
Project 1

Távirányítható tengeralattjáró



Di Maggio Andrea JY79RM

Tartalom jegyzék

Tartalom jegyzék	2
Project tervezet	3
<i>Tervezet</i>	3
Ütemterv	4
<i>Ütemterv heti bontása</i>	4
Költségvetés	5
Logikai rendszerterv	6
<i>Logikai rendszerterv vázlata</i>	6
<i>Logikai rendszerterv leírása</i>	7
Fizikai rendszerterv	8
<i>Fizikai rendszerterv vázlata</i>	8
<i>Fizikai rendszerterv leírása</i>	9
Tengeralattjáró működési elve	10
<i>Dinamikus merülés</i>	10
<i>Mágneses meghajtás</i>	11
Kialakítás Tesztelés Hibajavítás	13
<i>Kialakítás</i>	13
<i>Tesztelés</i>	14
<i>Hibajavítások</i>	15
Software	16
<i>Vezérlő oldal</i>	16
<i>PC oldal</i>	16
Források	17

Project tervezet

Az én projectem egy távirányítható tengeralattjáró lesz, amit céljaim szerint ebben a félévben sikerülni fog egy olyan szintre eljuttatni ahol már sikeresen fog tudni víz alatt közlekedni a jármű, a későbbiekben további finomításokat plusz funkciókat szeretnék be-leépíteni és esetleg a szakdolgozatig továbbvinni az egészet.

Tervezet

Az alábbi funkciók és eszközöket alkalmazva szeretném elkészíteni a projectet:

- Tengeralattjáró merülése dinamikus módon
- Eleinte Bluetooth későbbiekben WIFI technológiával¹
- ARM vezérlő processzor²
- Hajócsavar meghajtása közvetett módon (mágnessel)
- Merülőlapát mozgatása közvetett módon (mágnessel)
- Testet műanyagból elkészíteni
- Balanszírozás ólmok segítségével
- Sikeres merülés

¹ Tudni hogy a 2.4Ghz es technológia víz alatt nem képes működni ezért egy bolyára a víz fölé lesz kivezetve az antenna, ezzel a tengeralattjáro pozicióját is tudjuk követni a vízfelszínéről.

² Az ARM vezérlő túlzás egy ilyen projectre, csak tanulási célból használom ezt a processzort.

Ütemterv

Az első három-négy héten belül elméleti megfontolások tervezések, illetve anyagbeszerzés.

A következő 3-4 héten belül Hardware és Software elkészítése fejlesztése.

Az utolsó 3-4 héten belül hibakeresés, tesztelés problémák javítása.

Ütemterv heti bontása

1. Hét	Project kitalálása
2. Hét	Tervezet illetve ütemterv meghatározása
3. Hét	Megvalósítás elméleti kigondolása
4. Hét	Bluetooth technologia tesztelése víz alatt
5. Hét	Motorok mágneses meghajtásának tesztelése
6. Hét	Meritőlapátok mágneses vezérlésének tesztelése
7. Hét	Hardware építésének megkezdése
8. Hét	Hardware rész tesztelése vízhatlanság szempontjából
9. Hét	Félévközi eredmények bemutatása
10. Hét	Software írásának megkezdése
11. Hét	Hardware és software összehangolása
12. Hét	Tesztelés illetve javítások
13. Hét	Tesztelés illetve javítások
14. Hét	Végleges project bemutatása

