Széchenyi István Egyetem
Audi Hungaria Járműmérnöki Kar

OTDK Dolgozat

Autonóm tekéző robot megépítése és beágyazott vezérlése 3D-s környezetben

Mellékletek

Kovács Zoltán

T4D4BW

Járműmérnöki MSc

Villamos járműhajtások

IV. évfolyam

Konzulensek: Dr. Fodor Dénes, Kőrös Péter

2024

Tartalomjegyzék

1. 1. számú melléklet: Robottechnika történelmi áttekintése 1
   1.1. A robot fogalma 1
   1.2. Pár érdekes robot a történelemből 1
      1.2.1. XVIII. század 1
      1.2.2. XIX. század 5
      1.2.3. XX. század 6
      1.2.4. XXI. század 6
   1.3. A robotok csoportosítása történelmi fejlődésük alapján 8
      1.3.1. Első generációs robotok 8
      1.3.2. Második generációs robotok 8
      1.3.3. Harmadik generációs robotok 8
   1.4. A robotok csoportosítása irányításuk alapján 8
      1.4.1. Manipulátor 8
      1.4.2. Teleoperátor 9
2. 2. számú melléklet: Robotok mechanikai kialakítása 11
   2.1. Helyhez kötött robotok 11
      2.1.1. Vezérelt megmunkáló robotok 11
      2.1.2. Gyártó robotok 12
   2.2. Szállító robotok 12
      2.2.1. Megadott, kötött pályán közlekedő robotok 12
      2.2.2. Zárt térben, betáplált útvonal alapján közlekedő robotok 13
      2.2.3. Mesterséges intelligencia segítségével közlekedő robotok 14
      2.2.4. Lépegető robot (Hexapod) 14
      2.2.5. Repülni képes robot (Multikopter) 18
   2.3. Emberi mozgású robotok (Humanoid) 20

3. 3. számú melléklet: Robotok vezérlése 23
3.1. Mikrovezérlők 23
3.1.1. A mikrovezérlők részei 24
3.1.2. A mikrovezérlők rövid története 25
3.2. Mikrovezérlők alkalmazási területei 27
3.3. Mikroszámítógép felépítése 29
3.3.1. Mikroprocesszor (CPU) 30
3.3.2. Memória 30
3.3.3. Input/output eszközök 30
3.4. A fejlesztés négy tesztelési szintje 32
3.4.1. MIL (model in the loop) 32
3.4.2. SIL (software in the loop) 32
3.4.3. PIL (processor in the loop) 32
3.4.4. HIL (hardware in the loop) 33
4. 4. számú melléklet: A golyó mozgását leíró program 34
I. Közegellenállás nélkül 34
II. Közegellenállással 36
5. 5. számú melléklet: A golyó mozgását leíró diagramok 38
6. 6. számú melléklet: A robot vezérlése 44
Irodalomjegyzék 47
Nyomtatott dokumentumok: 47
Elektronikus dokumentumok: 47

1. 1. számú melléklet: Robottechnika történelmi áttekintése

A következőkben röviden bemutatok néhány érdekes robotot a történelemből, tárgyalom a kialakításukat, felvázolom a használt vezérlési módszereket.

1.1. A robot fogalma

A robot olyan többfunkciós elektromechanikai szerkezet, eszköz, amely távirányítással, vagy előzetes programozás alapján saját programja szerint mozog, képes különböző feladatok végrehajtására. Mozgatni képes eszközöket, anyagokat, illetve különböző feladatok elvégzését hajtja végre közvetlen emberi irányítással, vagy előre megírt programja alapján, önállóan is végezheti a munkáját egy számítógép felügyelete mellett. Tehát a robot érzékeli a környezetét, és az onnan begyűjtött információk befolyásolják a működését. A robotokat sokféle szempont szerint lehet csoportosítani, például: alkalmazási területük, jellemzőik, felépítésük, vezérlésük szerint. A robot szó szláv eredetű, a robota szóból ered, aminek jelentése szolgamunka a csehben, szlovákban, ukránul (робота) és lengyelben, valamint a munkát jelenti az oroszban (работа). Karel Čapek használta először a robot szót, az 1921-ben megjelent R.U.R. című drámájában. [1]

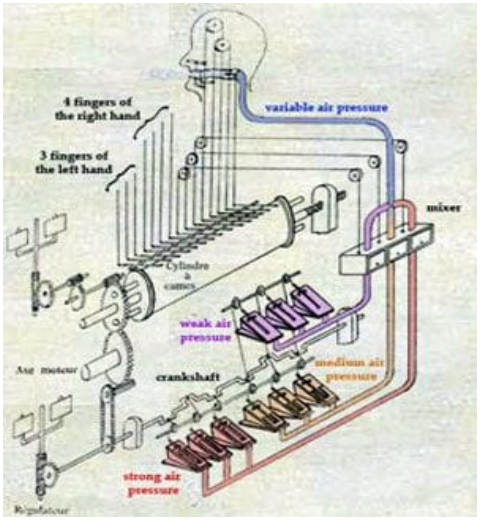
1.2. Pár érdekes robot a történelemből

Már a 17. és 18. században voltak olyan feltalálók, ezermesterek, tudósok, akik olyan szerkezetek megvalósításán törték a fejüket, amelyek az emberek munkáját könnyebbé teszik.

1.2.1. XVIII. század

Jacques de Vaucanson francia művész és feltaláló több robotot is készített. Az egyik egy pásztort mintázó életnagyságú mechanikus figura volt, egy talapzatra állított sziklán ült, képes volt a szájához tartva, megszólaltatni a hangszert, eközben az ujjaival mozgatta a furulyán található szelepeket. 12 különböző játékot tudott lejátszani. Az egész figura fából készült, kivéve a karokat, amelyek kartonból készültek. A dallamokat valódi hangszeren játszotta, az ujjakat fából faragta a művész, amelyet bőrdarabbal fedett azon a ponton, ahol az a lyukakat fedte. Az ***1. melléklet 1. ábrán*** az 1737-ben elkészült szerkezet felépítése látható.

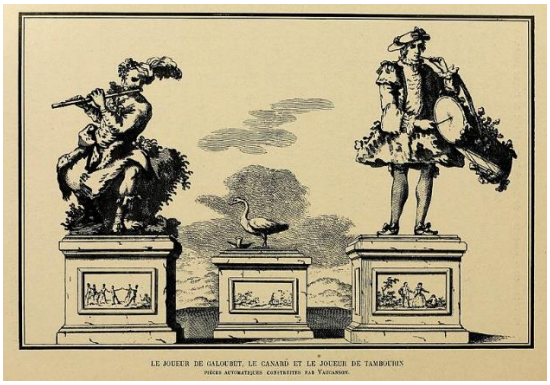
1738 mozgalmas év volt számára, két másik automatát is készített, a Tamburajátékost és az Emésztő kacsát, amelyet remekművének tartanak. Mindhárom találmány egymás mellett az ***1. melléklet 2. ábrán*** nézhető meg. A kacsa nemcsak hápogó hangot adott ki, lépegetett, csapkodott a szárnyával úszkálni, lubickolni is tudott. A kacsa emésztését is megépítette, azaz a gép evett, ivott és még az emésztés végtermékét is képes volt produkálni. Az Emésztő Kacsát mechanikus kacsának vagy óramű kacsának is nevezték. Aranyozott rézből készült, és több mint 400 mozgó alkatrészt tartalmazott.



1. melléklet 1. ábra: Fuvolajátékos mechanikája

(forrás: https://history-computer.com/jacques-de-vaucanson-complete-biography/)

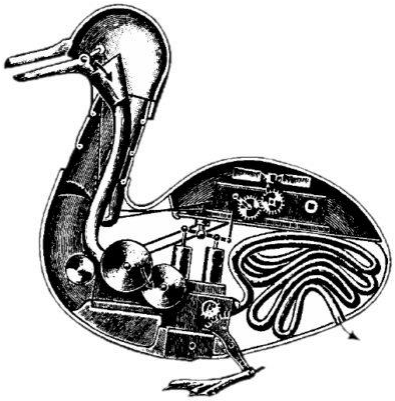
A kacsában rejtett rekesz tartalmazta a megemésztett táplálékot, tehát amit a kacsa kiürített, az nem ugyanaz volt, mint amit megevett.



1. melléklet 2. ábra: Vaucanson mindhárom találmánya

(forrás: https://www.aps.org/publications/apsnews/201802/history.cfm)

Az automatákkal a célja az volt, hogy szórakoztassa a befolyásos és gazdag embereket, ezzel megszerezve finanszírozási hajlandóságukat. Az emésztő kacsa kifejlesztése közben, a kacsabelek kialakításához feltalálta a világ első hajlékony gumicsövét. A hápogó kacsa az ***1. melléklet 3. ábrán*** tekinthető meg. [2; 3]



1. melléklet 3. ábra: A hápogó kacsa

(forrás: https://lapiedradesisifo.com/tag/jacques-de-vaucanson/)

Pierre Jaquet-Droz svájci órás munkássága a három humanoid automatával csúcsosodott ki: a rajzoló a zenész és az író, amelyet 1774-ben mutattak be (La Chaux-de-Fonds). Kezdetben ingaórákkal foglalkozott, de később úgy döntött, hogy automata mechanizmusokra specializálódik. A modern számítógépek távoli ősei közé sorolják munkáit, mivel bizonyos funkciók végrehajtása programozható volt. A három robot az ***1. melléklet 4. ábrán*** látható. A rajzolót kisgyereknek modellezte 2 000 darabból áll, és egy olyan bütyökrendszerrel dolgozik, amelyből az egyik két dimenzióban kódolja a kéz mozgását, valamint egy másik, ami felemeli a ceruzát. A kisgyerek négy különböző képet tud megrajzolni, ebből az egyik XV. Lajos portréja, ami az ***1. melléklet 5. ábrán*** látható. Az 1 méter 80 cm magas elegáns női baba volt a zenész, 2 500 darab alkatrészből építette meg, valódi zenét produkál úgy, hogy ujjaival megnyomja egy egyedi gyártású orgona billentyűit, ez az ***1. melléklet 6. ábrán*** látható. Öt különböző dallamot tud eljátszani.

1. melléklet 4. ábra: A rajzoló, a zenész és az író

(forrás: https://www.thevintagenews.com/2016/10/01/the-jaquet-droz-automata-mechanical-wonders-from-the-18th-century-considered-by-some-to-the-ancestors-of-the-modern-computer/)

1. melléklet 5. ábra: XV. Lajos portréja

(forrás: https://www.thevintagenews.com/2016/10/01/the-jaquet-droz-automata-mechanical-wonders-from-the-18th-century-considered-by-some-to-the-ancestors-of-the-modern-computer/)

1. melléklet 6. ábra: A zenész

(forrás: https://www.thevintagenews.com/2016/10/01/the-jaquet-droz-automata-mechanical-wonders-from-the-18th-century-considered-by-some-to-the-ancestors-of-the-modern-computer/)

A három szerkezet közül a leglenyűgözőbb és legösszetettebb az író mechanika, amelyben 6 000 egyedi gyártású alkatrész dolgozik együtt egy önálló, programozható írógép létrehozása érdekében. Úgy néz ki, mint egy hároméves gyermek, aki egy XV. Lajos stílusú zsámolyon ül, kezében egy tollat tart, amit belemárt a tintatartóba, majd kissé megrázza, mielőtt leveleket írna egy papírra. Bármilyen egyedi szöveget tud írni legfeljebb 40 betűs hosszúságig, van benne egy speciális mechanizmus, amely követi munkáját. Az író fiút és a benne rejlő szerkezetet az ***1. melléklet 7. ábra*** mutatja. Évszázadokkal az építésük után a babák még mindig működőképesek, és Svájcban tekinthetőek meg (Musée d'Art et d'Histoire of Neuchâtel).
[4; 5]

1. melléklet 7. ábra: Az író

(forrás: https://www.thisiscolossal.com/2013/11/the-writer-automata/)

1.2.2. XIX. század

A világ egyik leghíresebb, emberalakot utánzó szerkezete jelenleg a müncheni Deutsches Museumban kiállított Kaufmann-féle automata trombitás. A 180 centiméter magas alak egy kora újkori spanyol öltözetet visel. Az emberi tüdő munkáját fújtatók veszik át, amelyek a trombita hangját utánzó nádsípokat szólaltatnak meg testében. Friedrich Wilhelm Kaufmann édesapja, Johann Gottfried Kaufmann jó szakember hírében álló órás volt, dédapja, Georg Friedrich Kaufmann pedig a szász hercegi udvar és számos székesegyház számára készített orgonákat.

Kaufmann 1799-ben, 14 éves korában kezdett tanoncként dolgozni apja órásműhelyben, 1803-tól 1806-ig körutat tett, a Német-Római Császárság, Svájc és Franciaország több órakészítő műhelyében, ahol több mester keze alatt is tanult. Az 1810-ben bemutatott trombitás az ***1. melléklet 8. ábrán*** tekinthető meg.

1. melléklet 8. ábra: Automata trombitás

(forrás: https://digital.deutsches-museum.de/de/digital-catalogue/collection-object/4423/)

(forrás: https://cyberneticzoo.com/robots/1810-automaton-trumpet-player-friedrich-kaufmann-german/)

A spanyol gúnyába bújtatott trombitás automata különlegessége, hogy két különböző hangot is meg tud szólaltatni egyszerre. A különös, korát meghaladó szerkezet működését két, lépcsős felületű, bütykös rézhenger biztosítja. Ezek a csapocskák hat felfelé és lefelé mozgó rudat és a hozzájuk kapcsolódó karokat mozgatnak, amelyek a fújtató szelepekre hatnak, ezek 12 nyelvecskén eresztik át a levegőt. A hang valóban egy trombitán át jön ki a szerkezetből, hangja emlékeztet a valódi hangszerére. [6]

1.2.3. XX. század

1984-ben a Waseda University-n kifejlesztik a Wabot 2 névre keresztel antropomorf robotot. A Wabot 2 egy humanoid robot, amely képes volt kottát olvasva elektronikus billentyűzeten játszani. Valójában a fejét egy kamerával helyettesítették. Mindkét kézfeje ötujjas kialakítású volt, így tíz újra írt darabokat tudott eljátszani. Ujjaival precíz és finom mozdulatok végzésére volt képes. Emberi lényhez hasonló intelligenciát és ügyességet igényelt a játékához. Képes volt közepes nehézségű dallamokat játszani. Valódi művészek énekének kíséretére is alkalmas volt „hallásának” köszönhetően. A WABOT-2 volt az első mérföldkő az emberi robot fejlesztésében. Az elektronikus billentyűzeten játszó robot az ***1. melléklet 9. ábrán*** látható. [7; 8]

1. melléklet 9. ábra: A zongorázni képes robot
(forrás: https://robotsguide.com/robots/wabot)

1.2.4. XXI. század

1986-ban a Honda mérnökei egy sétáló robot létrehozását tűzték ki célul. A korai modelleknél (E1, E2, E3) olyan lábak fejlesztésére összpontosítottak, amelyek képesek szimulálni az ember sétáját. A következő modellsorozatnál (E4, E5, E6) a séta stabilizálására és a lépcsőzésre fektettek nagyobb hangsúlyt.

Ezután fej, test és karok kerültek a robotba az egyensúly javítása és a funkcionalitás növelése érdekében. A Honda első humanoid robotja, a P1 meglehetősen masszív, 189 cm magas és 175 kg tömegű volt. A P2-t barátságosabb kialakításúra tervezték, továbbfejlesztett séta és lépcsőző funkcióval, vezeték nélküli automatikus mozgással. A P3 modell még kompaktabb lett, 158 cm magas volt és 130 kg-ot nyomott.

Az ASIMO a Honda mérnökei által végzett két évtizedes humanoid robotikai kutatások csúcspontja. Ez a robot tud futni, járni egyenetlen lejtőn és felületeken, simán kanyarodni, lépcsőzni, tárgyakat elérni és megragadni. Az ASIMO az egyszerű hangutasításokat is képes megérteni és megválaszolni. Képes felismerni az egyének arcát, kameraszemeivel az ASIMO feltérképezi környezetét és érzékeli az álló objektumokat. A mozgó akadályokat is elkerüli haladás közben. A 2011-ben bemutatott legújabb ASIMO 130 cm magas és a tömege 48 kg. [9]

Az ***1. melléklet 10. ábrán*** nézhető meg a HONDA cég által fejlesztett és gyártott robot, ami egy elképzelt jövőt mutat, ahol majd mesterséges intelligenciával ellátott robotpilóták fogják vezetni a repülőgépeket. Persze ez az elképzelés mindenképpen elrugaszkodott a valóságtól, mivel, ha pilóta nélküli, önvezető repülőgépek lesznek is a jövőben, bizonyosan nem emberi mozgásra is alkalmas robotok végzik majd ezt a feladatot, mivel ezeknek nem kell kiszállni és elsétálni a géptől a munkanap befejeztével, hogy táplálkozzanak, kipihenjék magukat, és feltöltődjenek energiával a következő, kihívásokat tartogató napra. Ezek a robotok a gép részét fogják alkotni.

1. melléklet 10. ábra: ASIMO

(forrás: https://asimo.honda.com/asimo-history/)

Már az első ASIMO is meghökkentően ügyes volt, de az új verziója ijesztően intelligens lett. A frissített verzió már képes akár egy bevásárlókocsi tolására, 9 km/óra sebességgel fut, és olyan összetett műveleteket hajt végre manuális irányítás nélkül, mint például egy üdítős flakon kupakjának a lecsavarása és a palack tartalmának pohárba töltése. [10]

1.3. A robotok csoportosítása történelmi fejlődésük alapján

Fejlődésük alapján három generációs csoportba sorolták a robotokat:

1.3.1. Első generációs robotok

Ezeket a robotokat „vak" robotoknak is nevezik azért, mert a környezetükből érkező jelek nem befolyásolják működésüket. Csak vezérléssel működtethetők, a számítógépbe táplált programmal adható meg mozgásuk útvonala és a végrehajtandó tevékenységek is.

