titan, jelenleg az egyik legerősebb 6 tengelyű robot a világon**  
[kuka-robotics.com]



## 2.4 RENDSZEREZÉS

A robotok kinematikájuk szerint három csoportra bonthatók:

- soros kinematika
- párhuzamos kinematika
- vegyes kinematika

A párhuzamos és vegyes kinematika a robotoknál nagyon előnyös lehet, bár csak kis terheket lehet hatékonyan, gyorsan mozgatni, és a vezérlése is több erőforrást igényel. [2]

A legelterjedtebbek a villamos hajtású robotok, de sok helyen használnak hidraulikus vagy pneumatikus megoldásokat is, például nagy terhek mozgatására jellemzően hidraulikát alkalmaznak.

Felépítésük alapján a szerszámgépektől abban különböznek, hogy csak egy kinematikai láncsal rendelkeznek. A felépítésük három fő részre osztható:

- Robotkar
- Robotfej
- Megfogó szerkezet

A mozgásukban ugyanúgy, mint a szerszámgépeknél a gyorsmenetet, pozicionálást, itt is megkülönböztetjük:

- pozicionáló mozgást, melyet az alap 3 dimenziós kar struktúra végez
- orientációs mozgást, melyet a robotfej végez
- operációs mozgást, melyet a műveletvégző elem vagy szerszám végez
- és megoldható még az egész robot mozgása valamilyen pályán.

Mozgásfajtából két félélt különböztetünk meg, ezek a haladó (transzlációs) és a forgó (rotációs) mozgások. A 3 alapvető mozgásra vetítve ez  $2^3$ , tehát 8 különböző soros kinematikájú robotváltozatot jelent: [2] [3]

TTT	TTR	TRT	TRR
RTT	RTR	RRT	RRR

A fentiek alapján a leggyakoribb robot típusok csoportosíthatók a jellemző koordinátarendszereik alapján is, mely meghatározza munkaterük alakját:

- Derékszögű koordinátarendszer (TTT)
- Hengerkoordináta-rendszer (RTT)
- Gömbkoordináta-rendszer (RRT)
- SCARA robot (RRT, a forgómozgások tengelyei párhuzamosak)
- Humanoid robot (RRR)

Ebből a felsorolásból is a derékszögű, a SCARA és a kizárólag forgómozgásokat használó robotstruktúrák a legelterjedtebbek, de természetesen nem három tengelyre korlátozva. A gyakorlatban legtöbbször öt vagy hat tengely körüli forgásra képes ipari robotokat találni.



8. ábra  
Epson G10 SCARA robot  
[robots.epson.com]



9. ábra  
ABB IRB 360 párhuzamos kinematikájú robot  
[abb.hu]

A robotokat elhelyezés szerint az alábbi módon csoportosíthatjuk:

- alsópályás robot, ez a leggyakoribb megvalósítás
- középpályás robot
- felsópályás robot [2]

A megfogó szerkezet kialakítása fontos része a robotoknak. Ezek változatai, cserélhetősége adja meg egy robot különböző célú felhasználhatóságát. Feladatuk szerint vannak munkadarab és szerszám megfogó szerkezetek. Kialakítás szerint:

- mechanikus
- mágneses
- vákuumos

Programozás fajtája szerint két csoportot különböztethetünk meg:

- Online programozás  
Ha bekapcsolt robot mellett végezzük a programozást, gyakran betanítással, amikor a robotot manuálisan a kívánt pozíciókba mozgatva történik. Ez a módszer biztosabb, elkerülhetők vele bizonyos hibák, de időigényes, és a robot közben kiesik a termelésből
- Offline programozás  
Az offline programozás nem igényli a robot használatát, attól függetlenül, számítógépes programkörnyezetben írjuk meg a vezérlést. A mai modern szimulációs szoftverek rengeteg lehetőséget kínálnak a szintaktikai ellenőrzéstől a grafikus megjelenítésig, könnyen jó eredményeket lehet elérni, például vizsgálni lehet egy robotcella termelési folyamatban résztvevő szerepét is. [3]



## 2.5 VEZÉRLÉS

A korszerű ipari robotoktól elvárt főbb tulajdonságok:

- Számítógépes programozhatóság
- Rugalmas integrálhatóság termelési rendszerekbe
- Univerzális alkalmazhatóság, minél több szabadságfok
- Szabadon testre szabható feladatok, alkalmazások megvalósítása

Látható tehát, hogy nem csak felépítésükben, hanem vezérlésükben, programozásukban is sok feltételnek kell eleget tenniük az ipari robotrendszereknek. Azok a robotok tudnak elterjedni a piacon, melyek minél egyszerűbben irányíthatók, programozhatók, mégis a legkülönbözőbb feladatokra alkalmazhatók.

A gyakorlatban a gyártók megpróbálnak felhasználóbarát szoftvereket készíteni. A vezérlést a számítógép maga végzi, a programozó gyakran csak modelleket rajzol grafikus programkörnyezetben és ütemdiagramokat szerkeszt. Másik cél, hogy ezek a szoftverek minél több eszközt tudjanak egyszerre irányítani egy rendszert hozva létre, vagy akár szimulálják is a gyártási folyamatokat, hogy a jelenlegi gyártási folyamatok leállítása nélkül lehessen tervezni.

A vezérlés bonyolultsági foka is különböző lehet. A legelső robotoknál megjelenő direkt numerikus programozást hamar felváltották a bonyolultabb nyelvek, majd a rugalmas és grafikus programozás. Manapság már a lehetőségek széles választéka elérhető: egyszerű PLC vezérlés, a robotok saját pályavezérlő rendszere, manuális betanítás vagy harmadik fél szoftverrendszerének alkalmazása. [3]

A pályavezérlés technikai megvalósításában két mód terjedt el:

- PTP, Point to point – Ponttól pontig történő mozgás
- CP, Continuous path – Folyamatos pályagörbe

A PTP az egyszerűbb és elterjedtebb, még CNC szerszámgépek esetében is. A CP pályagörbék követéséhez jobb és pontosabb robot kell minden tengelynél szervomotorral, illetve megfelelő vezérlés, ami kezelni tud bármilyen adott pályagörbe menti mozgást. Ilyenkor a vezérlő valós időben végez számításokat a pillanatnyi terhelési állapothoz igazítva a robot tengelyeire adandó nyomatékokat, hiszen a tehetetlenségből adódó terhelések jelentősek lehetnek.

Ehhez kapcsolódóan a vezérlések fontos eleme az ütközésérzékelés. Nem csak azt kell figyelni, hogy a robot pályája nem keresztezi-e a saját magát, hanem a tengelyek terhelésének monitorozásával azt is meg lehet mondani, ha más testbe ütközött a robotkar. A szimulációs szoftverek ennek elkerülésében is segíthetnek a robotcella modellezésével, majd abban a robot mozgásának szimulálásával.

## 2.6 GYÁRTÓK

Bonyolult és drága mechatronikai rendszerek révén az ipari robotok alkalmazása a nagyvállalatok kiváltsága, de magukat a robotokat tervezni és gyártani is csak néhány, erre specializálódott cég képes. Ezek a vállalatok értelemszerűen megpróbálnak nagy választékot létrehozni a termékeikből a teherbírás, vagy éppen a felhasználás terén. Igyekeznek a saját vezérléshez saját programkörnyezetet, programozást megkönnyítő szoftvercsomagokat is ajánlani a robotjaikhoz. A KUKA például a KUKA.Sim, az ABB a RobotStudio, a FANUC cég a Roboguide szimulációs programot kínálja termékeihez.



10. ábra  
A FANUC néhány ipari robotja  
[fanucrobotics.com]

A legjelentősebb gyártók napjainkban:

- ABB (Svédország)
- Adept (USA)
- Cloos (Németország)
- Comau (Olaszország)
- Daihen OTC (Japán)
- Fanuc (Japán)
- Hyundai (Dél-Korea)
- IGM (Németország)
- Kawasaki (Japán)
- KUKA (Németország)
- Mitsubishi (Japán)
- Motoman (Japán)
- Nachi-Fujikoshi (Japán)
- Panasonic (Japán)
- Reis (Németország)
- Staubli (Németország) [6]

### 3. TANSZÉKI ROBOTOK

#### 3.1 KUKA ROBOT

A tanszéken található egy padlóra szerelt KR 15/2-es, 6 tengelyes RRR-RRR kinematikájú robot a hozzá tartozó KRC 1-es vezérlőrendszerrel. A robottal Komplex feladatom készítése során foglalkoztam.

A KUKA név a cég eredeti megnevezésének rövidítése: **K**eller **u**nd **K**nappich **A**ugsburg. A KUKA Robotics az egyik leányvállalatuk, elsősorban ipari robotokkal, gyártási folyamatok automatizálásával foglalkozik, Európában talán a legjelentősebb képviselője az iparágnak.

