



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

MŰSZAKI TUDOMÁNYI KAR

Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

SZAKDOLGOZAT

Manipulátor Tervezése

Válint Szilárd

Mechatronikai mérnöki BSc szak

Gyártási rendszerek mechatronikája szakirány

Győr, 2013

Feladatkiírás

Szakdolgozat címe: Manipulátor tervezése

Hallgató neve: Válint Szilárd

Szak: Mechatronikai mérnöki szak

Képzési szint: BSc

Típus: nyilvános

A szakdolgozat feladat leírása:

A szakdolgozat első részében bemutatásra kerül a felhasznált motor. A következő részben az Inventor nevű programmal megtervezem a konstrukciót, majd szimulációk segítségével meghatározom a szükséges további elemek anyagát és méretét. Statikai nyomatékszámításokkal és a MATLAB nevű program felhasználásával szimulációkat végzek a motorok teherbírásának ellenőrzéséhez. A végén egy programot készítek a robotkar mozgatására.

Győr, 2013. 02. 25.

belső konzulens

tanszékvezető

Értékelő lap

Szakdolgozat címe: Manipulátor tervezése

Hallgató neve: Válint Szilárd

Szak: Mechatronikai mérnöki szak

Képzési szint: BSc

Típus: nyilvános

A szakdolgozat beadható / nem adható be: (a nem kívánt rész törlendő)

dátum

aláírás (belső konzulens)

A szakdolgozat bírálatra bocsátható / nem bocsátható: (a nem kívánt rész törlendő)

dátum

aláírás (tanszékvezető)

A bíráló:

- Neve: Lőrincz Illés
- Munkahelye: Közúti és Vasúti Járművek Tanszék
- Beosztása: Tanársegéd

A bíráló javaslata:

dátum

érdemjegy

aláírás (bíráló vagy tszv.)

A belső konzulens javaslata:

dátum

érdemjegy

aláírás (belső konzulens)

A ZVB döntése:

dátum

érdemjegy

aláírás (ZVB elnök)

Nyilatkozat

Alulírott, Válint Szilárd Mechatronikai mérnöki BSc szakos hallgató kijelentem, hogy a Manipulátor tervezése című szakdolgozat feladat kidolgozása a saját munkám, abban csak a megjelölt forrásokat, és a megjelölt mértékben használtam fel, az idézés szabályainak megfelelően, a hivatkozások pontos megjelölésével.

Eredményeim saját munkán, számításokon, kutatáson, valós méréseken alapulnak, és a legjobb tudásom szerint hitelesek.

dátum

hallgató aláírása

Összefoglaló

A szakdolgozatomat egy manipulátor mechanikai tervezéséről, vezérléséről és egy mozgatáshoz szükséges programról írtam. Kivitelezéshez több AX-12+ típusú motor, és kapcsoló elemei álltak rendelkezésemre.

Az első részében a manipulátorok és a robotok megjelenésével, fejlődésével, illetve bemutatásával foglalkoztam.

A második részében a szabadsági fokok típusaira, a kar kialakítására, és az alkalmazott motor jellemzőire tértem ki. Beszámolok a hardverelemek összekötéséről is.

A harmadik rész a mechanikai tervezést foglalja össze, amiben az Inventor nevű tervező program segítségével megrajoltam a kar elemeit, és szimulációkat futtattam az alkalmazható lemez anyagaival és vastagságaival. A konstrukció végleges kialakulása után nyomatéki méretezéssel megállapítottam, a motorokra mekkora nyomaték fog hatni, így összehasonlíthattam a motorok által biztosított maximális nyomatékkal. Ellenőrzés végett a MATLAB nevű program segítségével is végrehajtottam a statikai szimulációt. Egyúttal megvizsgáltam dinamikai szempontból is.

A negyedik részben kitértem a kinematika rövid ismertetésre, ugyanis ha a kar végén lévő megfogó elhelyezkedésére lenne szükség a térben, akkor ilyen módon lehetőségünk van ezt meghatározni.

Az ötödik rész a motorok vezérléséről, és az általam hozzá írt program bemutatásáról szól.

A hatodik részben a kar vezérlésének továbbfejlesztéseként ismertetem a Kinect eszköz működését.

Summary

Manipulator design

My thesis is about the mechanical designing and controlling of a manipulator, and about a program which takes care of its handling. For the implementation I used more AX-12+ motors and their switches.

The first section is dealing with the appearance, the development and the introduction of the robots.

In the second section I present the types of the degrees of freedom, the construction of the arm and the characteristics of the motor used. I also give details on the connection of the hardware elements.

The third section is a summary of the mechanical planning, in which I designed the parts of the arm with the help of the designing program Inventor, and I ran simulations with various materials and widths of the applicable panel. After the construction I determined the amount of the torque that will take effect on the motors, that way I could compare it with the maximum torque of them. I also ran a static simulation with the program called MATLAB for checking.

In the fourth section I shortly described the kinematics, because if we need the position of the clamp at the end of the arm, we can determine it that way.

The fifth section is about the control of the motors and the introduction of the program I wrote for it.

In the sixth section I describe the operation of the Kinect device, as further development of the arm control.

Tartalom

1. Bevezetés	1
2. Irodalomkutatás	2
2.1. Robotika története	2
2.2. Mozgatott mechanizmus csoportosítása	4
2.3. Robotok csoportosítása	5
3. A robotkar felépítése	6
3.1. Szabadsági fok	6
3.2. Kialakítási megoldás	7
3.3. Alkalmazható motortípusok	7
3.3.1. Léptetőmotor	7
3.3.2. Szervomotor	8
3.3.3. AX-12+ szervomotor	9
3.4. Interfész	11
3.5. Hardverelemek összekötése	13
4. Mechanikai tervezés	16
4.1. Kar elemek	17
4.1.1. Anyagok jellemzői	17
4.1.2. Mechanikai modell	19
4.1.3. Mechanikai szimuláció	21
4.1.4. Anyag kiválasztása	25
4.2. Nyomatéki méretezés	27
4.3. Szimuláció MATLAB programmal	31
4.3.1. Statikai vizsgálat	32
4.3.2. Dinamikai vizsgálat	36
5. Kinematika	39
5.1. Denavit - Hartenberg transzformáció	40
6. Vezérlés	43
6.1. AX-12+ típusú motorok vezérlése	43
6.1.1. Kommunikáció	43
6.1.2. Kommunikációs protokoll	48

6.3. Számítógépes Program.....	49
7. Robotkar összerakása és működtetése	52
8. Kinect.....	53
8.1. Szenzorok működése.....	54
8.2. Kinect a Windowshoz	55
8.2.1. LabVIEW - Kinect kapcsolat	56
9. Konklúzió	59

1. Bevezetés

Sok helyen előfordul, hogy a robot segíti vagy helyettesíti az embert különböző feladatok elvégzésében, és veszélyes környezetben is képes dolgozni, mint például sugárzott területen vagy olyan laborokban, ahol az emberi szervezetre veszélyes anyagokkal dolgoznak. A projekt egy olyan robotkar megtervezése, amihez majd egy játékokhoz tervezett Kinect eszköz által felismert emberi kar segítségével képes legyen kisebb tárgyakat mozgatni ilyen környezetekben.

A robotkar megtervezése elején a követelmények meghatározása volt az elsődleges feladat.

A hossza legyen körülbelül az emberi kar fele. A karhoz adottak voltak a motorok és kapcsoló elemek, ugyanis a Robotis cég által piacra bocsátott Bioloid készletből gazdálkodhattam, továbbá gyártatni kell hozzá olyan alkatrészt, amivel megnövelhető a hossza. Mivel a motorok előre adottak, ezért a kart úgy kell méretezni, hogy a szükséges nyomaték, a mozgatandó tárggyal ne lépje túl a motor maximális nyomatékát.

A jelenlegi feladata az lesz, hogy egy egyszerű programmal, fából készült, körülbelül száz gramm súlyú kockát felemeljen. A megvalósításban az anyagi költségeket is figyelembe kell venni.

Szakdolgozatomban egy ilyen kar mechanikai tervezése, alkatrész kialakítása, szimulációja, összeállítása, vezérlése, mozgatása került kifejtésre.

2. Irodalomkutatás

2.1. Robotika története

A régebbi időkben is léteztek automatizált gépek. A 18. században már az órákban is alkalmazták. Az első mechanizmusok rendelkeztek visszacsatolással is, ami lehetőséget adott a hibák folyamatos kijavítására, mint például a vízszint szabályzó.

A vályúban lévő víz felszínén egy úszó helyezkedik el. Amikor a vízszint lecsökken, és elér egy bizonyos szintet, akkor az úszó kinyitja a szelepet, így engedve több vizet a területre. Amint a vízszint eléri a megengedett szintet, a szelep lezár.

Az első igazi visszacsatolásos vezérlőt 1788-ban James Watt brit mérnök mutatta be. A centrifugál regulátor egy forgó tengelyből, és a hozzá csatlakoztatott két fémgolyóból állt, mely a gép fordulatszámának szabályzására szolgált a gőz mennyiségének áramlásának szabályozásával. A tengelye közvetlen kapcsolatban áll a gép tengelyével. Ha a fordulatszám megnő, akkor a golyókra ható centrifugális erő növekedésének hatására a golyók felemelkednek, így zárják a fojtószelepen áthaladó gőz útját. A folyamat hatására a tengely fordulatszáma lecsökken, aminek következtében csökken a centrifugális erő, így a szelep több gőzt enged a hengerbe, ezáltal a gőzgép sebességét egy adott érték közelében lehetett tartani.

Ahogy az ipari technológia fejlődött, sorban jelentek meg a feladatra orientált gépek. A többcsuklós mesterséges kar vagy manipulátor vezetett a modern robot kialakulásához.

Az első igazi robotot 1954-ben George Devol készítette, ami már digitális vezérlésű, és programozható volt. 1975-ben a gépészmérnök Victor Scheinman megalkotta a PUMA-t (Programmable Universal Manipulation Arm), ami tudta mozgatni a tárgyakat, ezért széles körben használták ipari robotként. [1]

A tudósok az emberi tulajdonságokkal rendelkező robotok tökéletesítésén dolgoznak. A 21. század legújabb fejlesztéseiben képesek járni, futni, lépcsőt mászni, az ujjukat mozgatni, és megfogni tárgyakat, azaz képesek leutánozni a legtöbb emberi gesztust. Az egyszerűnek tűnő emberi mozdulatok a robotok számára hatalmas feladatot jelentenek. A humanoid robotok terén a legalapvetőbb, legfontosabb technika az, amely lehetővé teszi számukra a járást.

A fejlődés olyan irányba halad, amely lehetőséget biztosít, hogy együtt éljenek az emberekkel, illetve megkönnyítsék az életüket.

Ha ez megvalósul, olyan feladatokat végezhetnek majd, amikre az ember képtelen, nincs kedve hozzá, vagy veszélyesek. Segítséget nyújthatnak az idős és a mozgássérült emberek számára.

Az egyszerű emberi feladatok nehezek lehetnek a humanoid számára, olyan robotok kellenek, amik alkalmasak a „látásra”, ugyanis minden egyes lépést meg kell nekik tanítani. Ha önállósodnak, meg tudják tervezni a saját mozdulataikat, így lesznek képesek a feladatok elvégzésére, és az ember utasításainak teljesítésére.

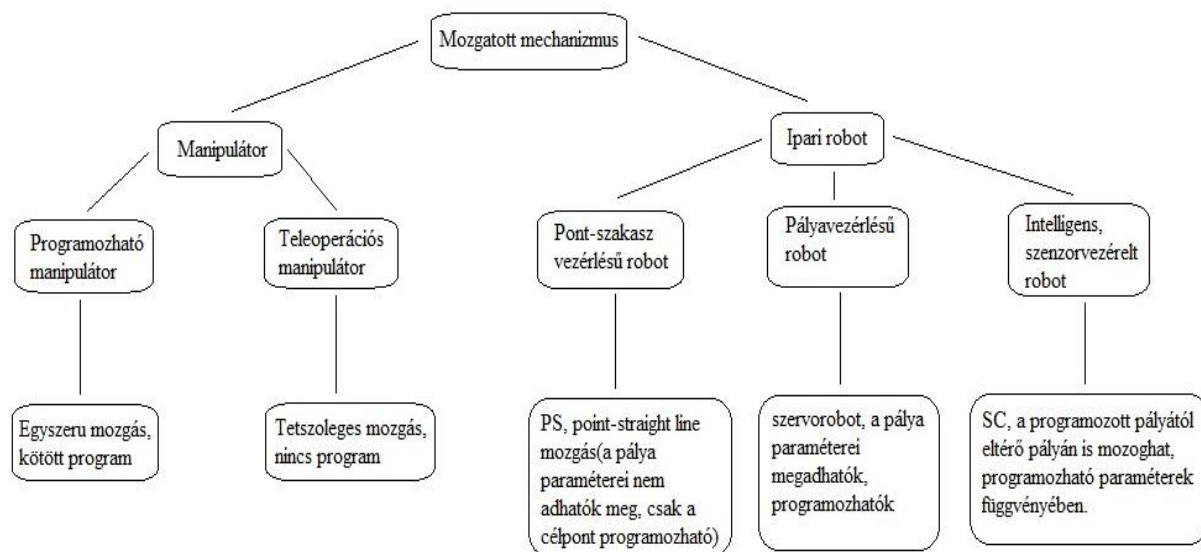
„A robotokkal foglalkozó ágazat a mechatronika, ami a gépészmérnöki tevékenység szinergikus integrációja az elektronikával és az intelligens számítógépes vezérléssel, a termékek és folyamatok tervezésében és a gyártásban.” [2]

„Mi az a robot?

A szó eredete a szláv rabota, ami munkát jelent. A magyar nyelvben a robot kemény, unalmas, fárasztó munka, ebből a szláv szóból ered.” [2]

2.2. Mozgatott mechanizmus csoportosítása

Az 1. ábra a szerkezet többféle részekre bontását szemlélteti.



1. ábra – Mechanizmus felosztása

Manipulátornak, olyan kézzel vagy gépi úton vezérelt anyagmozgató szerkezetet nevezünk, mely tárgyak megfogását, térbeli helyzetének megváltoztatását, vagy megtartását, majd elengedését biztosítja.

Ipari robotoknak, olyan újraprogramozható, többcélú 3-nál több szabadságfokkal rendelkező manipulátort nevezünk, amely anyag, alkatrész, szerszám, vagy különleges eszköz –változtatható program szerinti –mozgatását végzi számos feladatvariáció végrehajtására. A robot is lehet manipulátor! [3]

A robot előzetes programozás vagy közvetlen emberi irányítás hatására rengeteg feladat megoldására alkalmazható. Főként olyan helyekre, ahol monoton ismétlődő feladatok elvégzését nagy pontossággal kell elvégezni.

2.3. Robotok csoportosítása

Mozgásuk szerint:

- a) csak a célpont programozható (pont-szakasz vezérlés)
- b) a pálya paraméterei is programozhatók (pályavezérlés)

Munkaterük szerint:

- c) derékszögű koordinátás (hasáb) munkaterű robot
- d) hengerkoordinátás robot
- e) gömbkoordinátás robot

Vezérlésük szerint:

- f) alacsony költségű (PLC jellegű) vezérlés
- g) nagy tudású (enhanced, CNC jellegű) vezérlés
- h) Intelligens (mesterséges intelligencia funkciókat alkalmazó) vezérlés

Feladatuk szerint:

- i) anyagkezelő robot: a robot a munkadarabot manipulálja
- j) műveletvégző robot: a robot a szerszámot kezeli, mozgatja
- k) szerelő robot: munkadarabot is, szerszámot is kezel, mozgat.

Energiaforrásuk szerint:

- l) villamos hajtású robot
- m) hidraulikus robot
- n) (pneumatikus robot) [2]

3. A robotkar felépítése

Az általam épített robotkar két elkülöníthető részből tevődik össze. Az egyik maga a kar, ami az műveletet végre fogja hajtani. A második rész a program, ami utasítja a kart az adott pozícióba.

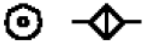
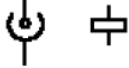
A cél megvalósításához figyelembe kellett vennem az emberi kar anatómiáját, hiszen, annak az olyan módon való leutánozása volt a feladat, amellyel megvalósítható egy tárgy mozgatása a térben. Az ilyen típusú robotkar a humanoid nevet kapta, mert hasonlít az emberi kar méretéhez és mozgásformájához. Ez a típus 5 vagy 6 szabadságfokkal rendelkezik.

3.1. Szabadsági fok

Azt a helyet nevezzük szabadsági foknak, ami a karokat összeköti, és ezen a ponton forgatni, és hajlítani képes. Sok esetben megegyeznek az ízületek mennyiségével.

A szabadsági fok számának a meghatározása az elvégezendő feladattól, és jelen esetben a motor teherbírásától is függ.

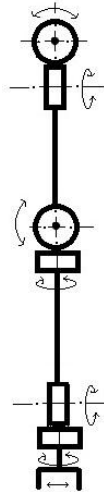
Minden csuklónak megvannak a saját korlátai, mert nem minden ízület forgatható el 360 fokkal. A mozgásnak vannak korlátai a kábelezésből, vagy az alkalmazott szervo motor elfordulási szögéből adódóan. A 2. ábrában láthatóak a típusok, és a jelöléseik. Ezeket felhasználva megrajoltam a kar free body diagramját.

1. Rotációs (forgató) kapcsolatot megvalósítók		
Csavaró (twist)	A mozgatott elem (kar) tengelye és a forgástengely párhuzamos.	
Hajlító (bending)	A mozgatott elem tengelye merőleges a forgástengelyre.	
2. Lineáris kapcsolatot megvalósítók		
Teleszkóp	A mozgatott elem tengelye a tartóelem tengelyével párhuzamos	
Egyenesbevezetés	A mozgatott elem tengelye a tartóelem tengelyére merőleges.	

2. ábra – Szabadsági fokok típusai és jelölései

3.2. Kialakítási megoldás

A motor nyomatékára és a feladat elvégezhetőségére való tekintettel az általam tervezett kar 6 szabadságfokkal rendelkezik.



