

XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Útkeresés ultrahangos rendszerekkel mobil robotok esetén

Szerzők:

Sándor Hunor

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki És Humántudományok Kar,
Marosvásárhely, Informatika szak, III. év

Nagy Csaba

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki És Humántudományok Kar,
Marosvásárhely, Automatizálás és Alkalmazott Informatika szak, III. év

Témavezető:

dr. Haller Piroska egyetemi docens,

Petru Maior Egyetem, Marosvásárhely, Villamosmérnöki Kar

Tartalomjegyzék

1. Bevezető.....	3
2. A Motorvezérlő egység.....	4
1. A H-hidak.....	4
2. A szabályzó.....	6
1. A szabályzó algoritmus.....	7
3. Az Érzékelő rendszer.....	8
1. Az Ultrahang adó-vevők.....	9
2. A Központi vezérlő.....	10
3. Jelfeldolgozás.....	11
4. Az Érzékelő rendszer felhasználása.....	14
3. A Döntéshozó egység.....	15
1. Az algoritmus.....	15
4. A Monitorizáló szoftver.....	17
5. Következtetések, eredmények.....	18
6. Jövőbeli célok.....	20
Bibliográfia.....	21

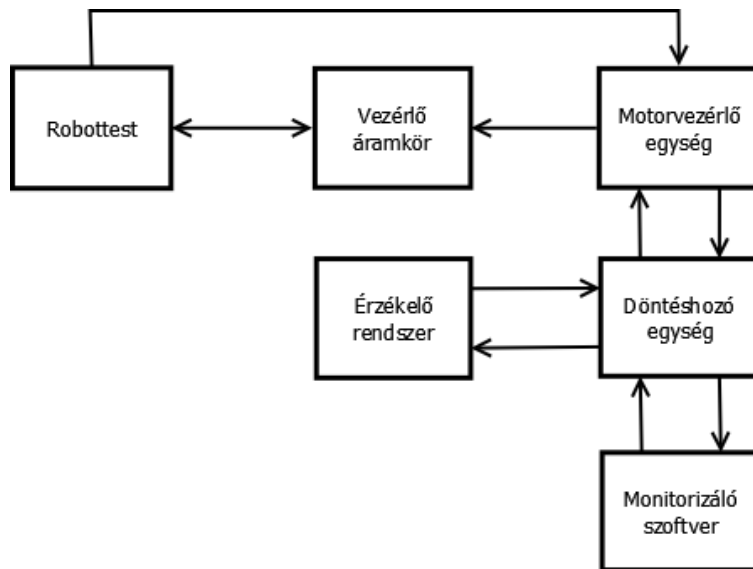
1. Bevezető

Napjainkban az érdeklődés és az igények nagy mértékben irányulnak az automatizált eszközök fele, amelyek emberi beavatkozás, vagy akár felügyelet nélkül is képesek feladatuk végzésére. Egy jelentős, de még csak szűk körben elterjedt alcsoportja ezeknek az eszközöknek az autonóm mobil robotok [6][9], amelyek speciális érzékelők és döntéshozó egységek segítségével képesek önálló térbeli mozgás végzésére. Célunk egy differenciál meghajtású, ultrahangos érzékelőket használó akadálykerülő robot tervezése és építése volt, mely lehetővé teszi különböző algoritmusok tesztelését, az egyes paraméterek finomhangolását, és automatikus kalibrálását.

A robot egy lánctalpas játéktank alvázára épített egyedi elektronikával rendelkező eszköz, amely három fő részre osztható: *Motorvezérlő egység*, *Érzékelő rendszer* és *Döntéshozó egység*. Mindhárom egység központjában egy-egy mikrovezérlő [2] található, amelyek a specifikus funkciókat vezérlik és az egymás közti kommunikációt SPI buszon valósítják meg. A *Motorvezérlő egység* feladata a két motor forgásirányának és forgássebességének a szabályzása egy diszkrét PD algoritmus segítségével a meghatározott referenciák alapján, amelyeket a *Döntéshozó egység* határoz meg. Az *Érzékelő rendszer* összetett mérési ciklusokat végez ultrahangok segítségével, amelyeket feldolgozva információkat továbbít a környező tárgyak távolságáról a *Döntéshozó egységnek*. A *Döntéshozó egység* feladata a begyűjtött távolságadatok feldolgozása, és ezek alapján a motrok működési paramétereinek (forgásirány és sebesség) a meghatározása.

A kiindulási pontként választott játéktank előnyei, hogy mechanikai rendszere teljesen alkalmas a robot működtetéséhez, a lánctalp-rendszer, a motrok és a gyári akkumulátorok nem igényelnek semmilyen átalakítást. A díszítő elemek, a gyári elektronika és minden más fölösleges alkatrész eltávolításra került, a robot vezérlését egyedi tervezésű elektronikai panelek végzik.

A robot képes Bluetooth [8] kapcsolatot létesíteni egy számítógéppel, amelyen egy erre a célra készített *Monitorizáló szoftver* fut, amely megjeleníti a robot paramétereit, illetve a felhasználó beállíthatja, módosíthatja a robot működési módját vagy a döntési algoritmus paramétereit.



