

# **SZAKDOLGOZAT**

Takács Kálmán

Nagy Tamás István

Tarr Nándor

Debrecen

2009

**Debreceni Egyetem  
Informatikai Kar**

# **Gyártósor modellezése és irányítása programozható logikai vezérlővel**

Témavezető:

Dr. Husi Géza  
tanszékvezető  
főiskolai docens  
oktatási dékánhelyettes

Készítette:

**Takács Kálmán**  
**mérnök informatikus hallgató**  
Nagy Tamás István  
mérnök informatikus hallgató  
Tarr Nándor  
mérnök informatikus hallgató

Debrecen  
2009.

## Nyilatkozat

Alulírott Takács Kálmán, a Debreceni Egyetem Informatikai Karának mérnök informatikus hallgatója kijelentem, hogy a „Gyártósor Modellezése és Irányítása Programozható Logikai Vezérlővel” című szakdolgozat, és a hozzá kapcsolódó PLC program közös szerzemény, melyet Nagy Tamás Istvánnal és Tarr Nándorral, szintén a Debreceni Egyetem Informatikai Karának mérnök informatikus hallgatóival közösen készítettünk el.

Debrecen, 2009. november 10.

Takács Kálmán

## **Plágium - Nyilatkozat**

Szakedolgozat készítésére vonatkozó szabályok betartásáról nyilatkozat

Alulírott (Neptunkód: X6J98H ) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

Gyártósor modellezése és irányítása programozható logikai vezérlővel

című szakedolgozat/diplomamunka

(a továbbiakban: dolgozat) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt, illetve a feladatot kiadó oktatót nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Debreceni Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

hallgató

Debrecen, 2009. november 10.

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Alkotóelemek .....</b>	<b>5</b>
2.1 Fischertechnik .....	5
2.2 TWIDO PLC .....	7
2.2.1 TWD LMDA moduláris vezérlők bemutatása .....	7
2.2.2 TWD LMDA moduláris vezérlők leírása .....	8
2.2.3 Diszkrét I/O bővítő modulok.....	9
2.2.4 Twido Suit .....	10
<b>3. A Gyártósor.....</b>	<b>16</b>
3.1 Folyamat.....	16
3.1.1 U-alakú elrendezés .....	16
3.1.2 Lineáris elrendezés .....	17
3.2 Felépítés.....	18
3.2.1 A maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella felépítése.....	18
3.2.2 Hegesztőrobot és szállítószalag felépítése .....	19
3.2.3 Prés gép és szállítószalagjának felépítése .....	20
3.2.4 Paletták felépítése.....	21
3.3 Elektronika és Bekötés .....	22
3.4 Programozás .....	24
3.4.1 Működési algoritmusok a lineáris modell részegységeinél.....	24
3.4.1.1 Maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella algoritmus.....	24
3.4.1.2 Hegesztőrobot és szállítószalagjának algoritmus.....	25
3.4.1.3 Prés gép és szállítószalagjának algoritmus.....	25
3.4.2 Működési algoritmus az U elrendezésű modellenél .....	25
<b>4. A robotkar.....</b>	<b>27</b>
4.1 Alkotóelemek .....	27
4.2 Elektronika és bekötés .....	29
4.3 Programozás .....	34
4.3.1 Alaphelyzetbe állítás algoritmus.....	34
4.3.2 A lineáris elrendezésű gyártósorhoz tartozó manipulátorkarok algoritmusai .....	35
4.3.3 Az U-alakú elrendezésű gyártósorhoz tartozó manipulátorkar algoritmus.....	36
<b>5. Fejlesztések megvalósítása és további fejlesztési lehetőségek.....</b>	<b>38</b>
5.1 Új egységek a gyártósor irányításában .....	38
5.1.1 Terminál .....	38
5.1.1.1 Szoftverek.....	40
5.1.2 Tápegységek .....	42

5.1.3	TWIDO PLC .....	44
5.1.3.1	TDW LC** Kompakt vezérlők bemutatása .....	44
5.1.3.2	TDW LC** Kompakt vezérlők leírása.....	46
5.1.3.3	Diszkrét I/O Bővítőmodulok .....	47
5.2	A gyártósor fejlesztése.....	49
5.2.1	A modellek átépítése .....	49
5.2.2	Fejlesztések a vezérlésben .....	50
5.2.3	Folyamatok és ütemezés .....	51
5.3	A Robotkarok fejlesztése .....	52
5.3.1	Vezérlés .....	52
5.3.2	Programozás .....	54
5.3.2.1	Alaphelyzetbe állítás algoritmus.....	54
5.3.2.2	A lineáris elrendezéshez tartozó manipulátorkarok algoritmusai.....	55
5.3.2.3	Az U-alakú elrendezéshez tartozó manipulátorkar algoritmus.....	56
5.3.2.4	Védelmi opciók .....	56
5.4	Fejlesztési lehetőségek .....	58
<b>6.</b>	<b>Összefoglalás .....</b>	<b>60</b>
	Ábrák jegyzéke .....	62
	Irodalomjegyzék .....	65
	Köszönetnyilvánítás .....	67
	Függelék .....	68

# 1. Bevezetés

Mérnök informatikus hallgatóként lehetőségünk nyílt betekinteni az informatika különböző ágazataiba. Az elmúlt években bővült elméleti tudásunk, azonban a gyakorlati részre kevesebb idő jutott. Ennek ellenére hozzánk mégis a feladatok konkrét, gyakorlati megoldása áll közelebb. Ezért választottuk diplomamunkánk témájának egy ténylegesen működő gyártósori modell elkészítését.

Az ötletet a szakirányunkon tartott, Termelés informatika tárgy keretében megismert Fischertechnik építőelemek, továbbá a televízióban látott gyártási folyamatokat bemutató műsor ihlette.

Munkánk során a tervezett egy gyártósori modell helyett kettőt készítettünk el, melyek lineáris és U-alakú elrendezésűek. Ennek célja az volt, hogy be tudjuk mutatni a két elrendezés közötti különbségeket.

Bár már léteznek munkánkhoz hasonló projektek, de Magyarországon az elsők között készítettünk teljes gyártási folyamatot bemutató eszközöket.

Fontosnak tartottuk, hogy a modellek vezérlését olyan eszközökkel valósítsuk meg, melyekkel, egy tényleges ipari folyamat is megoldható legyen. Ezért választottuk eszközeinknek a programozható logikai vezérlőket (PLC), melyekre napjaink gyártóegységeinek tervezésekor, a vezérlés végrehajtására első számú megoldásként gondolnak a szakemberek.

Úgy gondoltuk, hogy az elsőre funkcióiban egyszerűnek tűnő feladatok előkészítése és megvalósítása komoly átgondolást és tervezést igényel. Ezek alapján a problémát alkalmasnak éreztük arra, hogy csapatban, hárman találjunk rá megoldást, és valósítsuk meg elképzeléseinket. Így a feladatot kisebb részfeladatokra bontva egy-egy részt külön, viszont egymás munkáját segítve oldottuk meg. Ez hasznos megoldásnak tűnt, mivel úgy éreztük, hogy a csapatmunkával szerzett tapasztalatok megkönnyíthetik a majdani beilleszkedést egy munkahelyi csoportba. Napjainkban ugyanis a vállalatoknál előtérbe kerül a csoportos munkavégzés, mivel rájöttek, hogy így sokkal hatékonyabban és eredményesebben lehet

dolgozni. Szükség van az együttműködésre és a másokkal való munkavégzésbe is bele kell tanulni. Tudnunk kell alkalmazkodni és egymást segíteni a munka folyamán.

Oktatóink felhívták a figyelmünket, hogy a kész modelleket ők is fel tudják használni arra, hogy különböző nyíltnapokon prezentálva, a hallgatók betekintést nyerjenek abba, hogyan működik egy gyártósori folyamat, illetve milyen technikai megvalósításokat alkalmaznak az iparban. Ezen felül motiválni lehet a hallgatókat a hasznos feladatok megvalósítására, továbbá új, hasonló érdeklődési körű fiatalokat tudnak toborozni a szakemberhiány elkerülése végett.

A szakdolgozat célja bemutatni az elkészített modellek tervezésének, megépítésének fázisait, valamint azok részletes működését.

A tervezésnél és a megvalósításnál szem előtt tartottuk az órákon megszerzett ismereteinket, majd pedig az első kiállításokat követően, az ezen a területen tapasztaltabb emberek hozzászólásait és véleményét is figyelembe vettük. Ezek az információk rávilágítottak egyes hibákra, illetve könnyebben ki tudtuk választani az alternatív megoldások közül a legjobbakat.

A gyártósorok alapjául a Fischertechnik modelljei szolgálnak, melyek funkciójukban a következők: présgép szalaggal, maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella, szalag hegesztőrobottal, és az RTT robotkarok. A vezérlést a Schneider Electric cég Twido termékcsaládjából származó vezérlővel oldottuk meg.

Dolgozatunkban kifejtjük a két gyártósori modell működését, aprólékosan tárgyaljuk az egyes részegységek szerkezeti felépítését. Leírjuk az elektronikai kötések megvalósítását, majd a programok elkészítésének gondolatait, és magukat a vezérlő algoritmusokat.

## 2. Alkotóelemek

### 2.1 Fischertechnik

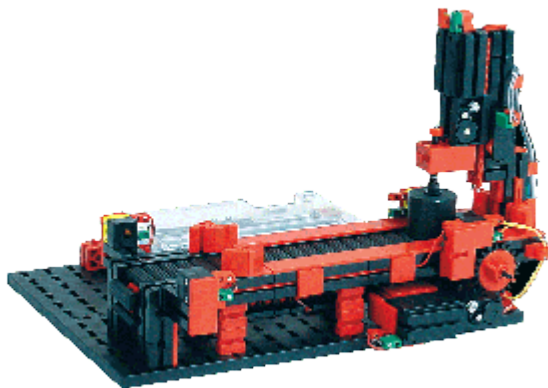
Projectünket a Fischertechnik modelljei segítségével készítettük el. A céget Németországban alapították, és ott is gyártja modelljeit, több mint negyven éve. A cég mottója, hogy megismertesse a fiatalokkal a technológia világát. Annyira elterjedtek a cég modelljei, hogy egy 30000 tagot számláló rajongói klub is létrejött. A modelleket a Villamosmérnöki és Mechatronikai tanszék Mechatronikai laborjából kaptuk. A modellek eredeti csomagolásban voltak, és a TDK feladatunk az volt, hogy tervezzünk, készítsünk, majd programozzunk egy gyártósort az alábbi technológiára, lineáris és U alakú elrendezésben. Az elképzelt gyártás, préselésből, kétszeri marásból fúrásból és hegesztésből állt.

A munkadarabokat palettáról kell levenni és az elkészülteket palettára kell elhelyezni. A két gyártósor modellünkön (Lineáris és U-alakú) a következő szerkezeteket használjuk:

Egy 24 voltos motorral hajtott szalagot, melyen fotóérzékelők találhatók (2.1 ábra). Ilyen szalagot több helyen is használunk, pl.: az Maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócellába építve, vagy a hegesztés műveletnél.



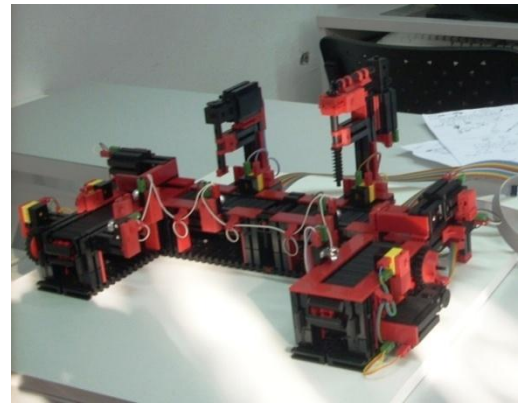
2.1. ábra: Szállítószalag



2.2 ábra Présgép szállítószalaggal

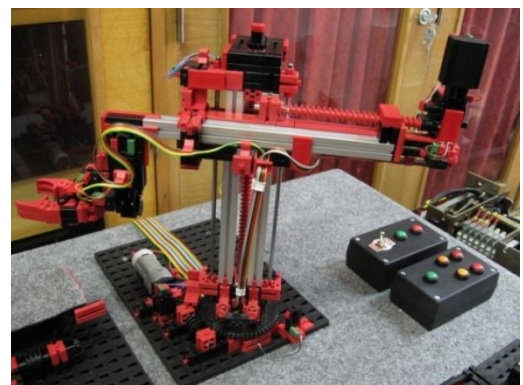
Egy szalagot, melyet 24 voltos motor hajt, és egy prés van ráillesztve (2.2 ábra), amit két végérzékelővel látták el, a szalagot pedig fotóérzékelőkkel.

Gyártócellát. Ez a részegység már felépítésileg bonyolultabbnak tekinthető, mivel több motort, fotóérzékelőt és végérzékelőt tartalmaz, és még egy motorikus toló szerkezetet, ez a szalag fűrni és marni tud (2.3 ábra).



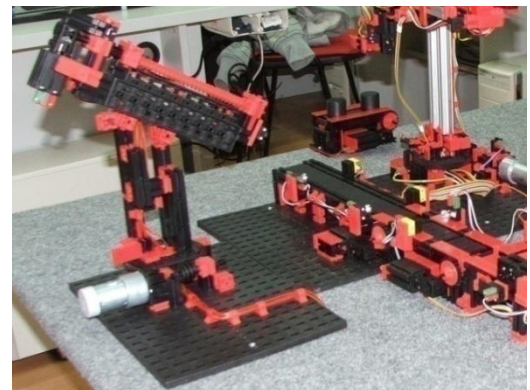
2.3 ábra Gyártócella maróval és fűrőgéppel

Egy RTT robotkart. A kar le-fel, előre-hátra, és jobbra-balra irányuló mozgást tud végezni, a végén található egy kar, mely segítségével be tudja fogni az anyagot és tovább vinni egyik szalagról a másikra (2.4 ábra).



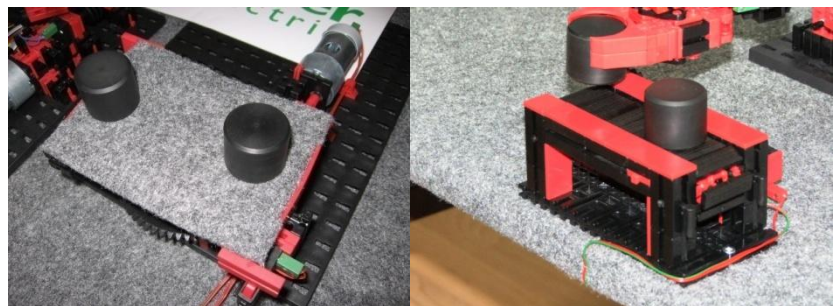
2.4 ábra: RTT robotkar

A hegesztőt, melyet egy 9 voltos motor hajt. Kétféle mozgást tud végezni, előre és hátra, a végén található egy LED, mely szimulálja a hegesztést. Ezt a szerkezetet átépítettük, mivel forgatható volt a talpazata egy motorral. Mi ezt a részt eltávolítottuk, mivel nem volt szükség rá.(2.5 ábra)



2.5 ábra: Hegesztőrobot

Palettákat. Az első az U-alakú gyártósornál található, egy lerövidített szállítoszalag, a második a Lineáris alakú gyártósornál, ez pedig egy motorral hajtott palettaforgató. (2.6-7 ábra)



2.6-7 ábra: Saját építésű palettáink

## 2.2 TWIDO PLC

„A Scheinder Electric cég a világon az egyik vezető vállalat a villamosiparban. Munkájuk kiterjed az energiamenedzsment és villamosenergia-elosztásra, az ipari folyamatok irányítástechnikájára és automatizálásra, installációs rendszerek és vezérlésre, és a kritikus energiaellátásra és hűtésre. Mi a projektünkbe a TWD LMDA 20DTK PLC-t használjuk és két bővítőt a TWD DDO 16TK és a TWD DDI 16DK-t. „[1]

### 2.2.1 TWD LMDA moduláris vezérlők bemutatása:

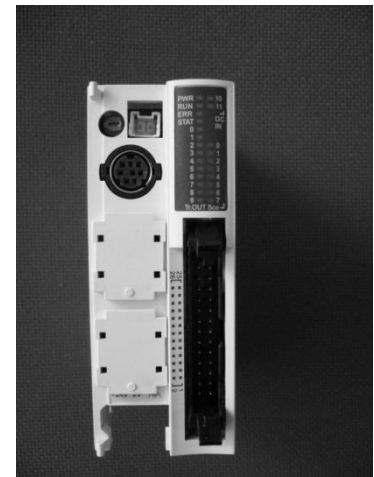
„A moduláris, programozható vezérlők sorozata öt vezérlőből áll, ezek egymástól feldolgozó képességükben, valamint be- és kimeneteik számában és típusában különböznek (20 vagy 40 db be- és kimenet lehetséges, csavaros sorkapcsos, vagy HE 10 csatlakozós bekötéssel, relés kimenettel vagy tranzistoros és nyelő-, illetve forráskimenettel). A vezérlők az I/O bővítő modul-készlet (18 db diszkrét és analóg modul) bármelyik darabjával felszerelhetők. Az összes moduláris vezérlő c 24 V tápfeszültségről működik. Ezek a moduláris vezérlők a következőket kínálják:

- Az alkalmazás szükségleteihez igazodó, moduláris felépítést, típustól függően 4 – 7 diszkrét vagy analóg I/O bővítőmodullal felszerelhető vezérlő által.
- A többféle opció révén a felhasználó olyan mértékű rugalmasságot élvezhet, amely általában csak a nagyobb platformoknál áll rendelkezésre.

A TWD LMDA moduláris vezérlők egyidejűleg felszerelhetők opcionális memóriakazetta-modullal, valós idejű óra kazettamodullal és digitális kijelző modullal. Mindkét utóbbi

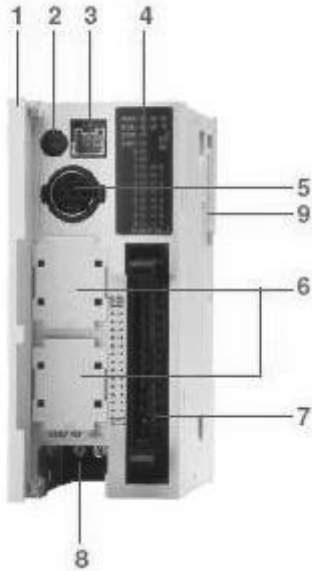
modul megengedi egy második RS 485 vagy RS 232C kommunikációs port hozzáadását.

- A moduláris vezérlős megoldás a huzalozásban is nagy rugalmasságot enged meg. Egy sor csatlakozási lehetőség áll rendelkezésre, mint például kivehető csavaros sorkapcsok és a rugós típusú csatlakozások vagy a HE 10 csatlakozók, amelyek gyors, könnyű és megbízható huzalozást biztosítanak. Az Advantys Telefast ABE 7 rendszer előhuzalozott kábelezési megoldást nyújt, lehetővé téve a modulok, HE 10 típusú csatlakozókkal történő csatlakozását:
- Előszerelt, egyik végén szabad vezetékű kábelek közvetlen csatlakoztatását az érzékelőkhöz, illetve működtető szervekhez.” [2]



2.8 ábra: TWD LMDA 20DTK

**2.2.2 TWD LMDA moduláris vezérlők leírása:** „A Twido TWD LMDA moduláris, programozható vezérlők a következőket tartalmazzák:



2.9 ábra: TWD LMDA PLC

Az előlapon:

- 1 Egy nyitható védőfedelelet, a hozzáféréshez,
- 2 Analóg potenciométert,
- 3 Egy csatlakozót, a beépített analóg bemenet csatlakoztatásához,
- 4 Egy kijelző blokkot, amely a következőket mutatja:
  - A vezérlő állapotát, 7 db jelzőfény segítségével (PWR, RUN, STP, NCF, HLT és NEX)
  - A bemenetek és a kimenetek állapotát (IN és OUT).
- 5 Egy RS485 típusú, mini-DIN csatlakozót a soros porthoz (amely lehetővé teszi a programozó

terminál csatlakoztatását).

6 Két, eltávolítható fedéllel védett helyet, a TWD XCP MFK32/MFK64 rendelési számú memóriakazetta és a TWD XCP RTC rendelési számú valós idejű órakazetta számára.

7 Egy vagy több 26 pólusú, HE 10 típusú csatlakozót vagy csavaros sorkapcsot (a TWD LMDA 20DRT modulnál) a bemeneti érzékelők és kimeneti működtető szervek csatlakoztatásához.

8 Csavaros sorkapcsokat a c 24 V feszültségű hálózat csatlakoztatásához.

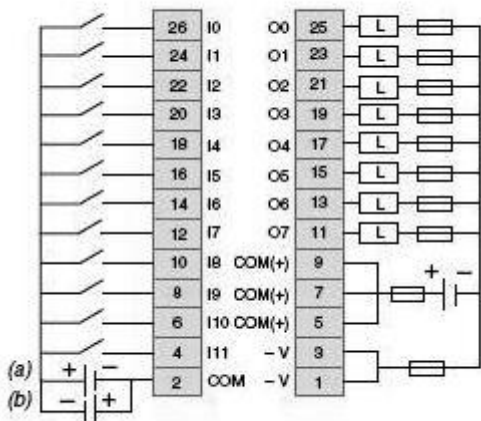
A jobb oldali panelen:

9 Egy csatlakozót, a TWD D, TWD A I/O-bővítő- és a TWD NOI 10M3/ NCO1M kommunikációs modulok számára (típustól függően 4 - 7 db modul lehetséges).

A bal oldali panelen:

Egy csatlakozót (nem látható) a TWD XCP ODM rendelési számú kijelző modul vagy a TWD NOZ rendelési számú soros interfészmodul számára. A moduláris vezérlőket szimmetrikus 5 sínre szerelik. A TWD XMT5 rendelési számú, ötös kiszerezésben kapható rögzítő készlet lehetővé teszi a szerelvénylaphoz vagy a panelre történő felszerelést

**TWD LMDA 20DTK**



2.10 ábra : TWD LMDA 20DTK PLC portjai

1.10 ábra: A PLC bekötési rajza :A COM (+) és COM (-) kivezetések egymással belül össze vannak kötve.

A COM és COM (+), valamint a COM és COM (-) kivezetések egymástól függetlenek.

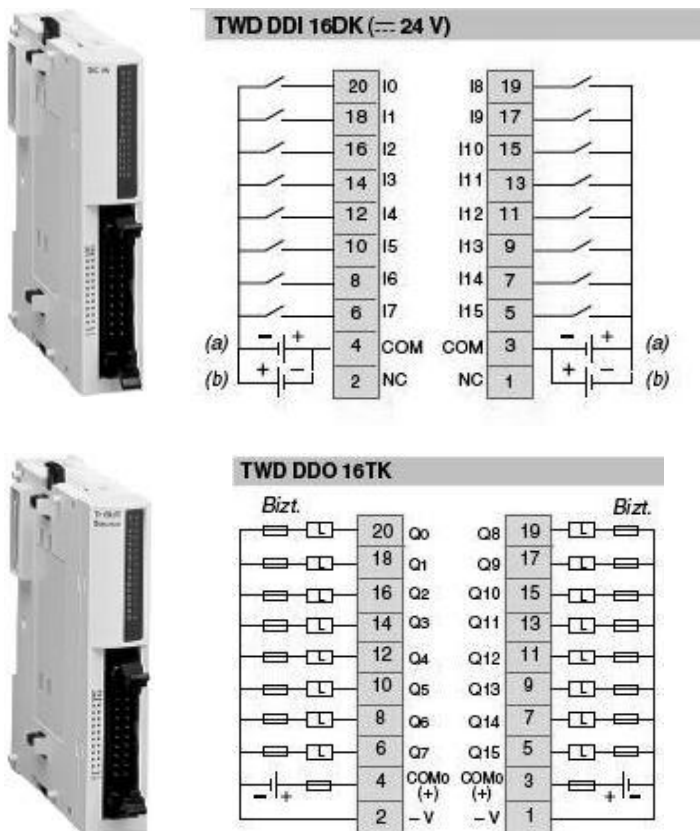
A -V és +V kivezetések között belső kapcsolat van.

(a) A 24 V tápfeszültség bekötése nyelő bemenetek (pozitív logika) esetén.

(b) A 24 V tápfeszültség bekötése forrásbemenetek (negatív logika) esetén.”[2]

**2.2.3 Diszkrét I/O bővítőmodulok:**

„Két bővítőmodult használunk az U-alakú gyártósor modellben, a TWD DDI 16DK-t és a TWD DDO 16TK-t,



2.11 ábra: I/O bővítőegységek

A Twido diszkrét I/O modulok a következőket tartalmazzák:

Egy bővítő csatlakozót, az előző modulhoz való elektromos csatlakozás céljára. Egy vagy két kijelző blokkot, a csatornák és a moduldiagnosztika megjelenítésére.

K betűre végződő típusok esetében 1 vagy 2 db HE 10 csatlakozót, reteszelő mechanizmust, az előző modulhoz való rögzítés céljára.” [2]

### **2.2.4 Twido Suit:**

„**Bemutató:** A TwidoSuit egy grafikus fejlesztő környezet a Twido programozható vezérlők alkalmazásainak elkészítéséhez, konfigurálásához és karbantartásához. A TwidoSuit teszi lehetővé a vezérlő programok beírását a TwidoSuit létra vagy lista szerkesztőinek segítségével, valamint a program átvitelét a vezérlőre és futtatását is biztosítja.

**TwidoSuit:** A TwidoSuit egy 32 bites Windows-alapú program olyan személyi számítógépek (PC) számára, melyeken Microsoft Windows 2000 Professional vagy Windows XP operációs rendszer van.

A TwidoSuit fő jellemzői:

- Szabványos Windows felhasználói interfész
- A Twido vezérlők programozása és konfigurálása
- Vezérlő kommunikáció és vezérlés

### **Twido szoftvernyelvek:**

Bemutató A programozható vezérlő egy vezérlőprogram alapján olvassa a bemeneteket, logikai döntéseket hoz, és kiválasztja a kimeneteket. A Twido vezérlőt irányító vezérlőprogram a Twido programozási nyelvek egyikén írt utasításokból áll.

