



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék

Pókszerű, járó robot fejlesztése

Komáromi Sándor

Konzulens

Nagy Ákos

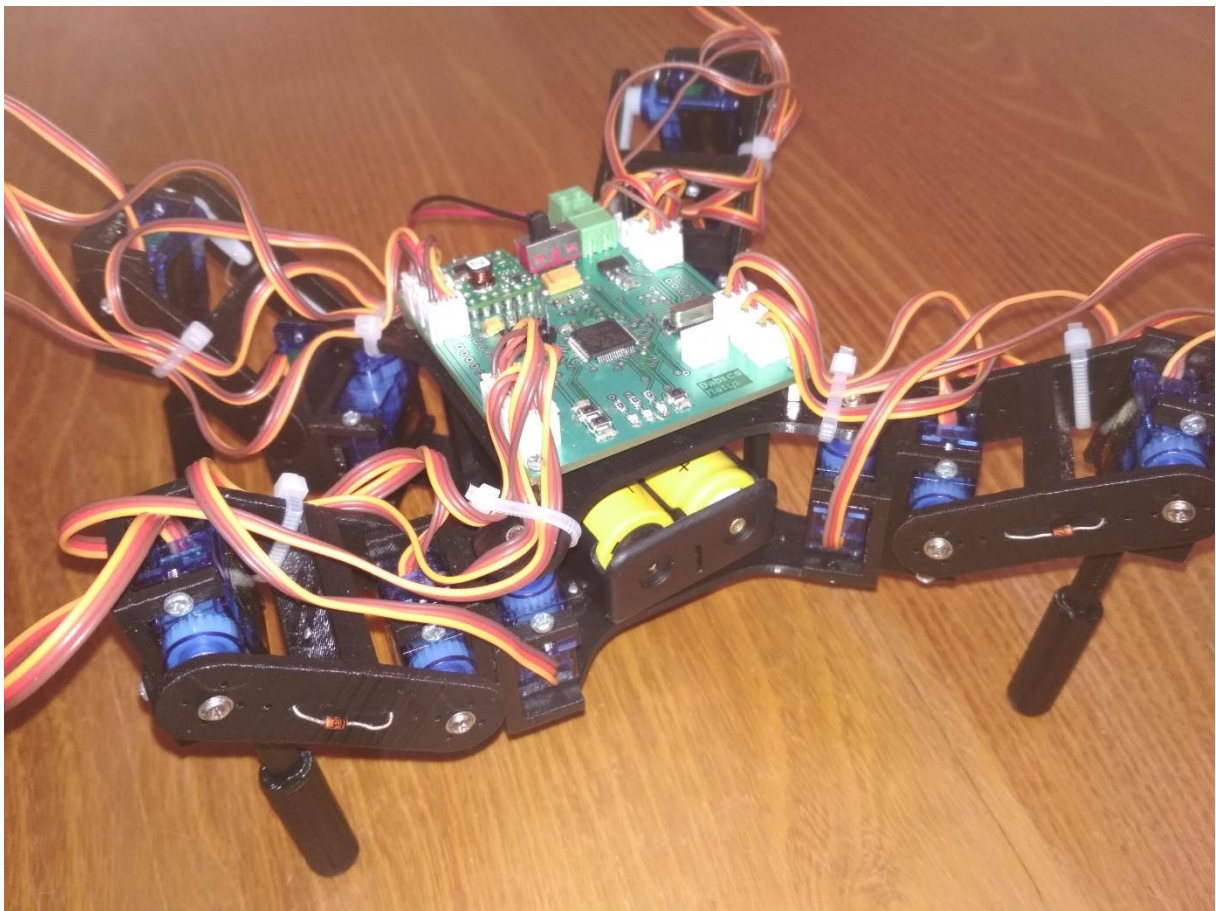
Budapest, 2021

1. Bevezetés

A robotot, amin az Önálló laboratórium alatt dolgoztam nem én kezdtem el fejleszteni. A szerkezet már önmagában egy kész egységet alkot, az én feladatom a projekttel való ismerkedés, illetve annak továbbfejlesztése volt. Munkám során Babits Mátyás és Massár Lóránt Mátyás által készített robotból indultam ki, elsődleges feladatom a robot mechanikai újra tervezése volt, ugyanis több helyen is el volt törve mikor átvettem.