1. Ábra Általános tömbvázlat

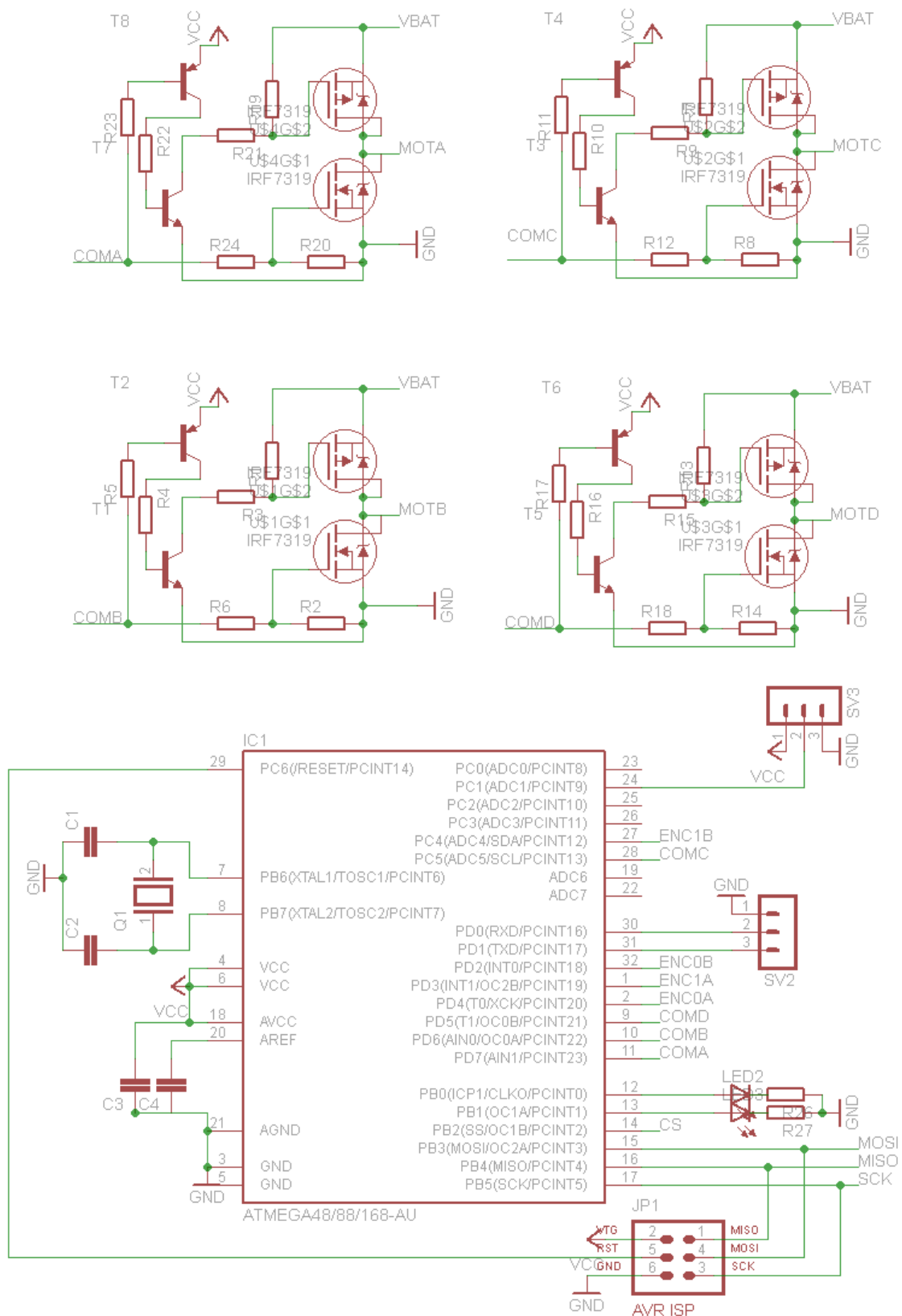
2. A Motorvezérlő egység

A *Motorvezérlő egység* [1][3][5][10] középpontjában egy Atmel ATmega168-as mikrovezérlő helyezkedik el, amely vezérli a dedikált áramkört és futtatja a szabályzó algoritmust.

Mivel a választott alváz differenciál meghajtású, az irányváltást és az elmozdulást a két egyenáramú motor forgásiránya és sebessége határozza meg. A motrok sebességét a mikrovezérlő hardveres PWM generátora által szolgáltatott jellel szabályozza, a forgásirányt az teljesítmény-tranzisztorokból készített H-hidak határozzák meg, amelyek a mikrovezérlő I/O portjára csatlakoznak.

1. A H-hidak

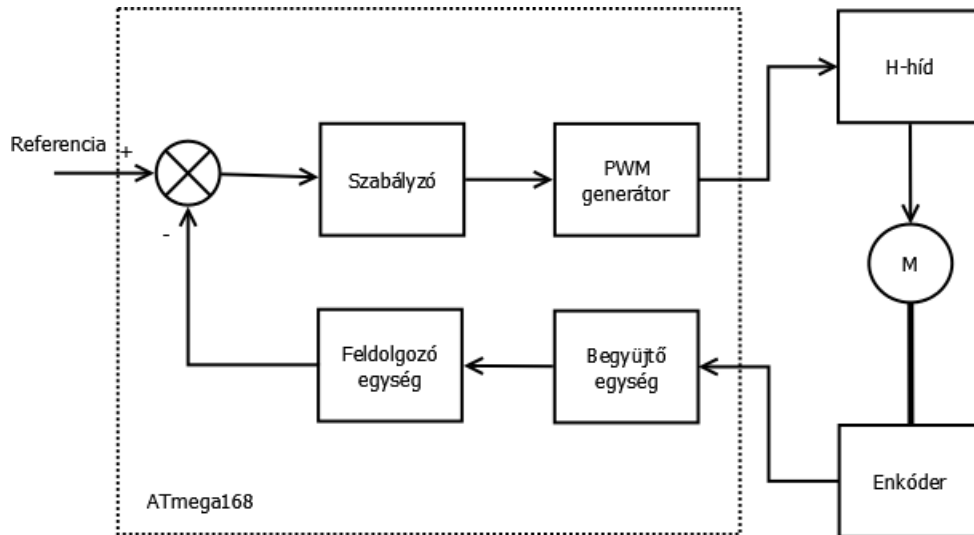
Egy H-híd két fél H-hídból épül fel, amely két teljesítmény-tranzisztor segítségével képes az egyenáramú motor megfelelő csatlakozóját a tápfeszültséghez, vagy a testhez csatlakoztatni nagy sebességgel. Így ezeket párban használva felhasználhatjuk a motrok forgásirányának és forgássebességének a vezérlésére.



2. ábra A Motorvezérlő egység kapcsolási rajza

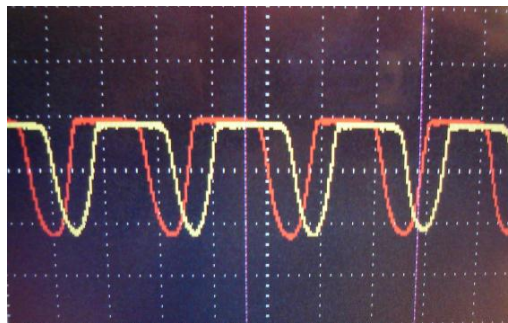
2. A szabályzó

Az egyenletes és egyenes vonalú mozgást a mikrovezérlőbe implementált zárthurkú PD szabályzó [1] biztosítja, amely PWM jellel vezérli az egyenáramú motrokat egy adott referencia függvényében.



3. ábra A szabályzó tömbvázlata

A visszacsatolást a tengelyekre erősített optikai enkóderekből nyert adat képezi. Az enkóderek a költségek csökkentése érdekében régi mechanikus számítógép egerekből kisserelt alkatrészekből készülnek és optikai tárcsái a fogaskerék-rendszer után közvetlenül a kimeneti tengelyen helyezkednek el. Az optikai tárcsákon 40 rés található, ezáltal egy teljes körbefordulás 40 egyenlő részre osztható fel. A tárcsák forgását két darab, egymáshoz képest eltolt optocsatoló méri, így a két létrejött négyyszögjel fáziseltolódásából a forgásirány is meghatározható. A négyyszögjel periódusából kiszámolható úgy az elmozdulás, mint a sebesség, és ez visszacsatolható a PD szabályzónak.



4. ábra Az enkóderek által generált jel

A mikrovezérlők közötti kommunikáció SPI kommunikációs protokollal valósul meg. A központi *Döntéshozó egység* ezen keresztül küld vezérlő üzeneteket a *Motorvezérlő egységnek* és kéri le az aktuális sebesség/távolság adatokat. Az SPI szabványosságának köszönhetően a jövőben a sínre további eszközök is csatlakoztathatóak, mint például hőmérő, gáz vagy szénmonoxid érzékelő, valós idejű óramodul, iránytűmodul.

