

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatika Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

DŐLÉSÉRZÉKELŐVEL IRÁNYÍTOTT LÉGPÁRNÁS ROBOT

Szerző(k): **Kovács Dávid Dániel**
Villamosmérnök BSc. szak, II. évf.
Kormos Tamás
Villamosmérnök BSc. szak, II. évf.

Konzulens: **Lamár Krisztián**
adjunktus

Tudományos Diákköri Dolgozat

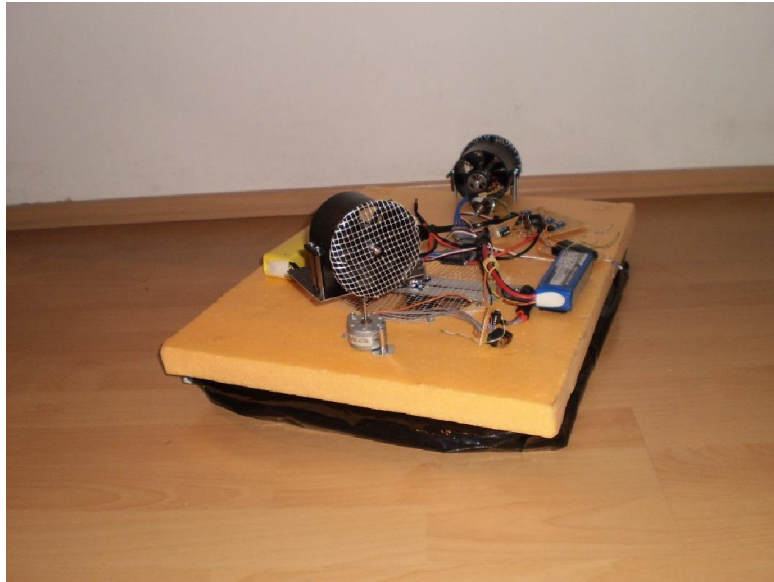
**DŐLÉSÉRZÉKELŐVEL IRÁNYÍTOTT
LÉGPÁRNÁS ROBOT**

Kovács Dávid Dániel
Kormos Tamás

Tartalom

Bevezető.....	4
Légpárnás robot	5
Mechanikai kivitelezés.....	5
Vezérlés	9
PWM.....	9
Microchip RN-171	14
Lantronix XPico Wifi	15
A mozgást megvalósító eszközök	16
Brushless motor	17
Szabályzó	18
Elektronikai felépítés	22
L298N motorvezérlő.....	23
Kapcsolóüzemű tápegység.....	25
Légpárnás robot irányító eszköz a „kesztyű”	29
USB.....	29
Dőlésérzékelő MMA7361	31
Hardveres felépítés.....	32
Szoftver	34
Robotvezérlő.....	34
Robotirányító eszköz a „kesztyű”	34
PC oldali	36
Összefoglalás	37
Irodalomjegyzék	37
Adatlapok.....	37

Bevezető



A pályamunkánkban egy robot légpárnás járművön keresztül bemutatjuk az általunk kifejlesztett vezérlési és szabályozási megoldásokat. Majd bepillantást nyerünk, milyen eszközök szükségesek a légpárnás megmozdulásához.

Az első probléma, amivel szembesülünk, a szerkezet jellegéből adódik, mivel lebegés közben súrlódás nélkül siklik és az emelőmotor hatására körbe forogna, rendkívül érzékeny irányítórendszerrel kellett megalkotnunk amivel kompenzálni tudjuk a nem kívánt hatásokat. A feladat részeként nem kizárólag a légpárnás irányítását kell megoldanunk, egyéb részfeladatokra is megoldást kell találnunk, ilyen például, hogy különböző magasságú célterületekre dobókockákat kell feljuttatni. A feladat kiírása részletezte, hogy a robot mozgásának irányítását a kezünk mozgásával kell megoldani, nem használható billentyűzet, bármilyen gomb vagy joystick.

Miután a vezérlési és szabályozási nehézségeket áttekintettük, megvizsgáltuk milyen szoftveres nehézségeket kellett leküzdenünk, részletezzük a robotban alkalmazott brushless motorok működési elvét, megnézzük minek köszönhetjük a rendkívüli erejüket. A dolgozatban szót ejtünk az említett motorok működéséhez szükséges szabályozókról, megnézzük milyen megoldással lesz az akkumulátor egyenfeszültségéből, három fázisú váltakozó feszültség.

Légpárnás robot

A Robot mechanikai megvalósítása során a vártnál sokkal több probléma merült fel. Az egyszerű DC motorok nem bizonyultak megfelelőnek, mivel egyik elég magas fordulatszáma az túl nagy és nehéz. A megfelelő motor kiválasztásához az RC modelleket vizsgáltuk meg és miután gyakorlatilag az összes repülésre alkalmas eszköznél brushless motorokat használnak, úgy döntöttünk mi is ezzel próbálkozunk egy. Itt máris bonyolultabbá vált a robot elektronikája, mert ezek a motorok nem konstans egyenfeszültséggel működnek, márpedig nekünk ez állt rendelkezésünkre az akkumulátoros üzemeltetésből adódóan. A motor működtetéséhez szükséges háromfázisú váltakozó feszültséget előállító elektronikát az elveinkkel ellentétben nem mi magunk építettünk meg, hanem egy erre a célra kifejlesztett gyári modult használtunk, de erről majd később lesz szó. Mivel ezek a motorok rendkívül nagy áramfelvételűek, nem használhattunk akármilyen akkumulátort. A nikkel származékok alacsony feszültségük és kedvezőtlen súly-teljesítmény arányuk miatt szóba sem jöhettek, maradt a lítium. A lítium-ion cellák nem képesek elég nagy áramot leadni, a lítium-vas-foszfát igen, viszont a szükséges feszültséghez kellő cellamennyiség már meglehetősen drága lenne, így végül eljutottunk a lítium-polimerhez amely minden szempontból megfelelőnek bizonyult. Eredetileg egy, nagyobb teljesítményű akkumulátorban gondolkodtunk, végül két különálló akkupakkot választottunk a kedvezőbb súlyeloszlás és a nagyobb kapacitás miatt.

Mechanikai kivitelezés

A test anyagának egyszerű lépésálló hungarocellt választottunk mivel rendkívül könnyű, ugyanakkor mégis elég erős, külön merevítést nem igényel és a vastagsága miatt egyszerű az alkatrészek stabil rögzítése is.

Bár a valódi járműveknél többnyire radiális légsavarakkal oldják meg az emelést mi a motorra axiális légsavart helyeztünk, mivel olyat nem tudtunk volna beszerezni és így egyszerűbbnek tűnt.

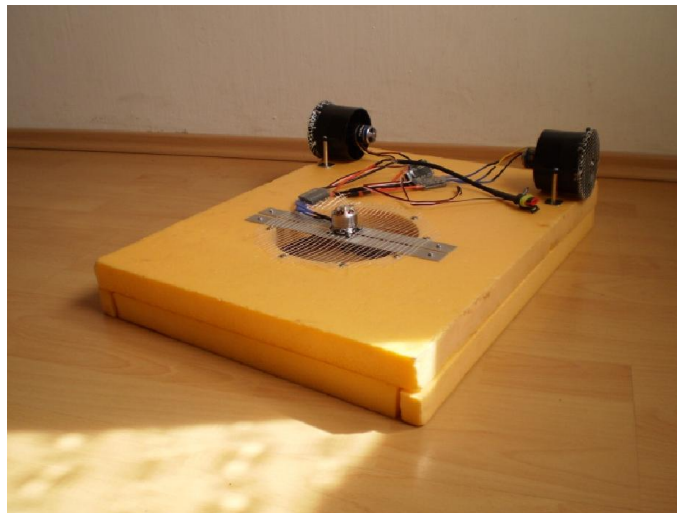
A szerkezet kialakítására számtalan módszert gondoltunk végig és ezekből néhányat modelleztünk is.

Az első ötlet ami megvalósításra került tulajdonképpen nem is légpárnás volt. Egy zárt dobozba fűjattuk a levegőt aminek az alján a légsavar tengelyével megegyező középpontú kör mentén lyukakat fűrtünk, mivel így ugyanakkora mennyiségű levegő áramolhatott ki minden lyukon, egyenletes távolságra tartva a testet a földtől, továbbá azt reméltük, hogy így elkerülhetjük a test körbeforgását ami az emelőmotor hatására jön létre, annak köszönhetően, hogy a levegő nem közvetlenül éri a talajt, így már maga a légáram nem örvényszerű. A gyakorlatban sajnos ez teljesen használhatatlannak bizonyult két okból. Az egyik az, hogy a lyukakon nem tudott ugyanannyi levegő távozni mint amennyit a légsavar beszívott és a levegő egy része a propellernél távozott. A másik, hogy így nem tudott kialakulni a párnahatás, a szerkezet a kiáramló levegő közvetlenül a talajra gyakorolt nyomásának kellett

volna felemelnie, ami az előbbieken említett okból nem volt elég nagy, ráadásul a levegő sűrűsége olyan csekély, hogy ahhoz hogy megfelelő erőhatást gyakoroljon a talajra sokkal nagyobb mennyiséget kellene megmozgatni mint ami a párnahatás kialakulásához szükséges.

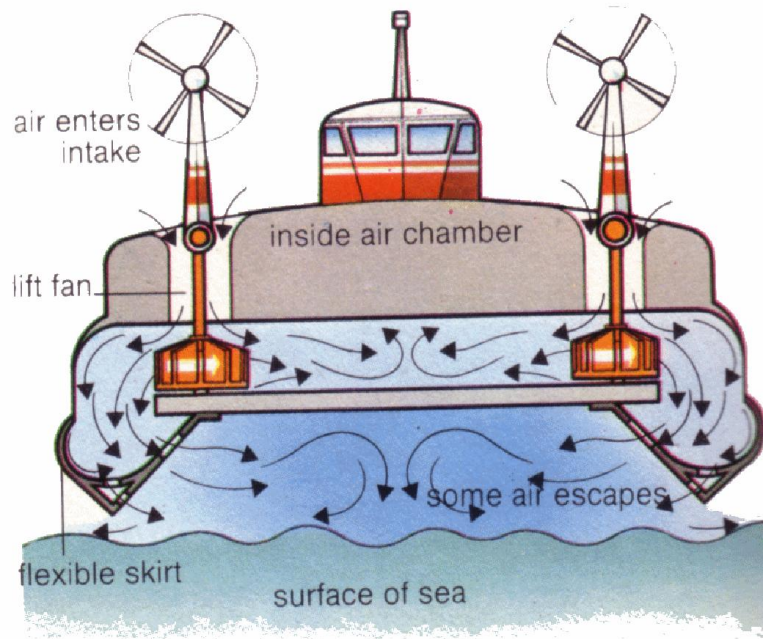
A doboz eltávolítása után a test lapját közvetlenül a földre helyeztük, így viszont nem hogy nem emelte meg magát, de még kifejezetten rászorította a testet a talajra, azáltal, hogy a levegő mennyiségének egésze a légsavarnál távozott, így ahelyett, hogy maga alá fújta volna a levegőt, inkább kiszívta azt. Ezt a problémát négy talppal oldottuk meg, mivel így már alaphoz távolabb került a test a talajtól, így elegendő teret hagyva a levegőnek, hogy megfelelő irányba áramoljon, ám így megint csak képtelen volt felemelkedni mivel a levegő távozott oldalt.

Ugyanabból a hungarocellból egy vékony peremmel láttuk el a robot alját, ezzel egy egyetlen oldaláról nyitott dobozt hoztunk létre amelyben kiválóan kialakult a párnahatás ami 2kg-ot is képes volt megemelni.



De mi is ez a sokat emlegetett párnahatás?

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot



Ahhoz, hogy a jármű lebeghessen előbb fel kell töltenünk az alatta lévő területet levegővel (a hőlégballonokkal ellentétben itt a levegő hőmérséklete lényegtelen) és ezután folytatnunk kell a légbefűvást –a levegő benntartására úgynevezett szoknya használunk- ettől túlnyomás keletkezik a rendszerben ami megemeli a testet, hogy a többlet levegő távozhasson a szoknya és a talaj közti kis résen. A bent maradó légmennyiség maga a légpárna, ezen fekszik az egész test a teljes súlyával. Az a gondolat, hogy a lebegés miatt a szerkezet súlytalan, nem fejt ki erőt a talajra, teljesen téves (bár ez a hatás-ellenhatás törvényéből is adódik), erre a legjobb szemléltetés az, hogy a légpárnásnak, akár csak a hajóknak szintén van vízkiszorítása, amely egyébként lassítja a vízben való haladást. Az egyenletes lebegéshez fontos, hogy a bevitt légmennyiség is egyenletes legyen, hiszen ha ez ingadozik akkor a jármű olykor magasabbra olykor alacsonyabbra kerül a légpárna méretének változása miatt, rosszabb esetben leérhet a talajra. Ennek a közlekedési formának a legnagyobb előnye talán az, hogy viszonylag nagy sebességgel tud közlekedni egyaránt vízben és szárazföldön is anélkül, hogy bármilyen átállítást igényelne a különböző felületek találkozásánál. Ugyanakkor rendkívül nagy hátrányai is vannak. Emelkedőkön feljutni csak nagyon korlátozott mértékig képes és erősen egyenetlen terepen sem ajánlott a használata, mert a szoknya és a föld közötti légrésnél nagyobb tárggyal ütközve könnyen fennakadhat azon, viszont a test méretéhez képest számottevő méretű, mélyebb gödröknél hirtelen lezuhanhat, mivel ilyenkor megnő a test alatti légterület amitől a légnyomás lecsökken. A jármű alatti légmennyiség túlnyomás alatt van, a gödörben levő viszont csak atmoszférikus nyomáson, amikor találkoznak a nyomás kiegyenlítődik ezzel lecsökkentve a légpárna nyomását amely így már nem képes ugyanazon a magasságon tartani a szerkezetet. Árok jellegű egyenetlenségeknél szintén a földbe csapódhat mert ilyenkor az előbb említett jelenség mellett még a levegő kiáramlására szolgáló rés is megnő amitől hirtelen nagy mennyiségű levegőt veszít a párna és leereszt.