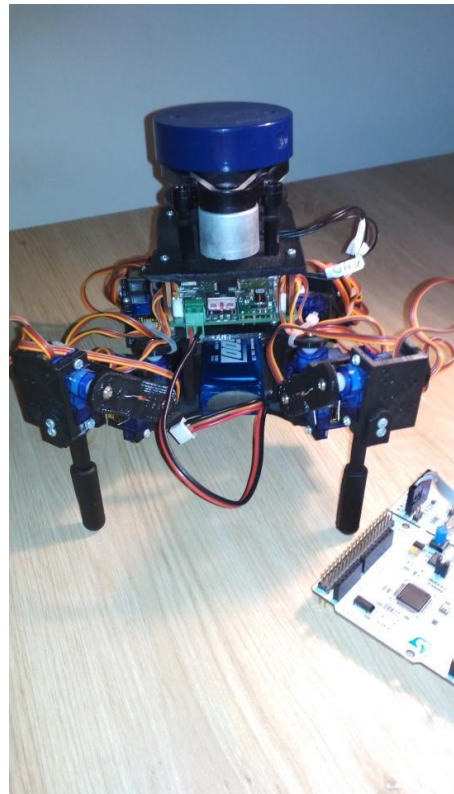
1.1. A Pókszerű robot

A robotot Babits Mátyás kezdte el építeni, Ő egy négy lábon járó robotot készített el. A szerkezet a lábak elosztásából adódóan leginkább egy pókra hasonlít, mind a négy láb egy központi törzs elemhez csatlakoznak, a roboton minden alkatrészt 3D nyomtatással gyártott. Egyenként három csuklóból állnak ezzel biztosítva a megfelelő mennyiségű szabadságfokot, hogy a láb bármilyen szükséges pozíciót fel tudjon venni. Mátyás készített a robothoz, egy vezérlő kódot is, amely képessé tette előre haladó, illetve forgó mozgásra. Ezek összefűzésével képes volt egy négyzet alakú pálya bejárására.



1. ábra: Babits Mátyás által elkészített pókszerű robot. Babits Mátyás munkájából másolva.

Massár Lóránt Mátyás fejlesztette tovább a robotot egy teljesen új NYÁK megtervezésével kezdve. Erre azért volt szükség, mert Lóránt az okosítás jegyében kibővítette a robotot egy LIDAR (Light Detection and Ranging – lézer alapú távérzékelés), illetve egy IMU (Inertial Measurement Unit) egységgel. Előbbi a robot környezetének a meghatározására, míg utóbbi pontos információkat biztosít a robot térbeli mozgásáról és elhelyezkedéséről. Lóránt továbbá csatlakoztatott egy ESP-01-et a wifis kapcsolat kiépítésének érdekében. Kiépítette a robot ROS rendszeren keresztül történő működését, ROSSerial segítségével kiépítette a robottal történő kommunikációt, míg RVIZ és hector_slam segítségével megvalósította a robot térképező algoritmusát.



2. ábra: Massár Lóránt Mátyás által továbbfejlesztett robot
Massár Lóránt Mátyás munkájából másolva.

1.2. Célkitűzések

Az előbbieken elmondottak alapján látható, hogy amikor átvettem a projektet, az egy elég előrehaladott állapotban volt. Azonban több mechanikai hibája is volt, így elsősorban ezeket kellett megoldanom. A robot alapját képező modellszervok nehézkesen bírták LIDAR egységgel megnövekedett tömeget és több helyen is eltörtek az illesztések. Elsődleges feladatomban ezen problémák kiküszöbölése volt, illetve a robot újraélesztése a régi NYÁK, illetve program használatával.

2. Mechanikai újra tervezés

A tervezés megkezdésekor elsődleges célkitűzés volt, hogy tartós azonban mégis esztétikus robot terv készüljön, megmaradt az előző modell 3D nyomtatott kivitelezése. Fontos volt, hogy csökkenjen a robot magassága, ugyanis az előző megoldásban egymásra épülve három szinten helyezkedtek el az alkatrészek. Az új tervben ez lecsökkent két szintre. A régi terv a tesztelesek során több helyen is eltört, de a leggyengébb pontjának a szervok felszerelési pontjai bizonyultak, ezért az új nyomat tervezése során a hiba orvoslása volt a cél. Az eredeti robot tervezését a kompakt megoldások jellemezték mindössze hat fajta alkatrészből állt össze a

szerkezet, az új tervben több fajta alkatrész szerepel, azonban sokkal tartósabb megoldások jellemzik.

2.1. A láb

A modell lábai további három részre bonthatók, az egyes részegységek modellszervok segítségével el tudnak fordulni egymáshoz képest. Minden egyes lábnak három szabadságfoka van a tetszőleges pozíció elérésének érdekében.