1. A szabályzó algoritmus

A szabályzó algoritmus alapjául egy inkrementális PID szabályzó [1] algoritmus szolgál, amely az igényeknek megfelelően módosításra került.

$$u(k) = u(k-1) + K_p \cdot (\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)) + K_i \cdot \varepsilon(k) + K_d \cdot (\varepsilon(k) - 2 \cdot \varepsilon(k-1) + \varepsilon(k-2)) \quad (1)$$

Mivel a szabályzó bemenetén a referencia nagyon gyorsan változik, az integratív elemnek nincs hatása, ezáltal elhagyható, így egy PD algoritmust kapunk.

$$u(k) = u(k-1) + K_p \cdot (\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)) + K_d \cdot (\varepsilon(k) - 2 \cdot \varepsilon(k-1) + \varepsilon(k-2)) \quad (2)$$

Mivel az optikai enkóderek miatt a mintavételezési frekvencia alacsony, a hiba értéke nagy változásokat mutathat két mintavétel között, ezáltal a $\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)$ különbség nagy értéket vesz fel, amely nagyon oszcillálóvá teszi a rendszert. Ennek elkerülése érdekében a (2) képlet empirikusan módosításra került.

$$u(k) = u(k-1) + K_p \cdot \varepsilon(k) + K_d \cdot (\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)) \quad (3)$$

Az így kapott algoritmus Ziegler-Nichols módszerrel való hangolása és az így kapott együtthatók empirikus módon való pontosítása jó eredményeket szolgáltatnak.

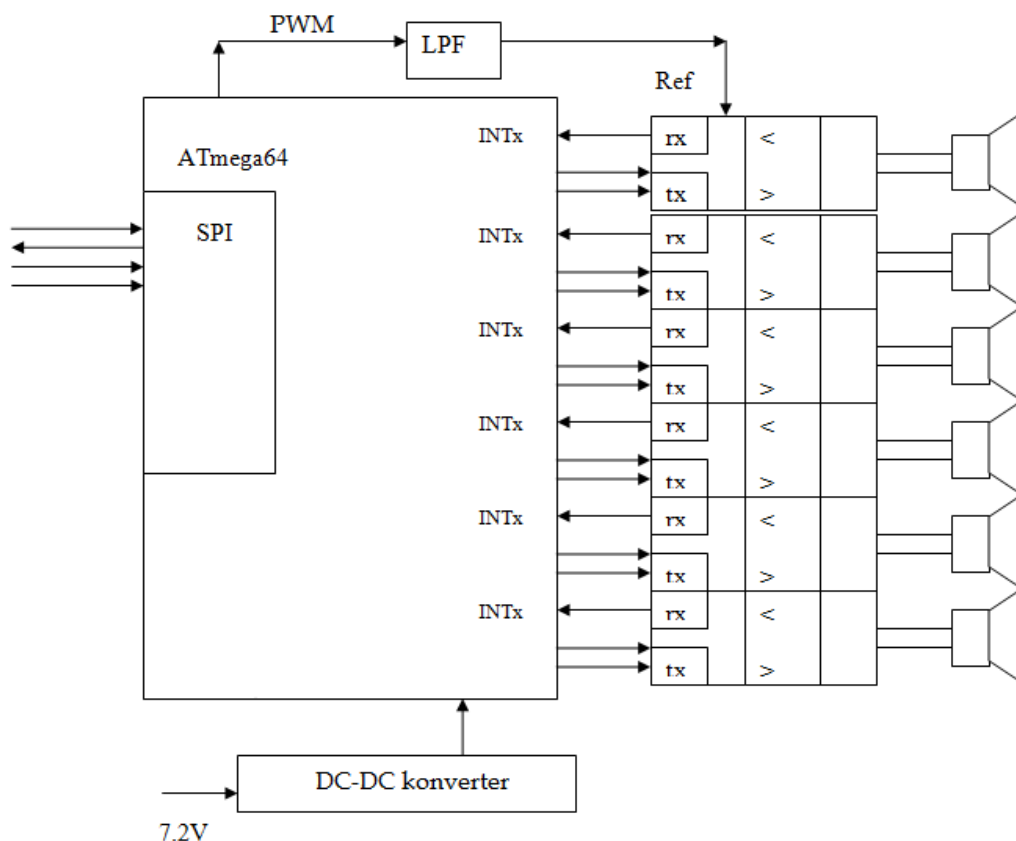
Az együtthatók $K_p = [0,3 \dots 0,5]$ és $K_d = [0,1 \dots 0,2]$ értékek mellett szolgáltatnak kedvező teljesítményt.

A fent említett algoritmust a mikrovezérlő végtelen ciklusban futtatja, az enkóderek által szolgáltatott mérési eredmények alapján ütemezve. Az algoritmus minden iterációja egy új motorvezérlő jelet határoz meg.

Mivel a robot két párhuzamosan működő motorral ellátott, az algoritmus minden iterációjában külön vezérlő jelet határoz meg mindkét motornak.

3. Az Érzékelő rendszer

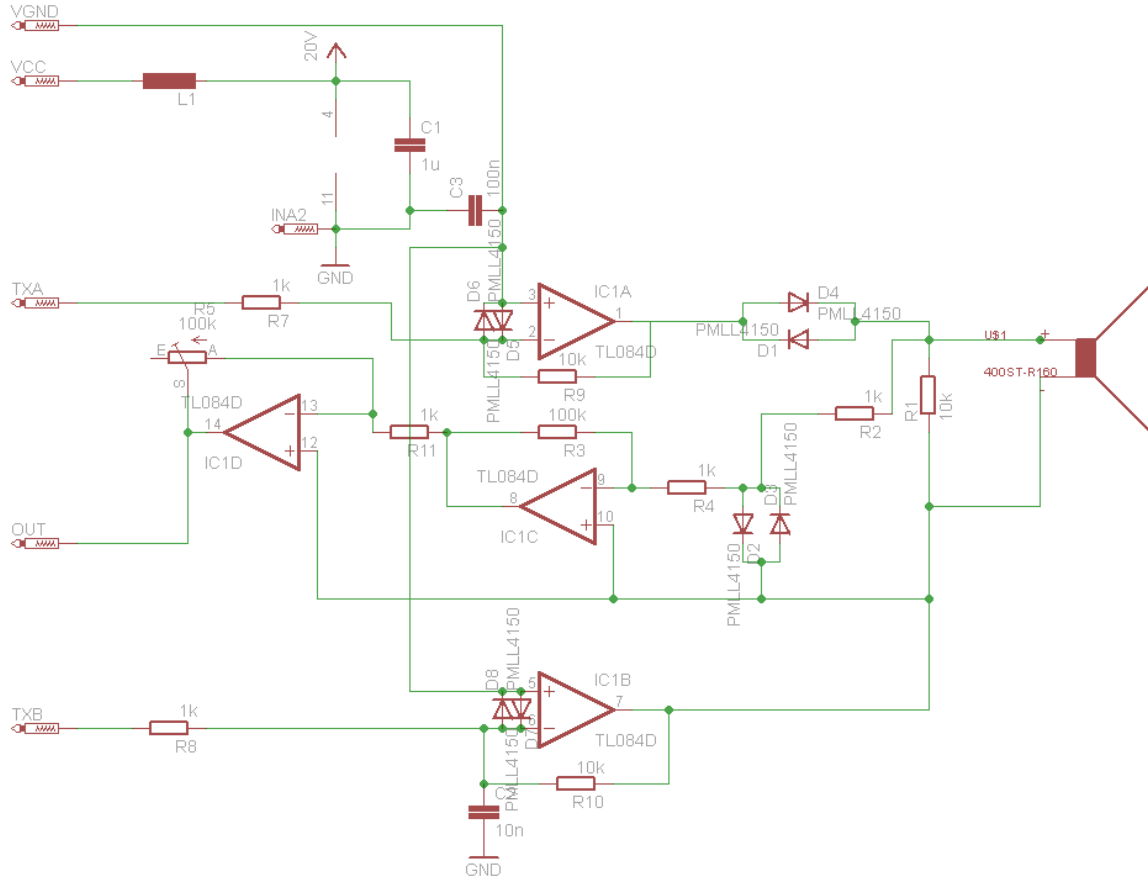
Az Érzékelő rendszer [7] hat darab Ultrahang adó-vevőből és az ezeket vezérlő Központi vezérlőből áll. Ez az egység a hagyományos ultrahangos távolságmérőkkel szemben számos előnnyel bír. A hagyományos ultrahangos szenzorok [4] egy adó és egy vevő ultrahang-feszültség átalakítóból állnak és egyetlen irányban képesek távolságot mérni. Ezzel ellentétben a tervezett Érzékelő rendszer több irányban képes méréseket végezni és nagy mértékben konfigurálható. A Központi vezérlő választja ki a használt Ultrahang adó-vevőket és generálja az adó jeleket, majd ugyanez dolgozza fel az érzékelt visszaverődéseket. Az Ultrahang adó-vevők kétirányú működésének köszönhetően az aktuális mérés szükségleteihez alakítva használhatóak adóként, vevőként, vagy akár adó-vevőként is. A mérések irányát a különbözően pozicionált adó és vevő ultrahang-átalakítók kiválasztásával lehet szabályozni, továbbá az eszköz támogat egyszerre több adóval vagy több vevővel végzett méréseket is.



