



**KTH Tillämpad
informationsteknik**

Examensarbete
vid Institutionen för tillämpad IT

Thesis Project
at Department of Applied Information Technology

Kraftåterkoppling för handhållna enheter, haptiska kuben

Force feedback for mobile devices, the Haptic Cube

Fredrik Kronqvist
Peter Karlsson

Godkänt
2007-mån-dag

Examinator
William Sandqvist

Underskrift

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Målformulering.....	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Lösningsmetoder	2
2	Faktainsamling.....	3
3	Problemlösning.....	4
3.1	Funktionsanalys	4
3.1.1	Huvudfunktion	4
3.1.2	Delfunktioner.....	4
3.2	Funktionsträd	5
4	Lösningsmetodik och val	5
4.1	Konceptgenerering	5
4.1.1	Morfologisk Analys	5
4.1.2	Dellösningar.....	6
4.1.3	Totallösningar.....	7
4.2	Val av lösningsalternativ	8
4.2.1	Pugh's beslutsmatris.....	9
4.2.2	Kommentarer till kriterierna i Pugh's beslutsmatris	10
4.2.3	Utvärderingstest.....	11
4.2.4	Resultat	14
5	Lösningsbeskrivning.....	14
5.1	Fysisk princip	14
5.2	Utförande	15
6	Konstruktion	15
6.1	Elektronik.....	16
6.1.1	Val av processor	16
6.1.2	Val av motordrivkrets	16
6.1.3	Val av kommunikation.....	16
6.1.4	Strömkälla	17
6.1.5	Komponentlayout	17
6.2	Mekanik.....	18
6.2.1	Val och beskrivning av motor	18
6.2.2	Svänghjulet.....	18
6.2.3	Val av servo.....	19
6.2.4	Inre och yttre ram.....	19
6.3	Logik.....	20
6.3.1	Strukturdiagram.....	21

6.3.2	Pulse Width Modulation, PWM.....	21
6.3.3	Servostyrningen	22
6.3.4	Seriekommunikationen	22
6.3.5	Programmeringen	22
6.3.6	Signalschema	24
7	Utvärdering av prototypen.....	25
7.1	Utvärdering och slutresultat	25
7.1.1	Slutresultat	25
7.1.2	Utvärdering mot målformuleringen	25
7.1.3	Utvärdering av demonstrationer	26
8	Rekommendationer.....	27
8.1	Motor	27
8.2	Svänghjul	27
8.3	Servo	28
8.4	Ramarna och skalet.....	28
8.5	Återkoppling	28
8.6	Beteende	28
8.7	Strömförsörjning	28
9	Slutsats	30
10	Referenser.....	31
11	Bilaga 1 – Utvärderingstestet.....	I
12	Bilaga 2 – Strukturdiagram Jackson Structured Programming, JSP.....	II
13	Bilaga 3 – Kopplingschema.....	III
14	Bilaga 4 – Programkod	IV

Figur 1-1. Befintlig BSP enhet.....	1
Figur 3-1. Funktionsträd som åskådliggör funktionsstrukturen över huvudfunktionen Medge Kraftåterkoppling och dess underordnade delfunktioner.	5
Figur 4-1. Totallösningalternativ 2 Vibrator.....	1
Figur 4-2. Totallösningalternativ 1 Induktiv	1
Figur 4-3. Vänster bild är båda spolarna strömsatta. Höger bild är den högra spolen strömsatt vilket leder till att magneten skjuts åt vänster.....	1
Figur 4-4. Totallösningalternativ 3 Gyroskopisk.....	1
Figur 4-5. Låda 1 - Vibratorer	1
Figur 4-6. Data från test av låda 1 - vibrator	1
Figur 4-7. Låda 2 - Induktiv	1
Figur 4-8. Data från test av låda 2 - induktiv	1
Figur 4-9. Låda 3 - Gyroskopisk.....	1
Figur 4-10. Data från test av låda 3 - gyroskopisk.....	1

Figur 4-11. Data över testet, vilken låda som var lättast att uppfatta i vilken riktning den drar	1
Figur 5-1. Svänghjul.....	1
Figur 6-1. PIC16F628A microcontroller	1
Figur 6-2. Bluetooth modul för att skapa en trådlös kommunikation.	1
Figur 6-3. Kretskortet.....	1
Figur 6-4. Sun Motor.....	1
Figur 6-5. Svänghjulet och den inre ramen	1
Figur 6-6. Servo Blue Bird BMS-761DD	1
Figur 6-7. Inre ram inklusive motor och svänghjul.....	1
Figur 6-8. Yttre ram.....	1
Figur 6-9. Sammansatt konstruktion av den haptiska kuben.....	1
Figur 6-10. Jackson Structured Programming, JSP, ett strukturdiagram över systemstrukturen.	21
Figur 6-11. Kopplingsschema för programmeringsporten och programmeraren för att möjliggöra ICSP.....	1
Figur 6-12. Signalschema	1
Figur 12-1. Strukturdiagram över systemstrukturen av typen JSP	II
Figur 13-1. Kopplingsschema för kretskortet.....	III
Figur 13-2. Fysik storlek på kretskortet	Error! Bookmark not defined.

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Under högskoleingenjörsutbildningen, Mekatronik & Industriell IT på institutionen för tillämpad IT på Kungliga Tekniska Högskolan, KTH, i Stockholm, ingick det att utföra ett examensarbete på 10 högskolepoäng. Examensarbete bedrivs i grupp om två personer och utfördes gentemot ett företag. I detta fall utfördes det åt Mobility studio på Interactive Institute i Kista. Interactive Institute är ett experimentellt IT-forskningsinstitut som utmanar traditionella perspektiv och tankesätt genom att kombinera konst, design och teknologi i forskningsprojekt. Genom att integrera och utforska dessa tre områden bidrar institutet till innovation, kreativitet och hållbar utveckling. Mobility studio utför forskning om framtidens mobila applikationer. Interactive Institute ingår i SICS-gruppen som tillhör koncernen Swedish ICT Research AB. Swedish ICT Research bidrar med sin forskning till ökad innovationskraft och tillväxt i näringsliv och samhälle.

Examensarbetet är en del av projektet Backseat Playground, BSP, vilket är ett interaktivt handhållet spel. Spelet syftar till att sysselsätta barn under bilturer. BSP är ett innovativt spel där användaren riktar enheten (se Figur 1-1) mot geografiska objekt i omgivningen. För att detektera vad användaren riktar enheten mot kombineras riktningsdata från vinkelavkänning med data från GPS och geografisk kartinformation. Medans användaren färdas längs vägen förvandlas kyrkor, broar andra objekt till en fiktiv värld fylld av brott, virtuella karaktärer och gömda ledtrådar.



Figur 1-1. Befintlig BSP enhet

Syftet med examensarbetet är att utveckla en modul som skapar en kraft som får enheten att vridas mot bestämda objekt i omgivningen. Kraftåterkoppling skall kunna integreras med den befintliga enheten. Kraften skall kunna variera i styrka och riktning med en hög uppdateringsfrekvens.

1.2 MÅLFORMULERING

Uppgiften är att skapa en kraftåterkoppling till Backseat Playground. Nedan beskrivs de mål som ställs på enheten.

- Enheten skall vara handhållen
- Enheten skall kunna överföra en kännbarkraft
- Kraften skall gå att variera i olika styrkor
- Kraftens riktning skall gå att variera
- Enheten skall kunna kommunicera med extern enhet
- Enheten skall ha låg strömförbrukning
- Enheten skall vara så liten som möjligt

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Enheten kommer ej att vara optimerad i storlek. Dock kommer förslag till mer optimala delkomponenter att föreslås. Detta projekt är att ta fram ett koncept för hur en kraftåterkoppling skulle kunna appliceras till den befintliga enheten.

1.4 LÖSNINGSMETODER

Olika lösningsalternativ tas fram och utvärderas. Ett utvärderingstest utförs för att säkerställa vilket koncept som skall utvecklas till en färdig prototyp.

2 FAKTAINSAMLING

I början av projektet gjordes en undersökning om andra produkter för ogrundad (d.v.s. utan kontakt med en fast punkt) haptisk feedback. De kommersiella produkter som hittades innefattar bl.a. handkontroller till spel, mobiltelefoner samt en del datortillbehör. I dessa produkter skapas kraftåterkopplingen med hjälp av en obalanserad vikt som roteras och därigenom skapar vibrationer. Dessa skapar dock ingen känsla av riktning.

Vid en sökning på forskning kunde man hitta ett litet antal projekt där metoder för att skapa ogrundad kraftåterkoppling undersöktes. Alla projekt som hittades byggde på användningen av tröghetsmomenten hos roterande massor för att skapa kraftåterkopplingen.

En laboration gjordes för att ta reda på hur en användare upplevde ett vridmoment hos en handhållen enhet. I laborationen testades hur stort vridmoment måste vara för att kunna uppfattas, hur väl ett ryck uppfattas jämfört med en långsamt ökande kraft och hur tyngd och bredd påverkade känsligheten hos användaren. Resultatet visade att en människa kan uppfatta ett vridmoment på i genomsnitt 0,02 Nm förutsatt att momentet kommer som ett ryck. När momentet lades på långsamt krävdes det dubbla vridmomentet innan användare kände något. Övriga faktorer som enhetens vikt och bredd påverkade inte användarens känslighet på något speciellt sätt.

Efter att ha gått igenom de metoder som finns för att skapa en kraft utan att ha tillgång till en fast punkt visade det sig att de metoder som bygger på användande av rörelseenergin hos en massa var de mest lämpliga. Problemet är att det inte finns något sätt att skapa en konstant kraft eller vridmoment eftersom det inte finns någonting att ta spjörn mot. Om man exempelvis utnyttjar tröghetsmomentet från ett svänghjul kan man skapa ett vridmoment så länge man accelererar men när man har nått det högsta möjliga varvtalet måste man bromsa svänghjulet för att kunna accelerera det igen vilket kommer att resultera i ett vridmoment som är motsatt det som man vill skapa. Det kan man gå runt genom att utnyttja att större krafter under en kort tid känns tydligare än mindre krafter under en längre tid. Om man i exemplet ovan kan bromsa ner svänghjulet med en halv newtonmeter i tv tiondels sekunder och därefter accelerera med en newtonmeter i en tiondels sekund så kommer det resulterande momentet uppfattas som om svänghjulet accelererade trots att summan av rörelsemängden är noll.

3 PROBLEMLÖSNING

I problemlösningsfasen görs en funktionsanalys för att identifiera huvudproblemet och dess underliggande funktioner som krävs för att denna skall uppfyllas.