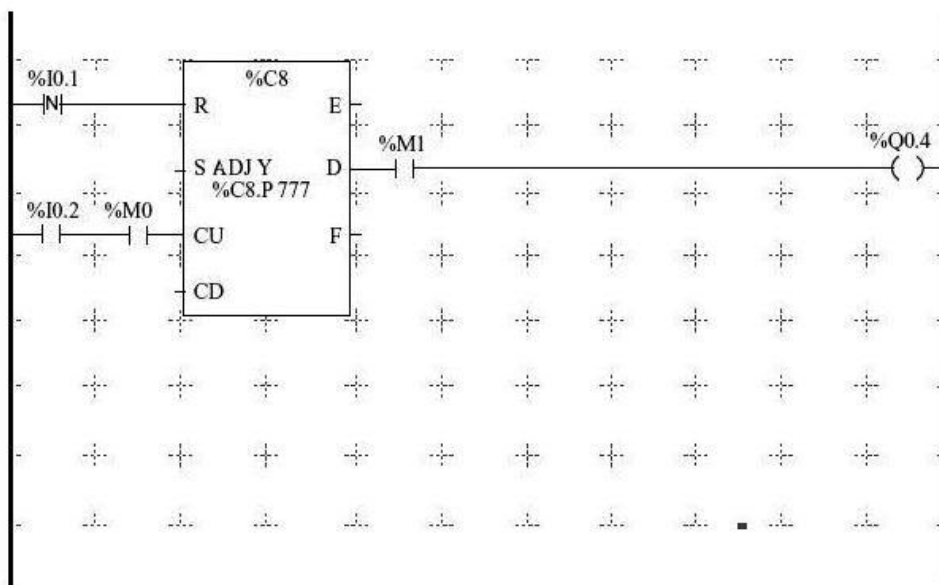
Twido szoftvernyelvek: A Twido vezérlőprogramok létrehozásához az alábbi nyelveket lehet használni:

- Utasítás Lista nyelv: Az Utasítás Listaprogramozási nyelv (IL vagy Lista) egy sor alapú, szöveges, Boole-algebrai nyelv, amelyet logikai és numerikus műveletek írására használnak.
- Létra nyelv: A Létraprogramozási nyelv egy létrafok alapú, grafikai Boole-algebrai nyelv.
- Grafcet nyelv: Twido támogatja a Grafcet Lista utasítások használatát, de nem támogatja a grafikai Grafcet nyelvet. Ezen programozási nyelvek használatával PC-n (személyi számítógépen) is létrehozhatóak és szerkeszthetőek a Twido vezérlőprogramok. A Lista/Létra reverzibilitás lehetővé teszi, hogy tetszés szerint átfordítsunk egy programot Létra nyelvből Lista nyelvbe, illetve Lista nyelvből Létra nyelvbe.

Utasítás Lista nyelv: Az Utasítás Lista nyelven írt program egy sorutasításból áll, amelyeket a vezérlő szekvenciálisan hajt végre. A következőkben egy példát láthatunk a Lista programokra.

0	BLK	%C8
1	LDF	%I0.1
2	R	
3	LD	%I0.2
4	AND	%M0
5	CU	
6	OUT_BLK	
7	LD D	
8	AND	%M1
9	ST	%Q0.4
10	END_BLK	

Létra nyelv A Létra diagramok hasonlóak a relé logikai diagramokhoz, amelyek relé vezérlő áramkörök reprezentálásához használatosak. Az olyan grafikai elemek, mint a tekercsek, kontaktusok és blokkok, mind utasításokat jelenítenek meg. A következőkben egy példát láthatunk a Létra programokra.



2.12 ábra: Létradiagram

Grafcet nyelv A Grafcet egy analitikus módszer, amely minden szekvenciális vezérlőrendszer lépéseit sorra bontja le, amelyekhez különböző műveletek, átvitelek és feltételek tartoznak.

Létra nyelv bemutatása: A Létra diagramok hasonlóak a relé logikai diagramokhoz, amelyeket relé vezérlőkörök reprezentálására használnak. A kettő közötti fő különbséget a létraprogramozás alábbi tulajdonságai képezik, (ezek nincsenek jelen a relé logikai diagramokban):

- Minden bemenetet kontaktusszimbólumok reprezentálnak ( ).
- Minden kimenetet tekeresszimbólumok reprezentálnak ( ).
- A grafikus létrautasítások készlete numerikus műveleteket tartalmaz.

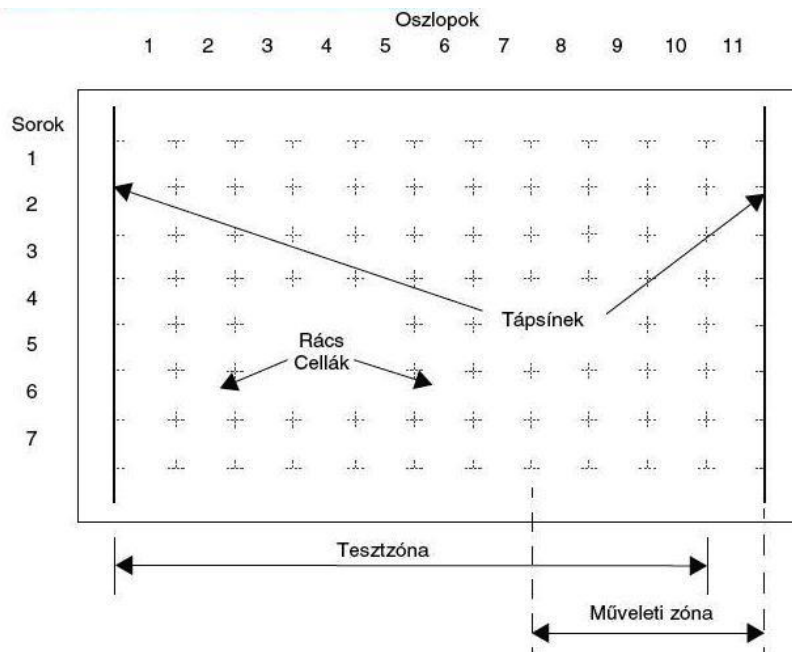
Létrafokok: Egy létra nyelven írt program létrafokokból tevődik össze, amelyek két függőleges tápsín közé rajzolt grafikai utasítási készleteknek felelnek meg. A vezérlő szekvenciálisan hajtja végre a létrafokokat. A grafikai utasítások készlete a következő funkciókat tartalmazza:

- Vezérlő bemenetei/kimenetei (nyomógombok, érzékelők, relék, pilótalámpák, ...)
- Vezérlő funkciói (időzítők, számlálók, ...)
- Matematikai és logikai műveletek (összeadás, osztás, AND, XOR, ...)
- Összehasonlítás műveletek, illetve egyéb numerikus műveletek ( $A < B$ ,  $A = B$ , léptetés, forgatás, ...)

Ezek a grafikai utasítások vízszintes és függőleges csatlakozásokkal vannak ellátva, amelyek végül egy vagy több kimenethez és/vagy művelethez vezetnek.

Egy létrafok nem képes egynél több kapcsolt utasításcsoport támogatására.

Programozó rács Minden létrafok egy hét sort, illetve tizenegy oszlopot tartalmazó rácsból áll, amely két zónára van felosztva, az alábbi ábra szerint.



2.14 ábra: Programozó rács

Rácszónák A létra diagramprogramozó rács két zónára oszlik:

- Egy tesztzóna, amely tartalmazza azokat a feltételeket, amelyeknek igaznak kell lenniük egy művelet létrejöttéhez.
- Egy műveleti zóna, amely tartalmazza azt a kimenetet vagy műveletet, amely a társított tesztfeltételek következményének eredményét képezi.

Utasítások bevitele a rácsba: Egy létrafok egy hétszer tizenegyszeres programozó ráccsal rendelkezik, amely a rács bal felső sarkában lévő cellában kezdődik. A programozás az utasításoknak a rács celláiba történő beviteléből áll. A tesztutasítások, összehasonlítások illetve funkciók a tesztzóna celláiba kerülnek bevitelre, melyek balra zártak. A tesztlogika kontinuitást biztosít a műveleti zóna számára, amelybe tekercsek, numerikus műveletek, illetve programlefolys-vezérlési utasítások kerülnek bevitelre, melyek jobbra zártak.

A rácsban a létrafok fentről lefelé, illetve balról jobbra kerül megoldásra vagy végrehajtásra (a tesztek elvégzésre, a kimenetek hozzárendelésre).





Létrafok fejlécek: A létrafok mellett egy létrafok fejléc jelenik meg közvetlenül a létrafok felett. A létrafok fejléc segítségével dokumentálja a létrafok logikai célját. A létrafok fejléc a következő információkat tartalmazhatja:

- Létrafok száma



- Címkék (%Li)
- Szubrutin nyilatkozatok (SRi:)
- Létrafok címe
- Létrafok megjegyzések






### Létra nyelv Grafikai elemei:

A kontaktus grafikai elemei a tesztzónában kerülnek programozásra és egy cellát foglalnak el (egy sor magas és egy oszlop széles).


Név	Grafikai elem	Utasítás	Funkciók
Alapállapotban nyitott kontaktus		LD	Átmenő kontaktus, amikor az azt vezérlő bitobjektum 1-es állapotban van.
Alapállapotban zárt kontaktus		LDN	Átmenő kontaktus, amikor az azt vezérlő bitobjektum 0 állapotban van.
Kontaktus a felfutó él észlelésére		LDR	Felfutó él: észleli az azt vezérlő bitobjektum változását 0-ról 1-re.
Kontaktus egy lefutó él észlelésére		LDF	Lefutó él: észleli az azt vezérlő bitobjektum változását 1-ről 0-ra.

A grafikai kapcsolati elemek segítségével lehet csatlakoztatni a teszt, illetve a művelet grafikai elemeit.

Név	Grafikai elem	Funkciók
Vízszintes csatlakozó		Sorban összekapcsolja a teszt, illetve művelet grafikai elemeit a két lehetséges sor között.
Alsó csatlakozó		Párhuzamosan összeköti a teszt, illetve művelet grafikai elemeit.

Név	Grafikai elem	Utastás	Funkciók
Direkt tekercs		ST	A kapcsolt bitobjektum a tesztzóna eredményének értékét kapja.
Negált tekercs		STN	A kapcsolt bitobjektum a tesztzóna eredményének negált eredményét kapja.
SET tekercs		S	A kapcsolt bitobjektum 1-re van beállítva, amikor a tesztzóna eredménye 1.
RESET tekercs		R	A kapcsolt bitobjektum 0-ra van beállítva, amikor a tesztzóna eredménye 1.
Ugrás és szubrutin-hívás	->>%Li ->>%SRi	JMP SR	Csatlakoztatás címkézett utastáshoz, a lefutással megegyező vagy azzal ellentétes irányban.
Átmeneti feltétel tekercs			Grafcet nyelvben megadva, akkor kerül használatra, amikor az átmenetekhez kapcsolt átmeneti feltételek programozása átváltást eredményez a következő lépésre.
Visszatérés egy szubrutinből	<RET>	RET	Lehetővé teszi a hívómodul visszatérését, amikor a tesztzóna eredménye 1.
Leállító program	<END>	END	Leállítja a program futását, amikor a tesztzóna eredménye 1.

A funkcióblokkok grafikai elemei a tesztzónában kerülnek programozásra, és négy sor illetve két oszlop méretű cellát igényelnek (kivéve a nagysebességű számlálókat, amelyekhez öt sorra és két oszlopra van szükség).

Név	Grafikai elem	Funkció
Időzítők, számlálók, stb.		Mindegyik funkcióblokk bemeneteket és kimeneteket használ, amelyek lehetővé teszik a kapcsolatot más grafikai elemekkel. Megjegyzés: a funkcióblokkok kimenetei nem lehetnek egymáshoz kapcsolva (független csatlakozás).

A tekercs grafikai elemek a tesztzónában kerülnek programozásra, és egy cellát foglalnak el (egy sor magas, illetve egy oszlop széles).” [3]

## 3. A Gyártósor

Két gyártósori modellt készítettünk, egy lineáris és egy U elrendezésűt. Kettő felépítése néhány dologban különbözik, míg a bennük megtalálható folyamatelemek és műveletelemek ugyanazok.

### 3.1 Folyamatok

#### 3.1.1 U alakú elrendezés

Az U elrendezésnél (3.1. ábra) a gyártás folyamatosan futószalagon történik. Ebben a modellben egy robotkar található, ami a présgép szállítószalagjára helyezi a nyersanyagot és a gyártósor utolsó műveleteleme után, a hegesztő robot szállítószalagjának végén pedig elveszi a készterméket. A megmunkáló folyamatok időrendi sorrendben a következők: préselés, marás, fúrás, hegesztés.



3.1. ábra: U elrendezésű modell

Miután a robotkar elvette a palettáról a nyersanyagot és elhelyezte a szalagon a szalag elindul a prés irányába. A préselés művelet két préselési műveletből áll. Miután a présgép elvégezte mindkettőt, a szállítószalag visszafelé indul, majd egy fordító motor áttolja a terméket merőleges irányba, ezután következik a marási művelet, mely szintén két marási műveletből áll. A részfolyamat végeztével a futószalag tovább szállítja a terméket a fúró egységhez, itt megtörténik a fúrási művelet. Ezután egy másik fordító motor merőleges irányba áttolja a terméket és következik az utolsó művelet, a hegesztés. A termelési folyamat végén, a robotkar megfogja a készterméket és elhelyezi a palettában. A modellben megvalósított futószalagos paletta a valódi gyártásban nincs jelen, az itteni megvalósítás csakis a bemutatás szempontjából volt fontos, azért hogy a gyártás folyamatos és ciklikus legyen.

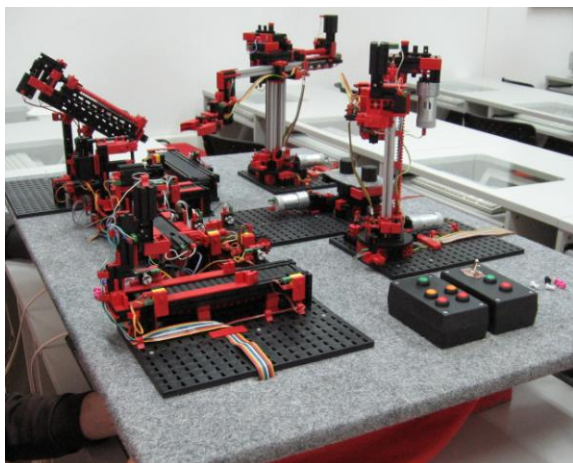
## 3.1.2 Lineáris Elrendezés

A lineáris elrendezésnél (3.2. ábra) a szállítószalagok nincsenek összekacsolva, a közöttük lévő kapcsolatot a robotkarok oldják meg. Tehát nagyban különbözik az U elrendezésű gyártósortól, hogy itt nem egy, hanem két darab robotkar található. A Folyamat elején az egyes számú robotkar elveszi a palettáról a nyersanyagot és elhelyezi a prés gép szállítószalagjára. A szalag eljuttatja a terméket



3.2. ábra: Lineáris elrendezésű modell felülnézete

a prés géphez. A préselési művelet itt is szintén két műveletelemből áll, csakúgy mint az U alakú modellnél. Ezután a szállítószalag visszaviszi a terméket az egyes számú robotkarhoz, ami áthelyezi egy maróval és fúróval rendelkező gyártócella szállítószalagjára. Aztán a gyártócella első szállítószalagja mozgatja a terméket. A következő lépésben a terméket egy fordító motor merőlegesen eltolja és így ér el a marási művelethez. Itt a marógép elvégzi a két műveletelemből álló marást, ezután következik a fúrás ahová szintén a szalag szállít. Az



3.3. ábra: Lineáris elrendezésű modell oldalnézete

utolsó rész művelet előtt egy újabb fordítómotor eltolja a terméket merőlegesen és az elérkezik a kettes számú robotkarhoz, ami áthelyezi a hegesztő robot szalagjára. Megtörténik a hegesztés, majd a szalag végén a kettes számú robotkar leveszi a terméket és a palettára rakodja. Ennél az elrendezésnél is a gyártás folyamatossága miatt ugyanúgy építettük a palettát, mint az előbbinél, csak mechanikai megvalósítása más.

## 3.2 Felépítés

Mint már említettük a modelleket a Fischertechnik cégtől szereztük be. Legtöbbjük össze volt szerelve, néhányat mi raktunk össze és olyanok is vannak, amiket módosítottunk.

### 3.2.1 A maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella felépítése

Mindkét modell középső része ugyanolyan felépítésű, ezen történik a marási és a fűrési műveletelem. Négy szállítószalagból áll, melyek össze vannak kapcsolva. A második szállítószalag fölött található egy marógép (3.5. ábra), a harmadik szállítószalag fölött pedig egy fűrőgép (3.6. ábra). Az U elrendezésű gyártósori



3.6. ábra: Fűrőgép

modellnél a második, azaz a marógép alatti szalagot kicseréltük

egy hosszabbra. A csere szükségességét egy még a tervezés alatt felmerülő probléma váltotta ki. A gyárilag beépített kisebb szalag használatával ugyanis a robotkar nem érte el megfelelően a gyártósor kezdő és végpontját.

Két fordító berendezés található rajtuk (3.7. ábra), melyek a termék mozgásának irányát merőlegesen megváltoztatják. Az egyes számú az első és a második, a kettes számú a harmadik és a negyedik szállítószalag között található.

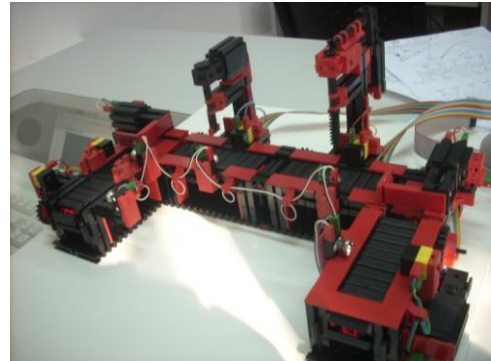
Meghajtásuk 24V-os motorokkal történik (3.8. ábra), az érzékelés pedig



3.8. ábra: Motor

fotóérzékelőkkel (3.9. ábra), melyeket 24V-os izzók világítanak meg. A fénysugár megszakadása esetén jelet adnak. A fordító berendezéseknél végállás érzékelőket találhatunk (3.9. ábra). A fordító

berendezések motorjának két irányba történő mozgását relékkel oldottuk meg, mivel nem állt rendelkezésünkre olyan PLC, mely kimeneteinek polaritását lehetne változtatni. A maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella pontos felépítését a 3.10. ábra szemlélteti.



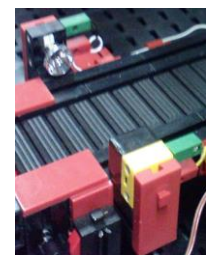
3.4. ábra: Gyártócella maróval és fűrővel



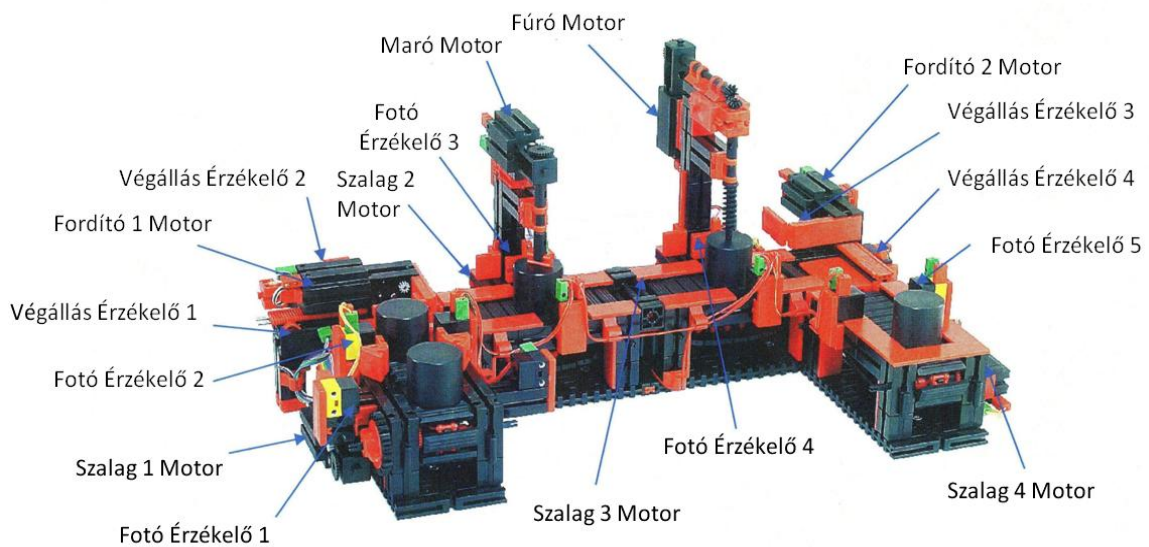
3.5. ábra: Marógép



3.7. ábra: Fordító



3.9. ábra: Fotóérzékelő



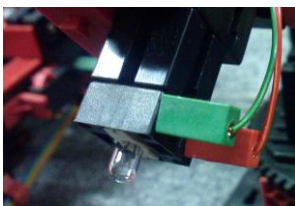
3.10. ábra: Maróval és fúróval rendelkező gyártócella felépítése

## **3.2.2 Hegesztő robot és szállítószalag felépítése**

A két modell esetében a hegesztő robotok (3.5. ábra) teljesen egyformák, ugyanolyan alkatrészeik vannak. A gyári tervezés szerint a hegesztő talpzata forgatható lenne, de mi ezt kiiktattuk, így fixen áll, csak a felső kar mozgatható ki-be. Ezen a modellen található egy számlálóként használt érzékelő, ami annak a tengelynek fordulását számolja, amely segítségével mozog a felső kar. Van rajta még egy végállás érzékelő, ami a kar teljes behúzásánál érzékel.



3.11. ábra: Hegesztő robot



3.12. ábra: Hegesztő

A mozgatható kar végén egy 9V-os izzó található (3.12. ábra), mellyel a hegesztést imitálhatjuk. A hegesztő karjának mozgatására szintén 9V-os motor állt rendelkezésünkre. A 9V-os berendezések további gondokat okoztak, erről és a megoldásról részletesebben az elektronika és bekötés fejezetben írunk majd.



3.13. ábra: Szállítószalag

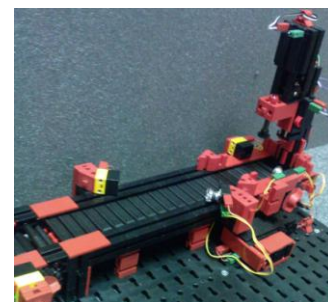
A szállítószalagok (3.13. ábra) között némi eltérés van, mivel az egyiket kicsit módosítottuk a gyári állapothoz képest. Kicseréltünk egy fotóérzékelőt, egy végállás érzékelőre. Ennek oka az volt, hogy a lineáris elrendezésű modellnél, a robotkar

oldalról rakodja a terméket a szalagra. Első esetben megpróbáltuk egyszerűen áthelyezni a fotóérzékelőt a szalag oldalára. Ez nem bizonyult jó megoldásnak, mivel a robotkar elég széles, ezáltal a fotóérzékelő távont került a fényforrástól, így többször előfordult, hogy akkor is adott jelet, amikor a robotkar még a közelében sem volt. A problémát sikerült orvosolni. Beépítettünk egy végállás érzékelőt, ami érzékel amint a robotkar ráteszi a terméket a szalagra.

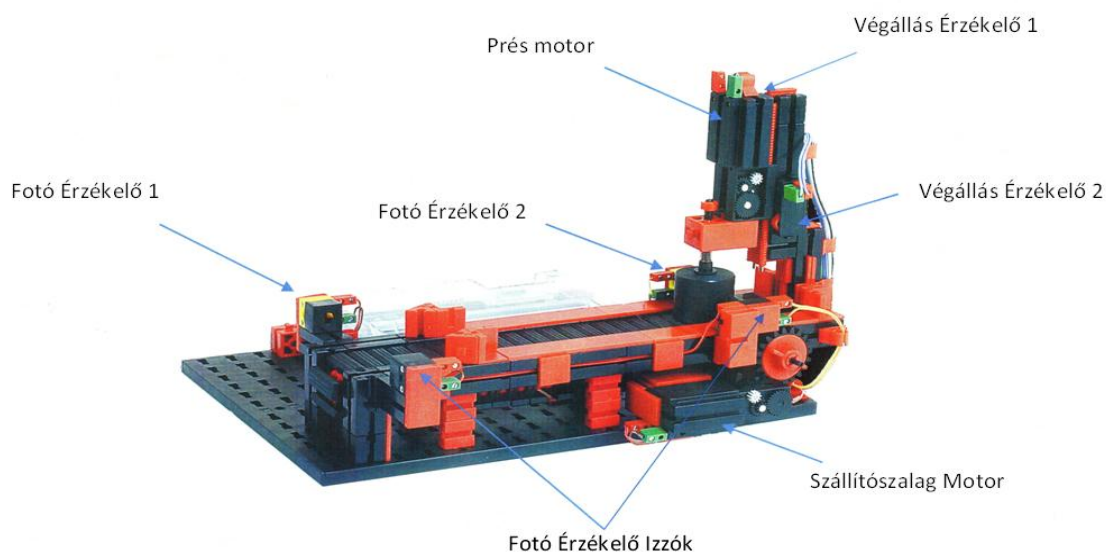
A szállítószalagok többi része teljesen megegyezik. Található rajtuk egy számláló érzékelő, hasonlóan a hegesztőnél leírtakra. Ennek segítségével a szalag motorjának fordulata tudjuk megszámloltatni, tehát segítségével szabályozhatjuk a szalag léptetését. A végükön helyezkedik el egy újabb fotóérzékelő. Ezek a szállítószalagok csak egy irányú mozgásra képesek.

### **3.2.3 Présgép és szállítószalagjának felépítése**

A Présgép modell (3.14. ábra) által végzett művelet mindkét gyártósor esetén az első. Építésüket nézve, egy kivétellel minden megegyezik rajtuk. Az U elrendezésű gyártásnál az első fotóérzékelőt el kellett forgatnunk 45°-al, mivel a robotkar ferdén rakodja a szalagra a nyersanyagot. A lineáris elrendezésnél pedig minimálisan távolabb helyeztük az első fotóérzékelőt, azért hogy a robotkar könnyebben rakhassa a terméket a szalagra.



3.14. ábra: Présgép

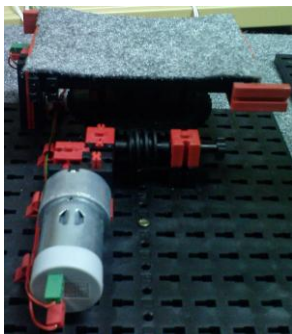


3.15. ábra: Présgép felépítése

Ezekon a modelleken tehát található egy fotóérzékelő a szállítoszalag elején, melyek a folyamat elindulását segítik. Van rajtuk még egy második fotóérzékelő. Ennek segítségével pozícionálhatjuk be a terméket a prés alá. A szalag motorja 24 voltos és az oda-vissza menetet szintén reléekkel oldottuk meg. A présen található két végállás kapcsoló melyekkel a lenti és fenti végállásokat kalibrálhatjuk. A présgép motorja is az előbbi megoldással megy le és fel. A prés pontos felépítését a 3.15. ábra szemlélteti.

### **3.2.4 Paletták felépítése**

Kétfajta paletta található modelleken. Az U elrendezésűnél felhasználtuk a marógép alól kivett szalagot (3.16. ábra). A gyártósorban található összes műveleti elem elvégzése után a robotkar a szalag egyik végére rakodja a terméket, majd a szalag



3.17. ábra: Paletta 2

továbbítja a kezdőálláshoz. A továbbításhoz időzítőt használtunk, ezért ezen a szállítoszalagon csak egy egyenáramú 24 voltos motor található, érzékelők nem. A lineáris gyártósornál építenünk kellett egy másik palettát, mivel több szalag nem állt rendelkezésünkre. Az épített egység egy palettaforgató lett (3.17. ábra), ami a végállásból a kezdőállásba forgatja a terméket.



3.16. ábra Paletta 1

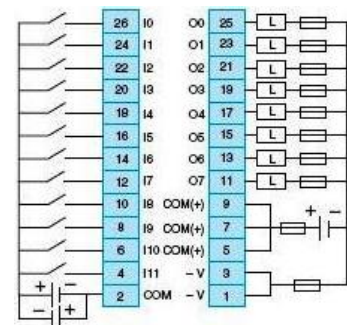
A palettákat, mint már említettük azért valósítottuk meg ilyen módon, hogy a modell működése folyamatos és ciklikus legyen.

