

Tartu Ülikool
Looduse- ja tehnoloogiateaduskond

Raadio MIDI kontroller “MIKO”

Analüüs ja disain aines Reaalajasüsteemid

Henri Kuuste ja Taavi Ilves

2010, Tartu

Sisukord

Sissejuhatus	3
Ülevaade	3
Eesmärk	3
Skoop	3
Mõisted	3
Üldine kirjeldus	4
Funktsioonid	5
MIKO	5
MIKO MOTO	5
Kasutusjuhud	5
Kasutusjuhtum: Välisel MIDI kontrollril vajutatakse klaveriklahvile.	5
Kasutusjuhtum: Välise mooduli MIKO MOTO lisamine ilma kandesageduse tagasisideta.	5
Üldine arhitektuur	6
MIKO	6
Nõuded	6
Väliste liideste nõuded	6
Reaalajanõuded	7
Funktsionaalsed nõuded	7
Mittefunktsionaalsed nõuded	7
Disain	8
Ülevaade	8
Arhitektuur	8
Kasutajaliides	9
Suhtlusprotokollid	9
Veaolukorrad	11
MIKO MOTO	12
Nõuded	12
Väliste liideste nõuded	12
Reaalajanõuded	12
Funktsionaalsed nõuded	12
Mittefunktsionaalsed nõuded	13
Disain	13
Ülevaade	13
Arhitektuur	14
Kasutajaliides	15
Suhtlusprotokollid	15
Veaolukorrad	15
Testiplaan	16
Viited	17

Sissejuhatus

Ülevaade

Odavad vanad analoograadiod võtavad vastu raadiojaamu mitmes erinevas sagedusalas peale FMI – lühi-, kesk- ja pikalainealas amplituudmodulatsiooniga (AM). Nende raadiojaamade kvaliteet pole võrreldav küll FM-raadiote stereoheliga, kuid samas on need sedavõrd eksootilisemad, huvitavamad ning obskursemad (võtame näiteks kasvõi erinevad numbrijaamad (*number stations*)). Madalamatel sagedusalades on ka peale jaamade muid inimkõrvale huvitavaid nähtuseid, mis tulenevad erinevatest modulatsioonidest ja mürast. Kuna jaamad on tihti üksteisega ülimalt lähedikkude ja kattuvad, on ülitäpne sagedusvaliku nupu reguleerimine oluline, sest vähimgi kandesageduse muutus toob kaasa jaama vahetuse või paigast libisemise.

Kui raadio sagedusvalikut saab kontrollida ülitäpselt üle MIDI liidese, võimaldab see kasutada raadiot kui eksperimentaalset heliseadet, mis genereerib nii veidrat müra segatuna suvaliste raadiojaamadega. MIDI liides võimaldab salvestada kanaliripu liikumise, mis teeb võimalikuks jäädvustada teatud liikumismustrid ja neid taaskasutada. Samuti on selline heliseade vägagi omapärane kasutada mõnel *live*-esinemisel eriefektide loomiseks.

Tegemist on osalise dokumentatsiooniga, mida on kärbitud kursuse nõute täitmiseks. Projekt on reaalne ja valmib väljaspool kursuse raame.

Eesmärk

Lua muusikariist, mida raadio juhtimisega saaks kasutada muusika loomises müra ja helide generaatorina. Instrument on ülesehituselt modulaarne, mis võimaldab erinevate komponentide ehk moodulite kasutamist. Moodulitena on ette nähtud erinevad raadio juhtimissüsteemid või spetsiifiline iseloodud raadio.

Skoop

Antud dokumendis kirjeldatakse MIKOt ja selle alamkomponenti MIKO MOTOt, kui ühte võimaliku lisamoodulit. Teised võimalikud lisamoodulid antud dokumendi skoopt ei kuulu, kuid kirjeldatakse ära üldine protokoll, mida võimalikud lisamoodulid peavad implementeerima.

Projekt on unikaalne ning teostatakse ära kogu mahus projekti meeskonna poolt.

MIKO ega MIKO MOTO otseselt heli ei loo ning heli salvestamine ja -töötlus on jäetud kasutaja enda hooleks.

Mõisted

MIKO - Keskne kontroll, mille külge saab ühendada erinevaid mooduleid. MIKO nimi tuleneb lühendist **MIDI** kontroll. Miko on ka Jaapani nais-šamaan, kes võtab vastu sõnumeid jumalatelt ja vaimudelt.