3.1 FUNKTIONSANALYS

Funktionsanalysen upprättas för att skapa en funktionsstruktur som visar alla funktioner som skall åstadkommas av produkten. Av funktionsstrukturen framgår hur dessa funktioner samverkar. I funktionsanalysen skall uppgiften formuleras i en bredare, abstraktare och lösningsneutral form. Där huvudfunktionen är den funktion som krävs för att uppgiften skall uppfyllas av produkten. Huvudfunktionen bryts ned i delfunktioner som krävs för att huvudfunktionen skall möjliggöras. Det finns två typer av delfunktioner nödvändig- och önskad-delfunktion. Där de delfunktioner som krävs för att uppfylla huvudfunktionen klassas som nödvändiga. De önskade är av sådan karaktär som ökar funktionaliteten hos produkten men dock inte nödvändiga.

3.1.1 HUVUDFUNKTION

För att produkten skall uppfylla uppgiften, skapa en kraftåterkoppling för handhållna enheter är huvudfunktionen enligt nedan.

- Medge Kraftåterkoppling
Enheten skall kunna förmedla en kännbarkraft åt ett specifikt håll.

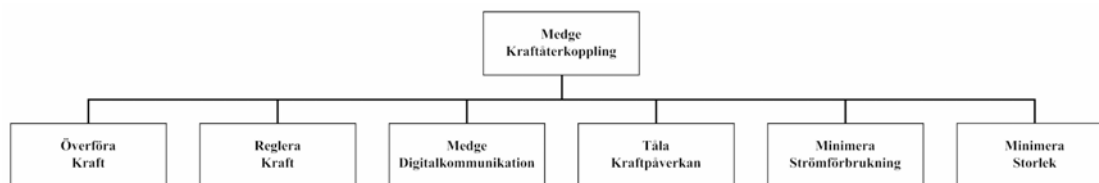
3.1.2 DELFUNKTIONER

Nedan presenteras de delfunktioner som produkten har och en beskrivning av respektive funktion.

- Överföra Kraft (Nödvändig)
Enheten skall kunna överföra en kännbarkraft till användaren.
- Reglera Kraft (Nödvändig)
Enhetens kraft skall kunna gå att variera i styrka och riktning.
- Medge Digitalkommunikation (Nödvändig)
Enheten skall kunna kommunicera med extern enhet digitalt.
- Tåla Kraftpåverkan (Önskad)
Enheten skall tåla viss yttre kraftpåverkan.
- Minimera Strömförbrukning (Önskad)
Enheten skall ha så låg strömförbrukning som är möjligt.
- Minimera Storlek (Önskad)
Enheten skall ha så liten storlek som möjligt.

3.2 FUNKTIONSTRÄD

Nedan finns ett funktionsträd (se Figur 3-1) för att åskådliggöra huvudfunktionen Medge Kraftåterkoppling och dess underordnade delfunktioner.



Figur 3-1. Funktionsträd som åskådliggör funktionsstrukturen över huvudfunktionen Medge Kraftåterkoppling och dess underordnade delfunktioner.

4 LÖSNINGSMETODIK OCH VAL

Olika lösningsalternativ tas fram och utvärderas mot varandra och ett utvärderingstest utförs på ett antal testpersoner för att säkerställa vilket alternativ som skall utvecklas.

4.1 KONCEPTGENERERING

I konceptgenereringsfasen söks potentiella lösningsalternativ för att uppfylla alla krav i kravspecifikationen.

4.1.1 MORFOLOGISK ANALYS

Morfologisk analys är ett hjälpmedel i problemlösandet som minskar risken för att förbise något lösningsalternativ i processen. Risken är annars stor att bra lösningskombinationer inte uppmärksammas om arbetet inte sker systematiskt genom att flera potentiella delfunktionslösningar tas fram till respektive delfunktion. Delfunktionslösningar sorteras in i en morfologisk matris (se Tabell 4-1) för respektive delfunktion. Delfunktionslösningarna för vardera delfunktion kombineras till flera olika potentiella totallösningalternativ. Totallösningalternativen sorteras ut efter de lösningsalternativ som uppfyller alla krav i kravspecifikationen och som har kompatibla dellösningar. Orimliga lösningsalternativ sorteras bort och de rimliga lösningsalternativen utvärderas mot varandra.

4.1.2 DELLÖSNINGAR

Nedan finns en morfologisk matris (se Tabell 4-1) över produktens delfunktioner och dess potentiella delfunktionslösningar.

Delfunktion		Delfunktionslösning	
1	Överföra Kraft	A	Roterande massa
		B	Vibrerande massa
		C	Linjärt reglerbar massa
		D	Cirkulerande vätska
2	Reglera Kraft	A	Varierande varvtal
		B	Flytta tyngdpunkten
		C	Varierade flöde
		D	Varierande varvtal + roterande rotationsaxel
3	Medge Digitalkommunikation	A	Mikroprocessor

Tabell 4-1. Morfologisk matris för produkten med huvudfunktionen medge kraftåterkoppling

4.1.2.1 FÖRKLARING AV DELLÖSNINGAR

1A Roterande massa

Genom att utnyttja trögheten hos en roterande massa kan man skapa ett vridmoment, antingen genom att accelerera eller bromsa massan eller genom att vrida rotationsaxeln.

1B Vibrerande massa

Genom att vibrera en massa, t.ex. genom en obalanserad vikt på en motoraxel, kan man skapa kraftåterkoppling. Metoden används redan i bl.a. mobiltelefoner.

1C Linjärt reglerbar massa

Med hjälp av en linjärt reglerbar massa kan man skapa en kraft genom att accelerera/bromsa massan. Man kan också ändra balansen på enheten genom att flytta vikten

1D Cirkulerande vätska

Cirkulerande vätska utnyttjar samma princip som lösningen med roterande massa men trögheten kommer istället från en vätska som cirkulerar i en ledning.

2A Varierande varvtal

Genom att bromsa eller accelerera en roterande massa skapas ett moment.

2B Flytta tyngdpunkten

Genom att flytta tyngdpunkten på enheten ändras vridmomentet i användarens hand.

2C Varierande flöde

Genom att variera flödet hos en vätska i en cirkulerande ledning skapas ett moment.

2D Varierande varvtal + roterande rotationsaxel

När man vrider rotationsaxeln på en roterande massa skapas ett moment. Momentets storlek kan styras genom att variera massans varvtal.

3A Mikroprocessor

En mikroprocessor kan ta emot och skicka information bl.a. genom seriell kommunikation.

4.1.3 TOTALLÖSNINGAR

Nedan presenteras de potentiella totallösningalternativ som bearbetades fram. De orimliga lösningalternativen som kombinerades har sorterats bort och tas således ej upp.

Följande totallösningalternativ har tagits fram:

1. Vibrator (1.B ; 2.A ; 3.A)
2. Induktiv (1.C ; 2.B ; 3.A)
3. Gyroskopisk (1.A ; 2.D ; 3.A)

4.1.3.1 TOTALLÖSNINGALTERNATIV 1 – VIBRATOR

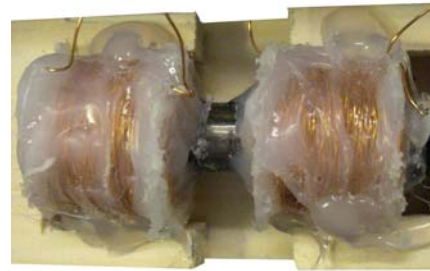
Lösningalternativet (se Figur 4-1) använder vibratormotorer placerade till höger, i mitten och till vänster i enheten. Genom att man kan styra vilka motorer som är aktiva kan man framkalla vibrationer på den sida som enheten ska "dra" mot. Enheten kommer alltså inte skapa en verklig riktad kraft.



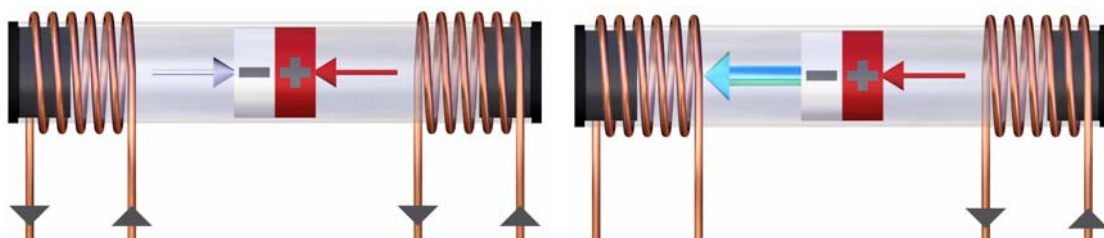
Figur 4-1. Totallösningalternativ 2
Vibrator

4.1.3.2 TOTALLÖSNINGSALTERNATIV 2 – INDUKTIV

Lösningalternativet (se Figur 4-2) består av två spolar som är lindade runt ett rör som är täppt i båda ändarna. I röret finns en cylindrisk magnet. Genom att sätta spänning i spolarna (se Figur 4-3) så att två motsatta magnetfält bildas förflyttar man magneten till mitten av röret. När man bryter spänningen i en av spolarna så får man magneten att slå in i ena ändan vilket skapar enhetens riktade kraft.



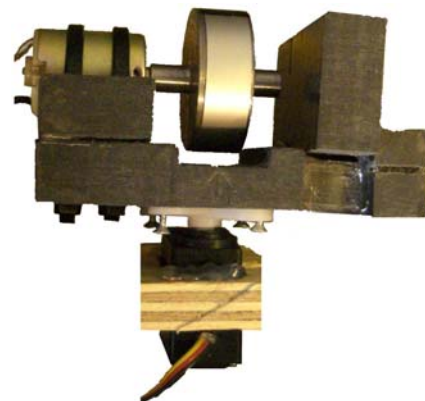
Figur 4-2. Totallösningalternativ 1
Induktiv



Figur 4-3. Vänster bild är båda spolarna strömsatta. Höger bild är den högra spolen strömsatt vilket leder till att magneten skjuts åt vänster.

4.1.3.3 TOTALLÖSNINGSALTERNATIV 3 - GYROSKOPISK

Lösningalternativet (se Figur 4-4) är uppbyggt av ett motordrivet svänghjul som sitter på ett servo. Svänghjulet roterar med ungefär 11 000 varv/minut. När man sedan vrider servot så vrider svänghjulet hela enheten.



Figur 4-4. Totallösningalternativ 3
Gyroskopisk

4.2 VAL AV LÖSNINGSALTERNATIV

Utvärderingen skedde med Pugh's beslutsmatris för att basera urvalet på relativa jämförelser mellan de olika lösningalternativen. Även ett utvärderingstest utfördes för att säkerställa vilket lösningalternativ som skulle utvecklas vidare.