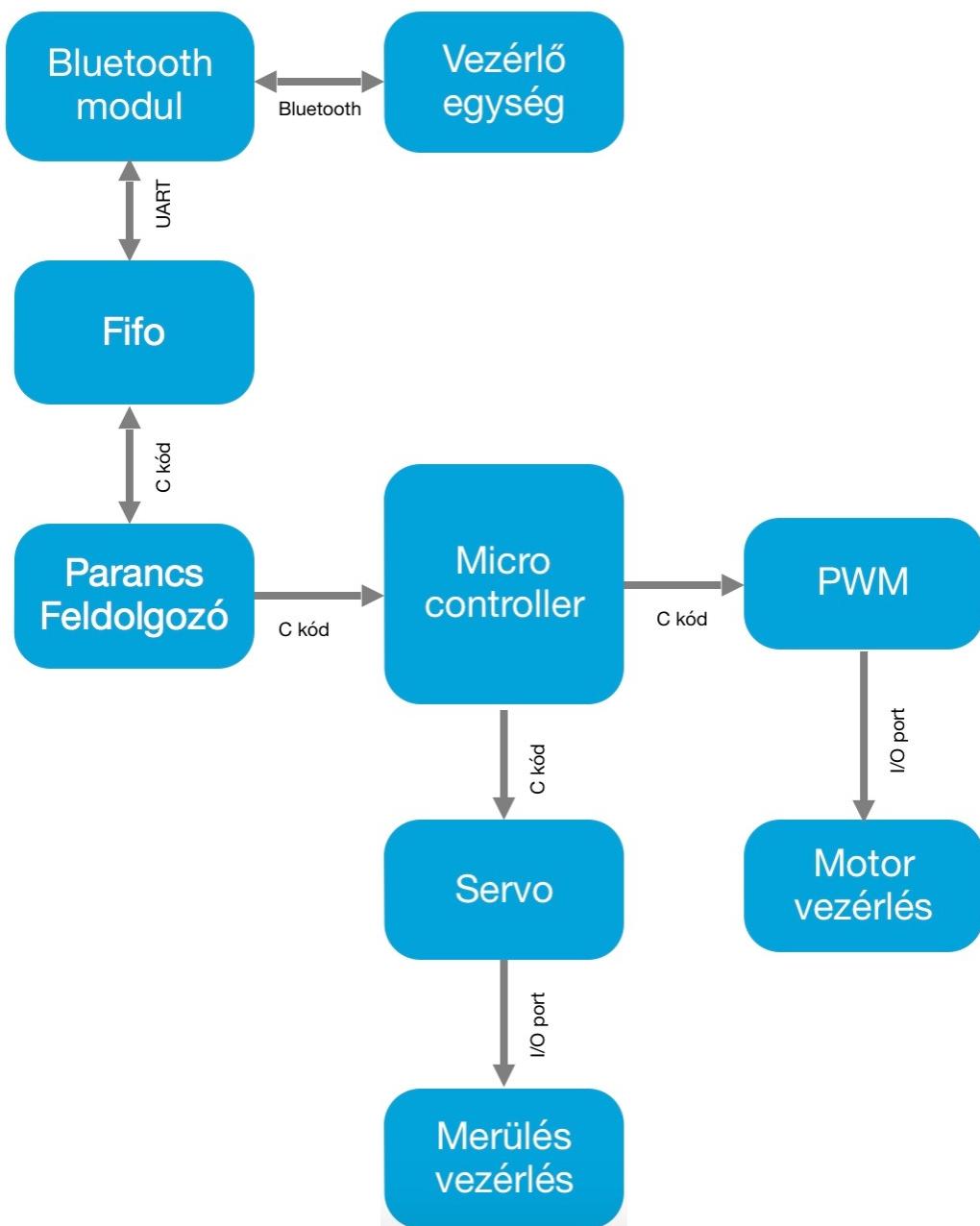
Költségvetés

- Tengeralattjáró váza: 2000 HUF
- STM32L476RG-Nucleo board: 3000 HUF
- DC Motor: $3000 \times 2 = 6000$ HUF
- Servo Motor: $1000 \times 2 = 2000$ HUF
- Motor vezérlő: 3000 HUF
- Kommunikáció modul: 2000 HUF
- Mágnesek : $500 \times 12 = 6000$ HUF
- Nehezékek : $300 \times 6 = 1800$ HUF
- Műanyag díszelemek : 1000 HUF
- Akkumulátor : 3000 HUF
- Hajócsavarok : 500 HUF