5. ábra Az Érzékelő rendszer általános felépítése

1. Az Ultrahang adó-vevők

Az *Ultrahang adó-vevők* egy ultrahang átalakítóból és az ehhez szükséges erősítő áramkörből állnak. Az erősítő áramkör közvetlenül a jelátalakító hátánál helyezkedik el árnyékolt foglalatban a külső zaj minimálisra csökkentése végett.



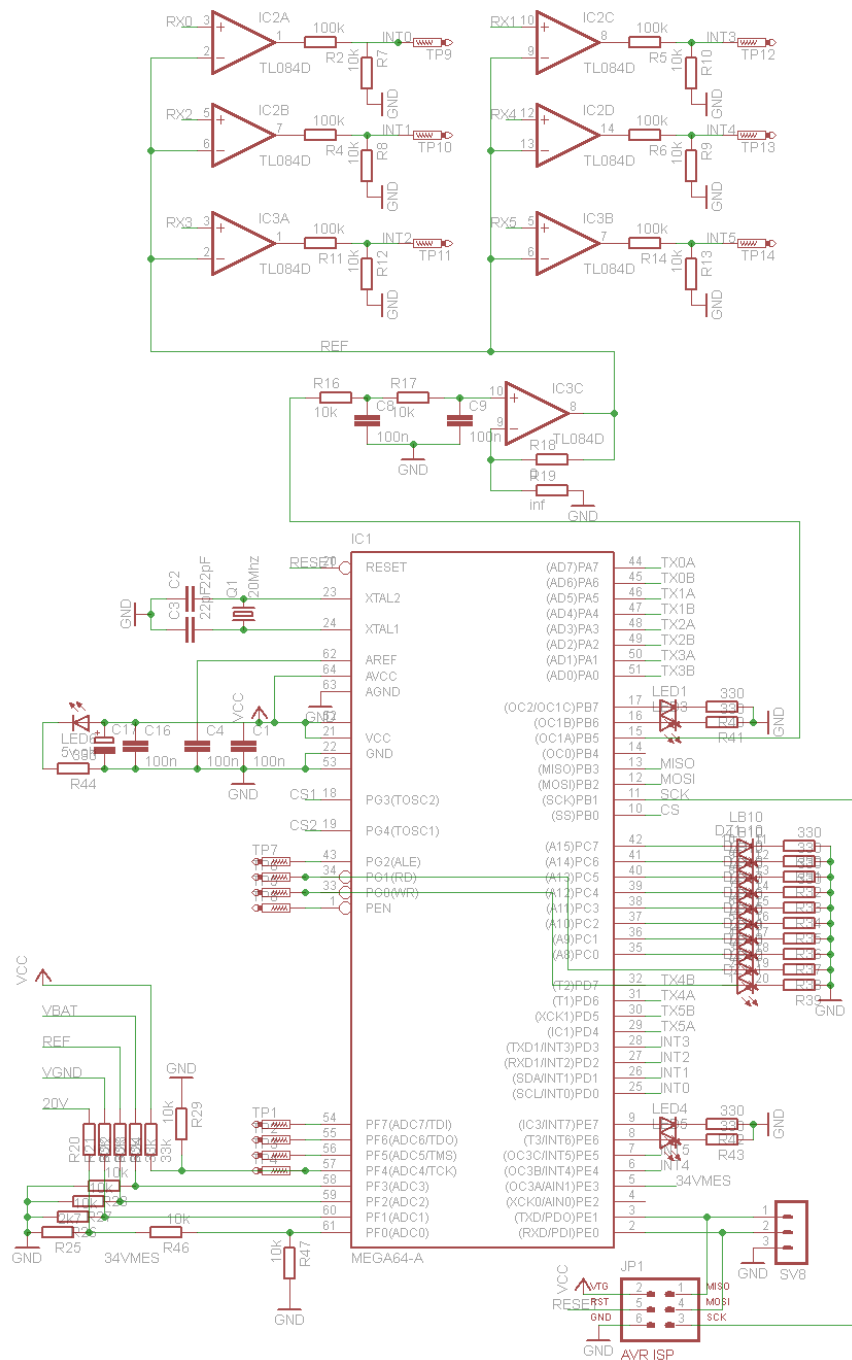
6. ábra Egy Ultrahang adó-vevő kapcsolási rajza

Adási módban az IC1A és IC1B műveleti erősítők komparátor módban működnek és ellenfázisban 40 kHz-es négyszögjellel vezéreltek a TXA és TXB csatlakozókon keresztül. A komparátor referenciát a 3,3 V-os virtuális föld biztosítja. Ennek következtében az ultrahang átalakítók a tápfeszültséggel megegyező bipoláris négyszögjel generálódik.

Vételi módban a TXA és TXB csatlakozókra kötött I/O portok magas impedancia módban találhatók, így az adó műveleti erősítők kimenetei virtuális 0 V-ra állnak be, így nem zavarják a vételezett jeleket. Ebben az esetben a vételezett jelet megközelítőleg a 10000-szeresére erősítik az IC1C és IC1D műveleti erősítő fokozatok.

2. A Központi vezérlő

A Központi vezérlő egy Atmel ATmega64-es mikrovezérlőből és egy jelfeldolgozó áramkörből épül fel. A mikrovezérlő vezérli a teljes mérési ciklust és ez valósítja meg a kommunikációt is SPI buszon a robot többi elemével. A jelfeldolgozó áramkör feladata a vételezett ultrahang hullámok digitálisan feldolgozható jellé alakítása.



A felerősített vételi csatorna egy komparátorba csatlakozik, amely referenciafeszültsége állítható a mikrovezérlő egyik PWM kimenetével.