4.2.1 PUGH'S BESLUTSMATRIS

För att utvärdera de kvarvarande totallösningalternativen och välja vilket alternativ som skulle utvecklas vidare användes en Pugh's beslutsmatrix (se Tabell 4-2). De urvalskriterier som användes formulerades utifrån kriterierna i kravspecifikationen vilket i detta fall är utifrån delfunktionerna. Dessa kriterium tilldelas en viktningsfaktor efter dess inbördes betydelse för att produkten skulle uppfylla huvudfunktionen. Ett av lösningalternativen valdes som referens och placerades in i beslutsmatrisen med de andra lösningalternativen. Ställningstagandet togs genom att utvärdera huruvida alternativet uppfyllde respektive kriteriet gentemot referensalternativet med poängen + (bättre än referensen), 0 (lika bra som referensen) och - (sämre än referensen). Dessa poäng multiplicerades med kriteriets viktningsfaktor och gav nettosumman för respektive lösningalternativ. Det lösningalternativ med högst nettosumma bedömdes vara mest lämpat att utveckla vidare.

Lösningalternativ nummer 3, gyroskopisk, valdes som referens.

		Lösningalternativ		
Kriterier	Viktning	1	2	3
Minimerad strömförbrukning	5	+	0	R E F E R E N S
Medge datakommunikation med extern enhet	6	0	0	
Förmedla kännbara krafter	8	-	-	
Minimerad storlek på enheten	5	+	+	
Känna åt vilket håll enheten vill	8	-	-	
Minimera ljudnivå	1	+	0	
Hållbarhet	3	+	-	
Robusthet	2	+	0	
Summa +/-		3	-2	
Nettosumma		0	-8	0
Placering		1	3	1

Tabell 4-2. Pugh's beslutsmatrix

4.2.2 KOMMENTARER TILL KRITERIERNA I PUGH'S BESLUTSMATRIS

Kriterium: *Minimerad strömförbrukning*

Eftersom lösningsförslag 1 endast drar större strömmar när den är aktiv så kommer den vid användning dra mindre ström än de övriga alternativen som drar ström under hela användningstiden. Under testerna kunde man se att lösningsförslag 2 drog mer ström än de övriga.

Kriterium: *Medge datakommunikation med extern enhet*

Alla lösningar har samma möjlighet till kommunikation.

Kriterium: *Förmedla kännbara krafter*

Även fast vibrationerna från lösningsförslag 1 och impulserna från lösningsförslag 2 är klart kännbara kan de inte mäta sig med referenslösningen, vilken skapar krafter som är större och mindre diffusa.

Kriterium: *Minimerad storlek på enheten*

Eftersom referensförslaget använder ett utrymmeskrävande svänghjul så är det svårt att få ner storleken till de som de övriga förslagen kan ha. Speciellt lösningsförslag 2 går att göra riktigt litet.

Kriterium: *Känna åt vilket håll enheten vill*

Referensförslaget är överlägset övriga förslag då det skapar ett klart kännbart vridmoment. Lösningsförslag 2 kan också skapa en riktad kraft medan lösningsförslag 1 endast förmedlar riktning med hjälp av angreppspunkter.

Kriterium: *Minimera ljudnivå*

Alla lösningsförslag använder rörliga delar som skapar ljud. I lösningsförslag 1 finns det större möjlighet att dämpa ljudet än i de andra lösningsförslagen.

Kriterium: *Hållbarhet*

I och med att lösningsförslag 2 bygger på en slagrörelse får enheten en begränsad livslängd. Lösningsförslag 1 innehåller visserligen en del roterande delar men anses ändå stabilare än referensförslaget på grund av att referensförslaget bygger på delar som är känsligare för skador.

Kriterium: *Robusthet*

Med robusthet menas att enheten klarar av alla tänkbara situationer som den kan hamna i. Lösningsförslag 1 bygger inte på att delar förflyttar sig i konstruktionen och kan därför anses robust. Lösningsförslag 2 och referensförslaget har delar som är rörliga i större grad och har därför större risk att hamna i ett låst läge.

4.2.3 UTVÄRDERINGSTEST

4.2.3.1 TESTUPPSTÄLLNING

Prototyperna monterades i tre lika lådor som gavs nummer mellan ett och tre och sattes att styras genom kontroller på kopplingsbräden.

Numrerade lappar sattes upp på väggen i testrummet.

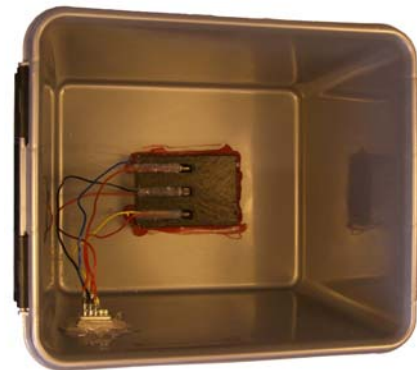
Testet utfördes genom att låta deltagarna individuellt pröva lådorna i nummerordning. Testaren valde ett godtyckligt nummer på väggen och försökte styra prototypen så att testdeltagaren riktade sig mot numret.

Efter att de hade prövat alla lådor fick de fylla i en blankett (se bilaga 1) där de fick välja på en skala mellan ett och sju hur väl känslan från lådorna överensstämde med ett gummiband, en magnet och en vibrator samt hur tydlig man kunde känna riktningen på kraften. Testarna antecknade också kommentarer från testdeltagarna under testets gång.

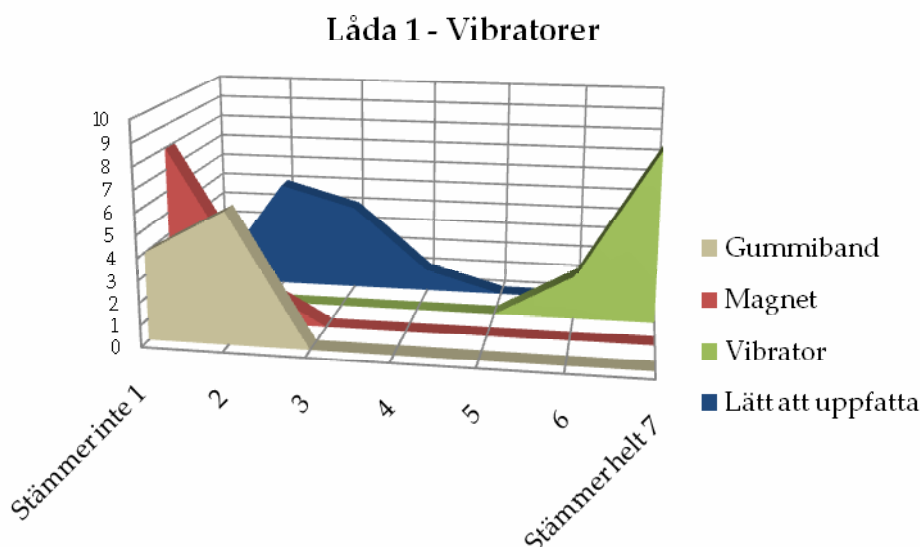
4.2.3.2 TESTRESULTAT

Deltagarna lyckades för det mesta tyda åt vilken riktning som testaren ville styra dem åt, men ibland var det svårt.

Låda ett, (se Figur 4-5), vibratorlösningen, bedömdes som ganska svårtydd (se Figur 4-6). Den gav inga tydliga känslor av dragning, vibrationerna dominerade, men det var möjligt att känna i vilken riktning den "åkte". Testdeltagarna hade en del idéer om hur man kunde förbättra den, bl.a. genom visuell förstärkning och genom att utnyttja känslan av förändring.

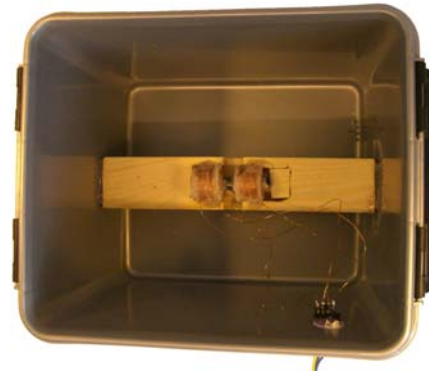


Figur 4-5. Låda 1 - Vibratorer

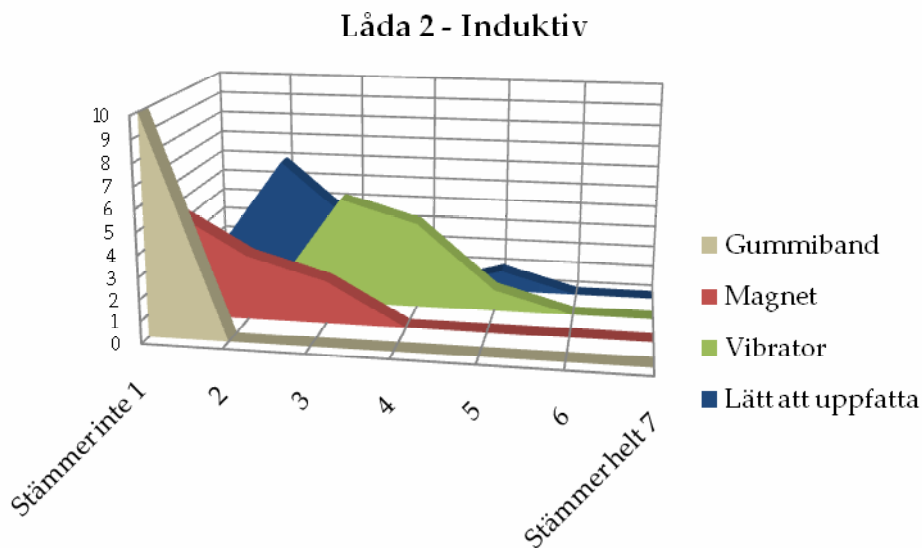


Figur 4-6. Data från test av låda 1 - vibrator

Låda två, (se Figur 4-7), den induktiva lösningen, var den som flest hade svårt att känna av riktningen på (se Figur 4-8), men en av deltagarna upplevde det som klart kännbart. Några testdeltagare trodde att den skulle vara tydligare om slagen var kraftigare.