1.3.2. Második generációs robotok

A második generációs robotok már érzékelőkkel vannak ellátva, így alkalmazkodni tudnak a környezeti változásokhoz. Általában helyzet, erő, nyomaték, hőmérséklet érzékelőt alkalmaznak náluk, de emellett sok különféle szenzorral fel lehetnek szerelve.

1.3.3. Harmadik generációs robotok

Ezeket már összetett feladatokban alkalmazzák. Olyan érzékelőkkel vannak ellátva, amelyekkel a környezeti változásokat érzékelik, mellette adatgyűjtésre és adatfeldolgozásra is képesek, amely segítségével önálló döntéseket hozhatnak. Ezek tanulási képességgel és mesterséges intelligenciával rendelkező, úgynevezett intelligens robotok. [11]

1.4. A robotok csoportosítása irányításuk alapján

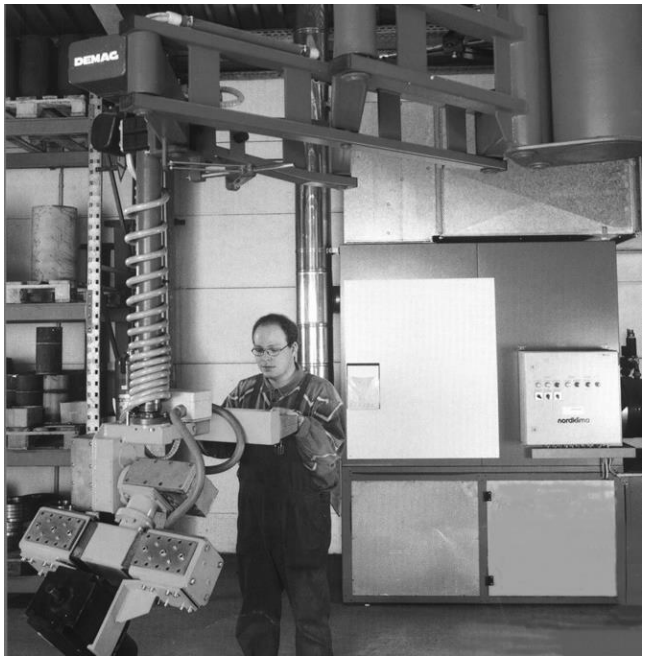
A kézi irányítású berendezések között két külön csoport hozható létre:

1.4.1. Manipulátor

Kézi irányítású mozgatóberendezés, amelyet főként anyagkezelési célokra használnak. Nagyteherbírású manipulátorok esetén a mozgatandó anyag pontos irányított pozícióba helyezését közvetlen programozással, gépi úton oldják meg. Egy manipulátor látható az ***1. melléklet 11. ábrán***.

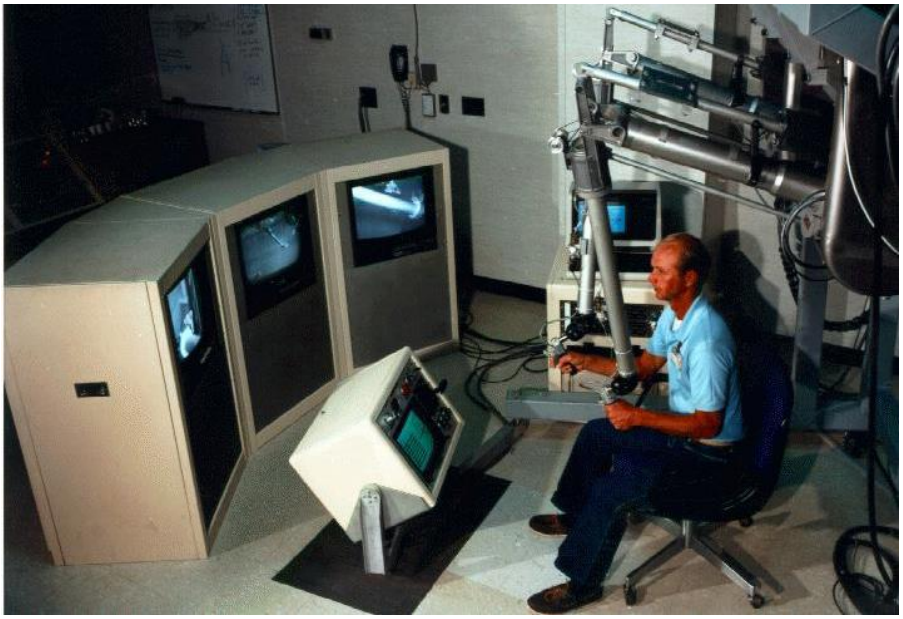
1.4.2. Teleoperátor

Távirányított manipulátor. A távirányítást végezhetjük rudazattal, vagy joystick rendszerű erőátviteli rendszerrel. Olyan területen alkalmazzák, ahol az anyagmozgatási vagy a technológiai munkatér az ember számára veszélyes. A kezelő egy figyelőablakkal vagy monitorral ellátott, hermetikusan elzárt kezelő teremből végzi a robot mozgatását. Az ***1. melléklet 12. ábrán*** egy teleoperátor tekinthető meg.



1. melléklet 11. ábra: Nagyteherbírású manipulátor programozása

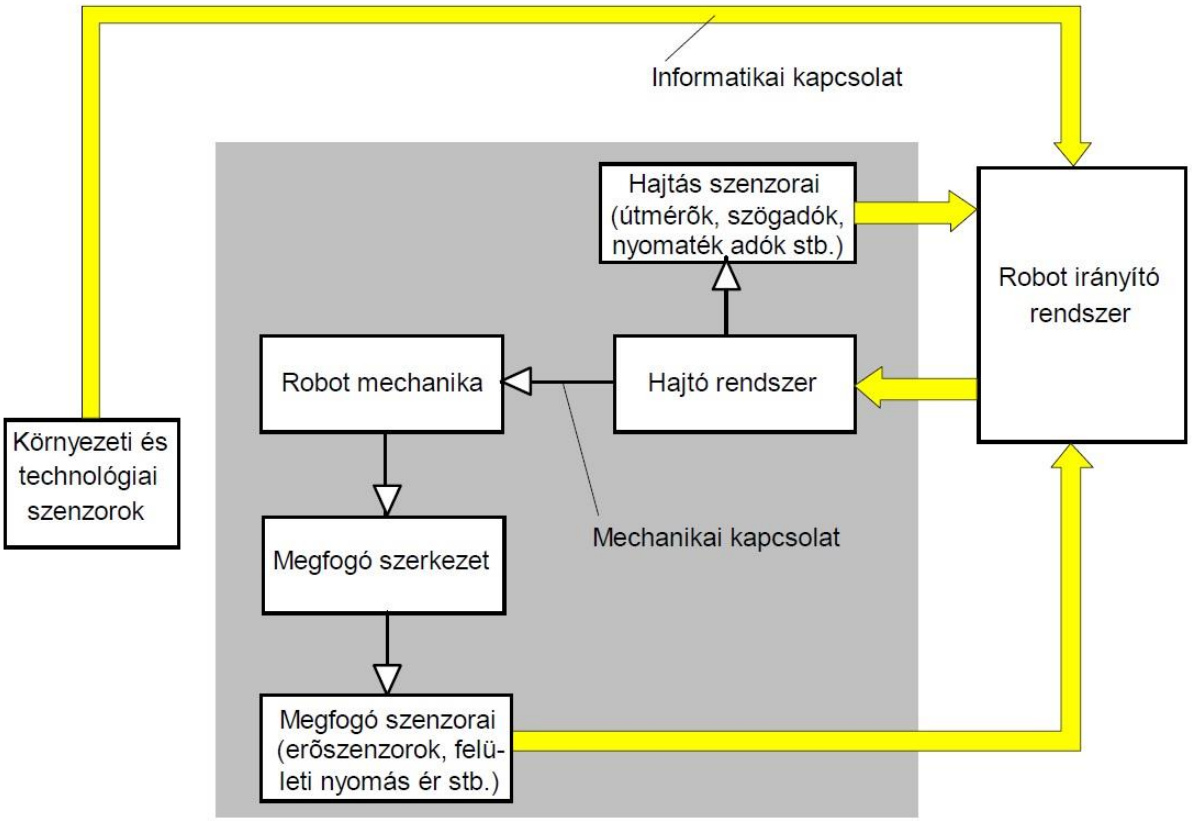
(forrás: Kulcsár Béla, Robottechnika [2012])



1. melléklet 12. ábra: Kezelő teremből végzett robot mozgatás

(forrás: Kulcsár Béla, Robottechnika (2012)

Az 1995-ös évben a SEF cég az úgynevezett TRICEPT robot típusának megjelenésével forradalmasította a technológiát. A fejlesztés iránya ma is az, hogy a robot intelligencia szintjének növelésével a munkafolyamatokban az embert helyettesíteni tudja, az emberi karral végzendő műveleteket úgy tudja kiváltani, hogy a robot a környezeti feltételek változásaihoz is adaptálódjon. A fent leírtakat alapján egy robot az ***1. melléklet 13. ábrán*** mutatott struktúrán ábrázolt egységekből tevődik össze. [12]



1. melléklet 13. ábra: A robot funkcionális egységei

(forrás: Kulcsár Béla, Robottechnika [2012])

2. 2. számú melléklet: Robotok mechanikai kialakítása

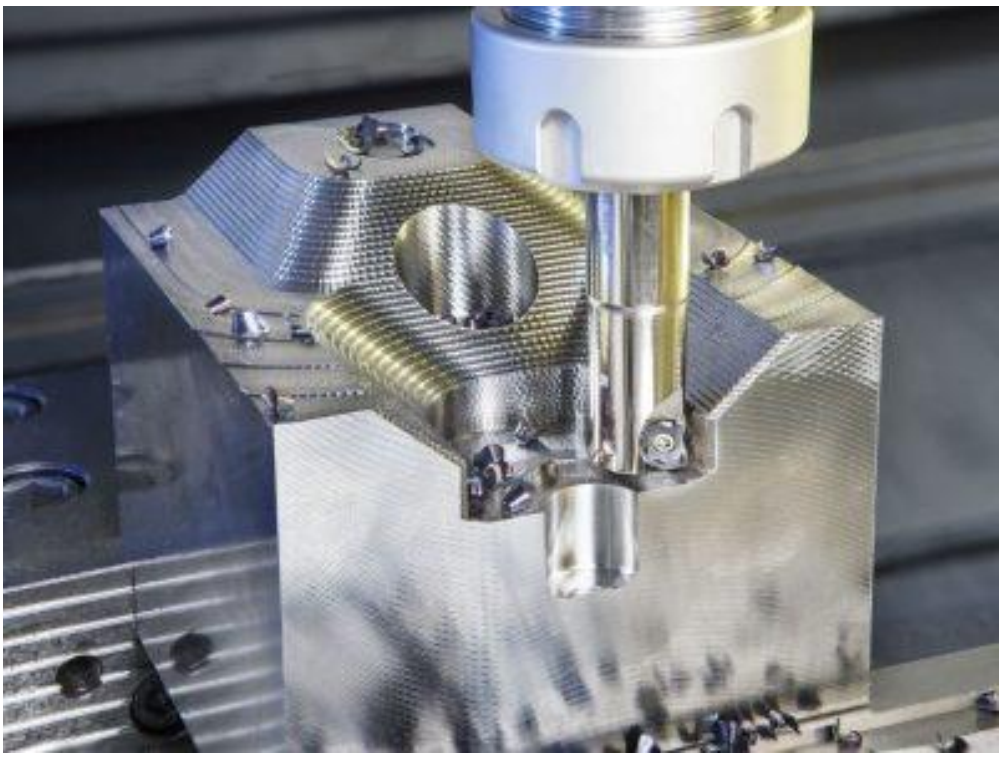
A robotok kialakítása az elvégzendő feladattól függ. Egészen más kialakítású egy helyhez kötött, járműgyár karosszériaüzemében használt hegesztőrobot, mint egy útburkolatra festett jel követésére alkalmas kórházi szállítórobot, vagy például egy lépcsőjáró robot. A légiszállításra használt drónok pedig kialakításuk szempontjából teljesen különböznek az eddig felsoroltaktól.

2.1. Helyhez kötött robotok

A helyhez kötött robotok közül kettőt említek, amelyeket például járműgyártásban használnak.

2.1.1. Vezérelt megmunkáló robotok

Ilyenek a megmunkálás területén használt vezérelt esztergagépek és megmunkálóközpontok. Ezeknél a gépeknél a gép az előre megírt program szerint elvégzi a műveletet. A méret ellenőrzése a program lefutása után történik. A mért érték megállapítását követően kerül sor az esetleges kés kopásából származó null ponthoz képesti korrekcióra, hogy a méret tűrése megfelelő legyen a következő elkészülő alkatrésznél is. A ***2. melléklet 1. ábrán*** egy megmunkáló központban befogott alkatrészen végzett művelet látható.

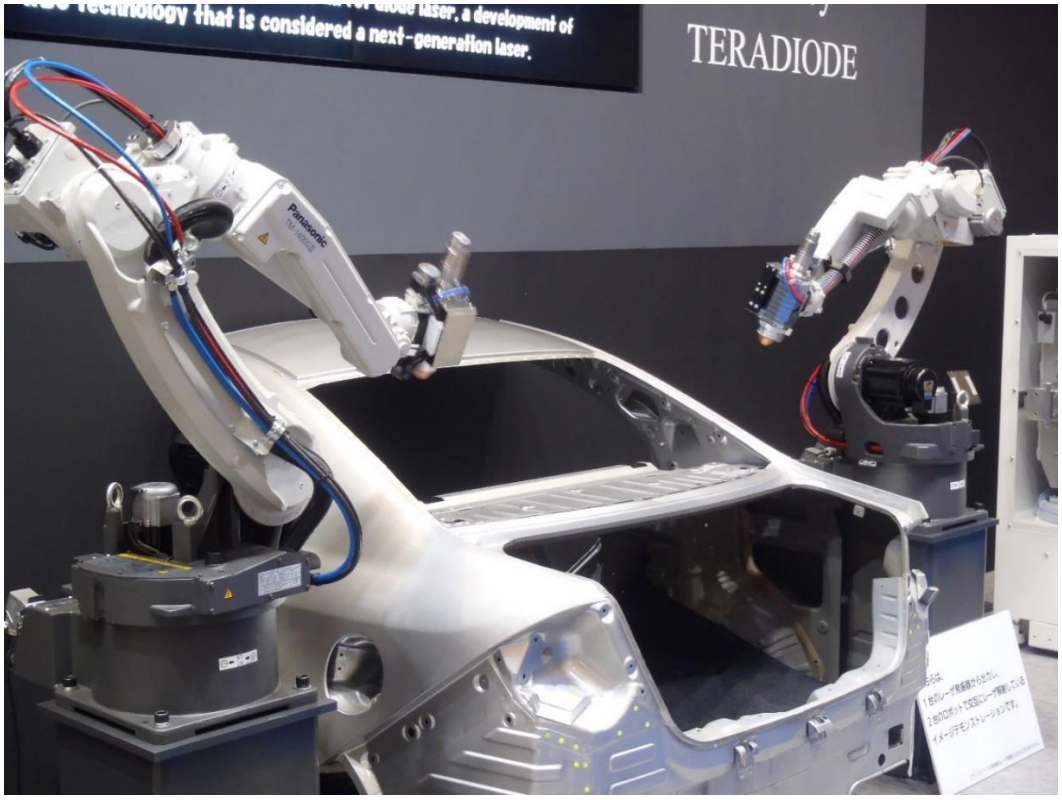


2. melléklet 1. ábra: Előre megírt program alapján megmunkálást végző robot

(forrás: (https://pwx.hu/modositott_fooldal/)

2.1.2. Gyártó robotok

Ezek a robotok egy megírt program szerint végzik a feladatukat, viszont érzékelőik segítségével az elvégzett tevékenységüket folyamatosan nyomon követik, igy a művelet közben is képesek korrekció elvégzésére, ráadásul az elvégzett művelet után képesek az elvégzett feladat ellenőrzésére is. A ***2. melléklet 2. ábrán*** két hegesztőrobot látható.



2. melléklet 2. ábra: Hegesztőrobotok

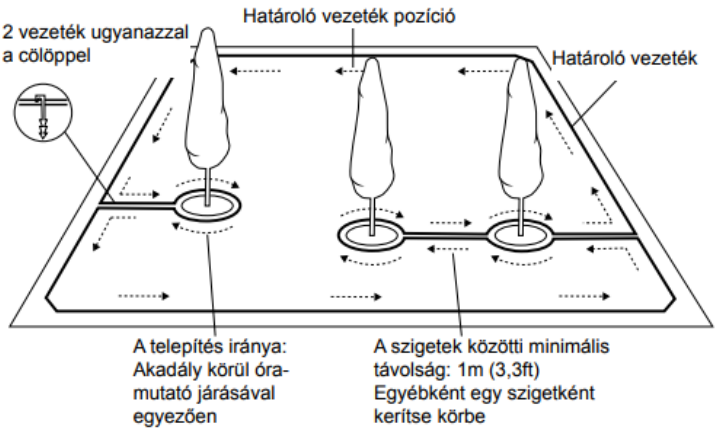
(forrás: (https://www.robothegesztes.hu/termekek/panasonic-lezerhegeszto-robot-lapriss)

2.2. Szállító robotok

A szállítórobotok általában egyszerű négyszögletes kialakításúak, kerekekkel rendelkeznek.

2.2.1. Megadott, kötött pályán közlekedő robotok

A legegyszerűbb szállítórobotok útvonala előre megadott, ezt követik. Általában az útburkolatra van felfestve agy folyamatos jel, vagy sín segíti mozgásukat, illetve a burkolatba ágyazott mágnesszalagot követnek. A robotok külön érzékelőkkel vannak felszerelve, akadály esetén megállnak, addig nem mennek tovább amíg az akadály nem szűnik meg, illetve megpróbálják kikerülni azt. A legegyszerűbb ilyen robot bárki számára elérhető, ez nem más, mint a robot fűnyírógép. A ***2. melléklet 3. ábrán*** egy robotfűnyíró területének a behatárolása látható a földbe telepített kábel segítségével.