### 3.3 Elektronika és Bekötés

A Fischertechnik modelljeit saját vezérlőkkel árulja, amikbe pontosan illeszkednek a csatlakozóik, tehát elég egyszerű összeépíteni őket. Nekünk nem álltak rendelkezésünkre ezek a vezérlők ezért a már meglévő programozható logikai vezérlőkkel kellett összekapcsolnunk őket, itt következett az elektronikai munka.

A legtöbb modell már összeépítve érkezett hozzánk, ezek be is voltak vezetékelve egy aljzattal a végükön. A másik oldalon pedig a Twido PLC állt melyen szintén található egy aljzat. Az ezek közötti távolságot kellett áthidalnunk, tehát a munkát vezetékéssel kezdtük. Készítettünk mindegyik modellen levő aljzathoz egy hozzá illő dugót benne kábellel, a kábel végére pedig érvéghüvelyeket tettünk, azért hogy megkönnyítsük a további szerelést. A PLC felől érkező kábeleket is ilyen módon gyártottuk. Azoknál a modelleknél melyeket mi raktunk össze nem volt szükség megfelelő dugó készítésére, mivel ezeket saját magunknak kellett bekábelezniük.

Miután a megfelelő kábelek rendelkezésünkre álltak, elkezdhattuk azoknak pontos bekötését. Meg kellett tervezniük azt, hogy a modelleken levő érzékelőket és motorokat a PLC



3.18. ábra: Twido PLC portjai

mely bemeneti és kimeneti portjaira kössük. Segítségünkre volt a modellekhez csatolt útmutató mely pontosan leírta, hogy az a bizonyos érzékelő vagy motor pontosan melyik vezetékre van kötve. Viszont bekötés közben műszeres méréssel is megbizonyosodtunk arról, hogy a megfelelő vezeték a megfelelő helyre kerül. A másik oldalról pedig, a PLC portjainak pontos leírása állt rendelkezésünkre (3.18. ábra). A Modellek felől érkező kábelek érvéghüvelyekkel ellátott felét sorkapcsokban rögzítettük. Következő lépésként pedig a PLC kábelek szintén érvéghüvelyes felét a sorkapcsok megfelelő részébe csavaroztuk. Így hoztuk létre a modellek és a PLC-k közti kapcsolatot.

Néhány helyen azonban nem volt elég csak ilyen egyszerűen összekötnünk a ki és bemeneteket. Mint már említettük a Twido PLC-k nem rendelkeznek olyan funkcióval, hogy a kimeneteik polaritását lehessen változtatni. Erre akkor volna szükség, amikor egy motort mind a két irányba kellene forgatnunk. Mint kiderült több helyen is szükségünk van ilyen funkcióra. Ezt a problémát relék beiktatásával kezeltük. Bekötés után a motor jobbra

forгатásához egy kimenetet használtunk, balra forгатásához pedig egy másikat. A relék pontos bekötését, a robotkarok elektronikai leírásánál tárgyaljuk.

Az U alakú gyártósort egy PLC vezérli, amihez hozzacsatoltunk két bővítő egységet. Egy 16 portos bemeneti és egy 16 portos kimeneti egységet. Sajnos nem állt rendelkezésünkre több bővítő egység, a fő PLC-ink pedig csak 20 I/O porttal rendelkeztek, így a lineáris gyártósort több PLC-vel kellett vezérelnünk. Egy PLC irányítja a présgépet, egy a hegesztőt és a hozzá tartozó szállítószalagot. A maróval és fúrógéppel rendelkező gyártócellán 6 darab egyirányú motor található, amit a PLC-n 6 kimenet tud szabályozni és két darab kétirányú motor melyekhez összesen 4 kimenetre van szükség. Mivel a PLC összesen 8 kimenettel rendelkezik így a maróval és fúrógéppel rendelkező gyártócella vezérlését két részre kellett bontanunk, ami két PLC felhasználását jelenti. A PLC-eket kimeneteiken és bemeneteiken keresztül kommunikáltatjuk. Tehát összekötöttük az egyik bemenetét a másik kimentével.

A készen érkezett modellek egyenáramú, 24V-os áramforrásról működtek. Ezzel szemben a készletben kaptak üzemeltetéséhez, amiket saját magunknak kellett összeraknunk, csak 9V-os áramforrást használhattunk. El kellett tehát különítenünk ezt a két részt egymástól. Az egyik összeszerelt modell a hegesztő volt, tehát ehhez 9V-os motort használtunk. A PLC 24V-os feszültséget használ a kimenetein, ezért nem köthettük csak egyszerűen rá a hegesztő motorjára. Mivel a hegesztő motort is kétfelé kellett mozgatnunk így a reléken keresztül oldottuk meg azt, hogy a motor 9 voltot kapjon. A hegesztő karján levő izzó, mely a hegesztést imitálja szintén 9 voltos. Ide egyszerűen beépítettünk egy ellenállást, ami a PLC-ből érkező 24 voltot leredukálta 9 voltra. Az általunk épített forgó depónia motorja is 9V-tal működött, de itt nem kellett relét beiktatnunk, mivel csak egy irányba mozog. Ugyanúgy, mint a hegesztő izzójánál, itt is egy ellenállással kezeltük a problémát.

## 3.4 Programozás

Mindegyik részegység programjának része egy úgynevezett RESET ág, ami megállítja az egység működését és vészleállítóként is funkcionál. Továbbá minden programban található egy rész, amely megvizsgálja, hogy a részegységeken levő elemek végállásban találhatóak-e és ha nem akkor beállítja azokat. Ezek közé az elemek közé tartozik a présgép a fordító berendezések és a hegesztő karja. A következőkben a fő részek algoritmusait mutatjuk be. Az algoritmusok ábráit függelékben csatoljuk.

### **3.4.1 Működési algoritmusok a lineáris modell részegységeinél**

#### **3.4.1.1 U szalag algoritmus**

Az első fotóérzékelő érzékeli a terméket, amit a robotkar helyezett rá, késleltetve elindítja az egyes számú szállítoszalagot vezérlő motort, a robotkarnak elég időt hagyva arra, hogy eltávolodjon a szalagtól. Ezután a második fotóérzékelő érzékel, majd két másodperces késleltetéssel leállítja az egyes szalag motorját és elindítja a fordító berendezést, ami végállásában várakozik, az egyes számú kapcsolót nyomva tartva. A fordító áttolja a terméket a kettes szalagra, amit a kettes kapcsoló indít el. A kettes kapcsoló, visszaindítja a fordítót a végállása felé. Amikor a hármas fotóérzékelő érzékel, megállítja a kettes szalagot és késleltetve indul az első marási folyamat, majd ennek végeztével újabb késleltetéssel indul a második marási folyamat. Ezután késleltetve elindul a kettes szalag és egy időben vele elindul a hármas szalag is. A termék eléri a négyes fotóérzékelőt, késleltetve elindul a fűrési folyamat. A fűrés után újabb késleltetéssel elindul a hármas szalag, majd késleltetve le is áll és a PLC jelet küld a második PLC-nek. A kettes PLC elindítja a második fordító berendezést, ami áttolja a terméket a négyes szalagra. A négyes szalagot a négyes számú kapcsoló indítja, amikor érzékeli a fordítót, és egyben vissza is küldi azt a végállásába. Az ötös fotóérzékelő érzékelése után késleltetve leáll a szalag és jelet küld a kettes robotkarnak, ami eljuttatja a további folyamatokhoz a terméket. Ezzel egy időben történik a depónia forgatása is mely a végállásból a kezdőállásba mozgatja a terméket. A forgó depónia a rajta található végállás érzékelőig mozog.

### **3.4.1.2 Hegesztő és szállítoszalagjának algoritmus**

Első lépésben szállítoszalagon található érzékelő érzékeli a kettős robotkart és 4 másodperces késleltetéssel elindítja a szalagot. A késleltetésre itt is azért van szükség, hogy a robotkar megfelelő távolságba érjen a szalagtól. Az indítással egy időben a PLC jelet küld az egyes számú robotkarnak, ezzel indítjuk a második terméket a gyártósoron. A szállítoszalag számláló érzékelője 5 számolás után megállítja a szalagot és elindítja a hegesztő karját kifelé. A kar elindulásának feltétele, hogy a hegesztő végállás érzékelőjét nyomva tartsa. A kar kifelé mozgását a hegesztő számláló érzékelője állítja meg, a beállított érték után. Egy másodperces késleltetéssel felvillan a hegesztő izzója, megtörténik az első hegesztés, ami egy másodpercig tart. Újabb hegesztési művelet következik, szintén egy másodpercnyi késleltetéssel és időtartammal. A második hegesztő művelet után a robotkar elindul visszafelé, és a szállítoszalag két másodperces késleltetéssel továbbhalad. A művelet végén az utolsó fotóérzékelő, miután a termék áthaladt előtte, késleltetve megállítja a szalagot és jelet küld a kettős robotkarnak.

### **3.4.1.3 Prés és szállítoszalagjának algoritmus**

A préselési folyamat kezdetekor az első fotóérzékelő érzékeli a robotkart, amikor az ráhelyezi a terméket. Ekkor késleltetéssel elindítja a szállítoszalagot a prés irányába. A késleltetésre azért van szükség, hogy a robotkarnak legyen elég ideje a szalagra rakodni. A második fotóérzékelő, amikor a termék elérte azt, megállítja a szalagot és két másodperces késleltetéssel elindítja a prést lefelé. A lefelé indítás egy feltétele az, hogy a prés a fenti végérzékelőt nyomva tartva álljon. Amikor a prés eléri az alsó érzékelőt, mozgásának iránya megváltozik, elindul felfelé. Eléri a felső végérzékelőt és újra elindul lefelé, majd az alsó érzékelő újra visszafordítja a prést. Két másodperc késleltetés után a szállítoszalag elindul visszafelé, közben pedig a prés a felső végérzékelőig mozog. A folyamat utolsó részében a szalag megáll és jelet ad a robotkarnak, hogy az megfoghassa és tovább rakodhassa a terméket.

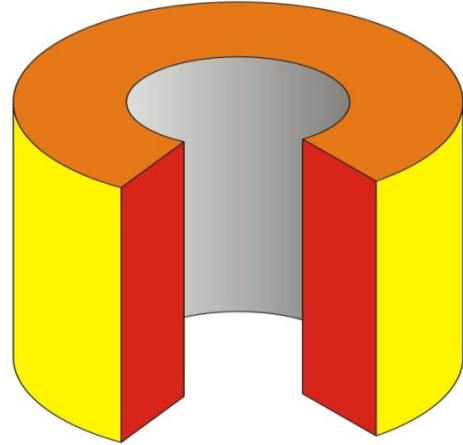
### **3.4.2 Működési algoritmus az U elrendezésű modellnél**

Ennél a modellnél is egy fotóérzékelő indítja a folyamatot. Érzékeli, hogy a robotkar ráhelyezte a nyersanyagot a szalagra és késleltetve elindítja a prés irányába. A présen található kettős fotóérzékelő érzékeli a terméket és ennek hatására leállítja a szalagot.

Két másodperces késleltetés után a végállásban levő présgép elindul lefelé és amikor eléri a kettős érzékelőt irányt változtat. Felfelé haladását a felső végérezékelő állítja meg és újra elindítja a prés lefelé, majd az alsó érzékelő visszafordítja végállása felé. Két másodperces késleltetés után a szállítószalag elindul kifelé, a következő műveleti egység irányába. Egy időben a prés szalagjának indulásával, a maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella egyes szállítószalagja is mozgásba kerül. Amikor az ezen található egyes fotóérezékelő előtt elhalad a termék megáll a présgép szállítószalagja. A kettős fotóérezékelőn való áthaladás után pedig késleltetve megáll az gyártócella egyes szállítószalagja és elindul a kettős szállítószalag, majd a végállásban várakozó fordító berendezés merőlegesen áttolja a terméket a kettős számú szállítószalagra. A fordító berendezést érzékeli a kettős érzékelő és ekkor visszaindítja azt. A fordító az egyes végállás kapcsolóig mozog. A hármass fotóérezékelő érzékeli a terméket, megállítja a kettős szalagot és egy másodperces késleltetéssel elindítja a marógép motorját. Ez egy másodpercig működik majd újabb egy másodperces késleltetés következik, ezután pedig a második marás egy másodperc időtartamig. Újabb késleltetés után a kettős szalag tovább mozgatja a terméket. Elindulásával egy időben a hármass szalag is mozgásba jön. A termék átkerül a hármass szalagra, majd mikor eléri a négyes érzékelőt a hármass szalag megáll és egy másodperces késleltetéssel elindul a fűrő motor. A fűrési művelettel egy időben a depónia a végállásban levő terméket a kezdőállásba mozgatja. A fűrás befejeztével késleltetve tovább indul a hármass szállítószalag. Időben késleltetett megállításkor elindul a négyes szállítószalag is és a fordító berendezés rátolja a terméket. A maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella ötös fotóérezékelője működésbe lépésekor elindítja a hegesztő szállítószalagját. A termék átkerül a szállítószalagra és amikor eléri annak egyes fotóérezékelőjét, a gyártócella négyes szállítószalagja leáll. Ezzel egy időben elindul a hegesztő szállítószalagjának számláló érzékelője és az előre beállított, számolt fordulat után leállítja a szalagot. A hegesztő végállásban lévő karja elindul kifelé, a termék irányába. A hegesztő számláló érzékelője segítségével a megfelelő pozícióban megáll a kar és késleltetve megtörténik egy első hegesztési művelet, egy másodperces időtartamig. Újabb késleltetés következik és újabb egy másodperces hegesztés. Ezután a hegesztő karja elindul a végállása felé és két másodperc múlva a szállítószalag is mozgásba jön, mely továbbítja a terméket. Az utolsó fotóérezékelőn való áthaladás után a beállított időtartam múlva leáll a szállítószalag és a PLC jelet ad a robotkarnak.

## 4. A robotkar

A gyártósor modell egyik fő anyagmozgató eleme a robotkar vagy más néven manipulátor. Ez egy RTT, azaz henger koordináta-rendszerű robot (4.1. ábra), amely el tud mozdulni vízszintes és függőleges irányba, illetve körbe tud fordulni saját tengelye körül.



4.1. ábra: Henger koordináta-rendszer

Egy ilyen kar funkciójának megfelelően többféle lehet, ez attól függ, hogy milyen eszköz van felszerelve a végére. Ilyenek lehetnek például:

hegesztő, maró, fűrő, festékszóró, megfogó, stb.

A szóban forgó gyártósor modellben szereplő manipulátoron egy kétpofás alakzárason alapuló munkadarab megfogó helyezkedik el (4.2. ábra).

Ennek segítségével mozgatja a munkadarabot egy előre megadott helyről egy másik előre megadott helyre.

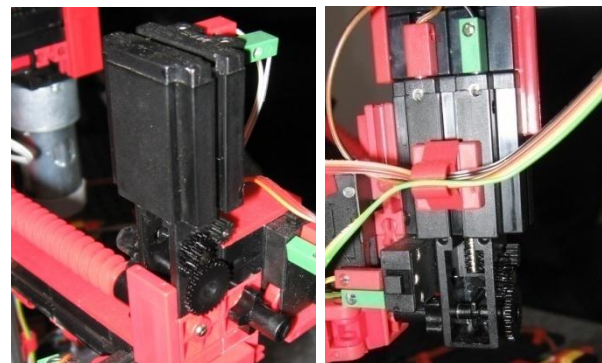


4.2. ábra: Kétpofás megfogó

### 4.1 Alkotóelemek

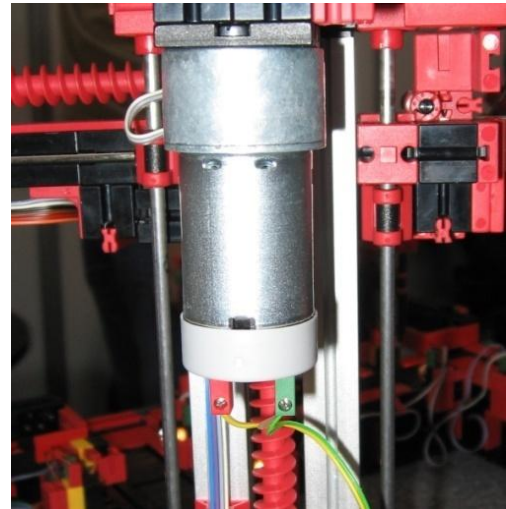
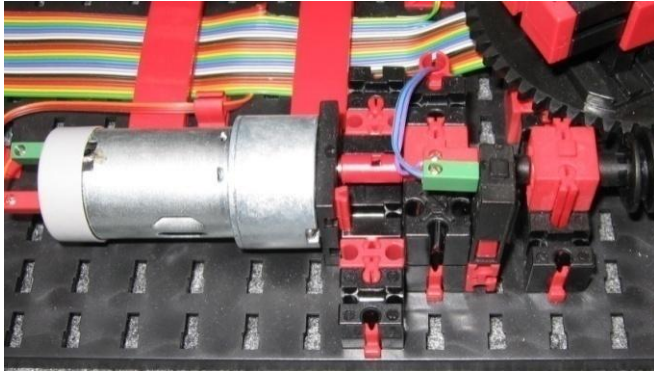
A manipulátoron összesen négy darab 24 voltos egyenfeszültségű motor helyezkedik el, melyek forgási iránya az áram irányának változtatásával vezérelhető. Így lehet a kart felemelni, leengedni, kitolni, behúzni, jobbra- és balra forgatni, továbbá a megfogót kinyitni és bezárni.

A vízszintes mozgáshoz és a megfogó használatához kisebb (4.3. ábra),



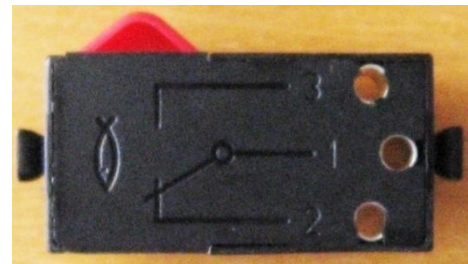
4.3. ábra: Kisebb teljesítményű motorok

a forgatáshoz és a függőleges mozgáshoz pedig nagyobb teljesítményű motorokat (4.4. ábra) szereltek fel a gyárban.



4.4. ábra: Nagyobb teljesítményű motorok

Ezen kívül található rajta nyolc darab érzékelő, melyek nyitó- illetve záró érintkezők is lehetnek (4.5. ábra). Példánkban záró érintkezőként használjuk ezeket, ami azt jelenti, hogy az 1-es és a 3-as lábat zárjuk össze.



4.5. ábra: Érzékelő

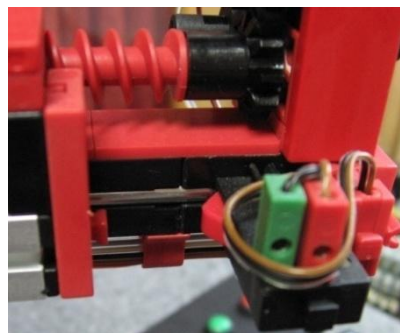
Ezekből 4 darabot használunk végérzékelőként, amely azt érzékeli, hogy mikor van a kar teljesen balra forgatva (4.6. ábra), felemelve (4.7. ábra), behúzva (4.8. ábra), illetve, hogy mikor van a megfogó kiengedve (4.9. ábra).



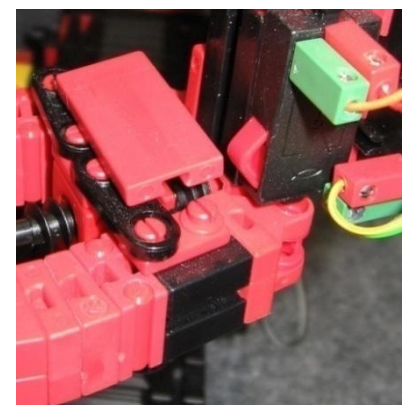
4.6. ábra: Fordulás végérzékelő



4.7. ábra: Emelés végérzékelő

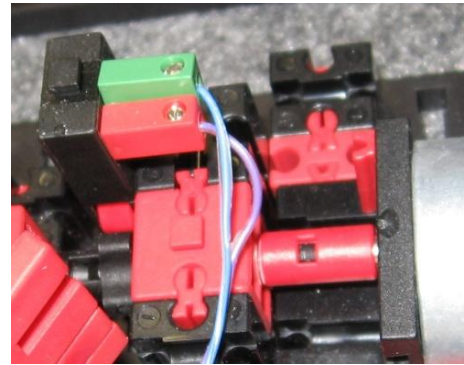


4.8. ábra: Behúzás végérzékelő

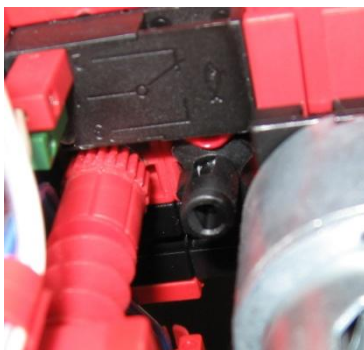


4.9. ábra: Megfogó nyitás végérzékelő

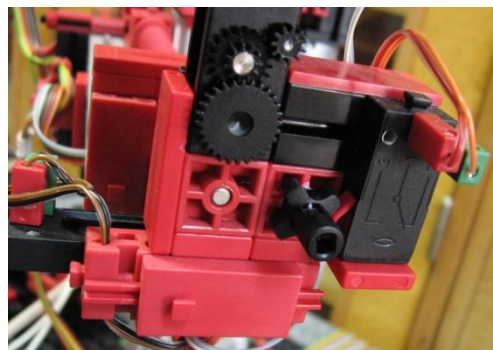
A maradék négy darabot pedig számlálásra használjuk. Ezek azt számolják, hogy a kar mekkora mértékben fordul el (4.10. ábra), mozdul függőleges- (4.11. ábra) és vízszintes (4.12. ábra) irányba, illetve ezzel lehet szabályozni, hogy a megfogó mennyire legyen összezárva (4.13. ábra). Egy teljes tengelyfordulat 4 számlálást jelent.



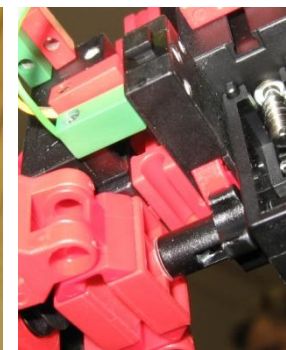
4.10. ábra: Forgást számláló érzékelő



4.11. ábra: Függőleges mozgást számláló érzékelő



4.12. ábra: Vízszintes mozgást számláló érzékelő



4.13. ábra: Összezárást számláló érzékelő

## 4.2 Elektronika és Bekötés

A kart gyárilag összeszerelt állapotban kaptuk kézhez, így az üzembe helyezéséhez és az automatikus működtetéshez az elektronika megalkotására és a PLC programok elkészítése volt a fő feladat.

A manipulátor különböző vezérlési alkatrészeibe (8 érzékelő, 4 motor) bekötött vezetékek egy 26 pólusú csatlakozóba voltak bekötve, de ebből csak az első 24-et használták ki. Minden irányhoz, továbbá a megfogó használatához egyenként 6 pólus állt rendelkezésre.

Az 1. és a 2. pólus a forgatást végrehajtó motor, a 7. és a 8. pólus a vízszintes mozgást végrehajtó motor, a 13. és a 14. pólus a függőleges mozgást végrehajtó motor, a 19. és a 20. pólus pedig a megfogó nyitását és zárását végrehajtó motor csatlakozói.

A 3. és a 4. pólus a forgatás végérzékelőjének, az 5. és a 6. pólus a forgatást számláló érzékelőnek, a 9. és a 10. pólus a vízszintes mozgás végérzékelőjének, a 11. és a 12. pólus a vízszintes mozgás számláló érzékelőjének csatlakozói. A 15. és a 16. pólus a függőleges

mozgás végérezelőjének, a 17. és a 18. pólus a függőleges mozgás számláló érzékelőjének csatlakozói. A 21. és a 22. pólus a megfogó végérezelőjének csatlakozói, ez akkor érzékel, ha a megfogó teljesen kinyitott állapotban van. Végül a 23. és a 24. pólus a megfogó számláló érzékelőjének csatlakozói, amely azt számolja, hogy a megfogó mennyire van összezárva.

Mivel az érzékelőket záró érzékelőkként használtuk, ezért a bekötés szempontjából az érzékelőnkénti pólusok páronként felcserélhetőek voltak. Ezért az átláthatóság szempontjából a páros pólusokat neveztük ki a pozitív pólusnak. A negatív pólusokat pedig egyenként a PLC bemeneteire kötöttük rá.

A PLC-n tizenkettő bemenet és nyolc kimenet áll rendelkezésre úgy, hogy a páros pólusok a bemeneteknek, a páratlan pólusok pedig a kimeneteknek felelnek meg, és ezeket úgy kell nézni, hogy a legelső bemenet a 26. pólus, a legelső kimenet pedig a 25. pólus.

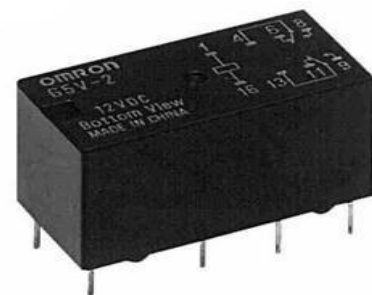
Ez a végérezelőket nézve azt jelenti, hogy a PLC 26. pólusa a kar csatlakozójának 3. pólusával, a PLC 24. pólusa a kar csatlakozójának 9. pólusával, a PLC 22. pólusa a kar csatlakozójának 15. pólusával, a PLC 20. pólusa a kar csatlakozójának 21. pólusával van összekötve.

Ehhez hasonlóan vannak kötve a számláló érzékelők is. A PLC 18. pólusa a kar csatlakozójának 5. pólusával, a PLC 16. pólusa a kar csatlakozójának 11. pólusával, a PLC 14. pólusa a kar csatlakozójának 17. pólusával, és a PLC 12. pólusa a kar csatlakozójának 23. pólusával van összekötve.

A PLC 8. és a 10. pólusa, azaz 9. illetve 10. bemenet különböző PLC-ktől kap jelet. Ezeknek a PLC-knek a +24 voltos illetve a 0 voltos pólusa közösítve van.