Végösszeg : 30300 HUF

Logikai rendszerterv

Logikai rendszerterv vázlatá



Logikai rendszerterv leírása

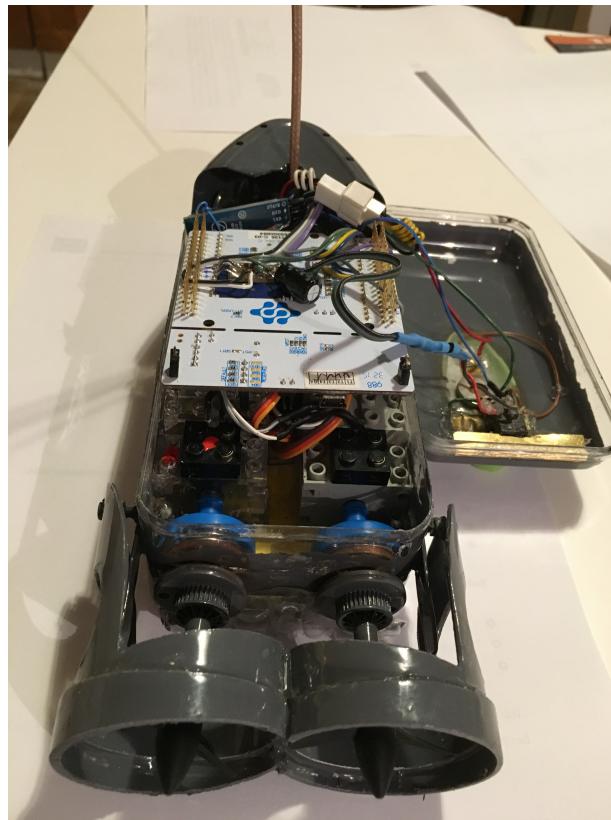
A redszer fő eleme a mikro kontroller lesz, ami az egész rendszert vezérelni fogja. A kommunikáció Bluetooth technológián keresztül lesz megvalósítva a tengeralattjáró és a PC között. A Bluetooth modul a mikro controller UART szabványával lesz meghajtva. A beérkező kód maximum 7 byte-os és minimum 5 byte-os.

A parancsfeldolgozó dolga lesz ezeket a kódokat értelmezni. A parancsfeldolgozó működése szerint az érkező byteokat a FIFO-bol kiszedi és beleteszi egy parancs tömbbe, egészen addig amíg a FIFO-bol egy line feedet ki nem olvas. A line feed jelzi a parancsfeldolgozonak hogy a beérkezett byte-ok egy parancsot alkotnak már, ilyenkor a parancsfeldolgozó meghívja a parancs értelmezőt ami a beérkezett üzenetet értelmezi.

Servo parancs esetében csak a két servo pozíóját fogja változtatni a mikro controller, méhöz a kettőt egyszerre egyirányba.

Motor parancs esetében a parancsértelmezőnek feladata értelmezni hogy melyik motornál történik a változás, milyen irányba mennyen a motor, illetve milyen sebességgel mennyen a motor.

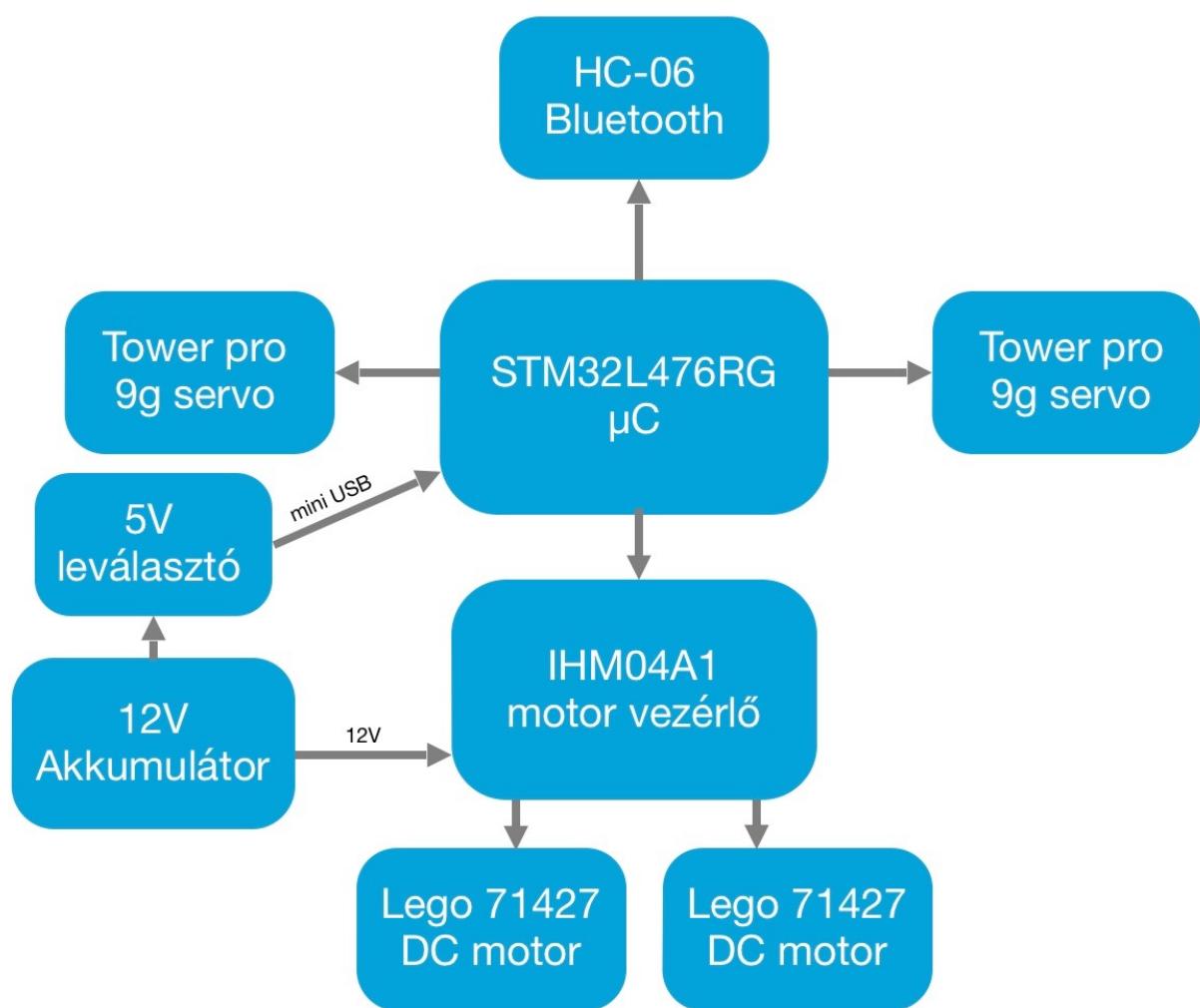
Miután a parancsértelmező értelmezte a parancsokat, a mikro kontroller végrehajtja a feladatokat.



