

SZAKDOLGOZAT

Vadas Bence
Mechatronikai mérnök

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Mechatronikai mérnöki Szak

Oktatási segédanyag fejlesztése mobilrobot programozáshoz

Belső konzulens:	Tóth János Egyetemi tanársegéd
Külső konzulens:	Köles Barbara
Készítette:	Vadas Bence RCOV1T Nappali tagozat
Intézet/Tanszék:	Mechatronikai és folyamatirányítási tanszék

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés.....	5
1.1. Téma	5
1.2. Célkitűzés	6
2. Szakirodalom feldolgozás	7
2.1. Internet of Thing	7
2.2. Robotok csoportosítása	8
2.4. Robotok mozgása.....	11
2.5. Meghajtás.....	13
2.6. Szenzorok	16
2.7. Energiaforrás.....	18
2.8. Robotok irányító rendszere.....	18
2.9. Mobil robotok kinematikája	19
2.10. Akadály elkerülés	21
2.11. ROS	23
2.12. 3D nyomtatás	25
3. Mechanikai tervezés	26
3.1. Vezérlő egység.....	26
3.2. Akadály felismerés	27
3.3. Motorok és vezérlők	28
3.4. Vázszerkezet	31
3.5. Energia ellátás.....	33
4. Elektronikai tervezés.....	35
4.1. GPIO használata	35
4.2. Motorvezérlők.....	36
4.3. Szenzorok	36

5. Programozás	39
5.1. Alapvető irányítás.....	39
5.2. Mozgási lehetőségek.....	40
5.3. Távolság mérés	41
5.4. Akadály elkerülése.....	43
6. Gazdasági számítás.....	45
7. Összefoglalás	46
8. Summary	47
Irodalomjegyzék	48
Mellékletek	50

1. Bevezetés

A robotika egy olyan mérnöki és számítástechnikai ág, amely a robotok tervezésével, kivitelezésével, üzemeltetésével és alkalmazásával foglalkozik. Napjainkban a robotika, mint iparág rohamosan fejlődik.

1.1 Téma

A robotokat főleg folyamatok automatizálására használják a hatékonyság növelése érdekében az olyan területeken, mint a gyárak, repülőterek laboratóriumok, irodák, de még az otthonunk is. A különféle típusú robotokról - például földi, repülő, ipari, nano-robotok - kialakításukat tekintve elmondható, hogy az alkalmazásukkal együtt változnak és felhasználási területük korlátlan. Jelen környezetben a legnagyobb húzó ágazatok a fejlődést tekintve az autóipar, a hadi ipar, az egészségügy és az űrtechnika. A robotok végső célja, hogy az emberi munkaerőt leváltva egy sokkal precízebb, gyorsabb, egyszerűbb vagy akár ember által megvalósíthatatlan munkafolyamatot hozzunk létre, legyen az bármilyen általunk kitűzött feladat.

A nem helyhez kötött, hanem mobilis robotok hatékonysága számos alkalmazásban bizonyított, különösen az olyan veszélyes területeken, ahol bizonyos feladatok elvégzése érdekében az emberek távolról vezérelhetik őket, saját testi épségüket védve. Az egyik legegyszerűbb és hasznosabb egészségügyi mobil robot eszköz az elektromos tolószék, amely a rászorultak mindennapjában segíti a közlekedést. Az iparba egyik legújabb fellendülése az önműködő raktárak használata, ahol önjáró robotok kezelik a teljes raktárkészlet mozgatását. Ezen kívül szórakoztató vagy akár hadi szemszögben is megjelentek az úgynevezett drónok formájában.

1.2 Célkitűzés

Az új generációk minden más nemzedéknél jobban értenek a technikai vívmányokhoz, számukra természetesen használt dolog az okos óra, az okos szemüveg, a virtuális világ. Ezeknek a gyerekeknek a megfelelő fejlődéséhez új módszerekre, eszközökre, szemléletre van szükség. A gyerekeket számítógépen, tableten vagy robotokkal végzett feladatokkal könnyebb motiválni, fokozza a tanulási kedvüket, célszerűen használva ezeket az eszközöket biztosítható a fejlődésük.

A szakdolgozatom egy mobil robotnak a megtervezését mutatja be, amelyet a diákok saját maguk szerelhetnek össze. A tervezés fő célja, hogy a mechatronikai mérnök hallgatók egy olyan project munkán vehessenek részt, amelyen a tanulmányaik során összegyűjtött tudás nagy részét egyetlen robotikai probléma megoldására fókuszálhatják. A robot egy kézzelfogható, önálló, valós hardverdarab. A diákok sokkal jobban tudnak kapcsolódni egy robothoz, mint egy szoftverhez, mert a megoldandó feladatok gyakorlati jellegűekké válnak. A mobil robotprogramozás élvezetes és inspiráló a diákok számára. Az a tény, hogy van egy mozgó rendszer, amelynek viselkedését meg lehet egy szoftver által határozni, kihívást jelent.

A robot megalkotása kiindulópontot jelent, alapot biztosít a későbbi összetettebb projektekhez. Átalakítható, átformálható, kibővíthető, funkcióját tekintve egyszerűen megváltoztatható, oktatási célokra bemutató egységként alkalmazható.

Az általam készített robot feladatként azt kapta, hogy önmagától jusson el egy adott pontba, miközben kikerüli az útjába eső akadályokat.

2. Szakirodalom feldolgozás

A dolgozatban felhasznált eszközök és módszerek ismertetése, bemutatása.

2.1. Internet of Things

Az ipari forradalmak a történelmünk során nagyban befolyásolták az emberiséget. A technológiák fejlődésével egyre könnyebb, egyszerűbb és gyorsabb lett az életünk.

A mechatronikai mérnökség egyik legfontosabb feladata a különböző rendszerek/folyamatok irányítása, egyszerűsítése, felgyorsítása. A fejlődő világunk 3. ipari forradalmában létrejött személyi számítógépek (PC-k) több szempontból is hasonló célokból alakultak ki. Ennek a korszaknak köszönhetjük az automatizálás megjelenést, ahol mindent gépek vagy más technológiák működtetnek, így lehetővé teszik a folyamatok emberi beavatkozás vagy munkanélküli lebonyolítását.

A technológiai fejlődés azonban soha nem áll le. Jelenleg is a 4. ipari forradalmat éljük, bár sokan nem is tudunk róla. A jelenlegi korszakunknak a célja ugyanis, hogy a már létező technológiákat a lehető legjobban kihasználjuk, összehangoljuk és létrehozzunk a lehető legkönnyebb módját az emberek és gépek közötti kommunikációnak.

Az Ipar 4.0 technológiák fizikai és digitális technológiákra csoportosíthatók. A fizikai technológiák főként olyan gyártási technológiákra utalnak, mint az additív gyártás, vagy a szenzorok és drónok. A digitális technológiák főként a modern információs és kommunikációs technológiákat jelentik, mint például a számítási felhő, a blokklánc, a big data elemzése és a szimulációk. [1]

Az internet által sokkal egyszerűbbé vált a kommunikáció, de nem csak az emberek között, hanem a gépek-gépek között is. Az „Internet of Things” néven futó ipar 4.0-ban a központi felhő segítségével elérhető minden adat, információ és irányítható/vezérelhető minden eszköz, amit a gyártásban alkalmaznak egyetlen központi vezérlőpanelről.

Az „IoT” nem csak az iparba, hanem a társadalomba is nagy újításokat hozott, legyen szó az okostelefonokról, órákról háztartási eszközökről. Az egyik ilyen egyre népszerűbb modern trend, az okosházak létrejötte. Az ilyen épületeket nagy része, vezérelhető lehet kényelmi vagy szórakoztatási okokból, egyetlen rendszer alatt és akár a telefonunkról is irányítható.

2.2. Robotok csoportosítása

Az ipari robotokat általában számos alapvető ipari feladatra használják: anyagmozgatás, gépi rakodás, hegesztés, festékszóró festés és szerszámkezelés. A mérnököknek jól ismernie kell a robotok működését, hogy egy adott feladathoz, megfelelő robotrendszert tudjanak meghatározni. A robotoknak éppúgy vannak korlátai, mint az embereknek, a legmegfelelőbb alkalmazásuk, az ismétlődő munkálatok elvégzésének kiváltásából adódik. [2.]

A robotok vizsgálata során rendkívül sok szempontból tudjuk azokat csoportokra osztani.[3.]

Az anyagkezelő berendezések fő funkcionális egységei szerint lehetnek:

- tároló
- leválasztó
- mozgató
- tartó
- vizsgáló

A kézi irányítású berendezések között két csoport különböztethető meg:

- manipulátor
- teleoperátor

Az ipari robotok átprogramozhatósága szempontjából lehetnek:

- önálló programbefolyásolás nélküli
- programszelekciós
- programadaptációs

A robotok térben való mozgását kinematikai úton meghatározhatjuk az összekapcsolt tagok és a rájuk ható kényszerek által. A csatlakoztatott részek általános mozgási fajtái a forgó és az egyenes vonalú mozgás. Ezeknek a mozgásfajtáknak a kombinációjával többféle mozgás típusú robot is leírható, melyek közül a leggyakrabban használtak:

- derékszögű koordinátarendszerű
- henger koordinátarendszerű
- gömbi koordinátarendszerű
- csuklós rendszerű

A robothajtási rendszerek energiaforrásaikat tekintve:

- Pneumatikus
- Hidraulikus
- Villamos

Robotok megfogó szerkezetei:

- alakzáró
- erőzáró
- (vákuumos)

Külvilágból bejövő információ feldolgozása:

- külső szenzor
- belső szenzor

Mobilitásuk alapján lehetnek:

- Helyhez kötött robotok
- Mobilis robotok

A robotika fokozatosan megváltoztatja a rutinfeladatokat végrehajtását, alkalmazásuk leegyszerűsíti a munkát, időt takarít meg, növeli az általános termelékenységet. Egyre több iparág alkalmazza őket, beleértve a kereskedelmi és a háztartási szektort. Minden feladathoz használnak robotokat, legyen az egyszerű vagy összetett. [4.]

Ennek okán érdemes feladatkörük szerint is külön csoportosítani őket:

Ipari robotok

Az ipari robotok azonos jellemzői, hogy helyzetük megváltoztatására nem alkalmasak, rendszerint olyan feladatokat látnak el, amelyek nagy precizitást és gyorsaságot követelnek meg, vagy monotonok, veszélyesek, nehéz fizikai munkát igényelnek. Sok különböző munkafolyamatban alkalmazhatóak, így a gyártástól kezdve, az összeszerelésen át a csomagolásig. Elsősorban az autógyártásban és a mikroelektronikában találkozhatunk velük. [5.]

Egészségügy

A robotsebészet a sebészet egy viszonylag új ága, amely sebészeti műtéteket robotok segítségével végez. Előnyei a precíz kivitelezés, a miniatürizálás lehetősége, a kézi gyakorlatnál sokkal nagyobb artikulációra való képessége és az operáció közvetlen színhelyének háromdimenziós felnagyíthatósága. [6.]

Közlekedés

Az önvezető autók mögött meghúzódó ötlet meglehetősen egyszerű: építs egy autót kamerákkal, amelyek nyomon követhetik a körülötte lévő összes tárgyat. Az autónak képesnek kell lenniük a célállomásra történő navigálásra, reagálnia kell, ha bele vezetne egy tárgyba és ismernie kell az összes vezetési szabályt. Alapvető technológiák már jelenleg is használatban vannak. Legyen szó fejlett vezetőtámogató technológiáról, vagy az önparkoló technológiáról, amely automatikusan felméri a parkolási helyet és magától bekormányozza az autót. [7.]

Űr robotok

Az űrszondák olyan személyzet nélküli űreszközök, melyek Naprendszer-kutatási célokat szolgálnak. Olyan helyeken használatosak, ahol nagyon nehezen vagy egyáltalán nem lehetséges az emberi jelenlét. Ilyen önjáró robotok például a Marsi Roverek.

A küldetésük tudományos céljai között elsőként a kőzetek és talajok széles skálájának felkutatása és jellemzése volt a Marson múltbeli víztevékenységre utaló nyomok érdekében.[8.]

Hadi ipar

Ma sok katonai szervezet veszi igénybe a segítséget katonai robotoknak kockázatos munkákhoz, például égi megfigyelés drónok segítségével, vagy bombahatástalanító robotok. Sokan úgy gondolják, hogy a modern hadviselés jövője az automatizált fegyverrendszerekben rejlik. [9.]

Háztartás

A robotikai fejlesztések ugyan még nem érték el az emberi flexibilitást, mozgékonytságot és ügyességet, ám az egyszerű célokat kivitelező speciális gépek egyre elterjedtebbé válnak a háztartásokban. Körülbelül félmillió amerikai lakásban használnak robot-porszívót és az egyéb, például helyi hálózatokat kontrolláló, frissen mosott ruhákat szortírozó, konyhát felsikálószerkezetek pedig nemsokára szintén piacra kerülnek. [6.]

2.3. Robotok mozgása

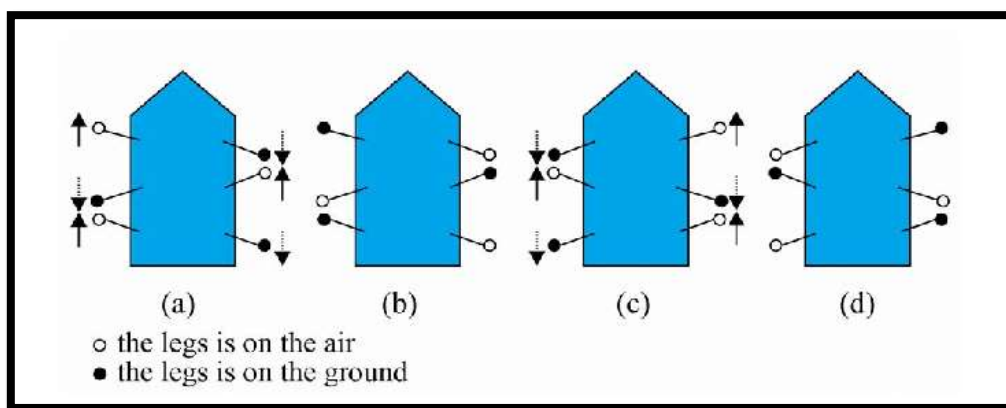
Számos különböző mozgástípus létezik a földön mozgó kis mobil robotok számára. Általában két típusra oszthatók: lábasra és kerekre. A lábon járó mozgás nagyon sokoldalú, de nem olyan hatékony, mint a kerek mozgás, amikor a terep sík. A kerék messze a legnépszerűbb mozgási mechanizmus a mobil robotikában és az ember alkotta járművekben egyaránt. Nagyon jó hatásfok érhető el vele, és az egyensúlyozás általában nem jelent problémát a kerek robotok tervezésénél, mert a kerek robotokat szinte mindig úgy tervezik, hogy minden kerék egyszerre érintkezzen a talajjal.[10.][11.][12.][13.]