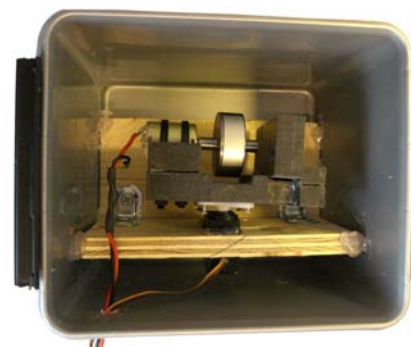


Figur 4-7. Låda 2 - Induktiv

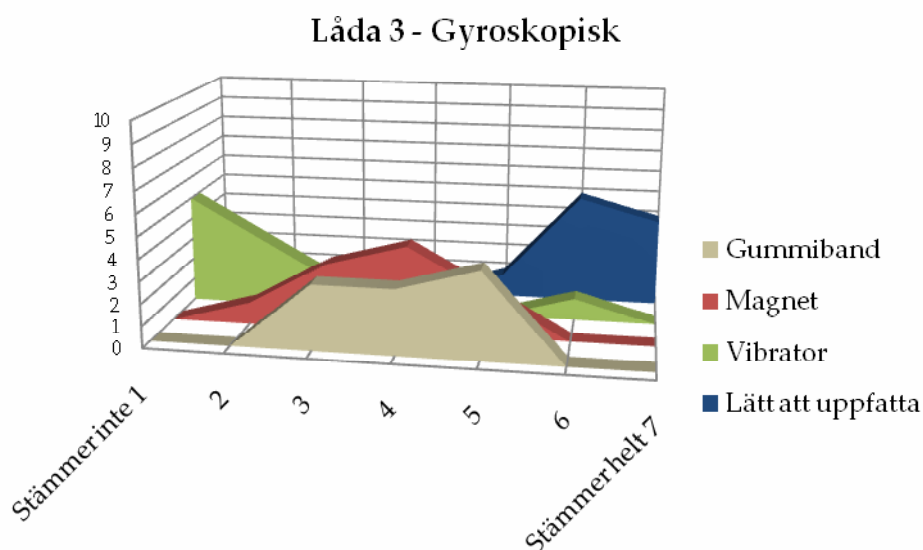


Figur 4-8. Data från test av låda 2 - induktiv

Låda tre, (se Figur 4-9), gyrolösningen, ansågs av alla som den bästa lösningen. De flesta hade lätt att känna vart den ville dra dem (se Figur 4-10) och ansåg att lösningen gav en kraft som i större utsträckning än de övriga kunde liknas vid ett gummiband eller en magnet.



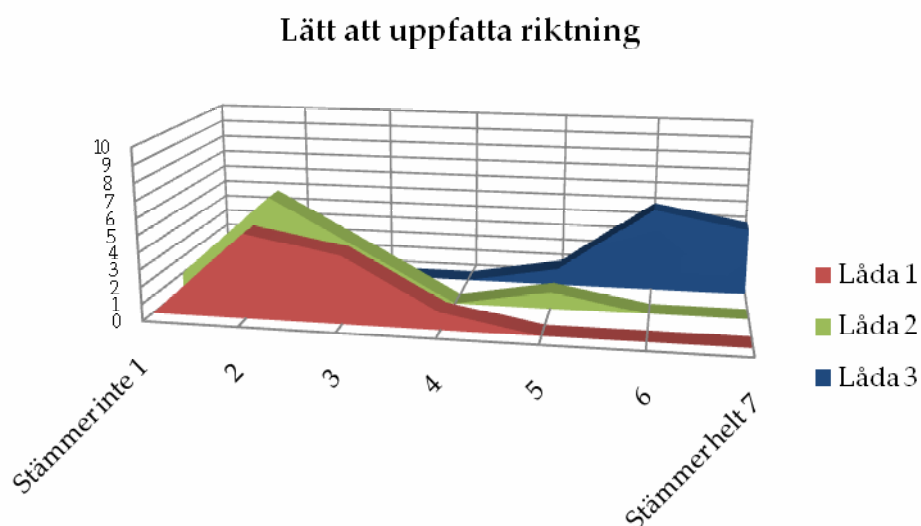
Figur 4-9. Låda 3 - Gyroskopisk



Figur 4-10. Data från test av låda 3 - gyroskopisk

4.2.3.3 SLUTSATSER FRÅN ANVÄNDARTEST OCH KOMMENTARER

Gyrolösningen var det alternativ som gjorde det största intrycket på testdeltagarna vilket man klart kan se i testresultatet (se Figur 4-11), men det var också den lösning som var störst och tyngst. Lösningen skapar en verklig kraft som är kännbar för användaren, men den är begränsad eftersom den måste pulseras ut för att användaren ska uppleva att den är riktad mot något.



Figur 4-11. Data över testet, vilken låda som var lättast att uppfatta i vilken riktning den drar

Bland de övriga lösningarna är framförallt vibratorlösningen intressant att utveckla då vibratörer redan finns inbyggda i mobiltelefoner och andra applikationer för att ge kraftåterkoppling. Vibratorerna ger dock ingen verklig riktad kraft. I lösningsförslaget användes vibratörer placerade på olika ställen för att försöka skapa en känsla av riktning, men om man ska utveckla

det så är det framförallt känslan man får av förändringar i vibrationerna som bör undersökas. Vibratorer är dock en etablerad version av kraftåterkoppling och det finns redan företag som utvecklar metoden

4.2.4 RESULTAT

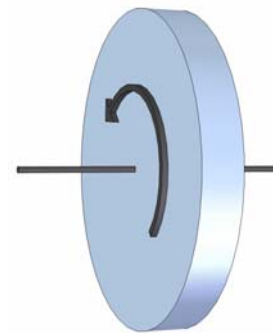
I beslutsmatrisen fick lösningarna 1 och 3 högst resultat, medan lösning 2 fick lägre resultat. I användartestet var lösning 3, gyrolösningen, den som fick bäst betyg. Sammantaget var lösning 3 den som var mest intressant att utveckla.

5 LÖSNINGSBESKRIVNING

5.1 FYSISK PRINCIP

Den valda lösningen bygger på utnyttjandet av rörelsemängden hos ett roterande svänghjul genom den gyroskopiska effekten.

När ett hjul roterar (se Figur 5-1) strävar det efter att behålla axelns riktning. Om axeln tvingas att byta riktning kommer masströgheten i hjulet skapa ett vridmoment som är vinkelrätt mot både rotationsplanet och axelns vridning. Vridmomentets storlek kan beskrivas med formeln [5:1].



Figur 5-1. Svänghjul

$$M = I * \omega * \dot{\theta} \quad [5:1]$$

M är vridmomentet, I är hjulets masströghetsmoment i Nm, ω är hjulets rotationshastighet i rad/s och $\dot{\theta}$ är axelns rotationshastighet i rad/s.

Enligt resultatet av laborationen krävdes det minst 0,02 Nm vridmoment för att överhuvudtaget skapa en kännbar kraft. För att riktningen ska vara tydlig och för att ha marginaler uppskattades det att konstruktionen bör kunna ge minst 0,2 Nm. Om man utgår från att en elmotor kan rotera hjulet med 10 000 varv/minut och man har ett servo som kan rotera med 20 varv/minut krävs alltså ett svänghjul med masströghetsmomentet enligt formeln [5:2].

$$\left(\frac{0,2}{\left(\frac{10000 * 20 (2 * \pi)^2}{60^2} \right)} \right) \quad [5:2]$$

$9,1 * 10^{-5}$. Masströghetsmomentet, I , för ett cylinderformat svänghjul räknas ut genom formeln [5:3].

$$I = \frac{1}{2} m * R^2 \quad [5:3]$$

I är masströghetsmomentet, m är svänghjulets massa och R är svänghjulets radie.

Massan, m , på ett cylinderformat svänghjul räknas ut genom formeln [5:4].

$$m = \rho * R^2 * l * \pi \quad [5:4]$$

Där ρ är densiteten på materialet, R är svänghjulets radie och l är bredden på svänghjulet.

Tröghetsmomentet hos ett cylindriskt svänghjul med en bestämd densitet, bredd och radie kan beskrivas med formeln [5:5].

$$I = \frac{1}{2} * \rho * R^4 * l * \pi \quad [5:5]$$

5.2 UTFÖRANDE

Den slutgiltiga prototypen består av en inre ram där ett svänghjul är placerat på axeln på en likströmsmotor. Denna inre ram är upphängd i en yttre ram med hjälp av axlar som går genom kullager. Den inre ramen kan vridas med ett servo som är kopplat till ena axeln. För att skapa kraftåterkoppling accelererar motorn upp svänghjulet till över 11000 varv per minut. Därefter kan ett upplevt vridmoment skapas genom att servot vrider svänghjulet snabbt åt ena hållet och långsammare tillbaka. Summan av vridningarna blir egentligen noll, men eftersom det är svårare att uppfatta den långsammare vridningen så upplevs det som om enheten vrider sig åt ett håll.

6 KONSTRUKTION

Allt konstruktionsarbete som har skett har utförts av projektdeltagarna med de verktyg som fanns att tillgå eller införskaffa på Interactive Institute och KTH. Detta gav möjligheten att pröva konstruktionen och designa om under tillverkningen men begränsade tillverkningsmöjligheterna till enklare konstruktioner än vad man skulle kunna göra om man hade anlitat en prototyp-tillverkare.

Det första problemet som skulle lösas var att bestämma vilka komponenter som skulle användas i prototypen utifrån det beslut som tagits; en lämplig motor för framdrivning, processorer och kretsar för logiken etc. Valen grundar sig i det förstudiearbete som föregick konstruktionsfasen, där gruppen begränsade sig till ett visst urval av komponenter. Nedan följer val av komponenter med motivering till varför just de valts.

6.1 ELEKTRONIK

Elektroniken i enheten valdes för att uppfylla det ovan nämnda totallösningalternativet. Vid val av komponenter togs det hänsyn till att försöka hitta komponenter som uppfyllde funktion samt att välja små komponenter med DIL-kapsel (Dual In-Line Package). DIL-kapsel är en typ av inkapsling av kretsar där benen är placerade i två rader vilket underlättar vid experimentering.

6.1.1 VAL AV PROCESSOR

Processorn som valdes för att styra enheten är en PIC16F628A (se Figur 6-1) microcontroller tillverkad av Microchip. PIC16F628A är en RISC-processor med 35 olika instruktioner och är därför inte så komplicerade att använda, men innehåller ändå tillräckligt många funktioner för att kunna driva enheten. PIC16F628A är en 8-bitars processor som har inbyggda funktioner för seriekommunikation och PWM. Processorn uppnår med hjälp av en extern kristall en klockfrekvens på 20 MHz vilket gör att den utför fem miljoner instruktioner per sekund.



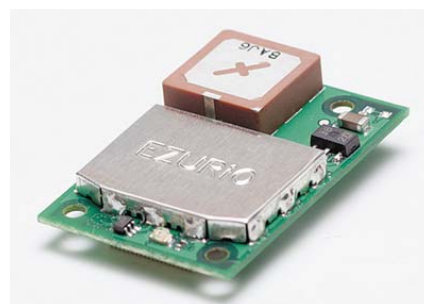
Figur 6-1. PIC16F628A microcontroller

6.1.2 VAL AV MOTORDRIVKRETS

På grund av de höga strömmarna som krävs för att driva motor går det inte att styra motorn direkt från processorn utan en motordrivkrets behövs. Till prototypen valdes en färdig drivkrets som är gjord för att drivas med PWM. Kretsen heter A3953SB PWM motor driver. Kretsen är utrustad med strömbegränsning och bromsfunktion. Motormatningsspänningen tas direkt från strömkälla istället för genom en spänningsregulator för att kunna ge maximal effekt och för att undvika onödig strömförbrukning.