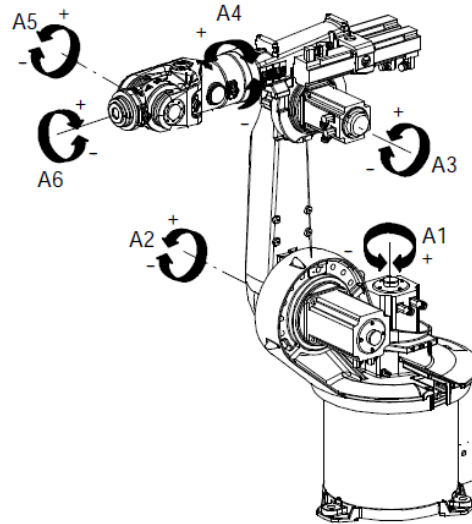


11. ábra  
KR 15/2 ipari robot [5]

A hasonló kinematikájú, hattengelyes robotok az ipar minden területén elterjedtek. A forgómozgások szuperpozicionálása miatt nem egyszerű a vezérlésük, és a munkaterülete is bonyolult geometriával írható le, azonban ezek ma már nem jelentenek gondot. Hegesztésre, festésre, palettázásra, kiszolgálásra vagy szerelésre egyaránt tökéletesen alkalmasak.

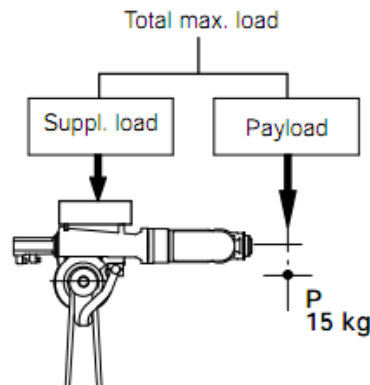
Nem ritka a hasonló robotok csoportos alkalmazása sem. Elsősorban az autóiparban találni példát, hogy ilyen robotok egyszerre dolgoznak egy autón, vagy akár egyszerre emelnek meg egy nagyobb elemet.

### 3.1.1 KUKA ROBOT KINEMATIKÁJA



12. ábra  
A robot tengelyei és forgásirányuk előjelei [5]

A robot 15 kg-ig terhelhető, és 10 kg plusz terhet lehet rá erősíteni, melybe például pneumatikai elemeket helyezhetünk a megfogó szerkezethez, ezt a 13-as ábra mutatja be.



13. ábra  
A robot terhelhetősége [5]

A robot kezeléséhez alapvetően szükség van több koordináta-rendszerre. Vannak közöttük fix koordináta-rendszerek, melyek viszonyítási alapként működnek, például a robot álló részéhez kötött világ koordináta-rendszer (VKR), és szükségesek mozgó viszonyítási pontok is, például a szerszámhoz vagy munkadarabokhoz kötött saját koordináta-rendszerek.

Szükség esetén betanító szerszámmal felvehető további pont, illetve arra illesztett koordináta-rendszer is. Ezek használatával könnyebb a programozás és könnyebben definiálható egy-egy mozdulat.



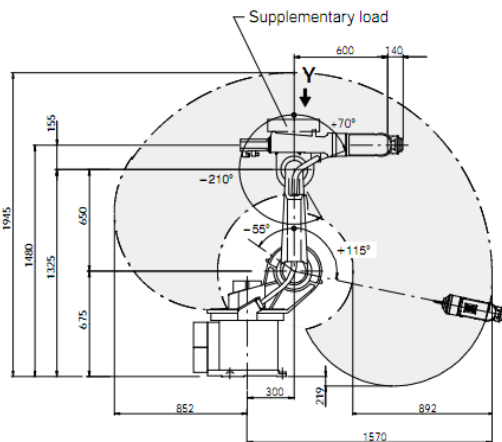
A különböző tengelyek kinematikai jellemzői:

Tengely	Mozgástartomány	Maximális szögsebesség [fok/s]
A1	+185°	152
A2	-55° – +115°	152
A3	-210° – +70°	152
A4	+350°	284
A5	+135°	293
A6	+350°	604

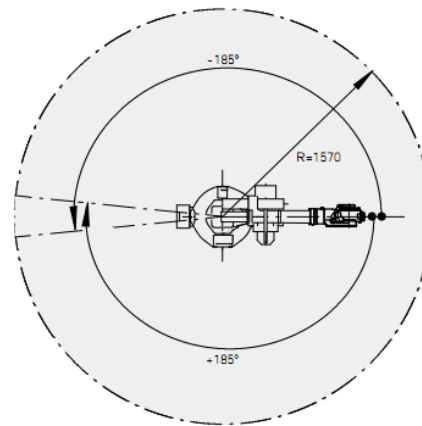
Ezek a tartományok szoftveresen vannak meghatározva, akár át is konfigurálhatók. A 4-es és 6-os tengelyek igény szerint tetszőlegesen körbeforgathatók, ebben általában a megfogó pneumatikus vezetőkei szabnak határt. [7]

A robot ismétlési pontossága  $\pm 0,1$  mm, az általa elérhető munkatér körülbelül  $13 \text{ m}^3$ . Üzemeltetni  $+10^\circ\text{C}$  és  $+55^\circ\text{C}$  között kell. A robot saját tömege kb. 222 kg. [5]

A fenti adatok teljesen átlagosnak mondhatók, bár a robot nem a legújabb széria tagja, tökéletesen megállná a helyét ipari környezetben. Terhelhetőség szempontjából is átlagos jellemzőkkel bír, a 15 kg-os maximális munkadarab tömeg a legtöbb feladat elvégzésére alkalmassá teszi. Mára a 15-ös széria szerepét a modernizált 16-os széria vette át, így ilyen néven robotot már nem forgalmaznak.



14. ábra



15. ábra

#### A robot munkaterülete [5]

A 14-es és 15-ös ábrákon látható a robot által elérhető munkatér. Bár körbe teljes  $360^\circ$ -os mozgásra képes, a többi mozgása erősen korlátozott, hiszen az A2 és A3 jelű tengelyek egymással párhuzamosak, így meghatároznak egy jellemző síkot, melyben a robot mozogni tud. Gyakorlatilag ezt a síkot lehet az A1 tengely körül elforgatni. A maradék tengely már csak a szerszám vagy munkadarab pozicionáló szerepét tölti be.

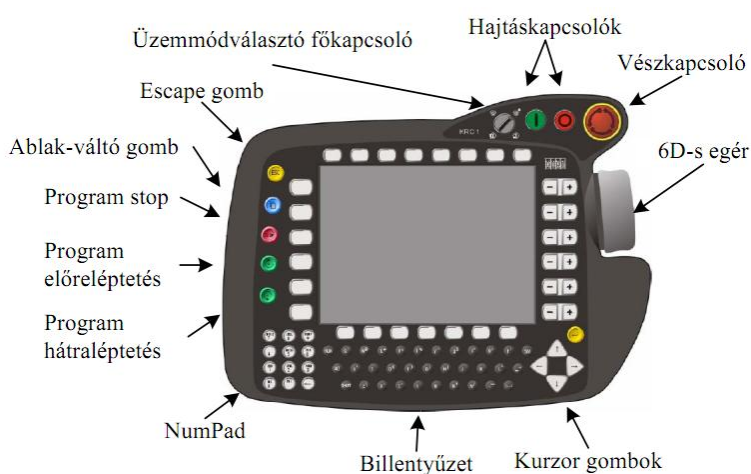
Jellemzők továbbá a korlátozott mozgású tengelyek szuperpozíciója révén létrejött íves vonallánc, mely ezt a munkaterét határolja. A robot saját talpzatához közel eső pontokat nem is képes elérni.

### 3.1.2 KUKA ROBOT VEZÉRLÉSE

A robot működéséhez szükséges tápegységet és vezérlőelektronikát a KRC1 vezérlőszekrényben találjuk. Maga a vezérlőszekrény egy Pentium processzoros ipari számítógép, CD-ROM-al, COM porttal, VGA csatlakozóval, illetve a robot kommunikációjához szükséges kártyákkal és vezérlőkkel. Ide csatlakozik a KUKA Control Panel (KCP, kézi vezérlőfelület) is.