Lábbal való mozgás lehetséges kettő-, négy- vagy hat lábbal.

Biped (kétlábos): Ha emberek végzik, a kétlábú mozgást az statikailag nem stabil. Lehetőség van azonban statikusan stabil kétlábú mozgásra. Ennek megvalósításához a sétamozgást viszonylag lassan kell végrehajtani, és a robotnak egy lábon kell egyensúlyoznia. Ez utóbbi általában úgy történik, hogy a lábfejet nagyon meghosszabbítják, sokkal nagyobbra, mint amennyire az embernél szükséges. A stabilitás növelésének másik módja, ha a tömegközéppontot a lehető legalacsonyabbra helyezzük.

Quadruped (négylábos): Az előzőhöz képest sokkal stabilabb. Lábanként 2 motorral működik, így minden láb 3 szabadsági fokkal képes mozogni.

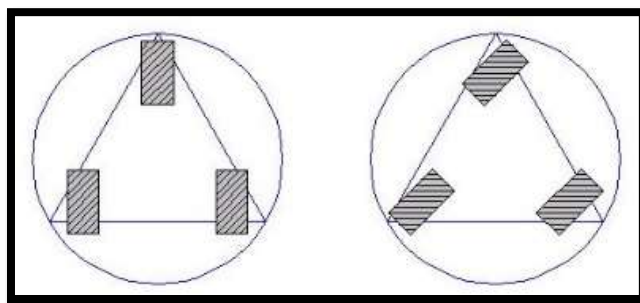
Hexapod (hatlábos): A hatlábú mozgás nagyon gyakori a természetben. Az állványkapu használatával a rovarok három lábukat mozgathatják, miközben a másik három láb támogatja őket, így kiváló statikus stabilitást alkotnak.



1. ábra: Hexapod mozgás [11.]

Kerékekkel való mozgás (leggyakrabban előforduló formái):

Szinkron meghajtás: A szinkronhajtás egy kétmotoros, három/négy kerék meghajtású konfiguráció, ahol az egyik motor az összes kereket olyan módon forgatja, hogy mozgást hozzon létre, a másik motor pedig az összes kereket forgatja az irányváltoztatás érdekében.



2. ábra: Szinkron hajtás [12.]

Autó típusú hajtás: Nagyon gyakori a "valós világban", de nem olyan gyakori a "robotvilágban". Az autós típusú mozgás (és rokona, a triciklimozgás) jellemzője egy pár hajtott kerék és egy külön kormánykerékpár (a tricikliben csak egyetlen kormánykerék)

Differenciális hajtású: Kétkerék meghajtású rendszer, mindkét kerékhez független motorokkal működtetve. A név arra utal, hogy a robot mozgásvektora a független kerekek mozgásának összegéből adódik. A meghajtó kerekeket általában a robot oldalán helyezkednek el. A harmadik nem meghajtott kerék pedig egy önbeálló kerék, amellyel a robot állványszerű tartószerkezetet képez.

Csúsztató kormányzó hajtású: Általában láncaltpas járműveken, például tankokon és buldózereken, de egyes négy- és hatkerekű járműveken is használják. Ezeken a járműveken a kerekek (vagy láncaltpok) mindkét oldalon különböző sebességgel hajthatóak előre és hátramenetben (az egyik oldalon lévő összes kereket azonos sebességgel hajtják). Nincs kifejezett kormánymechanizmus, ahogy a neve is sugallja, a kormányzás úgy valósul meg, hogy mindkét oldalt eltérő ütemben vagy más irányban működtetik, ami a kerekek vagy a láncaltpak megcsúszását okozza a talajon.

2.4. Meghajtás

Az elektromos motorok úgy működnek, hogy az elektromos energiát mechanikai energiává alakítják át mozgási energia létrehozása érdekében. Az erő a motoron belül a mágneses mező és a tekercs váltakozó vagy egyenáramának kölcsönhatása révén jön létre. Az áramerősség növekedésével a mágneses tér erőssége is nő. [14][15][16][17]

Az iparban sokféle motor kapható. A robotalkalmazásokban általában használt motorok a következők szerint osztályozhatók: váltakozó áramú motorok, egyenáramú motorok, egyenáramú motorok kefe nélkül, hajtóműves egyenáramú motorok, szervó motorok és léptető motorok.

Az egyenáramú kefemotorok az egyik legegyszerűbbek, és számos készülékben, játékban és autóban megtalálhatók. Érintkezőkeféket használnak, amelyek egy kommutátorhoz kapcsolódnak az áram irányának megváltoztatásához. Előállításuk olcsó, vezérlésük egyszerű, és alacsony fordulatszámon kiváló nyomatékkal rendelkeznek

A kefe nélküli egyenáramú motorok állandó mágneseket használnak a forgórészükben. Népszerűek a repülőgépek és földi járművek hobbi piacán. Hatékonyabbak, kevesebb karbantartást igényelnek, kevesebb zajt keltenek, és nagyobb a teljesítménysűrűségük, mint a kefés egyenáramú motoroké.

A hajtóműves egyenáramú motorok a kefés egyenáramú motorok továbbfejlesztett változatai. A motorhoz hajtóműszerelvénnyel van rögzítve. A motor fordulatszámát percenkénti fordulatszámban (RPM) mérik. A fogaskerekek megfelelő kombinációjával az egyenáramú motor fordulatszáma a nyomaték növelésével csökkenthető. Ez stabilitást biztosít a motor forgásában, és a motor szabályozott módon leállítható vagy sebessége változtatható.

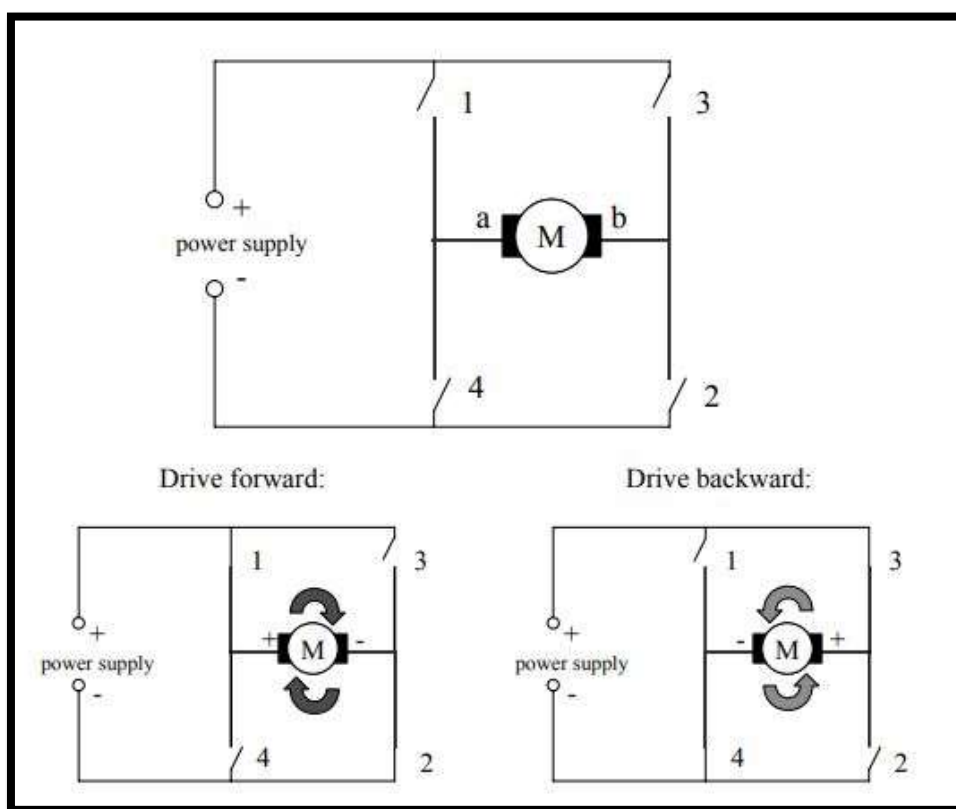
A léptető motorok megtalálhatók a nyomtatókban, szerszámgépekben és folyamatvezérlő rendszerekben. Nagy nyomatéktartásra készültek, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy egyik lépésről a másikra léphessen. Van egy vezérlőrendszerük, amely a pozíciót a meghajtóhoz küldött jelimpulzusokon keresztül határozza meg, amely ezeket értelmezi és arányos feszültséget küld a motornak.

A szervomotor egy másik népszerű hobbi piaci motor, mert precíziós helyszabályozásra használatosak. Ezek egy motorból, potencióméterből és egy vezérlő áramkörből állnak, és többnyire impulzusszélesség-modulációval (PWM) vezérlik, elektromos impulzusok

küldésével a vezérlővezetékre. A szervók AC vagy DC lehetnek. Az AC szervók nagyobb áramingadozást is képesek kezelni, és ipari gépekhez használják, míg az egyenáramú szervók kisebb hobbi alkalmazásokhoz valók.

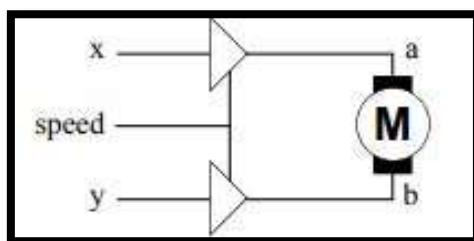
2.5. Motorvezérlés

A H-híd működtetése, a „H” betűhöz való hasonlóságából kapta a nevét. Van egy motorunk a és b kivezetéssel, a tápegység pedig „+” és „-” jelzéssel. Az 1. és 2. kapcsoló zárása az a-t a „+”-val, a b-t pedig a „-”-vel kötjük össze: a motor ilyenkor előre halad. Ugyanígy a 3-as és 4-es bezárása az a-t a „-”, a b-t pedig a „+”-val köti össze: a motor ekkor pedig visszafelé jár. [11.]



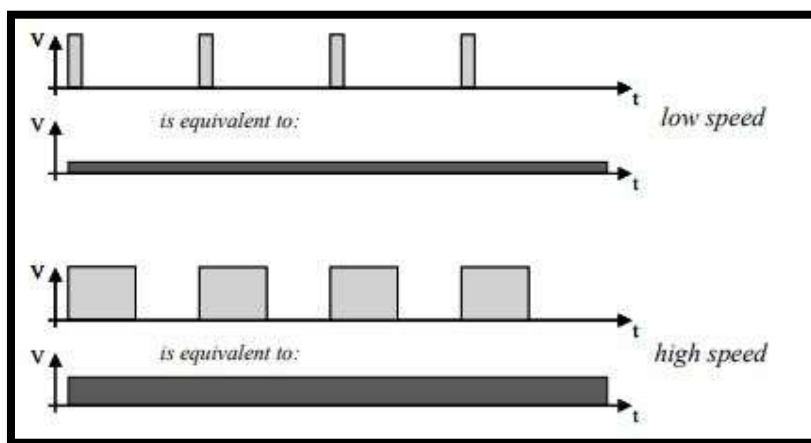
3. ábra: H-híd és működése

A H-híd megvalósításának módja a mikrokontroller használatakor a teljesítményerősítő chip használata a vezérlő digitális kimeneti érintkezőivel vagy egy további reteszrelővel kombinálva lehetséges. A két x és y bemenet a bemeneti feszültség kapcsolásához szükséges, így az egyiknek „+”, a másiknak „-”-nak kell lennie. Mivel elektromosan le vannak választva a motorról, x és y közvetlenül csatlakoztatható a mikrokontroller digitális kimeneteihez. Tehát a motor iránya szoftveresen megadható, például az x kimenetet logikai 1-re, az y kimenetet logikai 0-ra állítva. [11.]



4. ábra: Motor irány szabályozása

Az impulzusszélesség-moduláció vagy röviden PWM egy intelligens módszer az analóg tápáramkörök elkerülésére azáltal, hogy kihasználja azt a tényt, hogy a mechanikus rendszereknek van bizonyos késleltetése. A kívánt motorfordulatszámmal arányos feszültségű analóg kimeneti jel generálása helyett elegendő digitális impulzusokat generálni. Az impulzusszélesség szoftveres változtatásával megváltoztatjuk az egyenértékű vagy effektív analóg motorjelet is, és így szabályozzuk a motor fordulatszámát. A PWM jelet tartalmazó digitális kimeneti port ezután a teljesítményerősítő sebességi érintkezőjéhez csatlakozik. [11.]



5. ábra: Impulzus szélesség moduláció

A motor kalibrálása úgy történik, hogy megméri a motor fordulatszámát különböző beállításoknál 0 és 100 között, majd beírják a kívánt tényleges fordulatszám eléréséhez szükséges PW arányt egy motorkalibrációs táblázatba. [11.]

2.6. Szenzorok

A szenzorok olyan eszközök, amelyeket a mai modern világban a mérnökök előszeretettel alkalmaznak. A világban előforduló egyre több elektronikus készülék elterjedése miatt használatuk pedig elkerülhetetlen. Feladatuk, hogy a rendelkezésre álló fizikai mennyiségeket kiértékelhető jelekké alakítsák át, amelyek ezek után felhasználhatók vezérlés vagy szabályozás céljából. [15] [18]

A szenzorokat különböző csoportosítási formák alapján rendszerezük:

- mért jellemzők alapján,
- kimeneti változó jel szerint,
- alkalmazási terület szerint.

Egy szenzor akkor működtethető megfelelően, ha az érzékelendő mennyiség változását jól képes mérni és megfelelően feldolgozható jelet biztosít. Ezen felül a kimeneti jelnek más hatásokra nem változik a mértéke, valamint a szenzor működése során nem befolyásolja a mérendő jellemzőt vagy rendszert. [18.]

A szenzorok felépítése a nagyon egyszerűtől az igen összetettig változhat.

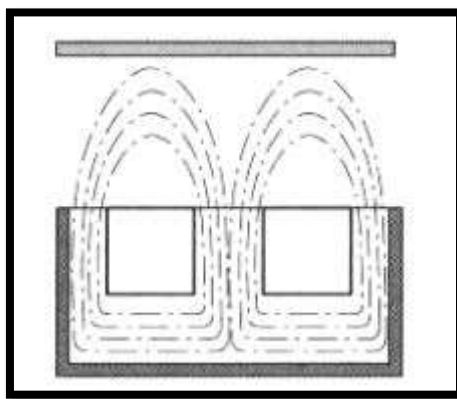
A szenzorikában a külső világ megfigyelésére felhasznált fizikai hatások:

- Mechanikai hatások
- Hőmérsékleti, termikus hatások
- Elektromágneses sugárzási hatások
- Villamos hatások
- Mágneses hatások
- Kémiai hatások

Az iparban felhasznált szenzorok nagy része objektum felismerésére szolgál (pl.: helyzetérzékelők), azonban ezek az eszközök távolságot, illetve térbeli pozíciót nem képesek felismerni, inkább csak jelenlét vagy közelség érzékelésre szolgálnak.