3. ábra – Free Body Diagram

A 3. ábrán felülnézetben látható, hogy a vállhoz kettő, a könyökhöz egy, az alkar forgatására szintén egy, a csukló mozgatására pedig kettő forgástengely tartozik, így képes az emberi kar leutánozására. Néhány megvalósításnál a vállhoz alkalmaznak még egy szabadságfokot, ami a könyök forgatásáért felelős. Ennek az alkalmazását nem tartottam szükségesnek.

3.3. Alkalmazható motortípusok

A szabadságfokok kialakítására különböző motorok alkalmazhatóak. A robotikában két gyakori motortípust használnak a mozgások kivitelezésére, melyek a következők:

3.3.1. Léptetőmotor



4. ábra – Léptetőmotor

A 4. ábrán látható léptetőmotor olyan motor, amelyet impulzusokkal vezérelve különböző nagyságú szögelfordulást vagy haladó mozgást végeznek. A forgórésze nyugalmi állapotban, majd a szomszédos álló tekercsüket gerjesztve, beáll a mágneses szempontból kedvező irányba az impulzus megszűnése után is.

Amint az előző tekercsre ellentétes polaritás lesz kapcsolva, a motor tovább fordul. Ezek a lépések impulzusok sorozatával érhetők el. A kialakításától függően a szögelfordulás 0.5° - 2° értékűek.

Tulajdonságaik:

- digitálisan vezérelhetők
- közvetlenül indítható, megállítható
- karbantartást nem igényel
- útmérő nem szükséges
- lépés sebessége könnyen, frekvenciával szabályozható [4]

3.3.2. Szervomotor

A szervo egy pozícionálható motor, amely „ismeri” az aktuális pozícióját, és a cél pozíciót. Feladata, hogy az aktuális pozícióból a kívántra álljon. A motor az 5. ábrán látható.



5. ábra – Szervomotor

Működési elve

A szervomotorok pozícióját az impulzus szélesség határozza meg. A motorba beépített vezérlő egyik része az impulzus szélesség - feszültség konvertálásért felelős, ami a bejövő jel impulzusát megmérve feszültséget hoz létre. Ez a feszültség közel azonos a tápegység feszültségével, ami a referencia értéket adja. A szervotengelyére egy potenciométer van elhelyezve, aminek mozgás közben

folyamatosan változik az ellenállása. Ennek az áramköri elemnek 3 kivezetése van. Az egyik végére a pozitív-, a másik végére a negatív feszültség van kötve, így a középső lábáról egy referencia feszültség jelenik meg. Az eddig kapott két referencia feszültség a motortengely jelenlegi, a másik a jövőbeli helyzetét határozza meg.

A vezérlő tartalmaz egy feszültségkülönbség mérésre szolgáló egységet, ami által meg tudja határozni a forgás irányát és a mennyiségét. A pozícióba állás a két referencia feszültség kiegyenlítéséig tart.

Figyelembe kell venni, hogy ha a vezérlő nem kap jelet, akkor a motor elernyed, ezért az analóg szervónak többszöri jel szükséges.

A digitális elven működő motornak viszont elég egy impulzus, mert amíg eléri a vezérelt pozíciót, addig forog. A jelhiány esetében szintén elernyed.

Hátrány:

- a megengedett értéknél nagyobb feszültséggel való működtetés során csökken az élettartama
- alacsony feszültség mellett a mozgása lelassul
- oszcilláció keletkezhet (beremeg a motor)
- nagy terhelés során a motor leéghet [10]

3.3.3. AX-12+ szervomotor

A 6. ábrán található, általam használt motorok, AX-12+ típusú egyenáramú szervomotorok.



6. ábra – AX-12+ típusú szervomotor

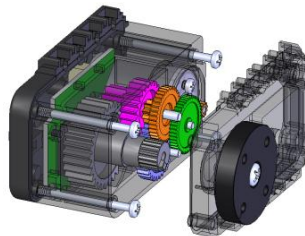
A Dynamixel sorozat népszerű a robotok világában, ami annak köszönhető, hogy széles körű hozzáférhetőséggel, és még számos pozitív tulajdonságokkal rendelkezik.

Jellemzői

Az aktuátor pozíciója és a sebessége is szabályozható. A mozgási tartománya 300 fok, aminek a felbontása 1024 lépésből áll, azonban át lehet állítani a teljes körbefordulásra is. A felbontása 0,35 fok.

A kommunikációja 1 Megabit/másodperc, ami gyorsnak mondható, így több parancs is érkezhetsz, aminek a feldolgozása után szinte azonnali eredményeket kapsz.

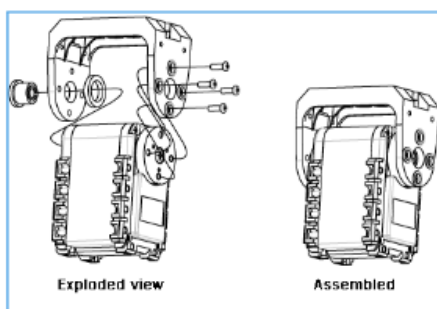
Tartalmaz egy visszajelző rendszert, ami folyamatosan figyelemmel kíséri a készüléket és figyelmezteti a felhasználót, ha a paraméterek eltérnek az általa meghatározott tartományoktól (pl. belső hőmérséklet, nyomaték, feszültség, stb.). Egy másik hasznos jellemzője az, hogy képes automatikusan kezelni a problémát és kikapcsolni a motort. Ez a szervo rendkívül erős, ahogy a 7. ábrán is látható, a belsejében lévő fogaskerekek 1:254-es áttételt biztosítanak.



7. ábra – AX-12+ típusú szervomotor belseje

Kialakítása

Mérete akkora, mint egy normál szervo motoré, azaz 32mm x 50mm x 40mm. Súlya 53,5 gramm. Az oldalán kis fülek találhatók, ami lehetővé teszi a különböző elemekhez, illetve másik motorhoz való rögzítését. Ezek csavarokkal történnek. A meghajtó tengelyére egy tárcsa van rögzítve, amiben 4 darab menetes furat található, ezáltal a forgómozgás egy szerelhető műanyag elemre átvihető, ahogy a 8. ábra is mutatja.



8. ábra – Motor és az elem rögzítése

3.4. Interfész

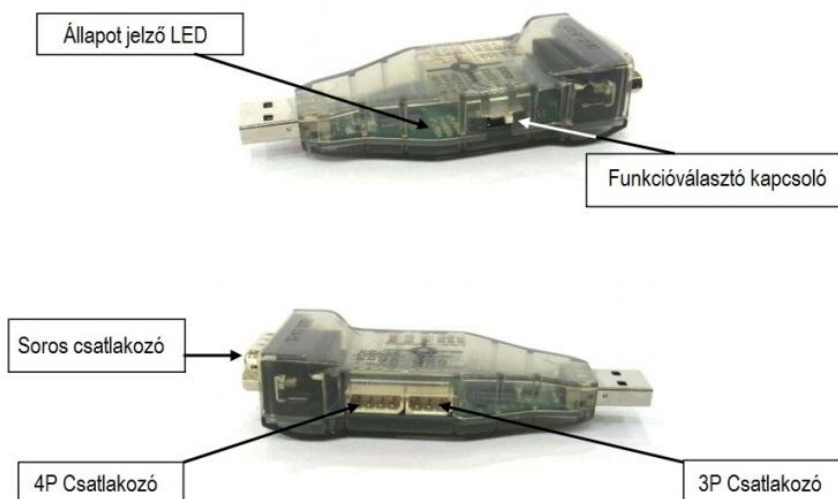


9. ábra – USB2Dynamixel eszköz

A 9. ábrán felismerhető USB2Dynamixel nevű eszköz közvetlen kapcsolatot teremt a motorok és a számítógép között. A számítógéphez USB porton keresztül, a motorokhoz 3 és 4 pin-es csatlakozókkal kapcsolódik.

Lehetőségünk van soros porton is kapcsolódni az aktuátorokhoz egy CM2, vagy egy CM5 típusú vezérlőn keresztül.

Az eszköz felépítése a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra – USB2Dynamixel felépítése

A funkcióválasztó kapcsolónak három állása van.

- a. TTL
- b. RS232
- c. RS485

Az állapotjelző lednek: jelzik, hogy a kommunikáció milyen irányba történik.

A 3P csatlakozó: csatlakoztatni lehet az AX típusú motorokat TTL hálózattal

A 4P csatlakozó: csatlakoztatni lehet az RX vagy DX típusú motorokat RS485 hálózattal

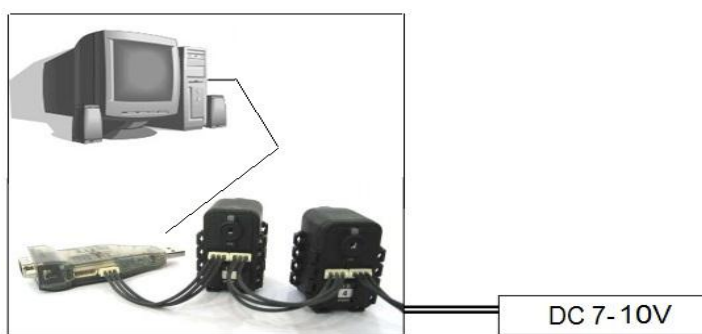
Soros csatlakozó: Átalakítja az USB portot RS232 hálózatra [6]

3.5. Hardverelemek összekötése

Az USB2Dynamixel nem képes a motort ellátni energiával, mert az USB porton maximálisan 5 Volt nyerhető ki, ezért külön forrásról kell gondoskodni.

Az AX-12+ motor működéséhez szükséges feszültségnek 7 Volt és 10 Volt közé kell esnie. 9,6 Volt esetén a leadott nyomaték 1,5 Newtonméter, és a felvett áram 900 milliAmper.

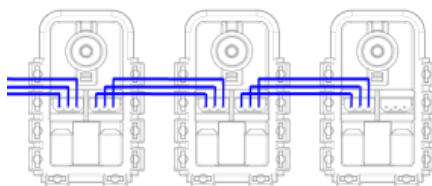
A mozgáshoz szükséges energiát a 11. ábra alapján utolsó motor után kötött tápegységből nyeri. [6]



11. ábra – Tápegység bekötésének a helye

A robotkar esetében egy oldalon kell lennie a tápegységnek és az USB2Dynamixel eszköznek, mert a megfogóról nem lóghat le vezeték.

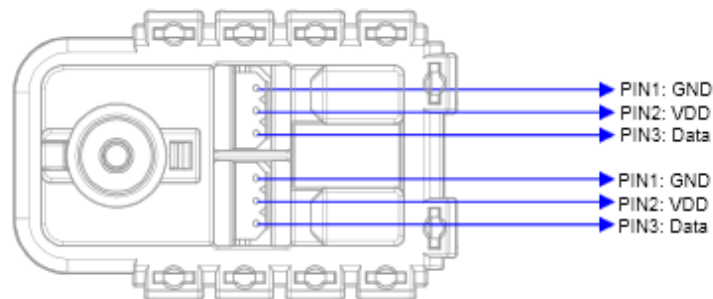
A motor három vezetékes buszra csatlakozik. Több motor esetén, a 12. ábra szerint egymás után, láncba köthetőek.



12. ábra – Motorok sorba kötése

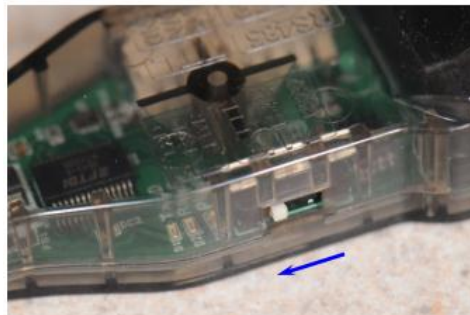
A 13. ábrán az aktuátoron lévő csatlakozó lábkiosztása látható.

- PIN1 -es lábra a negatív 9,6V-ot kell kötni
- PIN2 -es lábra a pozitív 9,6V-ot kell kötni
- PIN3 -as lábra a vezetéken az adatcsomag közlekedik



13. ábra – Aktuátor csatlakozóinak kiosztása

Az USB2Dínamixel eszközön a 14. ábrán látható háromállású kapcsolót TTL módba kell állítani, mert így mozgathatóak az AX-12+ típusú szervo motorok.

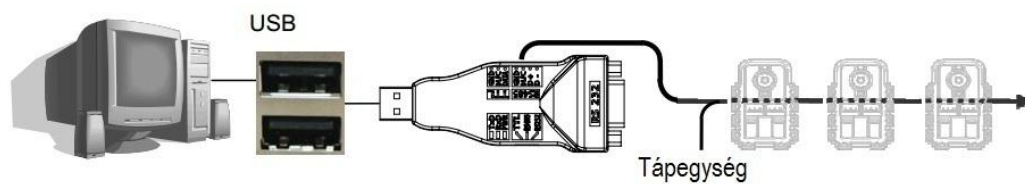


14. ábra – Kapcsoló TTL módban

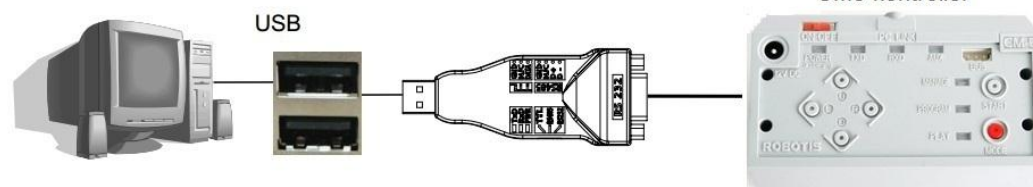
Az USB porton keresztül kell csatlakoztatni a számítógéphez. A hozzá közelebb eső motor egy három pin-es vezetékkel, majd az egymást követő motorok, az előtük állóhoz csatlakoznak. Lehetőség nyílik CM5-ös controllerrel és rádiófrekvenciával kapcsolatot teremteni a motorokkal.

A 15. ábrán megtekinthető a felhasználási lehetőségei.

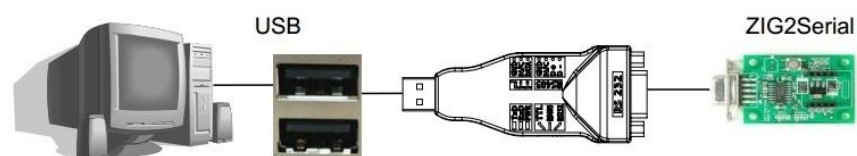
● Pc-ről vezérlés



● Átalakítás soros portra



● Rádiófrekvenciás hálózat



15. ábra – Alkalmazása

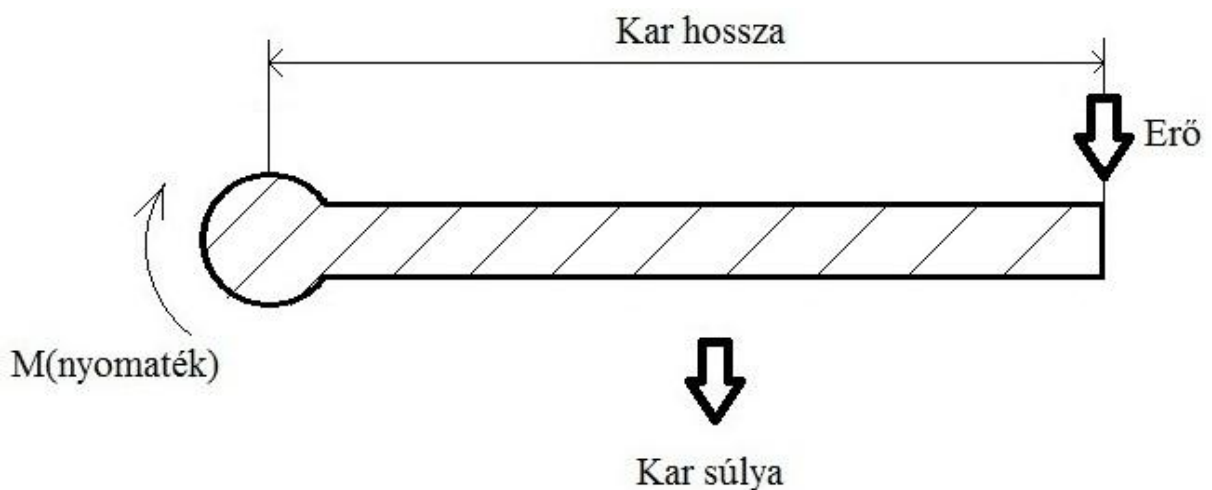
4. Mechanikai tervezés

A mechanikai tervezés célja, hogy a motornak el kell bírnia a kar teljes súlyát, illetve a megemelendő tömeget is. Méretezésnél a legfontosabb, tisztában lenni a nyomatékkal.

Az erő egy adott tengely körül elforgatható, a közöttük lévő távolságot felhasználva a nyomaték számításához a képlet:

$$M(\text{nyomaték}) = F(\text{erő}) * l(\text{hosszúság})$$

Ezt az elvet felhasználva ki lehet számolni az adott tengelyre számított forgató nyomatékot. A 16. ábrán egy robotkar leegyszerűsített része látható.



16. ábra – Kar nyomatéka

A karra felírt egyenlet:

$$M = Erő * Kar\ hossz + Kar\ súly * \left(\frac{1}{2} * Kar\ hossz\right)$$

Az egyenlet második felében megfigyelhető, hogy a kar hossza meg lett szorozva 0,5-el. Ennek az az oka, hogy a karnak a tömegközéppontjától kell számolni.

Azt a pontot, ahol a test kiegyensúlyozott állapotban van, tömegközéppontnak vagy súlypontnak nevezzük.

Ha a kar egyenletes átmérőjű, akkor ez a pont a felezőpontja, így a hosszának a felét kell venni. Ez azonban pontatlan, hiszen a robotkar ritkán szimmetrikus.

Tehát a kar ilyen módon való végigszámításánál meg tudhatjuk határozni, mekkora nyomatékú motor szükséges a kar, és a tárgy felemeléséhez. Azonban szükség van az összes elem méretére és anyagára.

4.1. Kar elemek

A motorokat csatlakozó elemekkel lehet összekötni, azonban az emberi karhoz hasonlóan felkart és alkart is kell tartalmaznia. Kialakításához a legegyszerűbb, legkönnyebb, legolcsóbb szempontok szerint három lehetséges, hasonló célra gyakran alkalmazott anyagot vettem számításba.