16. ábra  
KUKA KRC1 vezérlő belseje, illetve a kézi vezérlőpanel  
[<http://www.robotpartner.de>]



17. ábra  
KUKA kézi vezérlőpanel (KCP) [7]

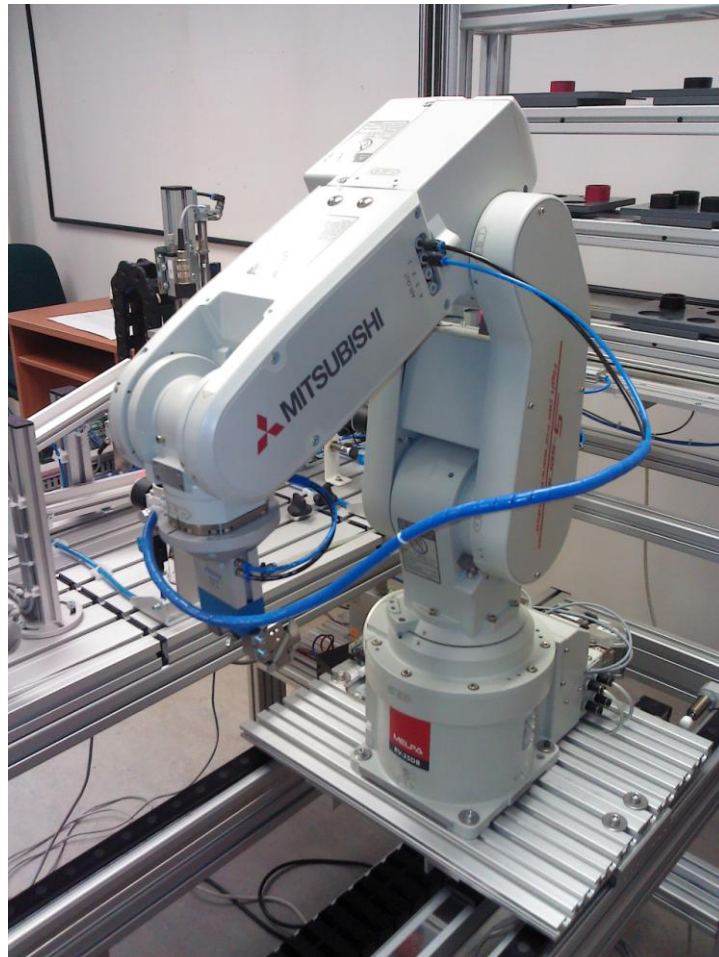
A vezérlőpanel tartalmaz egy képernyőt, billentyűzetet és rengeteg funkciógombot, melyek tökéletesen elegendők a robot teljes vezérléséhez, programozásához.

### 3.2 MITSUBISHI ROBOT

A tanszéken található egy Festo MPS mechatronikai labor is, melynek része egy Mitsubishi RV-2SDB típusú ipari robot, a szakdolgozatomban a továbbiakban ennek a robotnak a programozásával, valamint az MPS rendszerrel foglalkozom.

A robot nevében szereplő 2-es a terhelhetőségére utal, mely 2 kg. Az *SD* betűk a *standard* kialakításra, míg a *B* betű a *brakes* rövidítése, azaz minden tengely rendelkezik féküzemmóddal. További karakterek is szerepelhetnek a típuszámban, melyek a robottípus más változataira utalnak. Például a név végén szereplő *J* betű például ugyanennek a robotnak az 5 tengelyes változatát jelenti.

A tanszéki laborban betöltött célja a munkadarabok magasraktárba való ki-és bepakolása. A robot egy pneumatikus lineáris mozgatószerkezetre van erősítve, ennek segítségével tudja elérni az egymástól távol lévő pozíciókat, erre később még kitérek.



18. ábra  
A tanszéken található Mitsubishi robot

A robot legfontosabb jellemzői:

- Terhelhetőség: 2 kg, függőleges csuklóval maximálisan 3 kg
- Tengelyek száma: 6
- Hatósugár: 504 mm
- Maximális sebesség: 4400 mm/s
- Ismétlési pontosság:  $\pm 0,02$  mm
- Tömeg: 19 kg

A robot a KUKA robothoz hasonlóan hattengelyű, melyeknek sorrendje és kialakítása ugyanazt a logikát követi. Ez azonban nem meglepő, hiszen a SCARA felépítésű robotok mellett ez a legáltalánosabb megoldás napjainkban, elég csak egy pillantást vetnünk az alábbi ábrára, mely a Mitsubishi többi robotja közül mutat be néhányat:



19. ábra

A Mitsubishi MELFA robotcsaládjának néhány tagja.  
[mitsubishielectric.com]

A robot tengelyei közül az első három a nagyobb terhelések miatt erősebb motort kapott. Az első három tengelyben 100W teljesítményű szervomotor található, míg a másik háromban 50W teljesítményű motorok.

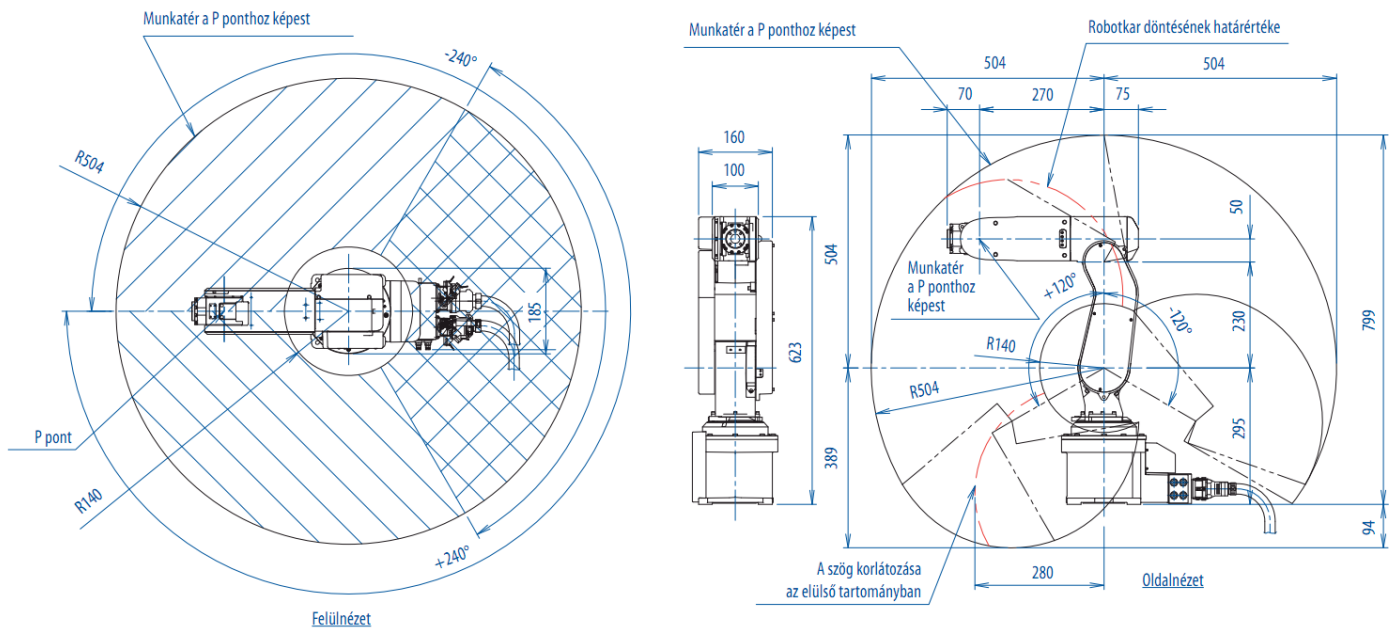
A robotba beépítésre került továbbá négy pneumatikus csatlakozó, melyekkel egyszerűbben lehet egyszerre akár több megfogót is üzemeltetni. Ezeknek a vezetői a robot burkolatán belül futnak, így nem akadályozzák azt a mozgásban, nem akadnak bele más tárgyakba.

### 3.2.1 MITSUBISHI ROBOT KINEMATIKÁJA

A különböző tengelyek kinematikai jellemzői:

Tengely	Mozgástartomány	Maximális szögsebesség [fok/s]
J1	-240° – +240°	225
J2	-120° – +120°	150
J3	+160°	275
J4	-200° – +200°	412
J5	-120° – +120°	450
J6	-360° – +360°	720

A táblázatból látható, hogy a Mitsubishi robotnak mind mozgástartományban, mind szögsebességben jobbak az elérhető értékei.



20. ábra  
A Mitsubishi robot munkateréje és főbb méretei

A 20-as ábrán látható, hogy a robot munkateréje nem sokban különbözik a KUKA robotétól. A legelső tengely mozgástartománya nagyobb átfedést biztosít, viszont a munkaterét lényegében hasonló vonalak határolják. Be van jelölve továbbá piros vonallal az a határvonal, ameddig a robot képes függőlegesen lefelé tartani a munkadarabokat.

### 3.2.2 MITSUBISHI ROBOT VEZÉRLÉSE

A laborban található robothoz tartozik a CR1DA-771-S15 nevű vezérlődoboz. Ez hordozza a robot számára szükséges áramot előállító tápot, a pályageneráláshoz szükséges vezérlőáramköröket, csatlakozási és kommunikációs perifériákat és néhány alapvető kezelőelemet.