1. Kép belső felépítés

Fizikai rendszerterv

Fizikai rendszerterv vázlata



Fizikai rendszerterv leírása

A rendszer agya az ST cég által gyártott STM32L476RG mikro controller, ami egy ARM Cortex M4 architektúrára épül, azon belül ez egy low power, tehát energia takarékos mikro controller.

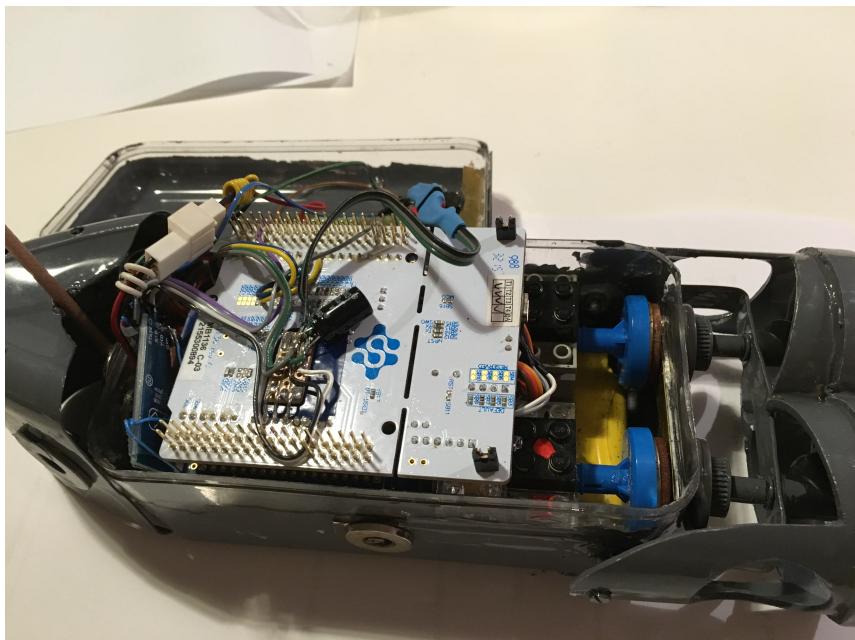
A rendszerben egy 12V os akkumulátor van ami tápot ad a mikro controllernek és a motoroknak. A 12V os táprol levan választva egy 5V os stabilizált rész, mivel az adatlap szerint maximum 12V-ot visel el a panel és teljes töltöttség mellett az akkumulátor 13V ot is képes leadni, ezért a panelt egy stabilizált leválasztott 5V-al védem.

A mikro kontrollerhez hozzá vannak kapcsolva a servok, a bluetooth modul, illetve a motorvezérlő panel ami szintén az ST cég által gyártott panel, ezen belül az X-Nucleo IHMO4A1 es motorvezérlő található rajta.

Ez a verérlő tökéletes a feladat végrehajtásához, két motort tudunk vezérelni úgy hogy minden két irányba mozogjanak a motorok. A legnagyobb feszültség amit a panel elvisel adatlap szerint 50V-t tehát a 12V-al nem eshet semmi baja. A motorok a motorvezérlő panelhoz vannak kapcsolva két vezetékkel (+, -).