4.1.1. Anyagok jellemzői

a, Alumínium

Az alumínium puha, vágható, ezüstfehér, porrá törve szürke könnyűfém. A levegő oxigénjével gyorsan reagál, és a felületét védő alumínium-oxid (Al_2O_3) miatt passzív, a tömény savak nem támadják meg. Nem színezi a lángot. Az alumíniumot és az ötvözeteit az iparban nagy mennyiségben alkalmazzák a kis sűrűségük és a kedvező mechanikai sajátságai miatt.

Fizikai tulajdonságok:

- sűrűsége: $2,7 \text{ g/m}^3$
- korrózióálló
- könnyen alakítható
- nem mágnesezhető
- szakítószilárdsága kicsi
- rosszul önthető [11]

b, ABS műanyag

Az ABS - Akrilnitril-Butadén-Sztirol- egy nagyon nagy ütésálló képességgel bíró alapanyag, jó hőtani tulajdonságokkal. Kiválóan hőformázható és megmunkálható. Az összes ABS lemez 90 %-a hőformázás útján nyeri el végső formáját. Az arányok változhatnak, akrilnitril-ből 15-35%-ot-, butadién-ből 5-30%-ot-, sztirol-ból 40-60%-ot tartalmaz.

Jelen vannak életünk szinte minden fontos területén a háztartásokban, a járművekben, az egészségügyben, az elektronikai eszközök borítása (például monitor, nyomtató, billentyűzet), az űrkutatásban stb. [12]

Fizikai tulajdonságok:

- sűrűsége 1,2 g/m³
- ragasztható
- hegeszthető
- jól megmunkálható
- vákuumformázható
- jó ütésálló képesség [13]

c, PMMA

A poli(metil-metakrilát), köznyelven a plexi, egy üvegszerű, átlátszó műanyag (polimer), amely a metakrilsav metil-észterének polimerje. Az iparban előszeretettel használják átlátszó felületek képzésére, ahol üveg a törékenysége miatt nem alkalmazható. [14]

Fizikai tulajdonságok:

- sűrűsége: 1,19 g/cm³
- jól megmunkálható
- időjárás álló
- elektromos szigetelő képességű
- ragasztható [15]

Ahhoz, hogy meg tudjam állapítani melyik anyag lenne a legmegfelelőbb a feladatra, szimulációt kellett végezni. Ezt az Inventor nevű mechanikai tervező programmal tettem meg.

4.1.2. Mechanikai modell

A szimuláció lefuttatása előtt meg kellett rajzolni a robotkart, ehhez tudnom kellett milyen meglévő alkatrészek vannak a birtokomban, amit felhasználhatok az összeállításához. Törekednem kellett a legkevesebb alkatrész és legegyszerűbb kialakítás alkalmazására, hogy a legkisebb tömeget érjem el.

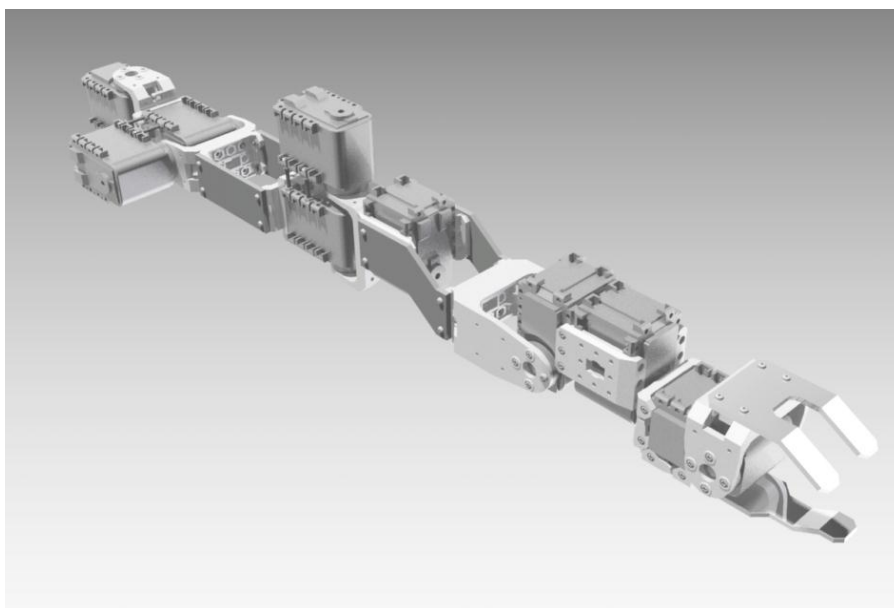
A válltól indulva egy AX-12+ típusú motorral kezdtem, aminek az aljára egy FP04-F3 elem került, ugyanis ezzel lesz rögzítve a tartó szerkezethez. A motor tengelyén egy FP04-F2 alkatrész foglal helyet, amire egy darab FP04-F3 típusú elemmel a második motor csatlakozik. A kellő nyomaték elérése érdekében plusz aktuátort raktam párhuzamosan. A motort a sorban egy FP04-F2 és egy FP04-F3 köti össze a felkarnak nevezett, egymással párhuzamos lemezekkel. A negyedik AX-12+ motort két darab egymásra, háttal az FP04-F3 típusú elem rögzíti a lemezekhez, aminek a nyomatékára ugyanúgy egy segéd aktuátor rásegít. Az alkar mozgatására egy újabb motor van rögzítve, amihez két darab FP04-F6 elem segítségével újabb lemezekhez van kötve. A lemezek másik oldalán is ugyancsak egy FP04-F3 helyezkedik el, amire egy FP04-F4 van szorítva. A csukló megvalósításáról két darab AX-12 típusú motor gondoskodik. Egymáshoz két darab FP04-F6 kapcsolja össze. A végén a megfogó helyezkedik el, ami tartalmazza a motort, egy FP04-F2 elemet, és az alumíniumból készült csipesz lemezeket, aminek a rögzítéséről két darab FP04-F3 alkatrész szolgál. Az egymáshoz való rögzítés csavarokkal és anyákkal történt.

Az összekötő elemeket az 1. táblázat tartalmazza.

FP04-F2	
FP04-F3	
FP04-F4	
FP04-F6	

1. táblázat – Kapcsoló elemek

A 17. ábrán láthatóan megrajzoltam egyesével a rendelkezésemre álló alkatrészeket (összekötő elemeket, motorokat és a megfogó részeit), majd egy összeállítási rajzban összeállítottam.



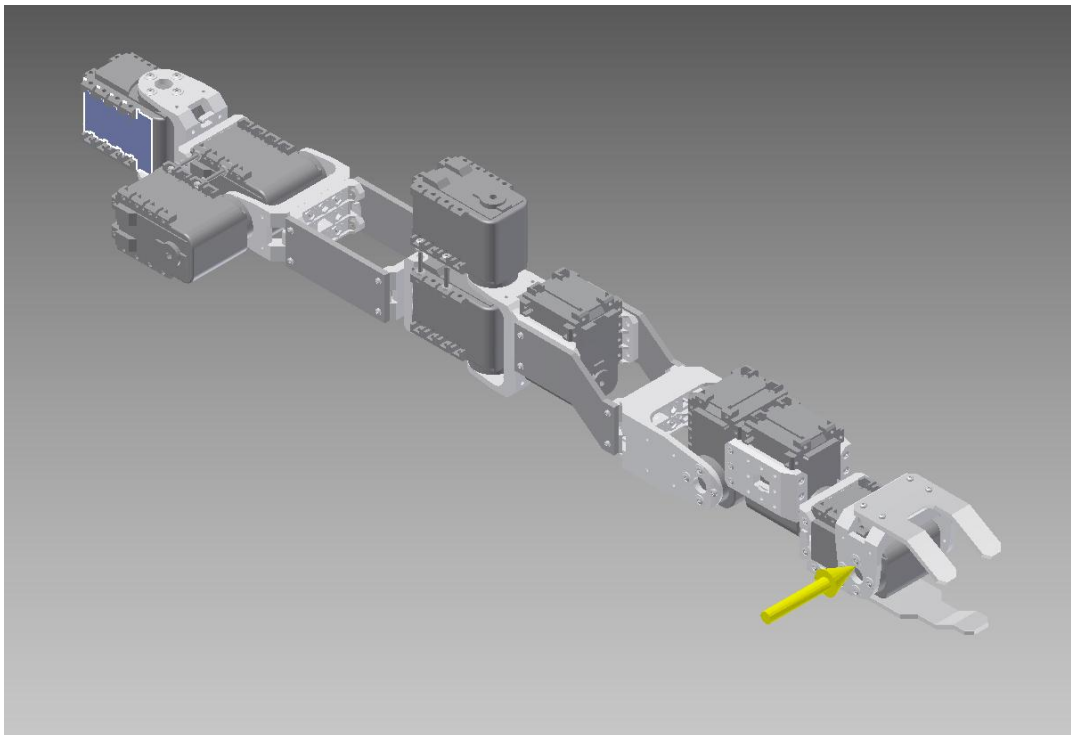
17. ábra – Robotkar rajza

Tervezés során figyelembe vettem a kar keresztmetszetét és az elvárt hosszát, majd ezek alapján meghatároztam a motorokat összekötő lemezek méretét és elhelyezkedését. A magassága megegyezik a FP04-F3 típusú elemével az esztétika miatt, hosszként 60 millimétert kapott. A rögzítése itt is csavarkötéssel történik, amelyek elhelyezkedése szintén az előbbi elemhez illeszkedik.

4.1.3. Mechanikai szimuláció

A lemez vastagsága és anyaga meghatározására szimulációkat készítettem. Az elhelyezkedésük miatt a vízszintes erő nagysága érheti el előbb a kritikus értéket, emiatt oldalirányú terhelést készítettem, majd megfigyeltem a kar elmozdulását, és a fellépő feszültségből a biztonsági tényezőt.

A 18. ábrán láthatóan, a kar egyik végét, ahol felfogatásra kerül, rögzítettem. A másik végére, a megfogó oldalsó felületére, 10 N nagyságú erőt raktam. Ennél nagyobb terhelést ezeknek a motoroknak a használata miatt nem szükséges alkalmazni.

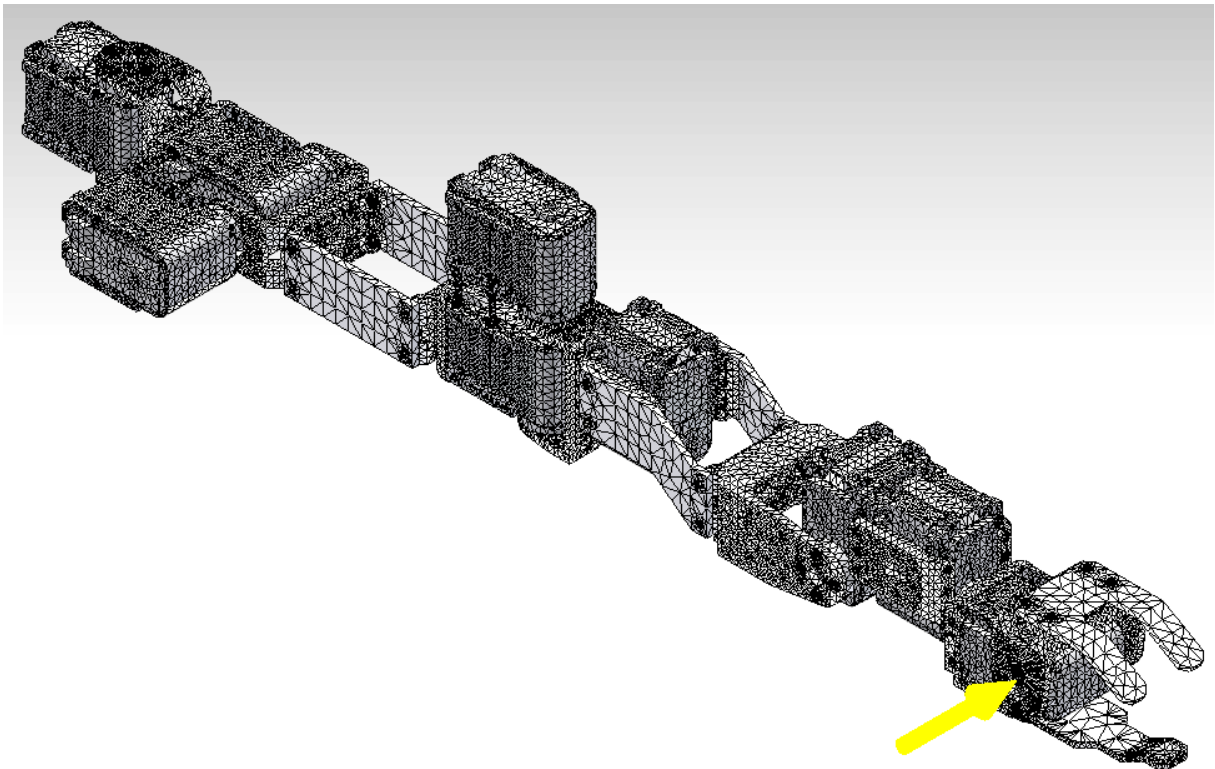


18. ábra – Rögzítés és a felvett erő helye

A 19. ábrán a robotkar hálózása látható. A művelet célja, hogy az aktuális geometriát véges, sok egyszerű alakzatra bontjuk, diszkretizáljuk.

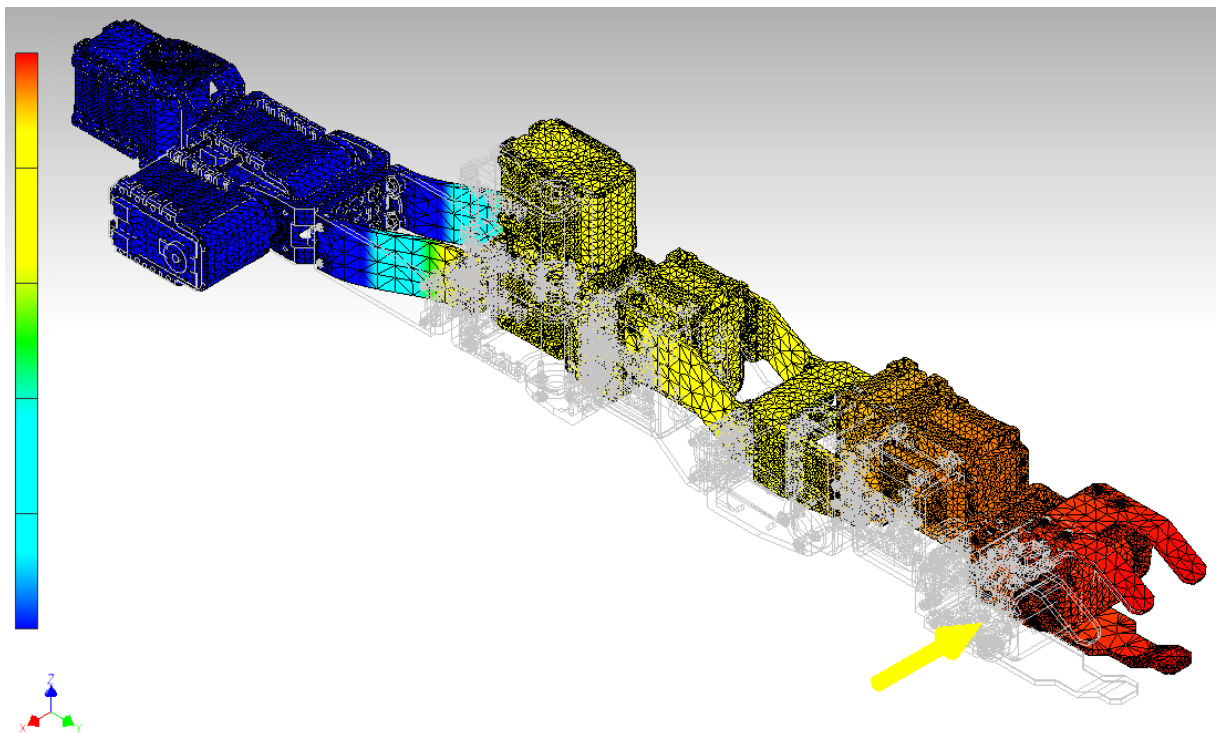
Az átlagos, és a minimális méretű elemet 0,1 milliméterre választva, a geometriai háló pontos. Túl nagy méret esetén az alkatrész hálója torzul, így a számítások pontatlansága romlik.