Programozni erről nem lehet a robotot, de az elkészült programokat végső soron innen is lehet futtatni. Legfontosabb kezelőelem a *MODE* jelű kulccsal állítható kapcsoló. *Manuális* üzemmódban a kézi vezérlőpanelt lehet használni, *Automatikus* üzemmódban pedig számítógépről irányítható a robot, vagy a vezérlőn lévő programok indíthatók el.

További gombokkal a szervókat lehet bekapcsolni, a jelenleg futó programot leállítani, az *override* értéket állítani, illetve a menüt használni. A menüben lehet elérni a vezérlőn lévő programokat, megnézni a robot jelenlegi állapotát és adott esetben a kijelzőn jelenik meg egy-egy hibakód is.



21. ábra  
A Mitsubishi robotok vezérlői és egy kézi vezérlő

A CR1DA vezérlő jellemző tulajdonságai:

- Méretek: 240\*200\*290
- Tömeg: 9 kg
- Teljesítményfelvétel: 0,7 kVA
- Maximum 8 kiegészítő tengely vezérlés
- Ethernet csatlakozó
- RS-232 csatlakozó



### 3.3 TANSZÉKI ROBOTOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A fent említett két robotot vizsgálva sok hasonlóság és sok különbség is felfedezhető. Alapvetően elmondható, hogy mindkét ipari robot felépítése megegyezik, ugyanazok a tengelyek elrendezése, és aránylag is hasonlít a kettő egymásra. Érdekes megjegyezni, hogy míg a KUKA A betűjellel hivatkozik a tengelyekre, Mitsubishi, illetve a Fanuc és az Epson is a J-t használja.

A legfontosabb különbség természetesen a két robot mérete között van, ez befolyásolja az összes többi jellemző eltérését is. Az alábbi táblázatban felsoroltam néhány különbséget:

KUKA 15/2	Jellemző	Mitsubishi RV-2SDB
15 kg	Terhelhetőség	2 kg
1570 mm	Hatósugár	504 mm
222 kg	Tömeg	19 kg
±0,1 mm	Ismétlési pontosság	±0,02 mm
152 fok/s	Első tengely szögsebessége	225 fok/s

A méretbeli különbség arányos a tömeggel, így a Mitsubishi robot egy tengely kivételével nagyobb szögsebességekre és gyorsabb mozgásokra képes, és emellett az ismétlési pontossága is ötször jobb a nagyobb robotnál.

Bár ez csak a tanszéken lévő robotokra igaz, elmondható, hogy a KUKA robot egy régebbi széria tagja, már nem gyártják, a vezérlője is első generációs, a Mitsubishi robot pedig ezzel ellentétben egy modernbb berendezés. Ez látszik a burkolat kidolgozottságán is, melyre szintén egyre nagyobb figyelmet szentelnek a gyártók, manapság a KUKA is sokkal több lekerekített burkolóelemet alkalmaz.

Míg a KUKA robotot akár technológiai műveletek végzésére is lehet használni, például hegesztésre, szerelésre, festésre, míg a másikat kis terhelhetősége miatt elsősorban más berendezések kiszolgálására, illetve palettázásra alkalmas. Esetében sokkal kisebb a maximális hatósugár, így az általa elérhető munkatér is, bár ez egy vagy több lineáris mozgóegységgel könnyen kiküszöbölhető, ahogyan az a tanszéki laborban is látható.

Beépítés szempontjából mindkettő robotot lehet 90 vagy akár 180°-kal elforgatva is beszerelni, ha szükséges, így ebben nincs különbség.

Általánosan elmondható, hogy a 15/2-eshez hasonló méretű robotok a legelterjedtebbek az iparban, alkalmazási skálájuk sokkal szélesebb. A kisebb Mitsubishi robot alkalmazási területe korlátozottabb, elsősorban a nagyobb pontosságot igénylő területen, például elektronikai iparban használhatóak ki a tulajdonságai.

## 4. FESTO MPS RENDSZER

Az MPS (Modular Production System, magyarul moduláris gyártórendszer) a Festo Didactic oktatási célokra kifejlesztett termékcsaládja. Elsősorban oktatási intézmények számára tervezték, és magába foglalja az automatizált gyártórendszerek folyamatait és vezérlését. A különálló modulokat egyszerűen egymáshoz lehet kapcsolni, a munkadarabok mindig az asztalok közvonalára mentén ugyanott hagyják el az aktuális állomást, illetve kerülnek át a következőre, tehát virtuálisan egy egyenes vonal mentén haladnak.

Minden modul külön PLC vezérléssel rendelkezik, melyeknek 24 V DC feszültséget kell biztosítani és jellemzően modulonként 8 bemenet és 4-5 kimenet tartozik a PLC I/O perifériáihoz. Ezek az állomásokon található útváltószelepekhez, motorokhoz és szenzorokhoz tartoznak. Jellemző, hogy az egymás mellett lévő állomások PLC-it is összekötik, ha valamilyen információt szeretnének továbbítani az egymás között éppen átadott munkadarabról.

A PLC-k mellett különböző DC motorok, melyek a munkadarabokat mozgatják szintén a 24 V-os tápfeszültséggel üzemelnek. Továbbá természetesen biztosítani kell a 6 bar pneumatikus nyomást is, hisz a tanszéken szinte mindegyik MPS állomáshoz szükséges a sűrített levegő is.



22. ábra

A FESTO alkalmazott tápjai, 4,5 amperig terhelhetőek



23. ábra

A szimbolikus munkadarabok

A munkadarabok kis hengerek, anyaguk műanyag, illetve fém. Különösebb szerepük nincs, a valós munkadarabokat hivatottak szimbolizálni és a különböző színeket, illetve anyagokat a szenzorok érzékelik. Az MPS rendszer minden részét úgy fejlesztették ki, hogy ezeket a munkadarabokat tudja kezelni.

Átmérőjük 40 mm, magasságuk 25 mm, illetve a fekete színű munkadarab magassága a többitől eltérően 22,5 mm. Méretbeli különbségük oka szintén az, hogy az érzékelőkkel különbséget tudjunk tenni közöttük, egyes munkadarabokat akár selejtként kezelve. [8]





## 4.1 MPS ÁLLOMÁSOK

A tanszéken öt darab szabványos méretű állomás vagy egymással sorba kötve, mindegyiknek külön feladatai és elemei vannak:

### **Distributing – Elosztás**

A munkadarabok egy függőleges magazinban kerülnek az elosztó állomásra, egyszerre legfeljebb nyolc. Innen egyesével továbbítja azokat egy pneumatikus szelep, majd egy vákuumos megfogó emeli föl, mely egy aktuátorra van szerelve. Az aktuátor 180°-os forgómozgásra képes, a jelenlegi helyzetét mikrokapcsolók jelzik, ennek segítségével kerül át a munkadarab a következő állomásra

### **Testing – Vizsgálat**

Ez az állomás különböző optikai és kapacitív szenzorokkal vizsgálja meg a munkadarabokat. Egy munkahenger felemeli, majd ennek segítségével egy analóg szenzor a magasságát vizsgálja meg. Ha megfelelt, továbbengedi és egy kislöketű pneumatikus munkahenger továbbítja csúszdára, ahonnan a következő állomásra kerül át. Ha nem felelt meg a munkadarab, az alsó tárolóba kerül.

### **Processing – Feldolgozás**

A feldolgozó állomás az egyetlen, amely kizárólag elektromos elemeket tartalmaz. A munkadarab körasztalra érkezését szenzor érzékeli, majd egy DC motor fordít egyet az asztalon. Az asztal aktuális pozícióját szintén egy szenzor érzékeli. Egy tesztelő és egy fúró folyamatosan mennek át a munkadarabok, időtakarékoság szempontjából akár párhuzamosan. A fúráshoz egy aktuátor pozicionálja a munkadarabot, majd a fúró egy lineáris mozgatóelem segítségével elvégzi a műveletet. Az asztal következő elfordulása után továbblépünk a következő állomásra.