2. melléklet 3. ábra: A robotfűnyíró területének behatárolása

(forrás: https://www.hydrolight.hu/robomow_-_telepites_beallitas_.html)

2.2.2. Zárt térben, betáplált útvonal alapján közlekedő robotok

Dániában a Dél-Jütlandi Kórház egy MiR100 robotokból álló flottát alkalmaz vérminták és rákgyógyszerek szállítására. A munkatársak okostelefonon keresztül tudják magukhoz hívni az „Ejnar" névre keresztelt robotot. A robotra, megérkezése után rápakolják a mintákat, megadják az úticélt és útjára küldik azt. [13] A beépített érzékelőkkel és kamerákkal, valamint a kifinomult szoftverrel a MiR100 képes azonosítani környezetét, meghatározza a leghatékonyabb útvonalat a cél eléréséhez, biztonságosan elkerüli az akadályokat és az embereket. A MiR100 robot biztonságosan manőverez emberek és akadályok között, az ajtónyílásokon, valamint a liftekbe. Feltölthetők az épület CAD fájljai közvetlenül a robotra, vagy programozhatóak az egyszerű, előzetes programozási tapasztalatot nem igénylő web alapú felülettel. A robot útvonala könnyedén megadható okostelefonnal, táblagéppel vagy hálózatra csatlakoztatott számítógéppel. [14] A ***2. melléklet 4. ábrán*** a kórházi áruszállító robot látható.

2. melléklet 4. ábra: Kórházi szállító robot

(forrás: https://www.techmonitor.hu/termek-megoldas/gyartas-gepipar/automatizalt-megoldasok-az-egeszsegugyi-szektorban-20200518)

2.2.3. Mesterséges intelligencia segítségével közlekedő robotok

Debrecenben önvezető házhoz szállító robotok kezdték meg a munkát. A Katalóniai Műszaki Egyetem és a CARNET mobilitási kutatási központja által fejlesztett szállítórobotot teszteltek Debrecenben. Az áruszállító robot a ***2. melléklet 5. ábrán*** figyelhető meg.

2. melléklet 5. ábra: A lépcsőn is közlekedni képes szállító robotok
(https://dailynewshungary.com/robots-to-deliver-your-food-order-in-debrecen/?fbclid=IwAR3u-Ekx0Ndlebs1PaHiOkOO7mBhRs_x_CTZYRE54fFeO8ErFhCzQo4Fqso)

Az ADD nevű eszköz 1,1 méter széles, 1 méter magas és 1,7 méter hosszú. Hat kerék mozgatja, legfeljebb $20\,\frac{km}{h}$ sebességgel képes közlekedni, a lépcső nem jelent akadályt számára. [15; 16]

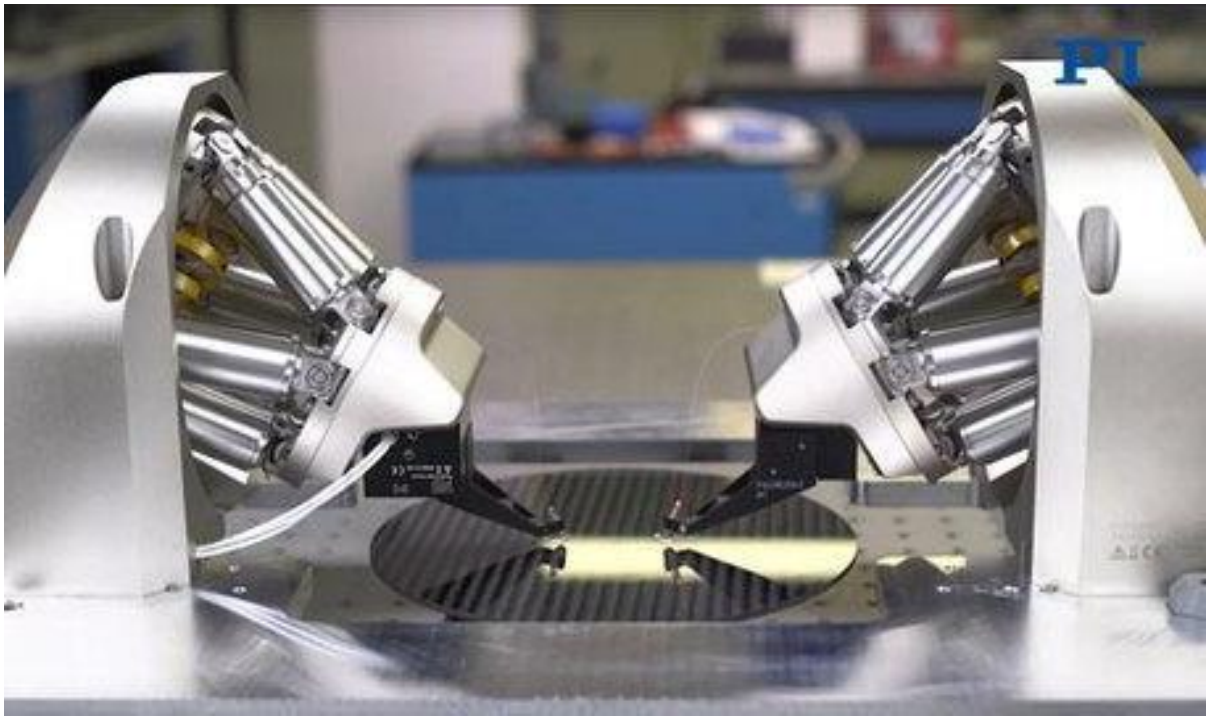
2.2.4. Lépegető robot (Hexapod)

A robotok nem csak kerekek, hanem az emberi lábakhoz hasonló többcsuklós karok segítségével is képesek közlekedni. Ebben az alfejezetben kifejezetten csak a hexapodokkal kívánok foglalkozni.

A hexapod latin szó, jelentése „hat láb”. Ez valójában egy hat karú mechanizmus, 6 működtetőelemet tartalmazó robot, amelyek lehetnek egy közös lapra csuklókkal kötve, úgynevezett Stewart platformra épülő szerkezetek, ezek egyépként a helyhez kötött robotokhoz tartoznak, de lehetnek különálló lábakkal ellátott robotok, mint a Spider, nyolclábú pókot utánzó robotok. hexapodok lényegesen merevebbek, mint a hagyományos pozicionáló szerszámok, dinamikusabbak, pontosabbak és nagyobb a rugalmasságuk. Ezek a tulajdonságok alkalmasabbá teszik őket a nagyfokú pontosságra, a precizitást igénylő alkalmazások használatára. Ezek a robotok pontosabb pozíció meghatározási vezérlést tesznek lehetővé, mint a többi robottípus. Mivel a hatlábú robotok több működtetővel rendelkeznek, mint más hagyományos robotok, sokkal stabilabbak és nagyobb manőverezhetőséget kínálnak.

Stewart platform:

A többtengelyes rendszerek tervezése történhet soros kinematikai vagy párhuzamos kinematikai struktúrával. Stewart párhuzamos kinematikai szerkezettel rendelkezik. A Stewart platformokként emlegetett hexapod robotok hat működtető elemből (karból) állnak, a karok egyik vége egy álló, a másik vége pedig egy mozgó platformmal van összekötve. Félvezető és elektronika gyártásnál is használnak ilyen robotokat, ami a ***2. melléklet 6. ábrán*** látható. A repülésszimulátorokban, különösen a teljes repülésszimulátorban, ahol mind a hat szabadsági fok igényel elmozdulást, illetve elfordulást, gyakran a Stewart platform architektúráját alkalmazzák. Egy pilótafülkét és benne egy vizuális megjelenítő rendszert építenek a mozgó lapra. A rendszer a valóságos terhelőerőket időben pontosan képes szimulálni, ráadásul a repülőgép-személyzet a szimuláció során a külvilág valóságosnak tűnő vizuális képét láthatja. A ***2. melléklet 7. ábrán*** egy ilyen rendszernek az elvi felépítése nézhető meg.



2. melléklet 6. ábra: Félvezető gyártó hexapod

(forrás: https://acrome.net/post/what-are-hexapod-robots-used-for)

2. melléklet 7. ábra: Repülőgép szimulátor elvi felépítése

(forrás: https://acrome.net/post/what-are-hexapod-robots-used-for)

2. melléklet 8. ábra: A Chile északi részén található teleszkóp

(forrás: https://acrome.net/post/what-are-hexapod-robots-used-for)

A Stewart platformokat stabilizálásra is használják, ahol az objektumot állandó helyzetben kell tartani az alapsík mozgásához képest. A hajókon, repülőgépeken található műhold- vagy radarantennák, leszállóplatformok olyan szerkezetek, amelyeknek folyamatos helyzet beállításra van szükségük a mozgó objektumhoz képesti stabil helyzet megőrzéséhez. A ***2. melléklet 8. ábrán*** egy ilyen alkalmazás látható.

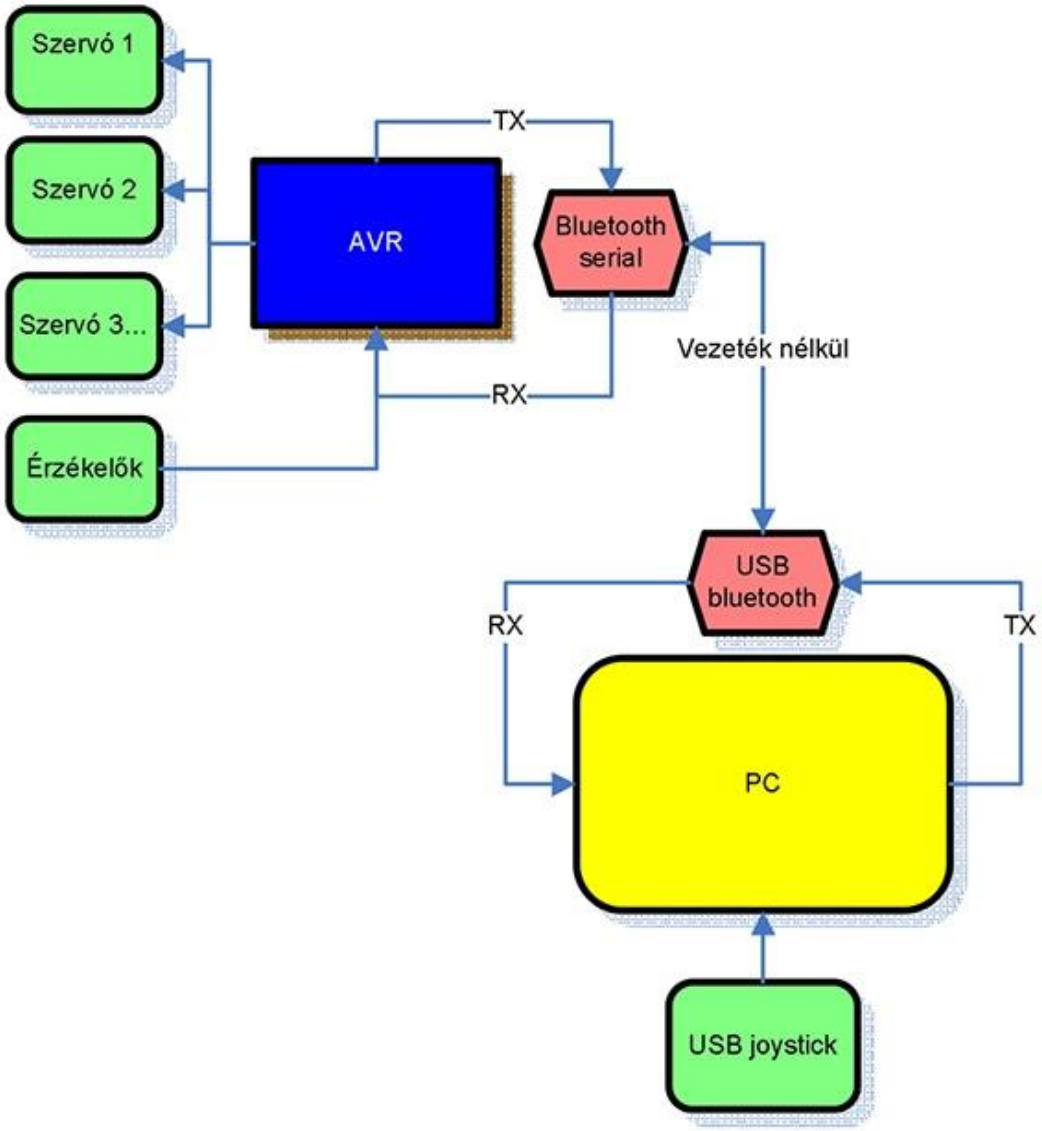
<u>Lábakkal rendelkező robotok:</u>

A lábakkal rendelkező robotok, ismeretlen, rossz terepviszonyokon, esetleg ellenséges környezet felkutatásakor jobban használhatóak, mint a kerekekkel rendelkező változataik. Képesek átmászni a korlátokon anélkül, hogy károsítanák a terepet. Az autonóm, lábakkal rendelkező robotflották a mezőgazdaságban is felhasználhatóak a termés megfigyelésére és karbantartására anélkül, hogy a talajt tömörítenék és veszélyeztetnék a termést. A ***2. melléklet 9. ábrán*** egy hatlábú kutató robot látható.

2. melléklet 9. ábra: Kutató robot

(forrás: https://acrome.net/post/what-are-hexapod-robots-used-for)

Maga a hexapod elektronikája nem bonyolult, ugyanis a szervomotorokon kívül a roboton csak érzékelők és egy bluetooth modul található. Az érzékelők, a robot tárgyaknak, illetve falnak ütközését akadályozzák meg, a bluetooth modul pedig a számítógéppel való kapcsolatot biztosítja. A mikrovezérlőre feltöltendő program már nem olyan egyszerű, mivel a joystick gombjait be kell programozni az egyes funkciókhoz, a bluetooth modult pedig be kell állítani. Ezek után meg kell írni azt a programot, amely a szervomotorokat vezérli a mozgatásnak megfelelően. A ***2. melléklet 10. ábrán*** a rendszer folyamatábrája tekinthető meg. [17]

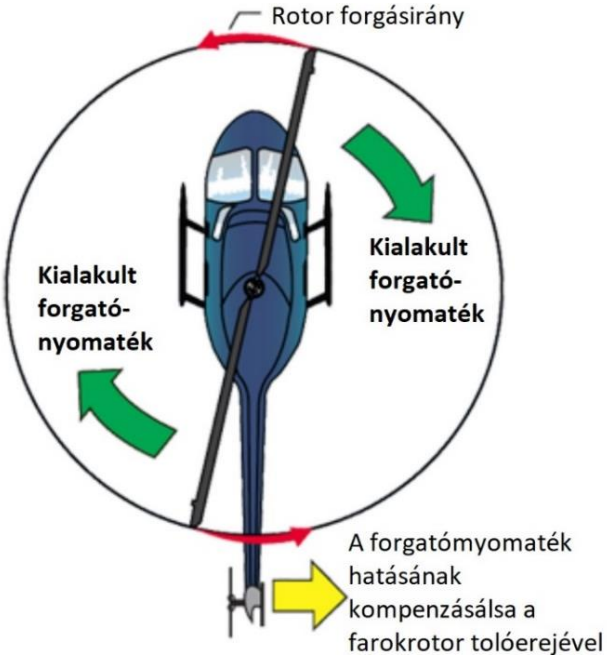


2. melléklet 10. ábra: Hatlábú robot folyamatábrája

(forrás: http://hobbirobot.hu/content/avr-vezerlesu-hexapod-robot-epitese)

2.2.5. Repülni képes robot (Multikopter)

Manapság egyre elterjedtebbek a repülő drónok az úgynevezett multikopterek. A kínálat az egyszerű szórakoztató, csak repülésre alkalmas drónoktól a kamerákkal, különböző eszközökkel felszerelt szállító, kutató, támadó drónokig terjed. Manapság már embereket szállító, nagy méretű multikopterek is elterjedőben vannak. A multikopter a helikopterhez hasonló, viszont ennek csak egy rotorja van, amely a felhajtóerőt hozza létre. A helikopter főrotorjának forgása a géptestre ellenkező irányú forgatónyomatékot hoz létre. A farokrotor megakadályozza, hogy a géptest forgásba jöjjön. Ellenkező irányú, de azonos forgató hatást hoz létre, mint a főrotor, így képes a helikopter teste nyugalomban maradni. A helikopter főrotorjának forgató hatását kompenzáló farokrotor hatást a ***2. melléklet 11. ábra*** szemlélteti.

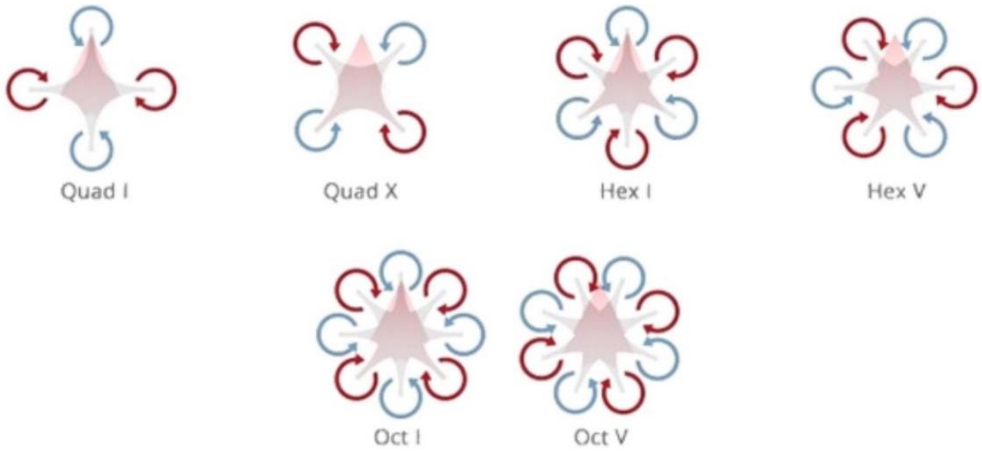


2. melléklet 11. ábra: Helikopter farokrotorjának kiegyenlítő hatása

(forrás: https://www.hobbielektronika.hu/cikkek/multicopterek_nullarol_az_uav-kig_i.html?pg=2) saját szerkesztés

A farokrotor átmérője jóval kisebb, mint a főrotor, mivel a forgatónyomaték mértéke arányos az erőkarral. Minél kijjebb helyezkedik el a farokrotor, annál nagyobb az erőkar, így annál kisebb erő szükséges a főrotor forgatónyomatékának semlegesítésére, tehát a farok hosszának növelése csökkenti a rajta elhelyezett rotor átmérőjét.