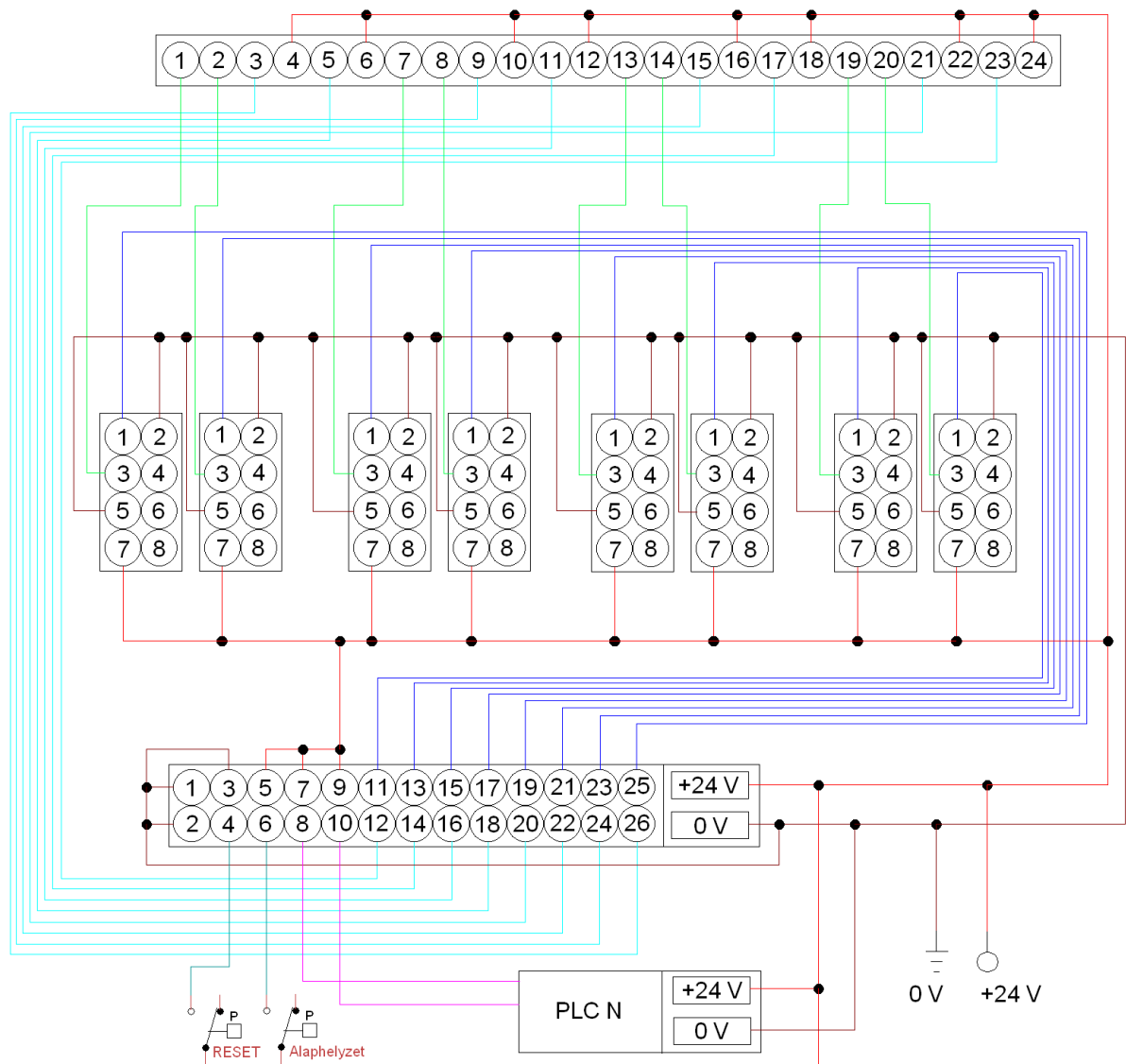
A 4. és a 6. pólus egy-egy nyomógombnak az egyik lábára van kötve. A nyomógombok másik lába pedig a +24 voltra van kötve. A 4. pólushoz tartozó nyomógomb a RESET-elést, a 6. pólushoz tartozó nyomógomb pedig alaphelyzetbe állítást hajtja végre.

A motoroknál egy kicsit bonyolultabb volt a helyzet, mivel ahhoz, hogy az egyik irányba tudjanak forogni, egyszer az egyik pólusra kellett kötni a +24 voltot és a másik pólusra a 0 voltot. Ezzel szemben, amikor a másik irányba akartuk őket forgatni, akkor ezeket megfordítva kellett bekötni, mivel a PLC egyszerre csak az egyik irányt tudta megvalósítani.



4.14. ábra: Relé

Ezt a problémát úgy orvosoltuk, hogy irányonként beiktattunk egy-egy relét (4.14. ábra). Ehhez motoronként két relére volt szükségünk, ami összesen nyolc darab relét jelentett. Nyolclábú relét használtunk, melyek két áramkört lettek volna képesek ellátni, de csak egyszerre, ezért nem használtuk ki csak az egyik áramkört, ami azt jelenti, hogy a 4. a 6. és a 8. láb üresen maradt. A relé tekercse az 1. és a 2. láb között van elhelyezve. Az 1. pólusokat a PLC kimeneteire, a 2. pólusokat pedig közösítve rákötöttük a 0 voltra. Így a PLC 25. pólusa az első, a 23. pólusa a második, a 21. pólusa a harmadik, a 19. pólus a negyedik a 17. pólusa az ötödik, a 15. pólusa a hatodik, a 13. pólusa a hetedik, a 11. pólusa pedig a nyolcadik relé 1. lábára lett rákötve. A relék 3. lábát egyenként rákötöttük a motorok pozitív illetve negatív pólusára. A kar csatlakozójának 1. pólusát az első, a 2. pólusát a második, a 7. pólusát a



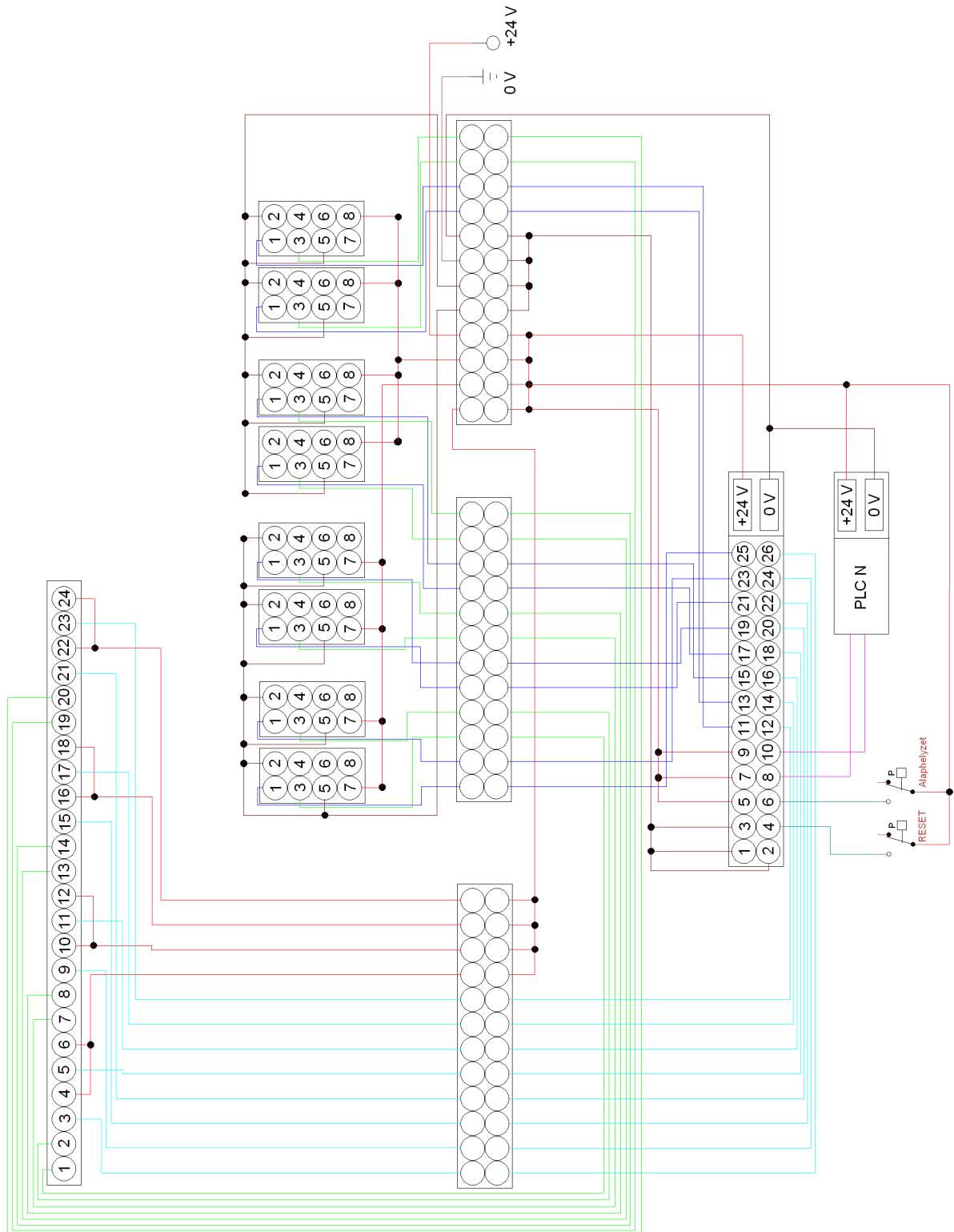
4.15. ábra: Robotkar elvi kapcsolása

harmadik, a 8. pólusát a negyedik, a 13. pólusát az ötödik, a 14. pólusát a hatodik, a 19. pólusát a hetedik, a 20. pólusát pedig a nyolcadik relé 3. lábára kötöttük rá. A relék maradék lábai közül az 5. lábat közösítettük és rákötöttük a 0 voltra, majd a relék 7. lábat is közösítve rákötöttük a +24 voltra. Ehhez hasonlóan használtuk a reléket a hegesztő robotoknál is, annyi különbséggel, hogy ott a relék 7. lábát a +9 voltra, míg az 5. lábát közösítve a 9 voltos tápegység 0 voltos pólusára kötöttük rá, mivel azok 9 voltos motorokkal lettek felszerelve.

Amikor a relé tekercse nem kap jelet, azaz nincs meghúzva, akkor a 3. és az 5. láb van összezáródva, így a robothoz nem jut el a pozitív feszültség. Ezzel szemben, amikor a relé az 1. lábán keresztül jelet kap a PLC-től, akkor a 3. és a 7. láb záródik össze, így a robothoz eljut a pozitív feszültség, és ez elkezd forgatni a motort. Fontos, hogy a motor egyszerre csak egy irányból kapjon pozitív feszültséget, különben a motor teljesen tönkre is mehet. Ennek szabályozása a PLC programon keresztül történik.

A PLC kimaradt pólusait a kézikönyvből kiolvastva kötöttük be: az 1. a 2. és a 3. pólust rákötöttük a 0 voltra, az 5. a 7. és a 9. pólust pedig rákötöttük a +24 voltra.

Ennek a kapcsolásnak a részletes rajza a 4.15. ábrán tekinthető meg. Ez a kapcsolás egy elvi kapcsolás, mivel bizonyos vezetékek nem fértek volna el egymás mellett, vagy más okból nem lehetett volna összekötni azokat. Ezért a vezetékek végére érvéghüvelyeket préseltünk és a megfelelő végeket sorkapcsokban rögzítve hoztuk létre a PLC, a relék, és a robotkar közötti tényleges kapcsolatot. A tényleges kapcsolást a 4.16. ábra szemlélteti.



4.16. ábra: Robotkar tényleges kapcsolása

## 4.3 Programozás

Összesen két darab gyártósor modellt készítettünk, melyben három darab manipulátort helyeztünk el. Az első egy lineáris, a második pedig egy U-alakú elrendezés. A lineáris felépítésűt kettő, az U-alakút pedig egy darab manipulátor szolgálja ki. A lineáris elrendezésűnél egyszerre csak egy irányban történik elmozdulás, ezzel szemben az U-alakú elrendezésűnél a kar behúzását és felemelését illetve a kar kitolását és leengedését egyszerre hajtja végre a vezérlés.

A robotok programozása három fő részből áll, melyek egymás előfeltételei. Az első rész a RESET-elő rész. A második rész az alaphelyzetbe állítás, amely után a kar egy meghatározott pozíciót vesz fel. A harmadik rész maga a program.

A modellen robotonként négy vezérlő bemenetet hoztunk létre.

Az első vezérlő utasítás a RESET, mely az éppen futó programot azonnal leállítja, így a robot az aktuális pozícióban azonnal megáll.

A második vezérlő utasítás az Alapbeállítás, amely a kart a megfelelő helyzetbe állítja.

A harmadik vezérlő utasítás az indító jel kiadása. Viszont ahhoz, hogy ezt ki tudjuk adni, meg kell várni, hogy a kar, egy RESET-elést követően az alaphelyzetbe érjen. Amint odaért, kiadhatjuk a jelet. Ha kiadtuk a jelet, akkor indul el a teljes gyártási folyamat. Ez a jelet viszont csak egyszer kell kiadni, mert miután elindult a folyamat, a program ciklikusan tudja vezérelni a gyártósort, így nem szükséges minden ciklust kézzel indítani, mert az automatika elvégzi ezt helyettünk.

A negyedik jelet a vezérlés a szállítószalagtól, vagyis egy másik PLC-től kapja, és úgy folytatódik tovább a ciklus.

A RESET-elő és az alapbeállítás mindhárom robotkarnál hasonlóképpen van leprogramozva, annyi eltéréssel, hogy az alapbeállítás parancs kiadásakor a karok különböző pozíciókat vesznek fel.

### **4.3.1 Alaphelyzetbe állítás algoritmus**

A jel kiadása után mind a négy motor elindul a végérzékelővel ellentétes irányba: jobbra fordítja, kitolja és leengedi a kart, illetve összezárja a megfogót. A motorok viszont csak addig mennek, amíg az aktuális irányban lévő végérzékelők ki nem engednek, feltéve, ha be voltak nyomva. Ha ez megtörtént, akkor mindegyik motor elindul a másik irányba, azaz a

végérzékelők felé mozgatják a kart. Amikor a végérzékelők érzékelnek, akkor különböző folyamatok zajlódhatnak le. Ez azt jelenti, hogy amikor a kar teljesen balra fordult, akkor elindul jobbra, és akkor áll meg, amikor eléri a kívánt pozíciót. Hasonló a helyzet a vízszintes mozgásnál is. Amikor a kar teljesen be van húzva, akkor elindul kifelé, és akkor áll le, amikor eléri a kívánt pozíciót. Az U-alakú szalagnál az előre meghatározott vízszintes irányban történő elmozdulás 0, ezért ott nem kell kitolni a kart. Mindhárom kar függőleges irányban történő előre meghatározott elmozdulása is 0, ezért egyik kart sem kell elindítani lefelé. Analógia fedezhető fel a karok megfogóinak viselkedésében is, mivel amikor a megfogó végérzékelője érzékel, akkor a megfogó teljesen ki van nyitva, és azt majd csak a főprogramban lévő utasítások fogják tovább vezérelni.

### **4.3.2 A lineáris elrendezésű gyártósorhoz tartozó manipulátorkarok algoritmusai**

AZ ELSŐ ROBOTKAR ALGORITMUSA:

A kar alaphelyzete a paletta fölött helyezkedik el. Az indítójel kiadása után, az alaphelyzetben lévő kar elindul lefelé egy előre meghatározott értékig, majd amikor leért, akkor a megfogó összezáródik, miközben megragadja a terméket. Amikor ez megtörténik, akkor a kar elindul felfelé, majd amikor teljesen felért, behúzódik, a behúzódás után pedig elfordul balra. Amikor teljesen elfordult balra, akkor az előre beállított értékig kitolódik, majd a kitolódás után lemegy a szintén előre meghatározott értékig. Így érkezik meg a termék a prés szállítoszalagjára. Amikor megtörtént a préselés, és a termék visszakerült a megfelelő pozícióba, akkor a prést vezérlő PLC kiad egy jelet a kart vezérlő PLC-nek, és ezt követően, a terméket megragadva ismét összezáródik a megfogó, majd a kar elindul felfelé. Ha teljesen fent van, akkor behúzódik, és ezt követően elfordul jobbra, és pontosan a maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella irányában áll meg. Ezután a beállított értékig kitolódik, majd ismét lemegy addig, amíg el nem éri a szalagot. Ott a megfogó kinyílik és elengedi a terméket. Ily módon kerül a termék a maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócellára. Miután a megfogó teljesen kinyílt, a kar elindul felfelé, ezután behúzódik, és a behúzódást követően elindul jobbra. Amikor az alaphelyzetben lévő pozícióba fordult, a kar ismét kitolódik az alaphelyzetnek megfelelően. Itt ér véget a kar mozgásának folyamata. Azért, hogy a következő ciklust ne kézzel kelljen indítani, a manipulátort vezérlő PLC az indító jellel

párhuzamos bemenetre kap egy jelet a hegesztőt vezérlő PLC-től, és így indul előről a folyamat.

A MÁSODIK ROBOTKAR ALGORITMUSA:

A kar alaphelyzete a maróval és fúrógéppel rendelkező gyártócella vége fölött helyezkedik el. A folyamat akkor indul, amikor a gyártócellát vezérlő PLC jelet ad a robotkart vezérlő PLC-nek. Ekkor a kar lemegy az előre meghatározott értékig, majd ott a megfogó a terméket megragadva összezáródik. Miután összezáródott, a kar elindul fölfelé, és amikor felért behúzódik, majd elfordul jobbra. Amikor a kívánt helyzetbe fordult, akkor egy beállított értékig kitolódik, majd egy szintén beállított értékig lemegy. Ezt követően a megfogó kinyílik, így kerül a termék a hegesztő szállítószalagjára. Amint a megfogó teljesen kinyílt, a kar felhúzódik, azután pedig behúzódik. Mihelyst behúzódként, a kar elfordul jobbra, ahol ismét kitolódik a hegesztő szállítószalagjának vége fölé. Itt a kart vezérlő PLC jelet vár a hegesztőt vezérlő PLC-től, és mikor azt megkapja, akkor elindul lefelé, hogy felvegye a terméket. Amikor a megfogó megragadta a terméket, akkor a kar elindul felfelé. Ahogy felért, behúzódik és elfordul teljesen balra. Ezt követve kitolódik éppen annyira, hogy a kar a körbe forduló paletta fölött helyezkedjen el, úgy, hogy miután a kar lement, elengedte a terméket és ismét felment, a paletta úgy tudjon elfordulni 180 fokot, hogy a termék az első robotkar megfogójának fogási tartományába essen a paletta elforgása után. Miután a kar felért, behúzódik és elfordul jobbra, úgy, hogy miután kitolódik egy meghatározott értékig, pontosan az alaphelyzetbe térjen vissza, azaz a maróval és fúrógéppel rendelkező gyártócella vége fölé. Itt ér véget a ciklus, amelyet az gyártócellát vezérlő PLC-től kapott jel indít újra.

### **4.3.3 Az U-alakú elrendezésű gyártósorhoz tartozó manipulátorkar algoritmus**

A robotkar alaphelyzetben, a paletta présfelőli végének irányába néz. Az indítójel kiadása után, a kar egyszerre indul el kifelé és lefelé egy-egy meghatározott pozícióig, melyet elérve, a termék pontosan a megfogó fogási tartományába fog esni. Miután ez megtörtént, a megfogó összezár, és a terméket összeszorítva felemeli és behúzza a kart. Amikor a kar be van húzva és fel van emelve, akkor elfordul jobbra a prés szállítószalagjának fotóérzékelője irányába. Amint odafordul, a kar kitolódik és lemegy pontosan az érzékelők közé, majd ott a megfogó kinyílik. Így kerül a termék a prés szállítószalagjára. Mihelyst a megfogó teljesen kinyílt, a

kar egyszerre indul el felfelé és befelé. Ahogy a kar elérte azt az állapotot, amikor be van húzva és fent van, akkor elfordul balra, és miután balra fordult, pontosan a hegesztő előtt lévő szállítószalag végének irányába fog állni. Ha a hegesztés befejeződött, és a termék a szalag végén van, akkor a hegesztőt vezérlő PLC jelet küld a robotkart vezérlő PLC-nek, amely elindítja a kart egyszerre kifelé és lefelé. A kitolás és a leengedés akkor fejeződik be, amikor a termék a megfogó fogási tartományába esik. Ekkor a megfogó a terméket megragadva összezár, és egyszerre felemeli és behúzza a kart. Amint a kar felért és behúzódott, elfordul jobbra, annyira, hogy a paletta azon vége felé álljon, amelyik a hegesztőhöz van közelebb. Ezt követően kitolódik és lemegy, úgy, hogy a termék pontosan a paletta közepére essen. Ott elengedi a terméket, és behúzódik, illetve felemelkedik. Miután ez megtörtént elfordul jobbra, úgy, hogy pontosan az alaphelyzetbe térjen vissza. Itt ér véget a ciklus, de ahogy ez bekövetkezik, a PLC program egy marker segítségével újraindul. Ez biztosítja a ciklusok közötti folyamatosságot.

## 5. Fejlesztések

### 5.1 Új egységek a gyártósor irányításában

#### 5.1.1 Terminál:

A gyártósorunk fejlesztései között volt a nyomógombos vezérlés lecserélése terminálokra. A két gyártósorunkat két különböző Schneider Terminállal irányítjuk, ezek a Magelis Család tagjai. Az U-alakú elrendezésű gyártósort egy Magelis XBT RT félgrafikus érintőképernyős terminállal, a lineáris elrendezésűt pedig egy Magelis XBT GT érintőképernyős terminállal irányítjuk. A két készülék jellemzői a következők:

„Magelis XBT RT500 (5.1 ábra)



Kijelző:	Kapacitás:	10 sor, 33 karakter
	Tipus:	háttér világítású LCD (zöld)
Adatbevitel:	12 billentyű (10 konfigurálható)	
Funkciók:	Változók ábrázolása:	Alfanumerikus, oszlopdigram, görbék, gomb és jelzőfény
	Riasztási Napló:	Van
Kommunikáció:	Soros port:	1 db RJ45 (RS 232 - RS 485)
Letölthető Protokollok:	Uni-TE, Modbus Master / Slave (3), Siemens, Rockwell, Omron, Mitsubishi	
Fejlesztői szoftver:	Vijeo Designer Lite	
Méretek:	137 x 37 x 118 mm	
Kompatibilitás a különféle PLC-eszközökkel:	Twido, Modicon TSX Micro, Modicon Premium, Modicon M340, Modicon Quantum	
Tápfeszültség:	5 VDC vagy PLC tápellátás 24 VDC”[4]	

„Magelis XBTGT4230 (5.2 ábra)



Kijelző:	LCD képernyő mérete:	7.5" (640 x 480)
	Típus:	STN
	Színek száma:	4096
Funkció:	A változók ábrázolása:	Alfanumerikus, bittérkép, oszlopdiagram, műszer, gomb, jelzőfény, óra, villogófény, billentyűzet
	Görbék/Riasztási naplók:	Igen, naplóval / Igen, beépített
Kommunikáció:	Soros port:	1 db Sub-D9 (RS 232/RS 422 - RS 485) + 1 db RJ45 (RS 485)
	Hálózat:	Ethernet, IEEE 802.3 10/100 BASE-T, RJ 45
Más gyártótól származó protokoll:	Mitsubishi (Melsec), Omron (Sysmac), Rockwell Automation (Allen Bradley), Siemens (Simatic), Uni-TE, Modbus, Modbus TCP/IP	
Fejlesztői szoftver:	Vijeo Designer VJD TG V M	
Méret:	215x60x170	
Kompatibilitás a különféle PLC-eszközökkel:	Twido, Modicon TSX Micro, Modicon Premium, Modicon Quantum, Modicon M340, Modicon Momentum	
„Compact Flash” kártyahely:	Van	
USB-port:	1	
Videó bemenet:	Nincs	
Beépíthető Ethernet TCP/IP:	Igen	
Tápfeszültség:	24 DC”[4]	

## 5.1.1.1 Szoftverek

A terminálok programozását a Schneider cég Vijeo Designer nevű programjával oldottuk meg. A Vijeo Designer Lite programot használtuk a Magelis XBT RT500 (5.1 ábra) programozásához, és a Vijeo Designer programot pedig a Magelis XBTGT4230 (5.2 ábra) terminálhoz.



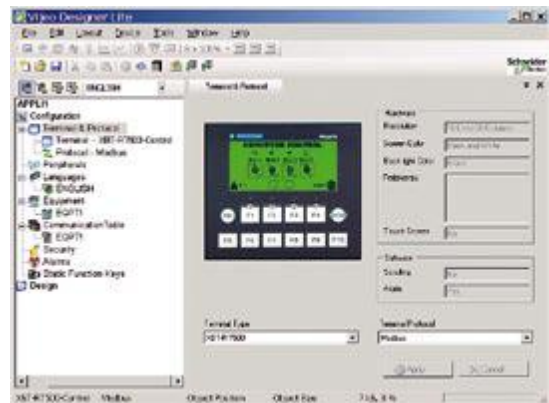
5.3 ábra: Vijeo Designer Lite



5.4 ábra: Vijeo Designer

### Vijeo Designer Lite:

„A Vijeo Designer Lite konfigurálószoftverrel egyszerű kezelőipárbeszéd-alkalmazásokat lehet létrehozni a Magelis XBT N, R és RT kompakt terminálokon (ha van érintőképernyő). A Magelis XBT N és R platformok összes olyan alkalmazásának megnyitását is lehetővé teszi, amelyet a szoftver elődjével, az XBT L1000 szoftverrel hoztak létre. Az egyszerűsített telepítés és a nagyobb egyezőség érdekében a Vijeo Designer Lite tartalmazza a Vijeo Designer szoftver fő jellemzőit (az ergonomikus kialakítást, a felületet stb.), amelyek ma már alapvető elvárásnak számítanak a HMI területén. A Vijeo Designer Lite szoftverrel gyorsan és könnyen elvégezhető a különböző típusú oldalak (alkalmazási oldal, riasztási oldalak, súgóoldalak stb.) létrehozása, valamint az oldalak közötti navigálás létrehozása is.”[4]



5.5 ábra: Vijeo Designer Lite

A Vijeo Designer Lite Program segítségével létrehoztuk a kijelzőn a feliratokat (START F1; Alaphelyzet Robotok F2; Alaphelyzet Szalag F3; RESET F4) A START-ot az F1 gomb segítségével érjük el, ekkor elindul a gyártósoron a gyártás. Az F2-F3 segítségével Alaphelyzetbe állnak a manipulátor karok, és a gyártósor szalagjai. Az F4 segítségével leállíthatjuk

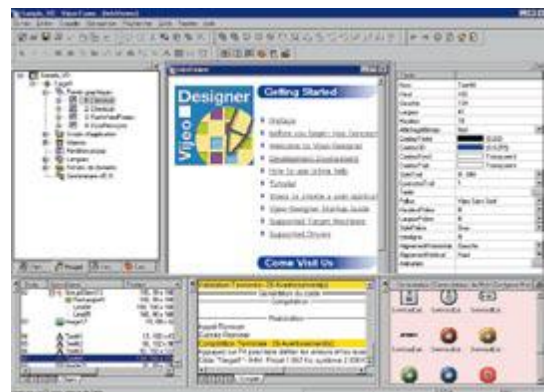


5.6 ábra: Magelis XBT RT500 Terminálunk

a gyártási folyamatot. Mindezek úgy mennek végbe, hogy a terminál megfelelő gombjai jelet küldenek a PLC egyes bemeneteire. Először a kijelző érintő felületét használtuk, de nem érzékelt elég jól a nyomásra és ezért gombokkal oldottuk meg ugyanezt a feladatot.

### Vijeo Designer:

„A Vijeo Designer konfigurációszoftverrel kezelői párbeszéd-alkalmazások hozhatók létre XBT GT, GK és GTW terminálok valamint Smart és Compact iPC berendezések automatizált rendszervezérléséhez. Ezzel a szoftverrel XBT GT, valamint Smart és Compact iPC berendezések multimédiás funkcióinak (videó és hang) kezelése is megvalósítható; az Ethernet-alapú terminálokat és az iPC



5.7 ábra: Vijeo Designer

számítógépeket pedig távolról is el lehet érni, webböngésző segítségével (WEB-gate funkció).