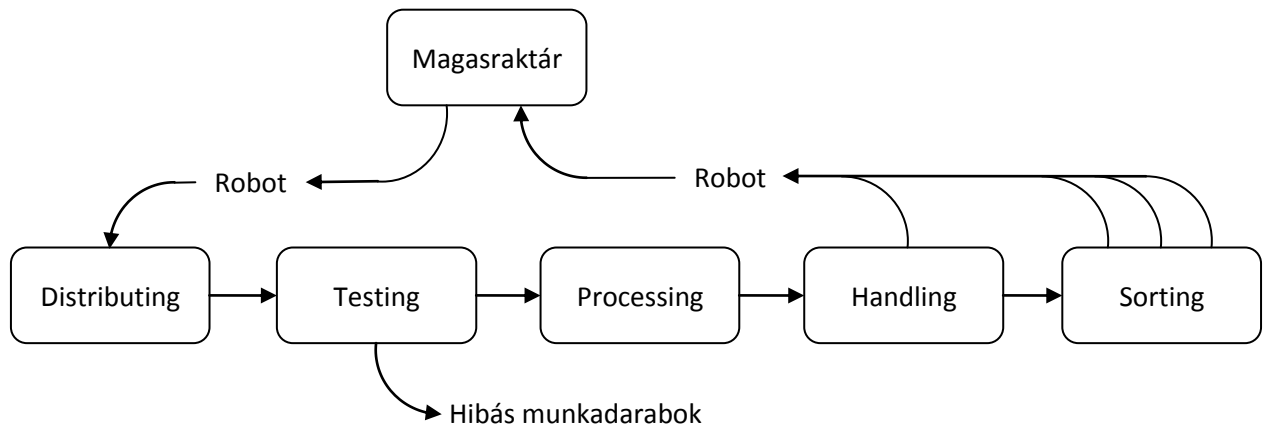
### **Handling – Kezelés**

A kezelő állomásból két típus létezik, a tanszéki laborban a pneumatikus került beépítésre. Lényegében egy két tengelyű aktuátorból áll, melynek végére egy pneumatikus megfogót helyeztek. Ez hasonlít a robot által használt megfogóra, később bővebben erre is kitérek. A munkadarabok érkezését szintén egy szenzor érzékeli, ezután az aktuátor megfogja és felemeli. A megfogón lévő érzékelő megvizsgálhatja a színét, így igény szerint tovább lehet küldeni, vagy hibásként kezelve a selejtcsúszdák egyikére lehet helyezni.

### **Sorting – Válogatás**

Ez az utolsó állomás, ez végzi a végső válogatást. Több szenzor állapítja meg a beérkező munkadarabok anyagát, illetve színét, majd egy szalag továbbítja őket a három csúszdához. A megfelelő csúszdába kislöketű munkahengerek terelik a megfelelő munkadarabokat. A csúszdáknál újabb szenzor érzékeli azok megérkezését, illetve a csúszdák telítettségét. Ha az egyik csúszdára nem fér több munkadarab, meg lehet állítani a folyamatot. Ezekről a csúszdákról már a robot veszi el és rakja be a magasraktárba, elsősorban azokat melyekből a legtöbb gyűlt össze. [8]

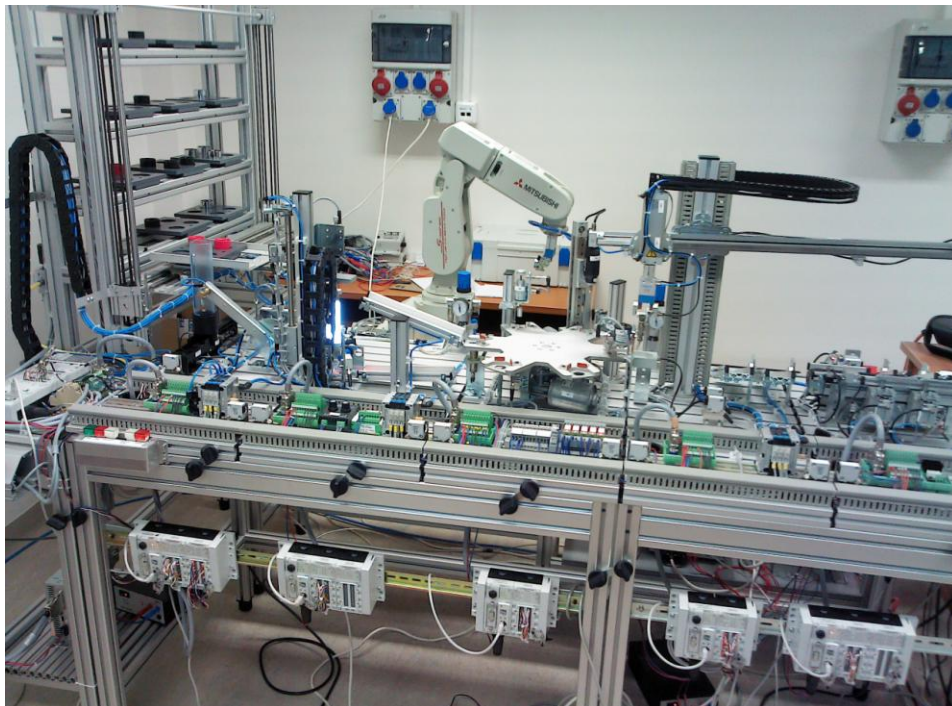
Az alábbi ábrán vázoltam az MPS rendszer működését anyagáramlási szempontból. Gyakorlatilag két részre osztható, a magasraktárra és az MPS modulokra, melyek közt kapcsolatot a robot szolgáltat.



24. ábra  
Az MPS rendszer anyagáramlásának vázlata

mely az állomás PLC-jetől kapott információk alapján változokban valós időben tárolja a csúszdán található munkadarabok számát. Elvétel után üzenetet küld a PLC-nek, hogy csökkent az adott csúszdán lévőök száma. Ezután a robot berakja a magasraktárba, melyhez szintén két irányú kommunikáció szükséges. A robot a munkadarab típusát is megadja, így a raktár vezérője egy megfelelő helyre tudja tenni, illetve letárolni a memóriájába.

Hogyha a robot nem kap utasítást a PLC-től, maga kér új munkadarabot a magasraktárból, melyet rögtön be is tesz az első elosztó állomásba.



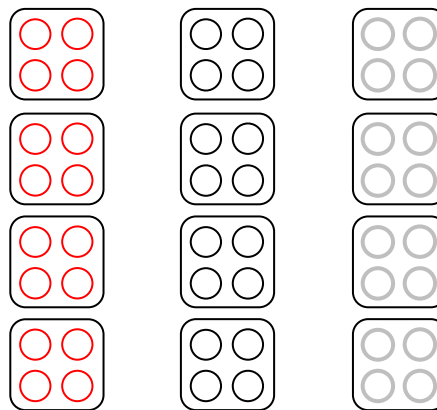
25. ábra  
Az öt MPS állomás, oldalt a magasraktárral és hátul a robottal

## 4.2 MAGASRAKTÁR

A magasraktár a rendszer legnagyobb eleme. Összesen 48 munkadarab tárolására alkalmas, külön vezérléssel rendelkezik, mely memóriájában eltárolja az aktuálisan a raktárban lévő munkadarabokat.

A munkadarabok tárolására palettákat használ, palettánként négy hellyel. Összesen négy emelet, emeletenként három palettahely áll rendelkezésre. A palettákat csoportosítva tárolja, minden oszlopban más szint, illetve anyagot.

A paletták mozgatása két tengely mentén történik, melyeket egy-egy 1,4 Nm nyomatékú DC motor hajt fogazott szíjas hajtással. Egy kislökötű pneumatikus munkahenger a paletták alá tol egy villát, majd a függőleges tengely menti mozgatással megemeli azt. Kivétel után egy kitüntetett helyre mozgatja, ahol a robot előre beprogramozott négy pozíciójával bármelyik munkadarabot ki tudja venni, vagy be tud rakni újat az üres helyekre. Ezután a folyamat lejátszódik visszafelé és a paletta visszakerül az eredeti helyére.



26. ábra

A munkadarabok elrendezése a magasraktár palettáin

Továbbá a magasraktáron található az egész rendszer állapotjelző lámpája. Ezeket a három színű jelzőrendszereket gyakran használják gyártósorokon, legtöbbször minden megmunkáló központnál, cellánál található egy. Előnye, hogy hamar átlátható, hogy melyik gyártósor melyik részén vannak problémák. A színek jelentése itt is megegyezik a gyakorlatban használtakkal:

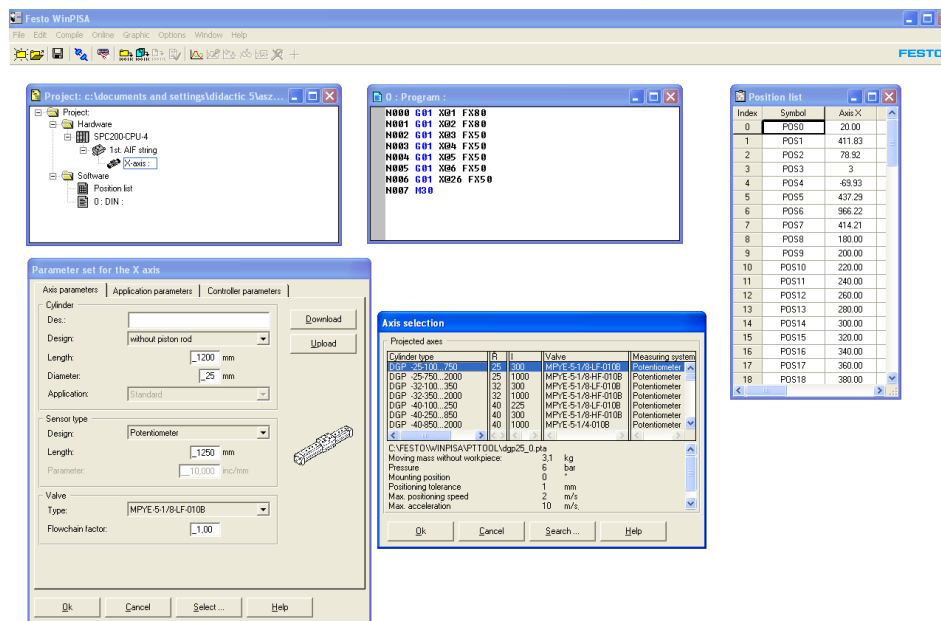
- zöld: a rendszer tökéletesen üzemel
- sárga: figyelmeztetés, hiba lehetősége áll fenn, esetleg külső beavatkozás szükséges
- piros: hiba, a rendszer és a folyamatok leálltak

Ezeken kívül egyéb színeket, például kéket is szoktak használni, de ezek többnyire egyedi esetek, nincs általános jelentésük.