6.1.3 VAL AV KOMMUNIKATION

För att kunna kommunicera med externa enheter som telefoner och datorer används Bluetooth för att skapa en trådlös kommunikation. Till prototypen valdes en färdig modul (se Figur 6-2) som heter Ezurio BISM2 Bluetooth™ Version 2.0 Serial Module. Enheten omvandlar Bluetooth kommunikation till seriell kommunikation och kommunicerar med 3,3 volts spänning. För att inte Bluetoothenheten ska skadas sänks



Figur 6-2. Bluetooth modul för att skapa en trådlös kommunikation.

därför utsignalen från microcontrollern med hjälp av en spänningsdelare.

6.1.4 STRÖMKÄLLA

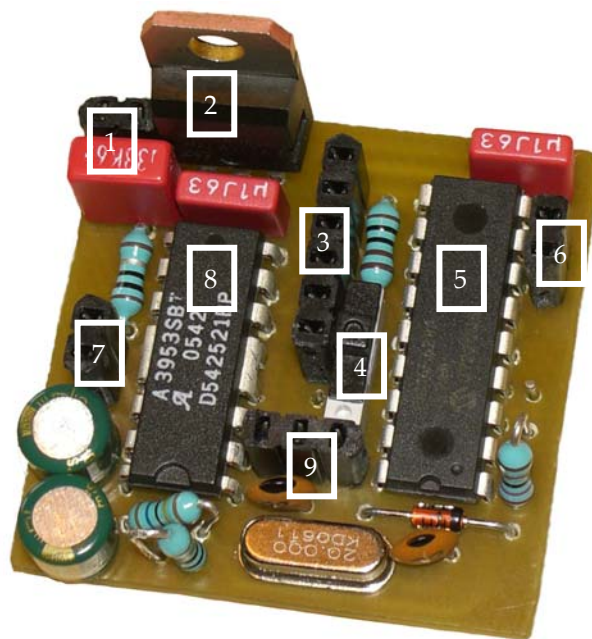
Enheten är dimensionerad för att drivas med ett GP30R7H vilket är ett laddningsbart 7,2 volt nickel-metalhydrid av typen PP3 från GP Batteries. Batteriet klarar strömmar upp till 900 mA och har en kapacitet på 300 mAh. Enhetens maximala strömförbrukning vid kontinuerligdrift är 700 mA vilket ger en drifttid enligt formel [6:1].

$$\frac{300}{700} * 60 = 25,7 \text{ min} \quad [6:1]$$

Enheten är även avsedd att drivas med 9 volt eller 12 volt. Vid drift med 12 volt är tanken att använda 12 volts uttaget i bilen.

6.1.5 KOMPONENTLAYOUT

Huvudkortet (se Figur 6-3) kan ta in en spänning mellan 5 och 12 volt till strömporten (1).



Spänningsregulatorn (2) sänker spänningen till 5 volt. Programmeringsporten (3) låter användaren ändra enhetens beteende utan att behöva ta ut kretskortet. För att inte övrig elektronik ska sänka strömmen från programmeraren behöver man ställa om skjutströmställaren (4) till programmeringsläget. Då kopplas microcontrollern bort från övrig elektronik och får endast ström från programmeraren.

Figur 6-3. Kretskortet

Microcontrollern (5) är direkt kopplad till serieporten (6) för att kunna kommunicera med externa enheter. Motorn, som kopplas till motorporten (7), får ström från motordrivkretsen (8). Servot kopplas till servoporten (9)

6.2 MEKANIK

6.2.1 VAL OCH BESKRIVNING AV MOTOR

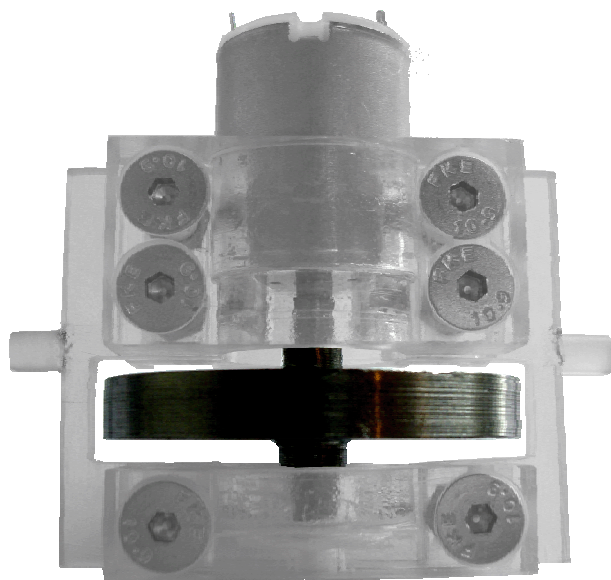
Likströmsmotorn är gjord av Sun Motors (se Figur 6-4) och har ett nominellt varvtal på 11900 varv/minut vid 6 Volt. Anledningen till att en vanlig likströmsmotor valdes är att de inte kräver några avancerade styrkretsar till skillnad från borstlösa motorer. Andra fördelar är att vanliga likströmsmotorer är billigare och mer lättillgängliga. Nackdelarna är att motorn slits snabbare och har lägre verkningsgrad än vad man kan uppnå med borstlösa motorer.



Figur 6-4. Sun Motor

6.2.2 SVÄNGHJULET

Svänghjulet är tillverkat på verkstaden hos institutionen för industriell produktion på KTH. Det har en diameter på 49 mm och väger 112 g (se Figur 6-5). Vid samma tillfälle tillverkades även ett svänghjul med diametern 40 mm som väger runt 150 g. Båda svänghjulen är beräknade för att kunna ge ett maximalt vridmoment på 0,2 Nm när det roteras med 10 000 varv/minut och vrids av servot med 20 varv/minut. Det lättare svänghjulet valdes för att spara vikt och undvika skador på



Figur 6-5. Svänghjulet och den inre ramen

grund av vibrationer och stötar som konstruktionen kan utsättas för. Svänghjulen egentillverkades för att de skulle få rätt eftersom det är svårt att hitta färdiga balanserade svänghjul i rätt storlek. Stål valdes som material eftersom det är lättillgängligt och kan svarvas. Anledningen till att inte ett tyngre material valdes är att de flesta tyngre material är många gånger dyrare och ofta sällsynta eller giftiga.

6.2.3 VAL AV SERVO

Till prototypen används ett digitalt servo (se Figur 6-6) av modellen Blue Bird BMS-761DD. Det valdes eftersom det har en låg profil jämfört med andra servon som har liknande egenskaper. Servot har en nominell hastighet på 0,13 sekunder/60 grader eller 77 varv per minut och ett nominellt vridmoment på 4,4 Kgcm vilket motsvarar 0,43 Nm.



Figur 6-6. Servo Blue Bird BMS-761DD

6.2.4 INRE OCH YTTRE RAM

Inre och yttre ramen tillverkades av akrylplast av samma typ som plexiglas. Det är en någorlunda hård termoplast som har god hållfasthet och går att bearbeta. Båda ramarna tillverkades i verkstaden på Interactive Institute för hand.

6.2.4.1 INRE RAMEN

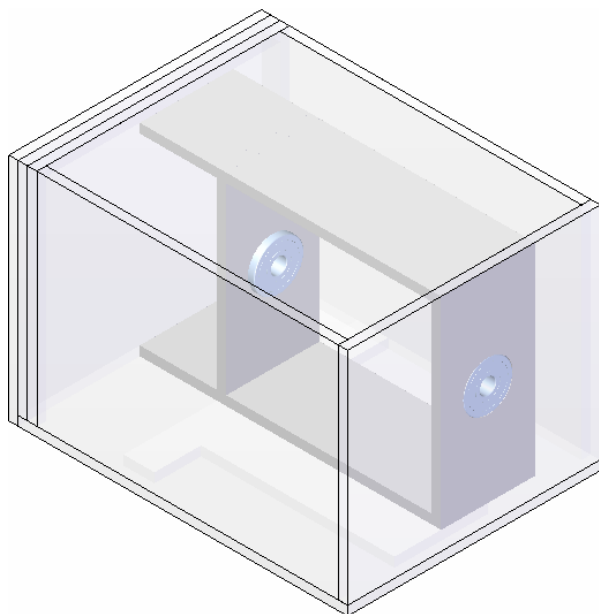
Inre ramen (se Figur 6-7) tillverkades av 5 mm och 12 mm tjocka skivor som sammanfogades med 6 skruvar. Motorn sitter i ett borrarat hål och svänghjulet sitter fast på motoraxeln med hjälp av lim. Det finns möjlighet att sätta kullager på svänghjulets axel. Två cylindrar är fastlimmade på kanterna för att bilda en axel.



Figur 6-7. Inre ram inklusive motor och svänghjul

6.2.4.2 YTTRE RAMEN

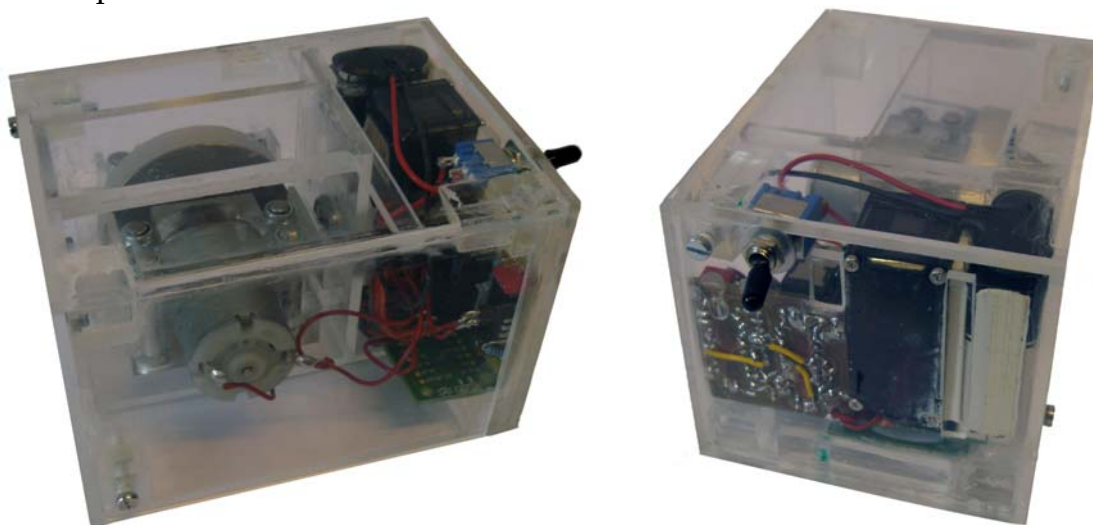
Yttre ramen (se Figur 6-8) är gjord av 3 mm tjocka skivor som är sammanfogade med lim. Den är uppbyggd i tre olika delar: Själva ramdelen som håller fast inre ramen, en bottendel där övriga komponenter som kretskort, servo och strömförsörjning placeras och en överdel som fungerar som ett lock. Inre ramen hålls fast i två kullager som sitter fast i den yttre ramen i en grepppassning och med hjälp av lim. Ramens delar är fästa med varandra med lim. I bottendelens och överdelens hörn finns fyrkantiga klossar för att öka limningens yta och därigenom öka hållfastheten. Vid hopmonteringen av de tre delarna sitter ramen fast mellan underdelen och överdelen som är sammansatta med hjälp av skruvar.