MIKO MOTO - Üks võimalik lisamoodul MIKOle. MOTO on samm-mootor ja tema kontroll.

MIKO protokoll - Iseloodud suhtlusprotokoll, mis põhineb I2C protokollil.

AM - amplituudmoduleeritud raadio töörežiim

DAW - Digital Audio Workstation ehk kompleksne helitöötlustarkvara. Genereerib MIDI signaale.

MIDI - Musical Instrument Digital Interface. Elektrooniliste muusikariistade digitaalne liides, mis kirjeldab füüsilise ja loogilise protokoll.

daisy-chain - klassikaline MIDI seadmete ühendusviis, kus seadmed asuvad üksteise suhtes jadas.

USB - Universal Serial Bus, järjestikuprotokoll seadmete omavaheliseks suhtluseks.

USART - universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter; komponent, mis teostab info järjestik ja paralleelse kuju vahel tõlget sünkroonselt. MIDI protokoll nõue.
 I²C - Inter-Integrated Circuit, siin ja suhtlusprotokoll, millel baseerub MIKO protokoll.
 PWM - Pulse-width modulation - signaali moduleerimine digitaalse impulsi laiusega
 8-N-1 - 8 andmebiti, ilma paarsusbitita ja 1 stoppbitiga andmesõna formaat

Üldine kirjeldus

Alloleval joonisel on välja toodud MIKO, MIKO MOTO ja MIKOga suhtlevate väliste liideste üldine skeem. MIKO on keskne kontrollier, mis otseselt juhib MIKO MOTOt kasutades omaloodud MIKO protokoll. MIKO MOTO ülesandeks on samm-mootorit kasutades reguleerida olemasoleva raadio sagedusvaliku nuppu. Võimalusel saab MIKO MOTOga tagasisidena ühendada raadio kandesageduse täpsema kontrolli saavutamiseks. MIKOt saab juhtida kasutades välist MIDI kontrollerit või MIKO enda kasutajaliidest. Välisteks MIDI kontrolleriteks võib olla näiteks MIDI klaviatuur, sekventser, arvuti helikaart või eraldiseisev MIDI liides.

Joonisel on ka väljatoodud 12V toide, mis annab tööks vajaliku voolu nii MIKOle kui ka MIKO MOTOle, ning flash mälukaart, millel hoitakse kasutaja seadeid. MIKO arendamiseks kasutatakse arvutit, mis ühendatakse USB kaabliga MIKO külge.



Joonis 1: MIKO, MIKO MOTO ja välised osad

MIKO on mõeldud modulaarse süsteemi keskseks komponendiks, mis juhib erinevaid alamsüsteeme, milleks antud juhul on MIKO MOTO. Samamoodi on alamsüsteemina vaadeldav näiteks spetsiifiline raadio, mille kontrollimine käib üle MIKO protokoll.

Funktsioonid

MIKO

MIKO põhiliseks funktsiooniks on tõlgendada MIDI juhtsignaale raadio juhtimiseks mõeldud MIKO protokoll.

MIKO on mõeldud kasutamiseks välise MIDI kontrolleri poolt, mis annavad täieliku kontrolli seadme kasutamiseks muusika instrumendina. MIKO on olemas kolm MIDI sisend-väljundpesa: IN, OUT ja THRU. IN on sisendsignaale, OUT väljundsignaalide ja THRU sisendist saadud signaalide edastamiseks teistele seadetele klassikalise MIDI *daisy-chain* ühendamise jaoks.

MIKO võimaldab kontrollida teatud piirides väliseid mooduleid ka ilma välise MIDI kontrolleri. Iseseisvalt on võimalik MIKOt juhtida kasutajaliidesel erinevate keeratavate nuppude ja klahvistikuga. Need nupud genereerivad samuti MIDI signaale ja saadetakse MIDI OUT väljundisse.

MIKO on võimalus kasutajaseadeid salvestada flash-mälule, mille saab sisestada MIKO asuvasse mälukaardi pesasse. Kasutaja seadete hulka kuuluvad: MIDI signaalide kaardistus, MIKO kontrollnuppude automatsioon, MIKO klahvistikule salvestatud raadio kanalid ja tööseisundi automaatne salvestus.