A Vijeo Designer konfigurációszoftver a hat konfigurálható ablak köré kifejlesztett ergonomiai tulajdonságainak köszönhetően a kezelőpárbeszéd-projektek gyors és egyszerű feldolgozását teszi lehetővé.”[4]

A Magelis XBTGT4230 Terminált a Vijeo Designer program segítségével programoztuk. A terminál teljesen érintő képernyős így a gombokat is ennek jegyében készítettük el. A kijelzőn található gombok (START; Alaphelyzet Robotok; Alaphelyzet Szalag; RESET; Készítők). Továbbá a kijelző két



5.8 ábra: Magelis XBTGT4230

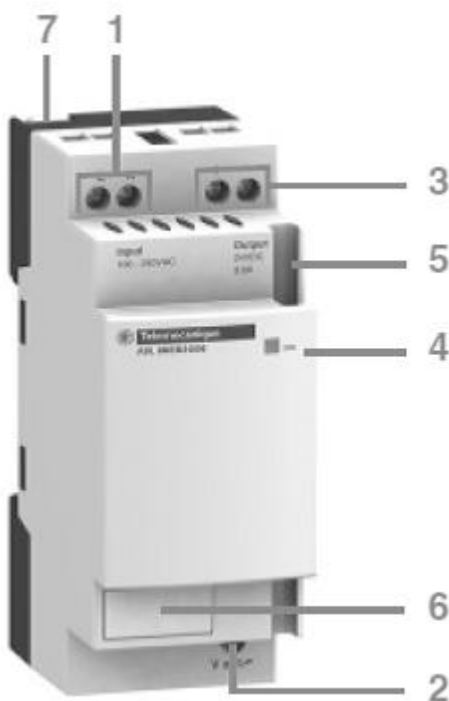
átlósan lévő sarkát megnyomva előugrik a konfiguráló menü. Ez azért volt hasznos, mert a kijelzőt ethernet protokollal csatlakoztattuk a PLC-hez, és így tudtuk beállítani az IP címét. A START gomb segítségével elindul a gyártósoron a gyártás. Az Alaphelyzet gombok segítségével Alaphelyzetbe állnak a manipulátor karok, és a gyártósor szalagjai. Az RESET segítségével leállíthatjuk a gyártási folyamatot. Mindezek úgy mennek végbe, hogy a terminál megfelelő gombjai jelet küldenek a PLC egyes bemeneteire. A készítő gomb megnyomásával előugrik egy új lap és egy képet mutat a készítőkről, melyre rákattintva újra elérhető az indító menü.



5.9 ábra: Terminál beépítve

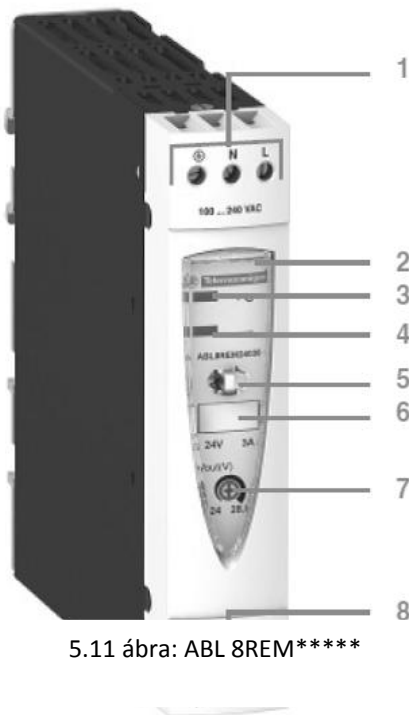
### **5.1.2 Tápegységek:**

Az eddig feszültség beállításra használt esztétikailag nem szép nagy tápokot a hordozhatóság miatt lecseréltük a Schneider cég Tápegységeire. Mivel a gyártósorokhoz szükségünk volt 24V és 9V előállítására két modellt alkalmaztunk az ABL8MEM12020 (12V) és a ABL8REM24050 (24V).



5.10 ábra: ABL 8MEM\*\*\*\*\*

- 1 „2,5 mm<sup>2</sup> -es, csavaros kivezetés az AC bemeneti feszültség csatlakoztatásához
- 2 Kimeneti feszültséget beállító potenciométer
- 3 2,5 mm<sup>2</sup> -es, csavaros kivezetés a kimeneti feszültség csatlakoztatásához
- 4 A kimeneti DC feszültség meglétét jelző LED
- 5 Kábelcsatorna a kimeneti feszültség alsó vezetékének átfűzésére (az ABL 7RM24025 típus kivételével)
- 6 Rácsíptethető jelölécímke
- 7 Visszahúzható szerelőfülek, panelre történő felszereléshez”[2]



5.11 ábra: ABL 8REM\*\*\*\*\*

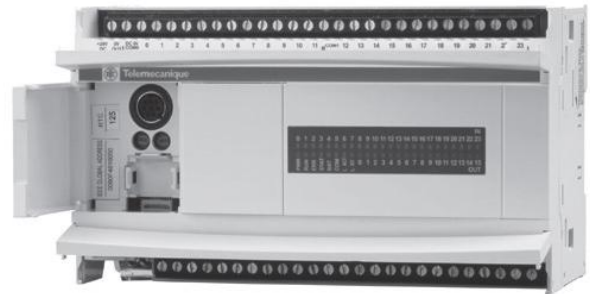
- 1 „2,5 mm<sup>2</sup> -es zárt, csavaros kivezetések a bemeneti feszültség csatlakoztatásához (egyfázisú N-L1, vonalfeszültségű L1-L2)
- 2 Üvegből készült, védő zárófedél
- 3 A bemeneti feszültség állapotát jelző LED (narancssárga).
- 4 A kimeneti DC-feszültség állapotát jelző LED (zöld).
- 5 Az üvegből készült zárófedél retesze (tömíthető)
- 6 Rácsíptethető jelölécímke.
- 7 Kimeneti feszültséget beállító potenciométer
- 8 2,5 mm<sup>2</sup> -es, zárt, csavaros sorkapocs a kimeneti DC-feszültség csatlakoztatásához”[2]

### **5.1.3 TWIDO PLC:**

A gyártósorunk vezérlésére eddig a TWD LMDA 20DTK PLC-t használtuk és két bővítőt a TWD DDO 16TK és a TWD DDI 16DK-t, ezek a modellek nem relés kimenetűek így a fejlesztések során új PLC-eket és bővítőegységeket használtunk, amelyek rendelkeznek relés kimenettel. Ezek a TWD LCDE 40DRF, és a bővítőmodulok pedig TWD DDI 16DT-t és a TWD DRA 16RT-t.

#### **5.1.3.1 TDW LC\*\* Kompakt vezérlők bemutatása:**

„A Twido kompakt felépítésű programozható vezérlőinek sora 80-tól 157 x 90 x 70 mm-es, kompakt ōszméretben mindent magában foglaló megoldást kínál. A kompakt vezérlők tízféle típusa kapható, ezek egymástól feldolgozó képességükben és 24 V-os egyenfeszültségű bemeneteik, valamint relés tranzisztorkimeneteik számában különböznek (10, 16, 24 és 40 db I/O lehetséges).



5.12 ábra: TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő

Tápfeszültségként ezek a vezérlők használhatnak:

- 100 és 240 V közötti váltakozó feszültséget (biztosítva az érzékelők 24 V-os tápfeszültséget),
- vagy 19,2 és 30 V közötti egyenfeszültséget (ekkor az érzékelők számára külső segéd táplálást kell biztosítani).

Ez a fajta kompakt vezérlő a következő előnyöket kínálja:

- jelentős számú (akár 40) I/O lehetőséget kis befoglaló méretben, csökkentve ezáltal a panel- és konzolméreteket olyan alkalmazásoknál, ahol a hely fontos tényező.
- 24 és 40 I/O kiépítésű típusoknál a többféle bővítési lehetőség és termékopció révén a felhasználó olyan mértékű rugalmasságot élvezhet, amely általában csak a nagyobb platformoknál áll rendelkezésre:
  - o a 24 I/O lehetőséget nyújtó TWD LC\*\* 24DRF rendelési számú kompakt vezérlőkkel akár 4 diszkrét és/vagy analóg I/O bővítő és/vagy kommunikációs modul.

- a 40 I/O lehetőséget nyújtó TWD LC\*\* 40DRF rendelési számú kompakt vezérlőkkel akár 7 (diszkrét és/vagy analóg I/O és/vagy kommunikációs) bővítőmodult, opcionális modulokat, mint a digitális kijelző, a memóriabővítő kazetta, a valós idejű óra és a további RS 485 vagy RS 232C kommunikációs port.
- A kompakt vezérlős megoldás a huzalozásban is nagy rugalmasságot enged meg. A diszkrét I/O bővítőmodulokhoz (a TWD LC\*\* 24DRF és TWD LC\*\* 40DRF típusú vezérlőknél) egy sor csatlakozási lehetőség áll rendelkezésre, mint például kivehető csavaros sorkapcsok és a rugós típusú csatlakozások, amelyek gyors, könnyű és megbízható huzalozást biztosítanak. Az Advantys Telefast ABE 7 előhuzalozott rendszer lehetővé teszi a modulok HE 10 típusú csatlakozókkal történő csatlakozását:
  - előszerelt, egyik végén szabad vezetékes kábelek közvetlen csatlakoztatását az érzékelőkhöz illetve működtető szervekhez,
  - a Twido vezérlő Advantys Telefast ABE 7 előhuzalozott rendszerhez (csatlakozókábel és ABE 7 közdarabszerelvény).
- A kijelző, illetve a dugaszolható memória lehetősége lehetővé teszi az alkalmazások könnyű beállítását, átvitelét és biztonsági mentését:
  - a digitális kijelző helyi kijelzőként és beállítóeszközként használható,
  - a memóriakazetták EEPROM-technológiája lehetővé teszi a programok biztonsági mentését és átvitelét bármilyen kompakt vagy moduláris felépítésű Twido vezérlőre.
- A TwidoSuite szoftver könnyű programozást tesz lehetővé, felhasználva az utasításlista-nyelvű utasításokat és a létranyelv grafikus objektumait.”[2]

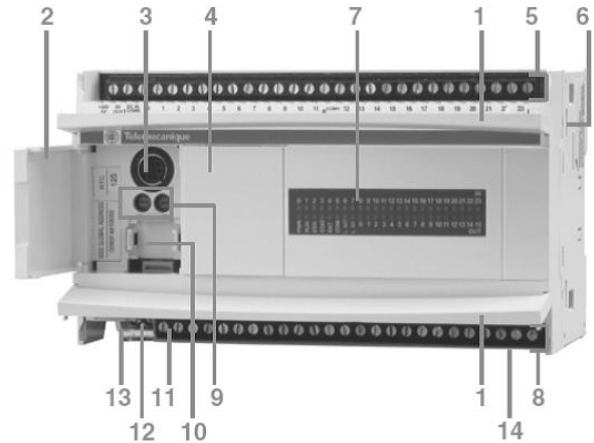


5.13 ábra: TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő

### **5.1.3.2 TDW LC\*\* Kompakt vezérlők leírása:**

„A Twido TWD LCAE 40DRF és TWD LCDE 40DRF típusú, beépített Ethernet TCP/ IP porttal rendelkező, programozható kompakt vezérlők a következőket tartalmazzak:

- 1 nyitható sorkapocs védőfedelelet, az 5 jelű kivezetésekhez való hozzáféréshez,
- 2 egy nyitható védőfedelelet, a hozzáféréshez.
- 3 egy RS485 típusú, mini-DIN csatlakozót a soros porthoz (amely lehetővé teszi a programozó terminál csatlakoztatását).
- 4 egy levehető fedél által védett modulhelyet, a TWD XCP ODC típusú, digitális diagnosztikai és karbantartási kijelzőmodul részére.
- 5 egy csavaros sorkapcsot, az érzékelők 24 V tápfeszültséggel való ellátásához és a bemeneti érzékelők csatlakoztatásához.
- 6 egy csatlakozót, a TWD D\*\*, TWD A\*\* I/O-bővítő- és a TWD NOI10M3/ NCO1M kommunikációs modulok számára (legfeljebb 7 db modul lehetséges).
- 7 egy kijelző blokkot, amely a következőket mutatja:
  - a vezérlő állapotát, 7 db jelzőfény segítségével - (PWR, RUN, ERR BAT, COM, LACT és L ST),
  - a bemenetek és a kimenetek állapotát (INp és OUTp),
  - egy felhasználói jelzőfényt (STAT), amelyet az alkalmazási program vezérel, a felhasználó követelményei szerint.
- 8 egy csavaros sorkapcsot a kimeneti működtető elemek csatlakoztatásához,
- 9 két analóg beállító pontot,
- 10 egy bővítő csatlakozót, második RS232C/RS485 soros port hozzáadásához, egy TWD NAC \*\*\* típusú adapter segítségével,
- 11 egy csavaros sorkapcsot, a 100...240 V feszültségű hálózat vagy a 19,2...30 V-os táplálás csatlakoztatásához.



5.14 ábra: TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő

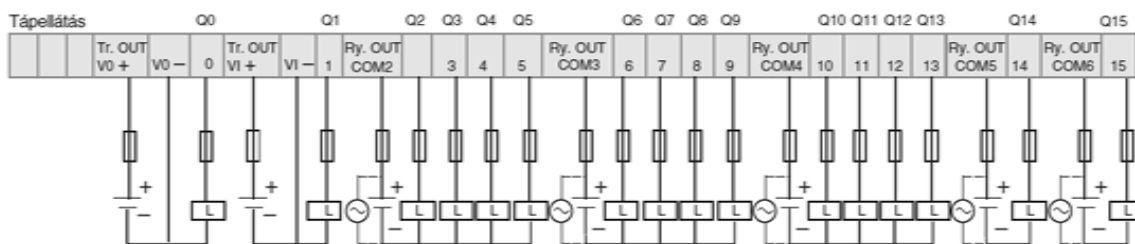
A vezérlő alján keresztül hozzáférhető:

12 egy csatlakozó, a 32 vagy 64 kB kapacitású, TWD XCP MFK32/MFK64 típusú memóriakártya számára,

13 egy, a vezérlő alján keresztül hozzáférhető RJ45 csatlakozó, az Ethernet TCP/ IP hálózatra történő csatlakozáshoz,

14 egy modulhely, a vezérlő belső RAM-memóriájának biztonsági táplálására szolgáló, opcionális akkumulátor befogadására.

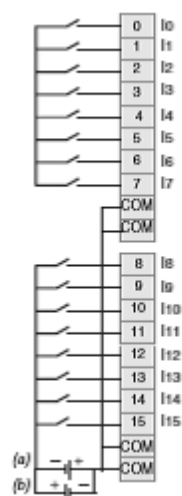
A kompakt vezérlőket alapesetben szimmetrikus 5 sínre, szerelvénylapra, vagy panelre lehet felszerelni (2 db 4,3 mm átmérőjű furat segítségével).”[2]



5.15 ábra: TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő bekötési rajza [2]

### **5.1.3.3 Diszkrét I/O bővítőmodulok:**

A fejlesztett gyártósorainkon is szükség volt bővítőmodulok használatára, mert a kompakt PLC-n nem volt elég ki és bemenet. A lineáris elrendezésű modellen TWD DDI 16DT bemeneti modulból használtunk kettőt és a TWD DRA 16RT kimeneti modulból hármat. Az U-alakú elrendezésűnél pedig a TWD DRA 16RT modulból használtunk hármat. Ezek a modulok, mint a kompakt vezérlő, relés kimenetűek.

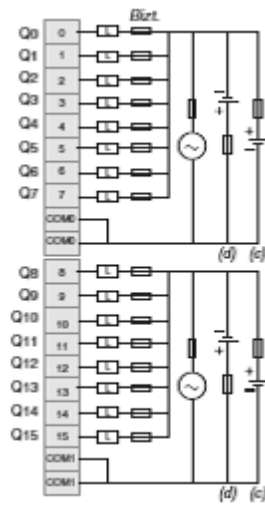


„TWD DDI 16DT

A COM kivezetések belsőleg össze vannak kötve

(a) Forrásbemenet (negatív logika).

(b) Nyelőbemenet (pozitív logika).



TWD DRA 16RT

Kivezetések:

- COM0 belsőleg összekötve
- COM1 belsőleg összekötve
- COM0 es COM1 egymástól független”[2]

5.16-17 ábra: Bővítőegységek és bekötési rajzuk[2]

## 5.2 A gyártósor fejlesztése

Lehetőséget kaptunk a fejlesztésre. Legfontosabb fejlesztési tényezőnk az volt, hogy egy időben több munkadarab is megmunkálható legyen a gyártósoron. Tehát teljesen át kellett ütemoznünk a gyártást. Mint már említettük a fejlesztéshez hozzátartozott az is, hogy teljesen új programozható logikai vezérlőt használtunk. A modellt szétszedtük részegységeire, aztán hozzákezdünk azok átépítésére, majd egy új asztalon ismét felépítettük a gyártósort, az átalakított részegységek felhasználásával.



5.18. ábra Fejlesztett Lineáris Modell

### 5.2.1 A modellek átépítése

A legtöbb modellt sok helyen módosítottuk, mivel a többszöri bemutatók és tesztüzemek folyamán problémák merültek fel a működéssel. Az érzékelők könnyen elmozdultak és ezután a gyártósori elemek pozicionálása nem volt megfelelő. Folyamatos tesztelés mellett megfigyelhettük a pontos hibákat, ezután megkezdtük az átépítési tervek kidolgozását.

#### **Hegesztő robot módosítása:**

A fejlesztési tervek között volt a hegesztő robot talapzatának forgathatóvá építése. A forgató motort és egy végérzékelőt szereltünk a robot talapzatára. Továbbá szükség volt egy számláló érzékelőre, a hegesztő pozíció beállításához. Ezen felül, ennek a részegységnek is megerősítettük a szerkezetét. A hegesztőkar a kitolás és a behúzás művelete közben nem volt elég stabil, többször eldeformálódott a szerkezet. A problémát orvosoltuk újabb elemek használatával. Az átépítés után

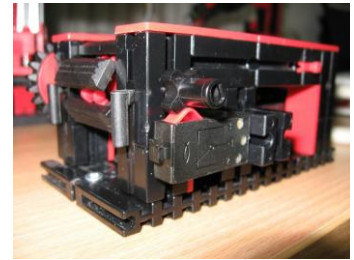


5.19. ábra Forgatható Hegesztőrobot

lehetőségünk nyílt arra, hogy a robotot egy végállásából forgassuk el a hegesztő pozícióba, majd hegesztés után újra visszaállítsuk a végállásába. A forgás megvalósításának fő előnye az volt, hogy a hegesztőrobot végállási pozíciója kellő távolságba került a gyártási területtől. A hegesztő kar ki- és betolási funkcióján nem változtunk.

## Paletták módosítása:

Az U elrendezésű modell palettáján (5.20. ábra) a pontosabb pozicionálás végett kisebb változást eszközöltünk. Beépítettünk egy számláló érzékelőt. A régebbi modellnél a termék helyének pontos beállítását időzítővel végeztük. A fejlesztéssel lehetőségünk nyílt pontosabb kalibrálásra.



5.20. ábra: Paletta Számlálóval



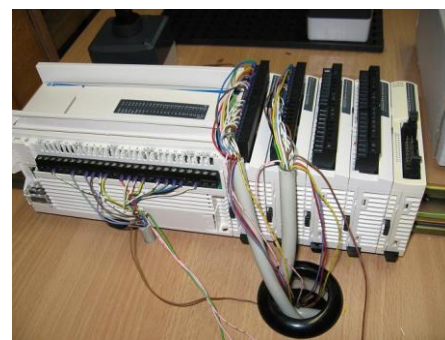
5.21. ábra: Forgatható Paletta

A lineáris modellen található forgó palettát (5.21. ábra) is átépítettük. Célunk folyamatos gyártás megvalósítása volt, ezért szükség volt a változtatásra. A paletta eredetileg két termék tárolására volt alkalmas. Fejlesztésünk után akár négy termék is elfér rajta egy időben. A paletta helyzetének pontos beállítását, hasonlóan mint az elődénél, is egy végállás kapcsolóval oldottuk meg.

## 5.2.2 Fejlesztések a vezérlésben

Mivel a gyártósort teljesen újjáépítettük, szükség volt az újrakábelezésre. Több motorral és érzékelővel bővítettük a modellt, valamint kiiktattuk a külső reléket. Erre azért volt lehetőségünk, mert az új programozható logikai vezérlőnk rendelkezett relés kimenetekkel.

A kábelezés megvalósítása kis eltéréssel megegyezett a régebbi modellel. A lineáris modell esetében a fő vezérlőegységet három darab kimeneti modullal és kettő darab bemeneti modullal egészítettük ki. Az U alakú modellnél a lineárisal szemben, mind a bemeneti, mind a kimeneti modulokból eggyel kevesebbet használtunk fel.



5.22. ábra: Relés PLC bővítő modulokkal

### **5.2.3 Folyamatok és ütemezés**

#### **Változtatások a U alakú modell folyamatában**

A U alakú modell teljes átütemezése után elértük, hogy egyszerre két termék is a gyártási folyamatban legyen. A préselés megtörténte után, amikor az egyes számú fordító áttolja a terméket a marógép szállítoszalagjára, ezzel egy időben jelet ad a robotkarnak a második nyersanyag felhelyezésére. A gyártás végén a hegesztési folyamat befejezése végeztével a késztermék a gyártósor végén várakozik. Amikor az egyes számú fordító berendezés áttolja a következő terméket, jelet ad a robotkarnak, a gyártósor végén levő késztermék rakodására. A robotkar megfogja a kész terméket, a palettára helyezi, ezután a következő nyersanyagot a gyártósorra rakodja, majd folytatódik a gyártási ciklus. További változtatás volt a hegesztő kar mozgatása. A kar oldalirányból fordul be a hegesztési folyamathoz. Amikor a termék eléri a hegesztő szállítoszalagjának első fotó érzékelőjét, a hegesztőgép megkezd befordulni a végállásából és ezzel egy időben a hegesztőkar is elindul kifelé.

#### **Változtatások a Lineáris modell folyamatában**

A lineáris modell ütemezése bonyolultabb feladat volt, mivel itt több rakodási feladatot kell végezni az egyes folyamatelemek között. Méréseink, és az azt követő újraprogramozás után sikerült megoldanunk, hogy egyszerre három termék is gyártás alatt legyen egy időben. A gyártási folyamat első részfolyamata az, amikor az egyes robotkar átrakodja a palettáról a nyersanyagot a présgép szállítoszalagjára. A robotkar megfogja, majd felemeli a nyersanyagot, ezután elfordul a présgép felé. A forgással egy időben a gyártósor palettája egy újabb nyersanyagot forgat a kezdőállásba. Egy időben azzal, amikor a marógéppel és fűrőgéppel rendelkező gyártócellán befejeződik a marási művelet, az egyes robotkar jelet kap a második nyersanyag gyártósorra helyezésére. A fűrési művelet megtörténte után a gyártócella végén található fotóérzékelő előtt elhalad a termék, és késleltetéssel jelet kap a második robotkar a rakodásra. A robotkar a hegesztő szállítoszalagjára rakod, késleltetéssel elindul a szállítoszalag és ezzel egy időben a végállásban várakozó hegesztőkar befordul a hegesztő állásba. A forgás közben megtörténik a hegesztőkar kitolása is. A második robotkar palettára pakolja a készterméket és ezután újra a marógéppel és fűrőgéppel rendelkező gyártócellához pozicionál, mert ott már megtörtént a következő termék megmunkálása. Ezen folyamat közben tehát egyszerre három termék is gyártás alatt lehet, egy a préselési folyamatnál, egy a maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócellán, egy pedig a hegesztési folyamatnál.

## 5.3 A robotkarok fejlesztése

A robotkarok fejlesztésére azért volt szükség, hogy azok gyorsabban tudjanak mozogni.

Első lépésben egy apró átalakítást végeztünk rajtuk: a függőleges mozgás végérzékelőjét áthelyeztük (5.23. ábra) úgy, hogy a kar pontosan annyira emelkedjen fel, hogy a gyártószalagon lévő termék fölött éppen el tudjon fordulni. Így a függőleges mozgás oda-vissza körülbelül tíz centiméterrel lett rövidebb, ami jelentős időmegtakarítással járt. Továbbá a vízszintes mozgás pontosságának megőrzése végett megerősítettük a kitoló szerkezetet.

Az átépítést a huzalozás, majd a PLC-be bekötés követte. Végül pedig a programozás és az ütemezés következett.

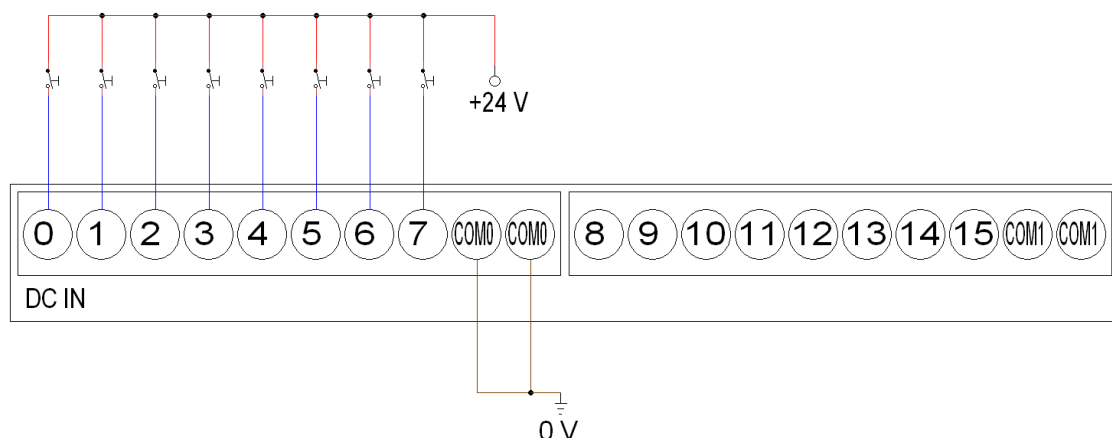


5.23. ábra: Áthelyezett végérzékelő

### 5.3.1 Vezérlés

Az előző verzióhoz képest most relés kimenetű vezérlőket használtunk, ezért a motorok irányváltásához nem volt szükség külön relékre. Ez nagyban megkönnyítette a bekötést, viszont a programozást bonyolította egy kicsit.

Az érzékelőket a lineáris modellnél a PLC bemeneteire, az U-alakú modellnél pedig a PLC bemeneti bővítőegységébe kötöttük be, hasonlóan az előző kialakításhoz (5.24. ábra).