Figur 6-8. Yttre ram

6.2.4.3 SAMMANSATT KONSTRUKTION

Nedan finns två bilder (se Figur 6-9) på den sammansatta konstruktionen av den haptiska kuben.



Figur 6-9. Sammansatt konstruktion av den haptiska kuben

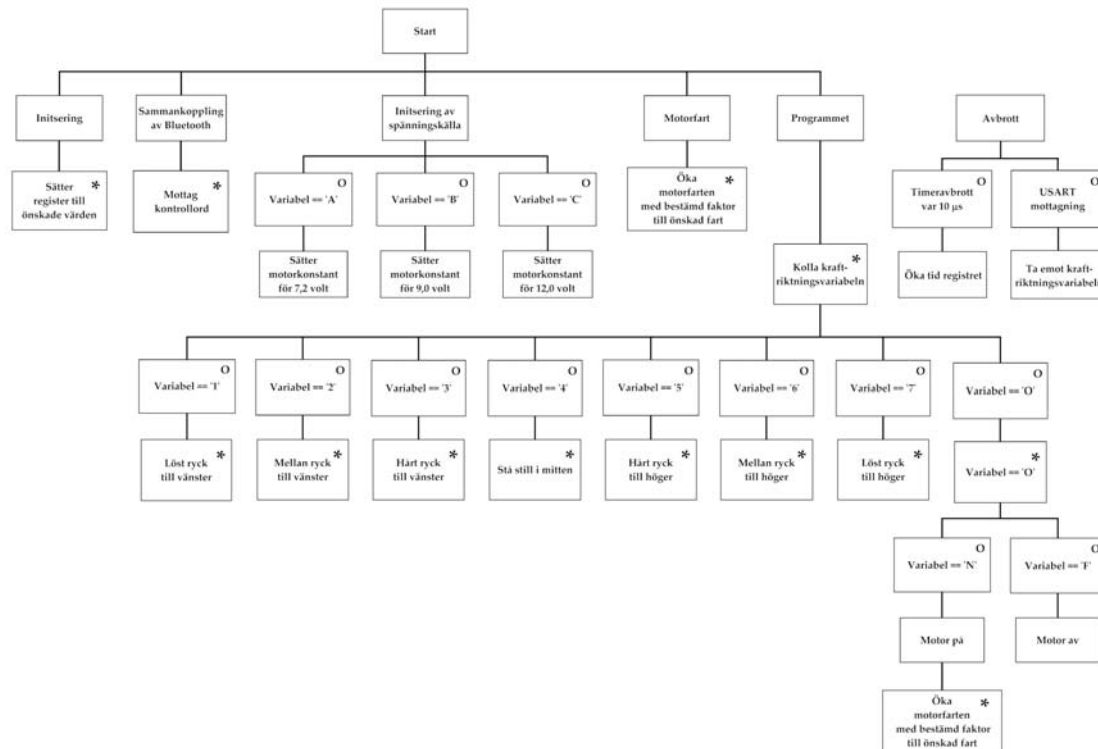
6.3 LOGIK

För att kunna utföra sin huvuduppgift krävs att microcontrollern innehåller ett program som tar emot digitala signaler från en extern enhet och sedan styr servot och motorstyrkretsen så att användaren upplever en kraftåterkoppling. För att lösa det med PIC16F628A gjordes ett program anpassat till processorn som utnyttjade de perifera enheterna för seriekommunikation och PWM som finns inbyggda för att utnyttja så mycket som möjligt av kapaciteten. Eftersom

processorn inte klarar av så avancerad matematik förberäknades de flesta värdena som behövdes för att programmet skulle gå snabbt.

6.3.1 STRUKTURDIAGRAM

Ett strukturdiagram (se Figur 6-10) enligt Jackson Structured Programming, JSP, åskådliggör strukturen över systemet data som programmet hanterar.



Figur 6-10. Jackson Structured Programming, JSP, ett strukturdiagram över systemstrukturen.

6.3.2 PULSE WIDTH MODULATION, PWM

PWM betyder pulsbreddsmodulering och är en vanlig metod för att bland annat reglera spänningen vid likströmstillämpningar. Genom att skicka ut spänningen i pulser i ett bestämt intervall och variera vidden på pulserna kan man kontrollera medelspänningen. Om frekvensen är hög nog kommer komponenter som är strömtröga, som i det här fallet en motor, att jämna ut spänningen så att effekten vore densamma som om man skulle ha en analog utsignal. I enheten är frekvensen 19,6 kHz vilket ibland kan resultera i ett hörbart pipande från motorn. För att beräkna vad man får för spänning till motorn kan man använda formeln [6:2].

$$V_{Medel} = V_{in} * \frac{T_1}{T_1 + T_0} \quad [6:2]$$

Där V_{Medel} är utspänningen, T_1 är pulstiden och T_1+T_0 är periodtiden. PWM kan även användas för att kommunicera med enheter.

6.3.3 SERVOSTYRNINGEN

För att styra de flesta servon används en typ av PWM. Skillnaden mot när man använder PWM till spänningsreglering är att perioderna är mycket längre och istället för att medelspänningen är pulslängden utsignal. Kommunikationen går till så att man skickar en puls med 5 volt, i vårt fall mellan 0,6 och 1,6 ms, därefter skickas 0 volt i en period som kan vara från 9,9 ms och uppåt. Längden på pulsen kommer att bestämma vilket läge servot kommer att köra mot. 1,1 ms kommer alltså att ställa servot i mittläget medan 1,6 ms får servot att göra maximalt utslag motsols och så vidare. 0 voltsperioden påverkar inte vilken riktning som servot strävar efter, men genom att ändra den kan man ändra hastigheten på servot om man har tillräcklig upplösning på styrningen. Servot i sig ska ha en väldigt hög upplösning, men utsignalen har en upplösning som är begränsad till 10 μ s vilket gör att man har 100 steg som man kan använda. Vid en mätning visade det sig att vinkeln mellan servots maxlägen är 150° vilket innebär att servot kan kontrolleras med 1,5° upplösning.

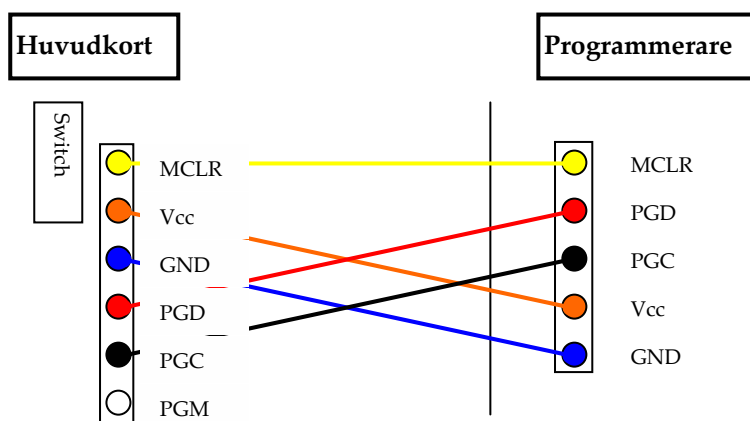
6.3.4 SERIEKOMMUNIKATIONEN

Microcontrollern kommunicerar med UART, Universal Asynchronous Receive Transmit vilket är ett protokoll för seriekommunikation som det finns inbyggt stöd för i PIC 16F628A. Seriekommunikation fungerar genom att man skickar en byte i taget på en ledning med en startbit i början och en stoppbit i slutet. Att seriekommunikationen är asynkron betyder att ingen klockpuls styr vid mottagningen. Microcontrollern är konfigurerad för att kommunicera med hastigheten 9600 Baud. Det betyder att man kan skicka 9600 bitar per sekund, men eftersom man måste skicka en startbit och en stoppbit gör det att det tar ungefär 1,1 ms att skicka eller ta emot ett 8-bitars tecken (en byte). Enheten tar bara emot en byte i taget vilket antingen används som kontrollord, inställningsparameter eller som körvärde beroende på vilket skede i programmet kommandot skickas i (se kap 6.3.1 Strukturdiagram). Enheten skickar för närvarande inte tillbaka någonting, men möjligheten finns att tillgå om man skulle installera någon slags givare i enheten.

6.3.5 PROGRAMMERINGEN

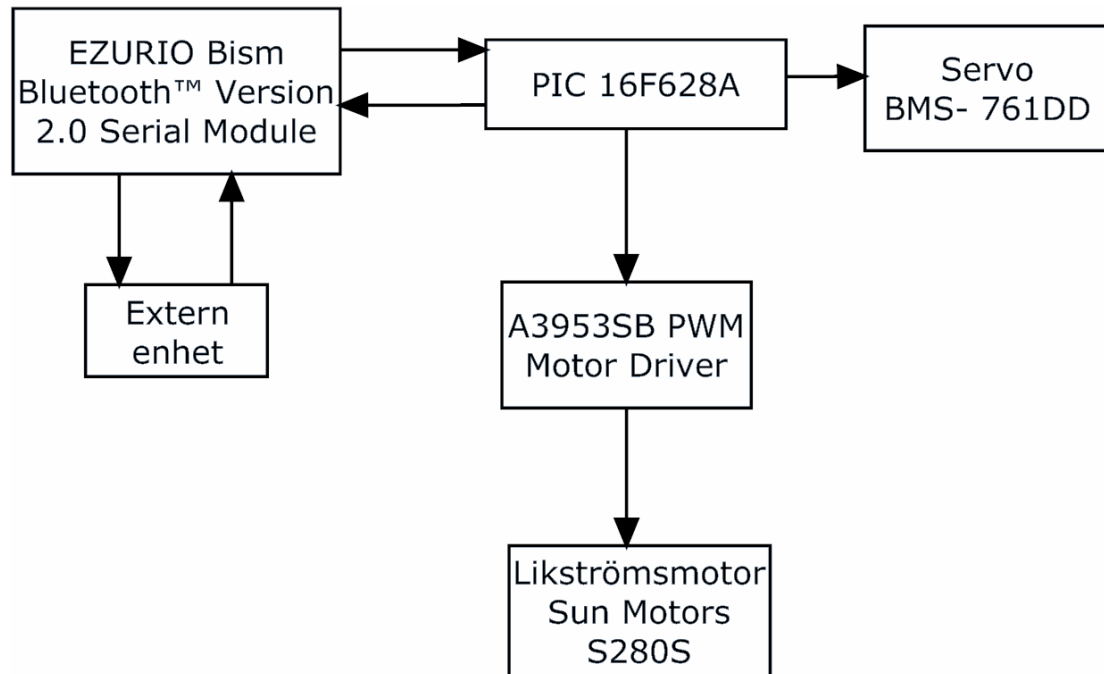
Programmet till microcontrollern är skrivet i C och kompilerat med CC5X från B Knudsen Data. Enheten programmerades "in circuit" med hjälp av en programmerare som heter Kit-182A ICSP Flash USB PIC Programmer. Programmeraren valdes eftersom den kan användas genom USB-porten på datorn, medan andra programmerare ofta kräver en serieport eller en parallellport som ibland inte finns på bärbara datorer. ICSP står för In Circuit Serial Programming och innebär att man programmerar microcontrollern medan den sitter i kretsen. Det gör att man kan löda fast microcontrollern och

programmera den efteråt så länge man har tillgång till de ben som krävs genom en programmeringsport. Programmeringsporten på huvudkretskortet består av en hylslist med 6 ingångar. För att koppla ihop programmeraren och kortet gjordes en sladd. Som synes på bilden (se Figur 6-11) har programmeringsporten en ingång mer än vad programmeraren använder. Det är för att kunna använda en TLVP (Trivial Low Voltage PIC) parallellportsprogrammerare vilket var den enklare variant av programmerare som användes i början av projektet.