Kasutaja saab infot MIKO töö kohta LCD ekraanilt. LCD ekraani ja klahvistikuga toimub MIKO seadistamine.

MIKO MOTO

MIKO MOTO funktsiooniks on tõlkida MIKO protokoll kaks samm-mootori juhtsignaalideks. MIKO MOTO mootori saab ühendada raadio sagedusvaliku nupu külge. MIKO MOTO saab ühendada moodulina MIKO külge.

Kasutusjuhud

Kasutusjuhtum: Välisel MIDI kontrolleri vajutatakse klaveriklahvile.

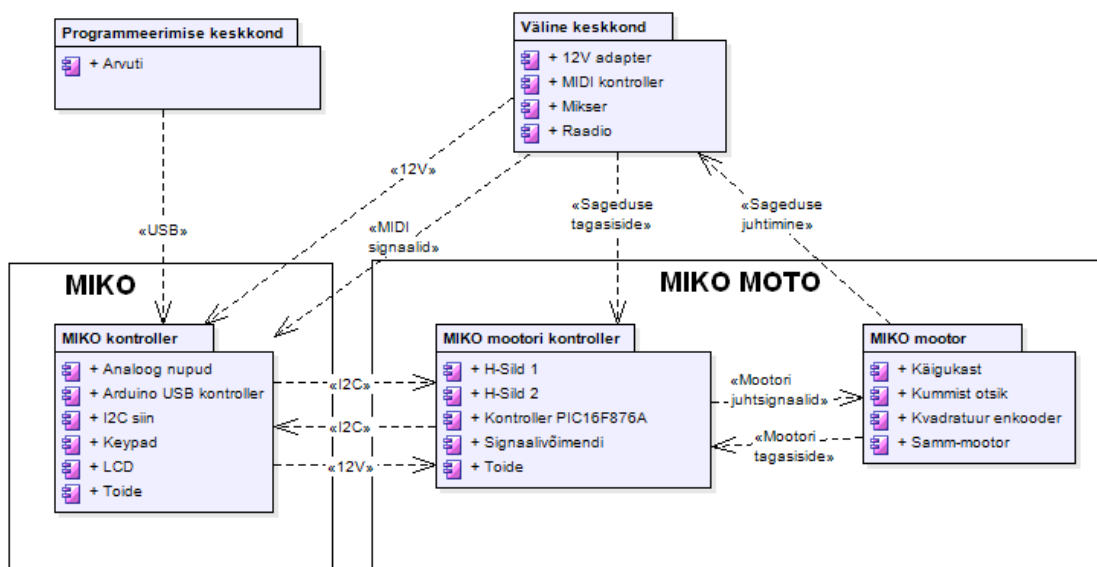
Kasutaja vajutab välisel MIDI klaviatuuril, mis on ühendatud MIKOga, nooti C4. MIKO paneelil olev led-tuli süttib, mis indikeerib, et signaal on vastu võetud. Samuti on indikaatoritest näha, et signaal liigub MIKO MOTO moodulisse ja sealt edasi mootorisse. Mootor kerib sagedusvahemiku nupu noodile C4 vastavale positsioonile ja jääb seisma.

Kasutusjuhtum: Välise mooduli MIKO MOTO lisamine ilma kandesageduse tagasisideta.

MIKO ja MIKO MOTO on välja lülitatud ja nad ühendatakse omavahel kasutades DIN5 kaablit. Kasutaja lülitab sisse MIKO ja seejärel MIKO MOTO. Kasutaja valib MIKO klahvistikul seadistamisrežiimi ja valib menüüst "Mooduli lisamine". Järgneb mooduli lisamise protsess, mis igas sammus on võimalik katkestada. MIKO küsib kasutajalt uue mooduli aadressi, mis on mooduli loomise ajal mooduli seadetes kirja pandud ja see on kirjutatud ka mooduli tagaküljele (aadress on I2C standardi järgi). Pärast aadressi sisestamist suhtleb MIKO uue mooduliga ja küsib sellelt versiooni, kui versioon pole vastuvõetav või vastust ei saada antakse kasutajale teada, et moodul pole töökorras ja küsitakse uuesti seadme aadressi. Kui versioon on korrektne, siis küsib MIKO moodulilt tema ID. Saadud ID ning versioon kuvatakse ekraanil.