Az ilyen fajta szenzorok lehetnek:

- Mechanikusak, ahol az érzékelendő objektum közvetlenül fizikailag érintkezik és elmozdít egy érintkezőt, amellyel zár vagy bont egy kontaktust.
- Mágnesesek, (Reed relék) ahol mágneses tér hatására az érintkezők átmágneseződnek és egymáshoz kapcsolódnak, így módosítva a kontaktuson.
- Induktívak, ahol az oszcillátor létrehoz egy nagy frekvenciás váltakozó teret, amely gömb formájában kilép az érzékelő homlokfelületén. Amikor ebbe a térbe fém objektum kerül, a keletkező örvényáramok energiát vonnak el az oszcillátortól. Ezáltal az oszcillátor feszültsége leesik és az ezt a követő jelváltó (trigger) jelet ad ki. [5. ábra]



6. ábra: Induktív érzékelő [19.]

- Kapacitívak, ahol egy adott geometriai kialakítású kondenzátor lemezei (fegyverzete) között kialakuló elektromos térbe hatol bele a vizsgált objektum. A kapacitás változását észlelve kimeneti jelet kapunk.
- Optikaiak, ahol az objektum egy mesterséges fénysugár útjába áll, ezáltal megszakítva annak menetét. Ilyenkor a vevő fotocellával érzékelhető a fény változása. Az adó és a vevő lehet külön helyen, de akár egy házban is (ilyenkor a visszavert fény erősségét érzékeljük).

2.7. Energiaforrás

Mivel a robotunk autonom, mobil robot ezért feladatát külső energia felhasználása nélkül kell hogy végrehajtsa.

A mindennapokban különböző elektrokémiai áramforrásokat használunk. Vannak közöttük egyszerhasználatos és újra feltölthető megoldások. Mivel elektrolízis során elektromos energia alakul át kémiai energiává, ezért lehetőségünk van kellőképpen kivitelezett elektrolizáló cellákban elektromos energia tárolására. A napjainkban használatos energiahordozó berendezések a galvánelemek, amelyekben a kémiai reakciók során elektromos áram termelődik. Az elemek elektromos erejének a tulajdonsága azt a maximális feszültséget mutatja, amelyet az elektródok között mérünk, ha azon nem folyik át áram.

A manapság legelterjedtebb ceruza elemek a száraz elemek csoportjába tartoznak, az egyszerűbb kezelhetőség érdekében nem folyadék alapú elektrolízist használnak. Ezekben a másnéven szén-cink elemekben, az anód (negatív) pólus a cink henger maga az elem borítása, a katód (pozitív) pólus pedig egy szén rúd adja. Az elektrolitot egy paszta szerű nedvszívó anyag tartja, ammónium-kloridot, cink-kloridot és vizet tartalmaz. Az ilyen elemek feszültsége 1,5 V. A hagyományos szárazelemek használaton kívül is lemerülnek. A cinkhenger egyre vékonyabbá válik az oxidálódás közben és egy idő után kilyukad, használhatatlanná válik. Fejlődésük során nem nagy mértékekben változtak az elemek, az elméleti alapok ugyan azok maradtak. Egyéb modernebb elemek az alkáli (gomb) elemek, lítiumelemek. [20.]

Az akkumulátorok az elemekkel ellentétben újratölthető galvánelemként, elektrolizáló cellaként működnek. Felhasználhatóságuk szempontjából fontos jellemzőjük a méret és a kapacitás, azaz a kinyerhető töltésmennyiség is.

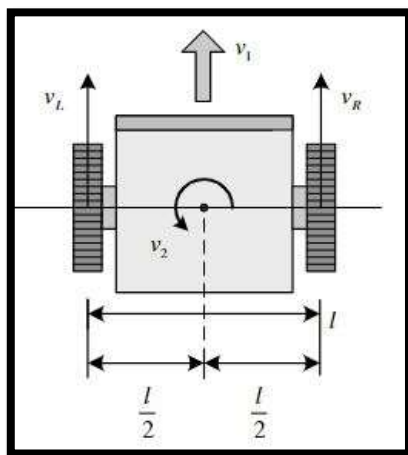
2.8. Robotok irányító rendszere

A robotok irányító rendszerének legfontosabb feladata, hogy annak előírt pályáját meghatározza és ezt a hajtórendszere és szenzorok segítségével végrehajtsa. Egyéb feladatai:[21]

- kapcsolat tartás a környezettel szenzorok segítségével
- hajtás szabályozó rendszer felügyelete
- programok tárolása
- robotegységek közötti adat kommunikáció fentartása.

2.9. Mobil robot kinematikája

Kinematikai elemzés alapján modellezzük a differenciálhajtású mobil robot vezetési jellemzőit, amely elméleti alapot ad a pályatervezéshez. Ahhoz, hogy bármilyen differenciálműves robotot egy síkban manőverezhessünk, a robotnak szüksége van egy V lineáris sebességre és egy θ irányra. A sebesség és a tájolás szabályozásával megtervezhető a robot útja. [22.]



7. ábra: Mobil robot sebessége, geometriája [22.]

A differenciálműnek két kereke van ugyanazon a tengelyen, és mindegyik kereket független motor vezérli. Határozzuk meg V_L -t a bal kerék sebességeként, V_R -t a jobb kerék sebességeként, L -t a két kerék távolságaként és r pedig a kerék sugara. A robot sebessége az egyes keréksebességek átlagából számolhatjuk. [22.]

$$V = \frac{V_R + V_L}{2}$$

Az egyes kerekek sebességét változtathatjuk, ahhoz, hogy a robot gördülő mozgást végezzen. A robotnak egy olyan pont körül kell forognia, amely a közös bal és jobb keréktengely mentén fekszik. Az a pont, amely körül a robot forog, az ICC (Instantaneous Center for Curvature) pillanatnyi görbületi középpont néven ismert és R távolságra helyezkedik el a robot középpontjától. A két kerék sebességének változtatásával változtathatjuk a robot által megtett pályákat. Mivel az ICC körüli ω forgási sebességnek mindkét kerékre azonosnak kell lennie, felírhatjuk a következő egyenleteket: [22.]

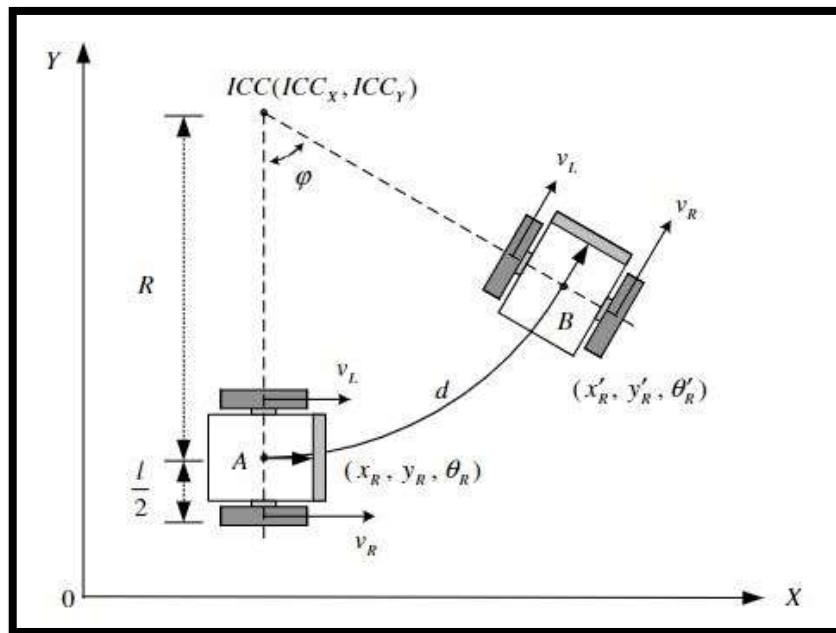
$$\omega \left(R + \frac{L}{2} \right) = V_R$$

$$\omega \left(R - \frac{L}{2} \right) = V_L$$

$$V_R : V_L = R - \frac{L}{2} : R + \frac{L}{2}$$

$$R = \frac{1}{2} \left(\frac{V_R + V_L}{V_R - V_L} \right)$$

$$\omega = \frac{V_R - V_L}{L}$$



8. ábra: Az ICC pont meghatározása [22.]

- Ha $V_L = V_R$, akkor egyenes vonalú lineáris mozgásunk van. R végtelenné válik, és gyakorlatilag nincs forgás, $\omega = 0$.
- Ha $V_L = -V_R$, akkor $R = 0$, és a robot a kerék tengelyének felezőpontja körül helyben forog.
- Ha $V_L = 0$, akkor a robot a bal kereke körül forog, ebben az esetben az $R = L / 2$. Ugyan ez igaz csak a jobb kerekre, ha $V_R = 0$.

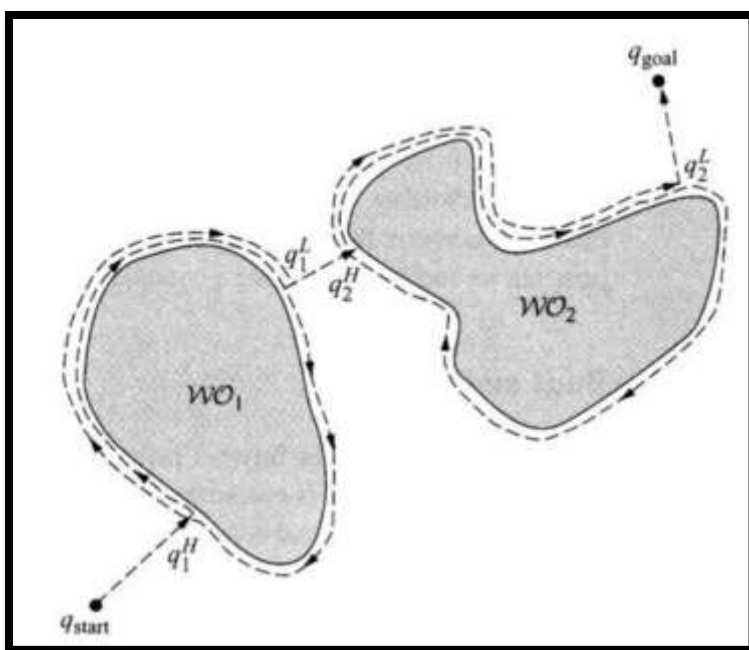
Amikor a mobil robot A-ból mozog $((x_R, y_R, \theta_R)$ pontból, t -időben), B-felé $((x'_R, y'_R, \theta'_R)$ pontba, $t + \Delta t$ időben) az ICC pont koordinátáit meg lehet határozni az alábbi egyenlettel:

$$ICC = [x_R - R \sin(\theta_R), y_R + R \cos(\theta_R)].$$

2.10. Akadály elkerülés

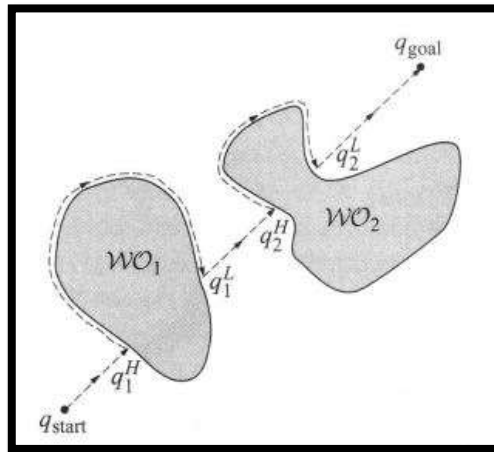
Primitív algoritmusokat a robot megállítására alkalmazunk, hogy elkerüljük az ütközést, de a modern technikák lehetővé teszik, hogy a robot megkerülje az akadályt, annak méreteinek valamilyen mennyiségi mérésével. Az akadályok elkerülésének legjobb technikája az adott környezettől és a felhasznált szenzoroktól függ.

A Bug1 az egyik legegyszerűbb algoritmus, amelyet ilyen célra lehet használni. Ebben az esetben a robot a legrövidebb, egyenes úton halad célpontjáiig. Egészen addig mozog amíg valamilyen akadályba nem ütközik. Az akadályt ekkor teljesen megkerüli és elkezd kiszámolni, hogy hol található az akadályon a célhoz számított legrövidebb pont. Ekkor ismételten körbe halad a testen, egészen a számított pontig, majd folytatja útját egészen a célpontjáiig vagy egy következő akadályig. [23.]



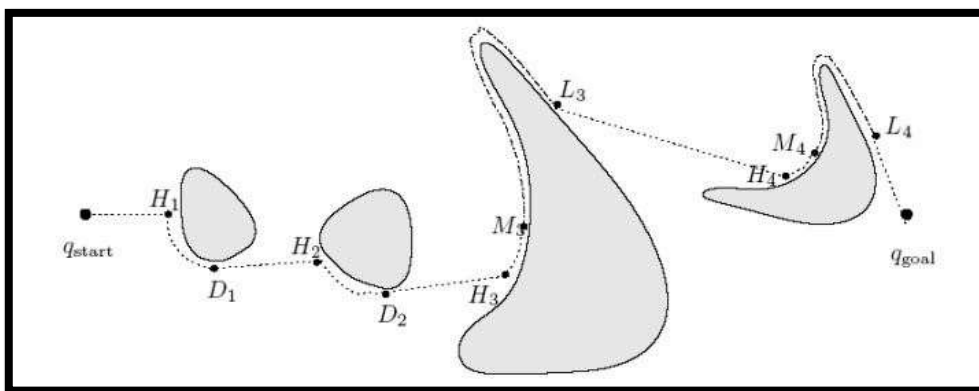
9. ábra: Bug 1 módszer [23.]

A Bug 2 algoritmus a Bug 1 algoritmus módosított formája. Ahelyett, hogy a minimális távolsági pontot keresné, a Bug 2 algoritmus a cél felé irányuló mozgás irányának megőrzésére összpontosít. A robot elindul a kezdeti helyétől egyenesen a célig. Akadállyal való találkozáskor elkezd megkerülni azt az előzőhöz hasonló módon. Amikor ismét eléri az eredetileg kiszabott egyeneset, abba hagyja az akadály szélének követését és az egyenest követi tovább a céljáiig vagy egyéb akadályig. Ebben az esetben a robotnak nem kell bekerítenie az egész objektumot. [23.]



10. ábra: Bug 2 módszer [23.]

A Distance Bug Algorithmus, ha akadállyal találkozik, elkezd követni az akadály szélét, és ezzel egyidejűleg kiszámítja és tárolja a távolságot az aktuális és a következő pozíciótól a cél felé. A kilépési pontot, ahol az akadálykerülésről a cél felé való mozgásra váltja a viselkedést, azon feltétel alapján választjuk ki, hogy a cél távolsága a következő pozíciótól nagyobb-e, mint az aktuális pozíciótól való megfelelő távolság. [23.]