Most térjünk vissza a modellünkhöz. A merev szoknya megfelelő volt ugyan a súly felemelésére, de a test lassú ám nem elhanyagolható sebességgel körbeforgott és rendkívül

érzékennyé vált a súlypont elhelyezkedésére. Mi éppen ezt az érzékenységet használtuk ki az előre haladáshoz azáltal, hogy a súlypontot előre helyeztük amitől a jármű eleje közelebb került a talajhoz, a hátulja pedig távolabb, így ott nagyobb mennyiségű levegő tudott távozni ami előre fele tolta a robotot, viszont így nem volt képes egyhelyben lebegni, az emelkedést követően azonnal elindult előre. A kormányzást két egymással ellentétes irányba a robot jobb és bal hátsó sarkaira elhelyezett impellerekkel oldottuk meg, mert így kompenzálni tudtuk a körbeforgást is, azzal hogy a körbeforgással ellenkező irányba toló impeller alapjáraton nagyobb sebességgel forgott a másiknál. Jobbra kanyarodásnál a jobb oldali impeller sebességét növeltük amitől a robot hátulja balra tolódott ami jobbra haladást eredményezett. Ezzel viszonylag jól lehetett irányítani de tolatásra és egyhelyben lebegésre még mindig nem volt képes.

Végül tehát mi is a rugalmas szoknyánál állapodtunk meg. Ennek lényege, hogy egy nem légáteresztő anyagból szó szerint egy szoknyát rögzítünk a testre úgy, hogy a rögzítésnél ne tudjon kiszökni a levegő, alul pedig valamivel össze kell fogatni, hogy ne tudjon kifordulnia légnymástól. Meglepő módon azt tapasztaltuk hogy a szerkezet gyakorlatilag teljesen egyhelyben lebegett annak ellenére is, hogy az alkatrészeket, akkumulátorokat csak próbaüzemben össze-vissza helyeztük el rajta, tehát a súlypont és a súlyeloszlás szabálytalanságaira nagy mértékben toleráns volt. A kormányzást általában az előrehaladást szolgáló propeller mögé helyezett mozgatható terelő lapátokkal szokás megoldani, de mi inkább egy egyszerűbben megvalósítható módszert szerettünk volna kialakítani. Egy fixen rögzített impeller található hátul, két sebességfokozattal, ami ez előre haladásra szolgál, és egy léptetőmotorral körbeforgató tartószerkezeten egy másik impeller aminek egy sebessége van. A jobbra-balra parancsokkal a léptetőmotort forgatjuk, és a mutató és középső ujjainkon elhelyezett érintkezőkkel indíthatjuk el és állíthatjuk le az impellert.

Természetesen eleve kezdhettünk volna a rugalmas szoknyával arra alapozva, hogy mindenki ezt használja tehát nyilván ez a legjobb, de szerettük volna alapjaiban megismerni és személyesen megtapasztalni a szerkezet működését, tulajdonságait ahelyett, hogy pusztán mások tapasztalataira alapozva dolgoztunk volna.

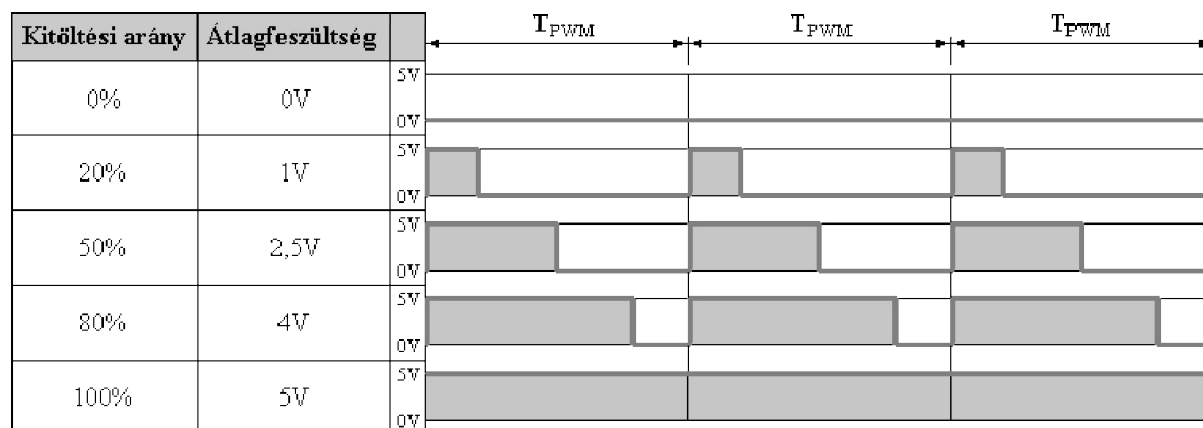
Vezérlés

Láthatjuk, hogy a légpárnás jellegéből adódóan a vezérlése, szabályozása embert, és gépet próbáló feladat. A legfontosabb követelmény amit támasztottunk, hogy könnyen irányítható nagyon precíz szabályozó rendszert készítsünk. A feladat megoldásához PIC mikrokontrollereket használtunk, ezen controller családot már jól ismerjük, korábbi kísérleteink, projektjeink során megtapasztaltuk előnyüket, hátrányukat. Kicsit előre szaladva, a motorok szabályozását biztosító eszközt PWM jelekkel tudjuk vezérelni, így nem elhanyagolható szempont volt a megfelelő mikrokontroller kiválasztásánál, hogy tudja kezelni ezeket a jeleket vagy a megfelelő számú Timer modullal rendelkezzen ahhoz, hogy mi magunk elő tudjuk állítani a jeleket. Ha ezzel megvagyunk jön a következő feladat, nem elég, hogy a roboton előállítjuk a megfelelő jeleket amivel a motorokat tudjuk szabályozni, valamilyen megoldást kellett találnunk arra is, hogy a lehető legkisebb súllyal és legkisebb méretben megvalósítsuk a kommunikációt a robot és a számítógép között. Erre a megoldást egy nemrég piacra dobott modul jelentette a Lantronix XPico. Ezzel kapcsolatos tapasztalatainkkal és a modul használatával is megismerkedünk.

PWM

Korábbi tanulmányaink, eddig megszerzett ismereteink alapján nézzük meg pontosan, hogy mi is az a pwm moduláció és hogyan működik a gyakorlatban, miként tudjuk előállítani a kívánt frekvenciájú és impulzus szélességű jeleket. A leírást a <http://www.t-es-t.hu/elokep/pic/felhkk/kk/sz1604.htm> oldalon található.

A vezérlési és szabályozási folyamatok analóg feszültségjelei helyettesíthetők digitális jelekkel, amelyek hosszabb időtartamra vonatkoztatott átlagfeszültsége egyenértékű az analóg jellel. A digitális impulzussorozat frekvenciáját úgy kell megválasztani, hogy az, a vezérelt vagy szabályozott eszköz megfelelő működését biztosítsa. Az ilyen digitális jelek egyik jól használható változata a PWM Pulse Width Modulation azaz az Impulzus-szélesség modulált jelek, amelyek olyan állandó periódusidejű és frekvenciájú jelek, ahol az átlagfeszültség beállítása a jel kitöltési tényezőjének változtatásával történik.



1. ábra

A PWM jelek digitális elemekkel történő megvalósításához szükség van egy állandó órajellel léptetett számlálóregiszterre, amelynek teljes átfutása adja a PWM jel TPWM periódusidejét. A számlálóregiszter minden túlcsordulásakor új periódus kezdődik, a PWM kimenet szintje logikai 1-re vált. Egy, a számlálóregiszterrel megegyező hosszúságú "kitöltési ciklus" regiszterbe kell elhelyezni a kitöltési tényezőnek megfelelő értéket, amely folyamatos összehasonlításra kerül a számlálóregiszterrel. Amikor a számlálóregiszter értéke eléri a "kitöltési tényező" regiszter értékét, a PWM kimenet szintje 0-ra vált.

A PWM jelek pontosságát a kitöltési tényező beállíthatóságának pontossága, vagyis a számlálóregiszter hossza határozza meg.

A PWM jelek két alapjellemzője a felbontás, amelyet a számlálóregiszter hossza, azaz bitszáma határoz meg, és a frekvencia, amely a számlálóregiszter hosszától és léptetőjének frekvenciájától függ.

A PWM jelek frekvenciája számítható:

$$f_{\text{PWM}} = \frac{f_{\text{LÉPTETŐ}}}{2^N} \text{ [Hz]},$$

ahol az $f_{\text{LÉPTETŐ}}$ a számlálóregisztert léptető jel frekvenciája, az N a számlálóregiszter bitszáma.

Természetesen:

$$T_{\text{PWM}} = \frac{1}{f_{\text{PWM}}} \text{ [s]} \text{ és } f_{\text{PWM}} = \frac{1}{T_{\text{PWM}}} \text{ [Hz]}.$$

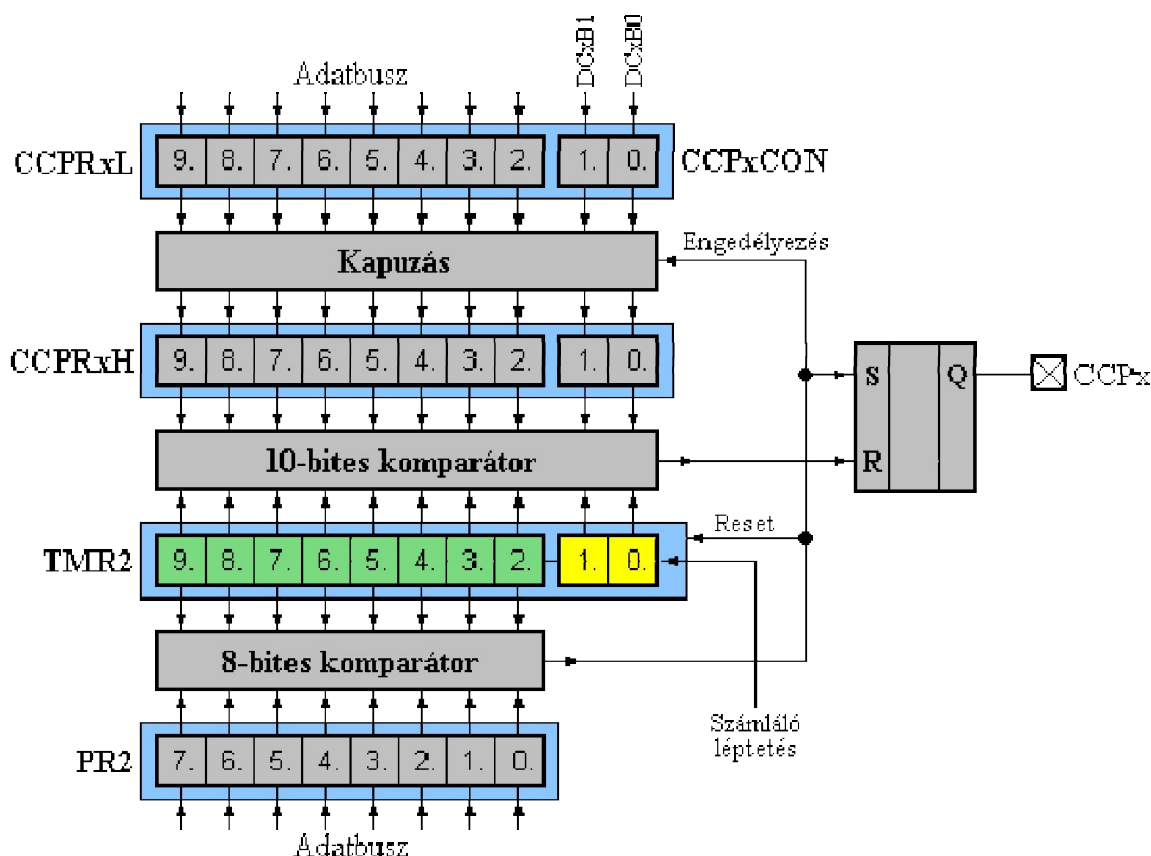
PWM jel szoftveresen is előállítható a mikrovezérlő valamelyik általános I/O kivezetésén, az egyik hardveres számlálójának felhasználásával, vagy anélkül is. Természetesen a szoftveresen előállított PWM jelforrás működtetése bizonyos mértékben leköti a mikrokontroller erőforrásait.

A CCP modult tartalmazó mikrokontrollerek alkalmasak PWM jelek hardveres előállítására. A CCP modul alkalmazása általában minimális szoftvererőforrást igényel, csupán beállítási és indítási parancsokkal folyamatos PWM jel hozható létre. Számottevő szoftverigénye csak a kitöltési tényező folyamatos változtatását követelő alkalmazásoknak van.

A közepes teljesítményű PIC mikrovezérlőkbe két fajta CCP modul lehet beépítve. Alap CCP modul egy PWM kimenettel vagy továbbfejlesztett ECCP modul négy nem független PWM kimenettel és további különleges funkciókkal.

Az alap CCP modul PWM üzemmódjának egyszerűsített blokkvázlata:

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot



2. ábra

A 2. ábra mutatja a 10-bítesre kibővített TMR2 számlálóregiszter, amely a PWM jel generátor állandó órajellel léptetett számlálóregisztere.