MIKO saadab reset käsu ja jääb ootama mooduli initsialiseerimiseprotsessi lõpetamist. Initsialiseerimise käigus MIKO MOTO üritab leida raadio sagedusvahemiku, kuid kuna kandesageduse tagasiside pole ühendatud, siis tuleb sagedusvahemik sisestada manuaalselt. Kasutaja käest küsitakse sagedusvahemiku minimaalne ja maksimaalne sagedus (ühikuks kHz). Siis palutakse kasutajal manuaalselt keerata MIKO MOTO mootori küljes asuvast nupust sagedusala lõppu ja peale seda algusesse. Enkooder MIKO MOTO mootoris loeb tehtud sammud ja selliselt saadakse teada tööpiirkond. Peale tööpiirkonna teadasaamist saadab MIKO moodulile käsu kerida nupp sagedusvahemiku algusesse. Kontrollitakse kas moodul on sagedusvahemiku alguses ja kui ei ole siis teatatakse kasutajat, et moodul on sünkroonist väljas. Seepeale võib kasutaja uuesti mooduli lisamist proovida. Kui moodul on sagedusvahemiku alguses, on MIKO MOTO tööks valmis.

Üldine arhitektuur



Joonis 2: MIKO süsteemi riistvara üldine ülevaade.

Joonisel on välja toodud MIKO süsteemne riistvaraline ülevaade. Lisamooduliks on MIKO MOTO.

MIKO

Nõuded

Väliste liideste nõuded

- **Kasutajaliides:** MIKOt peab saama seadistada ja kasutada ka piiratud ulatuses ilma välise MIDI kontrolleri.
- **Riistvaraline liides:** DIN-5 ühendus mooduliga. DIN-5 ühendused MIDI in, out ja thru. USB liides arvutiga (arenduseks). MicroSD kaardilugeja.
- **Suhtlus:** MIDI protokoll 8-N-1 UART. MIKO protokoll üle I²C.

Reaalajanõuded

MIKO puhul on tegemist nõrga piirajaga reaalajasüsteemiga. Piiraja rikkumine tähendab seda, et muusikariista kasutaja juhtsignaalid hilistuvad ja kasutajal on pilli kasutamine ebamugav.

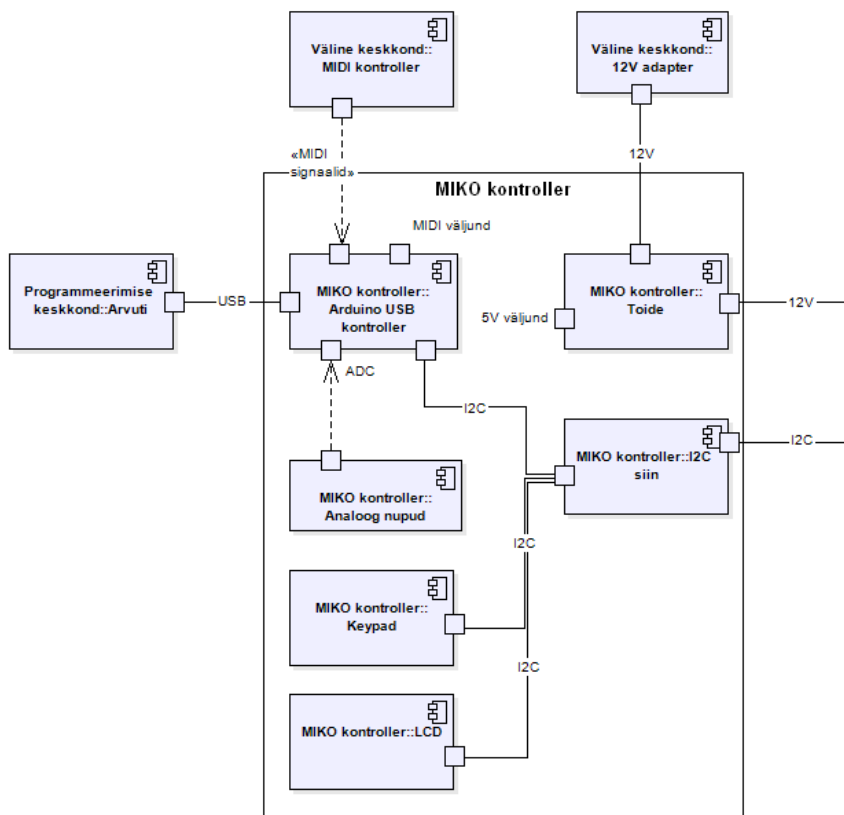
- Kasutaja poolt geneeritud kontrollsignaali tekitamisest kuni MIKO protokoll käsu väljasaatmiseni maksimaalselt 10ms. Nõue tuleneb reaalsetest katsetest. Tegime selgeks, et maksimaalne viivis klahvi vajutuse ja heli kuulmise vahel on 30ms. See tähendab, et instrument ei ole suurema viivise korral enam mängitav. Samuti arvame, et moodulile peaks jätma nõude täitmiseks rohkem aega. Seega otsustasime MIKO peakontrollerile anda 1/3 nõutud ajast. Katsed näitasid, et üldiselt hea oleks, kui kogu viivis oleks alla 15ms, sellisel juhul ei pane viivist üldse tähele, ning muusik ei pea sellega arvestama. Seega hea oleks kui MIKO suudaks oma töötuluse ära teha alla 5ms.
- Keypadi nupuvajutuse kestus minimaalselt 1ms. Kontrolleri poolne klahvide kontroll toimub sagedusega 1kHz.
- LCD uuendused minimaalselt sagedusega 12 Hz, hea oleks 60 Hz. Põhjenduseks inimsilma reageerimiskiirus - 12Hz juures näeme juba animatsiooni, 60Hz juures on animatsioon sujuv.
- MIDI signaalid liiguvad kiirusega kaablis 31.5 kbps. Nõue MIDI 1.0 standardist [2]
- I²C suhtluse kiirus 100 kHz. Nõue on esitatud põhiliselt LCD tõttu, mis ilmselt ei toeta kiiremat suhtlust.