3. ábra: A pókszerű robot egyik összeszerelt lába

A láb három része közül kettőnek vízszintes elfordulási tengelye van, míg a testhez csatlakozó résznek függőleges, ezzel a lábat úgy lehet mozgatni, mint egy pók lábát. A terven több megoldás is megfigyelhető a strapabíróbb végeredmény jegyében. A modellszervok rögzítése teljesen körbe öleli azokat, mert ezeket a rögzítési pontokat ér a legnagyobb terhelés. Másik nagyobb terhelést érő alkotóelem a szervokarok rögzítési pontjai. Erre a feladatra egy vájat van

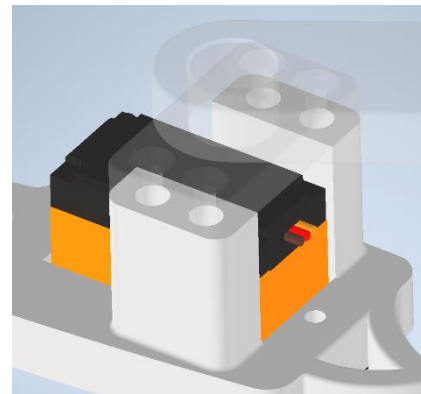
kialakítva, amelybe pontosan beleillik a kar és két csavarral rögzíthető is, erre 1 mm-es furatok vannak kialakítva.

A roboton az elforduló tengelyek két ponton vannak rögzítve a stabilitás növelésének érdekében. Minden összekötési pont két alkatrészből áll, a szervo foglalatból és a szervo kivezetésével ellentétes oldalra felszerelendő tengelyből. A tengelyre minden oldalról azonos elem csatlakozik, így összeszerelés után nem csúszik le egyik oldalról sem. Ezzel a megoldással a robot csuklója nagyon erős kapcsolatot képeznek. A 4. ábra részletesen mutatja az összekötés megoldását.



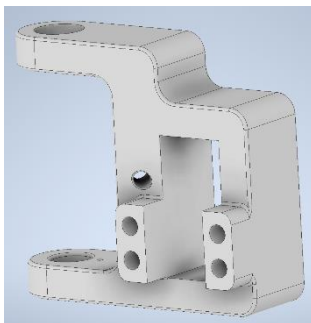
4. ábra: Csukló kapcsolat, felül nézet

Az 5. ábrán látható a tengely elem összekötése a láb elemmel. A két alkatrész 4 ponton van összefogva M2-es csavarhoz való benyomható persellyel. A réz persely feladata, hogy a csavarnak szükséges menetet biztosítson műanyagokban. A persely külső falán több sorban fogak találhatók, amelyek bepréselés után megakadályozzák, hogy kihúzható legyen ezzel biztosítva többszöri szerelést bíró menetet.