A diszkretizálási eljárás az elem alakjától függően lett kiválasztva. Felületi elemeknél a háromszög és a négyszög, térfogati elemeknél a tetraéder, a háromszög alapú hasáb, és a négyszög alapú hasáb a jellemző. [8]



19. ábra – A behálózott robotkar

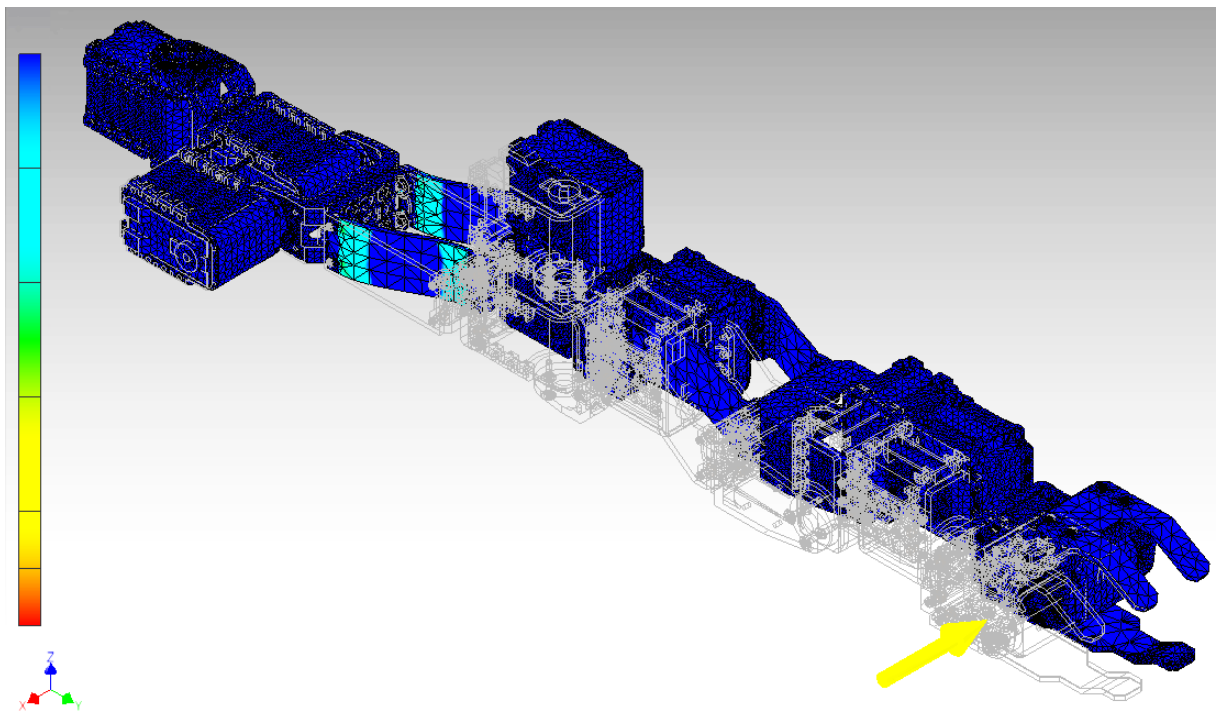
A 20. ábrán megfigyelhető a bal oldali színskálához viszonyítva, mennyire mozdulnak el a kar különböző pontjai az erő hatására, az eredetihez képest. Kék szín jelöli azokat a helyeket, ahol az elmozdulás nulla milliméter, a piros szín pedig a legnagyobb eltérést a kiinduló helyről. Mivel a végére raktam az erőt, így sejthetően ott tér ki a legnagyobb mértékben.



20. ábra – Kar kitérése

A 21. ábrán a biztonsági tényezőt látni.

Az erő hatással van a lemezekre. A baloldalon lévő skála 0 és 15 közötti biztonsági tényezők között értelmezhető. A kék szín a 15-, a piros a 0,01 szorzót mutatja. Arra kell törekedni, hogy minimum a narancssárga tartományba essen. Észrevehető, a vállhoz közelebb lévő lemezeknél lép fel a legnagyobb feszültség.



21. ábra – Biztonsági tényező

A szimulációt a fent említett három anyagnál, kettő, három, illetve négy milliméter vastagságú lemezekkel végeztem el, mert a tömegüket figyelembe véve, itt vannak az átfedések.

4.1.4 Anyag kiválasztása

A 2. táblázat a szimuláció eredményeit foglalja össze.

Lemez vastagság(mm)	2	3	4
Alumínium			
Kihajlás(mm)	0,7	0,66	0,65
Biztonsági tényező	15	15	15
Súly(g)	8,1	12,15	16,2
ABS műanyag			
Kihajlás(mm)	1,7	1,01	0,83
Biztonsági tényező	10	15	15
Súly(g)	3,6	5,4	7,2
PMMA			
Kihajlás(mm)	1,77	1,03	0,83
Biztonsági tényező	10	14	15
Súly(g)	3,57	5,36	7,1

2. táblázat – Szimuláció eredményei

Súly meghatározásához kiszámoltam először a lemez térfogatát, ahol az x jelöli a változó vastagságot:

$$V=25\text{ mm}\cdot60\text{ mm}\cdot x\text{ mm}$$

Az eredményül kapott térfogatot megszorozom az agyag sűrűségével.

$$\text{Súly}=V\cdot\rho$$

A táblázatban megfigyelhető, hogy az alumínium lemez mind a három méretre megfelelő lenne, azonban súlyára való tekintettel a legkedvezőtlenebb anyag.

Az ABS műanyag és a PMMA hasonló sűrűségük miatt, közel azonos eredményeket produkált. Biztonsági tényező szempontjából is bőven megfelelnek.

Azonban a végleges kiválasztásánál meg kellett vizsgálni az ár szempontjából is. Utóbbi két anyagnál 3 milliméter vastagságot választottam, mert az esetleges későbbi továbbfejlesztés nagyobb biztonsági tényezőt igényelhet.

A három anyag árának utána néztem a győri forgalmazók között, majd ezt a 3. táblázatba összeírtam.

Anyag	Méret(mm)	Ár(bruttó)	Cég
Alumínium	1000x2000x2	15.939 Ft	Al alucentrum
ABS plastic	1250x2050x3	4064 Ft	A-Plast Kft.
PMMA	1000x2050x3	5524,5 Ft	Csabala plexi

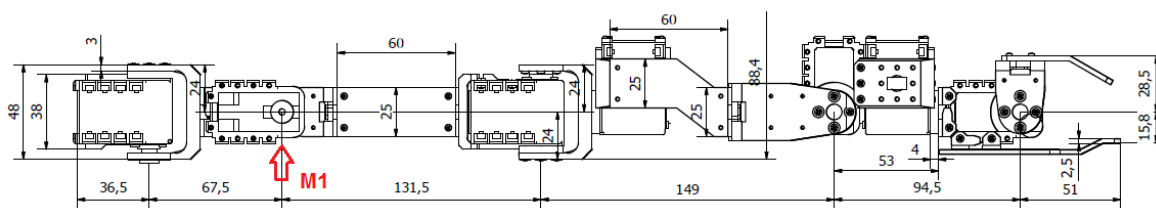
3. táblázat – Anyag ár

A táblázatban látható, hogy az összeállított árak függvényében az ABS műanyag a legolcsóbb, ami ebben az esetben a döntő szempont, ezért erre az anyagra esett a választás. Az így kialakult lemez műszaki rajza az 1. mellékleten látható.

A másik lemez mérete és alakja más kialakításúnak kell lennie, ugyanis ahhoz, hogy az összes motor tengelye az Y tengely mentén metssze egymást, lejjebb kellett hozni a kar végét. Ezért egy olyan alakzatot kellett kitalálni, ami ezt lehetővé teszi. A kialakítását a 2. melléklet szemlélteti.

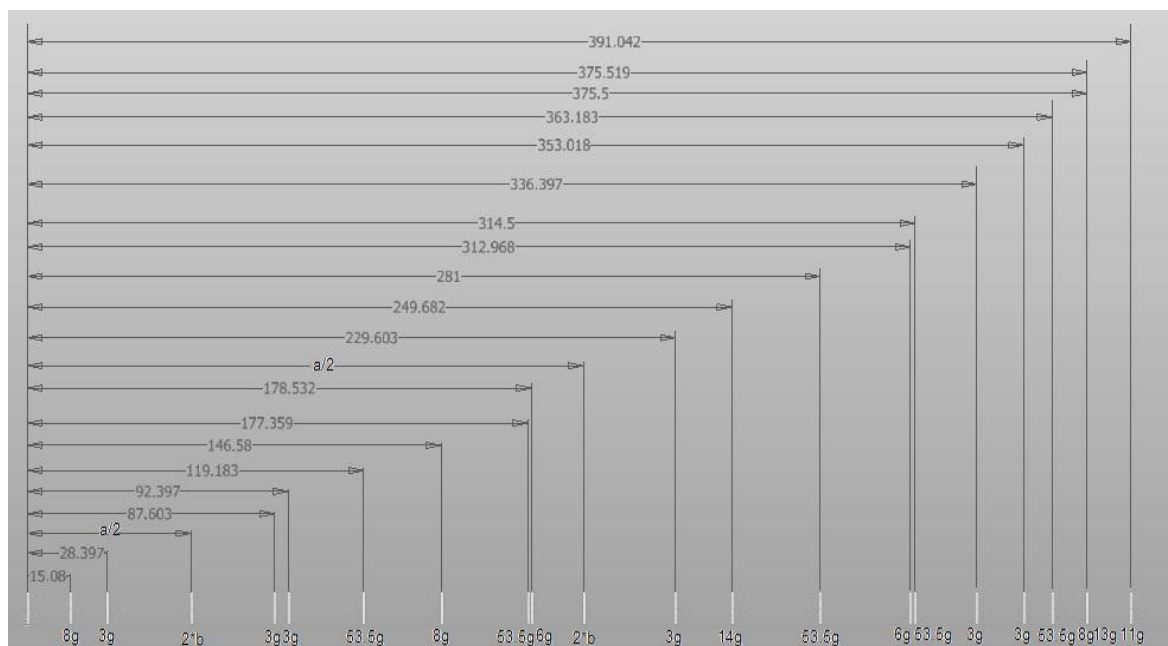
4.2. Nyomatéki méretezés

Miután kialakult az összes elem mérete illetve anyaga, ellenőriznem kellett, hogy a rendelkezésemre álló motorok teljesítménye megfelelőek-e. Nekifogtam a legnagyobb nyomaték kiszámításának. Megvizsgáltam a szabadságfokokat, és az látható, hogy amikor a kar kinyújtott állapotban emel, akkor a váll részénél, a 22. ábrán, sorrendben, balról a második, piros nyíllal jelölt M1 típusú motorra esik a legnagyobb terhelés.



22. ábra – Az M1 jelű nyomaték helye

Először azt néztem meg, amikor a könyököt 1 darab aktuátor valósít meg. A modellen meghatároztam balról sorba az elemek tömegközéppontját és a pont távolságát a motor M1-el jelölt tengelyétől, az Inventor nevű program segítségével. 23. ábra mutatja az alkatrészek tömegét és a forgásponttól mért távolságát.



23. ábra – Alkatrészek súlypontjai és a távolságai

A nyomatéki egyenlet a következőképpen néz ki:

$$M1 = ((15.08 \cdot 8) + (28.397 \cdot 3) + (((28 + (a/2)) \cdot (b \cdot 2))) + (87.603 \cdot 3) + (92.397 \cdot 3) + (119.183 \cdot 53.5) + (146.58 \cdot 8) + (177.359 \cdot 53.5) + (178.532 \cdot 12) + (((167 + (a/2)) \cdot (b \cdot 2))) + (229.603 \cdot 3) + (249.682 \cdot 14) + (281 \cdot 53.5) + (314.5 \cdot 53.5) + (312.968 \cdot 6) + (336.397 \cdot 3) + (353.018 \cdot 3) + (375.5 \cdot 8) + (363.183 \cdot 53.5) + (391.042 \cdot 11) + (375.519 \cdot 13)) / 10000 = 9,4 \text{ kgcm}$$

A tömeget grammban, a távolságot milliméterben helyettesítettem be.

Tervezés során az anyag és a méret változott, így ezt a két jellemzőt változóként definiáltam.

a – a lemez hossza

b – a lemez súlya

80 milliméter hosszú abs műanyag számolva $a=60 \text{ mm}$, $b=5,4$.

A tengelyre 9,4 kilógramm esik 1 centiméteres karon. Meg kell azt is állapítani, hogy a végén, a megfogóban maximálisan mekkora súlyú tárgy emelhető.

Az AX-12 típusú motorok nyomatéka 1,5 Nm, ami azt jelenti, hogy 15 kilógrammot tud emelni 1 centiméteres karon.

$$\text{Az emelhető tömeg} = ((15 - 9,4) / 416) \cdot 10000 = 133,9 \text{ g}$$

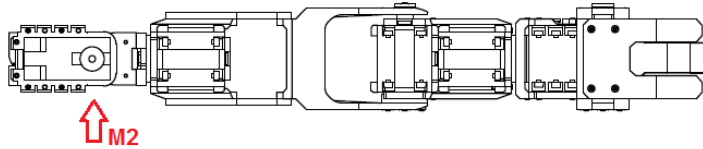
A motor maximális nyomatékából kivontam a kiszámolt M1-es tengelynél fellépő nyomatékot, majd elosztottam a megfogandó tömeg súlypontja és az M1-es tengely között lévő távolsággal.

Tehát így a kar kevesebb, mint 133,9 gramm súlyú tárgy felemelésére képes.

Ez az eredmény nem megfelelő. A megoldást egy másik, ugyanilyen típusú motor párhuzamosan való rögzítése jelenti, amivel a nyomaték a duplájára növelhető.

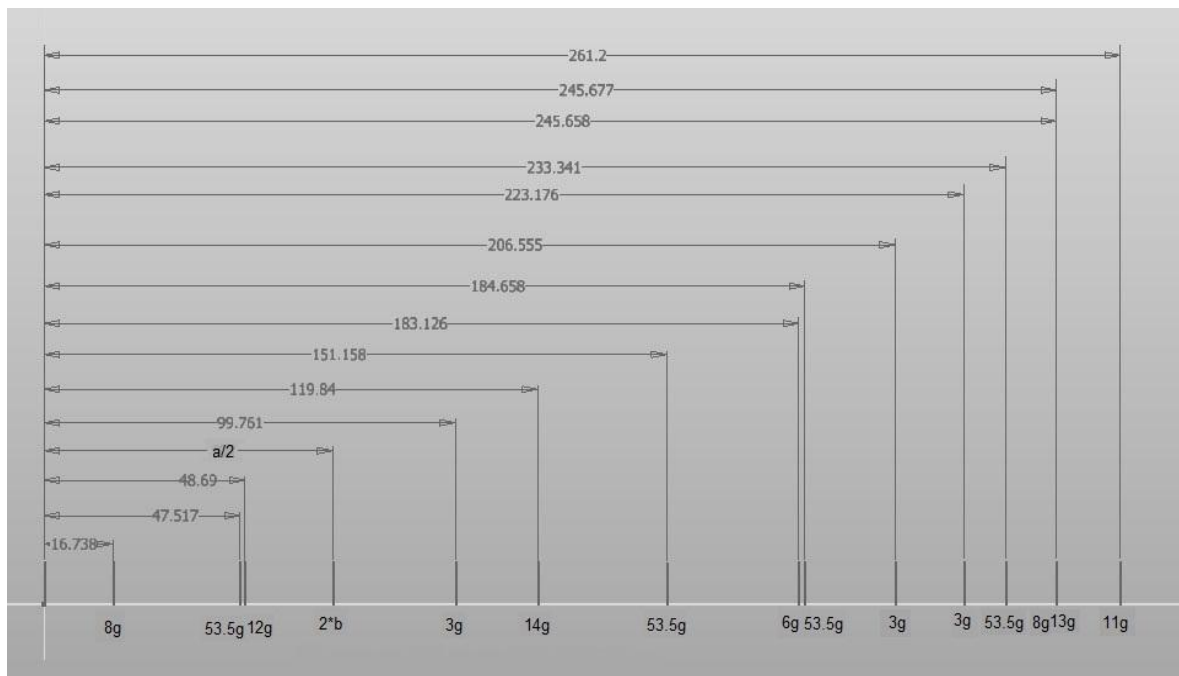
Az előző egyenletbe 15 helyett 30-at behelyettesítve, eredményül 494,5 gramm emelhető tömegű tárgyat kapunk, ami már megfelel számunkra.

A másik kritikusnak tekinthető pont, ami a gravitáció ellen dolgozhat, a 24. ábrán jelölt könyöknél lévő motor, ezért azt is ellenőrizni kell.



24. ábra – A könyöknél lévő M1-es nyomaték helye

Az M2-vel jelölt nyomaték szintén a súlypontok távolságával, és a tömegükkel számítható, ahogy a 25. ábra is szemlélteti.



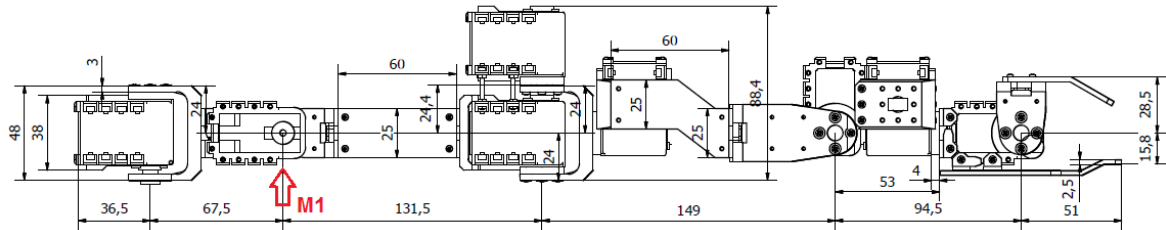
25. ábra – Alkatrészek súlypontjai és a távolságai

Az M2 nyomaték a következőképpen számítható.

$$M2 = ((16.738 * 8) + (47.517 * 53.5) + (48.69 * 12) + (((37.158 + (a/2)) * (b * 2))) + (99.761 * 3) + (119.84 * 14) + (151.158 * 53.5) + (184.658 * 53.5) + (183.126 * 6) + (206.555 * 3) + (223.176 * 3) + (245.658 * 8) + (233.341 * 53.5) + (261.2 * 11) + (245.677 * 13)) / 10000 = 4,7 \text{ kgcm}$$

$$\text{Az emelhető tömeg} = ((15 - 4,7) / 284) * 10000 = 363,3 \text{ g}$$

Ez azt jelenti, hogy nyomaték szempontjából a leggyengébb tengelye itt található. Azonban még ennél is nagyobb tömegű tárgyat szeretnék mozgatni, így ide is szükséges egy másik, párhuzamosan működő aktuátor. Kialakítását a 26. ábra mutatja.



26. ábra – Az M1-es nyomaték helye dupla motorok alkalmazásával

$$\text{Az emelhető tömeg} = ((30 - 4,72) / 284) * 10000 = 891,4 \text{ g}$$

Ez az érték már megfelelő. A két motor miatt a válnál is megváltozik a terhelés, mivel az új motor hatással van az M1 jelű nyomatékra.

A képlet a következőképpen alakul az új motor hozzáadásával:

$$\begin{aligned} M1 = & ((15.08 * 8) + (28.397 * 3) + (((28 + (a/2)) * (b * 2))) + (87.603 * 3) + (92.397 * 3) + \\ & (119.183 * (53.5 * 2)) + (146.58 * 8) + (177.359 * 53.5) + (178.532 * 12) + (((167 + (a/2)) * (b * 2))) + \\ & (229.603 * 3) + (249.682 * 14) + (281 * 53.5) + (314.5 * 53.5) + (312.968 * 6) + (336.397 * 3) + \\ & (353.018 * 3) + (375.5 * 8) + (363.183 * 53.5) + (391.042 * 11) + (375.519 * 13)) / 10000 = 10 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\text{Így az emelhető tömeg} = ((30 - 10) / 416) * 10000 = 479,2 \text{ g}$$

A végleges számítások alapján megállapítható, hogy az a tárgy, amit mozgathat a robotkar, a maximális 479,2 gramm tömegűnél kevesebb kell, hogy legyen.