Funktsionaalsed nõuded

- Peab saama salvestada ja lugeda klaviatuuri nootide ja kontrollnuppude kaardistusi eraldi.
- Peab saama taastada terve süsteemi algseaded ning eraldi ka nootide ja kontrollnuppude kaardistust.
- MIKO peab aru saama seadistamisel, et lisatud mooduli aadress on vale või moodul ei toeta MIKO protokoll.
- Ekraan, mis näitab infot ja mille abil toimuks seadistamine.
- Klahvistik, mille abil saab seadistada ja klahvistiku töörežiimi vahetamise nupp.
- Keeratavad nupud, mille abil saab MIKOt juhtida ilma välise kontrollerita.
- MIDI sisend/väljund.
- MIKO keeratavate nuppude ja klahvistiku kasutamisel peab vastav MIDI signaal minema MIDI OUT väljundisse.

Mittefunktsionaalsed nõuded

- On vaja teada, kas MIDI signaal jõudis kohale MIDI INi ja kas sellest saadi aru.
- On vaja teada, kas MIDI signaal saadeti MIDI OUTi.
- On vaja teada MIDI sisendi ja väljundi signaalide puhvrite täissaamist ning täissaamise korral tõsta veaolukord.
- MIKO peab suutma kontrollima seadete kaardilt lugemisel nende õigusust.
- Vastupidavus: MIKO on disainitud metallist välise kasti sisse, väljaulatuvateks osadeks on keeratavad nupud. Metallist kast kaitseb MIKOt väliste mehhaaniliste mõjutuste eest ning samas toimib ka elektromagnet lainete isolaatorina.
- Hooldus: Saab liidestada USB abil arvutiga - sealt saab teha tarkvara uuendusi ning samuti võib saada täpsemat infot vigade kohta.
- Kaasaskantavus: Suuruselt ja kaalult on MIKO üpriski kompaktne ning see võimaldab MIKOt kergesti transportida.
- Toite ülepinge kaitse.



Joonis 4: MIKO riistvara arhitektuur

Kasutajaliides

MIKO! asuvad 8 pööratavat nuppu, klahvistik ning LCD ekraan info kuvamiseks ja seadistamiseks. Pööratavad nuppude funktsioonid on kirjeldatud MIDI suhtlusprotokolli Control Change signaalides. Nuppudeks on potentsiomeetrid, millega muudatav pinget loeb mikrokontroller otse. Klahvistikuga saab seadistada MIKOt ning ka MIKOt kontrollida sarnaselt klaviatuuriga.