A TMR2 számlálóregiszter felső nyolc bitjének állapota állandó összehasonlításra kerül a PR2 regiszter szoftverből beállított értékével. Egyezés esetén, bizonyos késleltetéssel megtörténik a 10-bitesre kibővített TMR2 számlálóregiszter nullázódása és a CCPx kivezetés logikai 1 értékűre vált. A CCPRxL "kitöltési tényező" regiszter szoftverből beállított értéke átíródik a CCPRxH tárolóregiszterbe.

A 10-bitesre kibővített TMR2 számlálóregiszter állapota állandó összehasonlításra kerül a CCPRxH regiszter és a CCPxCON regiszter két kijelölt bitjének értékével. Egyezés esetén a CCPx kivezetés logikai 0 értékre vált.

A mikrovezérlő készenléti üzemmódjának aktiválásakor a Timer 2 léptetése leáll, a CCPx kivezetés az újraindításig megőrzi értékét. Az újraindítás után a PWM működés folytatódik.

Bármely Reset-esemény hatására a CCP modul kikapcsolt helyzetbe áll be.

A Timer 2 számláló modul 10-bitesre kibővített TMR2 számlálóregiszterének átfutása adja a PWM jel periódusidejét, a frekvenciáját. A TMR2 átfutási ideje, vagyis a PWM jel frekvenciája függ a PR2 periódusregiszter értékétől és a 10-bitesre bővített TMR2 léptetőjelének frekvenciájától.

A PWM jel periódusidejét megadó összefüggés:

$$TPWM = (PR2 + 1) \cdot 4 \cdot K \cdot TOSC [s],$$

illetve:

$$T_{PWM} = \frac{(PR2 + 1) \cdot 4 \cdot K}{f_{OSC}} [s],$$

ahol $PR2$ - a $PR2$ regiszter értéke, $TOSC$ a mikrovezérlő órajelének periódusideje [s], f_{OSC} a mikrovezérlő órajelének frekvenciája [Hz], K a Timer 2 előosztó áramkör osztási arányának osztója

A szükséges $PR2$ érték adott periódusidő és órajelfrekvencia mellett:

$$PR2 = \left\lceil \frac{T_{PWM} \cdot f_{OSC}}{4 \cdot K} \right\rceil - 1.$$

A PWM jel kitöltési tényezőjét a $CCPRxL$ regiszter és a $CCPxCON$ regiszterben elhelyezett $DCxB1$ és $DCxB0$ bitek értéke határozza meg, amelyek szoftverből bármikor megváltoztathatók. A PWM ciklus elején a szoftveresen megadott érték átkerül a 10-bitesre bővített $CCPRxH$ regiszterbe, amely az összehasonlítás alapját képezi. Ez a mechanizmus biztosítja, hogy a kitöltési tényező változtatásakor ne keletkezzon szabálytalan kimenő jel.

A PWM jel logikai 1 szintjének időtartamát megadó összefüggés:

$$TH = (CCPRxL, DCxB1, DCxB0) \cdot K \cdot TOSC [s],$$

illetve:

$$T_H = \frac{(CCPRxL, DCxB1, DCxB0) \cdot K}{f_{OSC}} [s],$$

ahol $(CCPRxL, DCxB1, DCxB0)$ a kitöltési tényező 10-bites értéke a felső 8 bit a $CCPRxL$ regiszter, az alsó két bit a $CCPxCON$ regiszter $DCxB1$ és $DCxB0$ bite, $TOSC$ a mikrovezérlő órajelének periódusideje [s], f_{OSC} a mikrovezérlő órajelének frekvenciája [Hz], K a Timer 2 előosztó áramkör osztási arányának osztója.

A beállítandó érték adott időtartam és órajelfrekvencia mellett:

$$(CCPRxL, DCxB1, DCxB0) = \frac{T_H \cdot f_{OSC}}{K}.$$

A kitöltési tényezőt megadó összefüggés:

$$T_{H\%} = \frac{T_H}{T_{PWM}} \cdot 100 [\%],$$

amelybe behelyettesítve és egyszerűsítve:

$$T_{H\%} = \frac{(CCPRxL, DCxB1, DCxB0)}{(PR2 + 1) \cdot 4} \cdot 100 [\%].$$

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

A beállítandó érték adott kitöltési tényező megvalósításához:

$$(CCPR_{xL}, DC_{xB1}, DC_{xB0}) = \frac{T_{H\%} \cdot (PR2 + 1)}{25}.$$

A PWM jel felbontását a 10-bitesre bővített TMR2 számlálóregiszter lépéseinek száma, vagyis a PR2 regiszter értéke határozza meg.

A TMR2 és a PR2 viszonyából a TMR2 lépéseinek száma:

$$Z = 4 (PR2 + 1).$$

Mivel természetesen igaz a lépésszám és a bitek számával (N) kifejezett felbontás összefüggése:

$$Z = 2^N$$

megadható a bitek számával kifejezett felbontás függése a PR2 értékétől:

$$2N = 4 (PR2 + 1),$$

amit átrendezve adódik az adott felbontáshoz szükséges PR2 érték meghatározásának módja:

$$PR2 = \frac{2^N}{4} - 1.$$

A megvalósítható maximális N_{MAX} felbontást, illetve Z_{MAX} lépésszámot az órajelfrekvencia (f_{OSC}) és a PWM frekvencia (f_{PWM}) aránya adja meg:

$$2^{N_{MAX}} = Z_{MAX} = \frac{f_{OSC}}{f_{PWM}},$$

amiből kifejezhető a bitek számával (N) megadott elérhető maximális felbontás:

$$N_{MAX} = \log_2 \left(\frac{f_{OSC}}{f_{PWM}} \right) = \log_2 Z_{MAX} = \frac{\lg Z_{MAX}}{\lg 2} \text{ [bit]},$$

és az elérhető maximális PWM frekvencia:

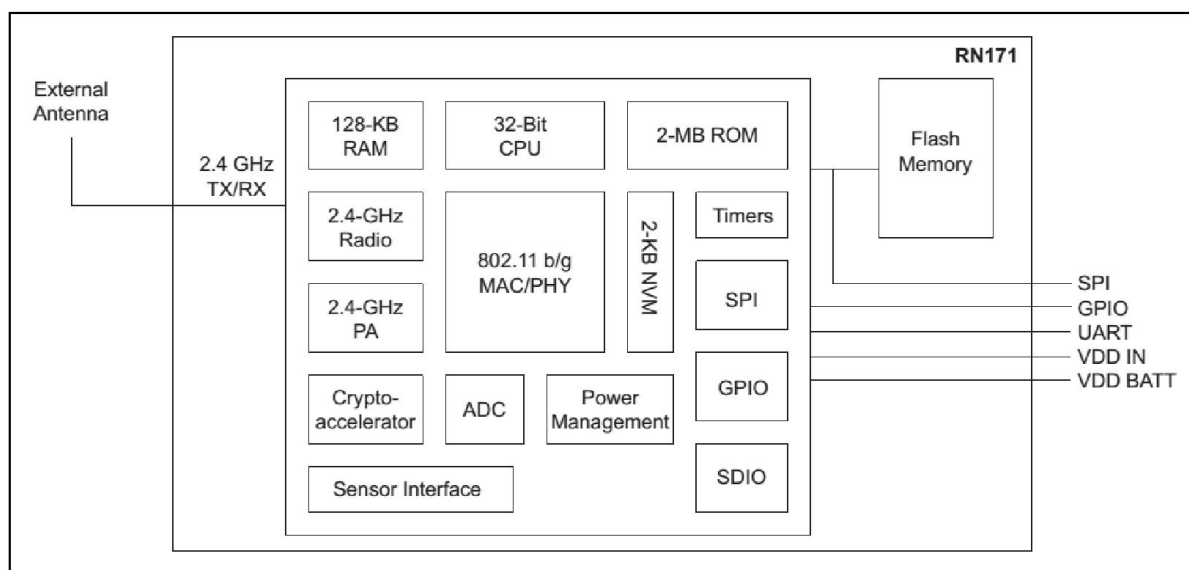
$$f_{PWM_{max}} = \frac{f_{OSC}}{Z} = \frac{f_{OSC}}{2^N} \text{ [Hz]}.$$

A PWM üzemmód, illetve a Timer 2 számláló indítása után a kimenő jel csak bizonyos késleltetés után jelenik meg, amely késleltetés a PWM generátor felépítésének sajátosságaiból adódik. (<http://www.t-es-t.hu/elokep/pic/felhkk/kk/sz1604.htm>, 2014)

A következő feladat a robot és a számítógép közötti kommunikáció megoldása, két modullal kísérleteztünk az egyik egy Microchip által gyártott RN-171 wifi modul. Mindkét modul közvetlen alkalmas a robot és a számítógép közötti kommunikációs csatorna biztosítására, semmilyen kiegészítő áramkör nem szükséges a működéséhez. Nézzük meg a modulok illetve, hogy milyen tapasztalatokat szereztünk a használatuk során.

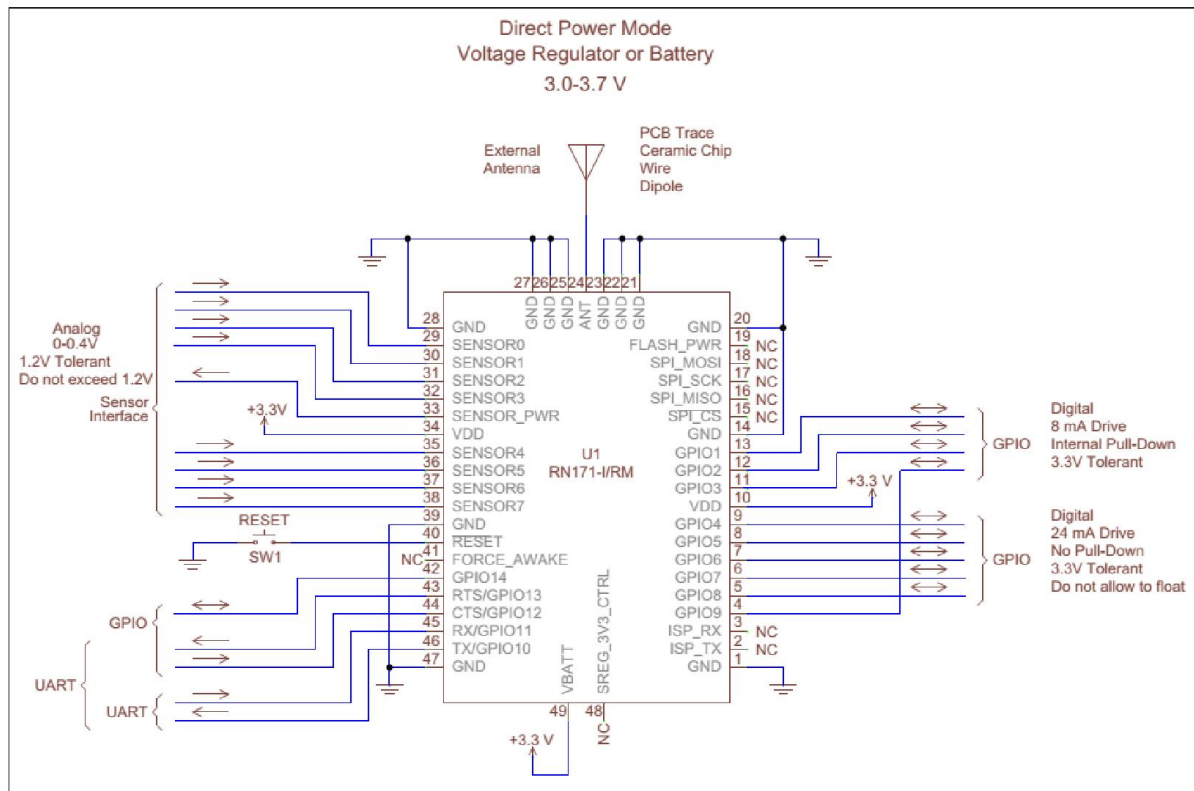
Microchip RN-171

Az egyik modul amivel kísérletezünk a megfelelő kommunikációs csatorna kiválasztásánál a Microchip által gyártott RN-17 modul. A modul felhasználása során kellemetlen, hogy a konfigurálást parancsok segítségével, terminálon keresztül tudjuk megoldani. A modul egy sorosporttal rendelkezik, valamint több analóg bemenettel és GPIO azaz általánosan felhasználható ki vagy bementekkel. A modul belső felépítését a 3. ábra szemlélteti. Áramkörüi szempontból nem bonyolult a használata, antenna hozzáillesztése, valamint a tápfeszültség bekötése után csak a konfigurálás van vissza. A bekötési rajzát a 4. ábra mutatja.