### 4.3 ROBOT SZERVOTRANSPORTER

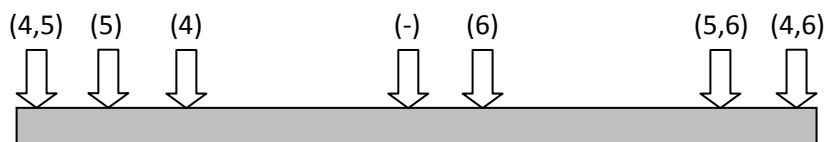
A robot lineáris mozgását egy pneumatikus szervotranszporter végzi. Hozzá tartozik egy Festo SPC200 vezérlő is (Smart Positioning Controller). A robot vezérlője ezzel I/O csatornákon keresztül kommunikálhat.

A vezérlőhöz tartozik egy Festo WinPISA nevű szoftver is. Ezzel lehet beállítani a vezérlőt ugyanúgy, mint a robot esetében. Az MPS rendszer már össze van állítva, és a vezérlőben lévő pozíciók is rögzítve vannak illetve elérhetőek, így ezzel a továbbiakban nem foglalkoztam, a meglévő pozíciókat használtam.



27. ábra  
Festo WinPISA szoftver

Összesen hét programozott pozíció érhető el, melyek a gyártórendszer különböző részein található, például a magasraktárnál, vagy a csúszdánál egy-egy. A szervotranszporterrel ezekre az előre beprogramozott pozíciókra tudjuk küldeni a robotot.

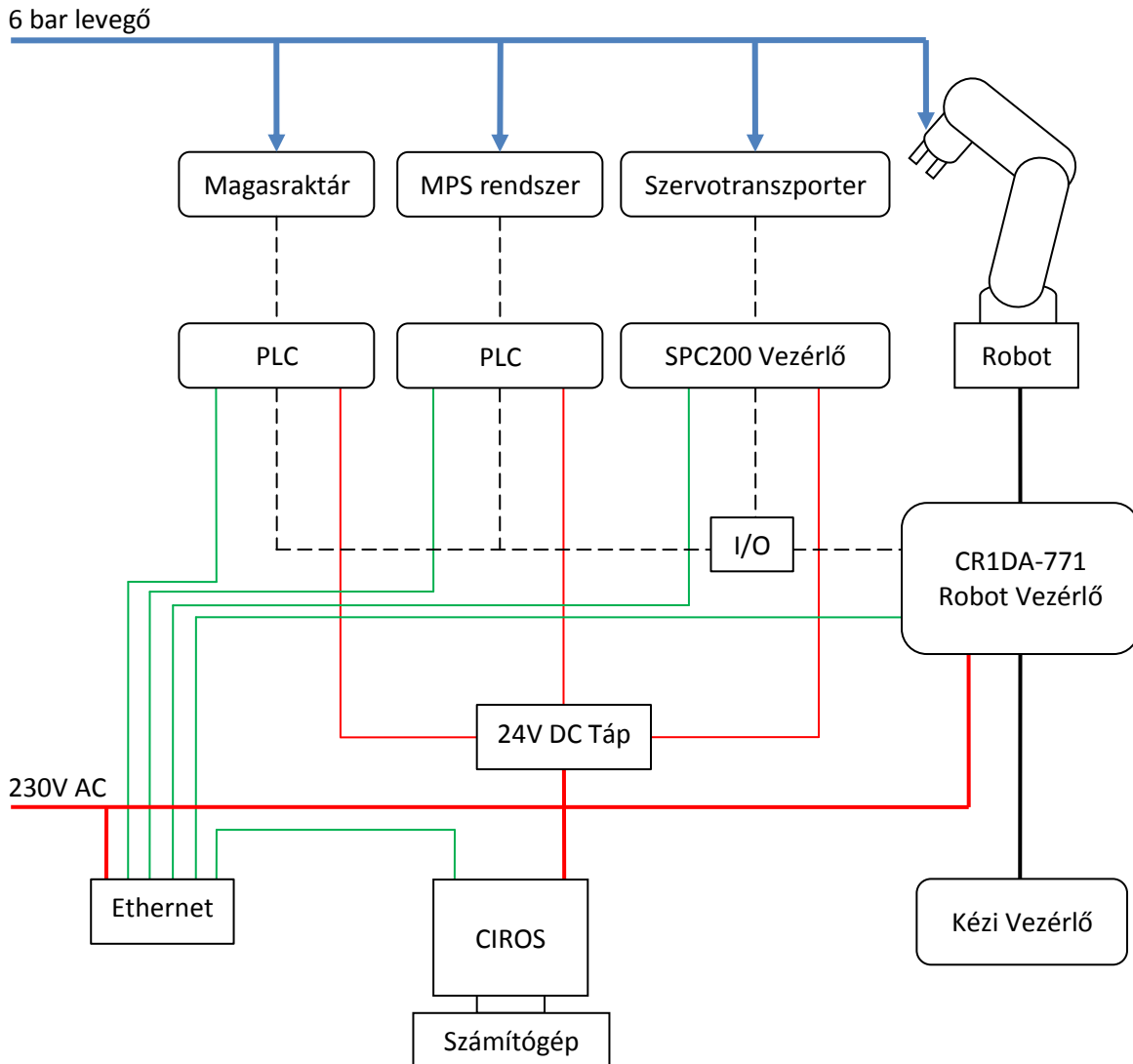


28. ábra  
A szervotranszporter vezérlőjébe programozott pozíciók kódjai

A 28-as ábra alapján a piros munkadarab csúszdájához (4)-es van írva, ez azt jelenti, hogy a 4-es kimenetre kell jelet adni, az 5-ös és 6-osra pedig nem. Ezután a 9-es kimenettel utasíthatjuk a transzporter vezérlőjét, hogy induljon el, melyet a 8-as bemenet „0” jelével nyugtáz a robot felé. Ezután visszakapcsoljuk alapállapotba a 9-es kimenetet, amire a transzporter válasza egy „1”-es lesz, miután beállt a kért pozícióra.

## 4.4 A RENDSZER FELÉPÍTÉSE

A teljes labor vezetérendszerét megpróbáltam áttekinthetően ábrázolni egy sematikus ábrán. Természetesen rengeteg részlet lemaradt, a valóság ennél sokkal bonyolultabb, egy-egy vonal akár 10-20 vezeték is szimbolizálhat az ábrán. Külön színnel jelöltem a különböző jellegű vezetéseket, illetve igyekeztem függőlegesen egymás felé rendezni az egymáshoz tartozó elemeket.



29. ábra  
A rendszer sematikus vázlata

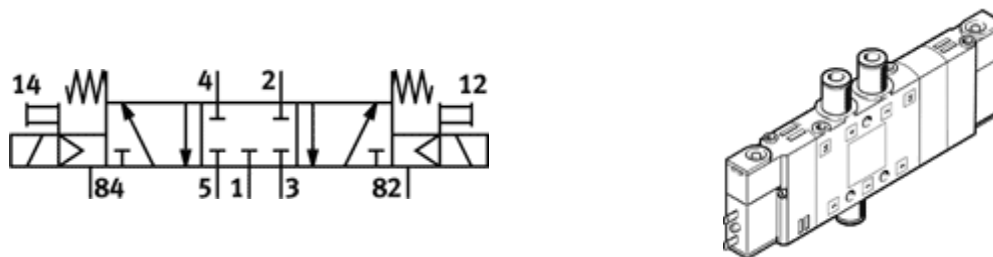
Az ábrán látható, hogy a rendszer minden munkavégző eleme kapcsolódik a pneumatikus hálózatra. Kommunikációra rendelkezésre állnak az I/O csatornák, és az Ethernet Switch-be is minden vezérlő csatlakoztatva van. A robotnak emellett külön jelöltem a vezetéseit, hiszen azok teljesen egyedi csatlakozók és kábelek, melyekbe integrálva vannak a megfogókhoz tartozó jelkábelek.