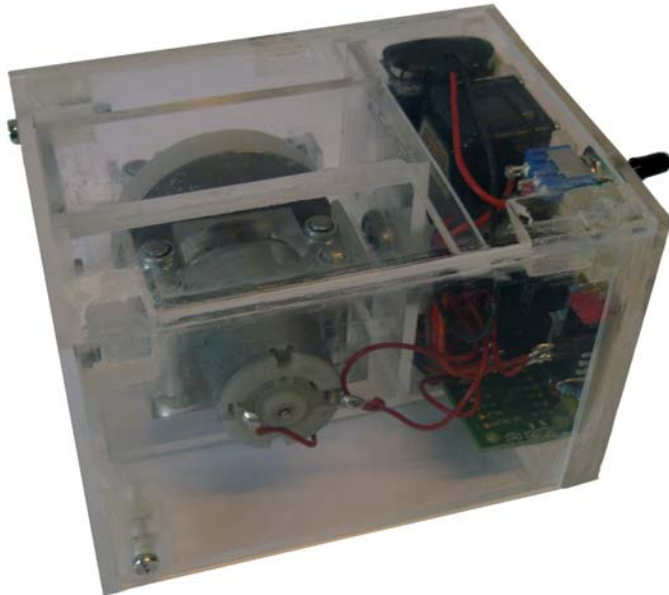


6.3.6 SIGNALSCHEMA

Signalschemat (se Figur 6-12) visar hur de olika blocken i enheten påverkar varandra via de signaler som genereras vid användning.



7 UTVÄRDERING AV PROTOTYPEN



7.1 *UTVÄRDERING OCH SLUTRESULTAT*

7.1.1 **SLUTRESULTAT**

Den slutgiltiga prototypen har yttermåttarna 110x80x75 mm och väger 510 g utan batteri. Svänghjulets motor körs med 5 volts spänning och roterar svänghjulet 11200 varv / minut.

Hela enheten drar runt 5 w vid användning. I enheten finns det plats för ett 9v batteri men det går även att använda andra strömkällor. Mjukvaran stöder tre olika spänningar (7,2 volt, 9 volt och 12 volt).

7.1.2 **UTVÄRDERING MOT MÅLFORMULERINGEN**

- **Enhetsen skall vara handhållen**
Prototypen kan med lätthet hållas i handen.
- **Enhetsen skall kunna överföra en kännbarkraft**
Kraften är klart kännbar
- **Kraften skall gå att variera i olika styrkor, Riktningen på kraften skall gå att variera**
Kraften går i nuvarande program att variera i tre olika styrkor åt vardera håll
- **Enhetsen skall kunna kommunicera med extern enhet**
Prototypen kommunicerar trådlöst med extern enhet

- **Enheten skall ha låg strömförbrukning**

Strömförbrukningen är ganska hög för en handhållen enhet. Vissa delar kan göras effektivare men batteritiden kommer fortfarande att vara begränsande vid mobil användning. Det krävs dock alltid mycket energi för att skapa kraftåterkoppling jämfört med andra sätt att skapa återkoppling såsom ljud och bild.

- **Enheten skall vara så liten som möjligt**

Om man jämför med de andra lösningsförslagen är prototypen rätt stor, men storleken rättfärdigas av känslan som den förmedlar. Prototypen är inte optimerad i storlek, se rekommendationer (kap. 8) för förslag till förbättringar.

7.1.3 UTVÄRDERING AV DEMONSTRATIONER

Den slutgiltiga prototypen har demonstrerats två gånger. Första gången visades den för en grupp anställda på Mobilitystudion och andra gången visades den under pressens förhandstitt på Mobilitys invigning 30/8 2007.

Under båda demonstrationerna demonstrerades enheten tillsammans med en produkt från ett annat examensarbete utfört på mobility, en mobilapplikation som räknade ut riktningen mot en grafisk "tag" genom att filma den med mobilens inbyggda kamera.

Första gången visades den för en grupp anställda på Mobilitystudion. Då var reaktionerna positiva. Känslan beskrevs som något unikt, men intrycket stördes en del på grund av vibrationer i enheten.

Andra gången visades den under pressens förhandstitt på Mobilitys invigning 30/8 2007. Den gången visades alla studios projekt upp samtidigt så det var svårare att dra slutsatser från åskådarna.



Figur 7-1. Demonstrationsbild av Haptic Cube

8 REKOMMENDATIONER

Prototypen ska inte ses som en slutgiltig produkt utan är endast gjord för att testa principen. Nedan följer rekommendationer för utveckling av prototypen till en slutgiltig produkt.

8.1 MOTOR

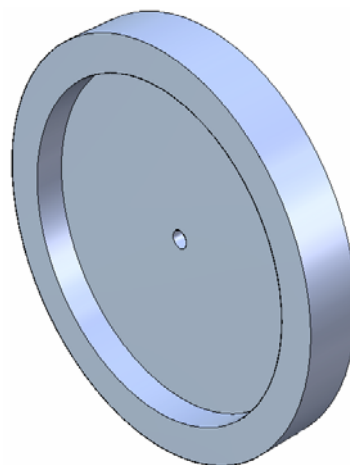
Prototypen använder sig av en vanlig borstförsedd likströmsmotor (PMDC). För att få bättre verkningsgrad och bättre hållbarhet bör en borstlös motor användas (BLDC).

En BLDC-motor skiljer sig mot en vanlig likströmsmotor genom att lindningarna sitter fast och permanentmagneten roterar. Detta är möjligt genom att man växlar strömmen genom spolarna för att skapa något som liknar växelspänning. För att växlingarna ska ske vid rätt tillfällen har motorn Hall-givare inbyggda som känner av vinkeln på motoraxeln och kräver en kontrollkrets.

Motorn bör också vara mindre utstickande än den som används i prototypen. Helst skall den inte vara längre än radien på svänghjulet för att inte ta upp onödig plats och för att undvika att förskjuta tyngdpunkten på den inre ramen.

8.2 SVÄNGHJUL

Svänghjulet bör vara ordentligt balanserat för att undvika att skapa vibrationer i enheten. Dimensioneringen och utformning av svänghjulet är en kompromiss mellan radie och vikt. En större radie är oftast att föredra då tröghetsmomentet är mer beroende av radie än vikt. I prototypen användes ett cylindriskt svänghjul men om man vill viktoptimera enheten kan man använda ett svänghjul där massan är koncentrerad i ytterradien (se Figur 8-1). Svänghjulet bör sitta mellan två lager för att hålla axeln rak. Detta kunde inte göras i prototypen på grund av noggrannhetsproblem vid tillverkningen



Figur 8-1. En mer viktoptimerad version av svänghjulet

8.3 SERVO

Servot som används i prototypen är tillräckligt starkt och snabbt för att driva enheten men det har visat sig vara känsligt för vibrationer och därför bör man använda ett servo av högre kvalitet.

Vid val av servo bör följande beaktas. Hastigheten på servot är direkt proportionerlig mot det maximala vridmoment som enheten kan skapa och bör därför vara prioriterad. Servots vridmoment skall vara tillräckligt för att hindra att svänghjulet rör sig på grund av att användaren vrider enheten.

8.4 RAMARNA OCH SKALET

Innerramen bör vara så lätt som möjligt för att spara servots kraft.

Enheten bör ha en greppyta eller handtag så att det blir tydligt hur den ska hållas.

Ramarna behöver inte vara utformade på så sätt att de tillåter svänghjulet att vrida sig ett helt varv runt servoaxeln då det inte är användbart för enhetens nuvarande funktion. Prototypen tillåter svänghjulet att rotera 36 ° åt båda håll från ursprungsläget och det har visat sig vara tillräckligt.

8.5 ÅTERKOPPLING

Det finns möjligheter att skicka data från enheten om bl.a. svänghjulets och servots rotationshastigheter för att mer exakt reglera kraften från enheten.

För att känna av hastigheten på svänghjulet använder man lämpligast en varvräknare. Den kan åstadkommas genom flera olika metoder som t.ex. optisk avläsning eller magnetfältsavkänning med hjälp av Hallgivare. Om man använder en BLDC-motor har denna redan Hallgivare inbyggda.

8.6 BETEENDE

Fler varianter på beteenden på enheten kan användas för att utöka användningsområdet. Enheten skulle t.ex. kunna göra enskilda kraftiga ryck. Enhetens beteende skulle också kunna kontrolleras helt från den applikation som använder enheten.

8.7 STRÖMFÖRSÖRJNING

I prototypen går en del energi till spillo eftersom strömkällan är på en högre spänning (7,2 – 12 volt) än vad de enskilda delarna använder (5 volt). Genom att använda en mer anpassad strömkälla som ett 6 volts batteri kan man minimera strömförbrukningen.

Ett annan svaghet hos prototypen är att motorn i den inre ramen strömförsörjs genom sladdar. När den inre ramen rör sig finns alltid en risk att sladdarna lossnar, dessutom begränsar sladdarna rotationen hos det inre servot. Det får man ta hänsyn till genom att välja sladdar som är smidiga och placera dem så att de rör sig så kort sträcka som möjligt. Ett alternativ vore att använda en släpringskontakt men det är inte nödvändigt eftersom den inre ramen aldrig behöver snurra ett helt varv.

9 SLUTSATS

Uppgiften har varit intressant eftersom det inte finns någon liknande produkt på marknaden idag. Trots att det från början fanns en idé för att lösa uppgiften har det varit givande att gå igenom de grundläggande faserna av produktutveckling med funktionsanalys och konceptgenerering eftersom man på det sättet får ett bredare perspektiv och en större förståelse för uppgiften. Det har fungerat bra att genomföra projektet i en tvåmannagrupp då man har kunnat bolla idéer mellan varandra och på så vis kunnat komma fram snabbare. Tidsplaneringen för projektet höll inte, mycket på grund av att byggandet av den slutgiltiga prototypen tog längre tid än väntat, men projektet har aldrig lidit av tidspress.