A két motor, egy tengelyre kötésével kapcsolatban kételyek ébredtek, ugyanis ha a pozíciókülönbség lép fel, kenés vagy kopásból adódóan, akkor a vezérelt pozíciók eltérhetnek egymástól. Mivel szabályzó van beleépítve a motorba, ezért felmerült, hogy a két motor egymás ellen fog dolgozni. Ennek kiderítése érdekében egy kísérletet végeztem.

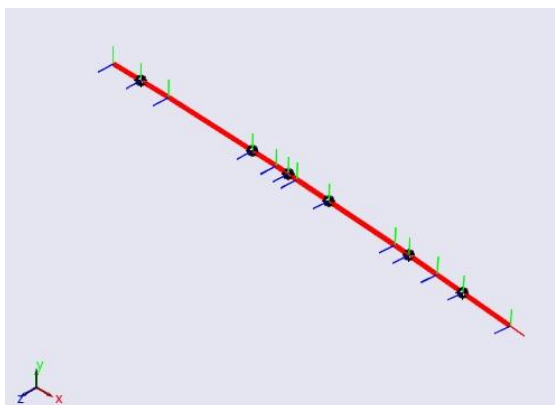
Először mind a kettőre külön-külön 1 kilógrammos terheléssel megmértem az áramfelvételt, majd összekötöttem őket, és szintén ugyanazzal a terhelés mellett rámértem. A kísérlet eredménye azt mutatja, hogy ez a megoldás alkalmazható, ugyanis nem változott lényegesen az áramfelvétel.

4.3. Szimuláció MATLAB programmal

A program egy olyan sokoldalú programcsomag, amely mérnöki számításokat segíti. Az általunk készített modellekből nyert adatok elemezhetőek, a beépített matematikai funkciók felhasználásával több szemszögből is megvizsgálhatóak.

A beépített Simscape programmal lehetőség adódott a kar modellezésére, és szimulációjára.

Először a kar mechanikai modelljét kell ábrázolni. Ez a Simulink Library Browser által tárolt elemekből tehető meg, majd az elemek paramétereit kell beállítani, így megadható a térbeli elhelyezkedése. A paramétereket az Inventor programban megrajzolt modell segítségével számoltam ki.

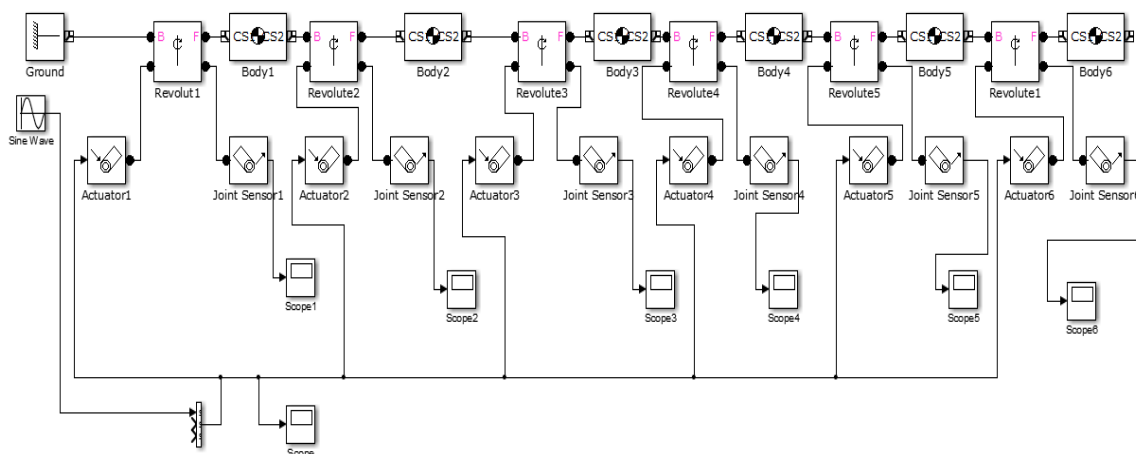


27. ábra – A modellezett kar

A 27. ábrán a modell látható, melyen a csuklópontok helyét a kis koordináta rendszerek, míg a súlypontok helyét a fekete gömbök jelzik.

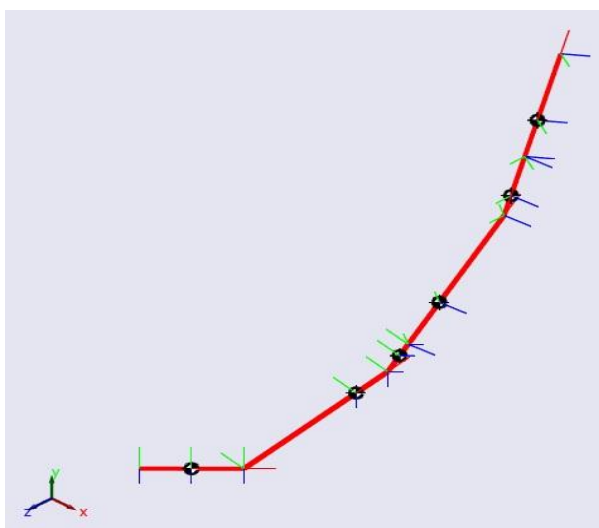
4.3.1. Statikai vizsgálat

Az első statikus vizsgálat célja, hogy a csuklópontokat pozícióval vezérelve, megmérhető legyen a motorokban ébredő statikus nyomaték. Ehhez a modellbe épített aktuátorokra egy szinuszos gerjesztést kell kötni, ugyanis ezzel elérhető a kar fel-le mozgatása adott amplitúdó mellett. Az összerakott modell blokkábrája a 28. ábrán tekinthető meg.



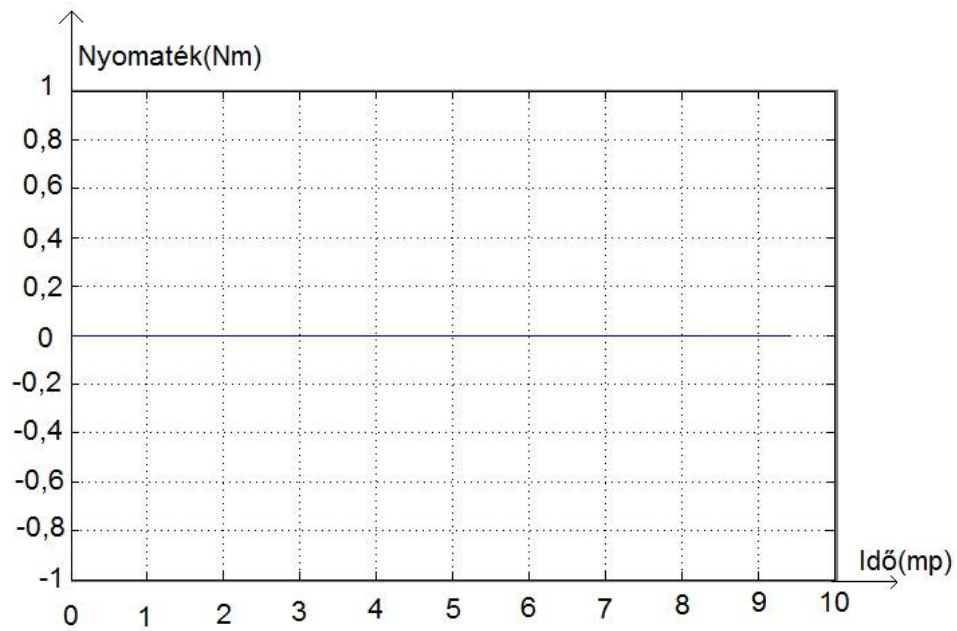
28. ábra – A modell blokkábrája

Statikai szimuláció elindításával csak az vizsgálható, hogy a gravitációval szemben milyen nyomatékok lépnek fel. A grafikonok a nyomatékot ábrázolják idő függvényében. Az összes motort mozgatva, a 29. ábra szerint a válltól indulva a következő eredmények születtek.



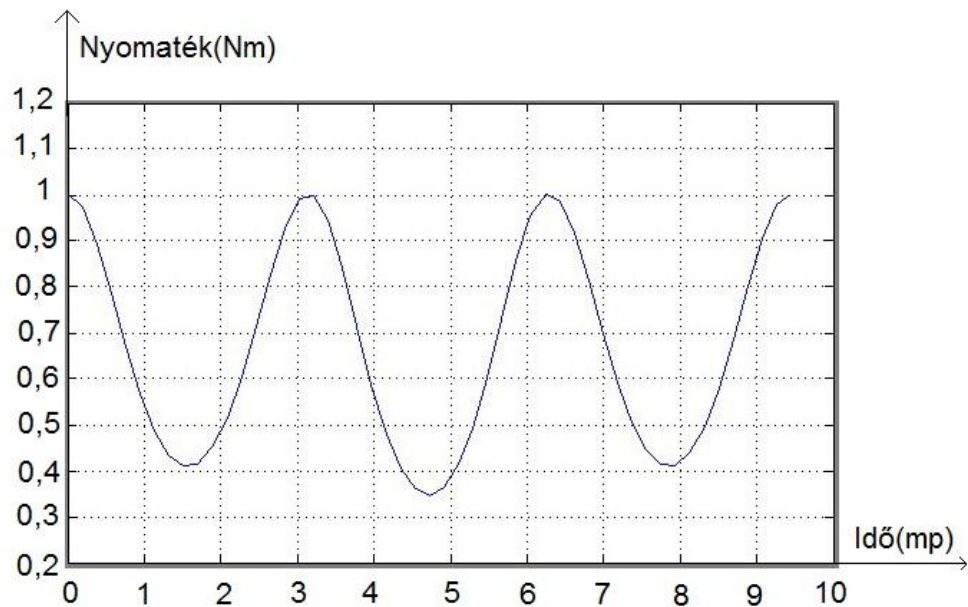
29. ábra – A modell kimozdított állapotban

A 30. ábrán látható, hogy a rögzítésnél lévő csuklóban nem lép fel nyomaték, ugyanis az y tengely körül fordul, ezáltal nem hat rá a gravitáció.



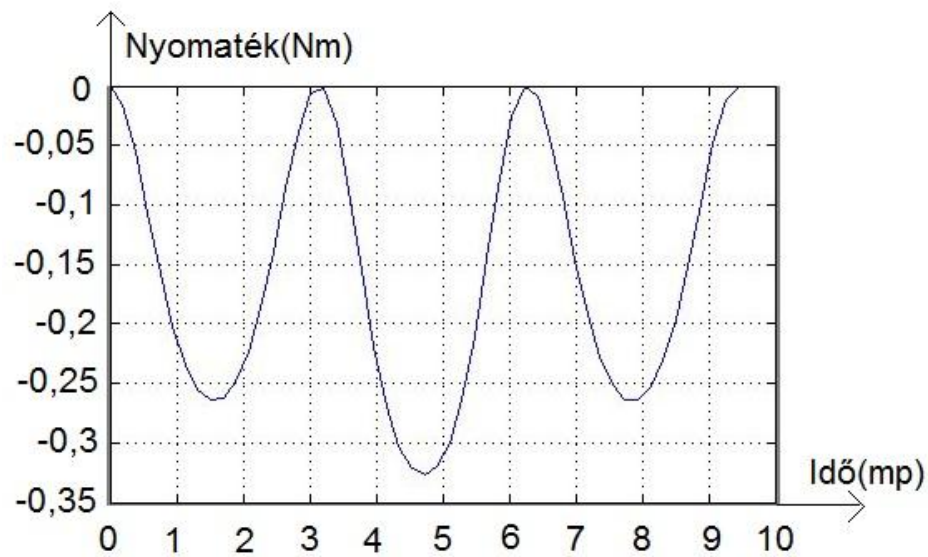
30. ábra – A vállnál elhelyezkedő, rögzített motor nyomatékát mutatja

A 31. ábrán már megfigyelhető, hogy a z tengely mentén már a gravitáció erősen befolyásolja a nyomatékot. Az itt fellépő terhelés $M1^*=1$ Nm, ami a fellépő legnagyobb érték.



31. ábra – A vállnál elhelyezkedő második motor nyomatékát mutatja

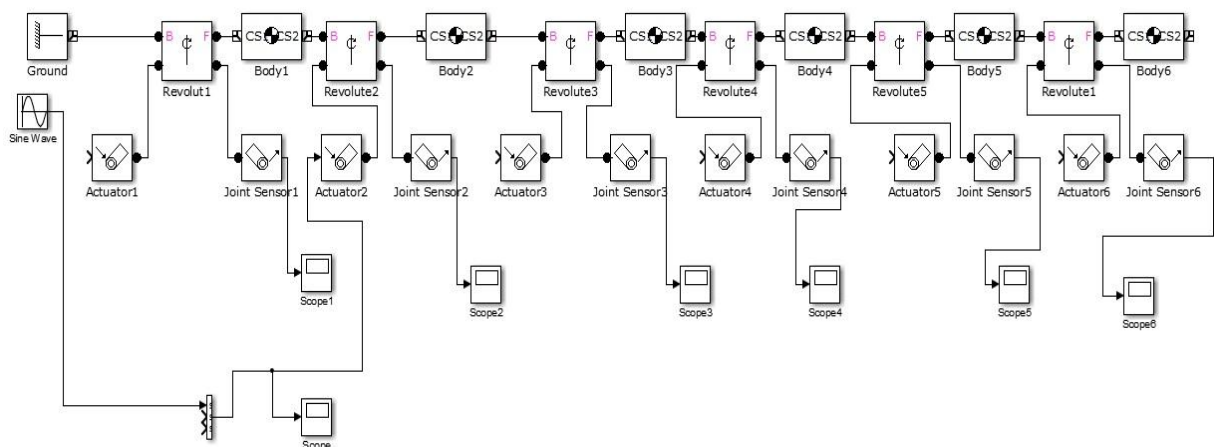
A 32. ábrán látható, hogy a másik nagyobb érték a könyöknél keletkezik, aminek a maximális értéke 0,32 Nm.



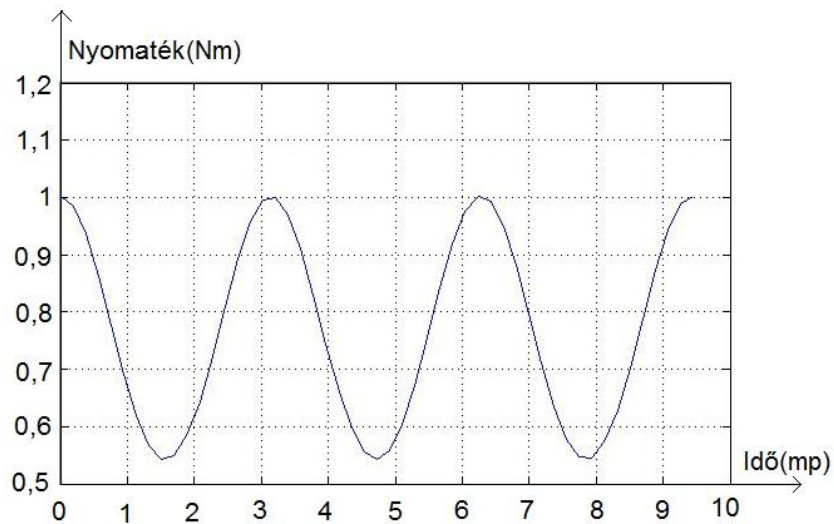
32. ábra – A könyöknél elhelyezkedő motor nyomatékát mutatja

A többi csuklópontban fellépő nyomaték nagyságától eltekinthetünk, mert az erőkarja a motorok teljesítményéhez képest elenyésző.

A vizsgálatnál - a vállnál -, sorrendben balról a második, z tengely menti csuklóra kell megmérni a keletkező nyomatékot, majd ezt összevetve ellenőrizhető a 4.2. fejezetben végzett számítás. Ehhez a szóban forgó aktuátorra kell jelet adni, az összes többit rögzíteni a 33. ábrán látható módon.



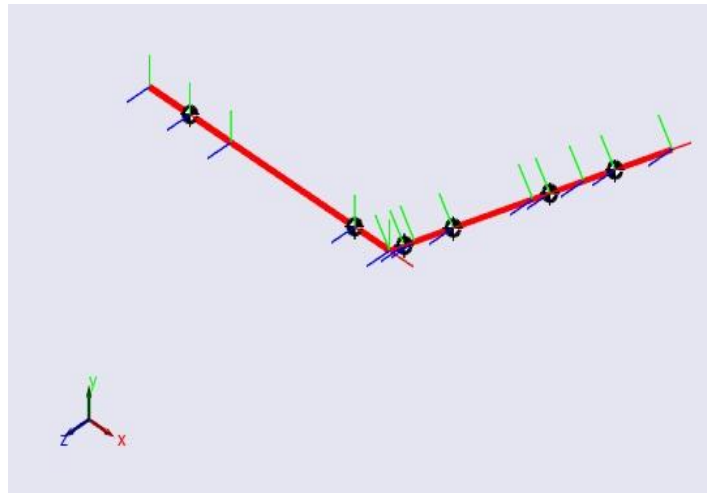
33. ábra – Egy motor működtetésének blokkábrája



34. ábra – Vállnál lévő M1 jelű motorra ható nyomaték

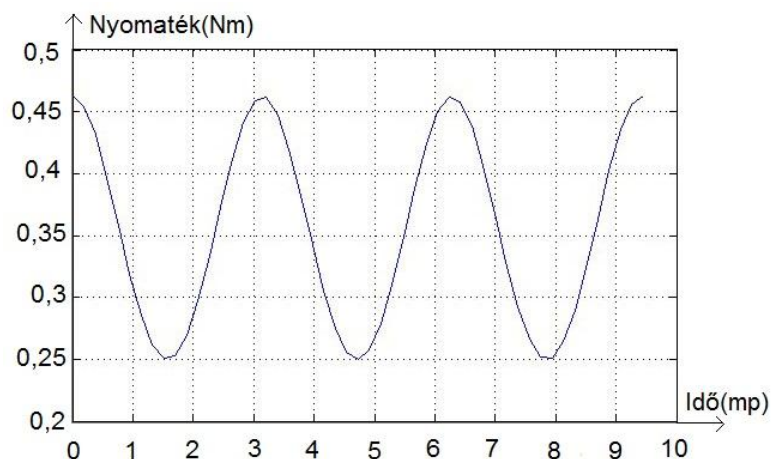
A 34. ábrán megfigyelhető, hogy az $M1^*=1$ Nm. Az eredmény megegyezik a 4.2. fejezetben kiszámolt $M1=1$ Nm nyomatékkal, tehát a motorok elbírók a terhelést.