A multikopternek több főrotorja van, viszont nincs farokrotorja. A forgáskiegyenlítést úgy oldják meg, hogy a rotorok párban vannak és ellentétes irányban forognak. Hogy a két ellentétes irányban forgó rotor tolóereje ne oltsa ki egymást, az egymással párban forgó rotorokon fordított állásszöget alakítanak ki. A különböző multikopterek kialakítása a ***2. melléklet 12. ábrán*** látható.



2. melléklet 12. ábra: Multikopterek rotorszám alapján

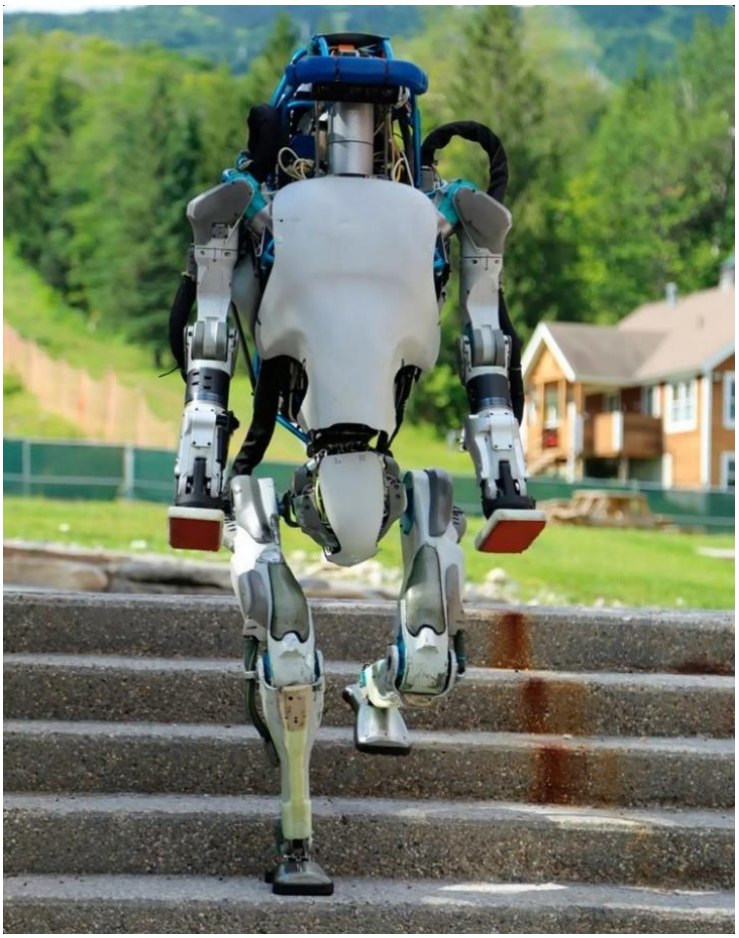
(forrás: https://www.hobbielektronika.hu/cikkek/multicopterek_nullarol_az_uav-kig_i.html?pg=2)

Az ábrán több azonos rotorszámú multikopter látható, az a különbség közöttük, hogy egy fél rotor-szöggel el vannak forgatva a középpontjuknál fogva. Ennek nagy jelentősége van a szabályozástechnikában, ugyanis a multikopter az ábrán pirossal jelzett haladási iránya így biztosítható. [18]

2.3. Emberi mozgású robotok (Humanoid)

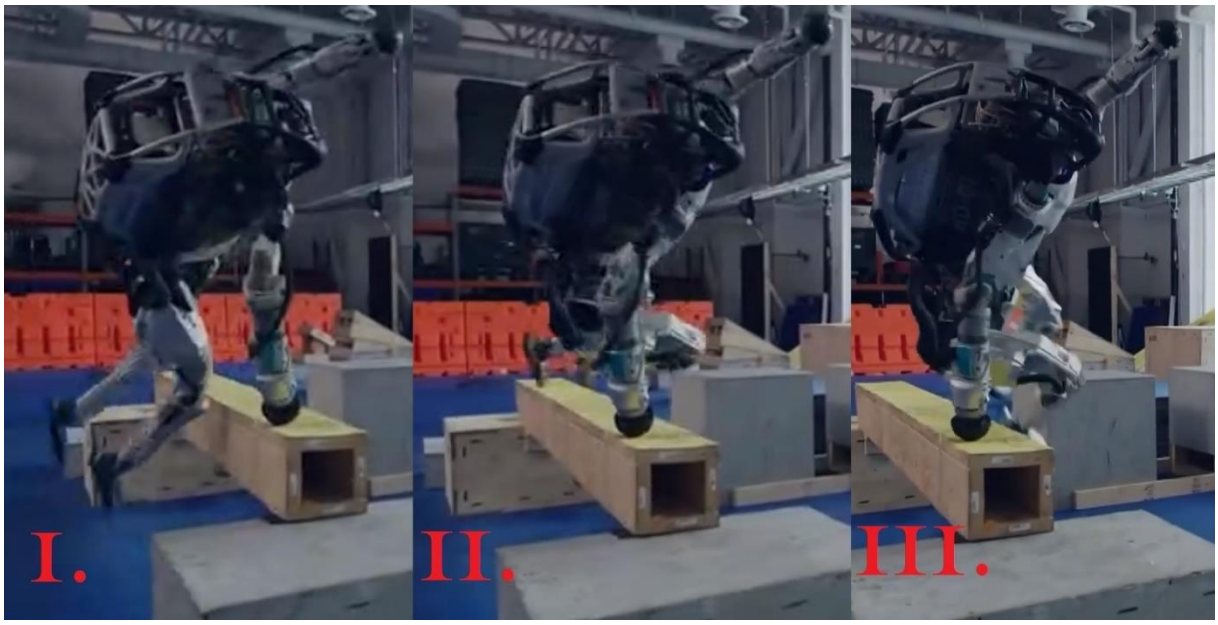
A Boston Dynamics egy emberi alakot formáló robotot hozott létre, amely két karral és két lábbal rendelkezik. A ***2. melléklet 13. ábrán*** egy lépcsőn lesétáló humanoid látható. Az öt láb, azaz $1\,524\,mm$ magas robotoknak parkourt vagy akadályokon való futást tanítottak. Az Amerikai Egyesült Államokban található cég egy videóban mutatta be az Atlas névre keresztelt robotja képességeit. A felvételen két robot egyszerre hajt végre egy gyakorlatsorozatot, akadályt jelentő tárgyakkal telerakott pályán futnak, gerendát ugranak át, hátraszaltót hajtanak végre.

A robotok még örömujjongást is hallatnak a közel egy perces feladat elvégzése után. A ***2. melléklet 14. ábrán*** három egymás melletti képkockán látható, amint a humanoid átugrik egy akadályt jelentő gerendát.



2. melléklet 13. ábra: Lépcsőn lesétáló *Boston Dynamics*

(forrás: https://robotsguide.com/robots/atlas2016)



2. melléklet 14. ábra: Gerendán átugró *Boston Dynamics*

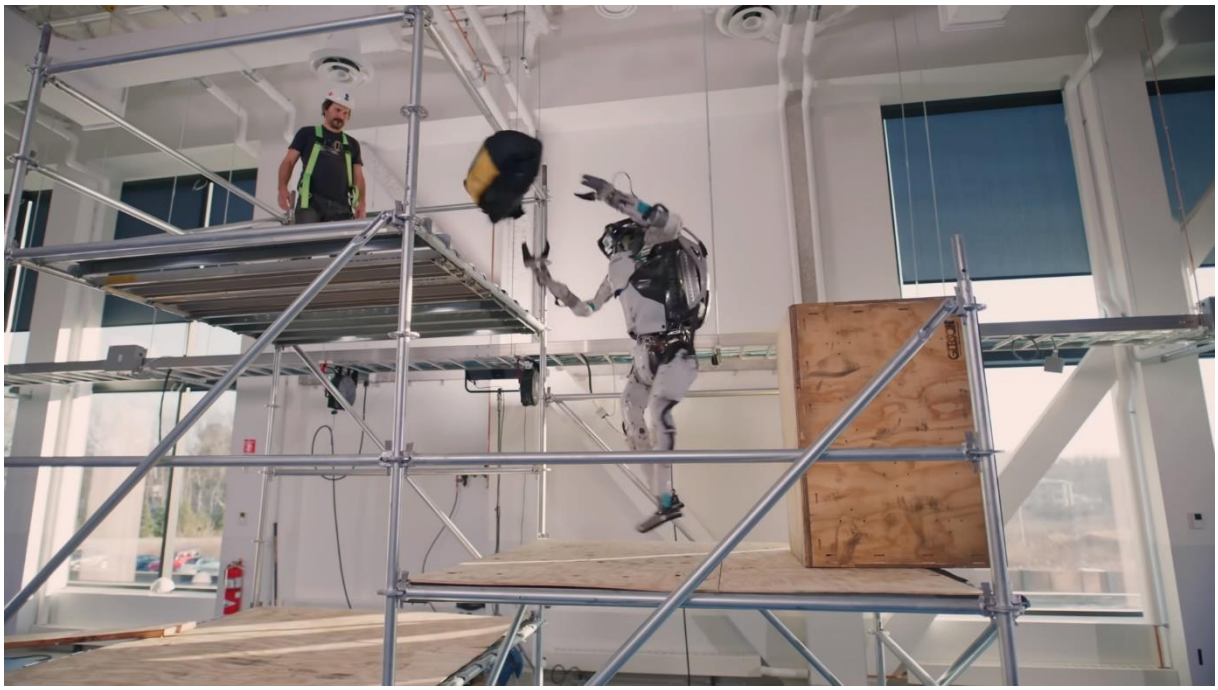
(forrás: https://www.euronews.com/next/2021/08/18/backflipping-boston-dynamics-robots-show-off-impressive-gymnast-abilities-in-parkour-routi) saját szerkesztés

Az Atlas súlya 86 kg, a mozgáshoz hidraulikát és akkumulátorral táplált villanymotorokat használ. Három fedélzeti számítógép található benne. Az Atlas a létező legfürgébb humanoid. [19]

Az egész robottestet ügyesen használja fel a gyors mozgáshoz és dinamikus egyensúlyozáshoz. Képes tárgyakat, például dobozokat és ládákat emelni, szállítani. Az Atlasz képes megtartani egyensúlyát, amikor lökdösik, illetve, ha mégis elborulna, képes felállni. Kültéri és épületen belüli működésre egyaránt alkalmas. Egész teste dinamikusan stabilizált. Képes az akadályok érzékelésére és a durva terepen való közlekedésre önállóan vagy távműködtetéssel. Magas szilárdság/tömeg arány viszony jellemzi, nagy munkaterületen képes elvégezni a rábízott tevékenységet. Vizuális érzékelői, Lidar és sztereó képfelbontású kamera. A hidraulikus működtetést egyedi szervoszelepekkel oldották meg. 28 szabadságfokkal rendelkezik. Felépítése 3D-nyomtatott alkatrészekből áll, lábszerkezetbe ágyazott működtetőkkel és hidraulikus vezetékekkel. Egyedi vezérlővel és számítástechnikai rendszerrel van ellátva. Egyedi szoftverrel rendelkezik. Akkumulátorral táplált működésű. [20]

A cég 2023-ban jelentős fejlesztést mutatott be. A rendkívül precíz mozgású gépezet kifinomult kezeket kapott, melynek hatására képes felkapni és elengedni tárgyakat, sőt meglepő pontossággal el is tudja dobni azokat. Az Atlas elsőszámú fejlesztése egy fix és egy mozgó ujjból álló markolat.

A Boston Dynamics szerint ezeket a markoló ujjakat nehéz emelési feladatokra tervezték, ezt pedig videófelvételen be is mutatták, ahol az Atlas egy hordót emelt a feje fölé. A kutatással foglakozó cég legújabb videójában egy építkezési területen láthatjuk a mozgásában egy settenkedő emberre emlékeztető gépet. Azzal a feladattal bízták meg, hogy a több emeletes állványzat tetejére juttasson fel egy szerszámokkal teli táskát. Ehhez a robot először egy vastagabb lécet kap fel, amellyel hidat képezve éri el az állványzat alapját, majd innen egy pontos ugrással az első szintet. Ezt követően egy meglepő mozdulattal, a háta mögé, a felső szinten lévő munkásnak, feldobja a táskát a második szintre. Az ívben repülő táska a ***2. melléklet 15. ábrán*** látható.



2. melléklet 15. ábra: Szerszámos táskát dobó *Boston Dynamics*

(forrás: https://24.hu/tech/2023/01/19/boston-dynamics-atlas-robot-kez-fejlesztes-epitkezes/)

Ezt követően már csak annyi volt a dolga az ügyes szerkezetnek, hogy lejusson az emelvényről. Ezt úgy oldotta meg, hogy a mögötte található, a képen is látható dobozt lábával megbillentve lelökte azt, majd ráugrott arra. A doboz tetején állva a földre jutást, a kutatási céllal fejlesztett, kereskedelmi forgalomban még nem kapható gépezet stílusosan oldotta meg, egy 540°-os szaltó végrehajtása után landolt a földön. A fejlesztők szerint a több tengelyes szaltó aszimmetriát ad a robot mozgásának, ami sokkal komolyabb képességeket igényel, mint a korábbi parkour-mozdulatok. [21]

3. 3. számú melléklet: Robotok vezérlése

A robotok irányításához szükség van egy mikrovezérlőre, amely a RAM-ra feltöltött programokat futtatja, valójában ez a robot lelke.

3.1. Mikrovezérlők

A beágyazott számítógépeket, melyeket mikrovezérlőknek is neveznek, széles körben használják. A körülöttünk lévő elektromos eszközök akár nagyszámban tartalmazhatnak beágyazott számítógépeket. Egy modern járműben 10 és 50 mikrovezérlő található. Egy jármű talán legfontosabb, de mindenképpen legösszetettebb rendszere a motorvezérlő elektronika, ezen kívül minden főbb egység külön vezérlővel rendelkezik, például az összes ajtónak van külön vezérlőelektronikája, amely az ablakmozgatást, a központi zár vezérlését és más feladatokat is ellát. Ezen kívül beszélhetünk klímavezérlőről, fékrendszer vezérlőről, légzsák vezérlőről, automata sebességváltó vezérlőről, légrugó vezérlőről és így tovább. Egy repülőgép megfelelő működését akár több száz vezérlő is biztosíthatja.

A mindennapi környezetünkben, a minket körülvevő eszközök szinte mindegyike tartalmaz már mikrovezérlőt. Nem kell messzire menni, a modern világunk talán egyik legtöbbet használt eszköze a mobiltelefonunk, amely használ mikrovezérlőt. Háztartási eszközeinkbe, automata mosógépünkbe, mikrohullámú sütőnkbe, de még a villanyfogyasztás mérő berendezésünkbe is építenek mikrovezérlőket. Szórakoztató elektronikai eszközeink, mint például a rádiónk, televíziónk, DVD-lejátszónk, játékkonzolunk, orvosi berendezéseink, így a vérnyomásmérőnk, vércukorszintmérőnk, és életünk más területein minket körülvevő eszközök, az étel- ital- bank- automaták is tartalmaznak számos mikrovezérlőt. Ezek az eszközök egyetlen lapkára integrált komplett számítógépek, tartalmazzák a működéshez szükséges processzort (CPU-t), memóriát (RAM, ROM), illetve periféria vezérlőt. A perifériák lehetnek nyomógombok, érzékelők, szenzorok. A kimenet lehet valamilyen megjelenítő, LCD - kijelző, LED - dióda, visszajelző lámpa, illetve adat kimenet, például soros port. Kimenetei vezérelhetnek valamilyen eszközt, motorvezérlést, vagy akár csak egy kapcsolót. [22]

3.1.1. A mikrovezérlők részei

A mikroprocesszornak típusától függetlenül a következő főbb részekkel kell rendelkeznie:

- Központi egység:

Ez maga a mikroprocesszor. A mikroprocesszor a mikrogép központi egysége. Az eredeti angol elnevezése alapján szokták CPU-nak is mondani. A mikroprocesszor alapvetően meghatározza a teljes mikrogép működését. Funkcióit a következőképpen
foglalhatjuk össze:

1. A mikrogép minden eleme számára biztosítja az időzítő és vezérlőjeleket.
2. Elvégzi az adatok és utasítások tárból, tárolóba való mozgatását.
3. Dekódolja és végrehajtja az utasításokat.
4. Irányítja a be- és kimeneti egységekkel kapcsolatos adatforgalmat.

- Programtár és adattár:

Ez a memória, ami lehet közös, mint például a személyi számitógépeknél, vagy különálló, az egyikben a működtető program, a másikban a program működése során létrejövő, vagy a külvilág felől érkező adatok vannak tárolva.

- Be- és kiviteli egység:

Input/Output, röviden I/O, vagy Be/Ki egység. Ezeket hívják perifériáknak, melyek a külvilággal tartják a kapcsolatot.