A vételi komparátor kimenetén megjelenő négyszögjel egy feszültségosztón keresztül a mikrovezérlő egy megszakításlábjára csatlakozik.

Ez az egység végzi a robot működési feszültségeinek a mérését is. A mikrovezérlő ADC bemeneteit használva periodikusan méri az akkumulátor feszültséget, az adási feszültséget, a digitális tápfeszültséget és a virtuális föld feszültséget, amelyeket továbbküld a *Döntéshozó egységen* keresztül a *Monitorizáló szoftvernek*.

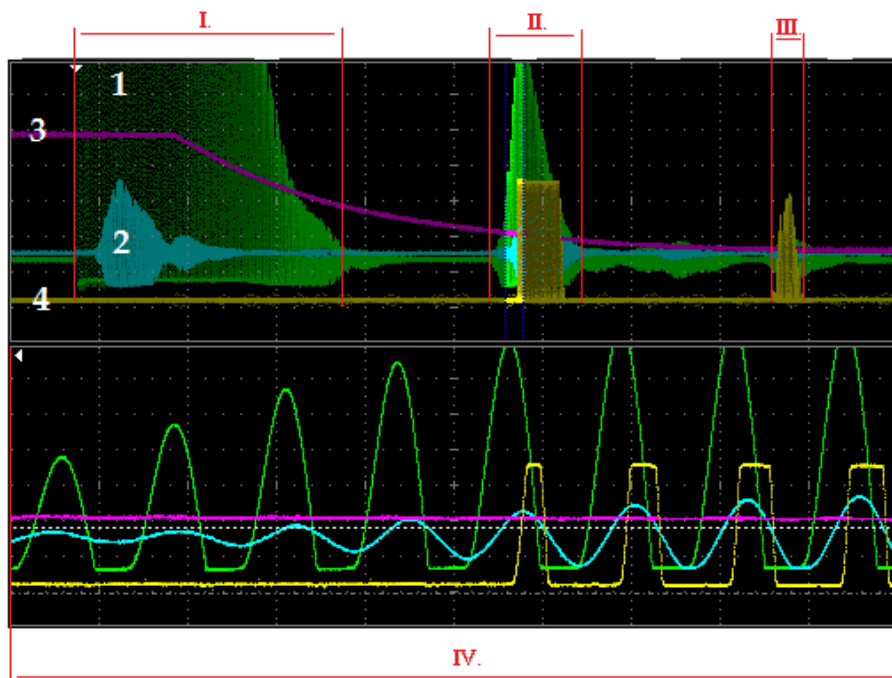
A *Központi vezérlő* indításkor egy automata kalibrációt végez, amely a vételezési referencia minimum értékét határozza meg az üresjáratban levő vételi jelek függvényében. Mivel a vételi erősítők jelleggörbéje gyárilag enyhén eltérhet, a különböző ofszetek miatt különbözhet az erősítők kimeneti minimuma, az automata kalibráció viszont a legmagasabb átlagértékhez igazítja a komparálási referencia minimumát.

Az érzékelő rendszer hatótávolsága az adási feszültség és az adást gerjesztő jel hosszának függvényében változik, tesztek alapján 4 cm és 10 m távolságok között megbízható, nagy pontosságú méréseket végez. A mérések irányítottságát az adó és vevő ultrahang átalakító pozíciója határozza meg.

3. Jelfeldolgozás

Az 8. ábra egy távolságmérést ábrázol az ultrahang jelek szintjén. A zöld csatorna (1) az adó jel időbeli változását ábrázolja, a kék csatorna (2) a vételezett jelet erősítés után, a lila csatorna (3) a vételezett jel komparálási referenciája, míg a sárga csatorna (4) a vételezési komparátor kijövetelén megjelenő jel.

Egy mérés párban használt *Ultrahang adó-vevők* segítségével végezhető el a legegyszerűbben [4]. Az adó jel I.-es szakaszban megfigyelhető, hogy, bár a *Központi vezérlő* csak 4 periódusnyi 40 kHz-es jelet generál, az ultrahang-átalakító holtideje miatt az adási jel jelentősen hosszabb és fokozatosan alszik ki. A vételi csatornán megfigyelhető, hogy az érzékelő-rendszer vételezi a közvetlen adást is, amely téves mérési eredményekhez vezethet, ezért az adás ideje alatt szükségszerűen a vételi érzékelés le van tiltva.



8. ábra Adás-vétel jelek szintjén

A II.-es szakaszban figyelhető meg egy tárgyról való visszaverődés. Mivel az adó érzékelő ebben az esetben adó-vevő módban működik, megfigyelhető, hogy ez is érzékeli a tárgyról való visszaverődött ultrahanghang hullámokat, így a mérés akár egyetlen adó-vevő segítségével is elvégezhető. Ebben az esetben viszont a teljes adás idejére a vételezést inaktív módba kell állítani, mivel a közeli tárgyakról való visszaverődések ebbe az időperiódusba esnek bele, ezáltal ezeket nem érzékelné a rendszer. Mérések alapján az ebben az esetben elérhető megbízható minimális érzékelési távolság megközelítőleg 20 cm, ez nem elfogadható a mi esetünkben.

A III.-as szakasz egy másodlagos visszaverődést ábrázol egy távolabbi tárgyról, tehát ez elhanyagolható. A II.-es szakaszban és főként ennek a kinagyított változatát képező IV-es szakaszban megfigyelhető, ahogyan a vételezett jelszint meghaladja a komparálási referenciát és ezáltal egy négyszögjel keletkezik egy komparátor kijövetelén, amely frekvenciája megegyezik az érzékelt ultrahang hullám frekvenciájával. Az így generált négyszögjel a *Központi vezérlőben* található mikrovezérlő egyik megszakítás bemenetére csatlódik, így azt a mikrovezérlő érzékeli, digitálisan szűri, és ha a vételezett jel egy megközelítőleg 40 kHz-es jel, akkor tárgyról való visszaverődésnek nyilvánítja.

Ismerve az ultrahang levegőben való terjedési sebességét, az adás és a vétel között eltelt időből kiszámolható az érzékelt tárgy távolsága. Az adás és a vételezés közötti eltelt időt a *Központi vezérlőben* található mikrovezérlő méri egy beépített számlálója segítségével és ugyanez a mikrovezérlő számolja ki és tárolja a távolságadatokat, majd a *Döntéshozó egység* kérésére továbbítja ezeket.