3. ábra

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

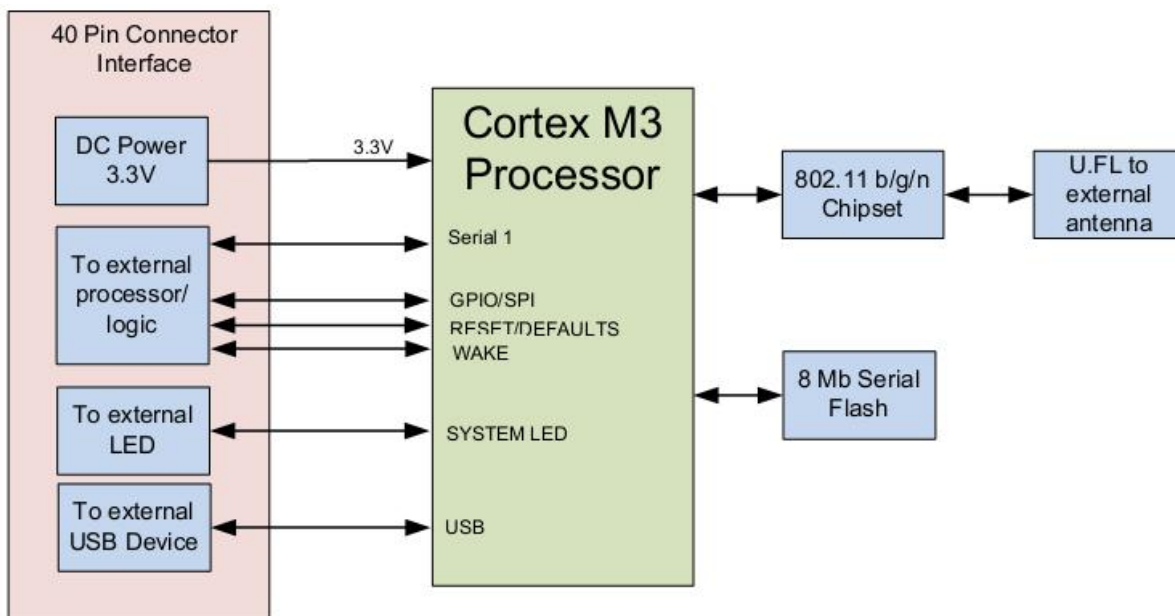


4. ábra

A modul használata során az egyetlen kedvezőtlen tulajdonsága a beállítási nehézségek voltak. Mindenképpen tervezzük a modullal kapcsolatos fejlesztések folytatását, nem utolsósorban, hogy ez a modul sokkal kedvezőbb árkategóriába tartozik mint a következőkben bemutatásra kerülő típus. A modul a gyári alapbeállításokkal kifogástalanul működött.

Lantronix XPico Wifi

A másik wifi modul amivel kísérletezünk egy a Lantronix által gyártott xPico-Wifi nevű eszköz. Ez a modul még új a hazai piacokon. A kísérleteink során nagyon kellemetlen a Hirose csatlakozó mérete, 40 I/O lábbal rendelkezik, melyek távolsága 0,4 mm. A modul belső felépítését a 5. ábra mutatja.



5. ábra

Láthatjuk, hogy a modul több soros porttal, és általánosan felhasználható lábbal rendelkezik. Az általunk használt eszközben USB port is megtalálható. A modul lelke egy Cortex M3-as mikroprocesszor.

A használat során tapasztaltuk a modul több előnyös és hátrányos tulajdonságát. Az előnyei, hogy egy eszköz megold minden feladatot nem kell hozzá semmilyen kiegészítő áramkör, a méretei lehetővé teszik, hogy még egy olyan súly érzékeny eszköz mint a légpárnás robot esetében is tudjuk használni. Sajnos tapasztaltunk néhány hátrányos tulajdonságát is. Ilyen például, hogy a csak egy wifi csatorna használatára képes függetlenül attól, hogy mennyire terhelt. Ezzel szemben például egy wifi router képes a kevésbé használt csatornák használatára. A másik hátrányosabb tulajdonsága, hogy az adó-vevő teljesítménye erősen korlátozott.

A mozgást megvalósító eszközök

Miután megnéztük milyen tulajdonságokkal rendelkezik a légpárnás jármű, és milyen elvi elemekből épül fel a robot most nézzük meg milyen elektronikai elemek szükségesek ahhoz, hogy mindebből valóság legyen, és elkészüljön a légpárnás robot.

Brushless motor



A témában végzett kutatásaink alapján a következőket tudjuk, a cikket a http://hu.wikipedia.org/wiki/Kefer_n%C3%A9lk%C3%BCl_egyen%C3%A1ram%C3%BA_motor oldalon találtuk meg.

A kefe nélküli egyenáramú motor azaz a BrushLessDC motor, egy szinkron villanymotor, egyenáramú táplálással, ami elektronikusan vezérelt kommutációs rendszerrel rendelkezik a kefes mechanikus kommutáció helyett. Az ilyen motorokban az áram és a nyomaték, a feszültség és a fordulatszám egyenesen arányos.

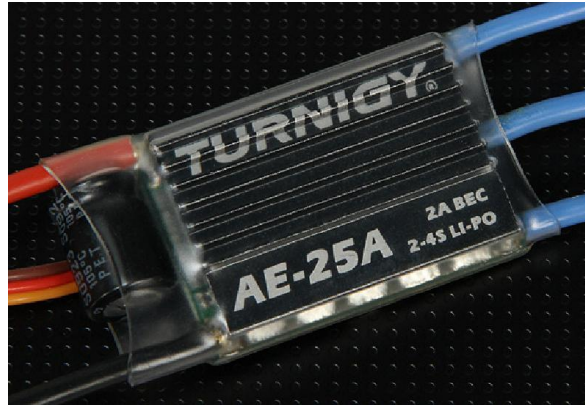
A hagyományos kefes egyenáramú motornál a kefék létesítenek mechanikai kapcsolatot a forgórészen lévő villamos érintkezőkkel, ezt hívjuk kommutációnak, így elektromos áramkört létrehozva az egyenfeszültségű forrás és az armatúra tekercselése között. Miközben az armatúra forog a tengelye körül, a mozdulatlan kefék kapcsolatba kerülnek a forgó kommutátor különböző részeivel. A kommutátor és kefe rendszer villamos kapcsolók sorozatát alkotják, mindegyik sorrendben kapcsol úgy, hogy az áram mindig az állórészhez legközelebb lévő armatúratekercsen folyik keresztül.

Egy BLDC motorban az elektromágnesek nem mozognak; helyettük az állandómágnesek forognak és az armatúra marad nyugvó. Ezzel megoldódik az a probléma, hogy miként lehet átvinni az áramot egy mozgó armatúrába. Ebből a célból a kefe-kommutátor rendszert felváltja egy elektronikus szabályzó, amely hasonlóan osztja el az áramot, mint az egyenáramú kefes motornál történik, de ez egy félvezetős áramkör a kefe-kommutátor rendszer helyett.

A motorok ezen családja számos előnnyel rendelkezik a kefes egyenáramú motorokhoz képest, olyanokkal, mint a jobb hatékonyság és megbízhatóság, kisebb zaj, hosszabb élettartam mivel nincs kefe, ami elkopjon, nem keletkeznek szikrák a kommutátornál és kisebb az elektromágneses interferencia. Mivel a forgórészen nincs centrifugális erők hatásának kitett huzalozás, és mivel az elektromágnesek a motorházhoz vannak rögzítve, vagyis hővezetéssel tudják leadni a keletkezett hőt, így nincs szükség légáramra a motor belsejében hűtés céljából. Ez azt jelenti, hogy a motor belseje teljesen zárt lehet, így védve marad a

szennyeződésektől. A brushless motoroknál elérhető legnagyobb teljesítmény rendkívül magas, szinte kizárólag a melegedés korlátozza, ami a mágnesekben kárt tehet. (http://hu.wikipedia.org/wiki/Kefe_n%C3%A9lk%C3%BCli_egyen%C3%A1ram%C3%BA_motor, 2014)

Szabályzó

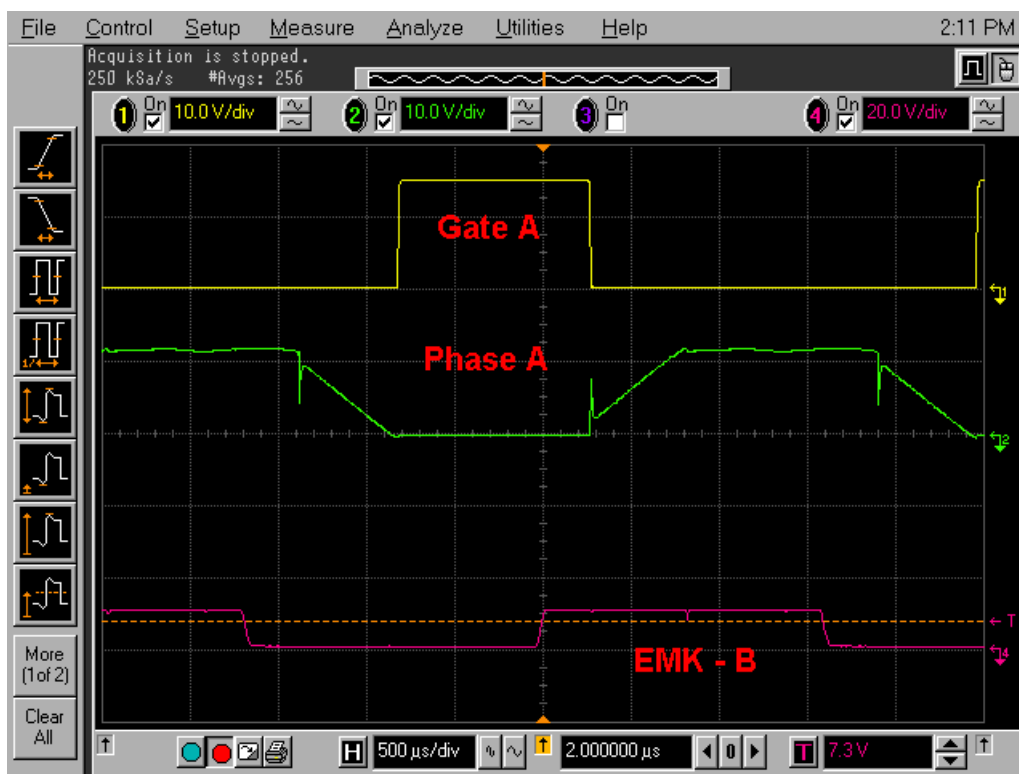


A <http://www.skiltor.eu/1/rep/brushless/> és a http://www.aerodesign.de/peter/2001/LRK350/SPEEDY-BL_eng.html#Anker1591256 oldalról származó dokumentumot felhasználva, nézzük hogyan működik a szabályzó:

A szabályozás során az egyes tekercs kivezetésekre felváltva hol a negatív, hol a pozitív tápot kapcsolja a mikrokontroller. Ehhez MOSFET-eket használ, mivel csatornaellenállásuk nagyon kicsi a szabályzóknál használatosaké jellemzően néhány $10\text{m}\Omega$, mikor teljesen nyitva van a MOSFET, annyira egyformára gyárthatóak, hogy minden probléma nélkül párhuzamosan lehet őket kapcsolni ezzel tovább csökkentve az ellenállást, kisméretűek, vezérlésükhöz nem szükséges nagy teljesítmény.

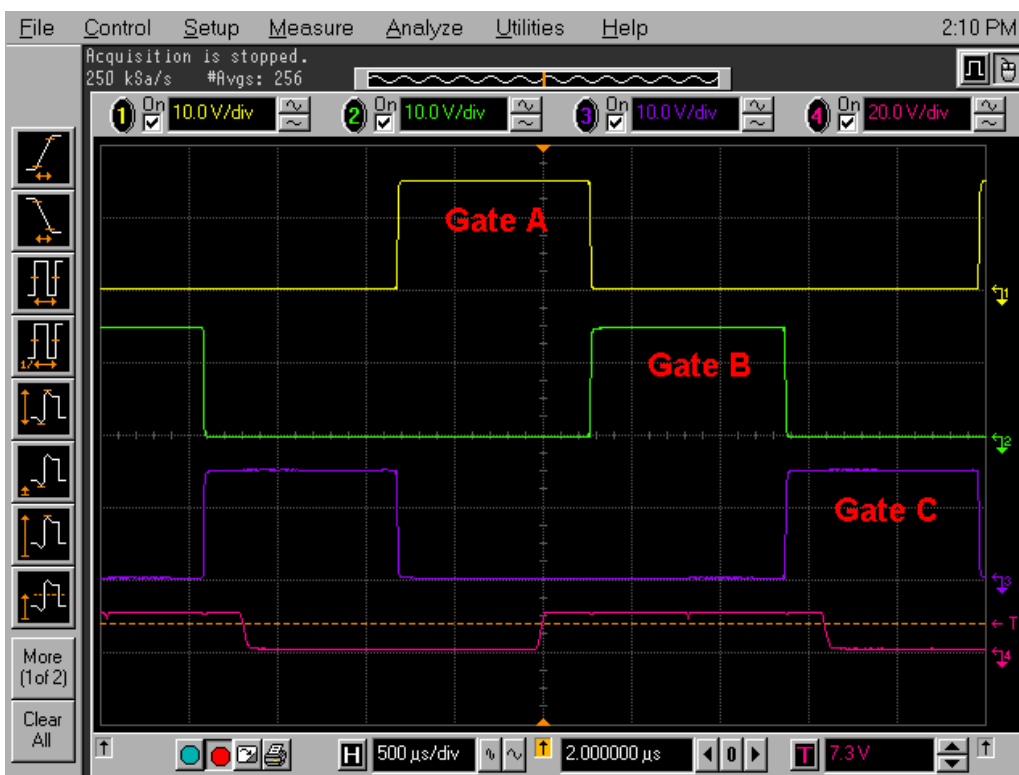
A pozitív sarkot kapcsoló FET-ek p-csatornásak, a negatív sarkot kapcsolók n-csatornásak. A szabályzón szépen látható és könnyen kimérhető a helyük. A 6. ábra a motor egyik kivezetésre kapcsolt feszültség lefutását, és a FET vezérlő jelét szemlélteti az idő függvényében.

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

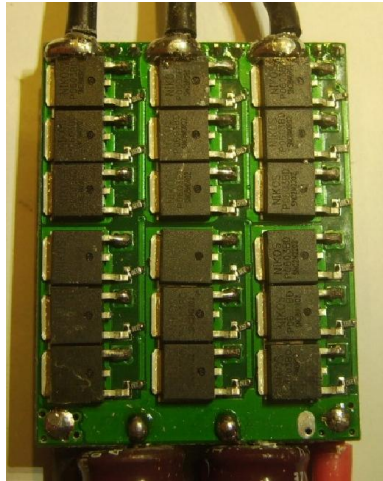


6. ábra

A 7. ábra bemutatja, a szabályzó miként vezérli a FET-ek lezárását, ezzel a feszültség rákapcsolását 3 motorkivezetésre. A 8. ábra szemlélteti egy szétszedett szabályzóban a FET-ek elhelyezkedését.