Projektet har uppnått sitt mål, att ta fram en prototyp till en handhållen enhet för kraftåterkoppling. Den valda lösningsmetodens, den gyroskopiska lösningens, största styrka är att den kan förmedla ett vridmoment till användaren som är tydligare och jämnare än de krafter som de andra lösningsmetoder förmedlar. Eftersom den inte bygger på stötar eller vibrationer minskar risken att användaren upplever effekterna som obehagliga. Metodens största svaghet är att enheten blir rätt stor. Det är osannolikt att anta att man i framtiden kan bygga in funktionen i till exempel en mobiltelefon, som det är önskvärt att kunna ha i en ficka. I sådana fall skulle ett av de andra lösningsförslagen kunna användas. Enheten skulle snarare passa som ett fristående tillbehör som kan tas med när man behöver den.

Haptisk återkoppling, att maskinen kommunicerar med människan genom känseln, har hittills utnyttjats i mobila enheter såsom mobiltelefoner och handkontroller genom att skapa vibrationer. Det är ett enkelt sätt som duger för enkla signaler eller för att förstärka återkoppling med ljud och bild men det är begränsat eftersom man endast känner om det vibrerar eller inte. Om man tillför möjligheten att kunna förmedla en riktning, även fast det bara är så enkelt som höger eller vänster, så öppnas helt nya användningsområden. Man skulle till exempel kunna göra en apparat som guidar dig genom GPS eller hjälper synskadade ute på gatorna.

10 REFERENSER

Ta upp Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design

Vetenskapliga artikeln om gyro

Gyroteknik av Sten Weidling

Praktisk elkunskap – Anders Gustavsson finns på kth biblioteket om induktiv

Dynamikboken,

Info om Interactive Institute

<http://www.nita.uu.se/publikationer/inventering.html>

Sun Motor International Inc., S280/S280S, Augusti 2007

http://www.sunmotor.com.hk/show_product.asp?ProdCat=DC%2BMOTOR&page=1&product=14

Blue Bird Technology, BMS-761DD

<http://www.blue-bird-model.com/USA/product/BMS-761DD.htm>

BISM2 Bluetooth™ Version 2.0 Serial Module

<http://www.elfa.se/elfa-bin/dyndok.pl?dok=10420.htm>

A3953SB PWM motor driver

<http://www.elfa.se/elfa-bin/dyndok.pl?dok=2021725.htm>

Kit-182A ICSP Flash USB PIC Programmer

Backseat Playground,

<http://www.tii.se/mobility/BSP/>

11 BILAGA 1 – UTVÄRDERINGSTESTET

Utvärderingstest

Låda 1

Gummiband

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Magnet

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Vibrator

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Lätt att uppfatta åt vilket håll enheten vill

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Låda 2

Gummiband

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Magnet

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Vibrator

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Lätt att uppfatta åt vilket håll enheten vill

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Låda 3

Gummiband

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Magnet

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Vibrator

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

Lätt att uppfatta åt vilket håll enheten vill

Instämmer inte Instämmer helt

1 2 3 4 5 6 7

12 BILAGA 2 – STRUKTURDIAGRAM JACKSON STRUCTURED PROGRAMMING, JSP



Figur 12-1. Strukturdiagram över systemstrukturen av typen JSP

14 BILAGA 4 – PROGRAMKOD

```
/* Bachelor thesis at the Department of Applied IT, KTH */
/* Force Feedback for mobile devices for Backseat Playground */
/* Mobility studio at Interactive Institute */
/* by Fredrik Kronqvist and Peter Karlsson */

/* haptic_cube.c 2007-09-18 */

#include "16F628A.h"
#include "int16Cxx.h"
#pragma config |= 0x3F82

#pragma bit servo_on @ PORTA.1
#pragma bit phase @ PORTA.3
#pragma bit brake_release @ PORTA.2
#pragma char PWM_speed @ CCP1L
#pragma bit disable @ PORTB.3
unsigned long t;
char angle;
char speed;
char getchar( void );

#pragma origin 4
interrupt int_server( void )
{
    int_save_registers

    if(INTCON.2 == 1) // T0IF --> Interrupt every 10 us
    {
        t++;
        TMR0 = 231; // Prescale 1:2 TMR0 = (256-25)
        INTCON.2 = 0;
    }

    if(PIR1.5 == 1) // RCIF --> USART Receive Interrupt
    {
        angle = getchar();
    }

    int_restore_registers
}

bit putlong( char, bit );
void servo( char );
void initserial( void );
void OverrunRecover( void );
void initPWM( void );

void main( void )
{
    servo_on = 0;
    angle = '4';
    char i = 121;
    char j;
    t = 0;
    speed = 255;

    CMCON = 0x07;
    // No comparators on PORTA
    OPTION = 0xC0;
    // /RBPU.INTEDG.T0CS.T0SE.PSA.PS.PS.PS //Prescale 1:2
    INTCON = 0xE0;
    // GIE.PEIE.T0IE.INTE.RBIE.T0IF.INTF.RBIF
    PIE1 = 0x20;
    // EEIE.CMIE.RCIE.TXIE.0.CCP1IE.TMR2IE.TMR1IE
    PIR1 = 0x00;
    // EEIF.CMIF.RCIF.TXIF.0.CCP1IF.TMR2IF.TMR1IF
    TRISA = 0b1.0.1.0.0.0.0.0;
    // RA7(OSC_IN).RA6(OSC_OUT).RA5.RA4.RA3.RA2.RA1.RA0
```

```
TRISB = 0b0.0.0.0.0.0.1.0;
      // RB7.RB6.RB5.RB4.RB3.RB2 (TX_OUT).RB1 (RX_IN).RB0

initserial();           // Initialise serialcom port
OverrunRecover();      // Unlock the reciever
initPWM();             // Initialise PWM

      //Start the device
while(angle != '3') ;   //Control word 1
while(angle != 'L') ;  //Control word 2

      // Waiting for supply mode
while((angle != 'A') && (angle != 'B') && (angle != 'C')) ;

if(angle == 'A') // 7,2 V
{
    speed = 8; // ~5V : 11200 rpm
}
else if(angle == 'B') // 9,0 V
{
    speed = 32; // ~5V : 11200 rpm
}
else if(angle == 'C') // 12,0 V
{
    speed = 55; // ~5V : 11200 rpm
}

while(PWM_speed != speed) // ~5V : 11200 rpm
{
    t= 0;
    while(t<1700) ;
    PWM_speed--;
    servo(121);
}

angle      = '4';

while(1)
{
    while(angle == '1') // Left tug loose
    {
        i = 121;
        while(i < 130)
        {
            servo(i);
            t = 0;
            while(t < 2500) ;
            i= i + 3;
        }
        while(i > 121)
        {
            servo(i);
            t = 0;
            while(t < 2925) ;
            i = i - 9;
        }
    }

    while(angle == '2') // Left tug medium
    {
        i = 121;
        while(i < 127)
        {
            servo(i);
            t = 0;
            while(t < 2500) ;
            i= i + 2;
        }
        while(i > 121)
        {
            servo(i);
            t = 0;
            while(t < 1950) ;
            i = i - 6;
        }
    }
}
```



```
}

while(angle == '3')    // Left tug hard
{
    i = 121;
    while(i < 124)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 2500) ;
        i= i + 1;
    }
    while(i > 121)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 975) ;
        i = i - 3;
    }
}

while((angle == '4') || ((angle > '7') && (angle != '0')) || ((angle <
'1') && (angle != '0')))
{
    // stand still in centre
    servo(121);
    t = 0;
    while(t < 2000) ;
}

while(angle == '5')    // Right tug hard
{
    i = 121;
    while(i > 118)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 2500) ;
        i = i - 1;
    }
    while (i < 121)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 975) ;
        i = i + 3;
    }
}

while(angle == '6')    // Right tug medium
{
    i = 121;
    while(i > 115)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 2500) ;
        i = i - 2;
    }
    while (i < 121)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 1950) ;
        i = i + 6;
    }
}

while(angle == '7')    // Right tug loose
{
    i = 121;
    while(i > 112)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 2500) ;
    }
}
```

```
        i = i - 3;
    }
    while (i < 121)
    {
        servo(i);
        t = 0;
        while(t < 2925) ;
        i = i + 9;
    }
}

while(angle == 'O')          // (letter O) Stop/Start motor
{
    while((angle != 'F') && (angle != 'N')) ;
    if(angle == 'F')        // Stop motor
    {
        PWM_speed = 255;
    }
    else if(angle == 'N')   // Start motor
    {
        while((PWM_speed != speed) && (PWM_speed > speed))
            // ~5V : 11200 rpm
        {
            t= 0;
            while(t<2000) ;
            PWM_speed--;
            servo(109);
        }
    }
}
}

void servo(char tid)
{
    TMR0 = 231;
    t = 0;
    while(t < tid)
    {
        servo_on = 1;          // Servo on
    }
    servo_on = 0;             // Servo off
}

void OverrunRecover(void)    // Unlock the reciever
{
    char trash;
    trash = RCREG;           // two char's that locked the reciever
    trash = RCREG;           // are read and ignored
    CREN = 0;                // the unlock procedure
    CREN = 1;
}

void initserial( void )     // initialise serialcom port
{
    SPBRG = 129;             // 9600 Baud @ 20 MHz-clockfrequenc
    TXSTA = 0b0.0.1.0.0.1.1.0;
    // CSRC.TX9.TXEN.SYNC.0.BRGH.TRMT.TX9D
    RCSTA = 0b1.0.0.1.0.0.0.0;
    // SPEN.RX9.SREN.CREN.ADEN.FERR.OERR.RX9D
}

void initPWM( void )        // initialise PWM
{
    T2CON      = 0b0.0000.1.00;
    PR2        = 255;
    phase      = 1;
    brake_release = 1;
    PWM_speed = 255;
    CCP1CON    = 0b00.0.0.1111;
}
}
```

```
char getchar( void )          // recieve one char
{
    char d_in;
    while(RCIF == 0) ;
    d_in = RCREG;
    return d_in;
}

/*
      _____ \_____/ _____
    Brake <-<-|RA2   16F628A   RA1|>->- Servo
              |RA3           RA0|
              |RA4           RA7/OSC1|
(ICSP)MCLR ---|RA5/MCLR     RA6/OSC2|
    GND ---|Vss           Vdd|--- +5V
              |RB0/INT     RB7/PGD|<-<- PGD(ICSP)
    Rx ->-|RB1/Rx         RB6/PGC|<-<- PGC(ICSP)
    Tx <-<-|RB2/Tx         RB5|
    PWM <-<-|RB3/CCP      RB4/PGM|--- PGM(ICSP)
              |_____|
*/
```