11. ábra: Distance Bug módszer [23.]

A felsoroltak mellett még sok egyéb fajta módszer is létezik és alkalmazható, például: Tangent Bug Algorithmus, mesterséges potenciális tér vagy bubble band technika.

2.11. ROS [24.]

A Robot Operációs Rendszer egy keretrendszer a robotszoftverek írásához. Eszközök, könyvtárak és protokollok gyűjteménye, amelyek célja, hogy leegyszerűsítsék a bonyolult és robosztus robotviselkedés létrehozását különböző platformokon.

Számunkra ez azért jó megoldás, mert általános célú robotszoftver létrehozása az alapoktól rendkívül nehéz feladat. Az egyik oka annak, hogy a robotok szoftverfejlesztése gyakran nagyobb kihívást jelent, mint a többi fejlesztés, az, hogy a tesztelés időigényes és hibás lehet. Az összetett feladatok és környezetek valós változatainak kezelése olyan nehéz, hogy egyetlen egyén, laboratórium vagy intézmény sem remélheti, hogy a semmiből építsen fel egy teljes rendszert. Ennek eredményeként a ROS-t az alapoktól kezdve úgy építették fel, hogy ösztönözze az együttműködésen alapuló robotikai szoftverfejlesztést. A ROS-t nyílt forráskódúnak tervezték, hogy a felhasználók megválaszthassák a megfelelő eszközök és könyvtárak konfigurációját, ezáltal a robot szoftvere az alkalmazási területüknek megfelelően módosítható. Jól kidolgozott dokumentációval rendelkezik, előszeretettel használják az iparban és fejlesztésekhez is.

A ROS folyamatok csomópontokként jelennek meg egy gráfszerkezetben, amelyeket témakörnek nevezett élek kötnek össze. A legtöbb ROS-kliens kód ROS-csomópont formájában van, amely más csomópontoktól kapott információk alapján hajt végre műveleteket, információkat küld más csomópontoknak, vagy műveletekre vonatkozó kéréseket küld és fogad más csomópontoktól.

A „roscore” egy olyan szolgáltatás, amely csatlakozási információkat biztosít a csomópontoknak, hogy azok képesek legyenek üzeneteiket továbbítani egymásnak. Minden csomópont indításkor csatlakozik a roscore-hoz, hogy regisztrálja az általa közzétett üzenetfolyamok adatait, valamint azokat a folyamatokat, amelyekre fel szeretne iratkozni. Minden ROS rendszernek szüksége van egy futó roscore-ra, hiszen enélkül a csomópontok nem találhatnak más csomópontokat.

A ROS szoftverek csomagokba vannak rendezve, amelyek mindegyike kód, adat és dokumentáció valamilyen kombinációját tartalmazza. A ROS ökoszisztéma több ezer nyilvánosan elérhető csomagot tartalmaz. A cél kicsi, kezelhető funkcionális egységek létrehozása, amelyek ideális esetben újra felhasználhatók más robotokon.

Ezek a csomópontok önmagukban általában nem túl hasznosak. A dolgok csak akkor válnak érdekessé, ha a csomópontok kommunikálnak egymással, információt és adatokat cserélnek. Ennek legáltalánosabb módja a témák. A témakör egy meghatározott típusú üzenetfolyam neve. Ezek úgynevezett buszok, amelyeken keresztül a csomópontok üzeneteket küldenek és fogadnak.

Ha egy csomópont, amely információkat szeretne megosztani, üzeneteket tesz közzé a megfelelő témában vagy témákban, az információkat fogadni kívánó csomópont feliratkozik az őt érdeklő témára vagy témákra. A roscore gondoskodik arról, hogy a kiadók és az feliratkozni kívánók egymásra találjanak, maguk az üzenetek közvetlenül a kiadótól az előfizetőhöz kerülnek.

A szolgáltatások egy másik módja az adatok továbbításának a ROS csomópontjai között. Lehetővé teszik, hogy egy csomópont meghívjon olyan függvényt, amely egy másik csomópontban fut. Ennek a függvénynek a be- és kimeneteit az új üzenettípusok meghatározásához hasonlóan definiáljuk. A szerver (amely a szolgáltatást nyújtja) meghatároz egy visszahívást a szolgáltatáskérés kezelésére, és hirdeti a szolgáltatást. A kliens (aki hívja a szolgáltatást) ezután egy helyi proxyn keresztül éri el ezt a szolgáltatást.

A szervizhívások kétirányúak. Az egyik csomópont információt küld egy másik csomópontnak, és válaszra vár. Az információ mindkét irányban áramlik. Ezzel szemben, amikor egy üzenetet közzétesznek, nincs válasz fogalma, és még arra sincs garancia, hogy valaki feliratkozik ezekre az üzenetekre.

A szolgáltatáshívások egymás közötti kommunikációt valósítanak meg. Minden szolgáltatáshívást egy csomópont kezdeményez, és a válasz ugyanahhoz a csomóponthoz érkezik vissza. Másrészt minden üzenet egy témához kapcsolódik, amelynek sok kiadója és sok feliratkozója lehet. Lényegében, a kliens csomópont kérésnek nevezett adatot küld egy szervercsomópontnak, és várja a választ. A szerver, miután megkapta ezt a kérést, végrehajt valamilyen műveletet (számítást végez, hardvert vagy szoftvert konfigurál, megváltoztatja saját viselkedését stb.), és visszaküld néhány adatot, amelyet válasznak neveznek.

A koordinátakeretek és a köztük lévő transzformációk kezelésének számos módja van. A ROS-ben folytatva azt a filozófiát, hogy a dolgokat kicsiben és modulárisan tartsuk, elosztott megközelítést alkalmazunk, ROS témaköröket használva az átalakítási adatok megosztására. Bármely csomópont lehet az a hatóság, amely közzéteszi az aktuális információkat bizonyos

átalakítás(ok)hoz, és bármely csomópont feliratkozhat az átalakítási adatokra, így az összes különböző jogosultságtól teljes képet gyűjthet a robotról. Ez a rendszer a „tf” (transzformáció rövidítése) csomagban van megvalósítva, amelyet rendkívül széles körben használnak a ROS szoftverekben.

2.12. 3D nyomtatás

Az elmúlt évtizedekben a kommunikáció, a képalkotás, az építészet és a mérnöki tudományok mindegyike átesett a maga digitális forradalmán. Az Additive Manufacturing (AD) immár digitális rugalmasságot és hatékonyságot hozhat a gyártási műveletekbe. [24.]

Az additív gyártás számítógépes adattervező (CAD) szoftvert vagy 3D objektumszkennert használ, hogy a hardver rétegről rétegre precíz geometriai alakzatokba rakja le az anyagokat. Ahogyan a neve is sugallja, az additív gyártás anyag hozzáadásával hoz létre egy objektumot. Ezzel szemben, amikor hagyományos eszközökkel alkotunk meg egy tárgyat, gyakran eltávolítással formázunk, az anyagot marással, faragással, csiszolással vagy más módon formázzuk.[25.]

Különbőféle additív gyártási eljárások léteznek:

- anyag extrudálás
- porágy fúzió
- kötőanyag-sugárzás
- anyagsugárzás
- lap laminálás
- kád polimerizáció

Az anyag extrudálás jelenleg a legelterjedtebb köztudatban lévő 3d-s nyomtató módszer. Az eljárás során egy tekercs műanyag szálát nyomunk át egy felmelegített nyomtató fejen keresztül. A nyomtató fej általában a térben függőlegesen mozog „y” tengelyt határoz meg, a nyomtató tálca pedig vízszintesen az „x” és „z” tengelyeket járja be. A nyomtatófej hőmérsékletének változtatásával és az előre meghatározott mozgásával az olvadt anyagot rétegenként felépítve készíthetünk el tárgyakat.

3. Mechanikai tervezés

Ebben a fejezetben robot működéséhez szükséges és feladatának ellátásához nélkülözhetetlen alkatrészek kiválasztásáról és tervezéséről lesz szó.

3.1. Vezérlő egység

Az egylapos számítógépek, mint például a Raspberry Pi, olyan kis számítástechnikai eszközök, amelyek különféle célokra használhatók, beleértve, a programozás elsajátítását, média lejátszást, robotikai feladatok, az otthonunk automatizálása, de akár webböngészés vagy szövegszerkesztésre is képesek. A nyomtatott áramkörti kártyákat ipari alkalmazások széles körében is használják olyan területeken, mint például a digitális jelzések, mesterséges intelligencia, gyártásautomatizálás, érzékelés és nyomon követés, valamint a tágabb értelemben vett Internet of Things-ben (IoT). Jelen esetünkben a robot működtetésére, vezérlésére fogom használni.



12. ábra: Raspberry Pi

(forrás: Michael H. („Laserlicht“) : Raspberry Pi 4 Model B)

Azért választottam egylapos számítógépet, mikrokontroller helyett, mivel a mikrokontrollerek általában egyetlen programot futtatnak, és csak annak a feladatnak szentelik magukat. Az egylapos számítógépek több lehetőséget adnak a robot jövőjére nézve. Egyszerűen újra programozható, könnyen beágyazható olyan eszközökbe vagy alkalmazásokba, ahol korlátozott a hely, operációs rendszert tud futtatni, saját memóriája, tárhelye van, olyan perifériákkal rendelkezik, amelyekkel egyszerűen csatlakoztatható a szokásos szabványokhoz (például USB).

3.2. Akadály felismerés

A feladatom megoldásához valamilyen távolság mérésre alkalmas szenzort kellett keresnem. A tényleges távolságmeghatározáskor két pont távolságát értelmezzük, amely lehetséges egy-, kettő-, vagy három dimenzióban is. A nagyobb mérési tartományoknál hullámterjedéses szenzorok használhatók.

Az általam választott szenzor az ultrahangos távolságmérés elvét alkalmazza. Az ilyen mérés esetén a távolságot a mechanikai hanghullámok terjedési ideje alapján határozzuk meg. Egy ultrahang jel kiadására alkalmas adó, általában hangszóró egy ultrahang csomagot sugároz ki. Ez a hang csomag a jel leadásától fogva folyamatosan csillapodik, majd visszaverődik a mérendő tárgyról, aminek az adótól számolt távolságát meg akarjuk határozni. A visszaverődött hangcsomagot egy vevő érzékeli.

A tárgy távolsága a visszaverődési időből, és a hang terjedési sebességéből számítható.

Az általam választott szenzor elég gyakori a robotikai projektekben, mivel egyszerű felépítés van, olcsó és könnyen programozható.

HC-SR04-4P Ultrahangos szenzor [13. ábra]

- Mérési tartomány: 2cm-400cm 15°-os szög alatt
- Pontosság: 3mm
- Tápfeszültség: dc 5V
- Áramfelvétel: 15mA
- Méretek: 45x20x15mm



13. ábra: HC_SR04 (forrás: adafruit.com)

3.3. Motorok és vezérlők

A robotom mozgatásához a differenciális hajtású módszert fogom alkalmazni, tehát szükségem lesz 2db motorra és egy önbeálló kerékre. A két motornak elegendő nyomatékkal kell rendelkeznie a robot mozgatásához, de nem szükséges a precíziós mozgatás, tehát nem kell, hogy beépített encoder-rel, fordulatszám szabályozóval vagy helyzetjelző visszacsatolással rendelkezzenek.

Az általam választott hajtóműves motorok közkedveltek a mobilrobot építések terén. Ezek az egyszerű egyenáramú fogaskerekes motorok 1:48-as áttétellel, és 2 x 200 mm-es vezetékkel, próbapanel-barát 0,1"-es dugós csatlakozókkal rendelkeznek. Ideális táblához vagy sorkapcsokhoz való csatlakoztatáshoz. A motor fogaskerekei műanyagból készültek, de létezik fém kialakítású változata is, amellyel 1:90-es áttétel is lehetséges. Ez nagyobb nyomatékot, de lassabb forgási sebességet ad nekik, valamint a fogaskerekek lassabban használódnak el. A zajra és árra való tekintettel a műanyagos kiadást alkalmazom.



14. ábra: Motor A
(forrás: adafruit.com)



15. ábra: Motor B
(forrás: adafruit.com)

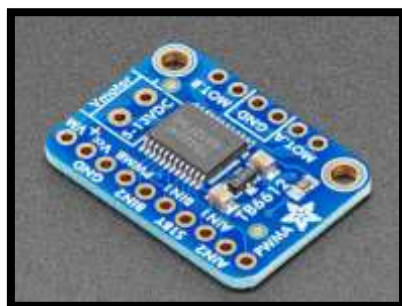
Technikai adatok:

- Névleges feszültség: 3~6V
- Folyamatos terhelés nélküli áram: 150mA +/- 10%
- Min. Működési sebesség (3V): 90+/- 10% RPM
- Min. Működési sebesség (6V): 200+/- 10% RPM
- Nyomaték: 0,15 Nm ~ 0,60 Nm
- Test méretei: 70 x 22 x 18 mm
- Súly: 30,6g

Mivel a villanymotorok (ha szimplán rákötjük őket az áramra) egy irányba és adott sebességgel forognak, ezért ha irányítani akarjuk, egy motorvezérlő áramkörre, úgynevezett H-hídra van szükségünk. Ez olyan szempontból is fontos, mivel egy motor sok energiát tud felvenni, a digitális kimenetek közvetlenül a motorhoz való csatlakoztatása tönkre teheti a mikrokontrollert. A H-híd egy elektromos áramkör, amit házilag is megépíthetünk, de mikrochip formájában meg is vásárolhatunk. A megfelelő lábakra bekötve a motorunkat, programozással vezérelhetjük a forgás irányát és sebességét.

A piacon fellelhető több fajta mikrochip is, amelyeket kifejezetten az egyenáramú kefések motorok meghajtásához hoztak létre kettős H-hidas felépítéssel: LB1836M, L298N, TB6612FNG, DRV8833, A4990.

A TB6612 chip képes két egyenáramú motort hajtására, valamint egy kétirányú, vagy egyirányú léptetőmotor működtetésére. Azonban csak körülbelül 1,2 Amper vagy annál kisebb áramerősség befogadására alkalmas. Korábbi társaihoz képest sokkal hatékonyabb és kevesebb hőt termel.



16. ábra (forrás: adafruit.com)

A Raspberry Pi-nek nincs sok impulzusszélesség-modulációjú (PWM) tűje, ezért szükségünk van egy motorvezérlő egységre. Ennek az eszköznek a segítségével több motort is vezérelni tudunk. A HAT (Hardware Attached on Top) modulok, olyan panelre utalnak, amelyek a Raspberry Pi egység tetejére illesztve kell elhelyezni, ezzel megkönnyítve az összeszereléssel járó folyamatot. Különböző kialakítású és teljesítményű modulok léteznek a piacon, amelyek közül válogatni lehet a megfelelő irányítás elérése érdekében.