## 4.5 PNEUMATIKUS MEGFOGÓ

Az MPS rendszerben rengeteg elektropneumatikus elem található, azonban a megfogó rendszer útváltó szelepe az egyetlen, melyet nem PLC, hanem a robot vezérlője kapcsol. A robottal együtt szintén a szervotranszporterre van erősítve, vele együtt mozog.

Jele: CPE10-M1BH-5/3G-QS4-B

Ez egy elővezérelt útváltó mágnesszelep, melyet a 24V-os tápfeszültségről elektromágnesekkel lehet állítani. felhasználás szempontjából általános vezérlőszelep funkciót lát el. A jelben található 5/3G azt jelenti, hogy a szelepnek 5 pneumatikus kivezetése és három helyzete van, alapesetben a rugók visszatérítik a középő zárt helyzetbe. [10]



30. ábra

A pneumatikus útváltó szelep szimbolikus és háromdimenziós rajza  
[festo.com]

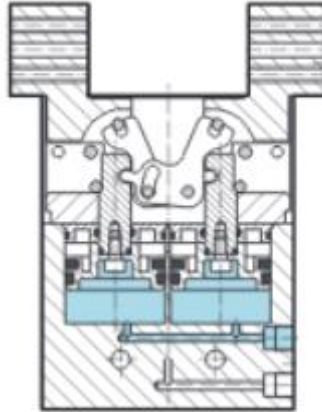
Az alábbi táblázatba összeszedtem a szelep lényegesebb tulajdonságait a festo.com online katalógusa alapján:

Szelep funkció	5/3 zárt
Működtetés fajtája	elektromos
Normál névleges átáramlás	180 l/min
Üzemi nyomás	3 ... 8 bar
Konstruktív felépítés	Körtolattyú
Visszaállítás fajtája	mechanikus rugó
Védettség	IP65
Vezérlési fajta	elővezérelt
Kapcsolási idő ki	20 ms
Kapcsolási idő be	16 ms
Tekercs jellemző	24V DC: 1,28W
Megengedett feszültség ingadozás	-15 % / +10 %

A sűrített levegő ezután a robot burkolatán belül halad tovább a beépített vezetékeken, majd természetesen a megfogóhoz csatlakozik. [11]

A pneumatikus megfogó jele: HGP-16-A-B. A katalógusban megtalálhatók terhelhetőséget ábrázoló diagramok is. Én itt csak a legfontosabb tulajdonságokat írnám le:

- Szorítóerő záraskor: 160 N
- Üzemi nyomás: 2 – 8 bar
- Maximális kapcsolási frekvencia: 4 Hz
- Megfogók közti távolság: 17,8 mm zárva, illetve 27,8 mm nyitva [12]



31. ábra

A megfogó metszeti rajza. Látható a kettő munkahenger és a mozgató mechanizmus. [12]

A megfogóra ívelt lemezek vannak csavarozva, melyek illeszkednek a munkadarabok méretéhez. Nyitott állapotban a 10 mm-es különbség éppen elegendő, hogy a robottal rápozícionáljunk egy munkadarabra, összezárás után pedig létrejön az elegendő szorítóerő.

Fontos megjegyezni még, hogy két módon lehet megfogni a munkadarabokat, ezek a lemezek kialakítása révén  $90^\circ$ -ban térnek el egymástól. Ez a tulajdonság fontos, mert az első állomáson a magazin túl messze került a robottól, így amikor a robot a magasraktárból vesz fel alkatrészt, azt a megfogó oldalával párhuzamosan teszi, mert csak így éri el a magazint. Amikor a csúszdából vesz el alkatrészt, akkor a megfogó homloklapjával veszi fel, mert túl közel van és máshogy nem tudná.



## 5. ROBOT PROGRAMOZÁSA

A robot programozására két lehetőségünk van. Használhatjuk a vezérlőhöz csatlakoztatott kézi vezérlőpanelt, melynek saját kijelzője és billentyűzete van, vagy használhatjuk a számítógépet, illetve az arra telepített CIROS Programming szoftvert.

Az előbbi használata kézenfekvőnek tűnhet, azonban nehézkes a menürendszerben való közlekedés, a programírás pedig nagyon lassú. Elsősorban állapotfigyelésre vagy új pozíció felvételére célszerű használni.

A számítógéppel való programozáshoz először új projekt létrehozása után csatlakoznunk kell a robothoz. Ez történhet COM porton keresztül, vagy Etherneten keresztül, az egyetemi laborban az utóbbi megoldást használták. Az élő kapcsolat felállítása után már minden funkció elérhető, többek között lekérhetőek a robot adatai, pillanatnyi helyzete, terhelése, I/O csatornáinak jelei, naplózott hibäuzenetei.

A programozás menete két részből áll, az elsőben fel kell venni a kívánt pontokat, pozíciókat, amelyekhez a robotot mozgatni szeretnénk, ez a Jog üzemmód. Ezt célszerű elővigyázatosságból lassú mozgással végezni, illetve külön megadott parancsokkal kipróbálni, hogy a robot a sorban következő pozícióba el tud-e menni, lehetséges-e a pályagenerálás. Ezek a pontok minden programhoz külön fájlban kerülnek lementésre. A második rész a program struktúrájának, ciklusainak megírása. Ebbe beletartoznak a különböző logikai elemek, a mozgáshoz kapcsolódó előírások, a kommunikációs utasítások más vezérlésekkel és minden egyéb.

A programfájlok először a számítógépre kerülnek lementésre, azonban a robot csak a vezérlő memóriájából tudja ezeket lefuttatni, így át kell oda másolni őket, majd onnan lehet név szerint kiválasztani közülük, hogy melyiket szeretnénk futtatni. Lehetőség van programon belül egy másik programot is lefuttatni, meghívni, ezáltal rugalmasabb és összetettebb programozás válik lehetővé számunkra. Ez hasonlóan működik a programokon belüli szubrutinokhoz, de lehetőség van párhuzamosan futtatni a főprogramot és az alprogramot.

Fontos figyelemmel kísérni, mely programfájlok és a hozzá tartozó pozíciófájlok találhatóak meg a vezérlőn, mert futtatáskor ezek fognak elindulni, így mindig frissíteni kell, ha változtattunk a programon, vagy új pozíciót rögzítettünk. A kész programot kiválasztani és futtatni lehet a vezérlő paneljével, vagy a kézi vezérlővel is, nem csak a számítógéppel.

Egy másik hasznos eszköz a *Debugger*, amellyel soronként léphetünk a programban, minden egyes utasítást külön lefuttatva, így könnyebb a hibakeresés, illetve megérthetjük a robot esetleges nem várt mozdulatait. Továbbá lehetőség van a normál módon lefuttatott programot is élőben nyomon követni, figyelni az éppen végrehajtott utasításokat az I/O csatornák pillanatnyi állapotával, valamit a robot egyéb paraméterével együtt.



## 5.1 CIROS PROGRAMMING SZOFTVER

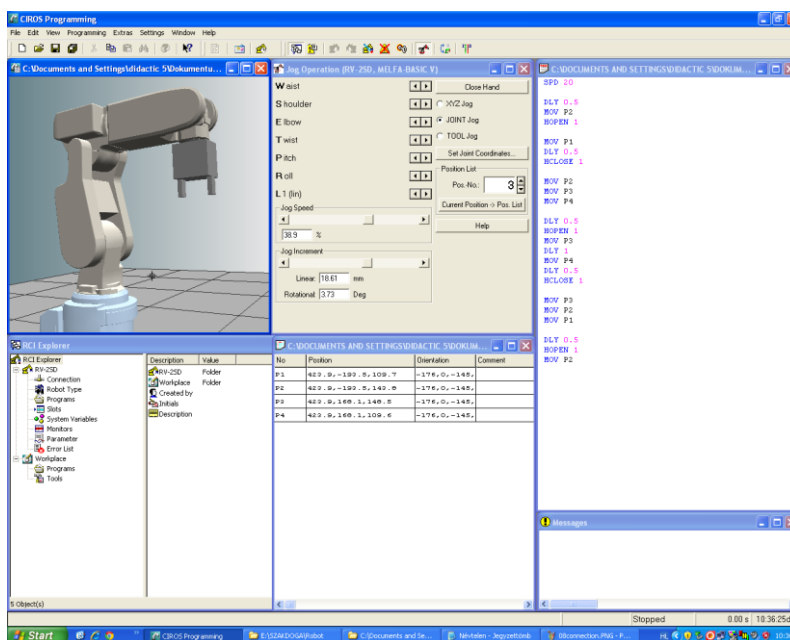
A robot programozásának alapjait bővebben leírtam az 2-es számú mellékletben. Az alábbiakban csak általános ismertetőt írok magáról a szoftverről, illetve programnyelvről.