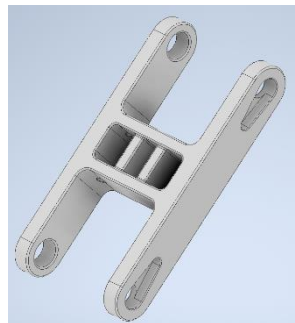


5. ábra: Tengely összeszerelése

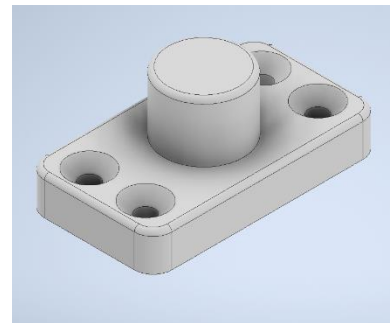
2.1.1 A láb részei alkatrészekre bontva



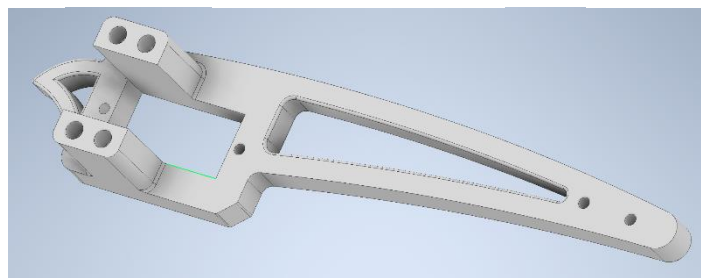
6. ábra: Láb eleje



7. ábra: Lábszár



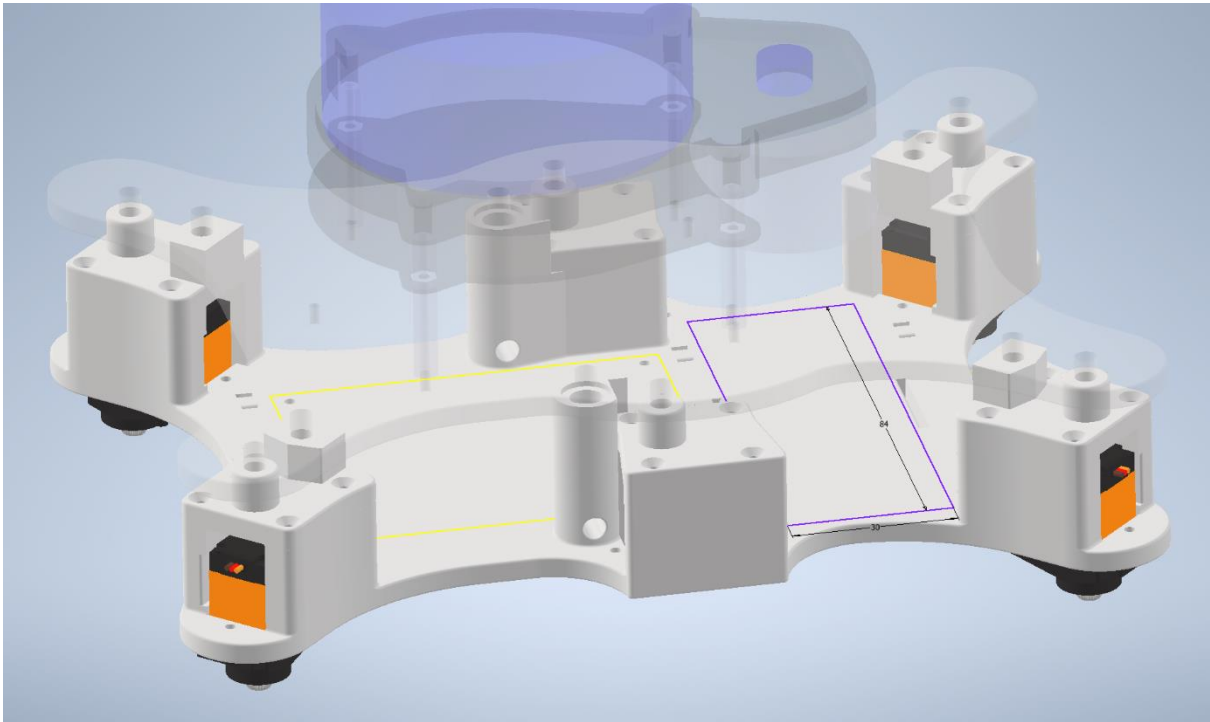
8. ábra: Tengely elem



5. ábra: Láb vége

2.2. A test

A test tervezése közbe a legfőbb célkitűzés volt a magasság csökkentése. Ez úgy valósult meg, hogy a test alapterületét megnövelve az alsó szinten lett elég hely a robotot vezérlő NYÁK részére is az akkumulátor mellett, így hosszabb és szélesebb is lett a szerkezet. A NYÁK lekerülésével a robot tetején több hely maradt, így ide került a LIDAR szenzor, és nem kellett tovább emelni. A 10. ábrán látható sárga keret jelzi a vezérlő NYÁK helyét, a lila keret jelzi az akkumulátor helyét.



6. ábra: A robot teste

A lábak függőleges tengelyen való mozgásáért felelő servók a testben kaptak helyet, ezzel csökkentve a lábak méretét. A lábak a testhez hasonló módon vannak rögzítve, mint a láb többi csuklója, alulról vannak rögzítve a testre szerelt szervohoz, felül egy tengelyen fordul el a láb. A test teteje, amin a LIDAR egység áll, a fentebb említett tengelyekhez van rögzítve, hasonló peremes megoldással, mint a lábak esetében, azonban M4-es menetű peremes perselyekkel (11. ábra). A stabilitás növelése érdekében hat további ponton van rögzítve a robot fedő eleme.