A servok három vezetékesek ebből kettő a táp vezeték amik a stabilizált 5V ra kapcsolodnak és egy pedig a jel vezeték amik a mikro kontrollerhez kapcsolódnak.

A bluetooth modul négy vezetékes ebből két vezeték a stabilizált 5V-ra kapcsolódnak és a másik két láb (TX, RX) a mikro kontroller UART 3 port lábaihoz kapcsolódnak.



2. Kép belső felépítés

Tengeralattjáró működési elve

A tengeralattjárók esetében olyan járműről beszélünk amelyek tartós ideig víz alatt közlekednek. A tengeralattjárók legkritikusabb és egyben legfontosabb dolga a merülés.

Egy tengeralattjáró merülését két féle képpen lehet megoldani, statikus merüléssel és dinamikus merüléssel. A statikus merülésnél a tengeralattjáró súlya folyásolja be azt hogy milyen mélyre süllyed a jármű, dinamikus merülésnél a jármű sebessége illetve a rá ható erők határozzák meg a merülést.

Mivel az én tengeralattjáróm dinamikus merülésű ezért erről fogok a továbbiakban részletesen beszélni.

Dinamikus merülés

Dinamikus merüléskor a jármű a vízben rá ható erőket használja ki a merülés eléré séhez. Ezekből az állításokból kiindulva megállapíthatjuk hogy a jármű kikapcsolt illetve mozdulatlan állapot esetében a víz felszínére megy. Ez egy nagy előny a statikus merülésű járművekhez képest mivel ha valamilyen oknál fogva kikapcsol a rendszer az magától a víz felszínére jön (ha csak be nem akad valahova a víz alatt), míg a statikus merülésű ott ragad.

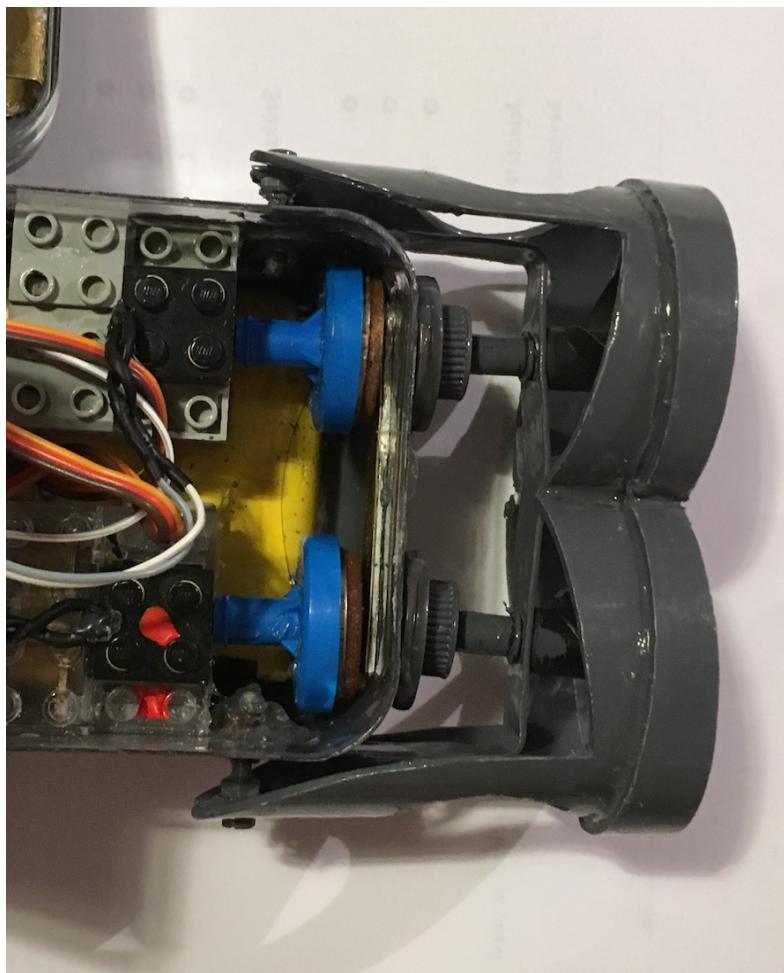
A dinamikus merülés úgy jön létre, hogy a tengeralattjáró elindul előre a víz felszínén, majd oldallapátok állításával olyan erők kezdenek hatni a járműre amelyek elkezdik lefele tolni az egészet. A feljövetel ugyanígy történik csak az oldalszárnnyak ellenkező irányba fognak állni hogy a keletkező erők felfele tolják a járművet, vagy egyszerűen lekell állítani minden és magától feljön a felszínre a tengeralattjáró.