$$d = v \cdot t \quad (4)$$

ahol:

$$v = 331 \frac{m}{s}$$

Ismerve a beépített számláló frekvenciáját az eltelt idő kiszámolható a következő képlet alapján:

$$t = n \cdot \frac{1}{f} [s] \quad (5)$$

ahol:

n – a számláló értéke

f – a számláló frekvenciája

Ebből következik, hogy:

$$d = \frac{331}{\frac{20 \cdot 10^3}{8}} \cdot n [mm] \quad (6)$$

Mivel a távolságméréskor a hang menet-jövet kétszer teszi meg a szenzor és az érzékelt tárgy közötti távolságot, a valós távolság a mért távolság fele lesz:

$$D = \frac{331 \cdot 8}{2 \cdot 20 \cdot 10^3} \cdot n [mm] \quad (7)$$

használva a következő jelölést:

$$k = \frac{331 \cdot 8}{2 \cdot 20 \cdot 10^3} \approx 0.0662 \quad (8)$$

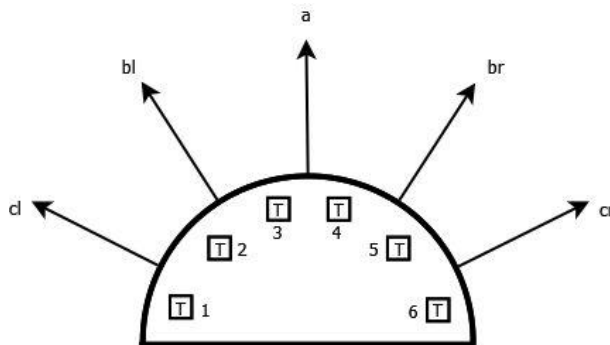
a távolság a következő képlet alapján számolható ki:

$$D = k \cdot n \quad (9)$$

Az 8. ábrán megfigyelhető az is, hogy a komparálási referenciát időben csökkenjük egy előre, a kalibráció alapján, kiszámolt görbe szerint. Erre azért van szükség, mert a közeli tárgyakról visszavert ultrahang hullámok amplitúdója jelentősen nagyobb, mint a távoli visszaverődéseké. A referencia csökkentésével a vevő egyre érzékenyebb lesz, így képes érzékelni a távoli tárgyakról visszaverődő kis amplitúdójú jeleket is, viszont kisebb a valószínűsége egy, a jelben megjelenő zaj visszaverődésként való kiértékelésének.

4. Az Érzékelő rendszer felhasználása

Az *Érzékelő rendszer* széleskörű konfigurálhatósága által nyújtott lehetőségekkel élve a robot a tájékozódásához egy 160°-os körcikket térképez fel 5 irányban, amelyek egymással 40°-os szöget zárnak be, amint a 9. ábra mutatja. Az *Ultrahang adó-vevők* félkörös alakban, rögzített állapotban helyezkednek el a robot elülső részén, 8 cm-es magasságban. Ennek a magasságnak a meghatározása empirikus módon történt, úgy, hogy a robot ne érzékelje a haladási felület egyenetlenségeit, vagy az esetleges emelkedőket.



9. ábra Távolság mérési irányok és használt adó-vevő párok

Az 1. táblázat a különböző irányokban végzett mérésekhez használt adó-vevő párok sorszámát tartalmazza.

Irány	Adó	Vevő
a	3	4
b _l	2	3
b _r	5	4
c _l	1	2
c _r	6	5

1. táblázat A mérésekhez használt adó-vevő párok

Mivel az ultrahang széles nyalábban terjed (1 m alatti távolságoknál ~ 20 cm) ez az 5 mérés lefedi az egész körcikket kis távolságokon (< 1 m).

A fent említett mérési konfiguráció öt darab hagyományos ultrahangos távolságmérőt helyettesít, amelyeken 10 darab ultrahang átalakító helyezkedik el, és ezekhez képest még ráadásként tartalmazza az adatfeldolgozó egységet is.

Ez a konfiguráció csak egy konkrét példa az *Érzékelő rendszer* felhasználhatósági halmazából, a rendszer számos más konfigurációban is megbízhatóan használható.

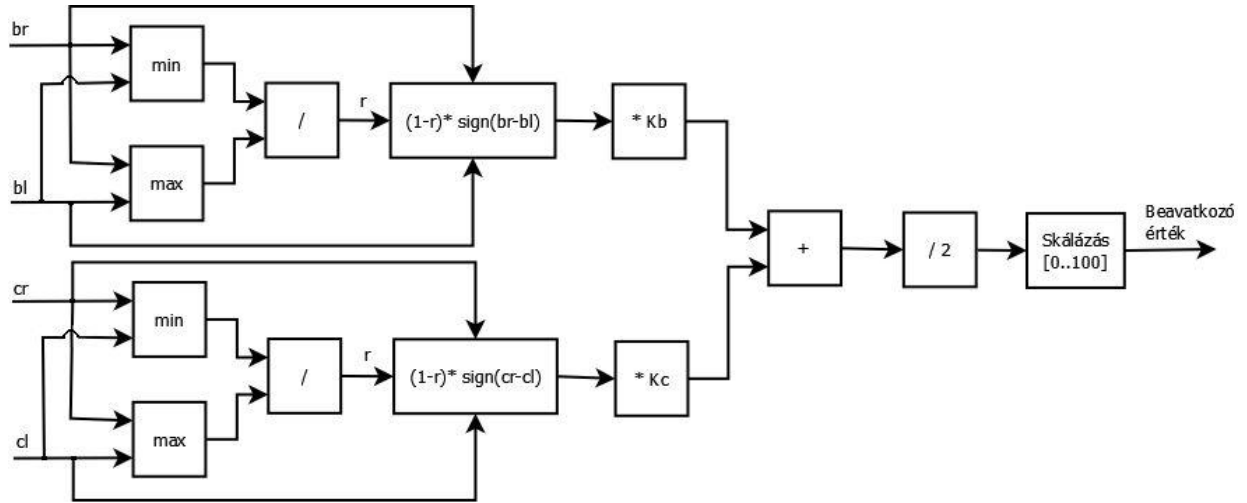
3. A Döntéshozó egység

A *Döntéshozó egység* [4][6] futtatja az útkereső algoritmust a középpontjában álló mikrovezérlő segítségével, amely az *Érzékelő rendszer* által öt irányban elvégzett távolságmérések alapján számolja ki a megfelelő vezérlőjeleket a motrok számára. Továbbá ez az egység valósítja meg a kommunikációt a *Monitorizáló szoftverrel*.

Az algoritmus elve a mágneses pólusok elméletén alapszik [4], amelyben az ellentétes polaritású mágneses terek vonzzák egymást, míg az azonos polaritásúak taszítják. Ebben a kontextusban a robot és az akadályok a negatív, míg a cél a pozitív polaritást képviselik. Jelen esetben a cél egy mozgó pont, és mindig a robot előtt helyezkedik el, így a robot az előrehaladásra törekszik.

1. Az algoritmus

Az útkereső algoritmus egy több bemenetű és egy kijövetű szabályzóként viselkedik, amely bemenetként a b_l , b_r , c_l és c_r távolságokat kapja, és a kimenetén százalékban adja meg a két motor forgássebessége közötti szükséges sebességkülönbséget, amelynek következtében a robot annyit fordul, hogy kikerülje az akadályt és a rendelkezésre álló haladási sáv közepéhez a lehető legközelebb maradjon. Az a távolság a közvetlenül a robot előtt található tárgyak távolsága, így ez az érték fordítottan arányosan kell befolyásolja, súlyozza a százalékban meghatározott sebességkülönbséget, így felerősítve a kanyar ívét, ha a robot előtt akadály jelenik meg. Ezek a számítások konstans periódusonként végtelen ciklusban ismétlődnek.