Választás során, olyan modult kellett keresnem, amely Raspberry kialakításához passzol, a szükséges áram és feszültség értékekkel képes dolgozni, megfelelő chip kiosztással rendelkezik és az esetleges jövőbeli feladatok elvégzésére is alkalmas.

A közkedvelt L298N vezérlő board sajnos nem passzolt, hiszen Arduino projektekhez lett megalkotva, valamint robosztus kialakítása, hővezetője miatt nem lehet beépíteni.



17. ábra (forrás: hobbielektronikabolt.hu)

A feladatnak megfelelő általam választott panel 2 db TB6612 chippel rendelkezik, így egyszerre akár 4 DC motort vagy 2 léptető motort is képes irányítani (, jövőben egyéb robotikai feladatok megoldásához is alkalmas, amennyiben bővíteni szeretnénk robotunk feladatkörét).



18. ábra (forrás: adafruit.com)

A motorvezérlő kisebb, praktikusabb megoldásban is létezik, ugyan olyan hatékonysággal.



19. ábra (forrás: rpibolt.hu)

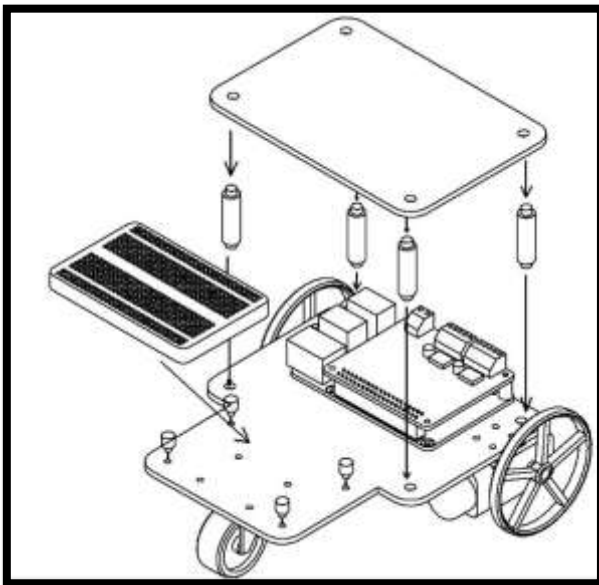
A motorok két alátámasztási pontot határoznak meg és működtetésükkel leírható a robot mozgása, de szükséges egy harmadik alátámasztási pont is, hogy a szerkezet stabil maradjon. Erre a feladatra egy önbeálló kereket alkalmazok, amely teljesen 360°-ban forgatható.



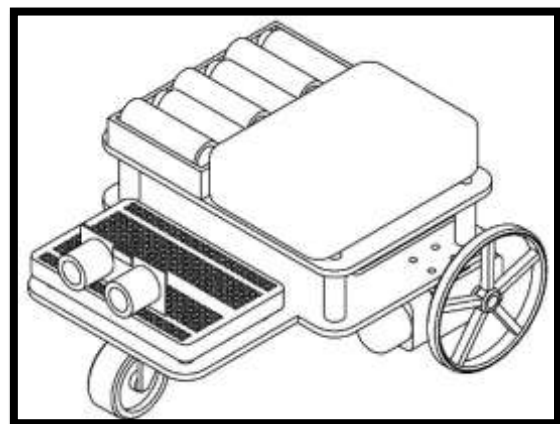
20. ábra: Önbeálló kerék (forrás: adafruit.com)

3.4. Váz szerkezet

A robotom vázát egy egyszerű lemez adja, amelyre csavarok és tartó elemek segítségével rögzítem az alkatrészeket. Ez a lemez a központi egység, erre kerül fel a Raspberry Pi a motorvezérlővel és a szerelőlap. A lemez aljához csatlakoznak a motorok, L alakú saroklemezek segítségével. A lemez tetejére pedig tartó elemek segítségével egy második lemez kerül, ahová az elemek és akkumulátor kerülnek.



21. ábra összeállítási rajz 1
(forrás: Inventor,saját forrás)



22. ábra összeállítási rajz 2
(forrás: Inventor,saját forrás)

A robot vázának elkészítéséhez a manapság egyre jobban elterjedő 3d-s nyomtatási módszert alkalmaztam. Az iparban jelenleg nem igazán jelenlévő az additív gyártás, hiszen még egy viszonylag új megmunkálási formáról van szó. Alapvető problémát jelent, hogy a nyomtatás sokkal hosszabb ideig tart a jelenleg használatban lévő munkafolyamatokhoz képest és az elkészült alkatrészek szerkezeti minősége nem mindig felel meg az elvártaknak. Habár a tömegtermelésben még nem képes megállni a helyét, a prototípus gyártásban annál jobban szerepel, ugyanis bármilyen számunkra megfelelő alkatrészek legyártására képes nagyobb fölösleg képzése nélkül.

Az általam használt nyomtató berendezés egy Creality Ender 3, ami működése közben műanyag szálát olvaszt meg és helyezi el az extrudált anyagot egy fűtött alapzaton. Általában PLA (PolyLactic Acid)-t szoktam használni a hobbi szintű gyártmányaimhoz, azonban a cél elérése érdekében most ABS (akrilnitril-butadién-sztirol) mellett döntöttem, mivel sokkal keményebb, kopás és ütésállóbb anyag, nagyobb szilárdsággal. Az anyag hátulütője, hogy gyártás alatt magasabb hőmérsékleten kell tartani az extrudáló fejet és lassabb nyomtatási sebességet kell alkalmazni, hogy ne keletkezzenek szálazódásból adódó probléma.

Egy átlagos nyomtatástól eltérően nem 10-30%-os kitöltöttséget alkalmazok, hanem teljes kitöltést, hogy a csavarok és tartó elemek képesek legyenek megfogatni a lemezben.

Az Autodesk Inventorban elkészített „stl” formátumú alkatrészeket Ultimaker Cura segítségével g-code formátumra formázom, hogy a nyomtató által értelmezhető réteges gépi kódot kapjak. Mivel csupán lemezekről van szó, így fölösleges alátámasztások nem léteznek, a tartókat vízszintesen fektetve nyomtathatom. Kisebb tartószegélyt alkalmazok, hogy ne rendüljön el az alkatrész nyomtatás közben.

3.5 Energia ellátás

A robot működéséhez szükséges energiaforrás biztosítása szintén feladatot jelent. A két nagy fogyasztója a Raspberry Pi és a motorok, amelyeket a motorsapkán keresztül látunk el.

Az elsődleges probléma abból adódhat, hogy a robotom folyamatos mozgásban van, ezért hálózati ellátás nem lehetséges, valamilyen hordozható megoldást kell biztosítanom.

A Raspberry Pi működtetése rendkívül egyszerű dolog, az okostelefonokhoz hasonló módon egy 5 V-os mikro USB táplálja őket, azonban a 4-es verzióhoz már USB-C típusú csatlakozó szükséges.

A Raspberry Pi egy technikaibb (és veszélyesebb) ellátásának módja a GPIO-tűskéken keresztül lehetséges. A Raspberry Pi 5 V-os GPIO érintkezői az 5 V-os sínhez csatlakoznak. Általában ezek adják a Raspberry Pi maradék energiáját (amit nem magának az alaplapnak a futtatására használnak). Így a GPIO 5V érintkezőit egy 5 V-os forráshoz csatlakoztathatjuk, és közvetlenül a kártyára táplálhatjuk az energiát.

Ez a módszer azonban veszélyes mert, ha helytelen feszültséget alkalmazunk, vagy áramcsúcs lép fel a vonalon, akkor a Raspberry Pi-ban maradandó károsodást is okozhatunk.

Ha a Raspberry Pi-t a GPIO tűkön keresztül szeretnénk futtatni, akkor a legjobb, ha ezt egy HAT-en keresztül tesszük meg. A hardver a GPIO érintkezők tetején helyezkedik el, és rendelkezik a szükséges biztonsági funkciókkal, hogy kármentesen működhessen.

Lehetőség van a készülék töltésére mobiltelefon töltésére kialakított akkumulátorcsomagról is. Én ezt az opciót találtam a legmegfelelőbb megoldásnak a Raspberry Pi ellátásához, mivel a robotnak mozgékonyak, nem helyhez kötöttek kell lennie.

Az általam választott egység arra szolgál, hogy sok energiát biztosítson például egy okostelefonnak, táblagépnek, de nagyon jó munkát végez más miniatűr számítógépek és mikrokontrollerek táplálására is.



23. ábra: USB Li-Ion Power Bank
(forrás: adafruit.com)

Az 5000 mAh-s lítium-ion akkumulátor, két USB A port-ot biztosít 5 VDC-vel akár 2,1 Amperig. Kiválóan alkalmas egy olyan egylapos számítógépekhez, mint a Raspberry Pi. A töltőáramkör 2A-t vesz fel az 5V-os tápfeszültségről.

A motoroknak külön tápegységre van szükségük a Pi-től, mivel sok áramot tudnak felvenni (sokkal több áramot, mint amennyit a Pi le tud adni). Egy kis 6x AA akkumulátorcsomag tökéletesen megfelel a feladatra.



24. ábra: 6 x AA elemtartó
(forrás: adafruit.com)

4. Elektronikai tervezés

Az előző fejezetben elkészült robot által használt elektronikai eszközök rendeltetésszerű használata, bekötése.

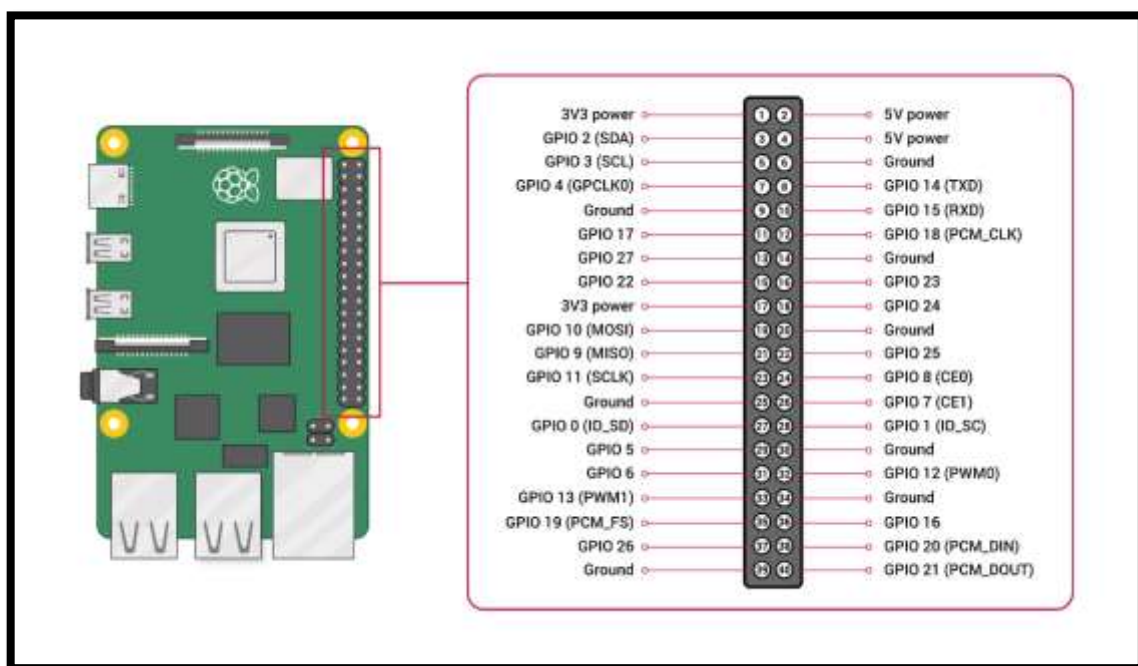
4.1 GPIO használata

Az egész rendszer központi eleme a Raspberry Pi, ennek segítségével dolgozza fel az információkat és irányítja a folyamatokat. Az egység áramellátása a korábban már leírtak szerint történik.

A GPIO általában egy beágyazott kártyán lévő általános tűre utal, amelynek viselkedését a felhasználó programozhatja futtatás közben. A GPIO tűk gyakran sorba rendeződnek. Tervezésüknél fogva nincs külön céljuk, és a programozók sokféle feladathoz használják őket.

- A GPIO tűk engedélyezhetők vagy letilthatók.
- A GPIO érintkezők be- és kimenetként konfigurálhatók.
- A bemeneti értékek leolvashatók, gyakran az 1 nagy feszültséget, a 0 pedig alacsony feszültséget jelent.
- A kimeneti lábak értékei olvashatók és írhatók.

Bármilyen verziójú is legyen a Raspberry Pi, egyik kiemelkedő lehetősége a 40 csatlakozóból álló GPIO (General Purpose Input / Output) port. A tűk száma és elrendezése változatlan maradt a korábbi modellekhez képest, ami egységes a Raspberry Pi 2-es típus óta, így minden „HAT” panel, érzékelő vagy LCD kijelző, ami a Pi 2-höz vagy a 3-hoz csatlakoztatható volt, továbbra is kompatibilis maradt.



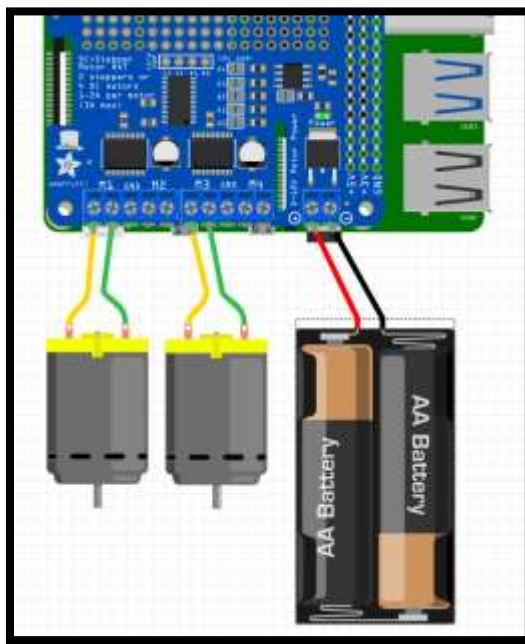
25. ábra: GPIO elrendezés (raspberrypi.com)

4.2 Motorvezérlő

A motorvezérlő egységünk kifejezetten a Raspberry Pi-hoz lett tervezve. Ez a panel egy egyszerű és kompakt megoldás. A motorvezérlők egyértelműen definiált, kialakított helyet kaptak a pajzson, minden pin helye meghatározott, feltüntetett. Rögzítjük a 2x20-as aljzatfejet.

A forrasztás során a Raspberry nem lehet bekapcsolva.

A motorok vezetékeit egyszerűen csatlakoztassuk az M1, M2, M3 vagy M4 sorkapcsaihoz. A motorokat ellátó energiahordozó vezetékeit hasonló módon a kijelölt helyekre illesszük. Ha valamelyik motor a várthoz képest „visszafelé” működne, cseréljük fel a vezetékeinek a sorrendjét vagy programozás során előjelváltással korrigálhatjuk.