- Az egységek közötti információ- és adatáramlást biztosító vonalak:

Ez a kommunikáció az úgynevezett síneken vagy más néven, busz vonalakon keresztül valósul meg. A sín azonos funkciójú vezetékek csoportja. Erre a vezetékkötegre minden egység párhuzamosan kapcsolódik azért, hogy egymáshoz információt tudjon továbbítani, tehát egymással is tudjanak kommunikálni. Például a mikroprocesszor, a memória, valamint a be- és kimeneti áramkörök, az egymás és a
külvilág közötti adatcsere érdekében ugyanarra a nyolc vezetékre kapcsolódnak, és ez az adatsín.

A mikrovezérlők vagy már eleve a gyártó által beégetett szoftverrel, vagy a felhasználó által programozható állapotban kerülnek forgalomba. Az előre programozott vezérlőket általában valamilyen konkrét feladatra rendelik a gyártótól.

A vezérlő program nélküli „üres” mikrovezérlőket a felhasználók programozhatják, ezeket fejlesztési, kísérleti, célokra gyártják. Kis darabszámú kísérleti eszközökhöz. [22]

3.1.2. A mikrovezérlők rövid története

1969-ben a Japán BUSICOM cég mérnökei, megbízták az amerikai Intel céget egy számológépekhez használható, integrált áramkör megtervezésével, legyártásával. Az Intel-nél a projekt felelőse, Marcian Hoff lett. Az általa javasolt megoldásban az áramkör működését a benne tárolt program határozza meg. Ily módon az áramkör egyszerűbb felépítésű lett, de a rendszer több memóriát igényelt. Ezt a megoldást tekinthetjük a világ első mikroprocesszorának. A gyakorlati megvalósításban nagy szerepet játszott Frederico Faggin. Az Intel 1971-ben a BUSICOM cégtől visszavásárolta a szabadalmat, és ez alapján kezdte gyártani a 4004 névre keresztelt mikroprocesszort. Ez volt a világ első 4 bites mikroprocesszora. Másodpercenként 6 000 művelet tudott elvégezni.

1972-ben az Intel bemutatta a 8008 nevű processzorát. Ez egy 8 bites 16 kB memóriával ellátott processzor volt, 45 paranccsal rendelkezett, és 300 000 utasítást hajtott végre másodpercenként. Az Intel-nél tovább folytatták a kutatást, ennek eredményeként 1974-ben bemutatták a 8080-as mikroprocesszort. A továbbfejlesztett változatnak már 75 parancsa és 64 kB memóriája volt. Az Intel fejlesztéseivel párhuzamosan más cégek is folytattak kutatásokat saját processzoraikon.

A Motorola által gyártott processzor 6 800 típusjelű, 8-bites. A Motorola főmérnöki feladatát Chuck Peddle látta el akkoriban. Ők gyártott elsőként eltérő perifériával processzorokat. 6820 és 6850 típusszámot kapták. Chuck Peddle a MOS Technology-nál folytatta munkáját.

A MOS, kifejlesztette a 6501 és 6502 számú, 8 bites, 56 utasításos mikroprocesszorokat, amit a 1975-ben a WESCON kiállításon meg is lehetett vásárolni. A Motorola beperelte a MOS Technology-t azzal vádolva, hogy lemásolták a 6800 számú terméküket. A MOS abbahagyta a 6501 gyártását, következő terméke a 6502 lett, alacsony ára miatt nagyon népszerű processzorrá vált, többek között a KIM-1, Apple-1, Apple-2, Atari, Commodore, Acorn, Oric, Galeb, Orao, Ultra számítógépeket építették vele. A 6502-t az NCR, Commodore, GTE, Ricoh is elkezdték gyártani.

15 millió darabot adtak el egy év alatt ebből a processzorból. Frederico Faggin, Zilog néven céget alapított. 1976-ban bemutatták saját Z80-névre keresztelt mikroprocesszorukat. A Z80 kompatibilis volt a 8080-al, ezért képes volt futtatni a 8080-ra irt programokat, kiegészítették új utasításokkal is. A Z80 korához képest a nagyon gyors processzorok közé tartozott.

1976-ban az Intel bemutatta a 8085-ös 8 bites mikroprocesszorát. A Z80 ennél is jobbnak bizonyult. Az Intel elvesztette az előnyét nem tudott újabbat 8-bites processzort létrehozni.

1976-ban vált ketté a mikroprocesszor, és a mikrovezérlő. A mikrovezérlő, vagyis mikrokontroller egy teljes vezérlési feladatokra tervezett mikroszámítógép, tartalmaz egy CPU-t kiegészítve a mikroszámítógépek több elemével. A mikrokontrollerek csökkentett, vezérlési feladatokra tervezett utasításkészlettel rendelkeznek. A mikrokontrollereket arra tervezték, hogy önmagukban is el tudjanak látni vezérlési feladatokat. Ha egy mikrokontroller csak több elektronikával kiegészítve képes ellátni a vezérlési feladatot, akkor vagy nem jó vezérlőt választottunk, vagy nem mikrovezérlőnek való a feladat.

A 8051 története 1976-ban kezdődött el. A gyártók a készülékeikbe 8080 CPU-t, memóriát, és perifériaillesztőket építettek be. Felmerült az igény a gyártók részéről, hogy az egész számítógépet egyetlen lapkára integrálják. Az Intel elkészítette a 8748-as mikrovezérlőt, 17 000 tranzisztort, 1kB ROM-ot, 64 kB RAM-ot, egy 8 bites időzítőt, és 27 perifériaillesztőt tartalmazott.

1980-ban az Intel elkészítette a 8051-es vezérlőjét, 60 ezer tranzisztort, 4kB ROM-ot, 128 kB RAM-ot 32B/K vonalat, egy soros port-ot, két 16 bites időzítőt tartalmazott. A 8051-es vezérlő ipari szabvány lett. Ez a mikrokontroller-sorozat a mai napig igen népszerű, sok utángyártott vezérlőnek is ez az alapja. (Például: Philips, Siemens) Az Intel kifejlesztette a 16-bites 8096 típusjelű változatot is. A ***3. melléklet 1. táblázatban*** az INTEL MCS51 családja figyelhető meg. [22]

3. számú melléklet 1. táblázat: Az INTEL MCS51 családja

(forrás: Motika László Károly, Mikrovezérlők története)

Típus	Adattár (bájt)	Programtár
8051	128	4 Kbájt ROM
8052	256	8 Kbájt ROM
80C51	128	4 Kbájt ROM
8031	128	**Nincs**
8032	256	**Nincs**
80515	256	8 Kbájt ROM
80535	256	**Nincs**
8751	128	4 Kbájt **EPROM**
8752	256	8 Kbájt **EPROM**
80517	256	8 Kbájt ROM
8537	256	**Nincs**

3.2. Mikrovezérlők alkalmazási területei

Integráltságát tekintve a mikrovezérlő összetettebb mint, a mikroprocesszor, viszont a programozható logikai vezérlőtől (PLC) egyszerűbb felépítésű. A mikroprocesszor nem tartalmazza a működéséhez szükséges perifériális áramköröket, programot, adattárat és egyéb perifériákat. A PLC pedig már egy kész, tokozott eszköz, amely tartalmazza a működéséhez szükséges összes kiegészítő áramkört, mint a tápellátás áramköreit, a kimeneti meghajtót, a bemeneti illesztő áramköröket és egy mikrovezérlőt. Tehát, az eszközön végzendő munka tekintetében, egy mikrovezérlőt tartalmazó feladathoz hasonlóan kell hozzáállnunk, mint egy mikroprocesszort tartalmazó feladathoz, elektronikai tervezéssel és kivitelezéssel kezdődik, míg egy PLC-s feladat esetében az egyes elemeket csak össze kell kötnünk vezetékekkel. Ezután jöhet a végrehajtandó program megírása. Ez a feladat mindhárom esetben szükséges a feladat megoldásához. A mikroprocesszorokat nagy számítási igényeknél alkalmazzuk, illetve olyan helyen, ahol a nagyfokú rugalmasság a cél. A mikroprocesszorral tervezett áramkörökben a perifériális áramköröket is külön-külön meg kell terveznünk, míg a mikrovezérlőkben a gyakran használt perifériális illesztő már a tokba van integrálva. Persze nem minden részegység a tokozaton belül helyezkedik el, például egy analóg bemeneti jelhez az A/D átalakító, azonban az analóg jel méréséhez szükséges egyéb, például a bemeneti illesztő áramköröket már nekünk kell megtervezni. Kisebb célfeladatok megoldása esetében a mikrovezérlő rendelkezik a mikroprocesszorok programozásának rugalmasságával, kiegészítve azzal az egyszerűsítéssel, hogy a tokba integrált perifériális elemeket nem kell megterveznünk, azokat csak jól kell használnunk.

Tehát mikrovezérlőt akkor alkalmazunk, amikor:

- A feladat PLC-vel nem oldható meg.
- Nagyobb darabszámoknál, amikor a termék kifejlesztésének költsége egy termékre vetítve már nem számottevő.
- Jól megfogalmazott feladatot kell végrehajtani, mivel egy mikrovezérlő belső programtárat tartalmaz, ezért a belső program korlátozottan változtatható.
- Cél a lehető legkisebb helyigény.
- Diszkrét áramköri elemekből a feladat már nehézkesen, sok elemből oldható csak meg. Sokszor olcsóbb egy mikrovezérlő alkalmazása, mint a diszkrét logikai elemekből összeépített nyomtatott áramköri lap adott cm^2 vetített költsége.

PLC-t akkor alkalmazunk, amikor:

- Kis darabszámot kell legyártani (1-2) darab. Ekkor nem éri meg az áramköri fejlesztés költsége.
- Rövid határidőn belül kell a feladatot megoldani.
- Gyártósoroknál a robotokat gyakran PLC-vel szerelik az egyszerű programozhatóság miatt.

Mikroprocesszort, azaz számítógépet akkor alkalmazunk, amikor:

- Nagy számítási igény.
- Kicsik a darabszámok.
- Egyedi perifériális igények merülnek fel.
- Folyamatosan változik a feladat végrehajtása, kihasználva a külső és lényegesen nagyobb programtár adta lehetőségeket.

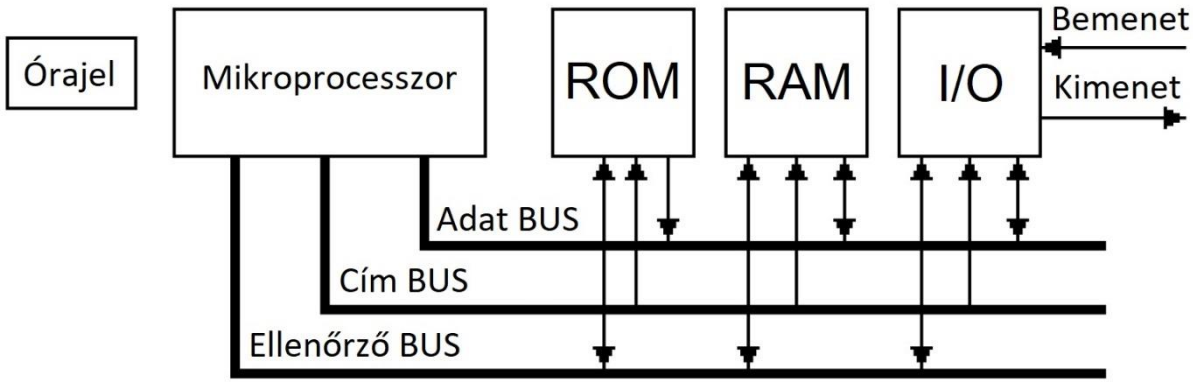
A mikrovezérlővel ellátott rendszerek tervezésénél sokszor egy ráadás nehézséggel is szembe kell néznünk, ugyanis mikrovezérlős alkalmazás tervezésekor a hardveres és a szoftveres szakember már nem különíthető el, a két feladatot szimultán, azaz egyidőben történően kell kezelnünk. [23]

3.3. Mikroszámítógép felépítése

A mikroszámítógépek alapja a mikroprocesszor, azaz a központi vezérlőegység a CPU. A mikroszámítógép elemei a következők:

- mikroprocesszor (CPU)
- memória
- input/output eszközök

A komponenseket valamilyen buszrendszer köti össze, amelyen az egységek közötti adatcsere zajlik. A mikroszámítógép blokkvázlata a ***3. számú melléklet 1. ábrán*** látható. [24]



3. számú melléklet 1. ábra: Mikroszámítógép felépítése

(forrás: D. M. István, Mikrovezérlők) saját szerkesztés

A processzor a vezérlőbuszon keresztül utasítja a többi elemet a megfelelő működésre, ami kétirányú folyamat, a címbusz, a memória, vagy a periféria megfelelő tároló rekeszét címzi, ami már egyirányú folyamat, míg az adatbuszon mozognak a különféle adatok, ami szintén kétirányú folyamatnak tekinthető. Egy beágyazott rendszernek adatcserét kell folytatnia több más részegységgel, illetve eszközzel. A különböző beágyazott rendszerek, különböző kommunikációs interfészekkel tartják egymással vagy más rendszerekkel a kapcsolatot. Gyakran megkülönböztetik a rövid távolságon belül, például egy közös nyomtatott áramkörön elhelyezkedő kontrollerek közötti kommunikációt, kis távolságokon használják tipikusan az SPI és az I^2C protokollokat, valamint nagyobb távolságon, több méter vagy még nagyobb távolságon történő kommunikációnál szokták tipikusan alkalmazni a CAN, FlexRay, MOST, protokollokat. [25]

3.3.1. Mikroprocesszor (CPU)

A központi vezérlőegységek a beágyazott rendszerek fő komponensei. Egy adott rendszer több, akár eltérő típusú vezérlőegységet is tartalmazhat, az ellátandó feladattól függően. A speciális funkció sok esetben ellátható kis számítási teljesítménnyel is, ilyenkor jellemzően a rendszer fogyasztása és költsége egyaránt alacsony. A központi vezérlőegység lehet akár mikrokontroller vagy nagy komplexitású vezérlő logika (FPGA), illetve a hagyományos számítógépeknél alkalmazott processzor is. [25]

3.3.2. Memória

A memóriáknak alapvetően két fajtája van, amelyek közül az egyik a CPU-ba került integrálásra, melyet regiszternek hívnak. A másik, amit a CPU buszrendszeren keresztül ér el, hagyományosan memóriának szokás hívni. A memória lehet alapesetben csak olvasható (ROM), valamint írható és olvasható is (RAM). Ezen felül egy gyakori csoportosítás még a felejtő és nem felejtő memóriák osztálya. [25]

3.3.3. Input/output eszközök

A be- és kimeneti portok, más néven a periféria (I/O) egység a külvilággal történő kommunikációra szolgálnak.

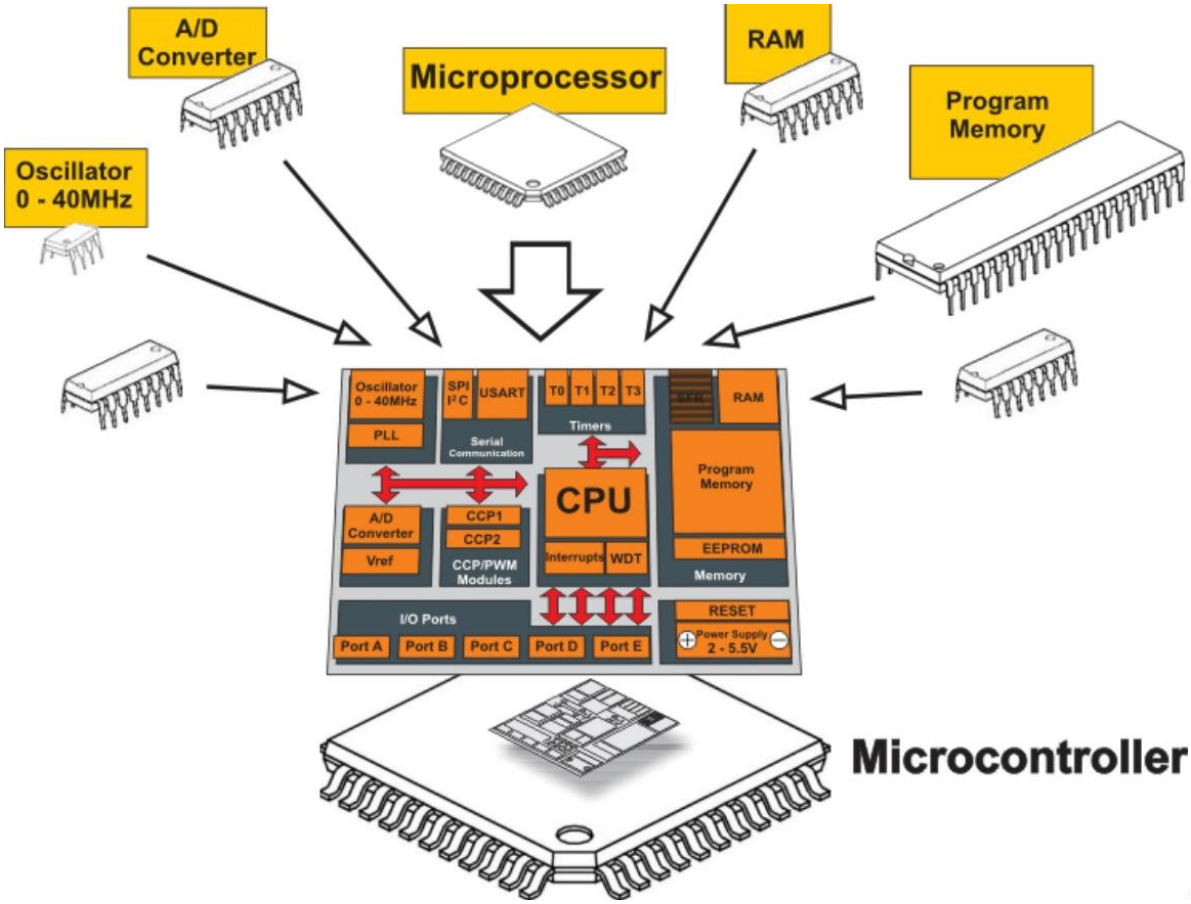
Tipikus perifériák lehetnek:

- Digitális be/kimenetek
- Analóg/Digitális konverter
- Digitális/Analóg konverter

Speciális perifériák:

- BUS illesztők:
  - SPI
  - UART (RS232)
  - I^2C
  - CAN
  - …
- érintés-érzékelő
- PWM kimenet

A ***3. számú melléklet 2. ábrán*** a mikrovezérlő szemléletes felépítése látható. [26]



3. számú melléklet 2. ábra: Mikrovezérlő szemléletes felépítése

(forrás: Budai Tamás Mikrovezérlők)

A mikrokontroller-, illetve processzoralapú beágyazott rendszerek valósidejű, vagy a hagyományos asztali környezetekhez közelálló operációs rendszereket futtathatnak. A mikrokontrollerek többnyire kisméretű (néhány kilobájt), speciális, valós idejű operációs rendszert (RTOS, real-time operation system) futtathatnak, míg a nagyobb processzor alapú rendszerek többnyire összetettebb valós idejű operációs rendszereket (PharLap, VxWorks, stb.), vagy a hagyományos operációs rendszerek módosítatlan vagy módosított változatát (Windows, Linux, stb.) futtatják. Attól függően, hogy milyen eszközre, illetve milyen operációs rendszerre kell fejleszteni, számos programozási nyelvből lehet választani. [25]

3.4. A fejlesztés négy tesztelési szintje

A különböző teszteket a fejlesztés különböző szakaszaiban szokták alkalmazni. Értelemszerűen a legalsó szint, melynél elkezdődik a tesztelés attól is függ, hogy egy adott fejlesztési folyamat milyen állapotról indul, például szükség van-e hardver kifejlesztésére, esetleg csak hardverfejlesztés a feladat.