5.24. ábra: Bemeneti bővítőegység kapcsolása

A motorok forgatását a lineáris és az U-alakú elrendezésnél is ugyanúgy oldottuk meg. Mindkét esetben a PLC kimeneti bővítőegységeit használtuk. Egy robotkarhoz egy

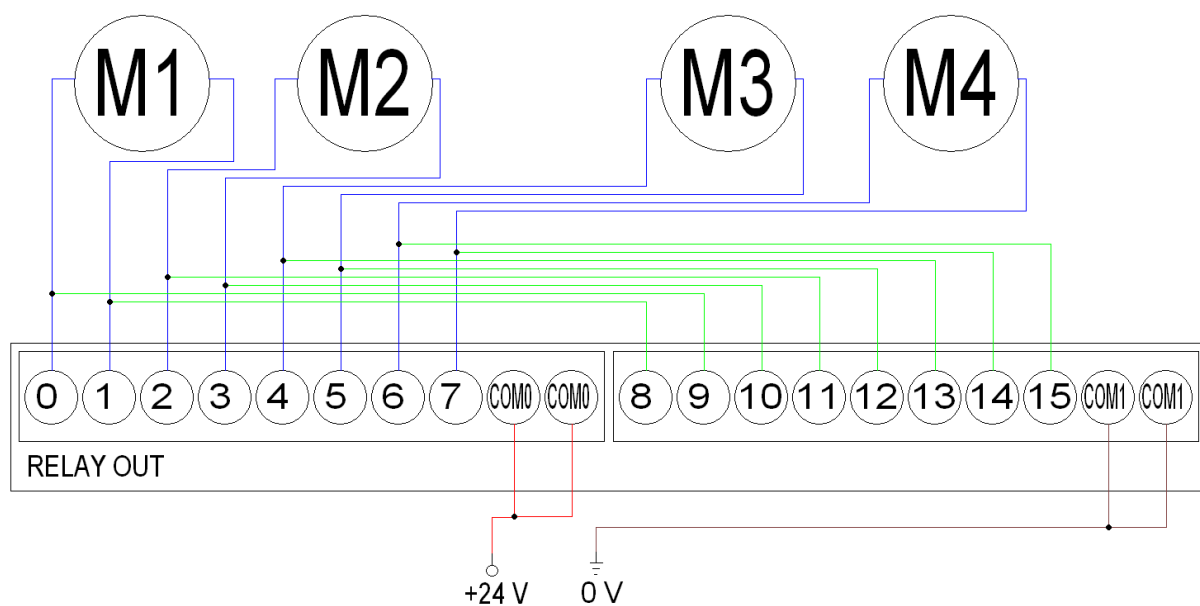
bővítőegységet használtunk, mivel pontosan tizenhat kimenetre volt szükség ahhoz, hogy vezérelni tudjunk. A motorok mindkét oldalára rákötöttük a pozitív és a negatív feszültséget is, és a programon keresztül szabályoztuk, hogy melyiket mikor kapja meg. Ez motoronként összesen négy vezetékkel jelentett, melyeket a PLC külön kimeneteire csatlakoztattunk.

A bővítőmodulok (5.25. ábra) összesen húsz pólussal rendelkeztek. Ezek két részre voltak bontva, hogy egy bővítőegységgel lehessen egyszerre pozitív illetve negatív feszültség szintet is kiadni.



5.25. ábra: Kimeneti bővítőegység

A COM0-ra a pozitívat, a COM1-re pedig a negatívát kötöttük. A számozott kimenetekre pedig a motorokat. Ahhoz, hogy a kar elinduljon valamelyik irányba, egyszerre két kimenetet kellett aktiválni a programban. A balra forgatáshoz a 0-ás és a 8-as, a jobbra forgatáshoz az 1-es és a 9-es, a kitoláshoz a 2-es és a 10-es, a behúzáshoz a 3-as és a 11-es, az emeléshez a 4-es és a 12-es, a leengedéshez az 5-ös és a 13-as, a fogáshoz a 6-os és a 14-es, az eresztéshez pedig a 7-es és a 15-ös kimeneteket. A kapcsolást az 5.26. ábra szemlélteti.



5.26. ábra: Kimeneti bővítőegység kapcsolása

### **5.3.2 Programozás**

Az újraprogramozásnál is a gyorsításon volt a fő hangsúly. Ezt úgy oldottuk meg, hogy a karok mozgásának összetevőit egyszerre valósítottuk meg. Ahol csak lehet, egyszerre több irányba mozdul el a kar, így az egy időben történő elmozdulásokkal is értékes másodperceket tudtunk spórolni. Ezen felül, egy másik újítást is alkalmaztunk. A vízszintes irányban történő elmozdulásért felelős elem pozicionálása ciklusonként csak egyszer történik meg. Így a vízszintes elmozdulás robotkartól függően 5-10 cm-rel lett rövidebb, mely újabb időmegtakarítással párosult.

A karok programjai két fő részből tevődnek össze. Az első rész az alaphelyzetbe állítás, mellyel a karok egy előre meghatározott pozícióba mozognak, ez a kezdőpozíciójuk. A második pedig maga a vezérlő program.

Mivel most az egész program egy PLC-ben volt elkészítve, a RESET utasítás (melyet a folyamat során akármikor kiadhattunk) az egészre vonatkozott, így ha azt kiadtuk, az egész folyamat leállt.

Az gyártási folyamat ismét a robotkarok indításával kezdődött. Viszont ahhoz, hogy elinduljanak a karok, először a RESET utasítást kellett kiadni, hogy minden törlődjön. Azután következett az alaphelyzetbe állítás, majd ezt követte a START utasítás, amely a tényleges gyártási folyamatot indította.

A programozás során különösen figyelni kellett arra, hogy a motorokra egyidejűleg ne kapcsoljunk mindkét oldalról pozitív feszültséget, mert annak az lett volna a következménye, hogy leégnek. Továbbá nem szabadott egyszerre egy oldalról kapcsolni pozitív és negatív feszültséget, mert akkor zárlat keletkezik.

#### **5.3.2.1 Alaphelyzetbe állítás algoritmus**

A karok alaphelyzetbe állításának algoritmus a lineáris elrendezésű modellnél nem változott. Az U-alakú elrendezésnél egy apró változás történt, mivel a folyamat nem a palettától indul, hanem a gyártószalag végétől. Ezért az alaphelyzete is módosult úgy, hogy amikor teljesen elfordul balra, éppen az alaphelyzetnek megfelelő pozícióban áll meg, így ott éri el az algoritmus végét.

### 5.3.2.2 A lineáris elrendezéshez tartozó manipulátorkarok algoritmusai

#### AZ ELSŐ ROBOTKAR ALGORITMUSA

Az első kar alaphelyzete a paletta irányában, teljesen felemelve és teljesen behúzva helyezkedik el. Az indítójel kiadása után egyszerre indul el lefelé és kifelé, majd pontosan úgy áll meg, hogy a palettán lévő termék a megfogó fogási tartományába essen. Ezután a megfogó összezár és a kar felemelkedik. Amikor a kar felért, elfordul balra, és ezzel azonos időben egy előre meghatározott értékig kitolódik. Ezután lemegy és a terméket pontosan a préselési műveletet végző gyártócella szállítoszalagjára rakja. A megfogó szétnyitott állapotban vár, majd amikor a termék visszaért a préselést követően, ismét megragadja és felemeli. Közben felfelé mozdul a kar, a vízszintes síkon is elmozdulás történik kifelé, pontosan úgy, hogy miután elfordul jobbra, a maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella szállítoszalagja fölé érkezzen meg. Itt a kar ismét lefelé indul, és ahogy leért elereszti a terméket, majd egyszerre felemelkedik és behúzódik. Amint felért elfordul jobbra és így az alaphelyzetébe tér vissza. A következő ciklust a marási folyamat végeztével az automatika indítja el, viszont ez csak akkor tud megtörténni, ha a kar az alaphelyzetének megfelelő pozícióban áll.

#### A MÁSODIK ROBOTKAR ALGORITMUSA

A második kar alaphelyzete a maróval és fűrőgéppel felszerelt gyártócella végén lévő szállítoszalag fölé van pozicionálva. A kart minden esetben az automatika indítja akkor, amikor a termék a gyártócella szállítoszalagjának a végén van. Ekkor a kar elindul lefelé és mikor leért, a megfogó megragadja a terméket, majd egyszerre elindul felfelé és befelé. Mikor felér, elfordul jobbra a hegesztő robot szállítoszalagjának irányába. A kar csak akkor indul el lefelé, amikor a vízszintes és a függőleges irányú elmozdulás is véget ért. Miután leért, elereszti a terméket és felemelkedik. Utána ismét elfordul jobbra, miközben kitolódik úgy, hogy a megfogó pontosan a szállítoszalag vége fölött álljon. Itt várja meg a hegesztés befejeződését. Amint megkapja a jelet, elindul lefelé, majd megfogja a terméket és felemelkedik. Ezt követően elfordul balra és behúzódik annyira, hogy a megfogó paletta fölött legyen. Ha ez megtörtént, a kar lemegy és elereszti a terméket, majd felemelkedik és behúzódik. Amikor felért elfordul jobbra, továbbá amikor behúzódott, kitolódik. Ekkor történik meg a ciklusonkénti pozicionálás. Az elfordulást és a kitolódást követően a kar az alaphelyzetébe ér, és innen kezdődhet újra a folyamat. A védelmi opcióknak köszönhetően,

amíg a kar nincs alaphelyzetben, addig nem fogja elfogadni az automatika által kiadott ismételt indítási parancsot. Így biztosítható az, hogy a kar mindig megfelelő helyről és megfelelő időben induljon.

### **5.3.2.3 Az U-alakú elrendezéshez tartozó manipulátorkar algoritmus**

Az U-alakú elrendezésnél ahhoz, hogy egyszerre több termék gyártásának modellezése történhessen a gyártószalagon, a kar mozgását is újra kellett gondolni. Ezért az alaphelyzetet áthelyeztük a gyártószalag vége fölé, és onnan indul a folyamat. Továbbá a palettát úgy helyeztük el, hogy a két vége pontosan olyan messze helyezkedjen el a kar forgási középpontjától, mint a gyártószalag vége, így ezzel a vízszintes mozgásokon is tudunk rövidíteni, ami időmegtakarítással járt. A kar alaphelyzetben teljesen fel- és behúzott állapotban van. Az indító jel kiadása után elindul lefelé és kifelé, majd miután a termék a megfogó fogási tartományába esik, megragadja és felemeli. Ezt követően elfordul jobbra és a paletta hegesztőhöz közelebbi vége fölé megáll. A kar lemegy, a megfogó elereszti a terméket, felemelkedik és elfordul jobbra a paletta présgéphez közelebbi vége fölé, ahol ismét leereszkedik és megfog egy másik terméket. Ekkor a kar felemelkedik, majd elfordul jobbra és behúzódik. A behúzódásra itt azért van szükség, hogy a kar ne ütközzön bele a présgéphez. Miután túlfordult a présgépen és teljesen be van húzódva, elindul lefelé és kifelé úgy, hogy a terméket pontosan a prés gép szállítószalagjára tudja rakodni. Itt elereszti a terméket és egyszerre felemelkedik és behúzódik. Ekkor történik meg a kar vízszintes irányú elmozdulásának ciklusonkénti pozícionálása. Ezek után elfordul balra, alaphelyzetbe. Az ismételt indítási utasítást az automatika a marási folyamatot követően adja ki, de a védelmi opciók miatt a kar ezt csak akkor fogadja el, ha alaphelyzetének megfelelő pozícióban áll.

### **5.3.2.4 Védelmi opciók**

Bevezettünk egy igen fontos programozási újdonságot is, amely az előző verzióból hiányzott. A PLC programban szabályoztuk, hogy mikor milyen utasítást fogadhat el a vezérlés. Ezek a szabályzások a következők:

A robotkarok alaphelyzetbe állításának parancsát csak a RESET utasítás után és a START utasítás előtt lehet kiadni. Amint kiadjuk ezt a parancsot, a kar elindul az alaphelyzete felé, és eközben nem lehet ismét kiadni ezt az utasítást. Miután a karok alaphelyzetbe álltak, ismét ki lehet adni az alaphelyzet parancsot. Ezt követi a START utasítás, melyet csak akkor tudunk

kiadni, ha a gyártószalag és a robotkar is alaphelyzetben van. Viszont amint kiadjuk a START-ot, az alaphelyzetbe állítás parancsot addig nem fogja elfogadni a vezérlés, amíg ismételt nem RESET-elünk. Így védtük le azt, hogy a folyamat közben csak akkor tudjuk alaphelyzetbe állítani a rendszert, ha először az egészet megállítottuk. Hasonló a helyzet akkor is, ha az indítás után ismét ki szeretnénk adni a START utasítást. A vezérlő program úgy lett elkészítve, hogy START parancsot csak egyszer lehessen kiadni. Ahhoz, hogy ismét kiadhassuk, le kell állítani az egész rendszert, majd alaphelyzetbe állítani. Ezt követheti az ismételt indítás.

Egy további védelmi opció is került a programba, amely abban merült ki, hogy a robotkarok csak akkor fogadják el utasítást a vezérléstől, amikor annak megfelelő pozícióban álnak. Példának okáért, amikor a lineáris elrendezésnél a termék a hegesztési fázison túlesett, és az automatika indítaná a kart, hogy felvegye, a kar addig nem indul el, amíg a megfelelő pozícióba nem ér. Így nem fordulhat elő az, hogy egy nem időben megtörténő folyamat miatt a kar esetleges fizikai kárt tegyen a gyártószalagban vagy saját magában.

A védelmi opciókat mindkét elrendezésben ugyanúgy valósítottuk meg, melyek nagyon hasznosnak bizonyultak.

## 5.4 Fejlesztési lehetőségek

Bár már az első fejlesztési szakaszon túlléptünk további ötletek merültek fel, mellyel még tovább tökéletesíthetnénk modelljeinket.

Az egyik irány a robotkarok pontosabb pozicionálása, továbbá a termék ellenőrzése lenne. Elképzeléseink szerint ezt úgy tudnánk megvalósítani, hogy a megfogó fölé egy optoérzékelőt tennénk, amely felismeri, ha a termék a megfogó fogási tartományába esik-e, így csak akkor indulna a robotkar algoritmus, ha a termék ténylegesen a megfelelő helyen van. Továbbá ha eltérés van, akkor újrapozicionálná a kart.

Pontosság szempontjából egy másik fejlesztési lehetőség lehetne, ha a tengelyfordulatonkénti négy számlálást egy másik, többágú fogaskerékkel legalább tízre növelnénk, így pontosabban lehetne szabályozni a szállítószalagok, a hegesztőgép és a robotkar mozgását.

Mivel a modellek nagy része műanyagból készült, néhány helyen elfáradt az anyag, ami elállítódásokhoz vezetett. Ezen elfáradt alkatrészeket fémből készült erősebb elemek válthatnák fel.

A programozás során, néhány helyen időzítéssel oldottuk meg a folyamatok kötését, ami nem a legjobb megoldás. Ezeket kiküszöbölve teljesen eseményvezérelté lehetne átírni a programot.

A fejleszthetőség egy másik iránya egy komplett visszajelző rendszer lenne az érintőkijelző segítségével, melyre grafikus felületének köszönhetően megrajzolnánk a gyártószalag modelljét, és ezen lehetne nyomon követni az egyes részegységek működését, illetve azt hogy az egyes termékek mikor melyik megmunkálási fázisban vannak.

A PLC-k, modbus illetve ethernet kommunikációjának segítségével, a gyártás közben összeköttetésben lehetnének egy számítógéppel, melyen keresztül hiba esetén a leállítást és az újraindítást el lehetne végezni. Továbbá felszerelnénk egy GSM adó-vevővel, mely üzeneteket tudna küldeni esetleges hibákról, folyamatleállásokról, illetve indítási vagy megállítási parancsokat tudnánk küldeni mobiltelefonról.

A gyártósor működése közben fellépő, a műanyag alkatrészek hibája során bekövetkező, leállítás esetén, le kell állítani az egész gyártósort, és újraindítani az egészet. Ezt a hibát ki

lehetne küszöbölni, ha részegységekre szednénk a programot, és minden részegységet külön-külön tudnánk alaphelyzetbe állítani, ha szükséges. Így mivel több termék mozog a gyártósoron, tovább tudna folyni a termelés és nem akadályozná a hibás működés által beragadt, majd közben eltávolított termék a gyártás további menetét.

## 6. Összefoglalás

Célunk két teljesen automatikusan működő gyártósori modell (6.1. és 6.2. ábra) megalkotása volt. Munkánk megkezdése előtt a tanáraink tapasztalata által betekintést nyertünk a gyártás elvi szabályaiba. Miután az elvi működést áttanulmányoztuk, a gyártás fizikai oldalával is meg kellett ismerkednünk mielőtt elkezdhettük a gyártósor megvalósítását.

A gyártósorok programozása és megalkotása során nagyon sok apró hiba felmerült, melyekre nem is gondoltunk volna. Az elkészítés közben sok hibát észleltünk, így azokat sikerült javítani is. Modelljeink elkészítésének két fázisa volt. Az elsőben még rengeteg apró működési és szépségi hiba volt, melyeket a második verzió elkészítése közben orvosolni tudtunk, így modelljeink kiforrottabbak lettek.

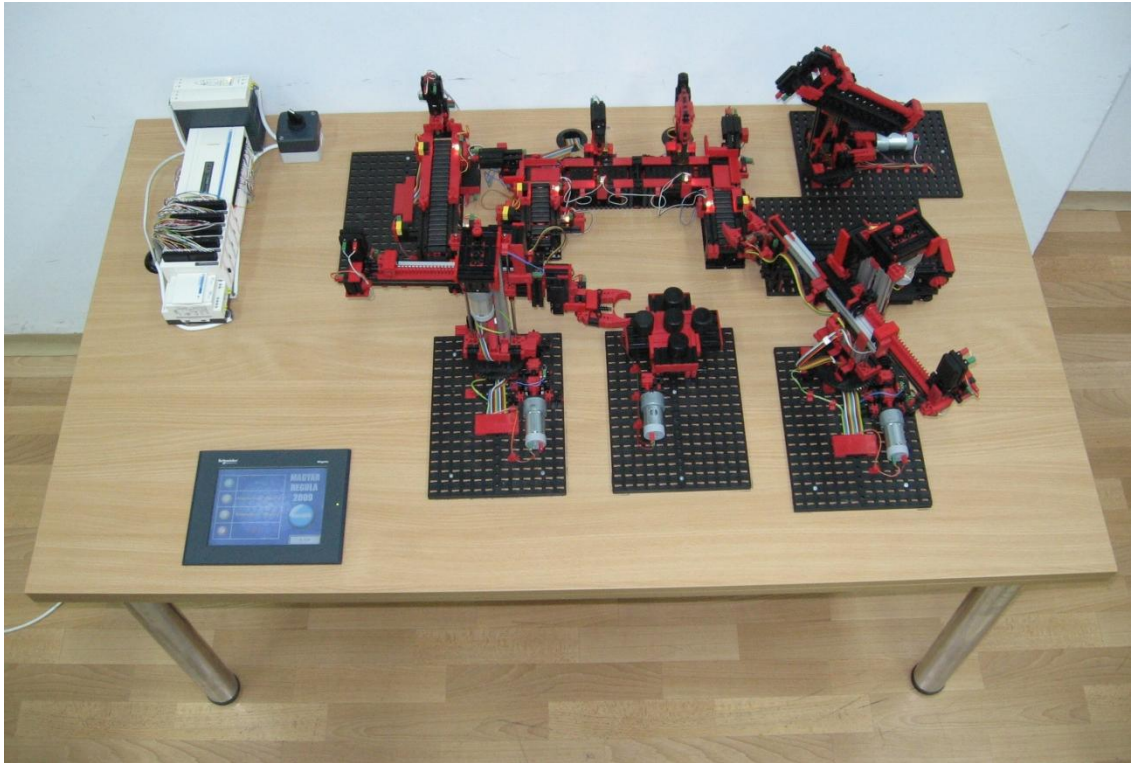
Mivel projectünket csapatmunkában készítettük, nagyon fontos és hasznos tapasztalatokat szereztünk az együttműködés terén. Csapatunk tagjai különböző feladatokat láttak el, de ha valamelyikünk megakadt egy folyamatnál, közösen sikerült megoldani a problémát.

A munkánk során megszerzett ismereteket egy valódi gyártósor automatizálásánál is fel tudnánk használni, mivel ezek irányítása is megoldható lenne az általunk használt vezérlési eszközök használatával, és a rajtuk alkalmazott programozási eszközök, algoritmusok segítségével.

Modelljeinknek köszönhetően, az egyetemen a PLC-k programozásának oktatása szemléletesebben megvalósítható, mivel a hallgatók betekintést nyerhetnek a valódi gyárak automatizálásába is.

Az elkészült gyártósori modelleknek hatalmas sikere lett. Számos rendezvényen és nyílt napon kiállítottuk. 2008-ban és 2009-ben részt vettünk a Debreceni Egyetem Műszaki Karán tartott Épületgépészeti szakmai napokon. Ezen felül a vezérlőket gyártó vállalattól meghívást kaptunk a Magyarregula 2009 automatizálási szakkonferenciára, melyen óriási érdeklődés övezte munkánkat.

Az elkészítés folyamatáról írt dolgozatunk a Műszaki Kar 2008-as házi Tudományos Diákköri Konferenciáján első helyezést ért el, mellyel kijutottunk az országos versenyre is.



6.1 ábra: Lineáris Gyártósori Modell



6.2 ábra: U-alakú Gyártósori Modell

# Ábrák jegyzéke

- 2.1. ábra: Szállítószalag
- 2.2. ábra: Présgép szállítószalaggal
- 2.3. ábra: Gyártócella maróval és fúrógéppel
- 2.4. ábra: RTT robotkar
- 2.5. ábra: Hegesztőrobot
- 2.6. ábra: Saját építésű palettáink - Lineáris alakú modellnél
- 2.7. ábra: Saját építésű palettáink - U-alakú modellnél
- 2.8. ábra: TWD LMDA 20DTK
- 2.9. ábra: TWD LMDA PLC
- 2.10. ábra: TWD LMDA 20DTK PLC portjai
- 2.11. ábra: I/O bővítőegységek
- 2.12. ábra: Létradiagram
  
- 3.1. ábra: U elrendezésű modell
- 3.2. ábra: Lineáris elrendezésű modell felülnézete
- 3.3. ábra: Lineáris elrendezésű modell oldalnézete
- 3.4. ábra: Gyártócella maróval és fúróval
- 3.5. ábra: Marógép
- 3.6. ábra: Fúrógép
- 3.7. ábra: Fordító
- 3.8. ábra: Motor
- 3.9. ábra: Fotóérzékelő
- 3.10. ábra: Maróval és fúróval rendelkező gyártócella felépítése
- 3.11. ábra: Hegesztő robot
- 3.12. ábra: Hegesztő
- 3.13. ábra: Szállítószalag
- 3.14. ábra: Présgép
- 3.15. ábra: Présgép felépítése
- 3.16. ábra: Paletta 1
- 3.17. ábra: Paletta 2
- 3.18. ábra: Twido PLC portjai

- 4.1. ábra:** Henger koordinátarendszer
  - 4.2. ábra:** Kétpofás megfogó
  - 4.3. ábra:** Kisebb teljesítményű motorok
  - 4.4. ábra:** Nagyobb teljesítményű motorok
  - 4.5. ábra:** Érzékelő
  - 4.6. ábra:** Fordulás végérezékelő
  - 4.7. ábra:** Emelés végérezékelő
  - 4.8. ábra:** Behúzás végérezékelő
  - 4.9. ábra:** Megfogó nyitás végérezékelő
  - 4.10. ábra:** Forgást számláló érzékelő
  - 4.11. ábra:** Függőleges mozgást számláló érzékelő
  - 4.12. ábra:** Vízszintes mozgást számláló érzékelő
  - 4.13. ábra:** Összezárást számláló érzékelő
  - 4.14. ábra:** Relé
  - 4.15. ábra:** Robotkar elvi kapcsolása
  - 4.16. ábra:** Robotkar tényleges kapcsolása
- 
- 5.1. ábra:** Magelis XBT RT500
  - 5.2. ábra:** Magelis XBTGT4230
  - 5.3. ábra:** Vijeo Designer Lite
  - 5.4. ábra:** Vijeo Designer
  - 5.5. ábra:** Vijeo Designer Lite
  - 5.6. ábra:** Magelis XBT RT500 Terminálunk
  - 5.7. ábra:** Vijeo Designer
  - 5.8. ábra:** Magelis XBTGT4230
  - 5.9. ábra:** Terminál beépítve
  - 5.10. ábra:** ABL 8MEM\*\*\*\*\*
  - 5.11. ábra:** ABL 8REM\*\*\*\*\*
  - 5.12. ábra:** TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő
  - 5.13. ábra:** TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő
  - 5.14. ábra:** TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő
  - 5.15. ábra:** TWD LC\*\* 40DRF Kompakt vezérlő bekötési rajza

- 5.16. ábra:** Bővítőegységek és bekötési rajzuk - Input
  - 5.17. ábra:** Bővítőegységek és bekötési rajzuk - Output
  - 5.18. ábra:** Fejlesztett Lineáris Modell
  - 5.19. ábra:** Forgatható Hegesztőrobot
  - 5.20. ábra:** Paletta Számlálóval
  - 5.21. ábra:** Forgatható Paletta
  - 5.22. ábra:** Relés PLC bővítő modulokkal
  - 5.23. ábra:** Áthelyezett végérzékelő
  - 5.24. ábra:** Bemeneti bővítőegység kapcsolása
  - 5.25. ábra:** Kimeneti bővítőegység
  - 5.26. ábra:** Kimeneti bővítőegység kapcsolása
- 
- 6.1. ábra:** Lineáris Gyártósori Modell
  - 6.2. ábra:** U-alakú Gyártósori Modell

# Irodalomjegyzék:

## Könyvek:

[1] <http://www.schneider-electric.hu/> (ismertető a cégről)

[www.schneider-electric.hu](http://www.schneider-electric.hu) oldalról letölthető könyvek

[2] Automatizálás és vezérlés TWIDO Programozható vezérlő Katalógus 2008 (6. old.; 9. old.; 15. old.; 16. old.; 23. old.; 40. old.; 45; 46. old.; 47; old.; 114. old; 120. old.)

[3] Twido Szoftver referencia kézikönyv verzió 1.0 (18. old-21. old., 139. old.-149. old. )

[4] Ember/gép kapcsolati készülékek Katalógus 2009 (3. old.; 5. old.; 12. old.; 13. old.; )

[5] Dr. habil Kulcsár Béla, LSI Oktatóközpont, Robottechnika, 1998

[6] Autonomous Robotic Systems - Anibal T. de Almeida and Oussama Khatib (Eds), Springer-Verlag London Limited, 1998

[7] Control of Redundant Robot Manipulators - R.V. Patel and F. Shadpey, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005

[8] Handbook of Industrial Automation - Richard L. Shell and Ernest L. Hall 2000 Marcel Dekker

[9] Industrial Robots Programming - J. Norberto Pires, Springer Science+Business Media, LLC, 2007

[10] Mechanics of Microelectromechanical Systems - N.Lobontiu and E.Garcia 2005 Springer Science + Business Media, Inc.

[11] Mechatronic Servo System Control - M. Nakamura S. Goto and N. Kyura, Morikita Shuppan Co., Ltd. 1998

- [12] Multi-Robot Systems From Swarms to Intelligent Automata, Springer, 2005
- [13] Rapid Learning in Robotics - Jorg Walter, Cuvillier Verlag, 1996
- [14] Robot Manipulator Control Theory and Practice - Frank L.Lewis, Marcel Dekker, Inc., 2004

**Linkek:**

- [15] <http://e-oktat.pmmf.hu/robotiranyitas> (13:13 2008.11.16.)
- [16] <http://www.mk.uszeged.hu/~tavokt/gmester/IntelligensRobotokesRendszerek/IntelligensRobotokesRendszerek.pdf> (13:18 2008.11.16.)
- [17] <http://www.szgt.uni-miskolc.hu/~mako/robel1.pdf> (13:12 2008.11.16.)
- [18] <http://www.szgt.uni-miskolc.hu/~mako/robel3.pdf> (13:12 2008.11.16.)
- [19] <http://www.manuf.bme.hu/Seged/Gepgyartastechnologia/Robot.pdf> (13:14 2008.11.16.)
- [20] <http://www.mk.u-szeged.hu/~gmester/Robotkinematika.pdf> (13:16 2008.11.16.)
- [21] <http://www.kando-kkt.sulinet.hu/brain/aut/robottech.ppt> (13:21 2008.11.16.)
- [22] <http://ait.iit.uni-miskolc.hu/~ait/segedlet/taylor/TAYLOSSZ.html> (13:26 2008.11.16.)