Az egyetlen veszély helyzet az ha a tengeralattjáró éppen süllyedő állásban elveszíti a kapcsolatot a vezérlővel, és ezt nem veszi észre akkor tovább fog süllyedni úgy hogy nem tudjuk már irányítani a járművet. Ennek kezelését software-es úton kell megcsinálni.

Mágneses meghajtás

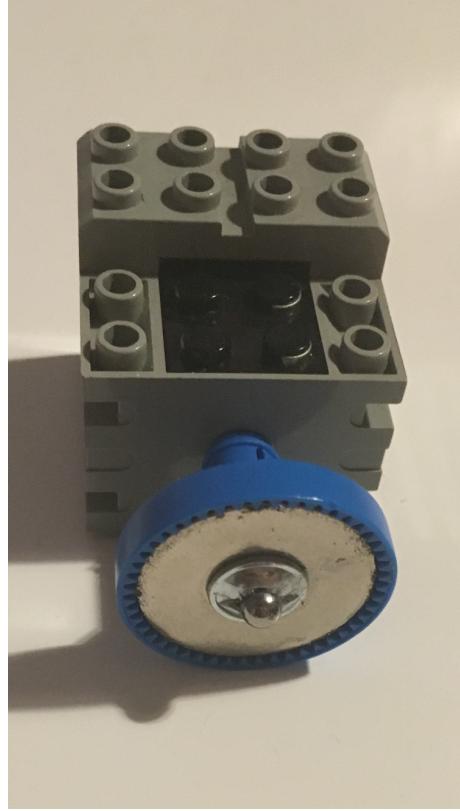
Az én általam készített tengeralattjáró motorjai mágnesekkel hajtják meg a hajócsavarokat, illetve az oldalsó merülőlapátokat. A hajócsavarokat DC motorok hajtják, míg a merülőlapátokat servo motorok.

A két motor mágneskuplungsai kicsit eltérnek egymástól, a DC motorok által hajtott mágneskuplungs felettebb, mivel a mágnesek megvannak csapágyazva a könnyebb forgás eléréséhez, míg a servo motorok által használt mágneskuplungs egyszerűen surlódnak a tengeralattjáró vázával.



3. Kép hajócsavar mágneskuplungs

A DC motorok mágneskuplungsja azért lett csapágyazva mivel folyamatos stabil forgást kell biztosítania, míg a servo motorok csak időnként változtatnak pozíciót így oda nem volt szükséges a csapágyozás.



4. Kép csapágyazott mágneskuplunk

A mágneskuplunk előnye hogy a tengeralattjáró vázát nem kellett megfúrni, nem kell szi-getelési problémákkal foglalkozni, esetlegesen ha a hajócsavarok elakadnak a motor tud forogni tovább ezáltal nem ég le.

Hátránya hogy az indirekt kapcsolat miatt túl magas fordulatszámnál a mágnesek elveszítik a szinkront ezáltal nagyon nagy kilengések, rázkódások lépnek fel ami instabillá teszi a motorok működését, tehát a fordulatszámot mindenféleképpen szabályoznom kell.



5. Kép oldalszárny mágneskuplunk

Kialakítás Tesztelés Hibajavítás

Kialakítás

A tengeralattjáró kialakítása előtt születtek meg az előbb felsorolt tervek illetve ötletek, és ez alapján került elkészítve az eszköz.

A váz egy Ferrero Rocher dobozából készült, ebbe ment bele az összes alkatrész. A képeken láthatók elől hátul és fölül még külön darabok, ezek csak díszítési, illetve balanszírozási célok miatt lettek felszerelve.

Az összes műanyag elemnek végül valamilyen hasznna lett, az első elem segít kiegyni a hátsó részbe lévő sok alkatrészt balanszírozási szempontból, és a legvégén felszerelt antennát is pozícióba tartja. A hátsó rész a hajócsavarok védését szolgálják. A felső darab a töltő egység és a kapcsolót takarja el.

A kialakítás során a legfontosabb szempont a vízhatlanság volt, ezt minél kevesebb átfurással próbáltam elérni, végül összesen három helyen van átfúrva és leszigetelve a tengeralattjáró váza, a hátsó hajócsavar védését szolgáló műanyag darab rögzítéséhez két helyen, illetve a végén felszerelt antenna kivezetéséhez egy helyen.