10. ábra Az útkereső algoritmus egy iterációja

A 10. ábra az algoritmus egy iterációjának menetét ábrázolja. Az előre irány szerinti szimmetrikus mérések (b_l-b_r, c_l-c_r) párokba rendezve kerülnek feldolgozásra. A méréspárok aránya azt jelzi, hogy a robot aktuális helyzete milyen mértékben tér el az optimálistól, vagyis a rendelkezésre álló haladási sáv középpontjától. Ha ez az arány 1, akkor a robot pontosan az optimális haladási sáv közepén helyezkedik el és a szabályzó algoritmus célja ennek az arányértéknek a megtartása.

$$B = \left(1 - \frac{\min\{b_r, b_l\}}{\max\{b_r, b_l\}}\right) \cdot \text{sign}(b_r - b_l) \quad C = \left(1 - \frac{\min\{c_r, c_l\}}{\max\{c_r, c_l\}}\right) \cdot \text{sign}(c_r - c_l) \quad (10)$$

Ennek teljesítése érdekében mindig a kisebb érték képezi a tört számlálóját és nagyobb érték a nevezőjét. A beavatkozási érték előjele határozza meg a szükséges fordulás irányát, pozitív érték jobbra való fordulást, míg negatív érték balra való fordulást kell eredményezzen. Mivel ezen esetben két távolságpár áll a rendelkezésre, az ezekből számolt beavatkozási értékek $(B \text{ és } C)$ a K_b és K_c konstansokkal való súlyozás után átlagolásra kerülnek, majd a kapott R érték 0 és 100 közé skálázódik.

$$R = \frac{(K_b \cdot B + K_c \cdot C)}{2} \cdot \left(1 + K_a \cdot \frac{1}{a}\right) \quad (11)$$

A tesztek alapján a kedvező konstans értékek $K_b=[0,3..0,4]$, $K_c=[0,4..0,5]$ és $K_a=[90..100]$. Az így kapott R százalék érték alapján a *Döntéshozó egység* csökkenti a fordulás iránya felőli motor sebességét, ha a végső beavatkozó érték pozitív, akkor a jobb motor sebessége csökken, ellenkező esetben a bal motoré.

Az R érték a következő algoritmus alapján alkalmazható egy differenciál meghajtású robot esetén:

```
r = 1 - R / Rmax
if r > 0
    Vl = Vavg
    Vr = Vavg * r
else if r < 0
    Vl = Vavg * r
    Vr = Vavg
```

Ahol:

$R_{\max}$ – R által felvehető maximális érték
 V_{avg} – kívánt átlagsebesség
 V_l, V_r – számolt motorsebességek

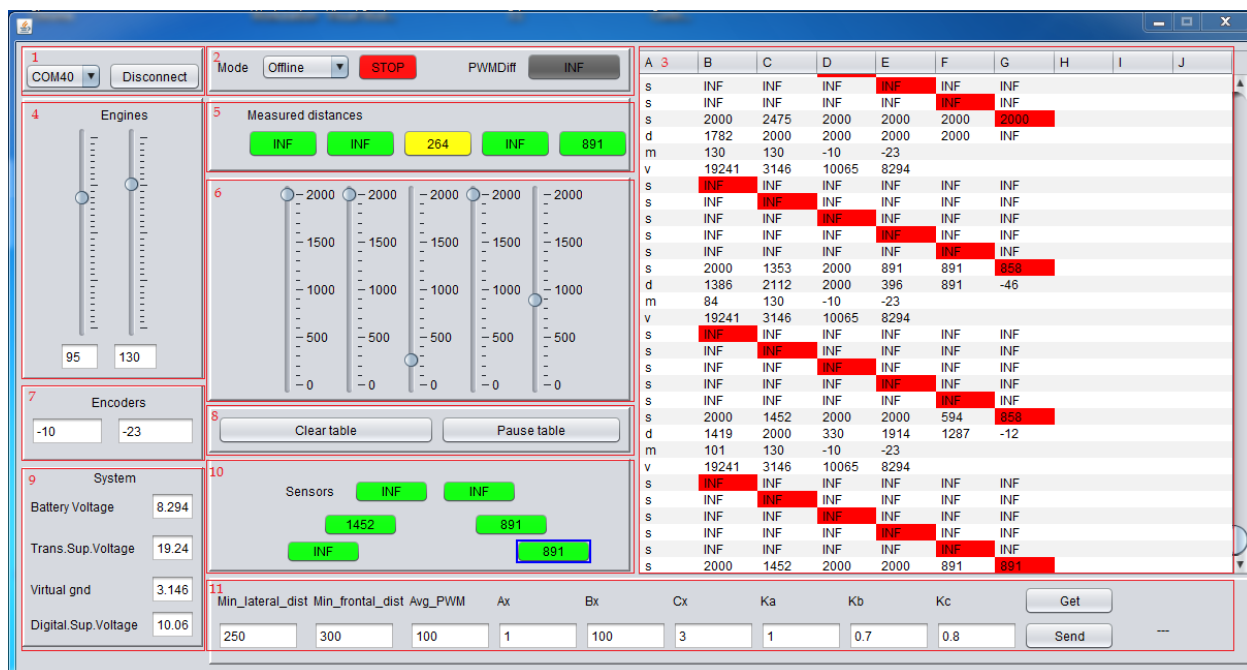
4. A Monitorizáló szoftver

A *Monitorizáló szoftver* egy számítógépen futó Java alkalmazás, amely virtuális soros portként működő Bluetooth vezeték nélküli kapcsolaton kommunikál a robottal. Az alkalmazás grafikus felületén megjeleníti a robot különböző komponenseitől érkező visszajelzéseket, illetve kontrollüzeneteket küld a robotnak.

Az alkalmazás grafikus felülete a következő blokkokra osztható, ahogy a 11. Ábra mutatja:

1. blokk: ez biztosítja a robotoz való kapcsolódást, kiválasztva a megfelelő kommunikációs portot
2. blokk: a robot működési módjának kiválasztását teszi lehetővé
3. blokk: táblázatos módban ábrázolja az összes a robottól érkező információt
4. blokk: a motrokra alkalmazott kitöltési tényezőket ábrázolja
5. és 6. blokk: a mért távolságadatok megjelenítésére szolgál
7. blokk: a tengelyekre szerelt enkóderek által mért értékeket mutatja
8. blokk: a táblázattal végezhető műveleteket biztosít
9. blokk: a robot működési feszültségeit mutatja
10. blokk: a szenzorrendszer minden távolságmérés utáni állapotát mutatja

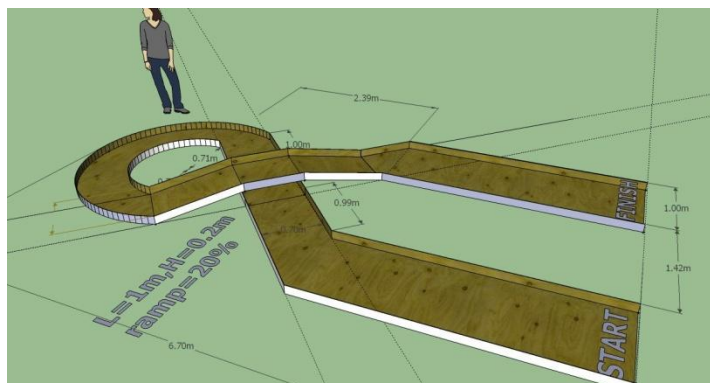
11. blokk: az algoritmus paramétereinek módosítását biztosítja



11. ábra A Monitorizáló szoftver grafikus felülete

5. Következtetések, eredmények

Az említett módszerek és eszközök használatával az elkészült robot a 12. Ábrán látható teszt pályát, amely megközelítőleg 13 m hosszú és amelyen véletlenszerűen henger alakú, 15 cm átmérőjű üveg akadályok helyezkedtek el, 31,09 s alatt teljesítette, egyetlen ütközés nélkül.