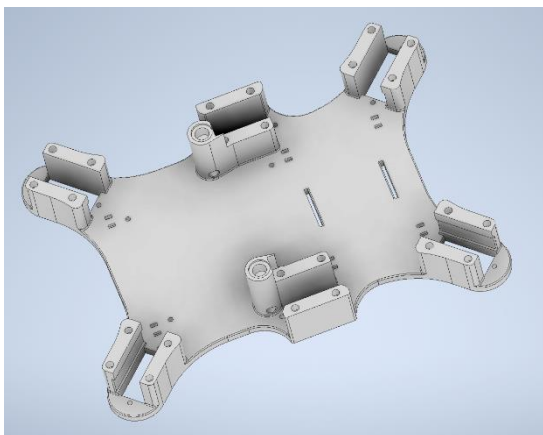
7. ábra: Peremes benyomható persely

A Pókszerű robot megtervezésekor külön cél volt a lábak bővíthetőségének megvalósítása. A bővítésnek a mikrokontroller vezérlési határa szab gátat, új NYÁK-ot kell tervezni az

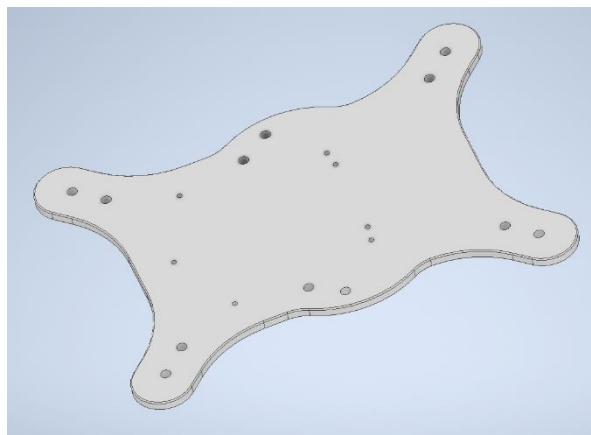
ötödik és hatodik láb felszerelése előtt, de a perselyes rögzítési megoldásnak köszönhetően könnyen szerelhető a robot.

Az előző modell orvosolandó hiányossága volt a kábelvezetés hiánya, így több helyen is kialakítottam lehetőséget gyorskötöző használatára, illetve több kábelvezető is kapott helyet a roboton, amely remélhetően megoldja a problémát.

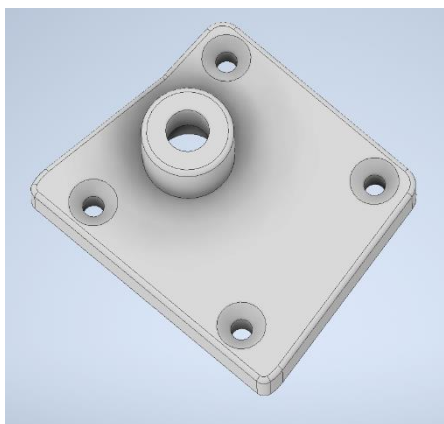
2.1.1 A test részei alkatrészekre bontva



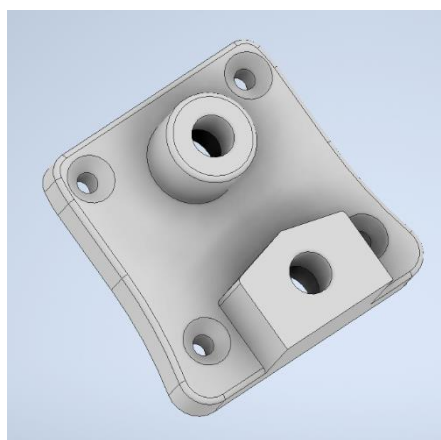
12. ábra: A robot testének alsó része



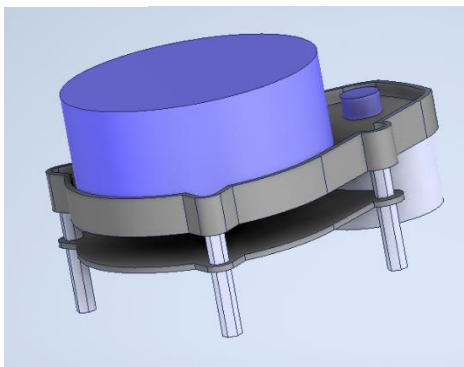
13. ábra: A robot testének a felső része



14. ábra: Tengely a robot lábainak bővítésére



15. ábra: Tengely a roboton meglévő négy lábnak



18. ábra: A robot tervrajzán található LIDAR szenzor

3. Szervo kiválasztása

A robot újra tervezésekor feladatom volt egy új modellszervo kiválasztása. Az előzőekben használt szervo nehezen bírta, a LIDAR egységgel megnövekedett, robot tömegét. Ezért a szervo keresés közben a legfontosabb preferencia volt, olyan motort találni, amely hasonlóan kis méret mellett sokkal nagyobb nyomatékkal jár. Így esett a választás a Savox SH-0255MG mikroszervora, amely kis méret mellett 4,8 volton 3,1 kg-cm-es nyomatékkal bír. Ez a több mint másfélszeres teljesítménynövekedés tökéletesen megfelelt. A motor



8. ábra: Savox SH-0255MG mikroszervo

fém fogaskerekeiből kifolyólag strapabíró is és 4,8 volton 0,16 másodperc alatt tesz meg hatvan fokot. Így a nagy nyomatékemelkedés mellett a robot nem vesz a gyorsaságából.