A CIROS szoftvercsaládba több hasonló program tartozik, ezek közül megemlítenék néhányat:

- CIROS Programming Elsősorban programozásra szánták  
Előző neve: COSIROP
- CIROS Studio Gyártócellák modellezésére  
Előző neve: COSIMIR
- CIROS Robotics Robotok szimulálására  
Előző neve: COSIMIR Robotics
- CIROS Mechatronics PLC-khez és mechatronikus rendszerekhez  
Előző neve: COSIMIR PLC

A CIROS Programming tehát programozásra használható. Gyakran használt elemei között megemlíthető a Jog Operation, mellyel a kívánt pozíciókhoz tudjuk mozgatni a robotot, a Command Tool, mellyel közvetlen utasításokat tudunk adni a robotnak, illetve különböző valós idős monitorozások, melyekkel az I/O csatornákat, a robot mozgását, terhelését vagy egyéb változóit tudjuk nyomon követni. [13]

A CIROS szoftvereken kívül természetesen több más megoldás is létezik a robot programozására. Ilyen például az RT ToolBox 2 szoftver, mellyel elsősorban programozni lehet, illetve a MELFA Works, amely a Solid Works beépülő moduljaként kiegészíti az RT ToolBox 2-t komplex és személyre szabható modellezési megoldásokkal.



32. ábra  
CIROS Programming képernyőképe



## 5.2 MELFA BASIC PROGRAMOZÁSI NYELV

A *MELFA Basic* nyelv a Mitsubishi saját robotjaihoz megírt nyelve. Nagyrészt lefedi a cég robotjainak programozását, de vannak kivételek, például az RV-M és RV-E szériákat csak *Movemaster Command*dal lehet programozni. A *MELFA Basic*nek is több verziója létezik, manapság a III-as, a IV-es és az V-ösben írt programokat lehet megtalálni. A tanszéken lévő vezérlő és szoftver is támogatja a legújabb V kiadást, így én ezt használtam. Jelentős különbségek nincsenek közöttük, funkcionálisan csak minimálisan javítottak az új verziókon.

A *MELFA* szó a Mitsubishi Electric Factory Automation rövidítése, a cég üzemi automatizálási termékeinek márkaneve.

A *MELFA Basic* előnye, hogy a robotok saját nyelve, célja kizárólag ez, így nem kellett kompromisszumokat kötni. Sokkal hatékonyabb, mintha más környezetben más nyelven írnánk meg a programot, hiszen a kódot közvetlenül a vezérlő értelmezi, nem kell azt külön lefordítani. Emellett szinte teljes értékű programozási nyelv, hiszen lehet benne változókat deklarálni, logikai és matematikai műveleteket végezni, alprogramokat meghívni vagy akár más programokat meghívni, továbbá I/O vagy COM csatornát használni kommunikáció céljából.

A rendelkezésre álló eszközök széles skálája olyan lehetőséget nyújt, ami gyakorlatilag bármilyen robot programozási feladatot megoldhatóvá tesznek. Egy általános feladat megoldásánál az utasításkészletnek csak egy töredékét kell használni, én sem törekszem arra a mellékletben, hogy teljességében mutassam be a nyelvet.

A legfontosabb utasításokat mutatom meg, elsősorban azokra koncentrálva, melyekre szükség lehet a tanszéken lévő labor robotjának programozásához, emellett kitérek a programstruktúra elemeire, a szubrutinokra, a változók használatára és a kommunikációra, melyet szintén lehet használni az MPS rendszerben.

A 4.1-es pontban leírtak figyelembevételével megállapítható, hogy a mintaprogramban a robot lényegében az alábbi két utasítást hajtja végre:

- Ha valamelyik csúszdán kettő vagy több munkadarab található, betesz egyet a magasraktárba.
- Ha elfogyott a munkadarab az adagoló toronyban, kér a raktárból újat.

A tényleges megvalósításhoz persze szükség van a pozicionálásokra, kommunikációra a PLC-kkel, a lineáris transzporter vezérlőjével, illetve a magasraktárral, valamint változók kezelésére különböző logikai feltételekkel, mindezt több alprogramban megírva.

Az 1. számú mellékletben megtalálható a teljes mintaprogram, a 2. számú mellékletben pedig saját oktatási segédletem a programozási nyelvhez, illetve a mechatronikai labor robotjához.



## 6 ÖSSZEFOGLALÁS

Feladatomból volt a robotok, ezen belül az ipari robotok, illetve különösképpen a tanszéken található KUKA 15/2 és Mitsubishi RV-2SDB robot megismerése és bemutatása, továbbá az utóbbi kettő összehasonlítása. Mindezt a Mitsubishi robothoz kapcsolódóan kiegészítve a tanszéken található Festo MPS mechatronikai labor vizsgálatával.

A laborban található magasraktárról és MPS állomásokról már születettek szakdolgozatok, az én munkám ezeket bővítette ki a Mitsubishi robottal és a hozzá tartozó szervotranszporterrel. Igyekeztem a rendszer egészét épp úgy vizsgálni és leírni, a mint részeleimeit, például a robot pneumatikus megfogóját vagy az MPS állomások funkcióit.

További cél volt a robot programozásának megismerése és egy oktatási segédlet elkészítése a tanszék hallgatói számára. Az elkészült segédletben leírtam a CIROS Programming szoftver használatát és a programozás legfontosabb lépéseit, melyeket igyekeztem példaprogramokkal kiegészíteni. A munkám során részben a megadott angol nyelvű dokumentációk és segédletek alapján haladtam, részben az MPS rendszer eredeti mintaprogramját használtam. A saját programok írása és futtatása közben tapasztalt problémákra, gyakori hibákra igyekeztem felhívni az olvasó figyelmét a segédletben, illetve azt úgy felépíteni, hogy rögtön megoldást kínáljak rájuk.

Egy ilyen komplex mechatronikai rendszer számtalan lehetőséget rejt magában, az általam érintett területek csupán bevezetők a robotprogramozás világába. Az elkészített segédlet nem tér ki a mintaprogram teljes anyagára, így nem érinti többek között a magasraktárral való kommunikációt. Nem foglalkoztam sokat több program párhuzamos futtatásával sem, így következő lépésként ezen a területen is lehet programokat írni. Továbbá lehetőség van más szoftverek használatára is, például a teljes labort le lehet modellezni és szimulációs programokat írni a robotra és a szervotranszporterre. Az I/O vezetékek átkötésével akár több ponton is össze lehetne illeszteni a PLC-ket a robot vezérlőjével, ily módon továbbfejlesztve a labor jelenlegi programjait.



## 7 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Dr. Helm László. Ipari robotok.** Budapest : Műszaki könyvkiadó, 1983
- [2] **Dr. Takács György. Tervezőmódszertan előadásjegyzet,** Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke
- [3] **Dr. Csáki Tibor, Dr. Szabó Szilárdné Dr. Makó Ildikó, Szilágyi Attila. Robotok c. oktatási segédlet.** Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke
- [4] **Fundamentals of robotics,** Workbook, FESTO
- [5] **KUKA KR 15/2 műszaki dokumentáció**
- [6] **Arthur Visser, Tangling with Industrial Robots,** 2013,  
<http://www.connectorsupplier.com/091112-CAS-Industrial-Robotics-Visser>.
- [7] **Becsei Lajos, Célgép robotos kiszolgálása c. szakdolgozat,** Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke
- [8] **<http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system>**
- [9] **RV-2SDB Terméktájékoztató,** Mitsubishi Electric Factory Automation  
[https://hu3a.mitsubishielectric.com/fa/hu/mymitsubishi/download\\_manager?id=7547](https://hu3a.mitsubishielectric.com/fa/hu/mymitsubishi/download_manager?id=7547)
- [10] **Solenoid Valves CPE, Compact Performance,**  
[http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/10183/CPE\\_VU\\_ENUS.pdf](http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/10183/CPE_VU_ENUS.pdf)
- [11] **FESTO Mágnesszelep adatlap, CPE10-M1BH-5/3G-QS4-B, online katalógus**  
[http://www.festo.com/cat/hu\\_hu/xDKI.asp?PartNo=533147&mode=extApp&xR=DKI3WebDataSheetV1&xU=GuestHUHU&xP=GuestHUHU](http://www.festo.com/cat/hu_hu/xDKI.asp?PartNo=533147&mode=extApp&xR=DKI3WebDataSheetV1&xU=GuestHUHU&xP=GuestHUHU)
- [12] **FESTO Standard grippers, HGP/HGD/HGR/HGW, Micro grippers HGPM/HGWM**
- [13] **<http://www.ciros-engineering.com/en/products/virtual-engineering/ciros-programming/>**