A második vizsgálatnál az előbbi módszereket felhasználva csak a könyök forgáspontját vezérlem, a többi rögzítem. Az eredmények érdekében a könyököt olyan pozícióba kell beállítani, hogy a z tengely mentén mozduljon, így a gravitáció hatni tud rá.



35. ábra – A könyök kimozdítása

A 35. ábrán a könyök kimozdítása, a 36. ábrán a rajta fellépő nyomaték változása látható. A leolvasható érték $M_2^*=0,46$ Nm. Ez az eredmény, és az előzőleg kiszámolt $M_2=0,47$ Nm nagyságú nyomaték közel megegyezik. Tehát a számítás helyes, és a motorok elbírják a kart.



36. ábra – A könyökre ható nyomaték

4.3.2. Dinamikai vizsgálat

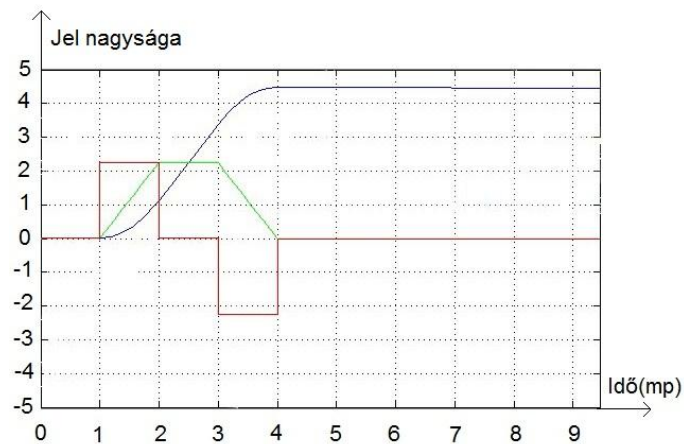
A harmadik elemzés a mozgás szimulációját vizsgálja, így kideríthető, hogy a dinamikai erők mennyire befolyásolják a mozgást.

A blokk diagramokhoz bekerül a szinuszos gerjesztés helyére egy olyan blokk, amivel a jel alakját, és nagyságát be kell állítani.

A motor maximális sebessége 114 RPM, ezt átváltva 11,94 radián/másodperc. A sebesség 20%-át használva egy olyan négyszögjelet kell beállítani, ami 2,3 radián/másodperc sebességre gyorsítja a kart. Azért ennél a sebességnél vizsgáltam, mert elég gyors a mozgás elvégzéséhez, és finomabb indulás jelentkezik.

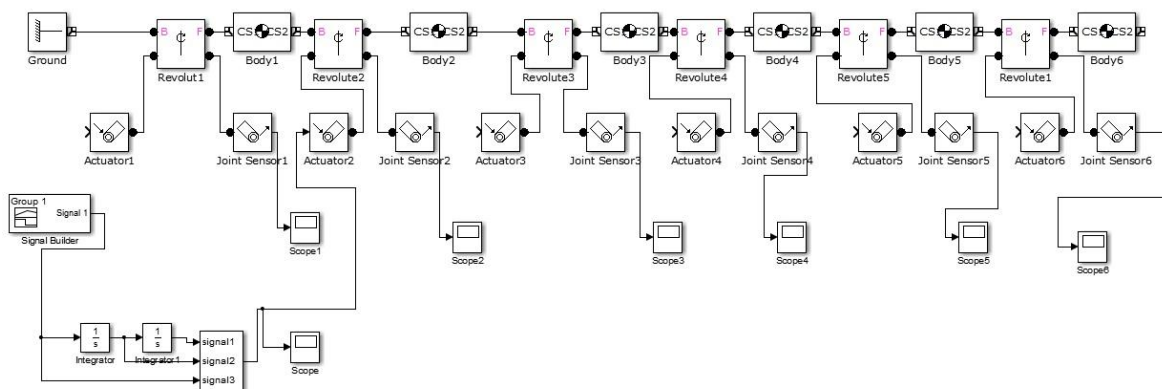
A sebesség deriválásával határozható meg a négyszögjel területe, amit be kell állítani, mivel a szimulációhoz a motor gyorsulás jelet kap. Az integráló tagok segítségével a sebesség- és az út nagysága adott.

A vezérlő jelek nagyságát és alakját a 37. ábra mutatja. Pirossal a beállított gyorsulás (rad/mp^2)-, zölddel a sebesség (rad/mp)-, kékkel a pozíció (rad) változása látható az idő függvényében.



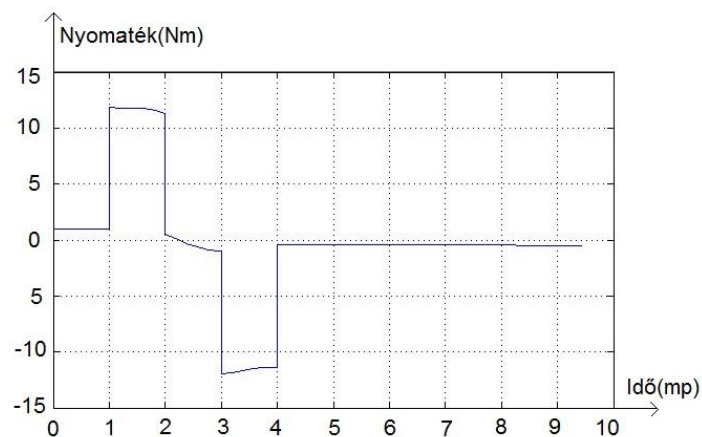
37. ábra – Pozíció, sebesség, gyorsulás nagysága

A második, z tengely mentén, a korábban is már M1-el jelölt nyomaték, nyújtott kar esetén a legkellemetlenebb, így azt vizsgálom, a többi csukló rögzítve marad. A művelet blokkábrája a 38. ábrán látható. Majd elindítom a szimulációt.



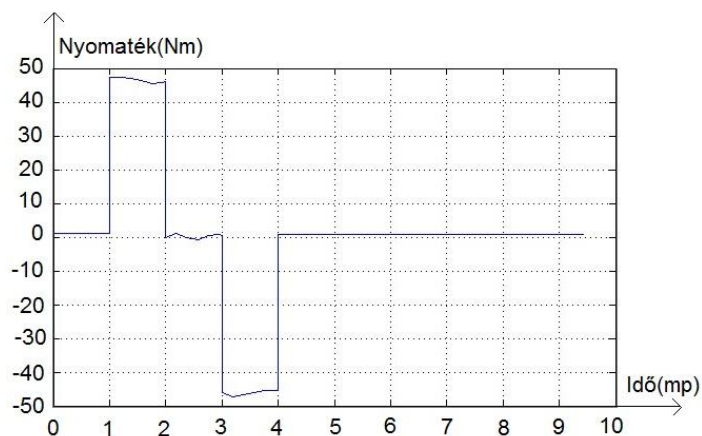
38. ábra – A négyszögjellel mozgatott M1 nyomatékú váll

A 39. ábrán megfigyelhető, hogy a 20%-os sebesség mellett a legnagyobb érték 12 Nm. Ez a motorok szempontjából ideális érték.



39. ábra – A mozgatott motornál fellépő nyomaték

A vizsgálatot elvégeztem 80% sebesség mellett is. Majd ismét rámértem ugyanarra az aktuátorra. Az eredményt a 40. ábra szemlélteti. Ebben az esetben már a kar körbefordult, ezért 2 és 3 másodperc között a gravitáció változása miatt ingadozik az érték.



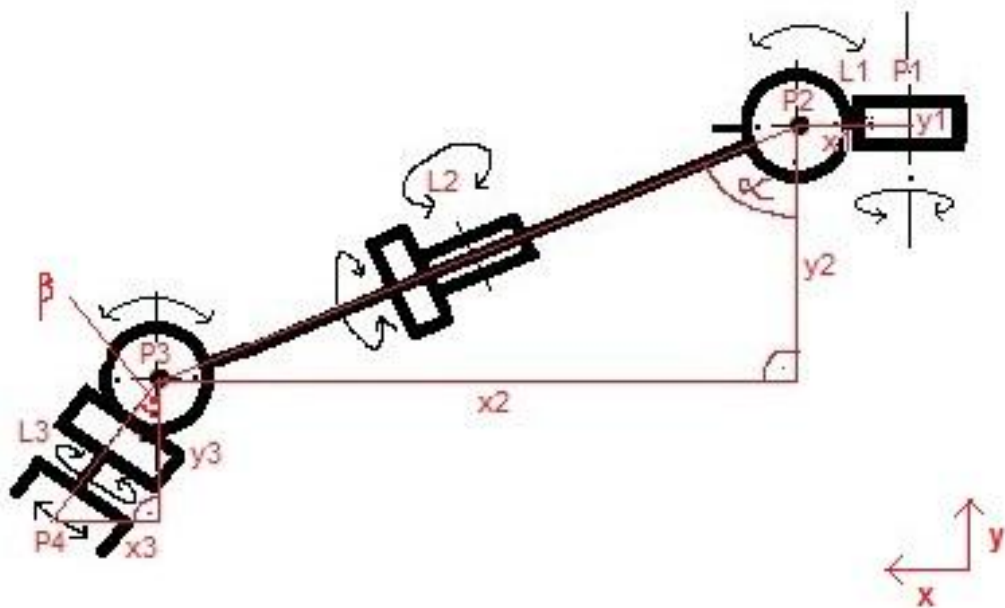
40. ábra – A mozgatott motornál fellépő nyomaték

Megfigyelhető, hogy megnövekedett a nyomaték, tehát nagy sebességnél a dinamikai jellemzőket nem szabad figyelmen kívül hagyni.

5. Kinematika

A kinematika a mozgások leírásával foglalkozó matematikai terület. Közbenjárásával meghatározható egy test helye és a helyzete a térben. A robotikában a mozgások koordináta rendszerekben adhatóak meg. Ezt felhasználva a kar elemeit egymástól szögekkel és távolságokkal határozhatjuk meg. Ennek az alkalmazása x-y koordináta rendszerben kerül rövid bemutatása.

Számításhoz szükség van a 41. ábrán megjelenő free body diagramra.



41. ábra – Robotkar x-y koordinátarendszerben

Kezdőpontnak fel kell venni egy kiindulási helyet, jelen esetben ez a P1 pont.

Első lépésnek a P1 ponttól a P2-be kell haladni.

$$x1=L1$$

$$y1=0$$

Második lépésként a P3 pont helyét kell meghatározni a derékszögű háromszögből szögfüggvény segítségével.

$$\sin(\alpha) = \frac{x2}{L2} \Rightarrow x2 = L2 * \sin(\alpha)$$

$$\cos(\alpha) = \frac{y2}{L2} \Rightarrow y2 = L2 * \cos(\alpha)$$

Harmadik lépés a P4 pont, ugyan így a derékszögű háromszögből.

$$\sin(\beta) = \frac{x_3}{L_2} \Rightarrow x_3 = L_2 * \sin(\beta)$$

$$\cos(\beta) = \frac{y_3}{L_2} \Rightarrow y_3 = L_2 * \cos(\beta)$$

Végül az egyenleteket összegezve megkapható a megfogó helye.

$$P_4x = x_1 + x_2 + x_3 = L_1 + L_2 * \sin(\alpha) + L_2 * \cos(\beta)$$

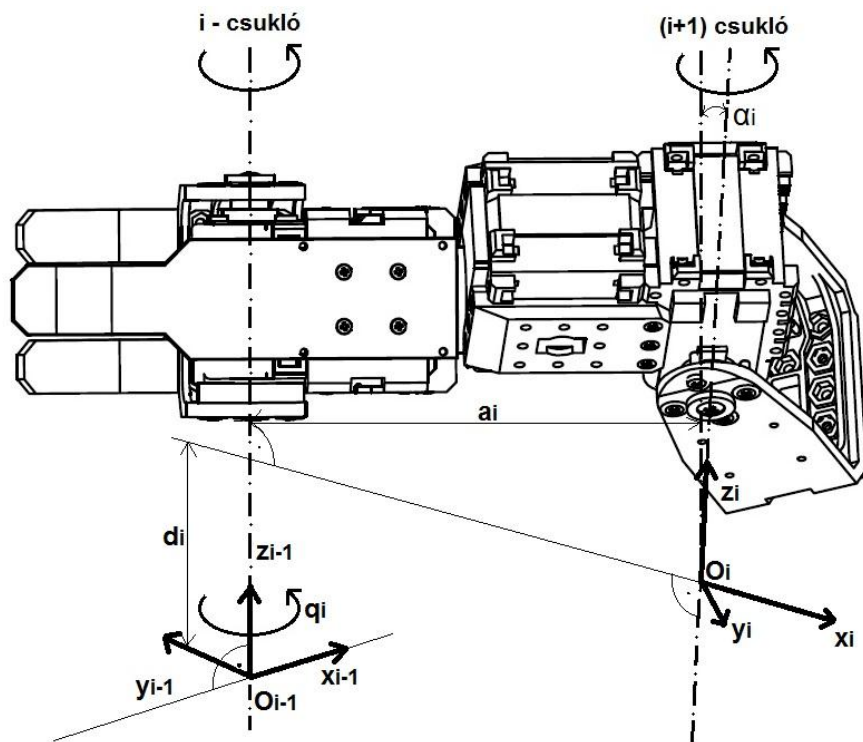
$$P_4y = 0 + L_2 * \cos(\alpha) + L_2 * \cos(\beta)$$

Minden csuklónak saját koordináta rendszere van, így azokat egy rögzített koordináta rendszerhez kell transzformálni. Ehhez Jacques Denavit és Richard Hartenberg kidolgozott egy transzformációt a tengelyek térbeli kapcsolatára.

5.1. Denavit - Hartenberg transzformáció

A 42. ábra mutatja a két tengely koordináta rendszerének transzformálását.

A célja a csuklókoordináták átkonvertálása egy közös rögzített koordináta rendszerbe, amit világkoordináta rendszernek nevezünk. A robotkar végén elhelyezkedő tengelyeket felhasználva bemutatásra kerül a transzformáció.



42. ábra – Robotkarra felvett paraméterek

Paraméterek jelentése:

d_i : az i -edik és az $i+1$ -edik csukló normálisainak egymástól mért távolsága

a_i : az x_i tengely mentén mért csuklók normálisának távolsága

α_i : a két csukló z tengelyei között, jobbsavár irányú szög az a_i tengelyre merőleges síkban

q_i : rotációs csukló esetén az x_i és az x_{i-1} tengelyek közötti jobbsavár irányú szög

Első lépésként az i -csukló koordináta rendszerét el kell forgatni a z_{i-1} körül q_i szöggel addig, amíg az x_{i-1} párhuzamos nem lesz az x_i -vel.

A forgatás egy mátrixban ábrázolható a következő módon:

$$D(q_i) = \begin{pmatrix} \cos q_i & -\sin q_i & 0 & 0 \\ \sin q_i & \cos q_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Második lépésként az x_{i-1} -et fel kell hozni d_i távolsággal a z_{i-1} mentén, hogy egybe essen az x_i -vel. Ez a művelet szintén egy mátrixban ábrázolható:

$$D(d_i) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Harmadik lépésben a két tengely origóját kell egy pontra hozni. Az O_{i-1} origóval rendelkező koordináta rendszert el kell csúsztatni az x_i mentén a_i távolsággal. A transláció mátrixa a következőképpen néz ki:

$$D(a_i) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Negyedik lépésként az y_{i-1} -et, y -t és a z_{i-1} -t, z -t fedésbe kell hozni. Ehhez el kell forgatni az x_i körül. Ez a művelet mátrixban leírva:

$$D(\alpha_i) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Az előző négy lépésben elvégzett mozgásokat a Denavit-Hartenberg transzformációs mátrix foglalja össze:

$${}^{i-1}D_i = D(q_i) * D(d_i) * D(a_i) * D(\alpha_i)$$

A mátrixszorzást elvégezve megkapható az egymást követő rotációs csuklóra vonatkozó Denavit-Hartenberg transzformációs mátrix:

$${}^{i-1}D(i) = \begin{pmatrix} \cos q_i & (-\sin q_i)(\cos \alpha_i) & (\sin q_i)(\sin \alpha_i) & a_i(\cos q_i) \\ \sin q_i & (\cos q_i)(\cos \alpha_i) & (-\cos q_i)(\sin \alpha_i) & a_i(\sin q_i) \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Ha minden egymást követő csuklóra fel van írva ezzel a módszerrel a Denavit-Hartenberg transzformációs mátrix, akkor az álló koordináta rendszer és az effektor mozgó koordináta rendszere közötti kapcsolat a következő művelet segítségével határozható meg.

$${}^0T_n = {}^0D_1 * {}^1D_2 * {}^2D_3 * \dots * {}^{n-2}D_{n-1} * {}^{n-1}D_n$$

A robotkar mátrixainak összeszorozása után megkapjuk a megfogó elhelyezkedését a térben. [7]

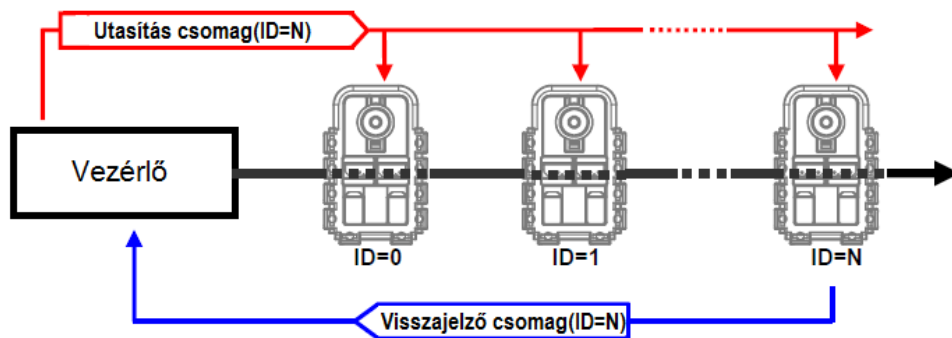
6. Vezérlés

6.1. AX-12+ típusú motorok vezérlése

6.1.1. Kommunikáció

Vezérlése egyszerű, 43. ábrán látható módon, digitális csomagok küldésével, fogadásával történik, ami tartalmazza a sebességet, pozíciót, nyomatékot.