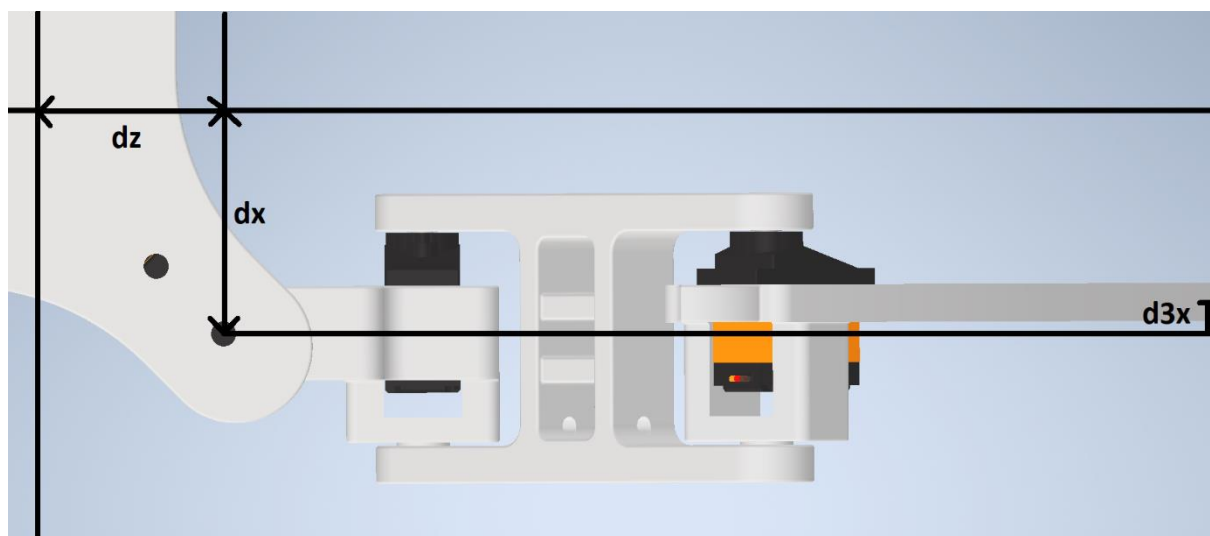
4. Új paraméterek

A robot felélesztéséhez elengedhetetlen a vezérlő programjában eltárolt szerkezeti paraméterek és offsetek újra számolásához. A félév során az offset paraméterek beállítására nem került sor, mert sajnálatos módon a robot sem került kinyomtatásra, a fizikai robot elengedhetetlen az offsetek kiszámításához. Így a továbbiakban a szerkezeti paraméterekről lesz szó.