26. ábra Motorok bekötési rajza
(forrás: fritzing, saját forrás)

4.3 Szenzorok

A HC-SR04 szenzor 5V-os tápfeszültségről működik, így a kimenetén megjelenő jel nagysága is megegyező, azaz 5V-os érték. A Raspberry Pi GPIO bemeneti érintkezője azonban 3,3 V-os névleges feszültségű, ha 5 V-os jelet küldünk a nem védett 3,3 V-os bemeneti portba, az károsíthatja a GPIO érintkezőit, amit el kell kerülni. Egy kis feszültségosztó áramkört kell használnunk, amely két ellenállásból áll, hogy az érzékelő kimeneti feszültségét olyan szintre csökkentsük, amit a Raspberry Pi képes kezelni.

A feszültségosztó két soros ellenállásból (R_1 és R_2) áll, amelyekre egy bemeneti feszültség (V_{in}) van kapcsolva, ezt a kimeneti feszültségünkre (V_{out}) kell csökkenteni. A mi áramkörünkben a V_{in} ECHO lesz, amelyet 5 V-ról kell csökkenteni a 3,3 V-os V_{out} -ra.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Ismerjük a bemeneti feszültségünket (5V) és a szükséges kimeneti feszültségünket (3,3V), az egyszerűség kedvéért pedig használjunk 1kΩ-os ellenállást R_1 -ként az áramkörben.

$$\frac{3,3V}{5V} = \frac{R_2}{1000\Omega + R_2}$$

$$3300\Omega + 3,3 R2 = 5 R2$$

$$1941 = R2$$

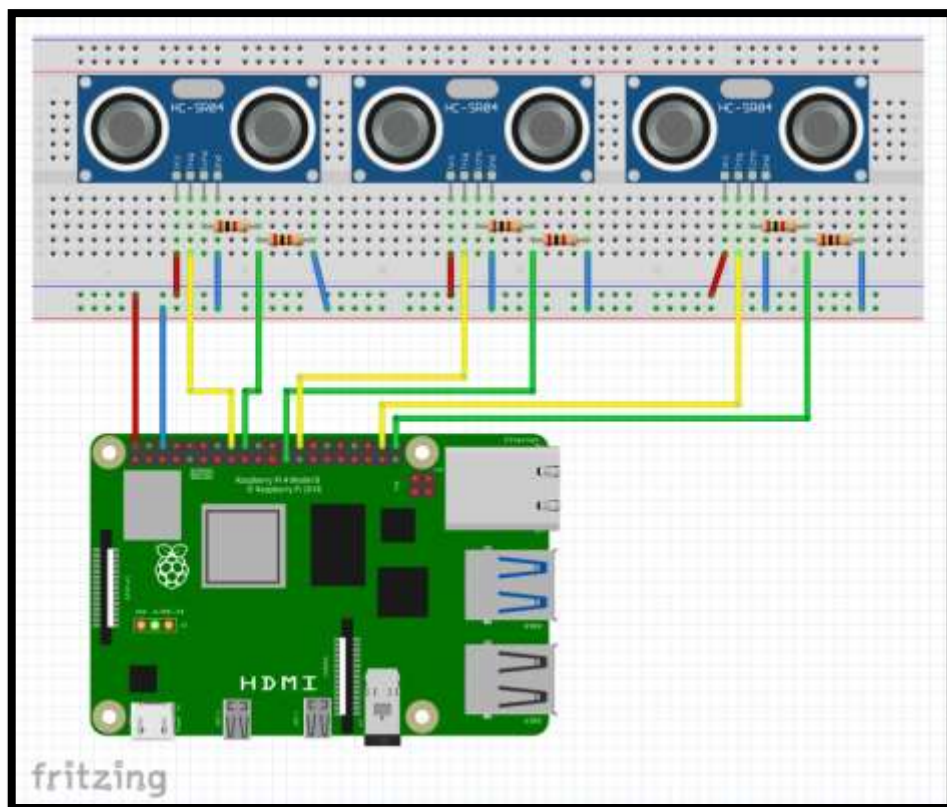
Tehát egy 1k Ω -os ellenállást fogunk használni R1-hez és 2k Ω -os ellenállást R2-ként.

Négy érintkezőt fogunk használni a Raspberry Pi-on egy szenzor összeköttetéshez:

- GPIO 5V [Pin 2] => Vcc (5 V táp),
- GPIO GND [Pin 6] => GND (0V föld),
- GPIO 23 [Pin 16] => TRIG (GPIO kimenet)
- GPIO 24 [Pin 18] => ECHO (GPIO bemenet)

Két másik szenzorra is szükségünk lesz, amelyeknek bekötései:

- GPIO 7 [Pin4] => TRIG
- GPIO 11 [Pin17] => ECHO
- GPIO 20 [Pin38] => TRIG
- GPIO 21 [Pin40] => ECHO



27. ábra Ultrahangszenzorok bekötési rajza
(forrás: fritzing, saját forrás)

5. Programozás

A fejezet célja a robot önálló mozgásának megtervezése, irányításának kialakítása.

5.1. Alapvető irányítás

A robotunk helyzetének a megváltoztatására kizárólag a motorokat tudjuk felhasználni. A változók, amelyeket képesek vagyunk manipulálni azok a motorok sebessége és azok működtetésének az időtartama. Ezeket a motorvezérlő segítségével tudjuk elérni, a `motorkit_robot` importálásával.

Használat előtt be kell állítanunk minden motorhoz egy TRIMM-eltolást, amely eltolja az egyes motorok mozgási sebességét, annak érdekében, hogy mind a kettő ugyan azzal a mozgási sebességgel mozoghasson. Mivel nincs visszajelzés, a robot nem tudja, milyen gyorsan forognak az egyes motorok, és a robot oldalra tud húzódní, ha az egyik motor gyorsabban pörög, mint a másik motor. Növeljük vagy csökkentjük a TRIMM értékét, amíg a robot egyenesen előre/hátra nem mozog.

Ezt követően már mozgathatjuk a robotot. Minden hívás két paramétert igényel:

- `speed`: A mozgás sebessége, -1,0 és +1,0 közötti érték. Minél nagyobb az érték, annál gyorsabb a mozgás. 0,10 körüli értékkel kell kezdeni, hogy elegendő nyomatékot kapjon a robot mozgatásához.
- `time` (másodpercekben): A mozgás végrehajtásához szükséges idő. Ennyi másodpercnyi mozgás után a robot megáll. Ez a paraméter nem kötelező, és ha nincs megadva, a robot folyamatosan mozog.

A két motor kalibrálása után már teljes parancsokat tudunk írni, amelyekkel irányíthatjuk a robotot

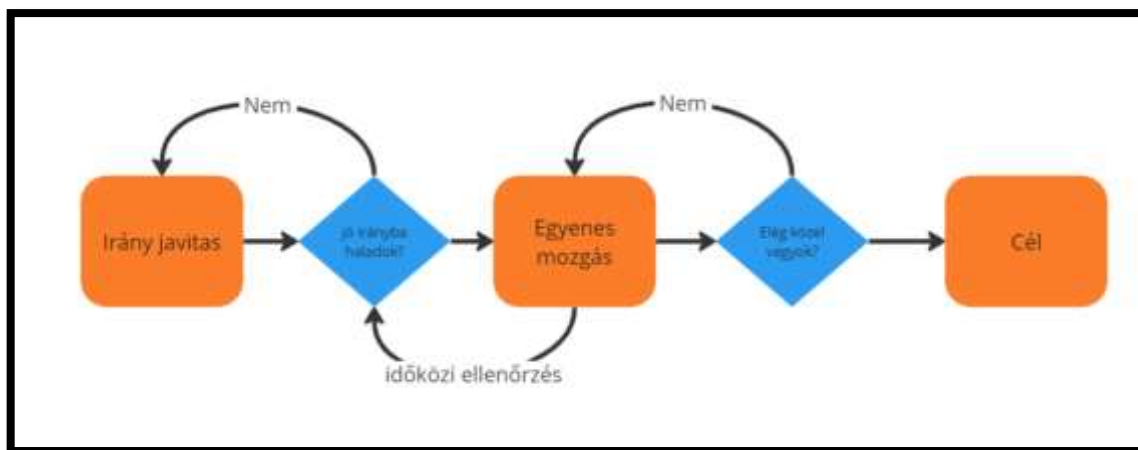
- `forward`: előremenet, amely során mind a két motor ugyan akkora sebességgel mozog előre.
- `backward`: hátramenet, amely során mind a két motor ugyan akkora sebességgel mozog vissza felé.
- `rightturn`: jobbra forgás, amely során a jobb motor értéke 0, a bal motort pedig meghajtjuk

- leftturn: balra forgás, amely során a bal motor értéke 0, a jobb motort pedig meghajtjuk

5.2 Mozgási lehetőségek

A feladatunk megoldásához egyszerű navigációs algoritmust alkalmazunk, amellyel robotunkat bármely pontról a kívánt pontra mozgathatjuk. A navigációs logika megvalósításához az állapotgépek fogalmát fogjuk használni. Egy állapotgépben véges számú állapot létezik, amelyek a rendszer aktuális helyzetét (vagy viselkedését) reprezentálják. A mi esetünkben három állapotunk van:

- Irány javítás: Azt az állapotot jelöli, amikor a robotunk irányértéke, a hibaküszöbön túli értékkel eltér a megadott iránytól.
- Egyenes mozgás: Azt az állapotot jelöli, amikor a robot helyes irányba mutat, de a kívánt ponttól valamely küszöbértéknél nagyobb távolságra van.
- Cél: A robotunk elérte a célját és helyes irányba is mutat.



28. ábra Robot mozgás folyamatábrája
(forrás: miro.com, saját forrás)

A mozgásnak az elvégzésére szükségünk lesz különböző függvényekre.

- A fő függvényünk: Ez a funkció beállít egy előfizetőt az útmérési témához (odometriához) és egy közvetítőt a robot sebességének vezérléséhez. Továbbá ez a függvény az állapotváltozó értékétől függően hajtja végre a feladatokat.
- Útmérési téma: ez egy visszahívási funkció a fő függvényben meghatározott előfizető számára. Ez a funkció fogadja az odometriai-mérési adatokat, és kiadja a pozíció- és fordulási információkat.
- Állapot változás: ez a függvény megváltoztatja a robot állapotinformációit tároló globális állapotváltozó értékét.
- Irány javítás: Ez a funkció akkor zajlik, amikor a robot 0 állapotban van. Először a robot aktuális irányát ellenőrizzük a kívánt irányvonallal. Ha az iránykülönbség a megadott határértéknél nagyobb, a robot parancsot kap, hogy forduljon a helyére.
- Menj egyenesen előre: Ez a funkció akkor kerül végrehajtásra, ha a robot 1-es állapotban van. Ez az állapot azután következik be, hogy a robot kijavította a lehajlási hibát. Ebben az állapotban a robot aktuális pozíciója és a kívánt pozíció közötti távolságot egy küszöbértékkel hasonlítjuk össze. Ha a robot közelebb van a kívánt pozíciótól, utasítja, hogy haladjon előre. Ha az aktuális pozíció távolabb van a kívánt pozíciótól, akkor az irányt újra kell ellenőrizni, hogy nincs-e hiba, ha pedig jelentősen eltér a kívánt elfordulási értéktől, a robot 0 állapotba lép.
- Megállás: Végezetül a robot eléri a helyes irányt és a megfelelő pozíciót. Ebben az állapotban a robot megáll.

5.3 Távolság mérés

Az ultrahangos érzékelő egy vagy több ultrahangos adóból (alapvetően hangszóróból), egy vevőből és egy vezérlő áramkörből áll. Az adók magas frekvenciájú ultrahangot bocsátanak ki, amelyet visszaver minden közeli szilárd tárgy. A visszaverődő ultrahangzaj egy részét az érzékelőn lévő vevő érzékeli. Ezt a visszatérési jelet ezután a vezérlőáramkör feldolgozza, hogy kiszámítsa a kiadott és vett jel közötti időkülönbséget. Ez az idő a későbbiekben felhasználható az érzékelő és a visszaverő tárgy közötti távolság kiszámítására.

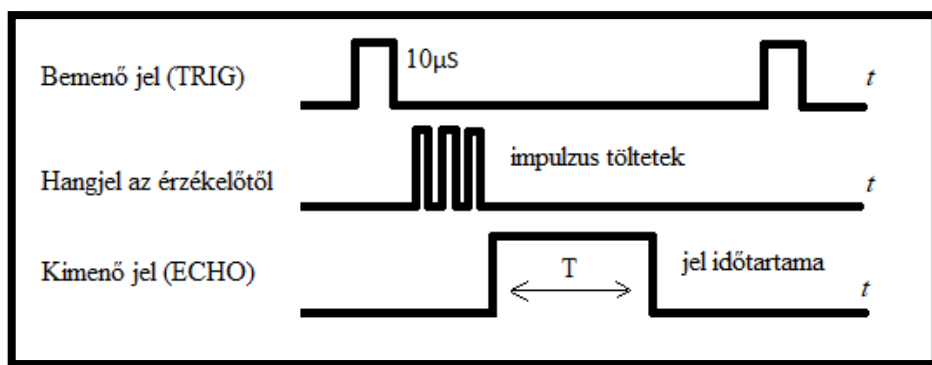
A kisugárzás és a vétel között eltelt idő pontos mérésével (Time of Flight, TOF) valamint ismerve a közeget, amiben az ultrahang terjed, kiszámíthatjuk az objektum távolságát. Jelen esetünkben ismerjük a hang terjedési sebességét levegőben, az utazási időnek pedig a felével

kell számolnunk, hiszen a hangnak el kell jutni az ütköző felületig majd ugyan azon az úton vissza kell érkeznie.

$$s = V_{hang} * t$$

$$s = V_{hang} * \frac{TOF}{2}$$

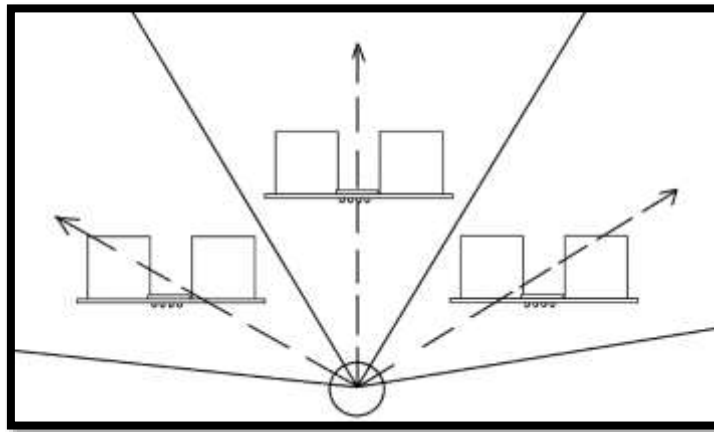
A HC-SR04 ultrahangos érzékelő, négy érintkezővel rendelkezik: földelés (GND), visszhang impulzus kimenet (ECHO), trigger impulzus bemenet (TRIG) és 5 V tápegység (Vcc). Az ultrahangos érzékelő kimenet (ECHO) mindig alacsony (0 V) kimenetet ad, hacsak nem aktiválták, amely esetben 5 V-ot (3,3 V a feszültségosztónkkal) ad ki. Ezért be kell állítanunk egy GPIO érintkezőt kimenetként az érzékelő aktiválásához, egyet pedig bemenetként az ECHO feszültségváltozás észleléséhez.