3.4.1. MIL (model in the loop)

A legalsó szint a „modell a hurokban”, azaz a MIL teszt. Ez szokott lenni a legelső fejlesztési fázis tesztlépése. Ekkor a szabályozó rendszerhez tartozó modell kerül letesztelésre, egy szintén modell alapú tesztkörnyezetben. Ez a lépés még teljesen szoftver-, illetve modellalapú közegben történik. Legelterjedtebb fejlesztési környezet például a Matlab/Simulink illetve bizonyos esetekben az NI LabVIEW. [25]

3.4.2. SIL (software in the loop)

A következő szint a „szoftver a hurokban”, azaz a SIL teszt. Ezt akkor hajtják végre, amikor a fejlesztendő rendszer elviekben már megfelelően működik, azaz a modell jó, már a kész rendszerhez tervezett kódot kell vizsgálni. Lényegében ekkor már ismert a célhardver, amin a program fog futni, de nem áll rendelkezésre, vagy még nem lehet rajta tesztelni. Mindezekből kifolyólag a vizsgálatok még mindig szoftveres környezetben zajlanak. A lényegi különbség a MIL tesztekhez képest, hogy míg ott az elvi működés kerül letesztelésre, addig a SIL tesztek esetében már az a programkód kerül górcső alá, ami már nagyon közel áll a végleges kódhoz, azaz ahhoz, ami a kiválasztott vagy megtervezett célhardverre fog kerülni. Sokszor a modellhez képest alacsonyabb programozási nyelven, például C vagy C++ nyelven kerülnek implementálásra ezen programok. Természetesen sokszor a magasabb nyelven elkészített modellből is lehetséges az alacsonyabb szintű programkód generálása, például NI LabVIEW vagy Matlab/Simulink esetén. Ezek a tesztek elsősorban már a kód helyességét, hibamentességét, valamint megbízhatóságát vizsgálják. [25]

3.4.3. PIL (processor in the loop)

Az első teszt, ahol már a hardveren is kipróbálásra kerül a kód, az a „processzor a hurokban” jellegű, azaz a PIL teszt. Ez már nem elsősorban a szoftvert, hanem az alkalmazni kívánt hardvert teszteli. Ezen a szinten azt ellenőrzik, hogy az alkalmazni kívánt processzor, illetve központi egység megfelelő-e a megírt programkód helyes futtatására. Ugyanakkor azt is ellenőrzik ezen a szinten, hogy a megírt programkód például kellően hatékony-e.

Ennek akkor van elsődleges szerepe, ha a tervezett központi egységet nem lehet nagyobb teljesítményűre cserélni, illetve a rendelkezésre álló memória mennyisége nem növelhető tovább. Ekkor a programkódon kell javítani, illetve optimalizálni kell azt. Itt elsősorban azt vizsgálják, szükség van-e a hardver változtatására, ekkor a tesztek többnyire még egy fejlesztői platformon futnak. Ezen tesztek során sokszor a korábbi tesztekhez használt, modell alapú tesztkörnyezet adja a jeleket. Ezen tesztekhez szintén gyakran alkalmazzák az NI LabVIEW/Veristand, valamint Matlab/Simulink szoftvereket. [25]

3.4.4. HIL (hardware in the loop)

A legfelső szinten áll a „hardver a hurokban”, azaz HIL teszt. Ekkor már a véglegeshez nagyon közel álló, vagy a véglegessel megegyező hardverkomponensen kell futtatni a fejlesztett programkódot. Nagyon fontos különbség az eddigi tesztekhez képest, hogy a HIL tesztet már valós időben szokás futtatni, míg az előzőek esetében ez többnyire nem lényeges. Ezen teszteknél lényegében kell egy pontos, valós időben futtatható modell. Ez annak a környezetnek a modellje, ahol a tervezett rendszer működni fog. Ennek a modellnek kell szolgáltatnia a bemeneteket a tesztelendő eszköz felé, valamint reagálnia kell annak kimeneteire, azaz el kell hitetnie az eszközzel, hogy az éppen a végleges környezetében működik. [25]

4. 4. számú melléklet: A golyó mozgását leíró program

I. Közegellenállás nélkül

```
0001 clear all;
0002 usecanvas(%F);
0003 //-----------------ÉRTÉKADÁS--------------------------------------
0004 anglesi(1)=1.57079632; // Θ Teta kezdeti szögelfordulás radiánban (pi/2 = 90 fok)
0005 anglesi(2)=0; // ωΘ
0006 anglesi(3)=0; // Φ Fí kezdeti
0007 anglesi(4)=0; // ωΦ
0008 anglesi(5)=0; // Ψ Pszí kezdeti
0009 anglesi(6)=-84.5; // ωΨ
0010 R=0.0286 // golyó sugara (golyó átmérője 57,2 mm)
0011 m=0.162 // golyó tömege (golyó tömege 162 g)
0012 //------------ KEZDETI FELTÉTELEK MEGADÁSA -----------------
0013 t0=0; // szekundum, kezdeti időpont
0014 dt=0.001;
0015 tmax=10;
0016 t=t0:dt:tmax; // tmax másodperc, dt lépésközzel végrehajtva
0017 n=int(tmax/dt)+1;
0018 xs=zeros(1,n);
0019 ys=zeros(1,n);
0020 xs(1)=0.0; // méter,   kezdeti x irányú elmozdulás
0021 ys(1)=0.0; // méter,   kezdeti y irányú elmozdulás
0022 // ---------------------------------------------------------
0001 function [anglesdot]=f(t, angles)
0002 anglesdot(1)=angles(2); // ωΘ
0003 anglesdot(2)=-sin(angles(1)).*angles(4).*angles(6);
0004 anglesdot(3)=angles(4); // ωΦ
0005 anglesdot(4)=angles(2)./sin(angles(1)).*(angles(6)-cos(angles(1)).*angles(4));
0006 anglesdot(5)=angles(6); // ωΨ
0007 anglesdot(6)=angles(2)./sin(angles(1)).*(angles(4)-cos(angles(1)).*angles(6));
0008 endfunction
0031
0032 // Runge-Kutta módszer aktivizálása
0033 angles=ode("rk",anglesi,t0,t,f);
0034
0035 vsx(:)=-R.*sin(angles(1,:)).*(angles(6,:).*cos(angles(3,:))-
angles(2,:).*sin(angles(3,:)).*sin(angles(1,:))+angles(4,:).*cos(angles(3,:)).
*cos(angles(1,:)))+R.*cos(angles(1,:)).*(angles(2,:).*sin(angles(3,:)).
*cos(angles(1,:))+angles(4,:).*cos(angles(3,:)).*sin(angles(1,:)));
```

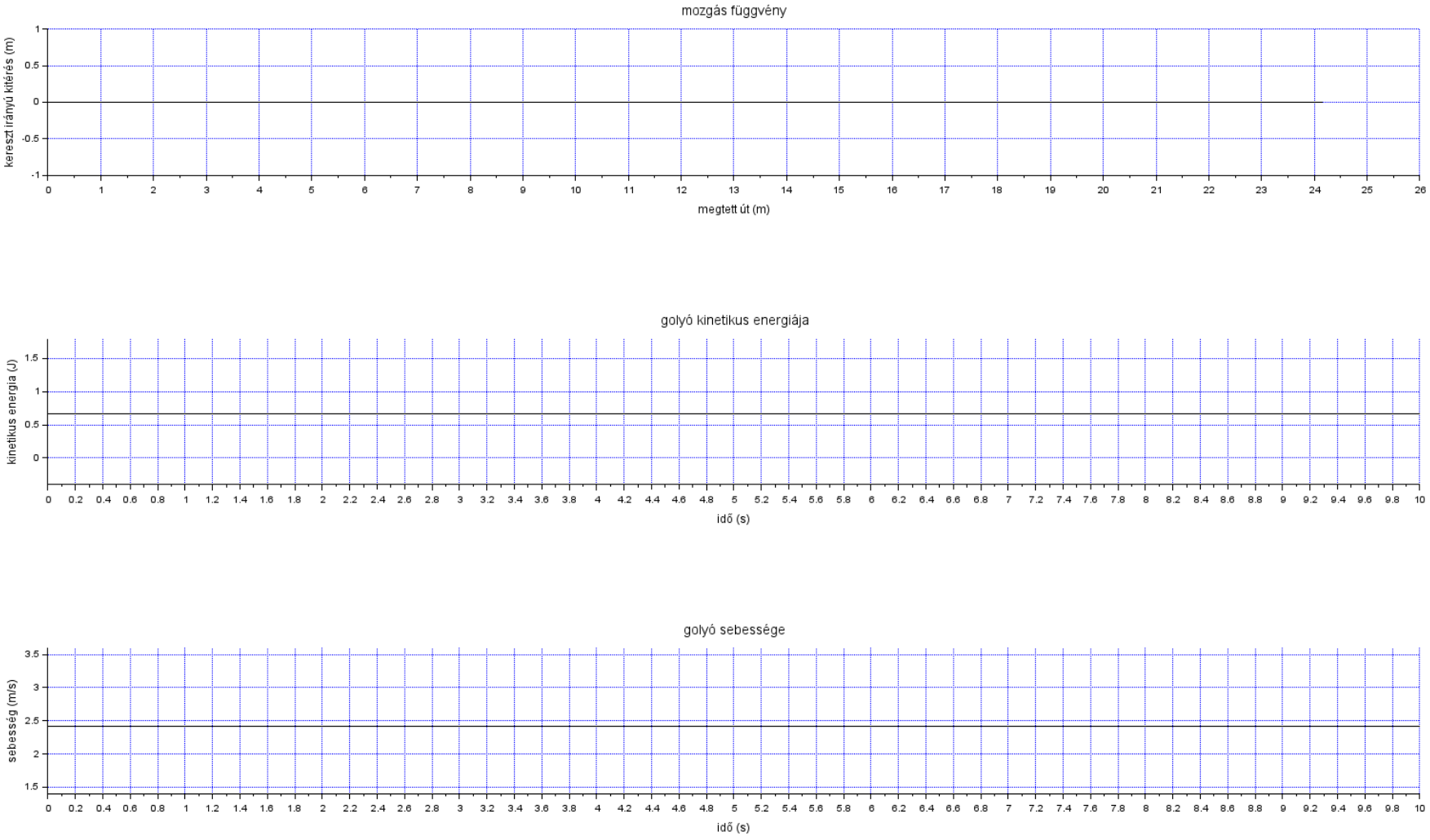
```
0036  vsy(:)=-R.*sin(angles(6,:).*sin(angles(3,:))+angles(2,:).*cos(angles(3,:)).
*sin(angles(1,:))+angles(4,:).*sin(angles(3,:)).*cos(angles(1,:)))-
R.*cos(angles(1,:)).*(angles(2,:).*cos(angles(3,:)).
*cos(angles(1,:))-angles(4,:).*sin(angles(3,:)).*sin(angles(1,:)));
0037  vs(:)=sqrt(vsx(:).*vsx(:)+vsy(:).*vsy(:));
0038  Ekin(:)=m.*R.*R.*0.2.*((angles(4,:).*angles(4,:)+angles(2,:).*angles(2,:)+angles(6,:).
*angles(6,:)+2.*angles(4,:).*angles(6,:).*cos(angles(1,:))))+0.5.*m.*(vs(1,:).*vs(1,:));
0039
0040  for i=2:n
0041     xs(1,i)=xs(1,i-1)+dt*vsx(i);
0042     ys(1,i)=ys(1,i-1)+dt*vsy(i);
0043  end
0044
0045  //  Eredmények rajzoltatása
0046  //plot2d(xs(1,:),ys(1,:),5);
0047  //xtitle(“ “, “x“, “y“);
0048  //xgrid(2);
0049
0050  subplot(3,1,1)
0051  plot2d(xs(1,:),ys(1,:),1);
0052  xtitle(“ mozgás függvény“,“megtett út (m)“,“kereszt irányú kitérés (m)“);
0053  xgrid(2);
0054
0055  subplot(3,1,2)
0056  plot2d(t,Ekin,1)
0057  xtitle(“golyó kinetikus energiája“,“idő (s)“,“kinetikus energia (J)“)
0058  xgrid(2);
0059
0060  subplot(3,1,3)
0061  plot2d(t,vs,1)
0062  xtitle(“golyó sebessége“,“idő (s)“,“sebesség (m/s)“)
0063  xgrid(2);
```