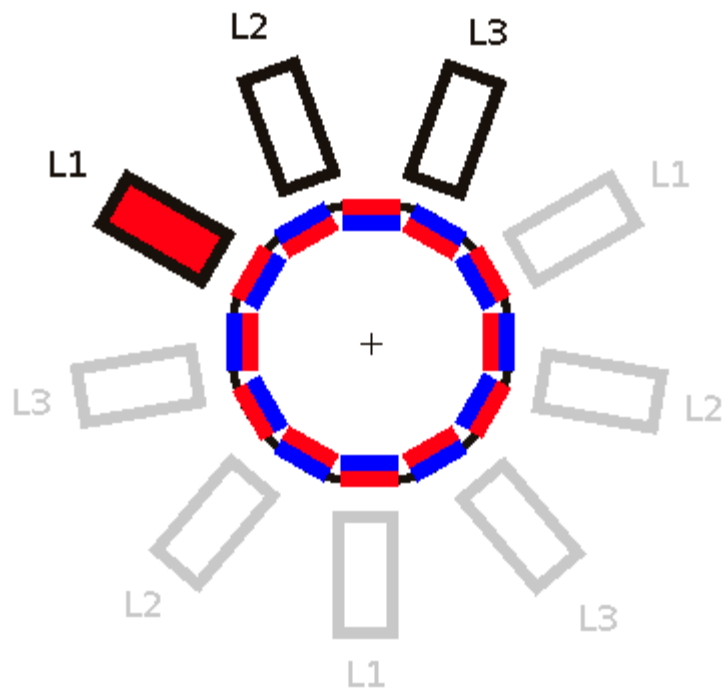


7. ábra



8. ábra

Ám mindenekelőtt a leglényegesebb, hogy meg lehessen biztonsággal határozni, hogy a motor éppen merre forog. A brushless motorokat úgy alakították ki, hogy a három tekercsben szépen egymás után indukálódjon feszültség és a sorrendből a forgásirány megállapítható legyen.



9. ábra

A 9. ábra a motor elvi felépítését szemlélteti. Mint látható, ha a forgórész az óramutató járásával megegyező irányba forog, az indukált feszültség sorrendje L3,L2,L1. Ellenkező irány esetén L1,L2,L3.

Ennek a motorkialakításnak van még más előnye is: a motor a 120°-os elforgatásra szimmetrikus. Amint a mágnesek megtesznek 120°-ot, ugyanabba az állapotba kerülnek

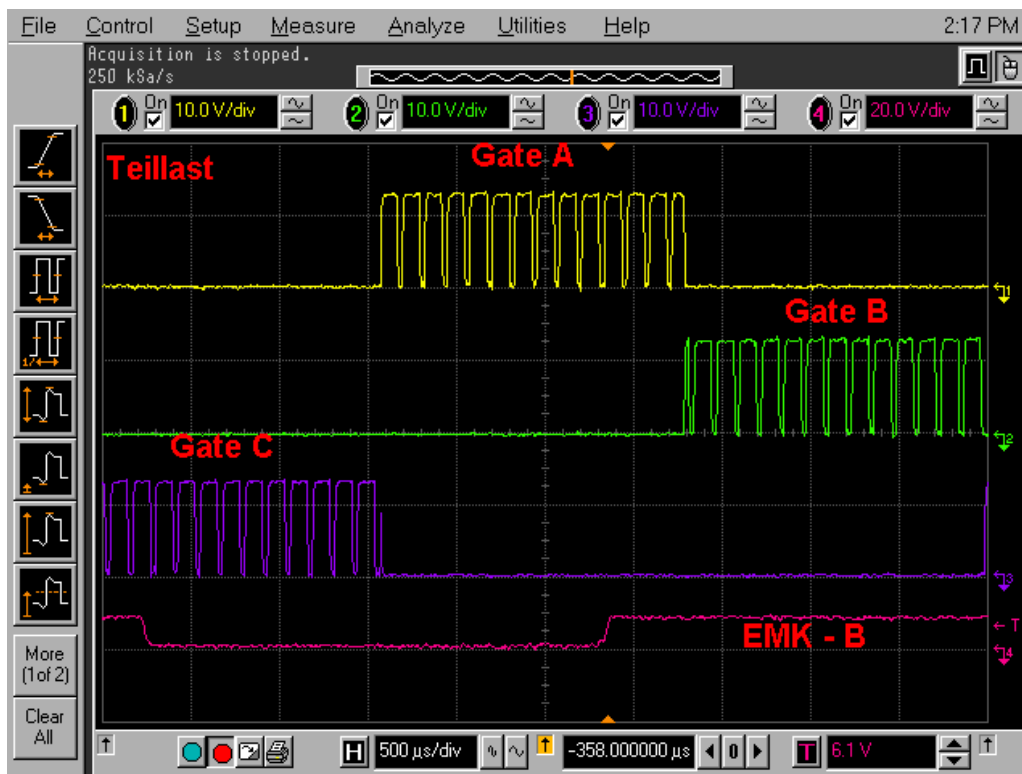
Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

vissza. Azaz tulajdonképpen 3x ismétlődik ugyanaz a motor kerületén, mintha 3 darab motor lenne párhuzamosan.

Nem csak az érzékelő jelek érkeznek szabályos sorrendben, de az áramot is ugyanebben a sorrendben kell kapcsolni az egyes tekercsekre, hogy a motor az adott irányba forogjon. Ha bármelyik két tekercset felcseréljük, a forgás iránya megfordul. A szabályzóra kötött bármelyik két motorkivezetést fel lehet cserélni.

Megvan tehát, hogyan állapítja meg a forgásirányt a szabályzó amikor a motor forog. Indításkor azonban áll, így fizikai képtelenség megállapítani, milyen pozícióban van a forgórész. Pedig ez fontos volna, mert nem mindegy, hogy a 3 tekercs közül melyikkel kezdjük a forgatást. Hát akkor honnan tudja a szabályzó, hogy kell kezdeni az indulást? A válasz egyszerű és meglepő: sehonnan. A szabályzó próbálkozik valamelyik tekercssel, elindul alacsony teljesítménnyel és megnézi, hogy jó irányba és a megfelelő időben jönnek-e az indukciós jelek. Akár a másik irányba is elindulhat, attól függően, hogy állnak a mágnesek. Ha nem sikerült eltalálni, lefékezi a forgást és próbálkozik mással. Intelligenciától függően ez pár próbálkozás után sikerül, és beindul a forgás. Ezért "rángatóznak" a brushless motorok induláskor.

A motorra a legkritikább esetben szerencsés ráadni a teljes teljesítményt. Indításkor például a motor még nem forog, az indukciós feszültség 0, tehát a tekercsen átfolyó áram egyetlen korlátja a tekercs Ohm-os ellenállása, ami hamar tönkremenetelhez vezetne mind a tekercselésben, mind a túláramtól a FET-ekben. Induláskor a túláram elkerülése érdekében a tápfeszültség csökkentése nem jöhet szóba, tehát az időt kell rövidíteni, amíg kapja a motor tekercselése. Ez történhet úgy, hogy a feszültséget a kommutációt követően csak rövid időre kapcsoljuk rá impulzus-szélesség modulált teljesítményszabályozással, de úgy is, hogy apró darabokban adagoljuk a teljes ciklus során, mint ahogy a 10. ábra mutatja.



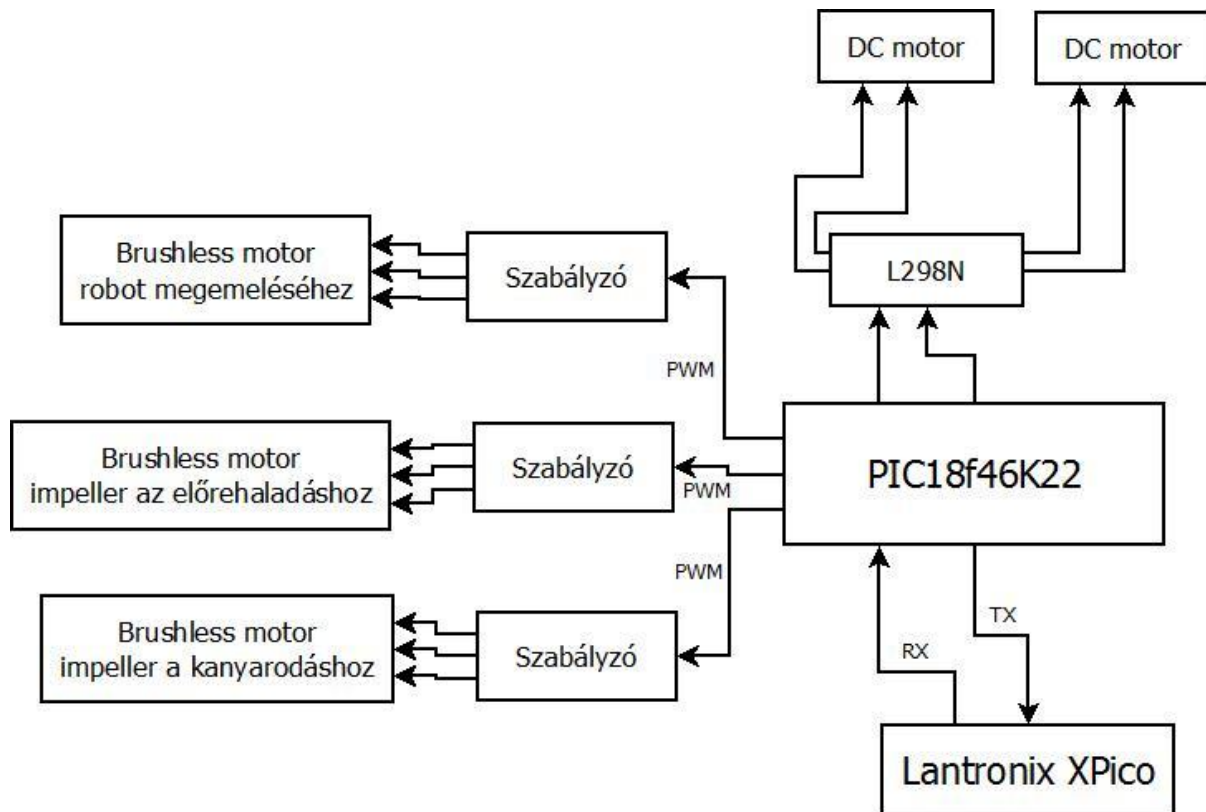
10. ábra

Elektronikai felépítés

Most hogy láttuk, a különböző elemek miként működnek, minek köszönhetjük a motorok hatalmas erejét, és láttuk milyen szabályzó elemek szükségesek a motor működéséhez. Láttuk miként tudjuk a szabályzót működtetni és megnéztük hogyan tudunk a PIC mikrokontroller segítségével PWM jeleket előállítani.

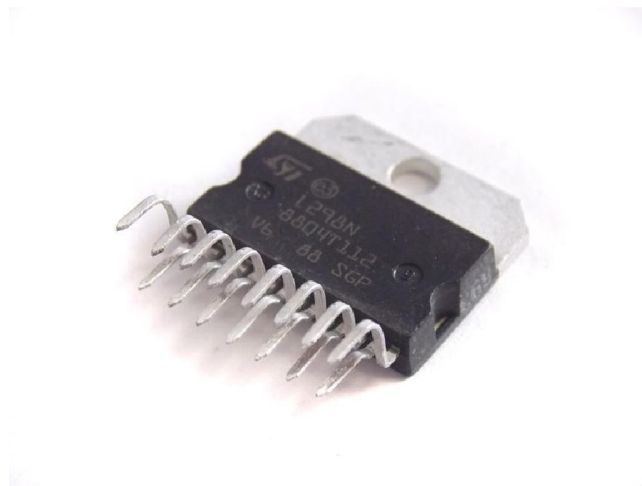
Most nézzük meg, hogy miként kapcsolódnak össze ezek az eszközök, és milyen egyéb eszköz szükséges a működéshez. Az elektronikai felépítést a 11. ábra szemlélteti.