Az egyik az Utasítás csomag (Instruction Packet), ami a vezérlőtől indul, és működteti a motorokat, a másik a Visszajelző csomag (Status Packet) amivel az aktuátor visszajelzi az állapotát.



43. ábra – Csomagok küldése

Az aktuátorok gyárilag el vannak látva egy ID azonosítóval, ami az AX-12 típusú motor hátoldalán megtalálható, ezzel a számmal lehet rá hivatkozni.

Minden a vezérlőtől kiküldött csomag tartalmazza ezt a számot, amit a sorba kötött motorok figyelnek, így azonosítani tudják, melyiknek szól az utasítás.

Ha a sorba kötött motorok között kettő ugyanazzal az ID azonosítóval rendelkezik, akkor küldött üzenetek egymással összeütköznek, így kommunikációs problémák lépnek fel, ezért ez kerülendő. Ez az azonosító kiosztása 0-tól 255-ig lehetséges.

Az utasítás csomag szerkezetének a következőképpen kell kinéznie.

0XFF	0XFF	ID	LENGTH	INSTRUCTION	PARAMETER 1	...	PARAMETER N	CHECK SUM
------	------	----	--------	-------------	-------------	-----	-------------	-----------

- 0XFF 0XFF - a két bájt jelzi a bejövő csomag kezdet
- ID - azonosítja, melyik motornak szól az utasítás (0X00(0)-0XFD(255))
- LENGTH - tartalmazza, milyen hosszú parancs (értéke a paraméterek száma+2)
- INSTRUCTION – egy utasítás, ami azt jelzi, hogy végezze el az utasítást
- PARAMETER – az elvégzendő műveleteket tartalmazzák
- CHECK SUM – ellenőrzi a küldött adatokat

A visszajelző utasítás csomag is hasonló tartalmú, azonban az INSTRUCTION paraméter helyett ERROR bitet tartalmaz.

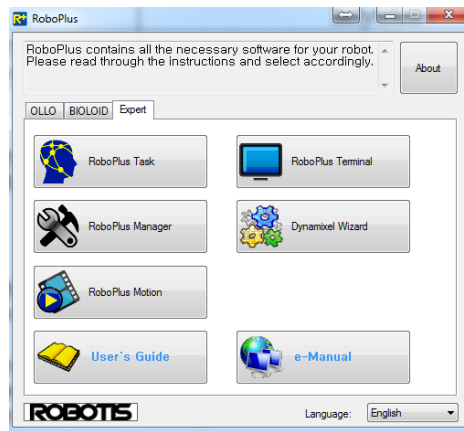
0XFF	0XFF	ID	LENGTH	ERROR	PARAMETER 1	...	PARAMETER N	CHECK SUM
------	------	----	--------	-------	-------------	-----	-------------	-----------

A hiba jelentését a 4. táblázat foglalja össze.

Bit	Név	Részlet
0	bemeneti feszültség hiba	az értéke 1, ha az üzemi feszültség kívül esik a megengedett tartományon
1	szöghelyzet hiba	az értéke 1, ha a cél pozíció kívül esik a beállított tartományon
2	túlmelegedés hiba	ha a belső üzemi hőmérséklet a tartomány felett van
3	tartomány hiba	az értéke 1, ha az utasítás kívül esik a meghatározott tartományon
4	ellenőrző hiba	az értéke 1, ha helytelen az ellenőrző utasítás helytelen
5	túlterhelés hiba	az értéke 1, ha a terhelő nyomaték túl nagy
6	utasítás hiba	az értéke 1, ha nem definiált az utasítás
7	0	-

4. táblázat – hibák jelentései

A Dynamixel gyártó elérhetővé tette a saját weboldalán a RoboPlus nevű programot, amiben lehetőség van a motorokat személyre szabni. Az 44. ábra a program felületét szemlélteti.



44. ábra – RoboPlus

A számomra lényeges rész a Dynamixel Wizard.

A fő feladatai:

- firmware kezelése
- állapot ellenőrzés
- személyre szabás

Az ablakban lehetőségünk van a kiválasztott motor paramétereinek a beállításaira, hogy az általunk kívánt feladat elvégzésére a megfelelő tulajdonságokkal rendelkezzen. A jellemzőket az 5. táblázat tartalmazza.

Addr	Description	Value	Addr	Description	Value
0	Model Number	12	26	CW Compliance Margin	1
2	Version of Firmware	22	27	CCW Compliance Margin	1
3	ID	16	28	CW Compliance Slope	32
4	Baud Rate	1	29	CCW Compliance Slope	32
5	Return Delay Time	0	30	Goal Position	0
6	CW Angle Limit (Joint / Wheel Mode)	0	32	Moving Speed	1023
8	CCW Angle Limit (Joint / Wheel Mode)	1023	34	Torque Limit	1023
11	The Highest Limit Temperature	70	36	Present Position	1
12	The Lowest Limit Voltage	60	38	Present Speed	0
13	The Highest Limit Voltage	140	40	Present Load	0
14	Max Torque	1023	42	Present Voltage	91
16	Status Return Level	2	43	Present Temperature	32
17	Alarm LED	36	44	Registered Instruction	0
18	Alarm Shutdown	36	46	Moving	0
24	Torque Enable	1	47	Lock	0
25	LED	0	48	Punch	32

5. táblázat – A motor konfigurációja

ID: minden aktuátor tartalmazza az azonosítóját, ami 0-tól 255-ig módosítható

Baud Rate: beállítható a kommunikáció sebessége

Return Delay Time: a visszatérő utasítás késleltetési ideje

Angle Limit: beállítható a kezdő- és a véghelyzet

The Highest Limit Temperature: a felső üzemi hőmérséklet Celsius fokban

Limit Voltage: az üzemi feszültség tartományának beállítása, a megadott érték a feszültség tízszeresét jelenti, például 9,6V=96

Max Torque: a maximális nyomaték beállítása, 0 a szabadon futásnak, 1023 érték a maximális nyomatéknak felel meg

Status Return Level: visszajelzi a status csomag átvételét

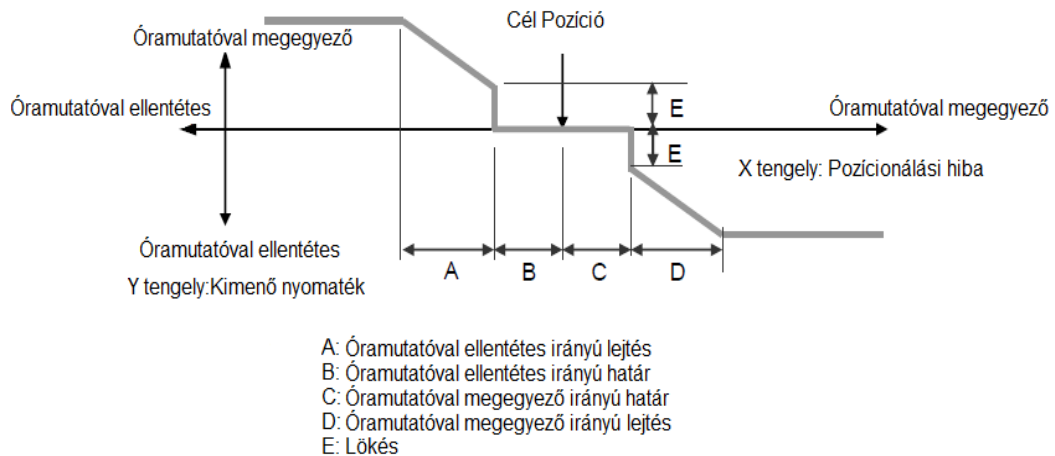
Alarm LED: a led villog, ha hiba történik

Alarm Shutdown: hiba esetén kikapcsol a nyomaték

Torque Enable: lehetővé teszi a nyomaték ki-be kapcsolását

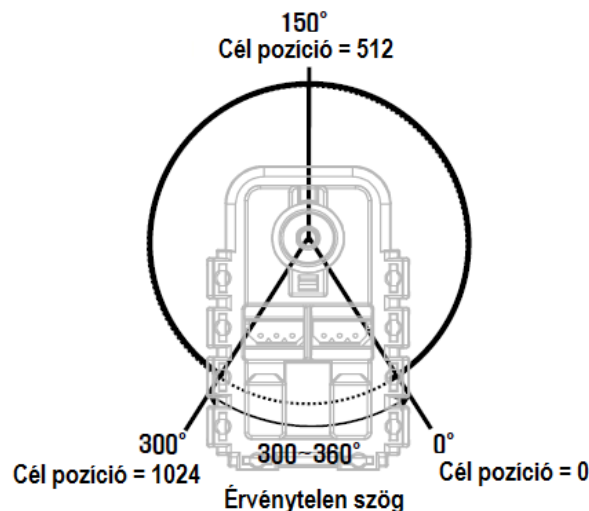
Compliance Margin and Slope: ezzel a tulajdonsággal be lehet állítani, hogy a kimenő tengelyen a lökések elnyelődjenek. A lejtő hosszát 7 fokozatba lehet állítani, minél nagyobb az érték annál nagyobb rugalmasság érhető el.

Az 45. ábrán látható, hogy a pozíció elérés közelében csökken a hajtó nyomaték, így kiküszöbölhető a pozicionálásból adódó hiba. Ha a beállított határértéket túllépi, akkor az ellenkező irányba ad nagy mennyiségű nyomatékot a tengelyre. A reális érték azonban eltérhet az utasításban szereplő értéktől.



45. ábra – Compliance Margin and Slope

Goal Position: célpozícióra lehet küldeni a motort, 0 fok=0 értékkel, 300 fok=1023 értékkel felel meg. Az 46. ábra mutatja a mozgás tartományát.



46. ábra – Motor forgási tartománya

Moving Speed: beállítható a motor szögsebessége, a maximális érték 114 fordulat per perc

Torque Limit: a minimális nyomaték értéke

Present Position, Speed, Load, Voltage, Temperature: jelzi a jelenlegi helyzetét, sebességét, terhelését, feszültségi szintjét, belső hőmérsékletét

Registered Instruction: regisztrált utasítás, aminek az értéke 0, ha az utasítás befejeződött, különben 1

Moving: értéke 1, ha a motor tengelye saját erőből mozog

Lock: ha az értéke 1, akkor a motor zárolva van, feloldani csak kikapcsolás után lehet

Punch: a minimális áram lökés működés közben

Egy másik fontos előnye, hogy lehetőségünk van a motort forgó üzemmódra átállítani, így kerékként is alkalmazható. Ezt az angle limit nullára való beállításával érhetjük el. [5]

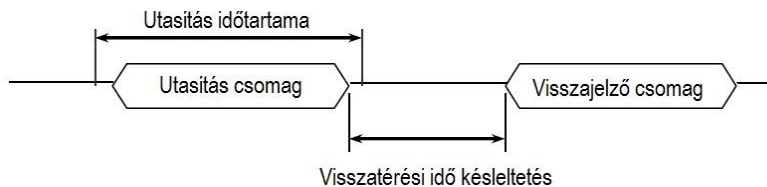
6.1.2. Kommunikációs protokoll

A motorok egy úgynevezett soros fél duplex univerzális aszinkron adóvevőn (UART) kommunikálnak.

A párhuzamos adatfolyamot az UART alakítja át soros adatfolyammá, majd vissza. Az UART-ban fellelhető egy léptetőregiszter, ami a soros-párhuzamos átalakítást valósít meg. A TTL logikai szinteket egy külön áramkör alakít át az átviteli jelszintekre. A jelszintekkel meg lehet állapítani melyik bit 0 és melyik 1.

Ezt a módszert akkor alkalmazzák, amikor több eszközt kell csatlakoztatni egy közös buszra(más szóval sinre). Jellemzője, hogy nem használható egy időben az RxD(vevő) és TxD(adó) adatok átadása. A kommunikáció irányát a fő vezérlő határozza meg. Működés közben a buszra csatlakoztatott motorok figyelik az érkező csomagokban lévő ID azonosítót, ami alapján meg tudják határozni a saját maguknak szóló utasítást, majd a végrehajtás után visszajelzést küldenek. [16]

A kommunikációs csatornán az 47. ábra szemlélteti az utasításcsomagok áramlását. A visszajelző csomag késleltetésének ideje alap esetben 160 mikromásodperc, de ez változtatható.



47. ábra – kommunikációs csatorna

6.3. Számítógépes Program

A kar vezérlésére egy olyan programot választottam, amiből később lehetőség nyílik a Kinect könnyű integrálására is. A LabVIEW egy elterjedt fejlesztői környezet, ami grafikus programozás segítségével megoldást nyújt a motorok pozícionálására. Alapszintű használata rövid időn belül elsajátítható. Sok programmal képes együttműködni.

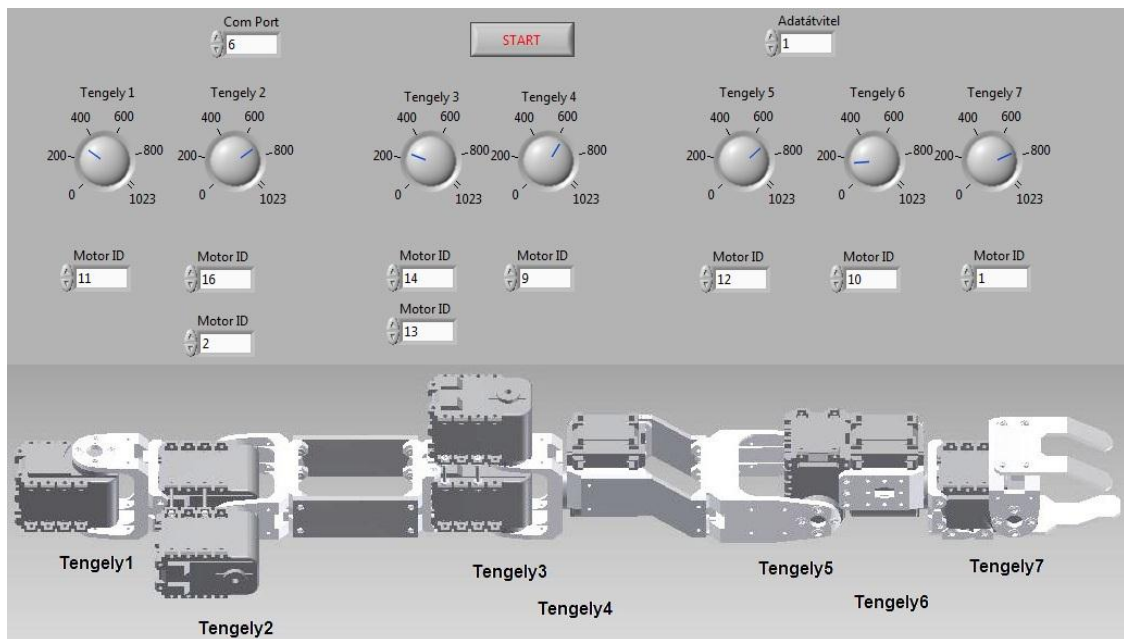
A program megírásához a Dynamixel által kibocsátott SDK csomagot töltöttem le a Robotis.com oldalról:

„http://support.robotis.com/en/software/dynamixel_sdk/usb2dynamixel/usb2dxl_windows.htm”

A csomag tartalmazza a Dynamixel vezérlő parancsait a LabVIEW-hoz. A használatához be kellett importálni.

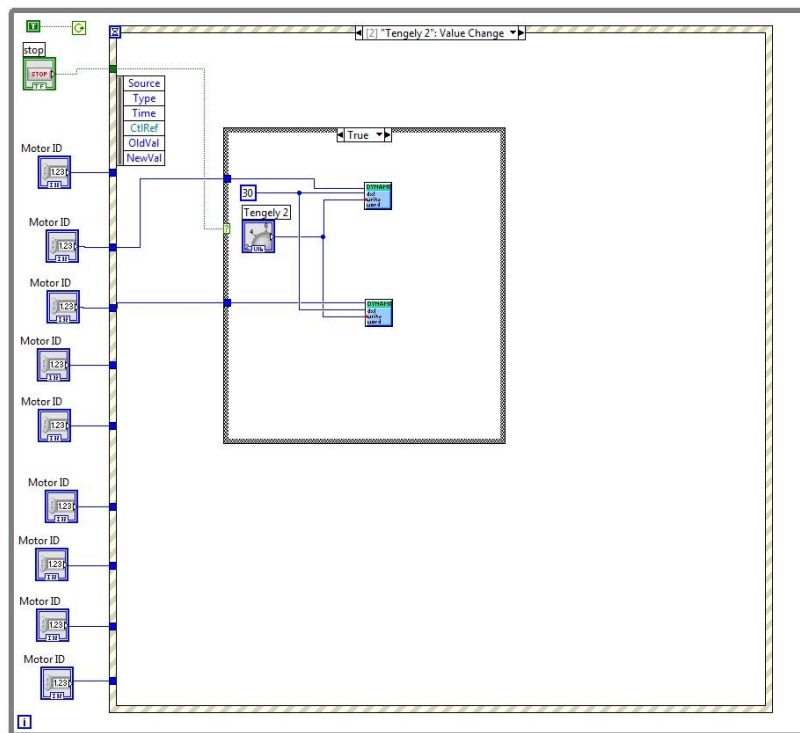
A beillesztést követően egy új projektet, majd egy új programozási felületet megnyitva, két ablak válik láthatóvá. Az egyik egy kezelői panel, amin a programban használt kezelői gombok, visszajelzők, értékbeállító téglalapok, grafikonok, stb. jelennek meg. Innen kezelheti a felhasználó a programot. A másik ilyen ablak a blokk diagram, amelyben maga a blokkokból összeállított program állítható össze.