12. ábra Tesztpálya

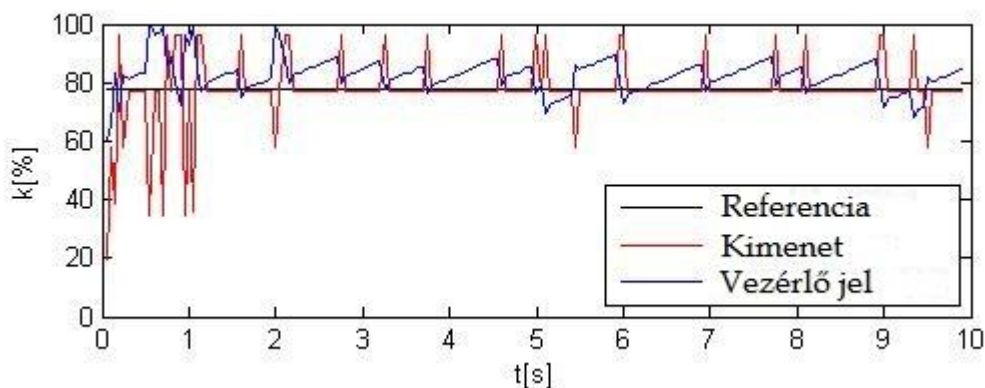
A mért távolságok a milliméter pontosságot is könnyedén eléri a robot mozgása közben is, viszont az ultrahang széles sávban való terjedése miatt a tárgyak pozíciójának meghatározása

nem pontos. Ennek oka az, hogy a visszaverődések tulajdonságai nem változnak annak függvényében, hogy a tárgy és az ultrahang sáv melyik része ütközik egymással.

Adási periódusok száma \ Valós távolság [mm]	4	6	8
40	41	39	39
150	152	149	148
500	502	501	499
1000	1004	1003	998
10000	10006	9996	9997

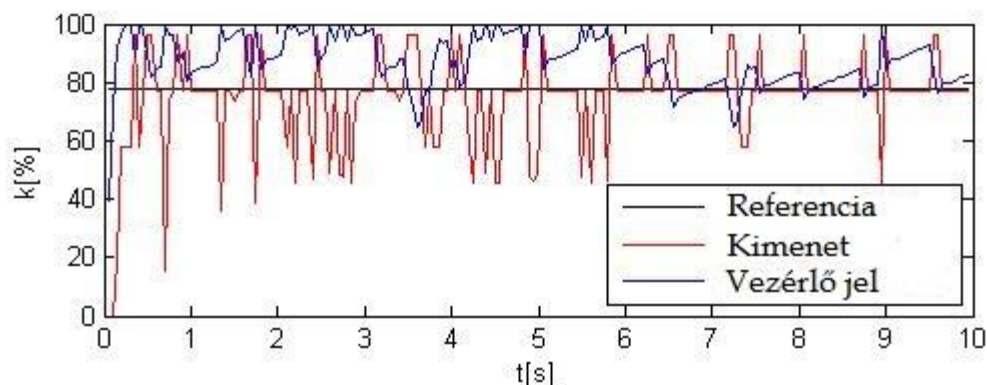
2. táblázat Mérési eredmények

A *Motorvezérlő egység* jó teljesítményt mutat szélsőséges körülmények között is. Mivel a robot alapjául egy olcsó játék szolgál, a mechanikus rész minőségileg nagyon gyenge, a motor és a tengely közti fogaskerék-rendszer gyakran időlegesen leblokkál, amely befolyásolja a robot haladási irányát. Ezt a mechanikai zavart sikeresen semlegesíti a szabályzó, biztosítva a robot egyenes vonalú haladását.



13. ábra A szabályzó válasza terhelés nélkül

Az ábrán látható esetben a motrok terhelésmentesen hajtják a lánctalpakat, és jól látható, hogy a szabályzó sikeresen tartja a referencia közelében a rendszer kimenetét.



14. ábra A szabályzó válasza terheléssel

Ebben az esetben a robot a földön halad, először egy nagyon egyenetlen, puha szőnyegen, majd parketten. Megfigyelhető hogyan szegülnek szembe a környezet és a mechanikai zavarok a robot haladásának, és látható, hogy a szabályzó ilyen szélsőséges helyzetben is elfogadhatóan korrigálja a zavarokat. Az ábrán látható időintervallum utolsó harmadában megfigyelhető, ahogy a robot egyenletes terepre érkezik, és ezzel egyidőben a szabályzó csökkenti a vezérlő jelet, amivel biztosítja a robot állandó sebességgel való haladását, továbbá a szabályzónak újra csak a mechanikus rendszer zavarait kell korrigálnia.

A robot a célul kitűzött feltételeket teljes mértékben teljesíti, a *Motorvezérlő egység* jó szolgálatot tesz, az *Érzékelő rendszer* pontos és megbízható, a *Döntéshozó egység* gyors, könnyen konfigurálható és nagy haladási sebességek mellett is hibátlanul működik.

6. Jövőbeli célok

A jövőben a legfőbb cél a minőség miatti pontatlanságok kijavítása, ennek érdekében a robottest egy precízebb, minőségibb változatra cserélése az első lépés.

Az *Érzékelő rendszer* adó-vevő számának kiterjesztésével tovább növelhető a rendszer által kínált lehetőségek halmaza, illetve az erősítő elektronikában használt műveleti erősítők lecserélése ofszet korrigáltra növelné a rendszer pontosságát.

A Döntéshozó egység mikrovezérlőjének egy nagyobb teljesítményűre cserélésével új típusú algoritmusok tesztelése is lehetővé válna. Mesterséges neuronhálókat használó algoritmusok tesztelését tervezzük.

Bibliográfia

- [1] K. Astrom, R. Murray. *Feedback systems - An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press, 2008
- [2] R. H. Barnett, L. O’Cull, S. Cox, S. A. Cox. *Embedded C Programming And the Atmel AVR*. Cengage Learning, 2007
- [3] E. A. Choon. *DC Motor Speed Control Using Microcontroller PIC 16F877A*. Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Electrical Engineering , 2005
- [4] J. Das, M. Kalakrishnan, S. Nagappa. *Obstacle Avoidance for a Mobile Exploration Robot*. PES Institute of Technology, 2003
- [5] M. Dulău, *Ingineria sistemelor automate*, Kurzusjegyzet, 2011
- [6] J. L. Jones, A. M. Flynn, B. A. Seiger. *Mobile Robots: Inspiration to Implementation*. A. K. PETERS, 1993
- [7] L. P . Palma. *Ultrasonic Distance Measurer Implemented with the MC9RS08KA2*. Freescale Semiconductor, 2008
- [8] A. S. Tanenbaum. *Rețele de calculatoare – Ed. A 4-a*. Editura Byblos, 2003
- [9] P. Turennout. *Autonomous Motion on Wheels*. Technische Universiteit Delft, 1994
- [10] T. Wescott. *PID without a PhD*. EE Times - India , 2000