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot



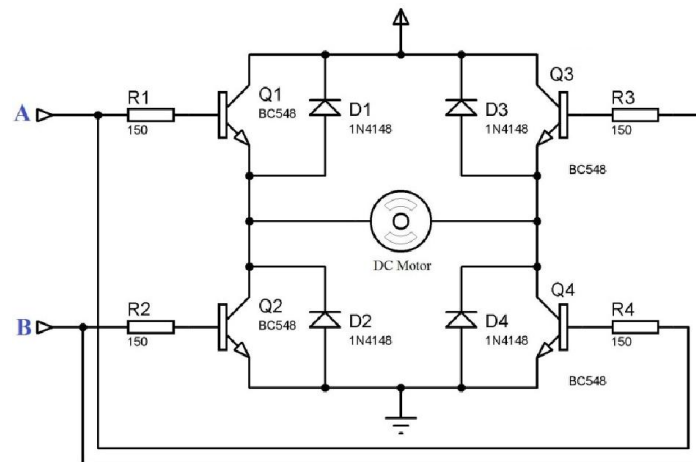
11. ábra

L298N motorvezérlő



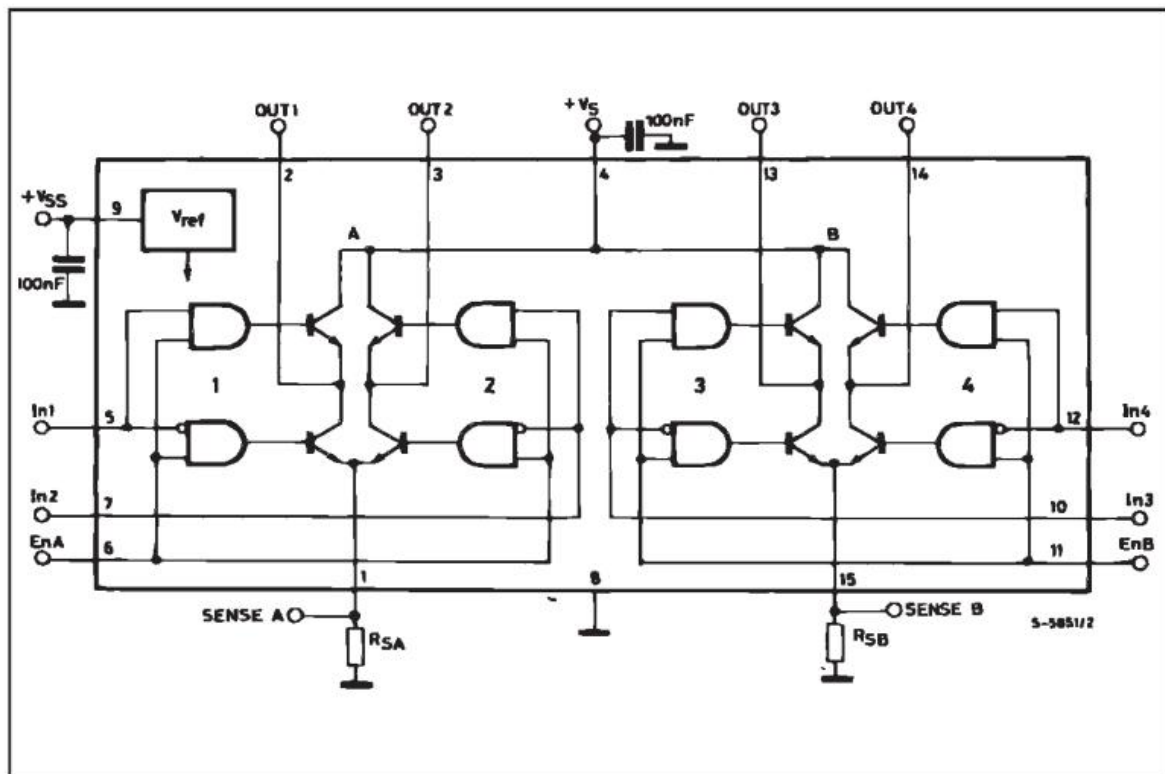
A robotban a motorok nagy áramfelvétele miatt használtuk ezt a motorvezérlő ic-t. Ha megnézzük a blokkvázlatát tulajdonképpen két H-híd kapcsolást találunk benne. Egy egyszerűbb H-híd kapcsolást a 12. ábra szemléltet. A teljesség igénye nélkül az említett áramkör működésének a lényege, hogy 4 tranzisztor megfelelő összekapcsolásával létrehozunk egy olyan áramkört, amely alkalmas polaritás váltásra és egyszerű kapcsolási feladatokra. Azaz ha tekintünk egy ilyen kapcsolást, amihez egy DC motort csatlakoztatunk, megfelelő vezérlő jelek hatására a motor forogni tud „pozitív” vagy „negatív” irányba, a jel

megszüntetésével megtudjuk állítani a motort A robot bizonyos részein szükség volt a motorok fékezésére is, ezért készült egy kiegészítő áramkör amellyel a motort fékezni tudjuk.



12. ábra

BLOCK DIAGRAM



13. ábra

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

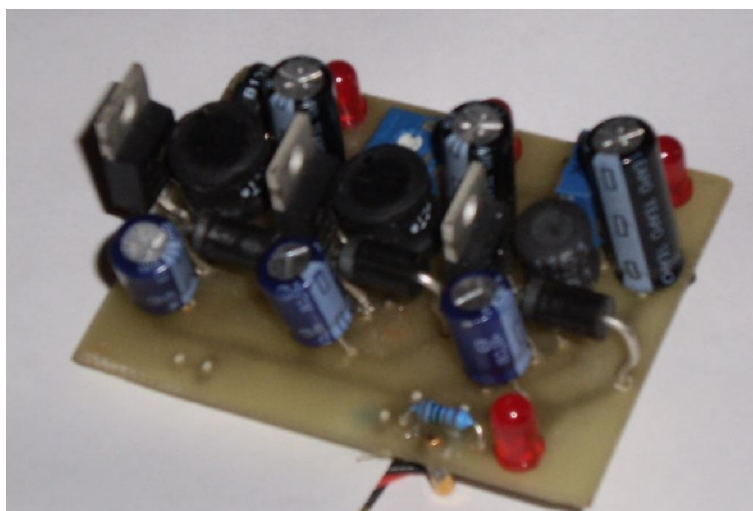
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I, V_{En}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive ($t = 100\mu s$) – Repetitive (80% on –20% off; $t_{on} = 10ms$) – DC Operation	3 2.5 2	A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

14. ábra

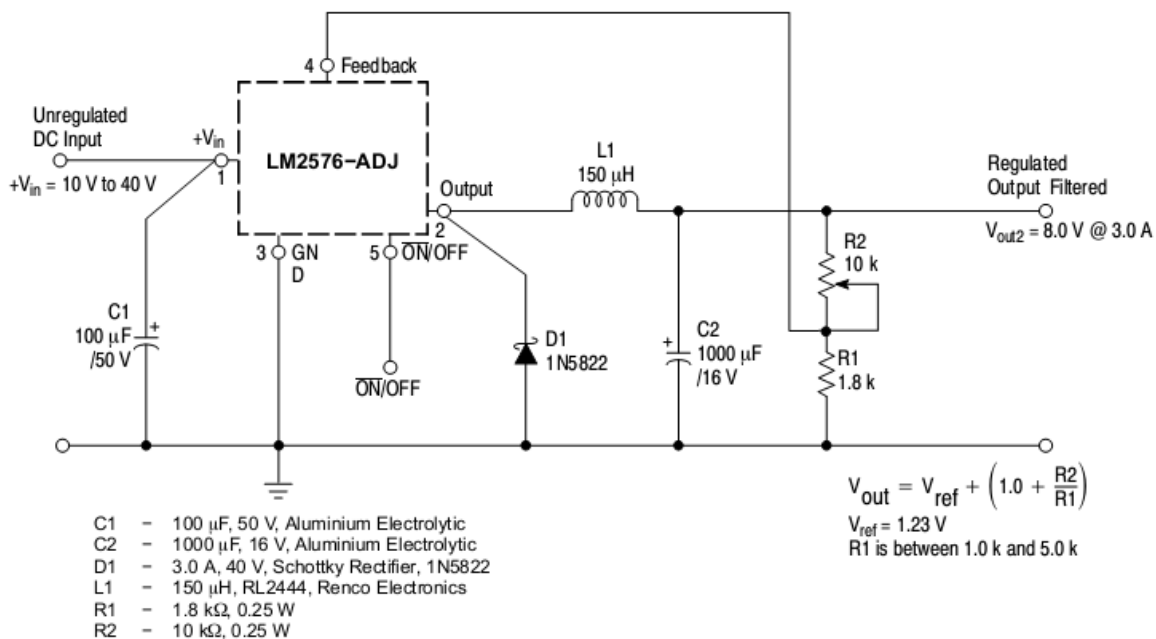
A korábbi projektekben használt L293D típusú motorvezérlő ic-t nem használhattuk itt, mert ennek a típusnak a terhelhetősége kisebb. A motorok indulásakor a fellépő nagy áramrúgás több ilyen vezérlőt is kiégetett. Az adatlap részletből – melyet a 14. ábra mutat – látszik, hogy a most használt ic terhelhetősége több amper. A próbák során tapasztaltuk, hogy megbízhatóan működik, a vezérlése közvetlen a mikrokontroller segítségével megoldható, mert TTL jelszinttel vezérelhető.

Természetesen vannak további olyan elemek melyek nélkülözhetetlenek ahhoz, hogy a robot működőképes legyen, ilyen például a tápegység.

Kapcsolóüzemű tápegység



A légpárnásban használt tápegység a csekély rendelkezésünkre álló energia miatt kizárólag kapcsoló üzemű tápegység lehetett. A tápegység megvalósításánál a korábbi projektjeinkben használt LM2576 step down konvertert használtuk. Az áramkör előnye, hogy kicsi az alkatrész igénye. Tapasztalatinkból tudjuk, hogy az áramkör megbízhatóan működik és a beépített védelmeknek köszönhetően, esetleg hiba esetén sem megy tönkre. Az ic rendelkezik túláram védelemmel és hő védelemmel is.

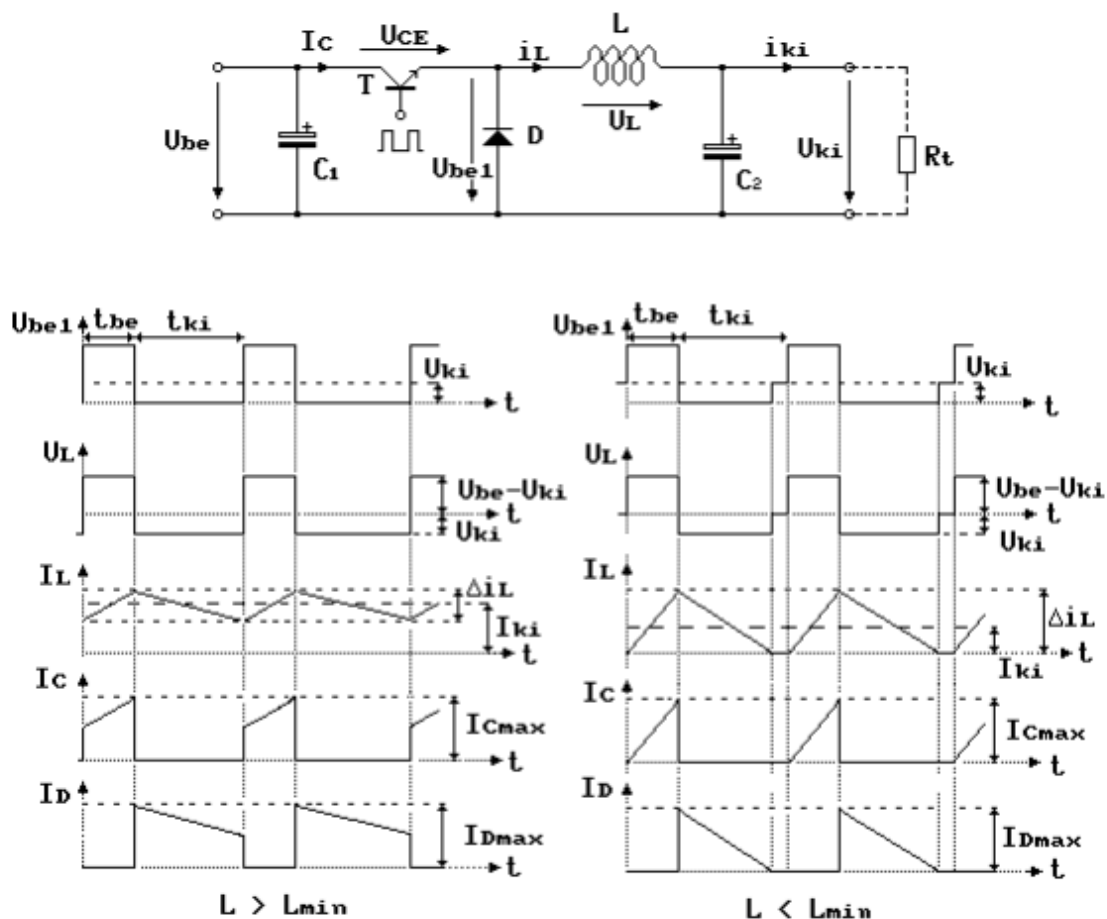


15. ábra

A 15. ábra szemlélteti az általunk megépített áramkör kapcsolási rajzát. Nézzük meg általánosságban miként működnek a kapcsoló üzemű tápegységek. A legjobb leírást a www.muszeroldal.hu oldalon találtuk meg:

Az elektronikus készülékek különféle tápfeszültség és tápáram-ellátást igényelnek. Ezek kielégítésére alakult ki a különböző típusú és kapcsolási elrendezésű tápegységek meglehetősen nagy választéka. A korszerű készülékek tápellátására szolgáló kisméretű és súlyú, valamint nagy hatásfokú, megbízható egységek előállításának problémájára ugyanis egyre több figyelmet fordítanak az egész világon. Ennek egyik oka az, hogy a legújabb integrált áramkörös készülékek méretének és összsúlyának egyre nagyobb részét teszik ki a tápegységek. A másik pedig az, hogy a hagyományos analóg szabályozású tápegységek, szabályozási elvükből kifolyólag alacsony hatásfokkal rendelkeznek és jelentős mennyiségű hőt disszipálnak. Ez az oka annak, hogy kiterjedt kutatási és fejlesztési munkákat végeztek olyan eszközök és áramkörök előállítására, amik nagymértékben kielégítik a nagy hatásfok, kis méret és súly elérését célzó programot. Az így tervezett és kivitelezett tápegységeket kapcsolóüzemű egyenfeszültség átalakító tápegységeknek nevezik, amelyek más feszültségszabályozási elvvel rendelkeznek. Az alkatrészgyártó ipar egy sor olyan passzív és aktív elemet hozott létre, amelyek speciálisan a kapcsolóüzemű tápegységekhez készültek. Az áramkör működését a 16. ábra idődiagramjain követhetik nyomon.