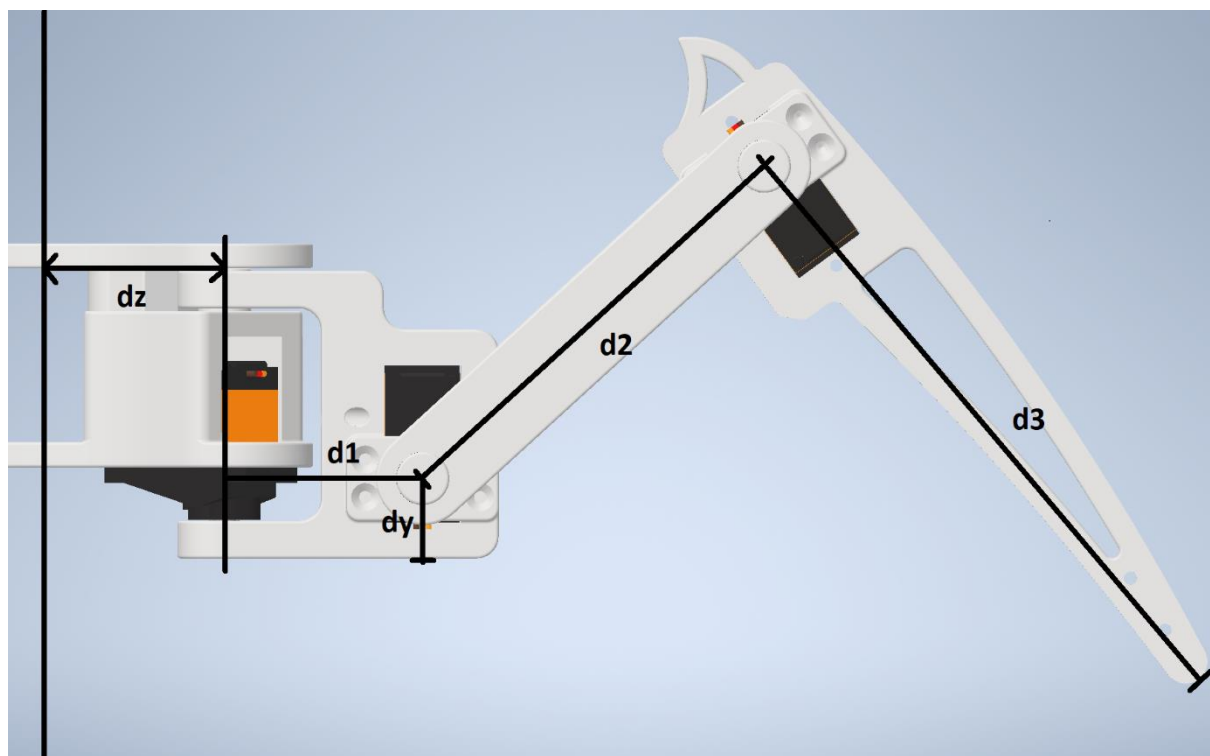
1. táblázat: A robot egy lábának paraméterei mm-ben megadva

láb	d_x	d_y	d_z	d_1	d_2	d_3	d_{3x}
jobb első	75	12,85	-52,5	31,7	74	107,5	-4,5
jobb hátsó	-75	12,85	-52,5	31,7	74	107,5	4,5
bal első	75	12,85	52,5	31,7	74	107,5	-4,5
bal hátsó	-75	12,85	52,5	31,7	74	107,5	4,5

A d_x , d_y és d_z a láb első csuklójának tengelyébe való eltolást határozza meg, a második motor tengelyének a magasságában. A d_1 paraméter az első és második csuklók tengelyei közötti távolságot, míg a d_2 paraméter a második, illetve harmadik motor tengelyei közötti távolságot határozzák meg. A d_3 a láb végének hosszát határozza meg és a d_{3x} pedig az első motor tengelyétől mért eltolást határozza meg, oldal irányban. Ez megegyezik a második és harmadik motorok tengelyeinek irányával. A táblázat értelmezését segíti a 18. és 19. ábra.



10. ábra: A robot egy lábának paraméterei felül nézetből

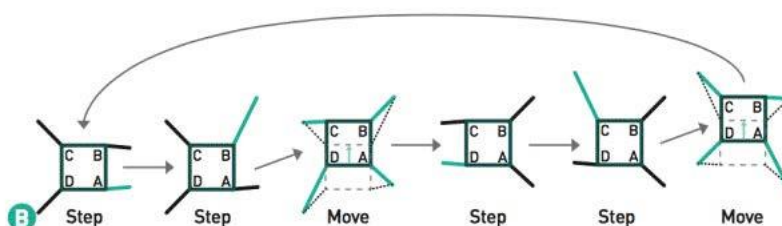


9. ábra: A robot egy lábának paraméterei oldalnézetből

5. A robot mozgása

A robot mozgása Babits Mátyás munkája óta nem volt továbbfejlesztve, azonban a távlati tervek között szerepel a mostani képességek kibővítése, ezért tanulmányozás alá lett véve a robot mostani mozgási megoldása.

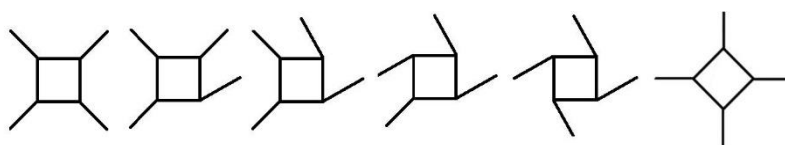
5.1. Előre haladás



11. ábra: Kúszó előre haladó mozgás. Babits Mátyás munkájából másolva.

A robot előre haladását két szinte azonos lépésre lehet felbontani. A lépéseket a teljes test mozgatása választja el, ekkor egyik láb sem hagyja el a talajt és csak a robot teste mozdul. A robot kúszó mozgással mozog előre, mely azt jelenti, hogy egyszerre csak egy lábat emel el a földtől és lábait egymás után teszi előre. Az első lépésben a jobb oldali lábait teszi előre, először a hátsót, majd az első, ezután a teljes testét előretolja. A második lépésben a bal oldali két lábát teszi előre, hasonlóan az első lépéshez. A teljes lépéssorozatot a test második előretolása zárja, majd az egész kezdődik ellőről. A folyamat a 20. ábrán látható.