29. ábra: Szenzor működése TOF (forrás: saját forrás)

A szenzor nem alkalmas működtetésre, ha az észlelendő tárgy túl messze van, túlságosan kicsi az érzékeléshez vagy hogy ha a felülete túl puha és szabálytalan, ezáltal az elnyeli a hanghullámokat. Problémát okozhat az is, ha tárgy érzékelendő felülete 45°-nál nagyobb szögben látható, mert a rá érkező hanghullámok nem tudnak visszapattanni az érzékelőre.

Azért van szükségünk három szonár szenzorra, hogy a robot előtti térről pontos belátást kaphassunk. Érzékelhető lesz a robot előtti, jobb és bal oldali tér, ezáltal megállapíthatjuk, hogy van-e előtte akadály, illetve azt, hogy merre haladjon tovább.



30. ábra: Szenzorok térlefedése (forrás: saját forrás)

Amennyiben egy tárgy az érzékelendő tér távolságában, az előre beállított „d” paraméteren belülre érkezik, a szenzor jelet ad és ezáltal figyelmeztet az akadályra. Az ilyen figyelmeztetések az egyenes mozgás elvégzése során jöhetnek szóba. Ilyenkor a robotunknak meg kell változtatnia az állapotát, vagyis a cél felé törekvő egyenes mozgásról akadály elkerülő módba áll.

5.4 Akadály elkerülése:

Az akadályok elkerülése az egyik legfontosabb probléma mobil robotok autonóm navigációjakor. Nem járható út a teljes környezet modellezése, amelyben a robot mozog, hiszen teljesen új problémákat vetne fel egy ilyen egyszerű projektnél. A dinamikus környezetben való manőverezéshez a robotot akadálykerülő algoritmussal kell felszerelni, hogy megbirkózzon az előre nem ismert akadályokkal. Az ilyen fajta rendszereket különböző típusú gépekhez szokták használni, például modern autóknaál, ipari robotokhoz vagy pilóta nélküli légi járműveknél.

Az akadályelkerülés két alszakaszra osztható, úgynevezett akadályérzékelésre és ütközéskerülésre. Az érzékelőtől kapott adatok feldolgozásra kerülnek, és a vezérlő jelet küld a végberendezésnek, hogy elkerülje az akadályokat.

Az akadály elkerülő módot én a Bug2 megoldással szeretném elérni. Első lépésként a szembejövő akadály miatt a robotunkat megállítjuk. Ezt követően a szenzorjaink segítségével fel kell mérnünk az előttünk álló tárgy helyzetét és azt, hogy milyen tovább haladási lehetőségeink vannak. A szenzorok 3 nagy érzékelő területe 8 lehetőséget biztosít. Megfontoljuk az akadályok lehetséges kombinációit, miután azonosítottuk az akadálykonfigurációt, elkormányozhatjuk a robotot az akadálytól.

	Középső szenzor	Bal szenzor	Jobb szenzor	Akadály helyzete	Állapot
1.lehetőség	0	0	0	nincs	0
2.lehetőség	1	0	0	elől	1
3.lehetőség	0	0	1	jobbra	2
4.lehetőség	0	1	0	balra	0
5.lehetőség	1	0	1	elől és jobbra	1
6.lehetőség	1	1	0	elől és balra	1
7.lehetőség	1	1	1	elől,balra,jobbra	1
8.lehetőség	0	1	1	balra és jobbra	0

Akadály konfigurációs táblázat

A lehetőségeink alapján 3 fajta állapotot tudunk készíteni a tárgy falának a követésére.

- 0. állapotban a robotunk belépett az akadály elkerülő módjába és a középső szenzorjával a falat keresi és tengelye körüli körmozgást végez.
- 1. állapotban a robot végrehajtotta a 0. állapotot (szemben van a fallal) és elkezd balra fordulni a tengelye körül mindaddig amíg a fal ki nem kerül a középső szenzor látótávolságából. Ez azért jó, mert (az egyszerűség kedvéért) a következő lépést mindig bal menetirányba hajtja végre.
- 2. állapot a robot végzett a 0. és 1. állapottal és megkezd a fal követését. Ezt úgy hajtja végre, hogy a jobb szenzorján folyamatosan jelet kapjon, míg a szemközti nem.

Szükségünk van még egy „vonaltól való távolság” függvényre, amely kiszámítja a robot távolságát attól a képzeletbeli vonaltól, amely a robot kezdeti helyzetét a robot kívánt pozíciójával összeköti. Ennek a vonalnak a segítségével fogjuk elhagyni a fal követést és folytatni utunkat egyenesen célunk felé.

Két pont által ($P_1 = (x_1, y_1)$ -kezdőpont és $P_2 = (x_2, y_2)$ - végpont) meghatározott egyenestől az (x_0, y_0) pontnak meghatározható az „s” távolsága az alábbi egyenlet alapján:

$$s = \frac{|(x_2 - x_1)(y_1 - y_0) - (x_1 - x_0)(y_2 - y_1)|}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

Az egyenlet felhasználásával írhatunk egy kiléptető függvényt, amely megállítja a robotot és visszaállítja az eredeti célja elérése felé, amikor az „s” távolság a 0-hoz ér. Ezt a függvényt érdemes a falkövetési program megkezdése után pár másodperccel elindítani, hogy a rendszer ne azt érzékelje, mintha már meg is érkeztünk volna a vonalra, pedig még csak most indultunk el.

6. Gazdasági számítás

Ebben a fejezetben áttekintésre kerül a projekthez tartozó gazdasági vizsgálat.

6.1. Alkatrészek

Megnevezés	Tételszám [db]	Egységár [Ft]	Összesen [Ft]	Megjegyzés
ABS	1	12220	12220	niceABS Világosszürke, 1,75 mm / 1000 g
Raspberry Pi 4	1	31990	31990	4GB-os verzió
Ultrahangostávolságérzékelő szenzor HC-SR04-4P	3	1990	5970	
Motorvezérlő	1	11490	11490	
DC motor	2	1490	2980	
Önbeálló kerék	1	750	750	
Akkumlátor pakk	1	15100	15100	
elem pakk	1	1200	1200	6 db-os
Összesen			81680	

6.2 Munkaidő díja

Az eszközt iskolai oktatáson való összeszerelésre lett tervezve.

7. Összefoglalás

„Az oktatási robotikára elsősorban a kódolás és a programozás megszerettetésének és megtanulásának motivációs bázisaként tekintünk, de változatos feladatok kitalálásával a különböző képességek fejlesztésére is alkalmas.”[26.]

A modern technikák és mérnöki tudományág segítségével képesek vagyunk elkészíteni egy adott funkcióval rendelkező önálló mozgásra képes mobil robotot. A dolgozatban bemutattam a robot felépítését és a tervezés közben felmerült problémák kiküszöbölését. Az elkészült gép természetesen tovább tökéletesíthető, a feladat elvégzésére más pontosabb módszereket is alkalmazhatunk. Pontosabb lézer szenzor használata, több irányból való terep érzékelést biztosító vagy akár forgatható szenzorbeállítások mind a robot további fejlesztését szolgálhatják.

Az eszköz nem foglal el nagy helyet, akár egy cipősdoboz méretű tárolóban is elfér. A felhasznált alkatrészek mind megtalálhatóak kereskedelemben lévő árucikként, bár a COVID járványból adódóan azok beszerzése eléggé megnehezedett. Megfelelő odafigyeléssel és működtetéssel hosszú élettartamot érhetünk el. A robot működtetéséhez szükséges szoftverek, mind open-source formátumúak, ezért egy stabil internet kapcsolattal bármikor elérhetőek, a szükséges programok megírását pedig megoldhatjuk bármely iskolai számítógéppel.

A jelenleg is forgalomban lévő oktatásban résztvevő robotokról elmondható, hogy nagy általánosságban csak egy bizonyos feladat elvégzésére alkalmasak, azonban ezek elvégzése után haszontalannak tűnhetnek. Az elkészült robot megfelelő alapot biztosít egyetemi hallgatóknak kialakított különböző komplex feladatok megoldásának elérése érdekében. A robotok építésén keresztül nemcsak a hallgatók tanulási motivációja nőhet, hanem mélyebben elsajátítják a programozás gyakorlatát, a különböző nehézségű problémák megoldásán keresztül, valamint szert tehetnek olyan problémamegoldó tapasztalatokra, melyet a jövőben is kiválóan hasznosíthatnak mérnöki munkájuk során.

A jövőben más feladatok megoldására is átalakítható, alkalmazható lesz, ilyen lehet például: vezeték nélküli irányítás, intelligens fény és nyomkövetés, alakzat felismerése, labirintus feltérképezése. Az oktatási feladatokhoz, egy-egy témához vagy gondolkodási művelethez kapcsolódóan természetesen végtelen számú munkaállomás kiépítése kerülhet sor. A diákok kreativitása is fejleszthető önálló ötleteik kidolgozásával.

8. Summary

"Educational robotics is seen primarily as a motivational base for learning and loving coding and programming, but it is also suitable for the development of various abilities by inventing diverse tasks." [26.]

With the help of modern techniques and engineering disciplines, we are able to create a mobile robot capable of independent movement with a specific function. In the thesis, I presented the structure of the robot and the elimination of problems that arose during the design. The completed machine can of course be further improved, and other, more precise methods can be used to perform different tasks. The use of a more accurate laser sensor, sensing terrain from multiple directions or even rotatable sensor settings can all serve to further develop the robot.

The device does not take up a lot of space, it can even fit in a shoebox-sized container. The used parts can all be found as commercially available goods, although their acquisition has become quite difficult due to the COVID epidemic. With proper care and operation, we can achieve a long service life. The software required to operate the robot is all in open-source format, so it can be accessed at any time with a stable internet connection, and the necessary programs can be written with any school computer.

It can be said about the robots currently in use in education that they are generally only suitable for performing a certain task, but they may seem useless after completing them. The completed robot provides a suitable basis for solving various complex tasks designed for university students. Through the construction of robots, not only can the students' motivation to learn increase, but they also learn the practice of programming more deeply, by solving problems of various difficulties, and they can also gain problem-solving experiences that they can use in their engineering work in the future.

In the future, it can be transformed and used to solve other tasks, for example: wireless control, intelligent light and tracking, shape recognition, maze mapping. Of course, an infinite number of workstations can be built in connection with the educational tasks, a topic or a thinking operation. Students' creativity can also be developed by developing their own ideas.

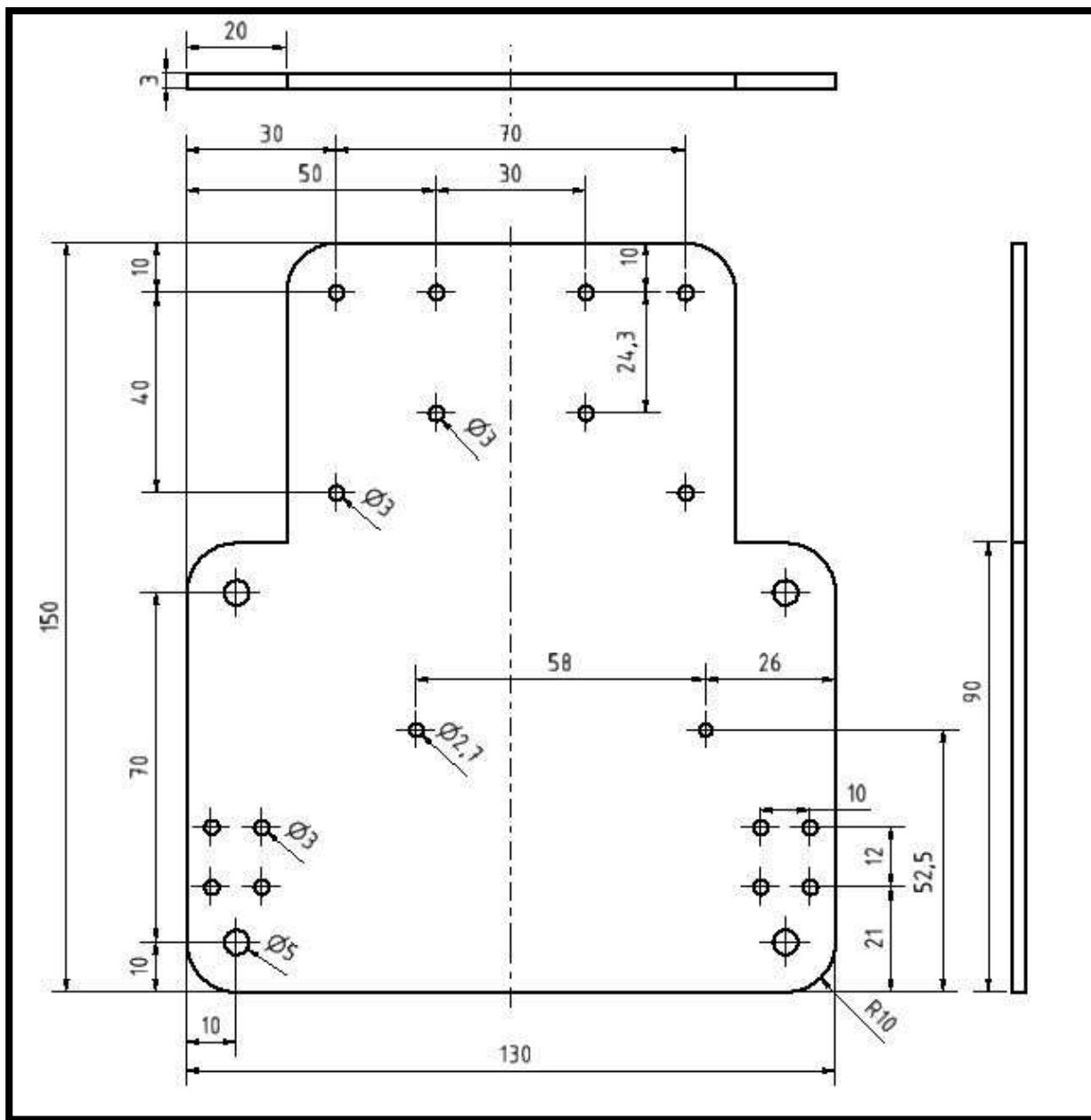
Irodalomjegyzék:

- [1] Chunguang Bai, Patrick Dallasega, Guido Orzes, Joseph Sarkis; Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective; International Journal of Production Economics; Volume 229, November 2020
- [2.] R. K. Miller, Industrial Robot Handbook, New York: Springer Science+Business Media ISBN 978-1-4684-6608-9, 1989.
- [3.] K. Béla, Robottechnika I., Budapest: ISBN 978-963-279-625-3, 2012.
- [4.] S. Balla, P. Bánlaki, B. Göndöcs, G. Haidegger, T. Markovits, Z. Pál, J. Takács és Z. Weltsch, Gyártásautomatizálás, Budapest: ISBN 978-963-279-630-7, 2012.
- [5.] L. A., MESTERSÉGES INTELLIGENCIA - EGYRE TÖRNEK ELŐRE A NEM IPARI ROBOTOK IS, [Online]: <https://www.nice.hu/mesterseges-intelligencia/mesterseges-intelligencia-egyre-tornek-elore-a-nem-ipari-robotok-is>
- [6.] Mernyei Dániel, A robotok alkalmazása a mindennapokban, [Online]: https://people.inf.elte.hu/medtaai/web1_beadando/applications.html
- [7.] Joe D'Allegro, How Google's Self-Driving Car Will Change Everything, [Online]: <https://www.investopedia.com/articles/investing/052014/how-googles-selfdriving-car-will-change-everything.asp>
- [8.] <https://mars.nasa.gov/mer/mission/overview/>
- [9.] Peter Simon Sapaty, Military Robotics: Latest Trends and Spatial Grasp Solutions, Institute of Mathematical Machines and Systems National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine, Vol. 4, No.4, 2015
- [10.] Roland Siegwart, Introduction to Autonomous Mobile Robots, Massachusetts institute of Technology, 2004
- [11.] Thomas Bräunl; EMBEDDED ROBOTICS, Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems, Second Edition; Springer; 2006
- [12.] Purnama, Hendril & Sutikno, Tole & Alavandar, Srinivasan & Satya Widodo, Nuryono., Efficient PID Controller based Hexapod Wall Following Robot. 6th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and InformaticsAt: Bandung, Indonesia, 2019

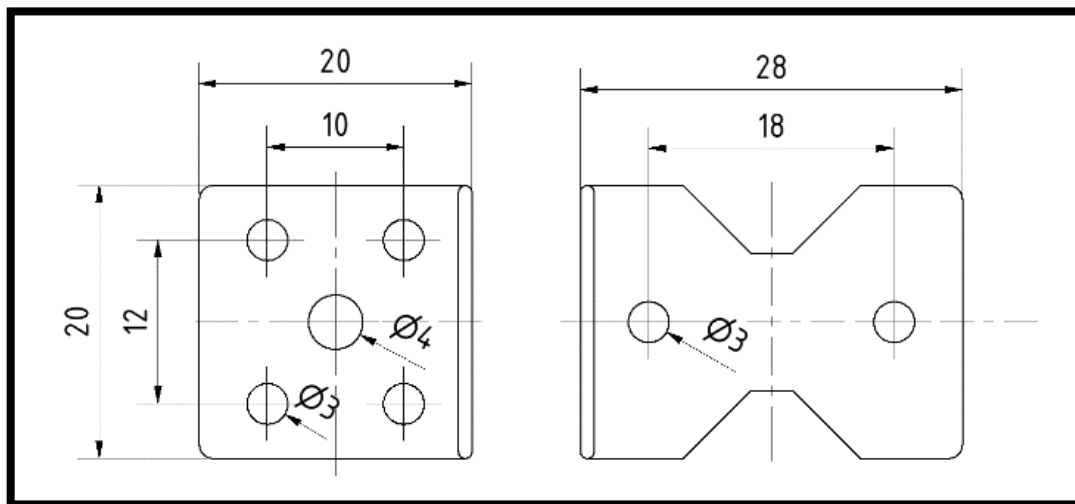
-
- [13.] St, Thiang & Khoswanto, Handry & D.S, Yosafat., Robot Mobil Omnidirection Beroda empat dengan Menggunakan Sistem Sychro Drive, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
- [14.] Bencsik Attila, Mechatronika alapjai, 2014
- [15.] Dr. Halmai Attila, Szenzor- és aktuátorteknika, Edutus Főiskola, 2011
- [16.] Dr. Korondi Péter, Dr. Fodor Dénes, Décsei-Paróczy Annamária; Digitális szervó hajtások; BME MOGI, 2014
- [17.] Dr. Korondi Péter, Décsei-Paróczy Annamária, Knopp Ferenc, Dr. Antal Ákos, Halas János, Dr. Vass József, és Dr. Lakatos Béla; Robotirányítások; BME MOGI, 2014
- [18.] Bánlaki Pál, Lovas Antal, Szenzorika és anyagai, BME 2012
- [19.] Krámlí György, Szenzorika Tanfolyami Jegyzet, FESTO
- [20.] Dr. Bonifert Domonkosné, Dr. Halász Tibor, Dr. Kövesdi Katalin, Dr. Miskolczi Józsefné, Dr. Molnár György Sándorné, Dr. Sós Katalin, Fizika 8. tk. Elektromosságtan, fénytan, Mozaik Kiadó, 2022
- [21.] K. Béla, Robottechnika II., Budapest: ISBN 978-963-279-626-0, 2012
- [22.] Soonshin Han, ByoungSuk Choi, JangMyung Lee, A precise curved motion planning for a differential driving mobile robot, Mechatronics, The Science of Intelligent Machines (2008) 486–494
- [23.] Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson, George A. Kantor, Wolfram Burgard, Lydia E. Kavraki, Sebastian Thrun, Principles of Robot Motion, Theory, Algorithms, and Implementations, Massachusetts Institute of Technology 2005
- [24.] Morgan Quigley, Brian Gerkey, and William D. Smart; Programming Robots with ROS; O'Reilly Media Inc., 2015
- [25.] <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>
- [26.] Fehér, P., „Húsz év múlva” – A digitális oktatás helyzete, eszközei, trendjei világszerte. Gyermeknevelés Tudományos Folyóirat, 8(2), 350–372., 2020

10. Mellékletek

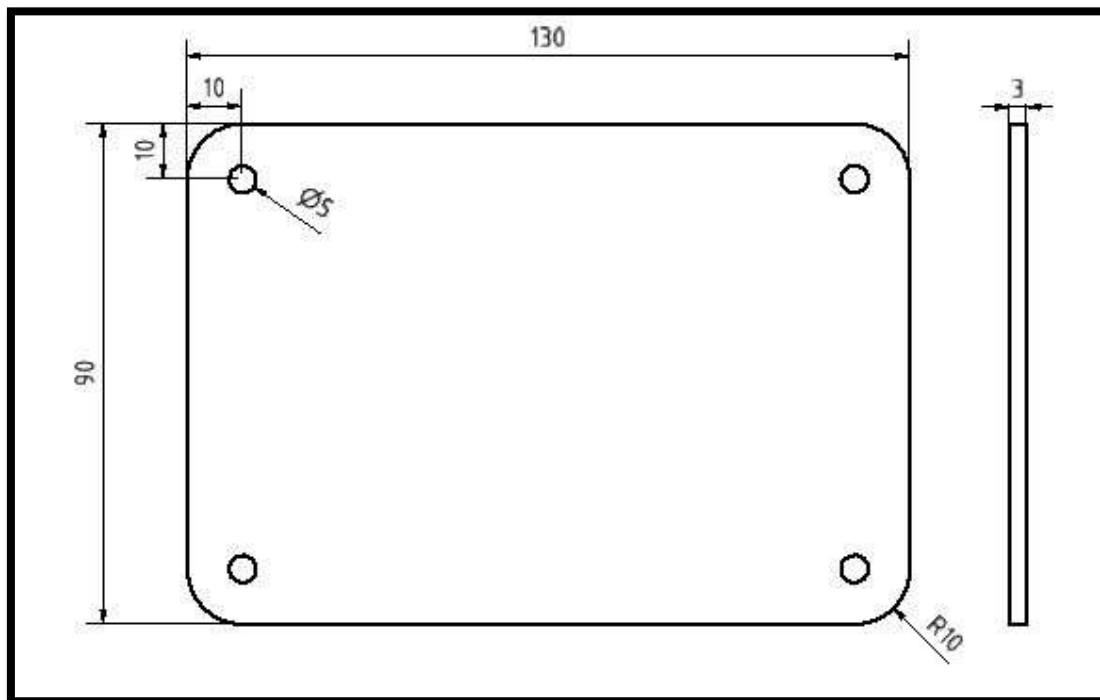
A dolgozat során használt egyéb tervrajzok és blokkdiagrammok.



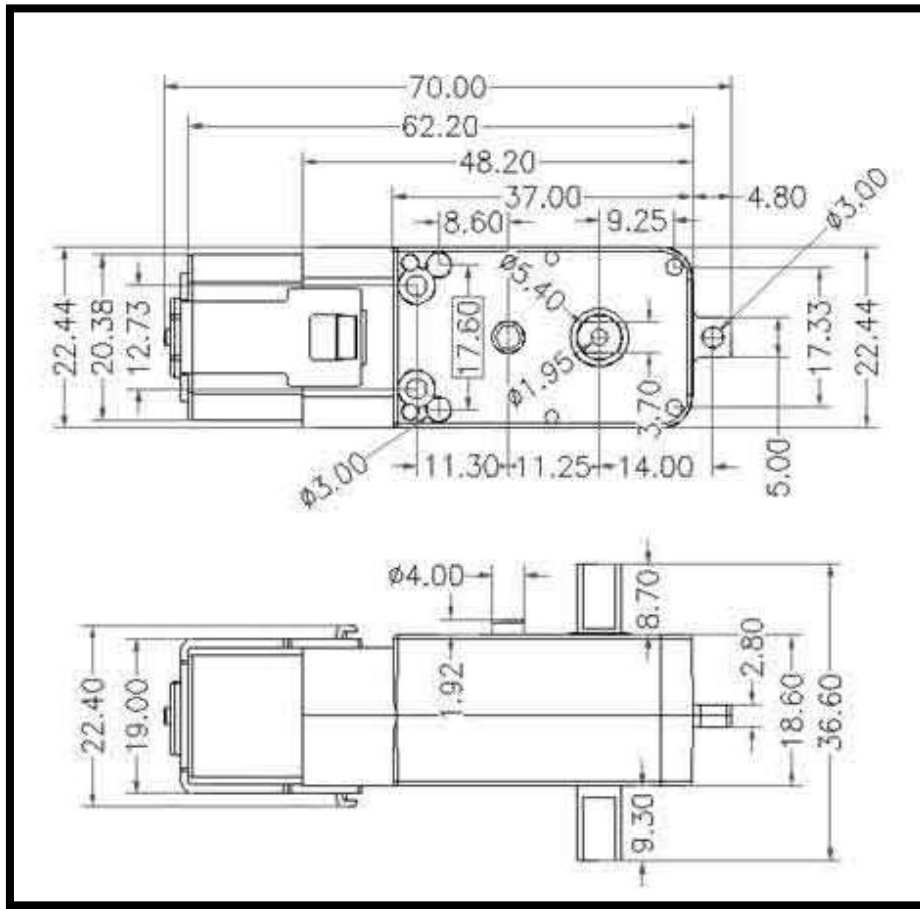
31. ábra: Tartólemez (forrás: Inventor, saját forrás)



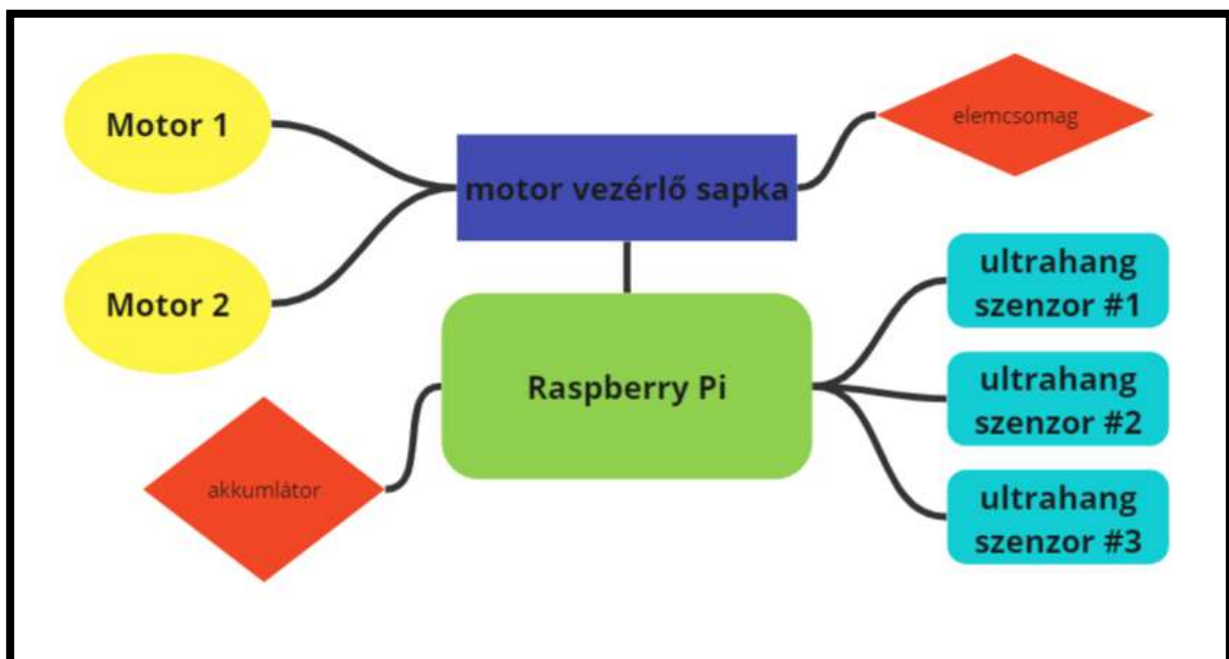
32. ábra: Saroklemez (forrás: malnapc.hu)



33. ábra: 2. tartó lemez (forrás: Inventor, saját forrás)



34. ábra: A motor műszaki rajza (forrás: malnapc.hu)



35. ábra Blokkdiagramm (forrás: miro.com, saját forrás)

NYILATKOZAT

Alulírott _____ Vadas Bence _____, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,

_____ Gödöllő _____ Campus,
_____ mechatronikai mérnök _____ szak nappali/levelező*

tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: _____ 2023 _____ év _____ 05 _____ hó _____ 09 _____ nap

Vadas Bence

Hallgató

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A ___ Vadas Bence (RCOV1T) ___ konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: ___ 2023 ___ év ___ május ___ hó ___ 9 ___ nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.