II. Közegellenállással

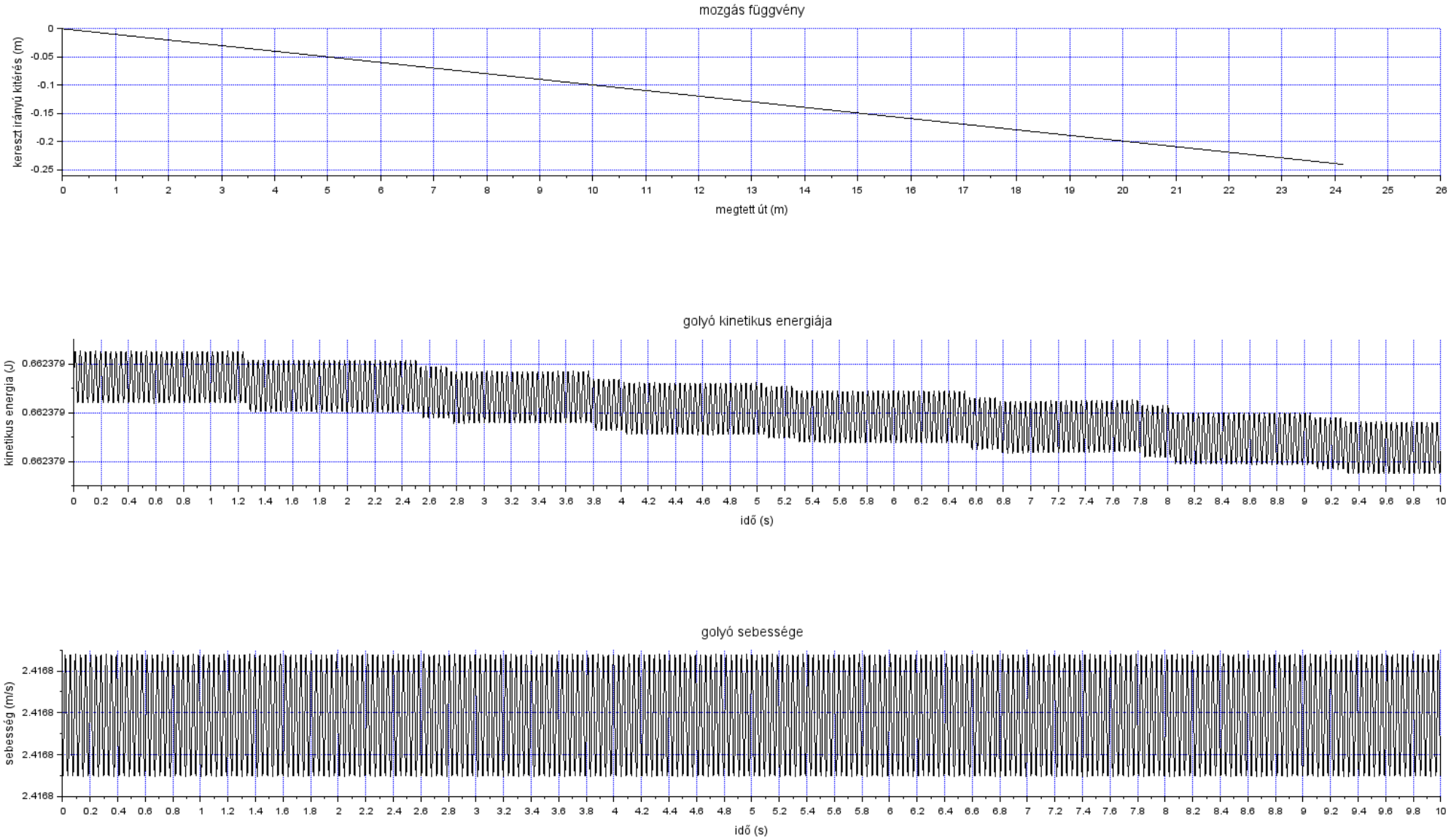
```
0001  clear all;
0002  usecanvas(%F);
0003  //----------------ÉRTÉKADÁS---------------------------------------
0004  anglesi(1)=1.57079632; // Θ Teta kezdeti szögelfordulás radiánban (pi/2 = 90 fok)
0005  anglesi(2)=0; // ωΘ
0006  anglesi(3)=0; // Φ Fí kezdeti
0007  anglesi(4)=0; // ωΦ
0008  anglesi(5)=0; // Ψ Pszí kezdeti
0009  anglesi(6)=-84.5; // ωΨ
0010  R=0.0286 // golyó sugara (golyó átmérője 57,2 mm)
0011  m=0.162 // golyó tömege (golyó tömege 162 g)
0012  //------------- KEZDETI FELTÉTELEK MEGADÁSA -----------------
0013  t0=0; // szekundum, kezdeti időpont
0014  dt=0.001;
0015  tmax=10;
0016  t=t0:dt:tmax; // tmax másodperc, dt lépésközzel végrehajtva
0017  n=int(tmax/dt)+1;
0018  xs=zeros(1,n);
0019  ys=zeros(1,n);
0020  xs(1)=0.0; // méter,   kezdeti x irányú elmozdulás
0021  ys(1)=0.0; // méter,   kezdeti y irányú elmozdulás
0022  // ------------------------------------------------------
0001  function [anglesdot]=f(t, angles)
0002  anglesdot(1)=angles(2); // ωΘ
0003  anglesdot(2)=-sin(angles(1)).*angles(4).*angles(6);
0004  anglesdot(3)=angles(4); // ωΦ
0005  anglesdot(4)=angles(2)./sin(angles(1)).*(angles(6)-cos(angles(1)).*angles(4));
0006  anglesdot(5)=angles(6); // ωΨ
0007  anglesdot(6)=angles(2)./sin(angles(1)).*(angles(4)-cos(angles(1)).*angles(6))-
0.001*angles(6);
0008  endfunction
0031
0032  // Runge-Kutta módszer aktivizálása
0033  angles=ode("rk",anglesi,t0,t,f);
0034
0035  vsx(:)=-R.*sin(angles(1,:)).*(angles(6,:).*cos(angles(3,:))-
angles(2,:).*sin(angles(3,:)).*sin(angles(1,:))+angles(4,:).*cos(angles(3,:)).
*cos(angles(1,:)))+R.*cos(angles(1,:)).*(angles(2,:).*sin(angles(3,:)).
*cos(angles(1,:))+angles(4,:).*cos(angles(3,:)).*sin(angles(1,:)));
0036  vsy(:)=-
R.*sin(angles(6,:).*sin(angles(3,:))+angles(2,:).*cos(angles(3,:)).*sin(angles(1,:))+angles(4,:).
*sin(angles(3,:)).*cos(angles(1,:)))-
R.*cos(angles(1,:)).*(angles(2,:).*cos(angles(3,:)).*cos(angles(1,:))-angles(4,:).
*sin(angles(3,:)).*sin(angles(1,:)));
0037  vs(:)=sqrt(vsx(:).*vsx(:)+vsy(:).*vsy(:));
```

```
0038  Ekin(:)=m.*R.*R.*0.2.*((angles(4,:).*angles(4,:)+angles(2,:).*angles(2,:)+angles(6,:).
*angles(6,:)+2.*angles(4,:).*angles(6,:).*cos(angles(1,:))))+0.5.*m.*(vs(1,:).*vs(1,:));
0039
0040  for i=2:n
0041     xs(1,i)=xs(1,i-1)+dt*vsx(i);
0042     ys(1,i)=ys(1,i-1)+dt*vsy(i);
0043  end
0044
0045  //  Eredmények rajzoltatása
0046  //plot2d(xs(1,:),ys(1,:),5);
0047  //xtitle(“ “, “x“, “y“);
0048  //xgrid(2);
0049
0050  subplot(3,1,1)
0051  plot2d(xs(1,:),ys(1,:),1);
0052  xtitle(“ mozgás függvény“,“megtett út (m)“,“kereszt irányú kitérés (m)“);
0053  xgrid(2);
0054
0055  subplot(3,1,2)
0056  plot2d(t,Ekin,1)
0057  xtitle(“golyó kinetikus energiája“,“idő (s)“,“kinetikus energia (J)“)
0058  xgrid(2);
0059
0060  subplot(3,1,3)
0061  plot2d(t,vs,1)
0062  xtitle(“golyó sebessége“,“idő (s)“,“sebesség (m/s)“)
0063  xgrid(2);
```

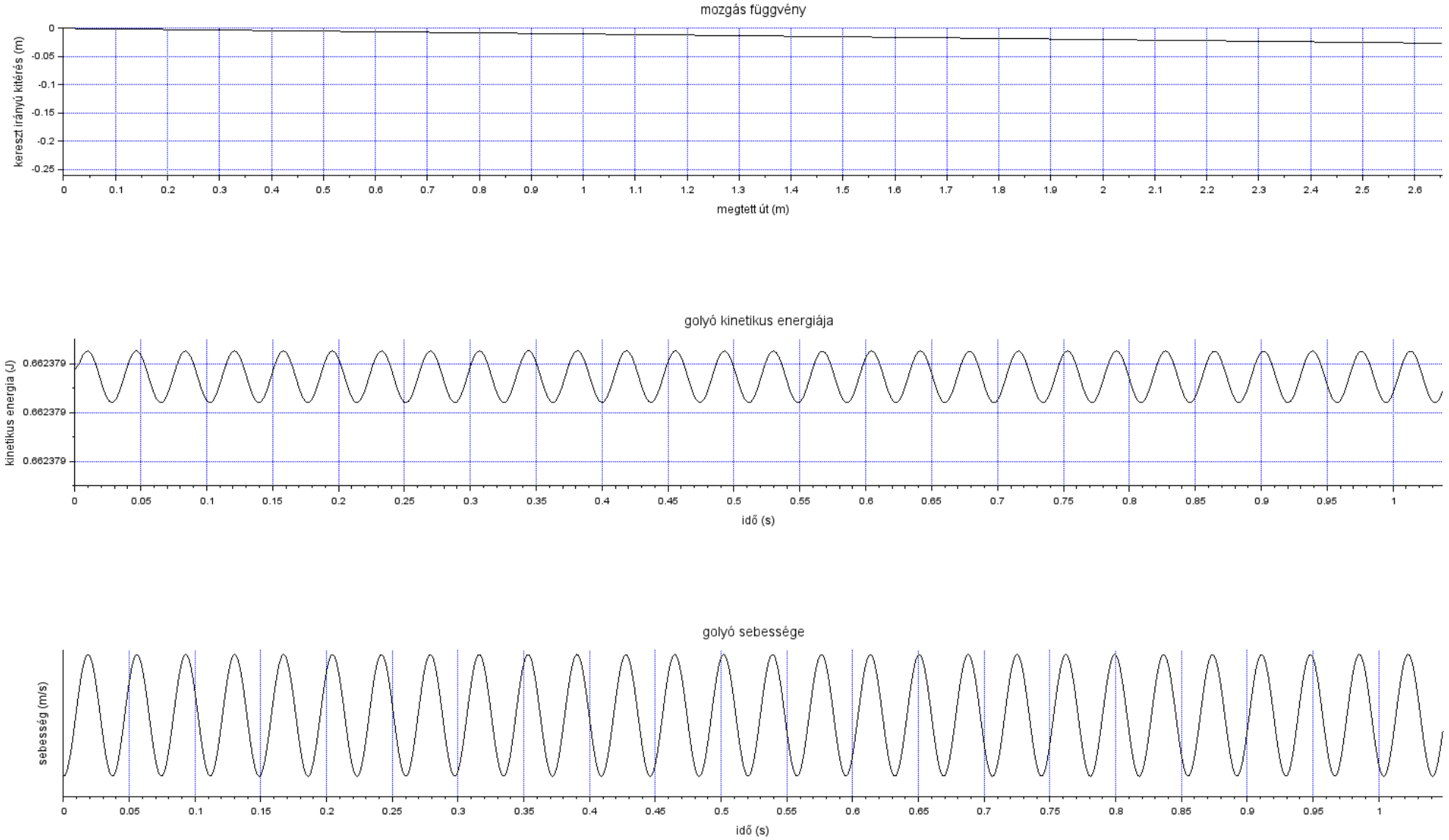
5. 5. számú melléklet: A golyó mozgását leíró diagramok



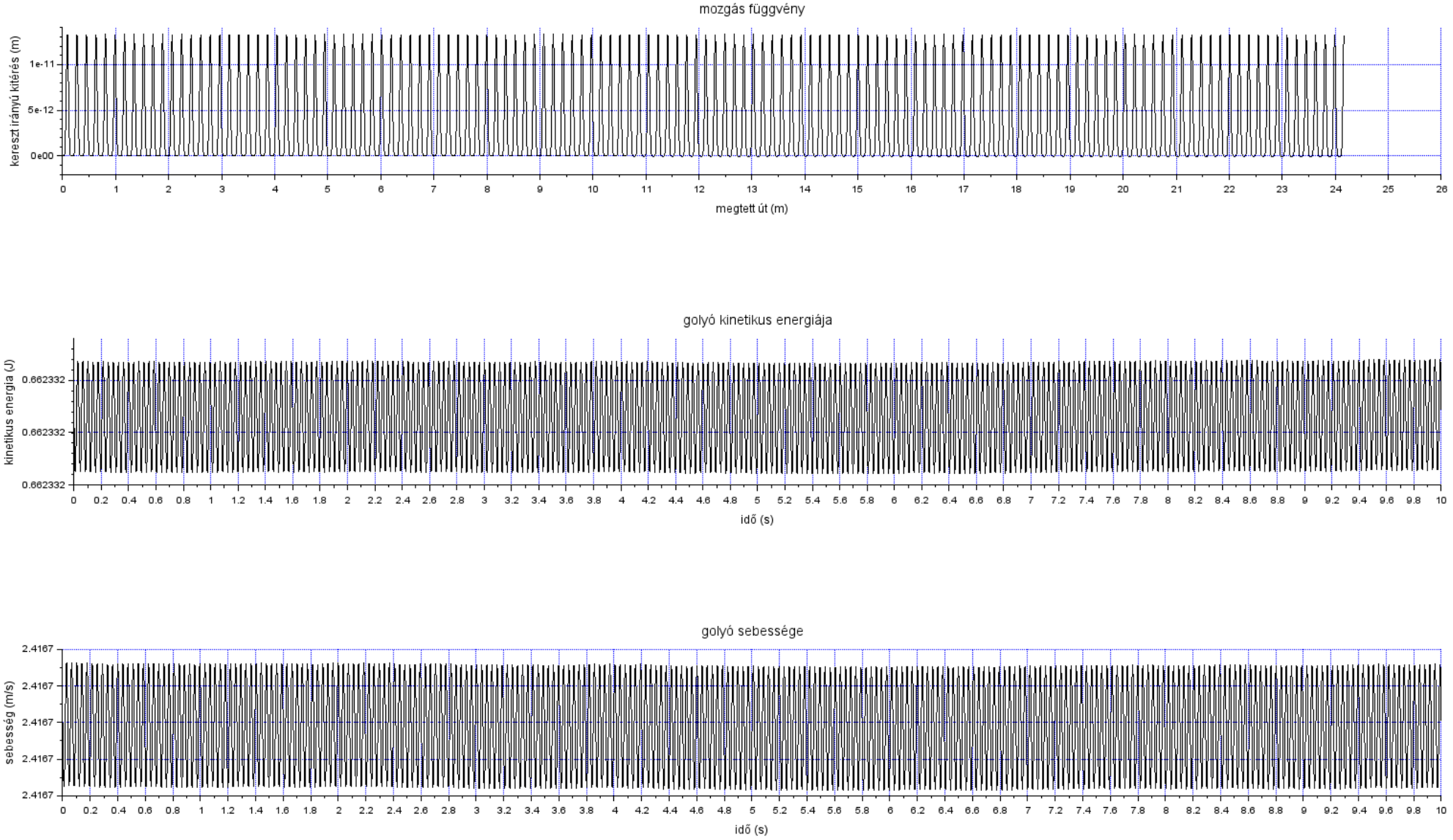
5. számú melléklet 1. ábra: A golyó mozgása, $\omega_{\Psi} = 84{,}5\frac{1}{s}$; $\omega_{\Theta} = 0$; $\omega_{\Phi} = 0$



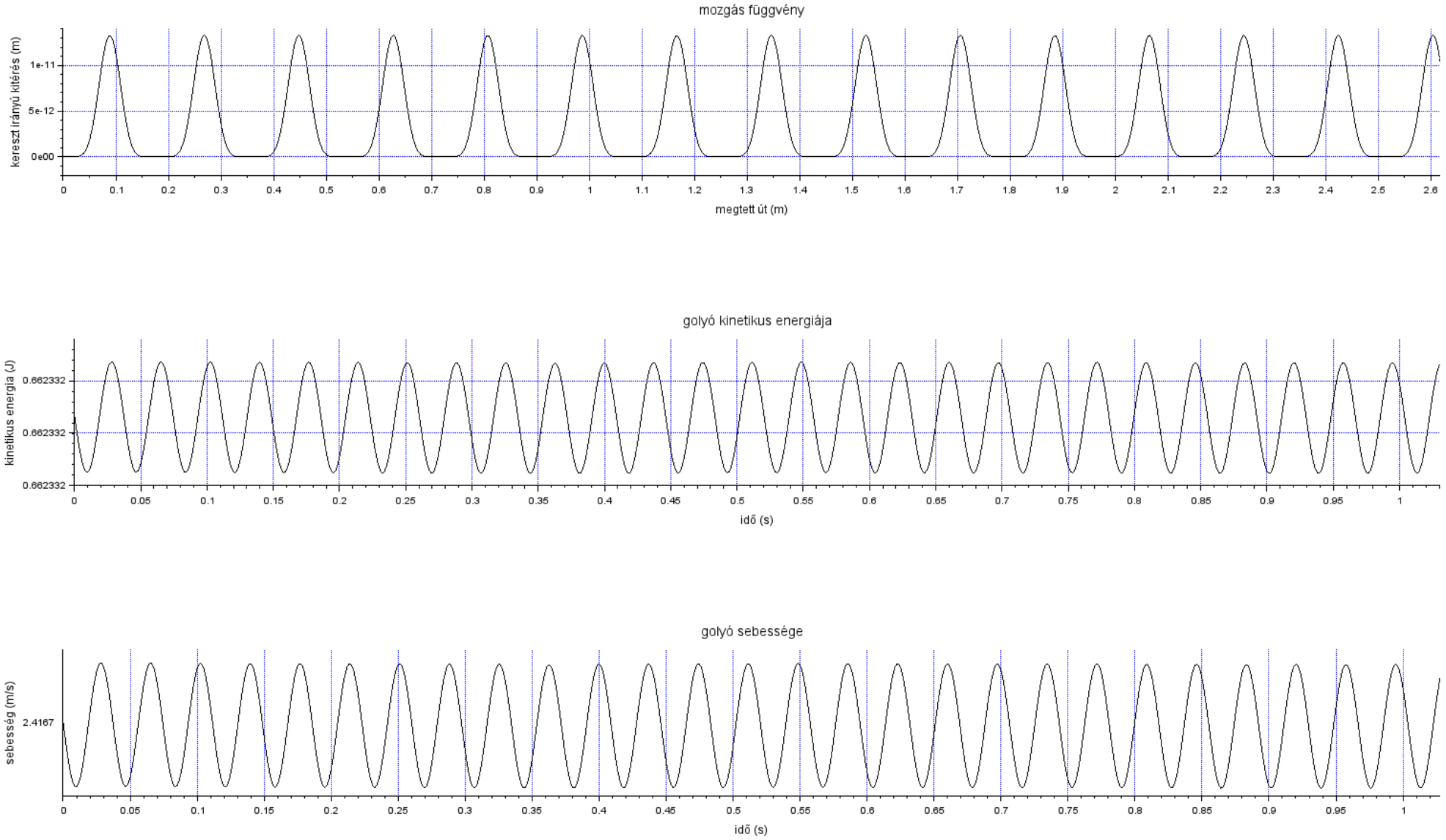
5. számú melléklet 2. ábra: A golyó mozgása, $\omega_\Psi = 84{,}5\frac{1}{s}$; $\omega_\Theta = 1$; $\omega_\Phi = 0$