6. Kép töltés megvalósítása

Ahogy fentebb említettem a motorok mágneses vezérlésének hatására a testet más helyen nem volt szükséges átfűrni, ezeken kívül egy töltőnyílás található még amit használatkor dugóval be kell zárni.

Tesztelesek során egy hiba merült fel, miszerint a Bluetooth víz alatt nem képes komunikálni így egy antenna lett kivezetve, ami most korlátozza a merülési mélységet 20 cm-re, ez a későbbiekben a legnagyobb hangsúlyt fogja kapni továbbfejlesztéskor.

A kapcsolót is mágnes működteti tehát ott sincs gond a szigeteléssel. A doboz szigetelése pedig szigetelőszalaggal történik, ami nem tartós megoldás de ennek a projekt kerelein belül teljesen megfelelőnek tartom.

Tesztele

Mivel ilyen jellegű mechanikával még sose foglalkoztam ezért az idő nagy része különböző teszteléseknek kellett alávetnem az eszközt.

Elsősorban a mágneses meghajtást teszteltem ahol egyből kiderült hogy túl magas fordulatszámon nem fogom tudni használni a motorokat a szinkronizációs hiba miatt, viszont alacsonyabb fordulaton látszódott hogy az ötlet működik a kérdés tehát az volt hogy ez a fordulatszám elegendő-e ahhoz hogy a tengeralattjárót szépen mozgatni tudja. Ennek érdekében megépítettem egy alap verziót amiben nem volt semmi elektronika csak a motorok és egy akkumulátor. Ezt tesztelve láthattam hogy az alacsonyabb fordulatszám is elegendő volt a tengeralattjáró hajtásához.

A következő tesztelendő elv a dinamikus merülés elve volt, amit ugyancsak ezen az elektronika nélküli verzión végeztem el. A tesztnél a merülőlapátokat csak fix pontokba helyeztem illetve csak manuálisan lehetett változtatni ezeket a pontokat. A teszt során kiderült hogy nagyon fontos lesz a tengeralattjáró balanszírozása, pár gramm súlyon múlik a sikeres merülés, de a lényeg hogy az elv a gyakorlatban is működött tehát tudtam haladni tovább a tervekkel.

A következőkben a kommunikációs részt teszteltem, úgy hogy a bluetooth modul-t egy vezérlő mikro kontrollerrel belehelyeztem egy szigetelt dobozba majd egy vödör víz aljára nyomja néztem hogy működik-e a kapcsolat. Mivel a kapcsolat működött a tesztnek sikeresnek vettetem és nem foglalkoztam a dologgal egy ideig.

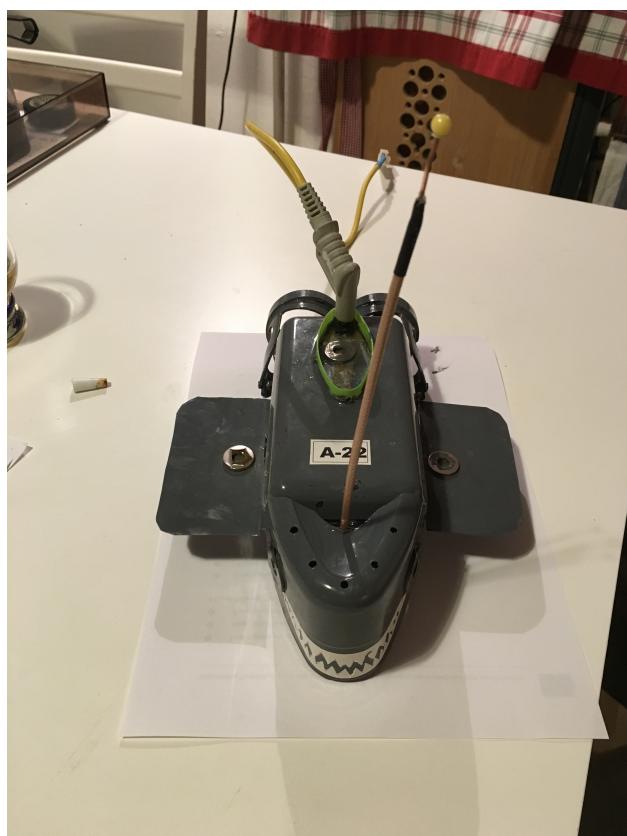
Miután az összes mechanikai teszt befejeződött és a software-es rész elkészült, a teljes teszt következett amiben minden egyes egységet tudtam tesztelni működés közben. A teszt szárazon sikeres volt, tehát a kommunikáció működött, és az elvárt parancsokat megsinálta. Vízben már nem volt nagy siker, mivel ahogy a tengeralattjáró elkezdett merülni