### *Köszönetnyilvánítás*

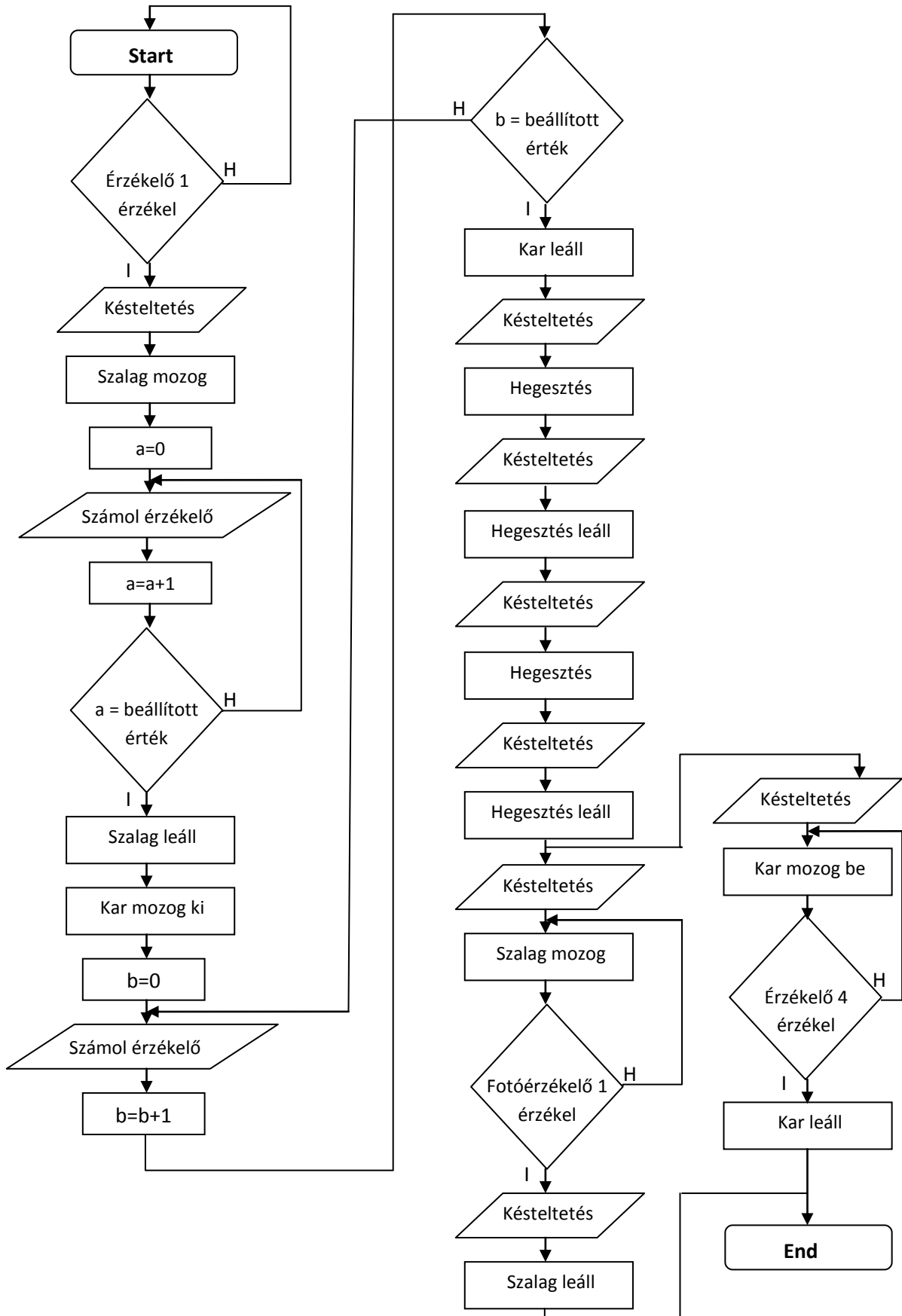
*Ezúton szeretnénk köszönetet mondani témavezetőnknek, Dr. Husi Gézának, amiért elvállalta a témavezetéssel járó feladatokat, valamint szakdolgozatunk elkészítésében segített és útmutatást nyújtott.*

*Külön köszönet jár szakmai oktatóinknak, Bartha Istvánnak és Darai Gyulának, amiért szakértelmükkel és tanácsaikkal segítették munkánkat.*

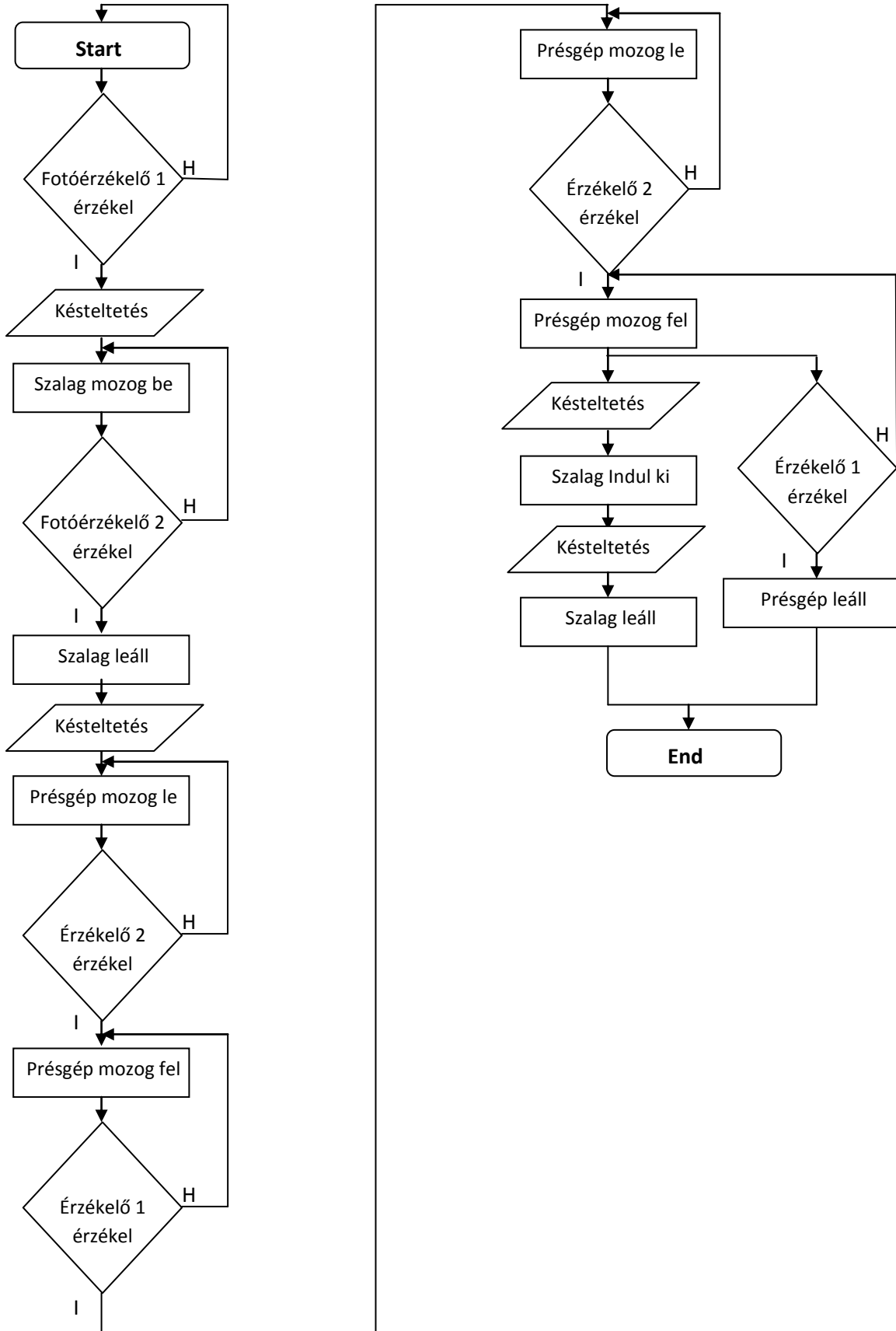
*Továbbá köszönettel tartozunk diáktársunknak Szabó Dénesnek, aki munkánk során rengeteget segített.*

# Függelék

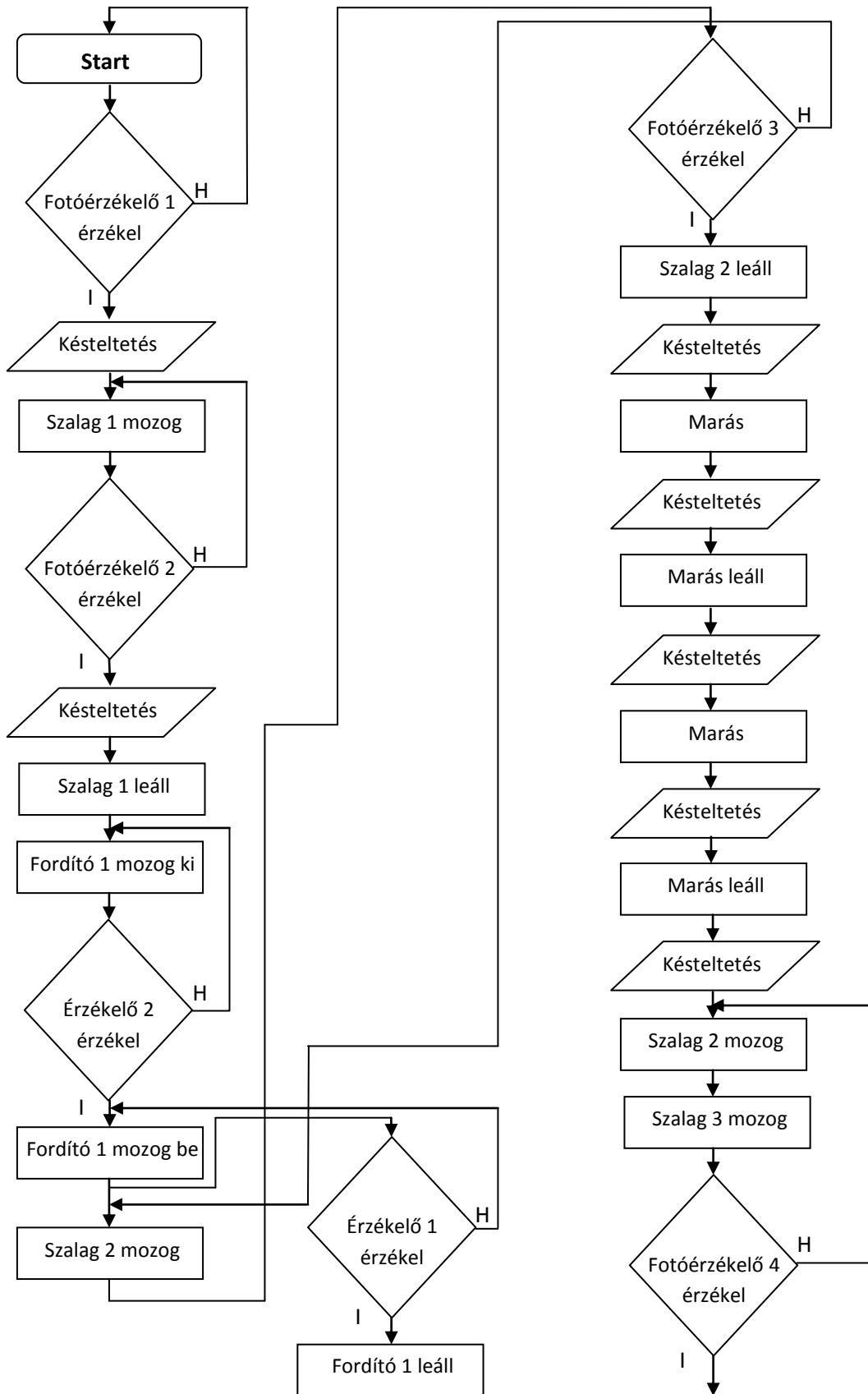
A hegesztő robot vezérlési algoritmusának folyamatábrája lineáris modell esetén

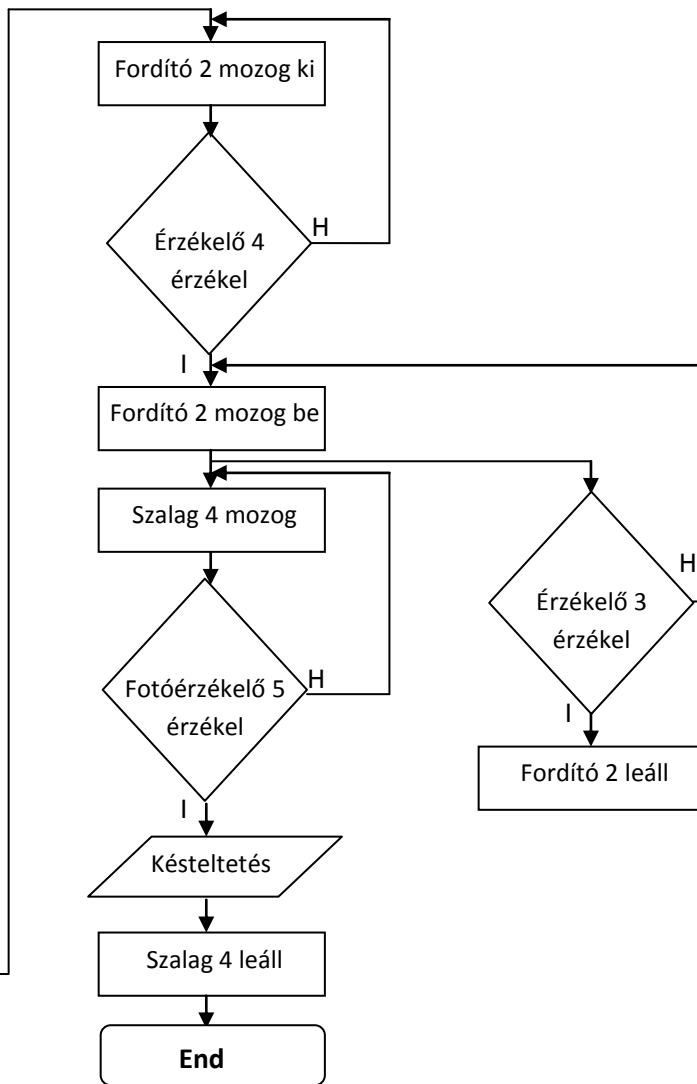
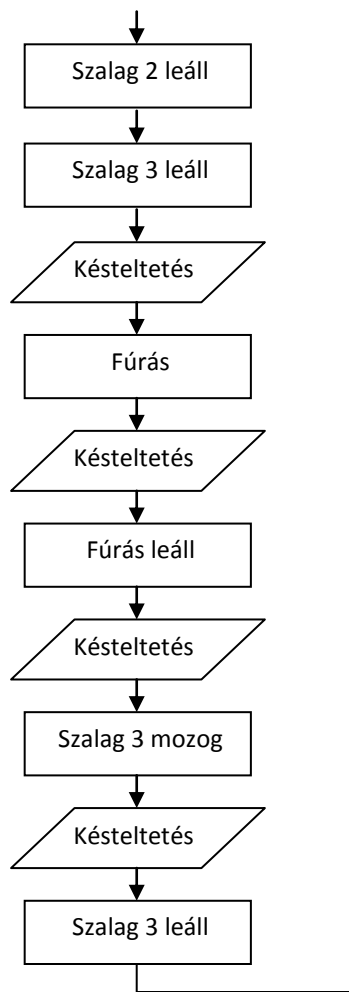


**A présgép vezérlési algoritmusának folyamatábrája lineáris modell esetén**

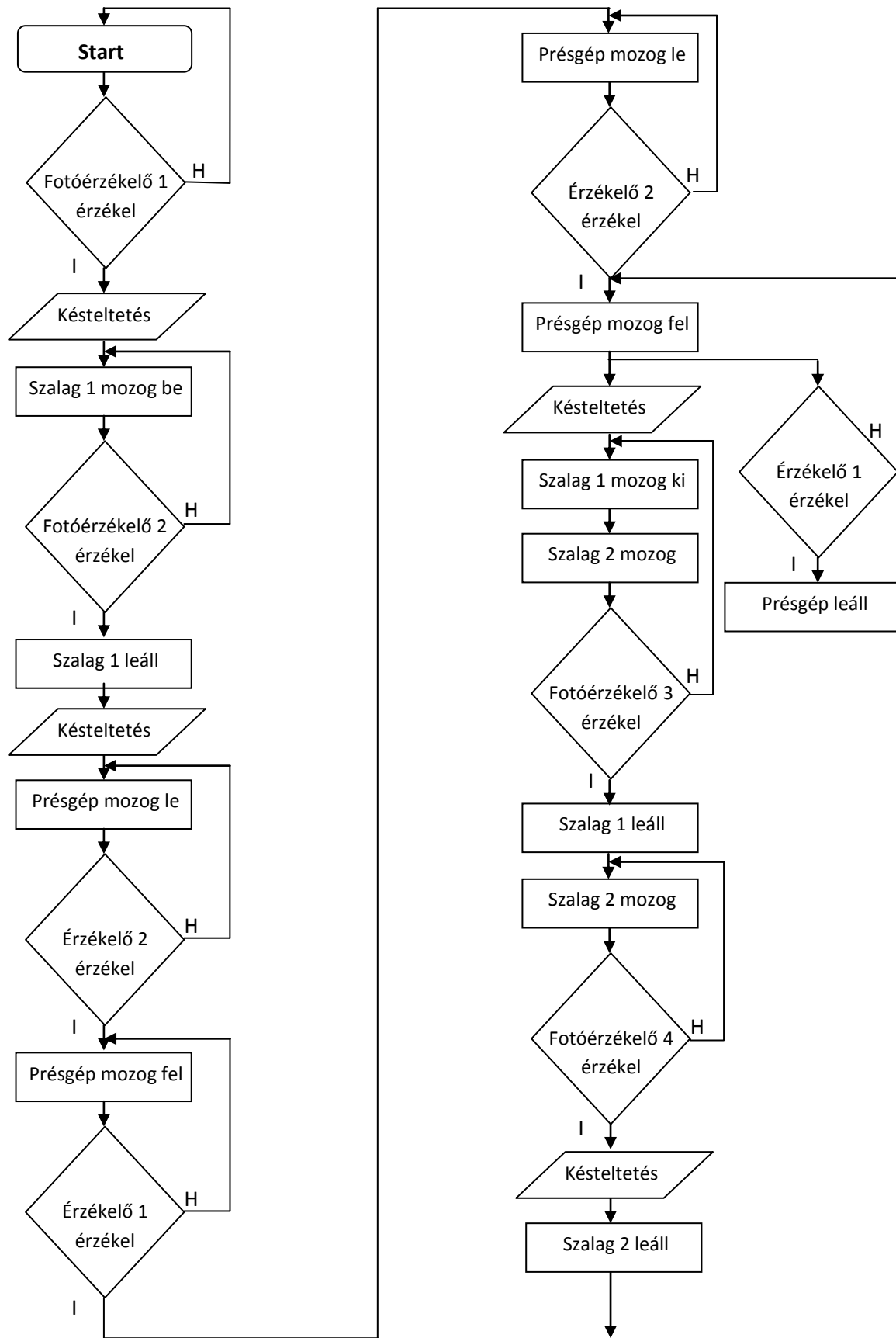


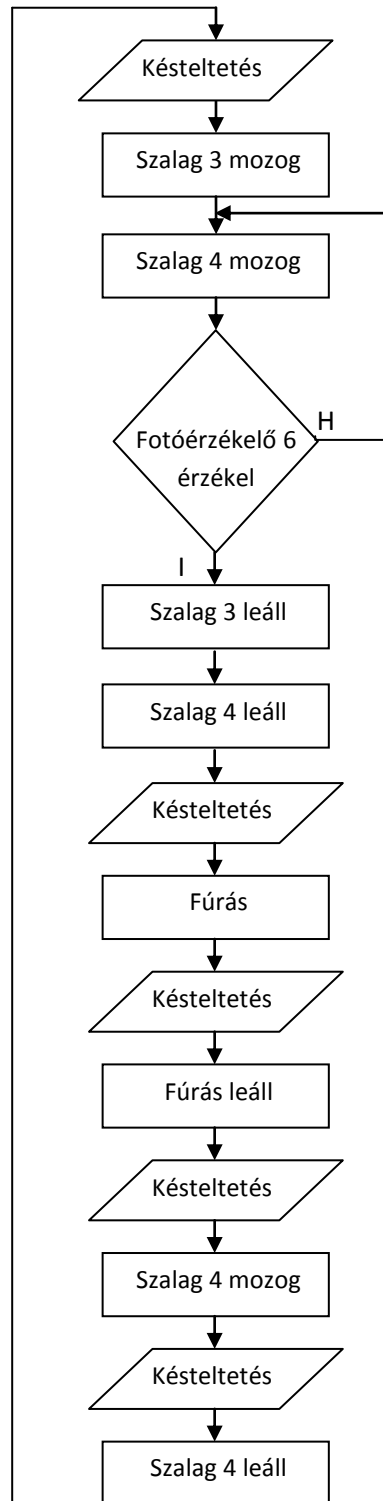
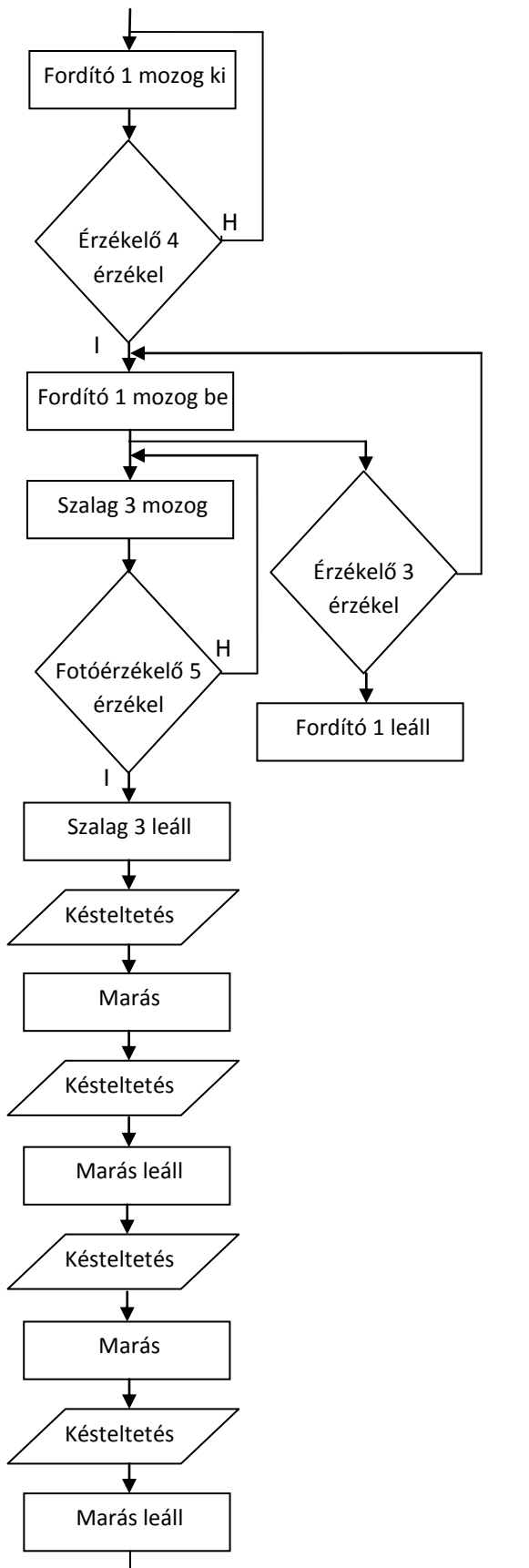
**A maróval és fűrőgéppel rendelkező gyártócella vezérlési algoritmusának folyamatábrája lineáris modell esetén**