A robotkar mozgatásához a telepített Dynamixel paneleket felhasználva elkészítettem a programot.



48. ábra – A robotkar kezelőfelülete

Az 48. ábrán látható kezelőfelületre egy START/STOP gomb került elhelyezésre, amivel indítható, illetve leállítható a program, egy Com Port, ami segítségével a felismert USB eszköznek beállított kommunikációs port számát kell beállítani, egy Adatátvitel, amely az adatátviteli sebesség megadására szolgál. Továbbá megtalálható mind a kilenc beépített motor pozíció és ID azonosító beállítási lehetősége. Az ID változtatási lehetőséget azért tartottam fontosnak, mert ha egy motor meghibásodna, és ki kellene cserélni, akkor a program felületén könnyedén megváltoztatható az azonosító. A kezelőfelületen egy kép foglal helyet, ami segítségével felismerhető, melyik tengelyre, melyik tekerőgomb és azonosító tartozik. A kettes illetve a hármas tengelyen két motor helyezkedik el, ezáltal két motort kell hozzá társítani.



Az 49. ábra, a program blokk diagramján belül, a második tengely pozícionálása található. Az összes tengely vezérlése hasonló felépítésű, de mivel itt két motor van egy tengelyen, így ezt a vezérlést választottam a bemutatásra.

A szürke keret egy while ciklus, ami az egész programfutásnak ismétléséről gondoskodik. Benne található a START/STOP gomb, a motorok ID számait beállító ablakok, és egy sraffozott keret. Ezt esemény struktúrának nevezzük.

Az esemény szerkezete addig vár, amíg esemény be nem következik, majd több esemény definiálható. Minden tengelynek külön eseményt kellett létrehozni.

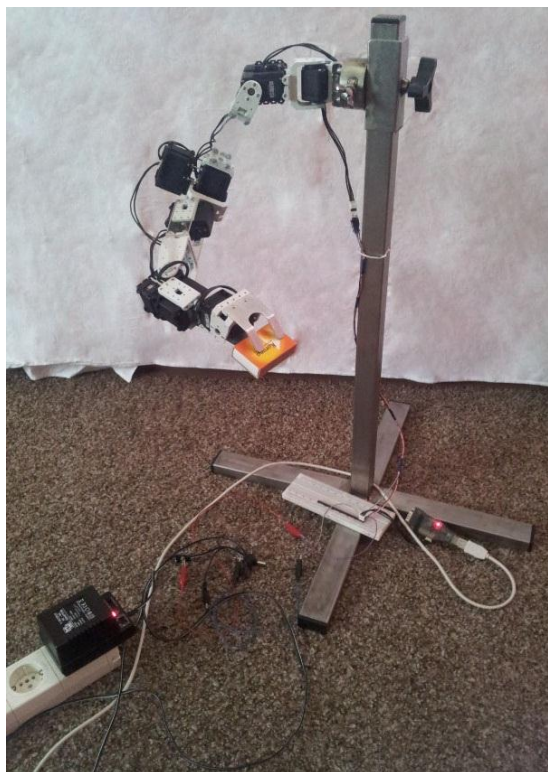
Magába foglalja az „eset” keretet, amibe egy hozzá bekötött érték meghatározza, hogy milyen esetben lehet végrehajtani. Ezzel az indító illetve leállító gomb foglalkozik. Már az elején importált DYNAMIXEL blokk beillesztésével utasítás küldhető a motornak. Ehhez 3 bemenetre van szüksége. Az egyik a motorazonosító száma, a másik a cím, a harmadik a pozíció, amelyet a felületen elhelyezett tekerő gomb beállításával adható meg.. Mindegyik utasításnak integer típusú adatnak kell lennie.

7. Robotkar összerakása és működtetése

A kart az Inventorban megrajzolt koncepció alapján összeállítottam. A birtokomban volt 3 milliméteres plexi lap, így az előzőleg kiszámolt ABS műanyagot plexi anyaggal helyettesítettem. Ez nem okozott nyomatéki változást, mert a két anyag sűrűsége közel azonos.

A modellezett rajzon, az alkarnál helyet foglaló lemez legyártása még nem készült el, ezért azt ideiglenesen egyenes lemezzel helyettesítettem. Mivel az effektorról nem lóghat kábel, így a tápegységet nem a kar végére kötöttem, hanem egy próbapanel felhasználásával, az USB2Dynamixel eszköz és az első motor közé. Majd a RoboPlus programmal a motoroknak beállítottam a mozgási tartományait az emberi karhoz hasonlóan, így elkerülhető az alkatrészek ütközése. Ezeket a beállításokat megőrzi a memóriájában, így elég csak egyszer elvégezni.

Később felrögzítettem csavarral a hozzá készített állványra. Az állványon tetszőlegesen beállítható a magasság és a szög. A megírt LabVIEW programban lévő virtuális tekerőgombok segítségével egy gyufás doboz kerül megfogásra, ahogy a 50. ábra is mutatja.



50. ábra – A megépített robotkar

8. Kinect



51. ábra – Kinect

Az 51. ábrán megjelenő Kinect, egy 2010 végén megjelent eszköz, amit a Microsoft Xbox 360 konzolhoz és számítógéphez készített. A feladata az volt, hogy átvegye a kontrollerek helyét, és ezzel élvezetesebbé tegye a felhasználó számára a játékok, és egyéb vezérelhető, jelen esetben szervo motorok irányítását. Feltérképezhető a környezet a vizuális adatok gyűjtésének segítségével, mely által a gépi eszközöknek látást, tanulást tettek lehetővé. Ilyen módon képesek az ember tulajdonságait megjegyezni, eltárolni, majd felismerni. A rendszer képes értelmezni az előtte lévő teret, ezáltal felismerni a csontoz szerkezetét, mozgását.

A technológia lehetővé teszi a mozgás, a távolság, a gesztus, az arc, és a hang felismerését is.

Felépítése:

Három elkülöníthető hardverrel rendelkezik:

- * 3D érzékelő, IR kamera
- * RGB kamera
- * Mikrofon

8.1. Szenzorok működése

3D érzékelő, IR kamera



52. ábra – Kivetített mintázat

Az IR kamera két darab kamerából áll. Az egyik egy fényforrás, a másik egy fényérzékelő, amelyek az infravörös fénynek kibocsátásáról és a visszaverődésének vételéről gondoskodnak.

Az infravörös fényforrás egy sűrű ponthálós (pseudorandom) referencia mintázatot vetít ki az előtte levő térre. A visszanyert képeket és a pontok távolságát referencia adatokként mentik el. Az ember vagy tárgy érzékeléséhez ugyanezt a hálót használják, ahogy az 52. ábrán is megfigyelhető. A már előzőleg meghatározott referencia pontok távolságát keresztkorrelációs műveletekkel összehasonlítja az objektumról visszaverődő pontok távolságával, alakjával és a visszaverődés szögével. Az ilyen módon nyert különbség segítségével meghatározható a referencia felület és az objektum felület pontjainak különbsége a harmadik tengely mentén. Az így kialakuló mélységkülönbséget mélységtérképnek nevezzük. [9]

RGB kamera

A kamera és a különböző képfeldolgozó programok segítségével felismerhető az emberi test alakja, és a gesztusai is. Teljes sötétségben a kamera nem működik, így csak mélységi adatok nyerhetőek ki. 640x480 felbontású 24 bit nagyságú színes képet képes előállítani 30 képkocka/másodperc alatt.

Mikrofon

Az eszköz rendelkezik egy beszédfelismerő, egy akusztikus zaj, és egy visszhangszűrő képességgel, így lehetőségünk van az eszközök irányítására a hangunk segítségével.

A robotika területén az egyik alapvető probléma az volt a robot számára, hogy milyen módon mozogjon a világban.

Csontvázérzékelés



53. ábra – A csontváz képe

A szenzorok segítségével felismerhető az ember alakzata és testrészei. Ezeket azonosítva becsléssel kirajzolható az 53. ábrához hasonlóan a test váza az ízületekkel együtt, majd a definiált csontváz mozgulatait is képes követni. Ezt felhasználva lehetséges az épített manipulátor mozgatása.

8.2. Kinect a Windowshoz

2012 elején a Microsoft cég nyilvánosságra hozott egy szoftverfejlesztői csomagot. A csomag tartalmazza a szükséges illesztő programot, ami lehetőséget biztosít a Windows 7 operációs rendszerrel való kapcsolatra, és több programozási nyelven továbbfejleszthető.

Fejlesztői funkciók tartalma:

- Raw érzékelő: hozzáférhető a mélység érzékelőhöz, színes kamera érzékelőhöz, és a négyelemű mikrofonhoz
- Csontváz követése: a csontváz felismerése és követése
- Hangkezelés: beszédhang felismerés, akusztikus zaj és vízhang szűrés
- Kód minta és dokumentációk

A Kinect-ből érkező jeleket a LabVIEW szoftver feldolgozza, átalakítja a megfelelő adatcsomagra, és ezt a robotkar közvetlenül végrehajtja. Az emberi kar csuklói illeszkednek a robotkar szabadsági fokaihoz, majd azok szinkronban mozognak az emberével.

8.2.1. LabVIEW - Kinect kapcsolat

Szükséges eszközök:

- Xbox 360 Kinect
- Kinesthesia Toolkit
- Microsoft .NET Framework 4.0
- Kinect SDK illesztő program
- LabVIEW 2012
- labview.exe.config konfigurációs fájl

Kinesthesia Toolkit a Leeds Egyetem fejlesztette ki orvosi rehabilitációs és sebészeti célokra. Segítségével könnyen hozzáférhetővé vált az RGB kamera, mélységi kamera, és a csontvázkövetés.

A LabVIEW nem támogat néhány .NET 4.0 funkciót, ezért egy konfigurációs fájlt kell létrehozni telepítések után. Ez a következőképpen adható meg.

- Meg kell nyitni egy szövegszerkesztőt
- Be kell másolni a következőt:

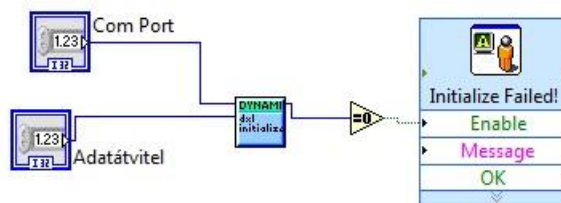
```
<? xml version = "1.0"?> <configuration> <startup  
useLegacyV2RuntimeActivationPolicy="true"> <supportedRunti  
me version="v4.0.30319"/> </ startup > </ configuration>
```
- Majd el kell menteni LabVIEW.exe.config néven, ugyan abba a könyvtárba, mint amiben a LabVIEW.exe található.
- Újraindítani a programot

A LabVIEW programmal meg kell nyitni a letöltött „Kinect SDK v1.7.zip” tömörített fájlban található „Kinect Exemple.vi” példaprogramot, melynek használatával, az 54. ábrán láthatóan kirajzoltatható a csontváz. [17]



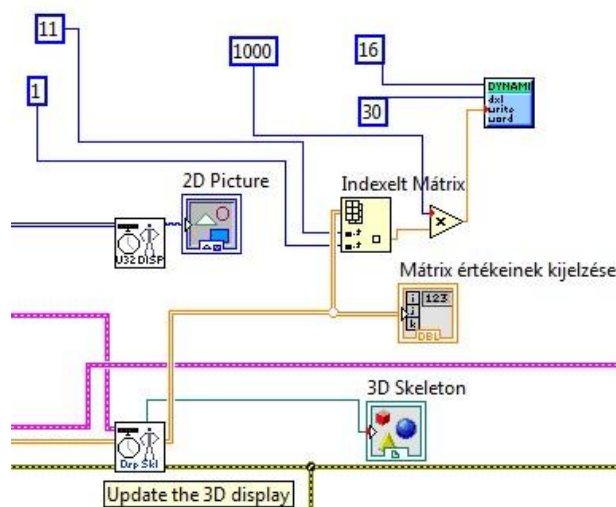
54. ábra – A Kinect által kirajzolt csontváz

A motor vezérléséhez ezt a „Kinect Exemple.vi”-t kell kibővíteni. Hozzá kell írni még az 55. ábrán látható kommunikációs port és az adatátvitel sebesség beállítási lehetőségét.



55. ábra – A Com Port és az Adatátvitel blokkok és bekötései

Az 56. ábra szerint módosított program a 16-os azonosítóval rendelkező motor pozícióját változtatja az emberi kar csuklójának fel-, illetve le mozgásával.



56. ábra – A Kinect példaprogram módosítása

A program úgy működik, hogy az „Update the 3D display” nevű blokkból lehetőség van kiolvasni egy kétdimenziós indexelt mátrixszal a koordinátákat. A mátrix értékei a kezelőfelületen ki is jeleztethetőek. A mátrixból az egyessel jelölt y koordináta 11. elemének értékét olvassa ki. A koordináták változása kis mértékben változik, ezért ahhoz, hogy látványosan mozogjon a motor, szükség van ezerszeres szorzásra. Az így kapott értéket kivezérli az ID 11 számmal rendelkező motorra.

9. Konklúzió

A Kinect már napjainkban is fontos szerepet játszik a gépi látásban. A felhasználásával már most programok és gépek irányíthatók. A 8. fejezetben leírtak alapján a Kinect eszköz által összeállított emberi csontvázat felhasználva lehet mozgatni a különböző manipulátorokat. Az ilyen megoldásokkal lehetőség nyílik a robotoknak, hogy gombok vagy karok segítségével képesek legyenek az emberi mozdulatokat lemásolni. A 8. fejezetben ismertetett programmal megvalósult a motor mozgatása, azonban ahhoz, hogy az emberi kar pozícióját utánozza le, szükség van az 5. fejezetben bemutatott kinematikai számítások felhasználására. Ezek alapján számolható ki a kar elemeinek egymással bezárt szöge.

Irodalomjegyzék

Könyv

- [1] Josep Isaac Iglesias Molist, Memoria, 2010, 5-6 oldal, 2013.05.06.
<http://ebookbrowse.com/josep-isaac-iglesias-molist-memoria-pdf-d77396878>
- [2] Dr. Csáki T.: ROBOTTECHNIKA, Miskolci Egyetem, Miskolc, Magyarország, 2013.05.06. <http://www.szgt.uni-miskolc.hu/~csaki/robot.pdf>
- [3] Dr. Pintér J.: Ipari robotok, IPARI ROBOTOK_01_EA_2011.pdf, Széchenyi István Egyetem, Győr, Magyarország, 2011, 2013.05.06.
http://www.sze.hu/~pinter/M_aj007_1_IPARI%20ROBOTOK/IPARI%20ROBOTOK_01_EA_2011.pdf
- [4] Boros Géza, Dián Tibor, Gombás István, Mészáros Árpád, Németh Gábor, Sipkovits Szabolcs, Torma József, Pozícionálási feladatok léptető motorral PLC, vagy számítógép vezérléssel, Széchenyi István Egyetem, Győr, Magyarország, 1998, 2013.05.06. http://ftp.cnchungary.com/Varsanyi_Peter/CNC%20vezerles%20-%20leptetomotorral/leptetomotor.pdf
- [5] ROBOTIS, Dynamixel AX-12 User's Manual, Japan, 2006, 2013.05.06.
[http://www.electronickits.com/robot/BioloidAX-12\(english\).pdf](http://www.electronickits.com/robot/BioloidAX-12(english).pdf)
- [6] ROBOTIS, USB2Dynamixel, e-Manual, 2013.05.06.
http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/interface/usb2dxl_manual.htm
- [7] Mester Gy, Robotika, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 2011, 2013.05.06.
http://tananyagfejlesztes.mik.uni-pannon.hu/images/stories/vegleges_tananyagok/MESTER_ROBOTIKA/Robotika.pdf
- [8] Dr. Horváth Zoltán, Morauszki Tamás, Differenciálegyenletek, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2011, 2013.05.06.
http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0013_03_Differencialegyenletek/13_lecke_folytonos_szimulcik_fogalma_jelentsge.html
- [9] Pálfalvi József, KINECT szenzor intelligens terekben, 2011, 2013.05.06.
http://aigroup.mit.bme.hu/system/files/onlab_feladat/2011/06/palfalvi_kinect_onlab_doc.pdf

Weblap, internetes hivatkozás

[10] Dávid T., MYPROJECT, ROBOTICS, ELEKTRONICS, PIC AND OTHERS, 2013.05.06. <http://myprojects.hu/pic/szervo-motorok-vezerlese.html>

[11] Wikipedia, Alumínium, 2013.05.06.
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Alum%C3%ADnium>

[12] Wikipedia, Acrylonitrile butadiene styrene, 2013.05.06.
http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene

[13] APlast, ABSYLON akril-nitril-butadién sztirol, 2013.05.06.
http://aplast.hu/hu/termek/18_absylon_akril-nitril-butadien_sztrol_abs/

[14] Wikipedia, poli(metil-metakrilát), 2013.05.06.
[http://hu.wikipedia.org/wiki/Poli\(metil-metakril%C3%A1t\)](http://hu.wikipedia.org/wiki/Poli(metil-metakril%C3%A1t))

[15] APlast, AKRYPLEX extrudált plexi (PMMA XT), 2013.05.06.
http://aplast.hu/hu/termek/18_absylon_akril-nitril-butadien_sztrol_abs/

[16] Wikipedia, univerzális aszinkron adóvevő, 2013.05.06.
http://hu.wikipedia.org/wiki/Univerz%C3%A1lis_aszinkron_ad%C3%B3vev%C5%91

[17] LabVIEW Hacker, LabVIEW Kinect Interface, 2012, 2013.05.06.
http://labviewhacker.com/doku.php?id=projects:lv_kinect_interface:lv_kinect_interface

Mellékletek

1. Melléklet:
Felkarlemez műszaki rajza
2. Melléklet:
Alkarlemez műszaki rajza