a kapcsolat azonnal megszakadt és irányíthatatlanná vált az egész. Ennek okában újra a bluetooth modul tesztelésére volt szükség, ami egy vődör vízben működött, viszont egy kád vízbe már nem. Ez a teszt sikeresen kimutatta hogy bluetooth modul használata ilyen módon nem lesz megfelelő ezért újabb megoldások után kell kutatni.

A javítások utáni teszt egy medencés teszt volt ahol a tengeralattjáró minden irányba mozgását vizsgáltam illetve a merülést és a feljövetelt. A teszt sikeressége után késznek nyilvánítottam a projektet.

Hibajavítások

Sok hiba nem volt a tesztelések alatt, viszont a kommunikációs rész víz alatt teljesen nem akart működni. Ezért a bluetooth modul kapott egy kis változtatást és az antennája meglett hosszabbítva, és kivezettem a tengeralattjáró testéből. Ez korlátozza a merülést 20 cm-re viszont ezen projekt keretein belülre megfelelő megoldásnak tartom. Természetesen ez lesz az első javítandó kérdés a későbbiekben.



7. Kép Antenna kialakítása

A többi hiba inkább software-es oldalról jött, de ezek kissemmebb upgradek után megoldódtak.

Software

Vezérlő oldal

A vezérlő mikro controller az ST cég által gyártott STM32L476RG-Nucleo board, ami egy alacsony fogyasztású ARM Cortex M4 es architektúrára épül.

A software megírásához az mbed library-t használtam fel, amely egy ARM mikro controllerekhez írt könyvtár. Fejlesztőkörnyezetként az MDK-ARM V5-öt használtam.

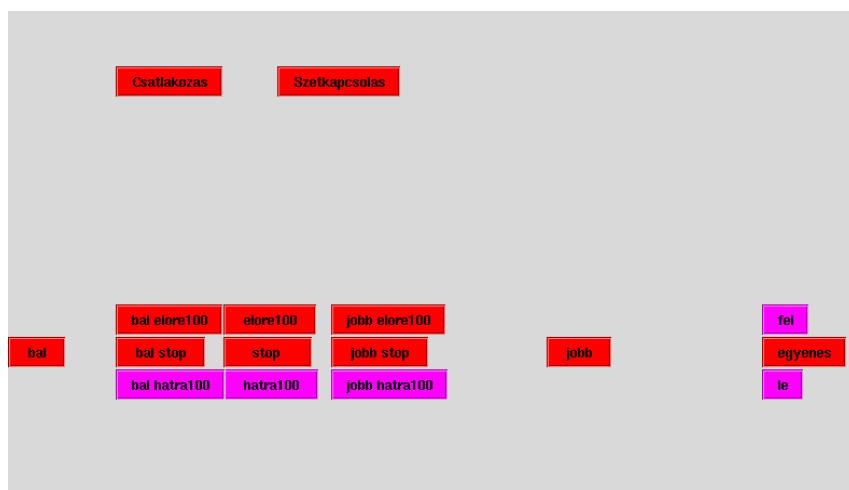
Vezérlő oldalról a software kommunikációt kezel (tud küldeni és fogadni is, de csak a fogadást használom), illetve a motor hajtásokat.

PC oldal

A tengeralattjáró irányításához egy bluetooth-os számítógépet használok.

Az irányításhoz készült egy program ami perl-ben lett megírva, ezen belül a Tk illetve a Device::SerialPort könyvtárakat is kellett használnom.

A kezelőfelület nagyon egyszerű, csak gombok helyezkednek el rajta amivel a kapcsolatot tudjuk felvenni illetve a járművet irányítani. Mivel nehézkes lett volna az egérrel minden a megfelelő gombra ugrani a gördülékenyebb irányításhoz a billentyűzet megfelelő gombjának lenyomásakor az adott feladatot elküldi a tengeralattjárónak végrehajtáshoz.



8. Kép PC oldali program felülete

Források

Kovács Attila: A hajók elmélete

Nozdroviczky László: Televízió antennák

<http://www.subcommittee.com>

<http://sub-driver.com>