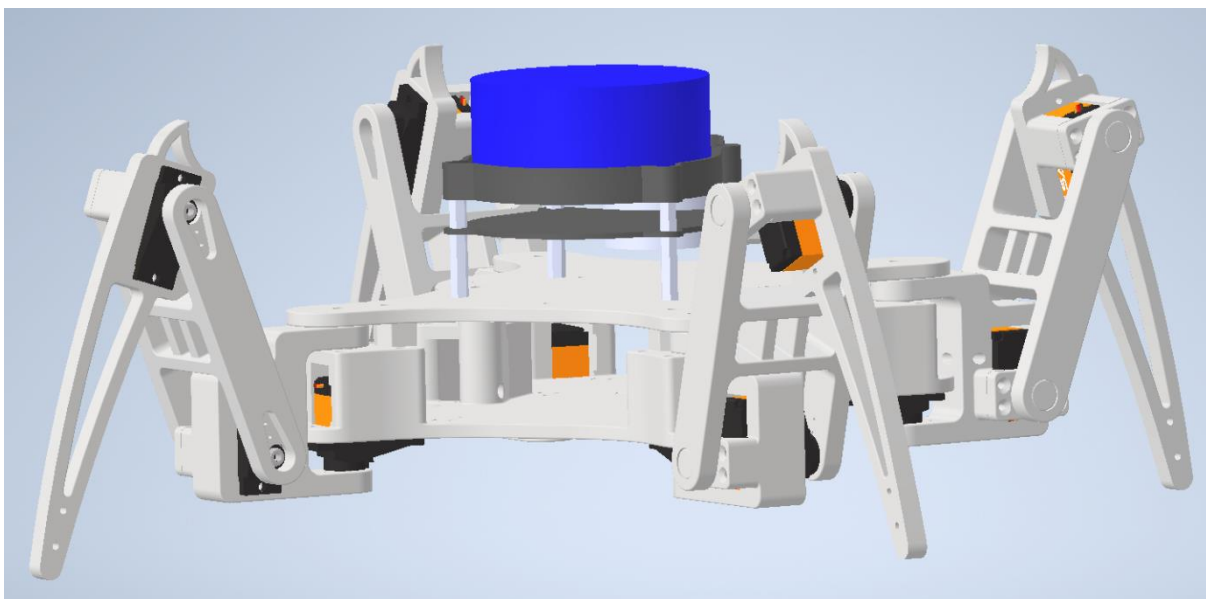
5.2. Forgó mozgás



12. ábra: Forgó mozgás. Babits Mátyás munkájából másolva.

A pókszerű robot középpontja körüli forgását, hasonlóan az előre haladáshoz, úgy oldja meg, hogy egyszerre csak egy lábat emel meg. Mind a négy lábát egymás után a teste köré forgatja. Ezután kiforgatja a testét úgy, hogy csak minden lába a földet éri. Ezzel a mozgással egyszerre a robot 45 fokot képes mozdulni.

6. Távlati célok



Sajnálatos módon a félév második felében nem lehetett nyomtatni a tanszéki 3D nyomtatón, így nem volt alkalmam legyártani a pókszerű robotot. Azonban a szakdolgozatomat is ebből a témából tervezem írni így már a nyáron, amint tudom meg szeretném építeni.

Szeretném megérteni a robot ROS rendszerbe való integráltságát, hogy tovább tudjam fejleszteni ezen a téren is. Ezzel elérve ugyanazt a pontot, ahol Lóránt abbahagyta a munkát, ám mechanikailag egy teljesen új roboton.

Rengeteg fejlesztési lehetőség van a robot mozgásában, a jelenlegi előrehaladást, és forgást ki lehet bővíteni a robot testének orientációjának megváltoztatása nélküli több irányú mozgással, illetve olyan funkciókkal, amellyel csak a robot testét mozgatja és minden láb a talajon marad.

Ha a jövő félévben lesz lehetőségem rá, akkor szeretném, ha kiegészíthetném a robotot az ötödik, illetve a hatodik lábbal is. A bővítés nagy előrelépés lenne a mozgások fejlesztésében, hiszen sokkal gyorsabban mozogna, mert egyszerre elég lenne, ha csak három lába lenne a földön.