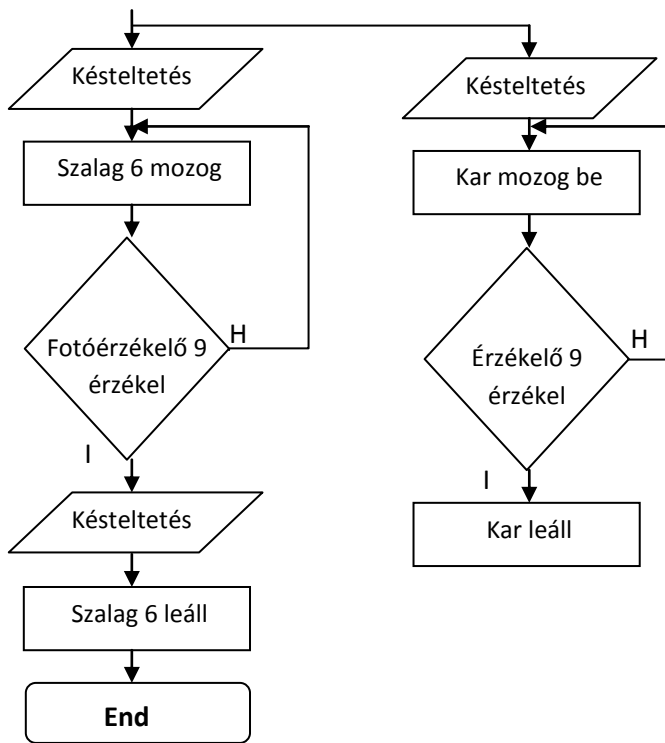


Az U elrendezésű modell vezérlési algoritmusának folyamatábrája

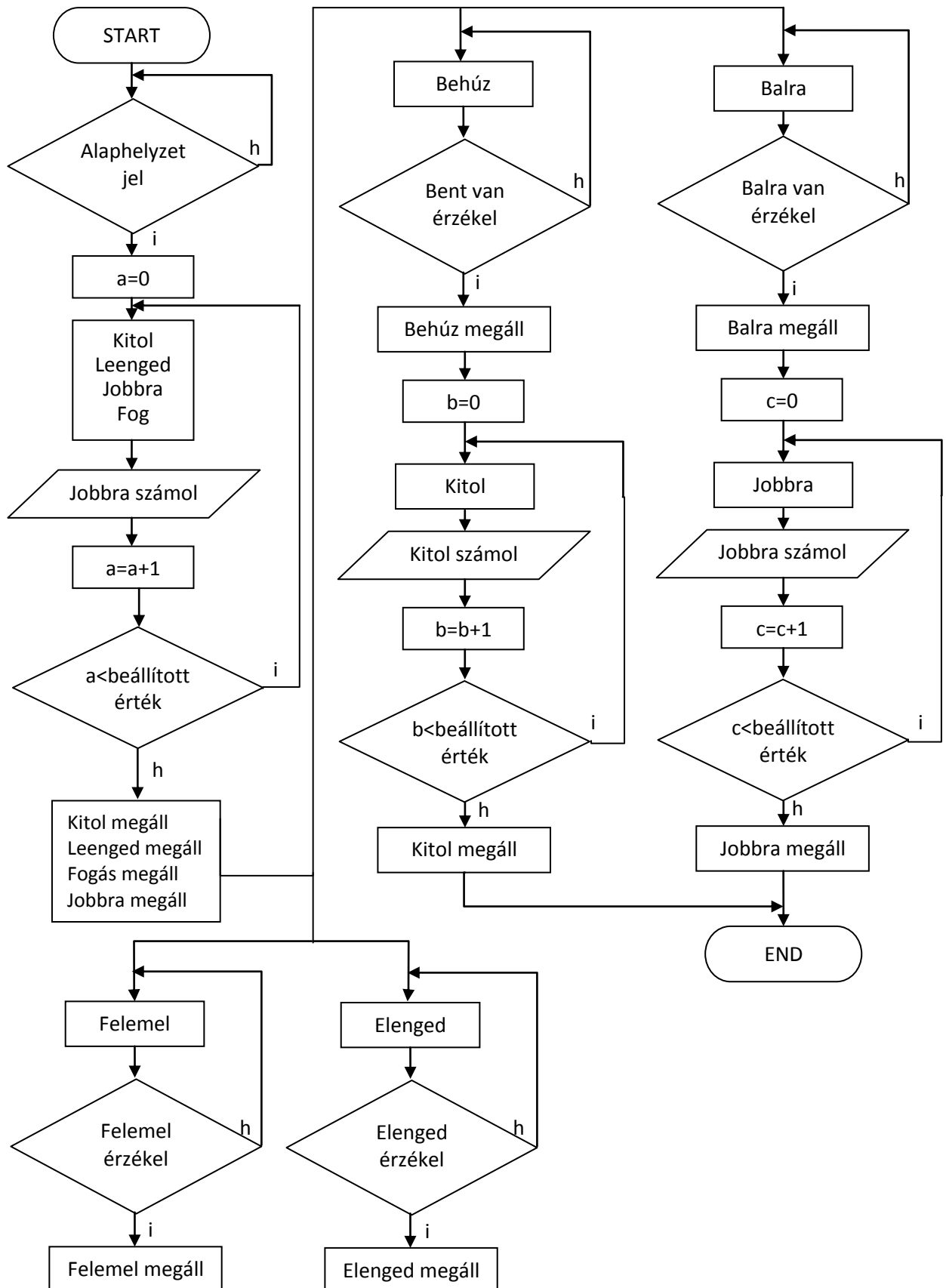




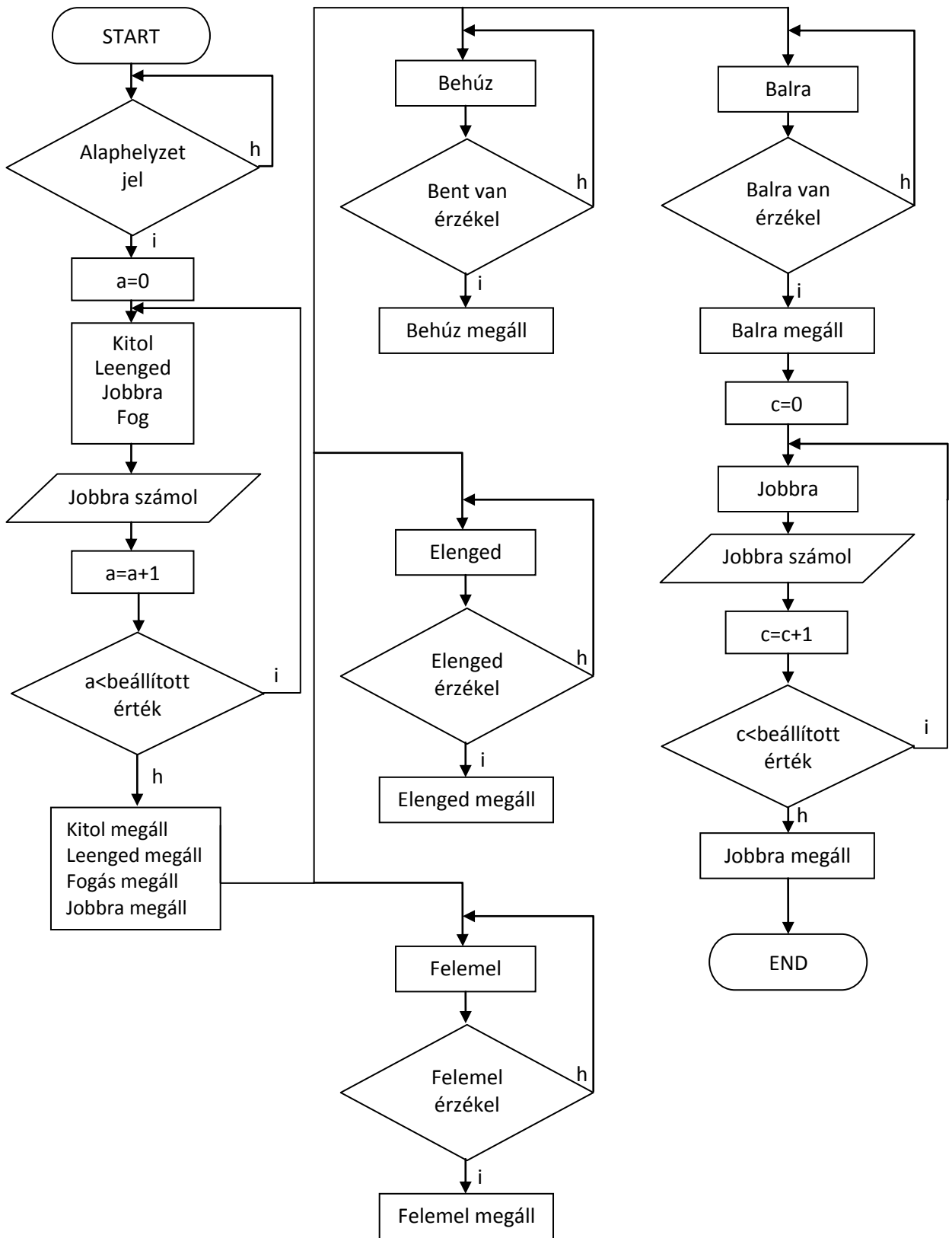




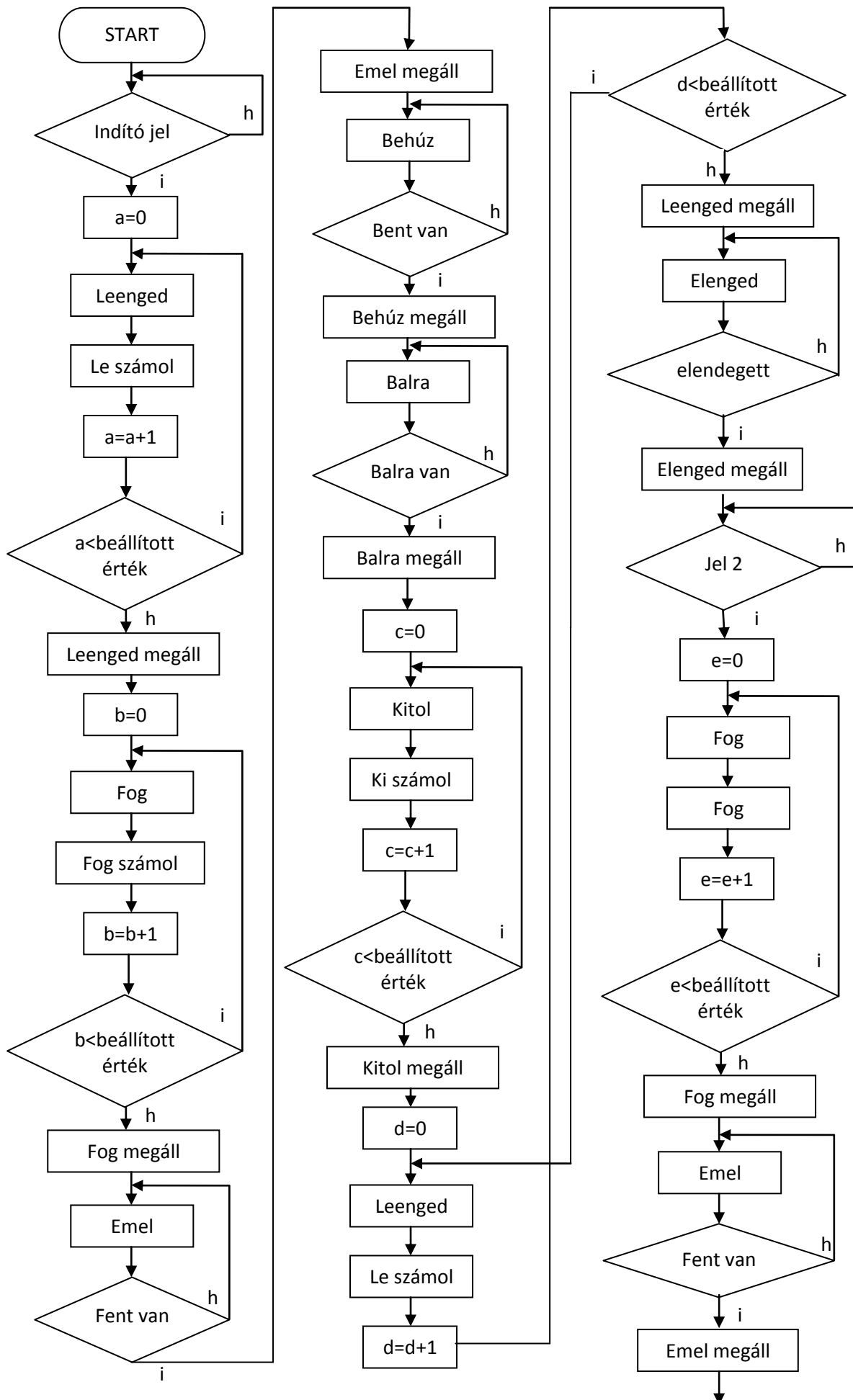
## Lineáris elrendezéshez tartozó robotkar alaphelyzetbe állításának folyamatábrája

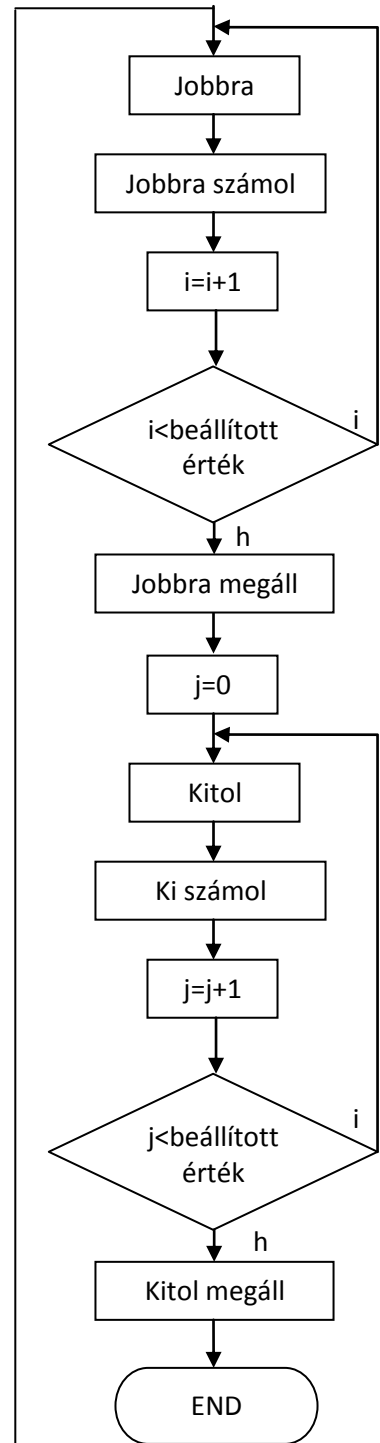
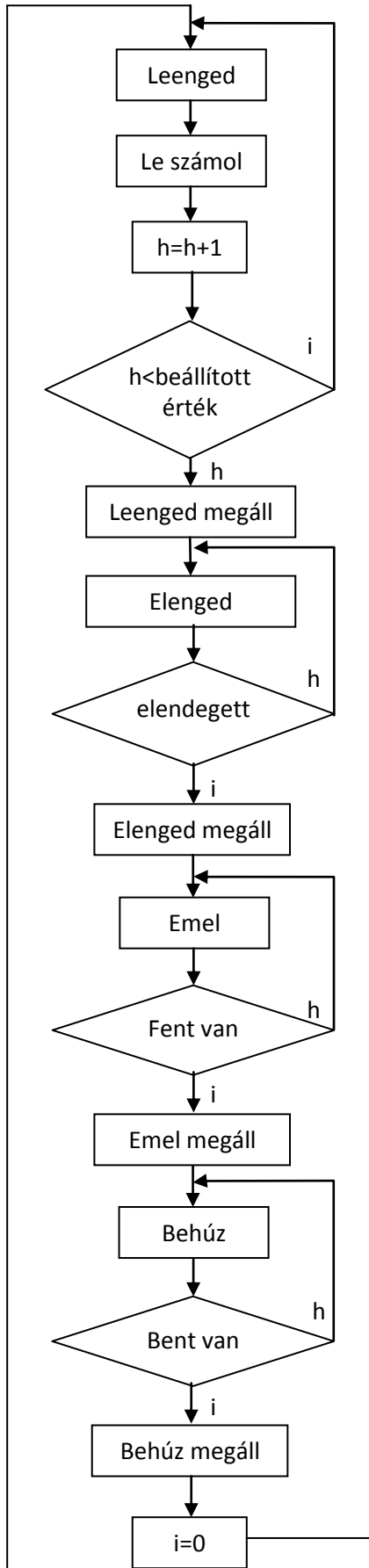
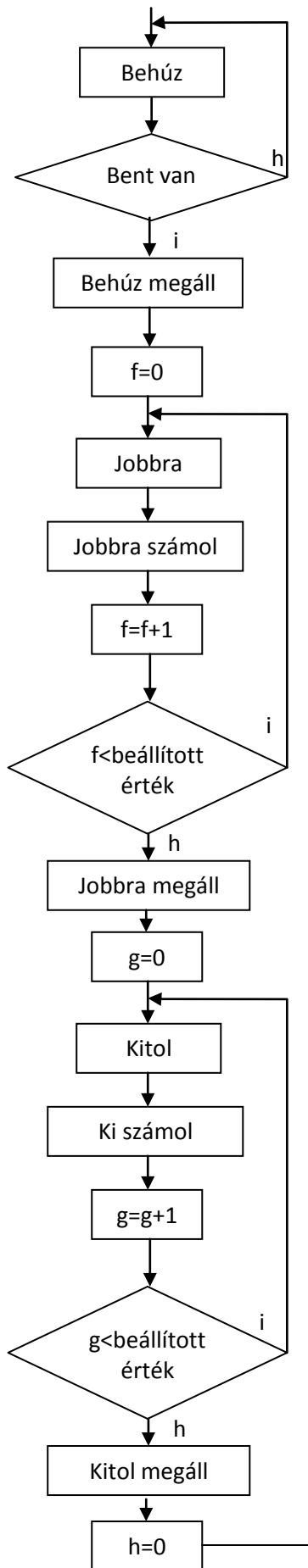


## U-alakú elrendezéshez tartozó robotkar alaphelyzetbe állításának algoritmusja

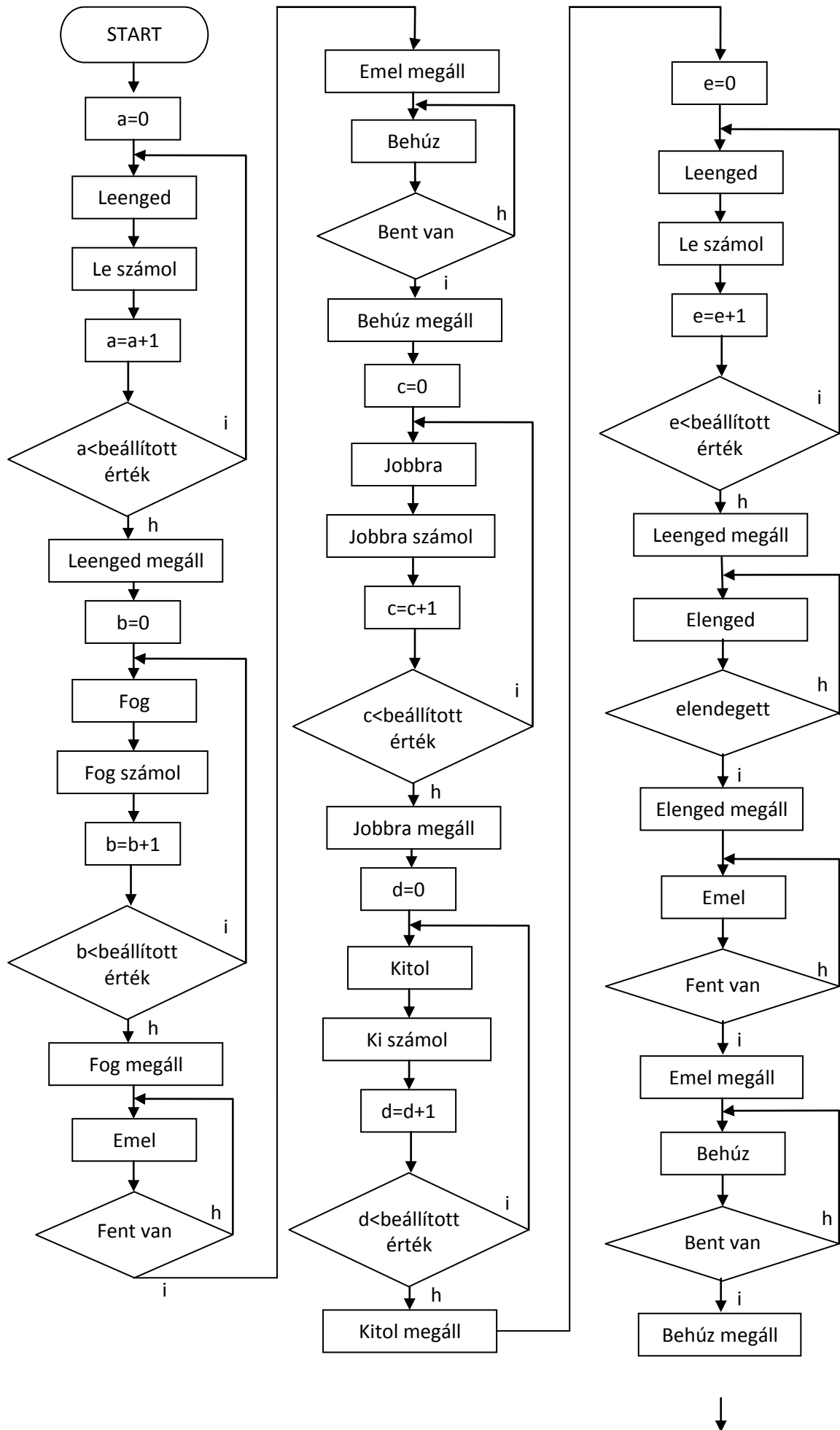


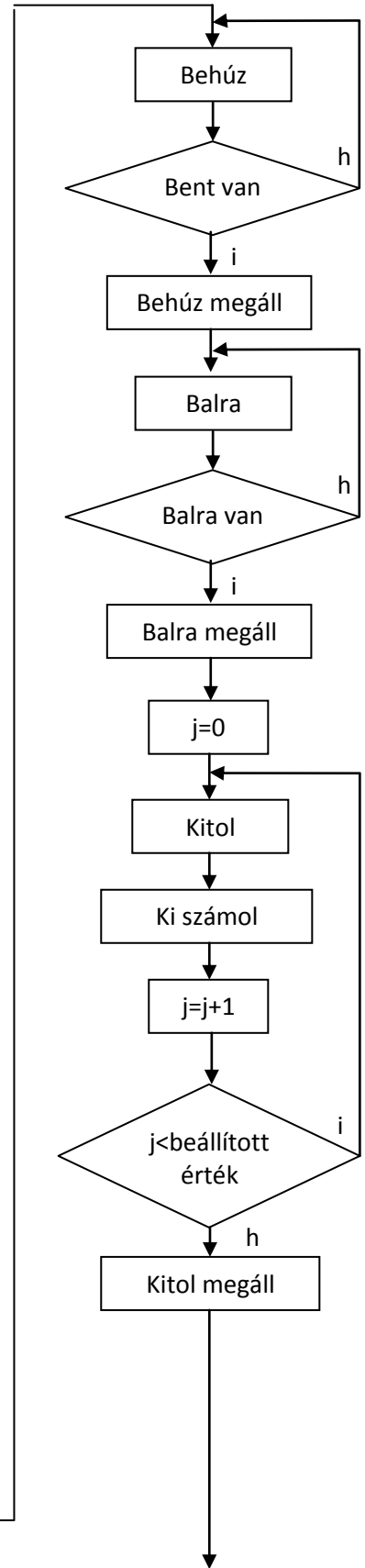
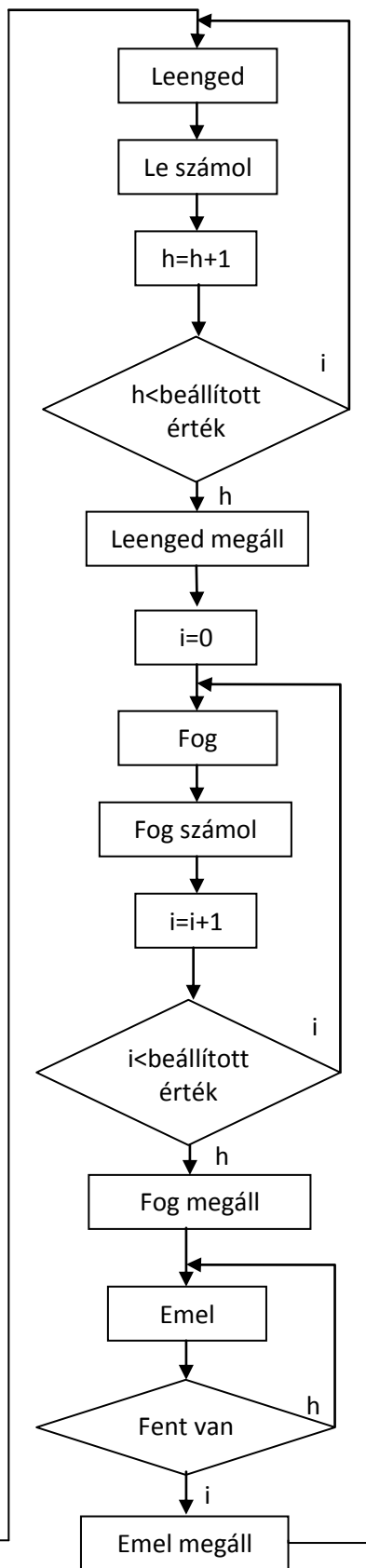
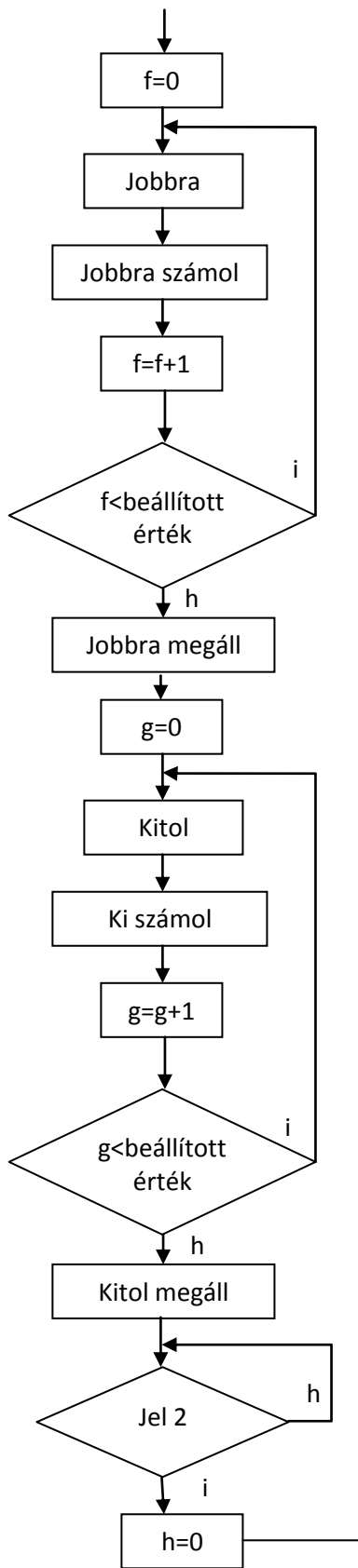
Az első robotkar vezérlési algoritmusának folyamatábrája Lineáris modell esetén

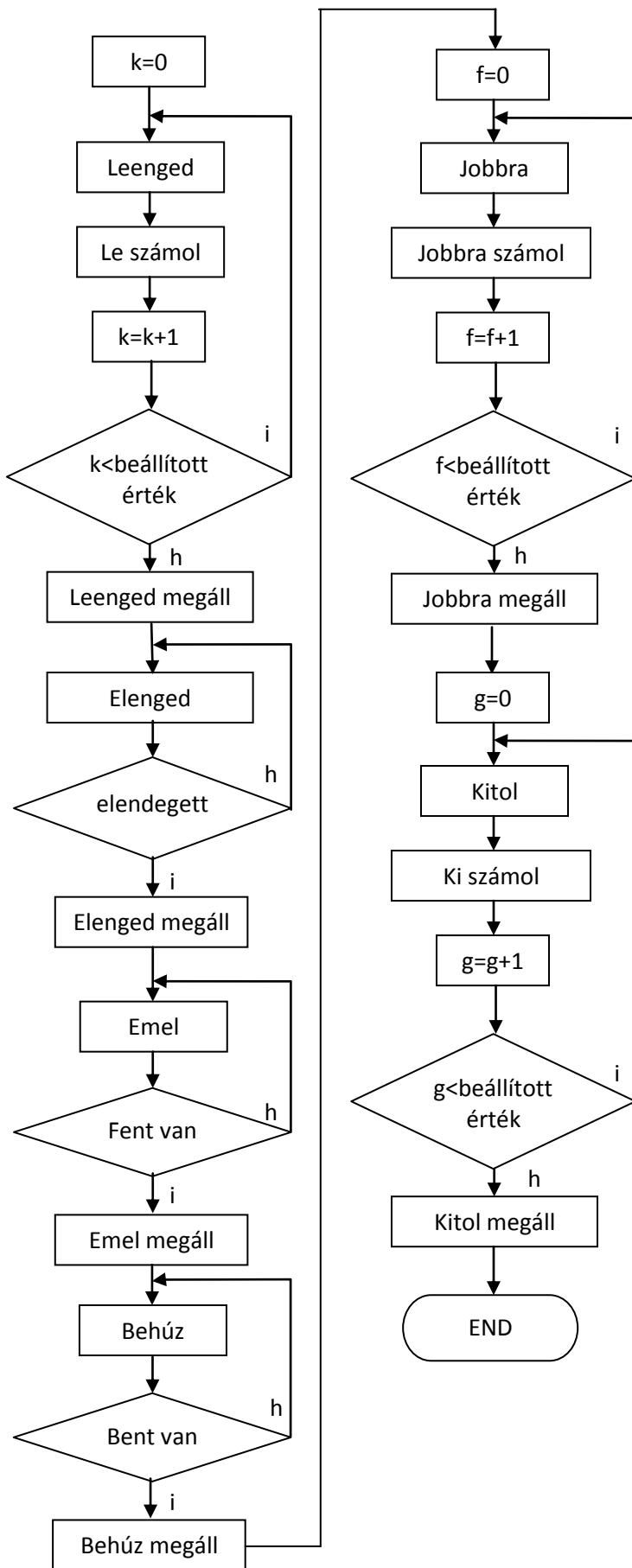




Az második robotkar vezérlési algoritmusának folyamatábrája Lineáris modell esetén







A Robotkar vezérlési algoritmusának folyamatábrája U-alakú modell esetén