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot



16. ábra

Az L áramkorlátozó fojtótekerccsen keresztül periodikusan töltik a kimenettel párhuzamosan kötött C_2 kondenzátort. A tranzisztor bekapcsolási időtartama alatt a fojtót tekerccs feladat a többek között az is, hogy az áramot a tranzisztor védelme céljából megfelelő értékre korlátozza. Amikor a tranzisztor vezet, a C_2 kapacitás a fojtótekerccsen keresztül töltődik és ez utóbbiban mágneses energia halmozódik fel. Ezen t_{be} bekapcsolási időtartam alatt a fojtótekerccs áramának növekedését ΔI_L (be), a következő összefüggés adja:

$$\Delta I_{L(be)} = \frac{U_{be} - U_{ki}}{L} t_{be} = \frac{U_{be} - U_{ki}}{L} \gamma T$$

ahol $g = t_{be}/T$ a kitöltési tényező. Abban az esetben, amikor a tranzisztor lezár, a fojtótekerccs árama tovább folyik a D diódán keresztül, a tárolt energia a terhelés felé továbbítódik. A t_{ki} kikapcsolási időtartam alatt a fojtótekerccs áramának csökkenése ΔI_L (ki), a következő:

Egyensúlyt akkor érünk el, amikor a fojtótekerccs áramának növekedése, illetve csökkenése egyenlő:

$$\Delta I_{L(ki)} = \frac{U_{ki}}{L} T (1 - \gamma)$$

A kimeneti feszültség tehát a kitöltési tényező szabályozásával stabilizálható. A kitöltési tényező mindig $\gamma < 1$, tehát:

$$U_{ki} < U_{be}.$$

$$\frac{U_{be} - U_{ki}}{L} \gamma T = \frac{U_{ki}}{L} T (1 - \gamma) \Rightarrow U_{ki} = \gamma U_{be}$$

A kimenetre vonatkozóan az L induktivitás a $C2$ kondenzátorral alul áteresztő szűrőként, vagyis integráló áramkörként szerepel. Az áramkorlátozási feladatot ellátó fojtótekerics tehát egyben a szűrő egyik komponense is. Ha végtelen induktivitású tekercset használhatnánk, akkor a kimeneti áramban ingadozást nem érzelnénk. Ekkor a tranzisztor, ill. dióda áramok csúcserőértéke egyenlő lenne az átlagos terhelőárammal. ($I_{D_{max}} = I_{C_{max}} = I_{ki}$). A gyakorlatban alkalmazott fojtótekericsnél, azok induktivitásával fordítottan arányos fűrészfog alakú áram szuperponálódik a kollektor (I_C), ill. diódaáramokra (I_D). Ha az L induktivitás kisebb, mint egy előre meghatározott minimális érték (L_{min}), akkor a tekercs árama egy időtartamra megszűnik, viszont amíg folyik nagy értékű csúcsokat ér el, amely a T tranzisztort és D diódát nagyon igénybe veszi. Ezek szerint az induktivitás minimális (kritikus) (L_{min}) értéke az (amikor az áram éppen nullára csökken a periódus végére), amely az áramingadozás csúcserőértékét a minimális terhelőáram kétszeresére korlátozza:

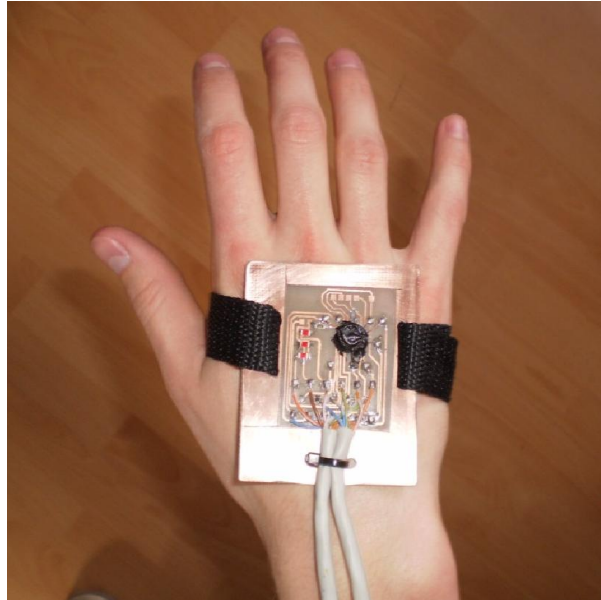
$$\frac{U_{ki}}{L_{min}} T (1 - \gamma) = 2 I_{ki}$$

A fojtótekerics tervezésénél figyelembe kell venni a kapcsolóüzemű tápegység által majdan szolgáltatott legkisebb terhelőáramot $I_{ki min}$. Ezek szerint:

$$L \geq \frac{U_{ki}}{2 I_{ki min}} T (1 - \gamma)$$

(Műszeroldal.hu, 2014)

Légpárnás robot irányító eszköz a „kesztyű”



Most, hogy láttuk milyen áramköri elemek, és modulok találhatók a roboton, megismertük az általunk használt motorokat. Nézzük meg milyen újfajta eszközzel irányítjuk a légpárnás robotot.

USB

Az USB azaz a Universal Serial Bus egy mindenki által ismert és szeretett kommunikációs forma. Azért választottuk ezt a fajta kommunikációt, mert mindegyik laptopon, számítógépen megtalálható, nem kell hozzá külön driver.

A kommunikáció lebonyolításának két módját vizsgáltuk az egyik egy USB RS232 átalakító, ez a megoldás egyszerű, mert így elegendő egy olyan mikrokontroller, ami kezeli az RS232 szabványt. Ezt az eszközt az operációs rendszer felismeri mint egy soros portot.

A másik megoldás amivel kapcsolatban kutatásokat végeztünk, az egy PIC 18f4550 típusú mikrovezérlővel megvalósított USB RS232 átalakító. Ha szigorúan vesszük, mindegyik megoldással arra jutunk, hogy lesz a számítógépen egy virtuális soros port amin keresztül kommunikálni tudunk a mikrovezérlővel. Nézzük meg röviden melyik megoldás milyen előnyökkel és milyen hátrányokkal járna, és végül miért ezt a megoldást választottuk.

Az egyik lehetőség, amit vizsgáltunk a PIC 18F4550 mikrokontrollerrel megvalósított USB-s sorosport emuláció, amihez a Microchip CDC azaz Communication Device Class firmware-t terveztük használni. Manapság a soros portot egyre ritkábban találjuk meg az újabb gépeken. Legfőképp a laptopokról szokás lefelejtetni. Helyette inkább több és gyorsabb USB-t integrálnak az alaplapra. Ez elég nagy hátrány, ha egy olyan szoftvert akarunk használni, ami csak a soros porttal boldogul. Ilyenkor valamilyen megoldással el kell hitetni a programmal,

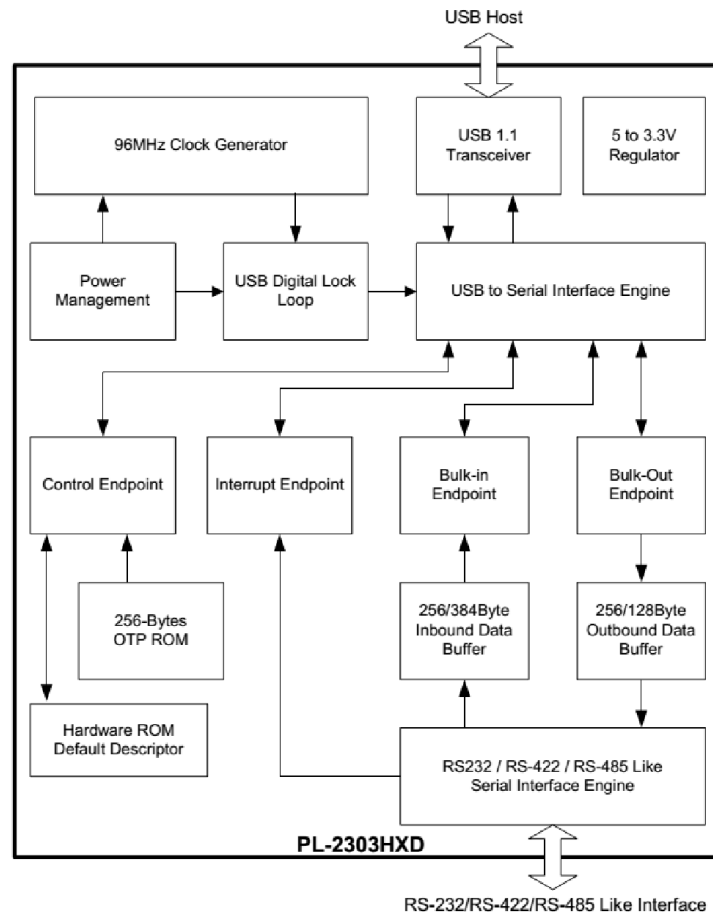
hogy soros porttal van dolga. Ezt az RS-232 szabvány USB buszos szimulálásával érjük el. Ehhez az a szimulációhoz semmilyen új driver nem kell, a különböző windows verziók magukban foglalják a szükséges drivereket usbser.sys és ccport.sys. Tehát egy soros portra írt PC program mindenféle módosítás nélkül tudja használni az USB-re kötött eszközünket. Elvileg a baud rate és paritás bitek beállítása is lényegtelen, ha a CDC driveren keresztül használjuk az eszközt, mert a driverek nem veszik figyelembe ezt.

Ennél a megoldásnál nincs szükség külön modulra, egy mikrokontroller megoldja mind a kommunikációt mind az analóg jelek feldolgozását. A hátrány, hogy a beépített függvények nagyon sokat elfoglalnak a program memóriából, így nem sok hely marad a saját kódunknak.



A másik lehetőség a gyári USB-RS232 modul használata, a modul egy PL2303HX cél ic-t használ. Az ic-hez panelre szerelten modul formájában sikerült hozzájutnunk. A panelt az USB portra csatlakoztatva a számítógép felismeri mint COM portot, így nincs más dolgunk mint egy RS232 kommunikációt kezelni a mikrovezérlővel nem kell azzal foglalkoznunk, hogy milyen csatornán hogyan jut át az információ. Az 17. ábra mutatja a PL2303HX belső felépítését.

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

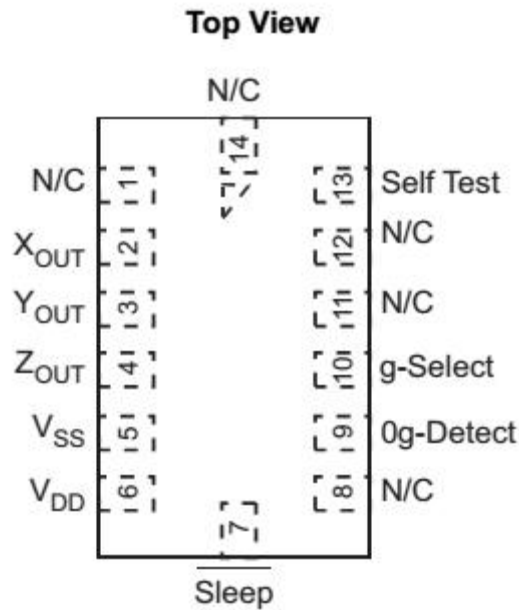


17. ábra

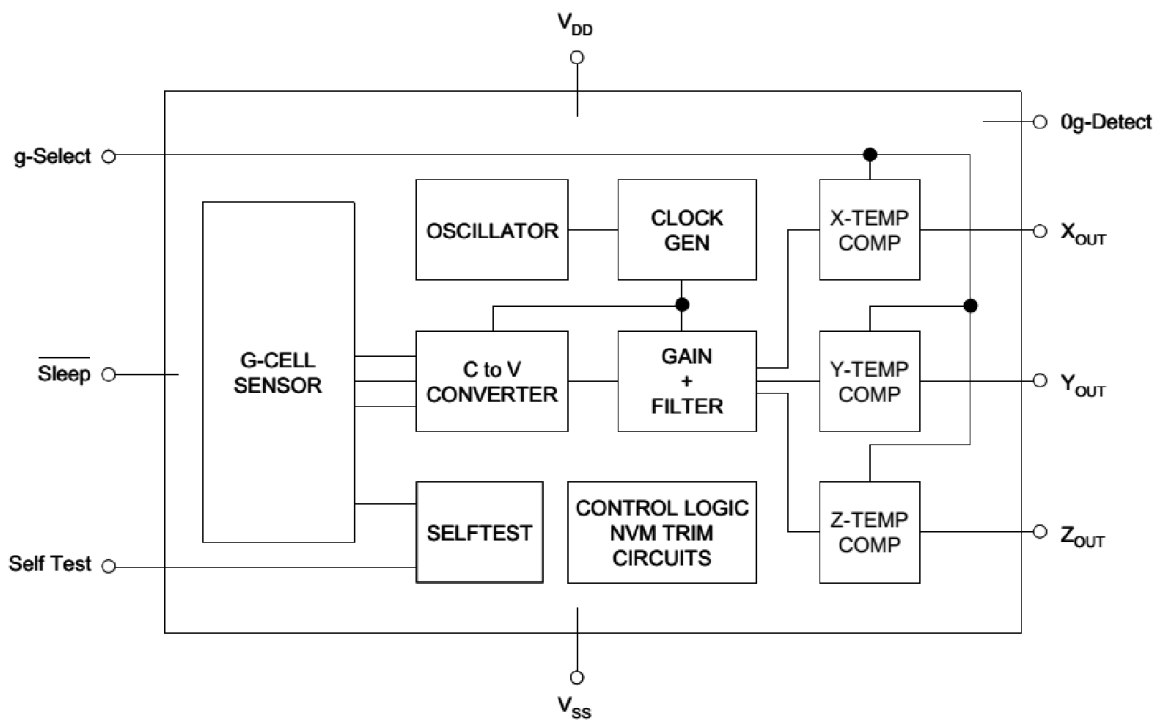
Végző soron, ha a számítógép felől nézzük mindegyik esetben egy-egy soros portot kell lekezelni. Végül robotnál a cél ic-vel megvalósított gyári RS232 USB modult használtuk. A tapasztalataink azt mutatták, hogy a mikrokontrollerrel megvalósított USB soros átalakító nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, megbízhatatlanul működött, és jelentős hiba százalékkal dolgozott. A próbákat különböző baud rátákkal is elvégeztük, de egyik sem nyújtott kielégítő eredményt a gyári modullal szemben. Felhasználás szempontjából egyszerűbb lenne, ha megoldást tudnánk találni a hibák kiküszöbölésére és a gyári modul helyett a mikrovezérlő segítségével mindent meg tudnánk oldani, ezért tovább kísérletezünk és finomítjuk a beállításokat.