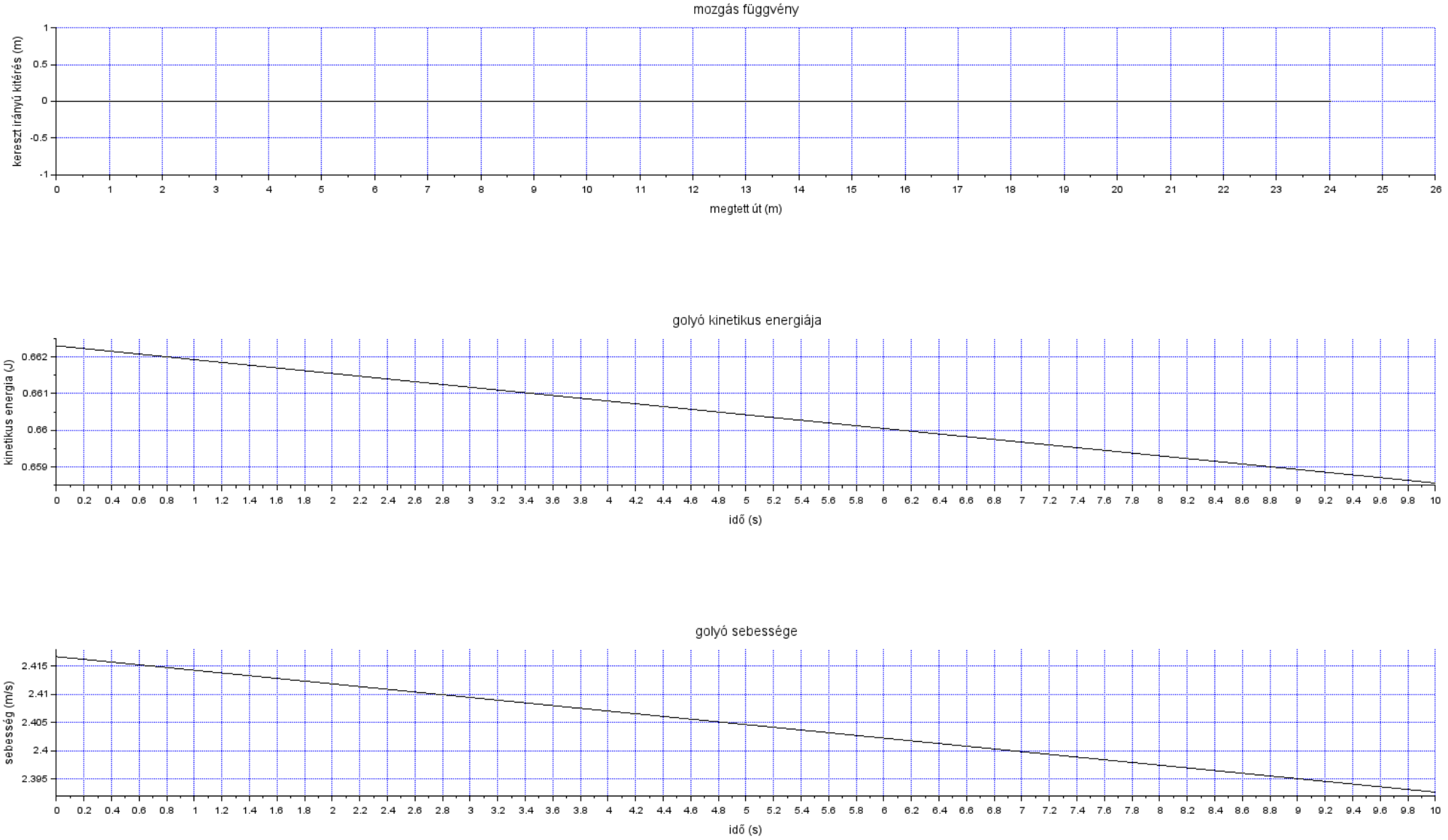
5. számú melléklet 3. ábra: A golyó mozgása szűkített tartományban, $\omega_{\Psi} = 84{,}5\frac{1}{s}$; $\omega_{\Theta} = 1$; $\omega_{\Phi} = 0$



5. számú melléklet 4. ábra: A golyó mozgása, $\omega_{\Psi} = 84{,}5\,\frac{1}{s}$; $\omega_{\Theta} = 0$; $\omega_{\Phi} = 1$

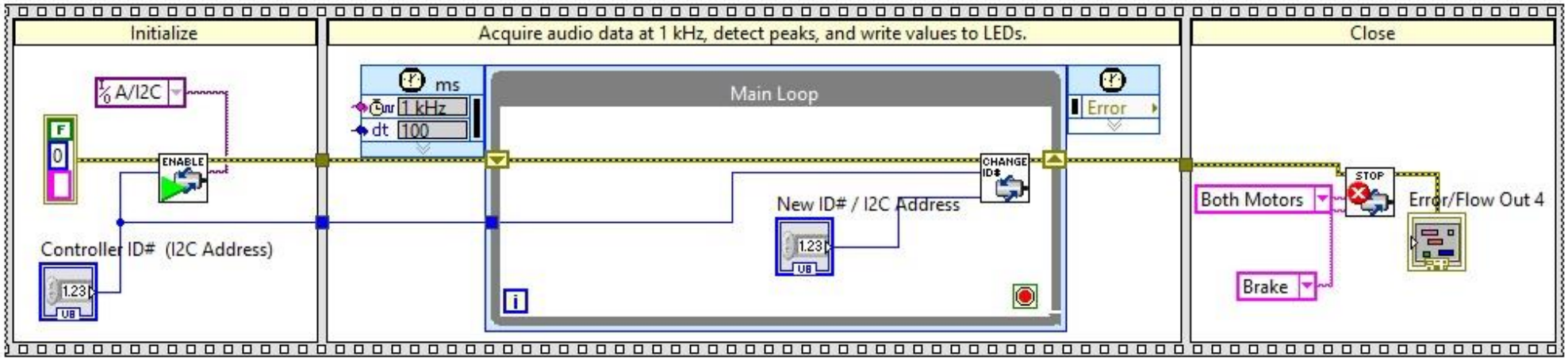


5. számú melléklet 5. ábra: A golyó mozgása szűkített tartományban, $\omega_\Psi = 84{,}5\frac{1}{s}$; $\omega_\Theta = 0$; $\omega_\Phi = 1$

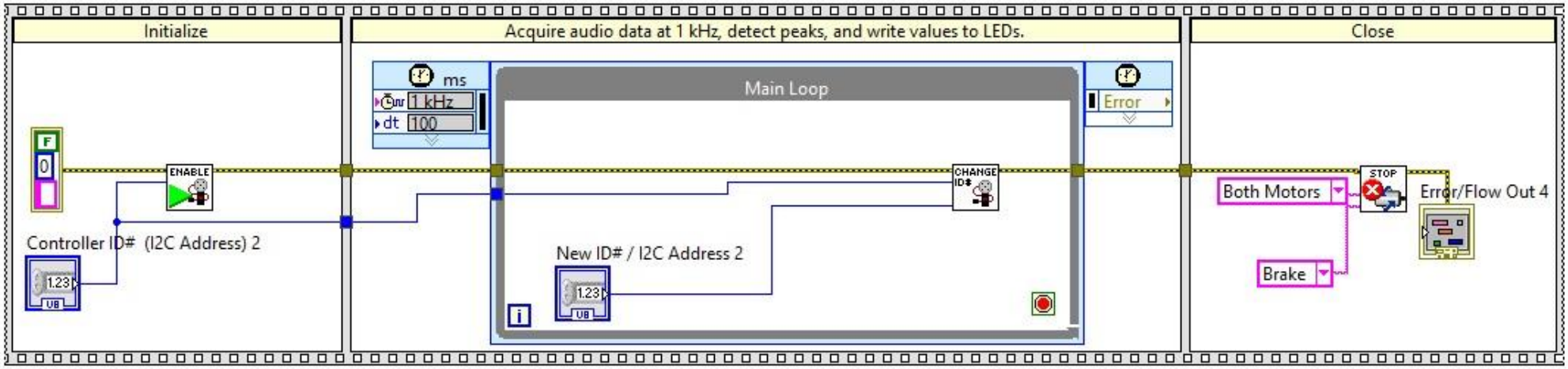


5. számú melléklet 6. ábra: A golyó mozgása közegellenállás figyelembevételével, $\omega_{\Psi} = 84{,}5\frac{1}{s}$; $\omega_{\Theta} = 0$; $\omega_{\Phi} = 0$

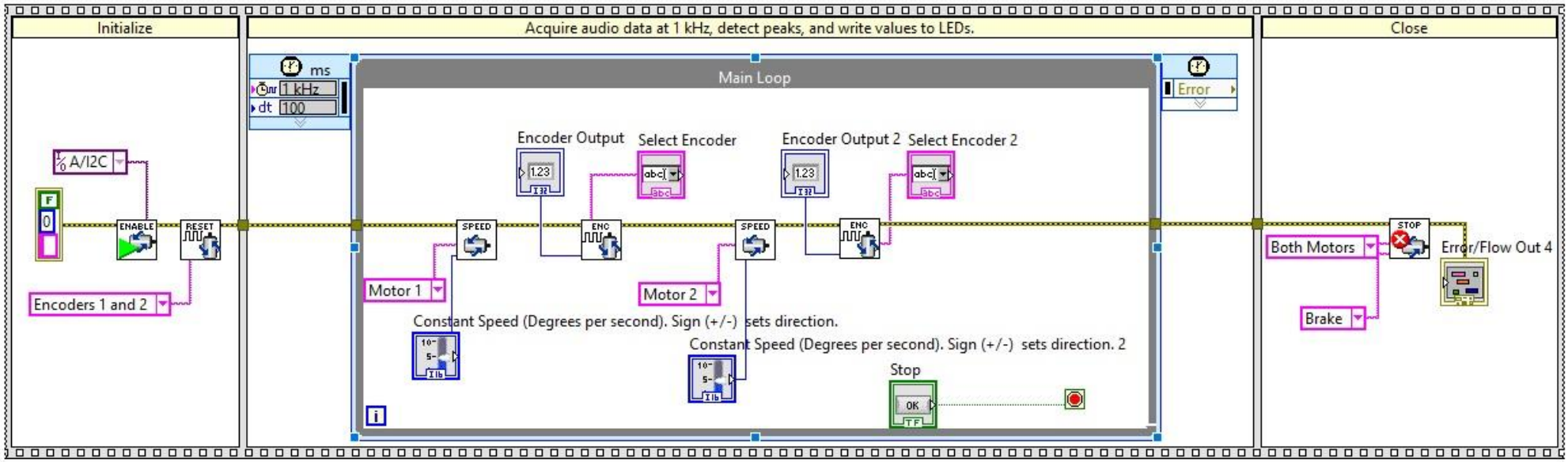
6. 6. számú melléklet: A robot vezérlése



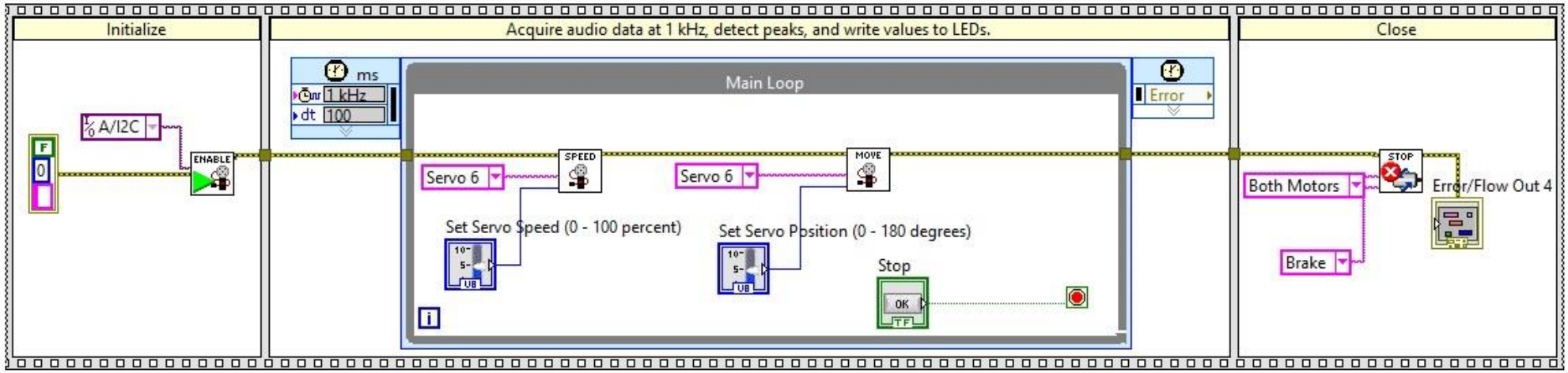
6. számú melléklet 1. ábra: A DC motorok azonosítása



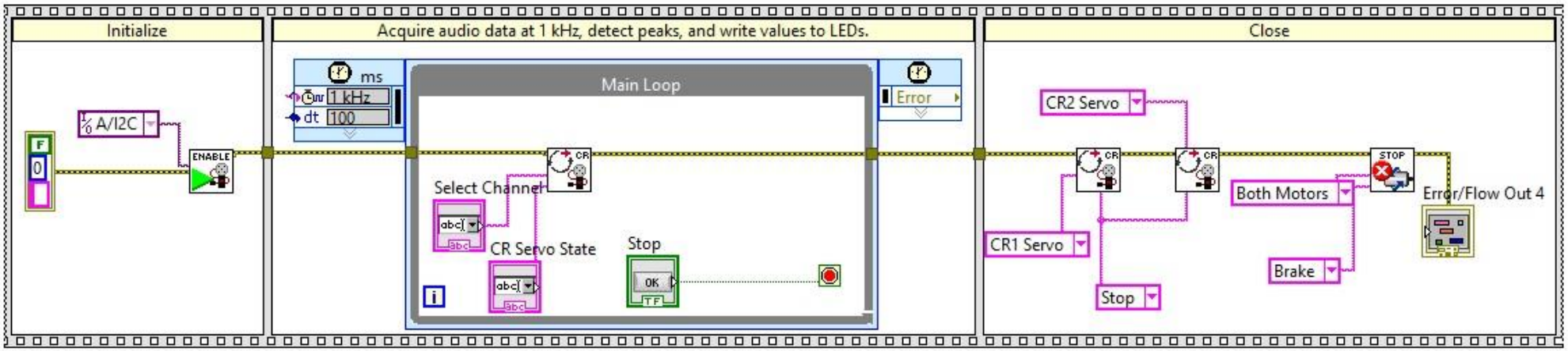
6. számú melléklet 2. ábra: A szervomotorok azonosítása



6. számú melléklet 3. ábra: A DC motorok vezérlése



6. számú melléklet 4. ábra: Behatárolt forgású szervomotor vezérlése



6. számú melléklet 5. ábra: Folyamatos körbefordulású szervomotor vezérlése

Irodalomjegyzék

Nyomtatott dokumentumok:

1. *Kovács D Lehel István*, **LEGO robotok programozása** (2020) pp 13.

6. Múlt-kor történelmi magazin, **Zenélő robot a 19. század elejéről: Friedrich Kaufmann „automata trombitása" 1810-ből** (2020. szeptember)

10. HVG, **Ez a jövő: a Honda bemutatta az Asimo robotjának új verzióját** (2011, november 09.)

12. *Kulcsár Béla,* **Robottechnika** (2012) pp 490.

22. *Motika László Károly,* **Mikrovezérlők története** (2006)

23. *Halas János,* **Mikroprocesszorok alkalmazása** (2012)

24. *D. M. István,* **Mikrovezérlők**

25. Dr. Fodor Dénes **Autóipari beágyazott rendszerek** (2014)

26. Budai Tamás **Mikrovezérlők**

Elektronikus dokumentumok:

2. Abby: **Jacques de Vaucanson – Complete Biography, History and Inventions** https://history-computer.com/jacques-de-vaucanson-complete-biography/ (2023. 11. 18.)

3. This Month in Physics History:

   February 11, 1738: Jacques de Vaucanson Exhibits Flute-playing Automaton https://www.aps.org/publications/apsnews/201802/history.cfm (2023. 11. 18.)

4. Jaquet-Droz: **THE EXTRAORDINARY HISTORY OF JAQUET DROZ** https://www.jaquet-droz.com/en/the-extraordinary-history-jaquet-droz (2023. 11. 19.)

5. **The Jaquet-Droz Automata: mechanical wonders from the 18th century, considered by some to the ancestors of the modern computer** https://www.thevintagenews.com/2016/10/01/the-jaquet-droz-automata-mechanical-wonders-from-the-18th-century-considered-by-some-to-the-ancestors-of-the-modern-computer/ (2023. 11. 19.).

7. **Wabot 2** https://robotsguide.com/robots/wabot (2023. 11. 22.)

8. Waseda University: **WABOT-2 (1980~1984)** https://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_2.html (2023. 11. 22.)

9. **ASIMO** https://asimo.honda.com/asimo-history/ (2023. 12. 29.)

11. Robotok az ember szolgálatában: **Az ipari robotok egyre okosabbak** https://www.autoflex.hu/2020/08/19/robotok-az-ember-szolgalataban/ (2023. 11. 22.)

13. TechMonitor **Automatizált megoldások az egészségügyi szektorban** *https://www.techmonitor.hu/termek-megoldas/gyartas-gepipar/automatizalt-megoldasok-az-egeszsegugyi-szektorban-20200518* (2023. 11. 25.)

14. **MiR100**
https://www.mobile-industrial-robots.com/solutions/robots/mir100/ (2023. 11. 25.)

15. INFOSTART **Szállító robotok kezdik meg a munkát Debrecenben**
https://infostart.hu/gazdasag/2022/01/19/szallito-robotok-kezdik-meg-a-munkat-debrecenben (2023. 11. 25.)

16. Debrecen **Ez a jövő? Házhoz szállító robotot tesztelnek Debrecenben**
https://www.dehir.hu/debrecen/ez-a-jovo-hazhoz-szallito-robotot-tesztelnek-debrecenben/2022/01/18/?fbclid=IwAR0PjTybuHcA3t2tnXFrYVXyJ6zMAGijqfY16aauwQEvi9Bna5dn1rsCIi4 (2023. 11. 25.)

17. TECHNOLOGY **What are Hexapod Robots Used For?**
https://acrome.net/post/what-are-hexapod-robots-used-for (2023. 12. 02.)

18. Hobbi elektronika **Multicopterek, nulláról.**
https://www.hobbielektronika.hu/cikkek/multicopterek_nullarol_az_uav-kig_i.html?pg=2 (2023. 12. 02.)

19. euronews.next, Pascale Davies **Backflipping Boston Dynamics robots show off impressive gymnast abilities in parkour routine**
https://www.euronews.com/next/2021/08/18/backflipping-boston-dynamics-robots-show-off-impressive-gymnast-abilities-in-parkour-routi (2023.12.13.)

20. ROBOTS **ATLASZ** https://robotsguide.com/robots/atlas2016 (2023.12.14.)

21. TECH, Lányi Őrs **Ez a robot már majdnem jobban mozog, mint egy ember**
https://24.hu/tech/2023/01/19/boston-dynamics-atlas-robot-kez-fejlesztes-epitkezes/ (2023.12.14.))