Suhtlusprotokollid

MIDI protokoll

MIDI protokoll näeb ette, et signaalid saadetakse üle UART liidese kiirusel 31500 bps 8-N-1 formaadis. [2] Tüüpiline MIDI signaal koosneb 3 baidist, kuid on ka 2 baidiseid signaale.

Implementeeritavad üldised MIDI signaalid:

Note On/Off

- Note On on signaal, mida genereerivad klaveri nupud neile peale vajutamisel.
- Note Off on signaal, mis antakse kui klaveri nupp lahti lastakse.
- MIDI klaviatuuril on 10 oktaavi ehk 128 nooti.
- Note On valib 128 erinevat positsiooni keritavas sagedusvahemikus, kus Note On 001 kerib kõige algusesse ja Note On 128 kõige lõppu.

- Kui kasutaja vajutab alla mitu erinevat nuppu, loetakse aktiivseks nupuks kõige viimasena alla vajutatud nupp, kui vajutatakse korraga mitu nuppu, siis keritakse kokkuleppeliselt kõige madalamale positsioonile.
- Note Off üksiknupu vajutuse korral midagi ei tee. Kui on alla vajutatud mitu nuppu, siis loetakse aktiivseks nupuks see, mille Note Off kõige viimasena antakse.
- Note On signaaliga antakse 3. andmebaidi sisuna Velocity, mis määrab ära kanalivahetuse kiiruse. Mida tugevamini nupp vajutatakse, seda kiiremini keritakse vastavale kanalile.
- MIDI signaal: 1000nnnn 0kkkkkkk 0vvvvvvv, kus nnnn on MIDI kanali number. kkkkkkk klahvi number, vvvvvvv on Velocity.

Pitch

- Pitch signaali genereerib suurem pööratav nupp klahvide kõrval.
- Pitchi nupu keeramisel ja hiljem lahtilaskmisel taastab Pitch oma esialgse asukoha.
- Pitchiga muudetakse sagedusvalikut aktiivse positsiooni läheduses.
- MIDI signaal: 1110nnnn 0llllll 0mmmmmmm, kus nnnn on MIDI kanali number. llllll on LSB ja mmmmmmm on MSB osa pitchi väärtusest.

Aftertouch

- Aftertouch signaal genereeritakse, kui juba alla vajutatud nupu pealevajutatavat survet muudetakse.
- Aftertouch signaali peale hakkab sagedusvalik "võbelema" ümber aktiivse positsiooni.
- MIDI signaal: 1110nnnn 0kkkkkkk 0vvvvvvv, kus nnnn on MIDI kanali number. kkkkkkk klahvi number, vvvvvvv on rakendatud surve.

Implementeeritavad Control Change ehk CC teated:

CC teate formaadiks on 1011nnnn 0ccccccc 0vvvvvvv, kus nnnn on MIDI kanali number. ccccccc on kontrolleri number ja vvvvvvv on kontrolleri väärtus.

- CC1 - aktiivse sagedusala laiuse valik
- CC2 - aktiivse sagedusala positsioon
- CC3 - sageduse valik (hard)
- CC4 - sageduse valik (normal)
- CC5 - sageduse valik (fine)
- CC6 - kerimiskiirus
- CC7 - kiirendus
- CC8 - kiirenduse kurv
- CC9 - aeglustus
- CC10 - aeglustuse kurv

MIKO protokoll

MIKO protokoll on I²C siinil töötav suhtlusprotokoll MIKO ja tema moodulite vahel.

Registrid:

Registri nimi	Registri byte ID	Kirjutamine	Lugemine
Command	0x00	Saab saata käsu koos andmetega. Käsustik kirjeldatud järgmises tabelis.	Peale käsu täitmist on registrist võimalik lugeda käsu vastus.