Dőlésérzékelő MMA7361

Az általunk használt modul egy 3 tengelyes dőlésérzékelő A modul X, Y, Z elmozdulás érzékelésére képes. Az elmozdulás mértékét megadó jel 0 V és 3 V közötti tartományban analóg jel formájában áll rendelkezésünkre. A modul lábkiosztását a 18. ábra mutatja, belső felépítését pedig a 19. ábra. Tapasztalatink alapján a modul stabilan és megbízhatóan működik.



18. ábra



19. ábra

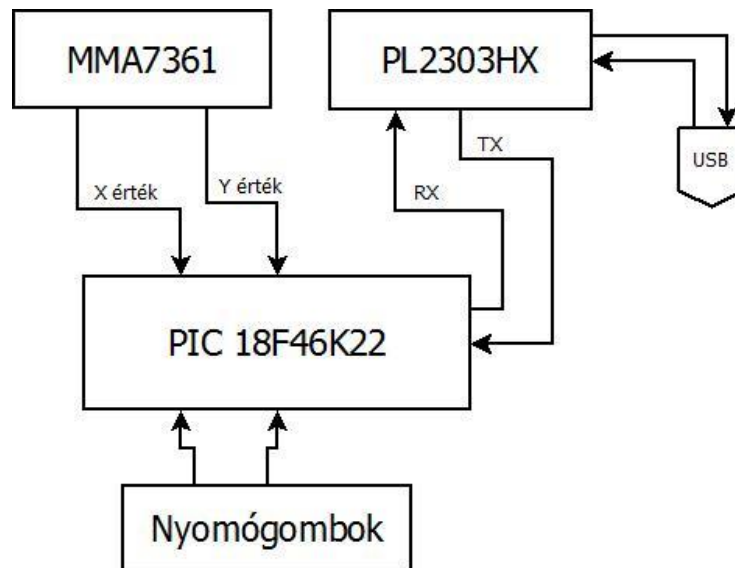
Hardveres felépítés

Miután találtunk az igényeinknek megfelelő dőlésérzékelőt, és kommunikációs protokollt. A következő lépés mindezeket összerakni. Az elektronikai felépítés nem bonyolult, hiszen a megfelelő pufferezés után, nincs szükség másra, mint az X és Y elmozdulásnak megfelelő

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

analóg feszültség értékeket a mikrokontroller A/D átalakítója segítségével digitális jellé alakítani és az ismertetett kommunikációs csatorna segítségével a számítógépnek elküldeni.

A20. ábra mutatja a kesztyű elektronikai felépítését.

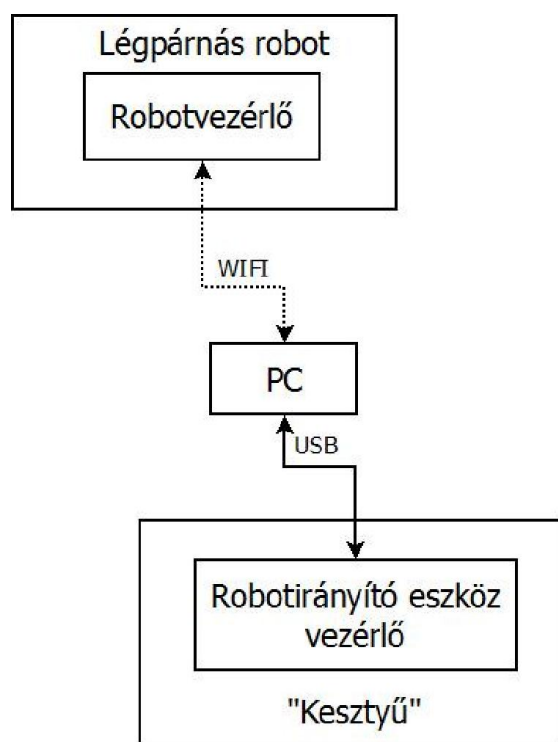


20. ábra

Szoftver

Most, hogy megnéztük a robot mechanikai és elektronikai felépítését, még mindig nincs vége a feladatainknak, hiszen a légpárnás vezérlő programok sokasága nélkül nem képes működni. A különböző vezérlő szoftverek nélkül az eddig bemutatott, részletezett dolgok mind egy nagyon szép egész része lenne, de önmagában használhatatlan. Nézzük meg először a robotvezérlő programot, majd az irányítóeszköz a „kesztyű” programját, végül a számítógép oldali szoftvert.

A különböző szoftvereket és azok kapcsolatát a 21. ábra szemlélteti.



21. ábra

Robotvezérlő

A légpárnás roboton egy mikrokontroller vezérel mindent, ez a kontroller állítja elő az említett motorok vezérléséhez szükséges PWM jeleket. Ez a kontroller dolgozza fel a számítógéptől a Lantronix XPico modulon keresztül érkező soros jeleket. A kontroller feladatai közé tartozik az akkumulátorok feszültség szintjének figyelése is.

Robotirányító eszköz a „kesztyű”

A kesztű slave box-ában egy mikrokontroller található, ennek a feladata, a dőlésérzékelőtől érkező analóg jelek digitalizálása, a nyomógombok figyelése. A soros-USB átalakítón keresztül az értékeket folyamatosan küldi a PC-nek, így a számítógép minden pillanatban

Dőlésérzékelővel irányított légpárnás robot

ismeri a kesztyű aktuális állapotát. Nézzük meg részletesebben hogyan működik az analóg-digitális átalakítás.

„Az analóg jelek digitalizálása során a célunk az, hogy egy analóg értéket egyértelműen azonosítsunk egy bináris kódsorozattal.

Az analóg jel átalakításának lépései:

1. A jel mintavételezése. A mintavételezés során a folyamatos jelet csak adott időpontokban értelmezett, az adott időpontban a folyamatos jel értékével megegyező értékű (mintavett) értékekkel helyettesítjük.

2. Az így előállított jelminta végtelen sok lehetséges értéket felvehet, de nem rendelhető hozzá véges hosszúságú kódsorozat. Le kell tehát csökkenteni a jelminta értékkészletének elemszámát – erre szolgál a kvantálás, ami véges sok lehetséges érték közül egy kiválasztottra való kerekítést jelent. Az így kapott jel már digitalizált jel.

3. Amennyiben bináris jelet szeretnénk kapni, egy kódoló egység segítségével rendelhetünk bináris kódsorozatokat a kvantáló kimenetén megjelenő lehetséges értékéhez. A kvantálás vissza nem alakítható hibát eredményez. A kvantálás nagyon leegyszerűsítve felfogható úgy, hogy egyre magasabb feszültségértéket kapcsolunk a mérőkörre. Eltávolítjuk, hogy hány egységnyi feszültséglépcsőn haladtunk át, és mikor elérjük, vagy meghaladjuk a mérni kívánt jel nagyságát, a feszültséglépcsők száma megadja a mérendő jel mértékét. Az ehhez hasonló elvet fokozatos közelítésnek (szukcesszív approximáció-nak) nevezzük.

Annak érdekében, hogy ne kelljen minden analóg bementre költséges A/D átalakítót készíteni a kiválasztott láb jelét egy analóg multiplexer (kapcsoló-sor) vezeti a mintavevő/tartó bemenetére, ennek kimenete csatlakozik az A/D átalakítóra, amely fokozatos megközelítéssel működik. Az VREF+, VREF- analóg referencia feszültségek programozással választhatók, lehetnek az áramkör tápfeszültségei vagy az AN2 és AN3 kivezetések feszültségei.

Az A/D modult négy regiszteren keresztül lehet kezelni, ezek a következők:

- ADRESH, az A/D eredmény regiszter felső bájta,*
- ADRESL, az A/D eredmény regiszter alsó bájta,*
- ADCON0, A/D vezérlő regiszter0,*
- ADCON1, A/D vezérlő regiszter1.*

Mikor az A/D konverzió befejeződik, a 10 bites eredmény – egy vezérlőbit értékétől függően kétféleképp igazítva töltődhet az ADRESH és ADRESL regiszterekbe.

A betöltődést követően a GO/DONE bit törlődik, és egy megszakítás jelzőbit 1-be állítódik.

A precíz konverzió feltétele, hogy a mintavevő/tartó kondenzátora teljesen feltöltődjön az analóg feszültség értékére. A feltöltődési idő függ az analóg jelforrás belső ellenállásától

(max.10 kOhm) és a mintavevő kapcsoló elem ellenállásától. A mintavételi idő minimális értéke kb. 10 μ s.

Az A/D átalakítás bitenkénti idejét TAD egységben definiálják. A konverziós idő 10 bites átalakítás esetén 11.5TAD. Az A/D konverzió órajel frekvenciáját programozással választható ki. (2TOSC, 8TOSC, 32TOSC, belső RC oszcillátor).

A minimális TAD idő nem lehet 1.6 μ s-nál kisebb. A 10 bites felbontású konverzió ideje 17.6 μ s 20 Mhz-es órajel frekvencia esetén.” (Naszári László, 2005)

PC oldali

Az eddigi projektben a robot vezérlésnek a központja a PC-volt ez most egy kicsit megváltozott, lecsökkent a szerepköre. A számítógépes szoftver feladata a kesztyűtől érkező jeleket feldolgozza, majd a wifi hálózat segítségével kiküldi a légpárnásnak. A program 2 soros porton keresztül tartja a kapcsolatot, mind a kettő virtuális port. A program elkészítésekor gondoltunk arra, hogy kesztyű nélkül is tudjuk használni a robotot ezért lehetőségünk van a billentyűzetről is vezérelni azt, de az elsődleges cél egy olyan gép létrehozása volt ahol a vezérlést nem a számítógép billentyűzetéről végezzük, hanem egy külső hardver által kapott jelek alapján.

Összefoglalás

Az eddig készített robotjaink közül ezen volt a legizgalmasabb dolgozni mivel minden területen új, az eddigiektől eltérő módszereket használtunk. Az elektronikában elkezdtünk smd alkatrészekkel dolgozni, fejlettebb mikrokontrollereket használtunk, pwm vezérelt háromfázisú váltakozó feszültségű motorokat használtunk, a kommunikációnál hanyagoltuk a korábbi robotoknál rendszeresen használt wi-fi routert, a laptop elvesztette az irányításban betöltött szerepét, melyet egy dőlés érzékelő töltött be, a szerkezet mechanikai kialakításához szükséges legfőbb szempontok pedig korábban szóba sem kerültek.

Irodalomjegyzék

http://hu.wikipedia.org/wiki/Kefe_n%C3%A9lk%C3%Bcl_egyen%C3%A1ram%C3%BA_motor. (2014).

Letöltés dátuma: 2014. 3 20, forrás:

http://hu.wikipedia.org/wiki/Kefe_n%C3%A9lk%C3%Bcl_egyen%C3%A1ram%C3%BA_motor:

http://hu.wikipedia.org/wiki/Kefe_n%C3%A9lk%C3%Bcl_egyen%C3%A1ram%C3%BA_motor

<http://www.skiltor.eu/1/rep/brushless/>. (2014). Letöltés dátuma: 2014, forrás:

<http://www.skiltor.eu/1/rep/brushless/>: <http://www.skiltor.eu/1/rep/brushless/>

<http://www.t-es-t.hu/elokep/pic/felhkk/kk/sz1604.htm>. (2014). Letöltés dátuma: 2014. 3 15, forrás:

<http://www.t-es-t.hu/elokep/pic/felhkk/kk/sz1604.htm>: <http://www.t-es-t.hu/elokep/pic/felhkk/kk/sz1604.htm>

Kónya László-Kopják József. (2009). *PIC mikrovezérlők alkalmazástechnikája*. Budapest.

Lantronix. (2013). *xPico Wifi*. Forrás: Lantronix: <http://www.lantronix.com/device-networking/embedded-device-servers/xpico-wifi.html>

Műszeroldal.hu. (2014). *Műszeroldal szakirodalom rovata*. Letöltés dátuma: 2013, forrás:

Műszeroldal: <http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/kapcsolotapegys.pdf>

Naszári László. (2005). *Bevezetés a mikrovezérlők világába!* Pécs.

Adatlapok

Lantronix xPico Wifi

<http://www.lantronix.com/support/downloads/?p=XPICOWIFI>

Microchip PIC 18f46k22

<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en547757>

LM2576

<http://www.ti.com/lit/ds/snvs107c/snvs107c.pdf>

L293D

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf>

L298N

<http://www.tech.dmu.ac.uk/~mgongora/Resources/L298N.pdf>

MMA7361

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/MMA7361L.pdf>

Microchip RN-171

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70005171A.pdf>

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/50002230A.pdf>

Lezárás dátuma: 2014. április 23.