Version	0x01	Kirjutamine pole lubatud.	MIKO protokoll versioon.
ID	0x02	Kirjutamine pole lubatud.	Sõne mooduli nimetusega.
Ready	0x03	Kirjutamine pole lubatud.	Loeb ainult LSB. Kui 1, siis on seade initsialiseeritud ning valimisolekus.
Capabilities	0x04	Kirjutamine pole lubatud.	8bit lippude register. Esimene bit (LSB) näitab kas tegemist on mootoriga seadega. Teised bitid on hetkel reserveeritud.
Freq range defined	0x05	Kirjutamine pole lubatud.	LSB näitab kas seade teab oma sagedusvahemikku.
Freq range min	0x06	Saab käsitsi seada väärtuse.	32bit sagedusvahemiku algus.
Freq range max	0x07	Saab käsitsi seada väärtuse.	32bit sagedusvahemiku lõpp.
Range defined	0x08	Kirjutamine pole lubatud.	LSB näitab kas seade teab oma mootori vahemikku. Kehtib ainult mootoriga mooduli puhul.
Range min	0x09	Saab käsitsi seada väärtuse.	32bit mootori vahemiku algus.
Range max	0x0A	Saab käsitsi seada väärtuse.	32bit mootori vahemiku lõpp.

Käsud mida saab saata Command registrisse:

Käsu nimi	Käsu byte	Andmed	Kirjeldus
Reset	0x00	Andmed puuduvad.	Seadme initsialisatsiooni käivitamine.
Start	0x01	Andmed puuduvad.	Seade alustab sagedusvahemikus liikumist seatud sihtmärgi poole seatud kiirusega.
Stop	0x02	Andmed puuduvad.	Sagedusvahemikus liikumine peatatakse kohe.
Set speed	0x03	32bit kiirus ühikutes Hz/s.	Sagedusvahemikus liikumise kiiruse seadmine.
Set target	0x04	32bit sagedus ühikutes Hz.	Sihtmärgi seadmine.
Jump to target	0x05	32bit sagedus ühikutes Hz.	Seade liigub seatud sihtmärgini nii suure kiirusega kui võimalik.
Goto start	0x06	Andmed puuduvad.	Seade liigub sagedusvahemiku algusesse.

Veaolukorrad

- MIDI sisendpuhvri täissaamine
 - Näitame indikaatoriga, et puhver on täis
 - Uusi käske vastu ei võeta
- MIDI väljundpuhvri täissaamine
 - Näitame indikaatoriga, et puhver on täis
 - MIKO kasutajaliidese nuppudega tehtud muudatustele MIDI signaale ei genereerita

- I²C siini kinni kiilumine. Teatud olukordades võib I²C siin käsu peale mitte vastata (näiteks kaks Master seadet korraga siinil jms).
 - Watch-dog timeri sarnane katkestus, mis teeb I²C suhtlusele taaskäivituse mingi konfigureeritava aja tagant, kui mingi käsk on ootama jäänud.

MIKO MOTO

Nõuded

Väliste liideste nõuded

Kasutajaliides

Kasutaja peab teatud olukordades keerama MIKO MOTO mootorit selleks ettenähtud kohast.

- Toiteindikaator.
- MIKO protokolli indikaatorid lõppu jõudmise ja vea olukorra kohta.
- Mootori juhtsignaali ja tagasiside indikaatorid.

Riistvaraline liides

DIN-5 ühendus MIKOga. D-sub 9 ühendus mootoriga.

Suhtlemine

MIKO protokoll üle I²C.

Reaalajanõuded

- I²C kiirus on 100kHz. Tuleneb MIKO poolt seatud nõuetest.
- Kvadratuursignaali töötuse kiiruse nõue. Valitud kvadratuurkettal on 36 hammast. Seega ühe pöördega saame 36 impulssi. Samuti on mootori käigukast andma mootori kiirus enkooderile edasi ülekandeteguriga 1:9. Oletame, et maksimaalne mootori kiirus on 200 RPM. Siit saame, et sekundis toimub 30 enkooderi täispööret. Sellest saame minimaalse nõude umbes 1.1kHz. Kindluse mõttes (variatsioonid mootori kiiruses jne) võiks kvadratuursignaali mõõtmine toimuda vähemalt viie kordse sagedusega - ehk siis umbes 5.5kHz.
- Sagedusloenduri tagasiside kiiruse nõuded. Sagedusloendur peab suutma näha sagedusi vähemalt kuni 200MHz. Loendur on 16bitine. Seega loenduri ületäitumine 200MHz signaali puhul võtaks aega 327 mikrosekundit. Sellest saame minimaalse nõude 3.1kHz. Puhvina võiks selle arvu kolmekordistada (et kindlasti ületäitumist vältida), ning sagedusloenduri lugemine võiks toimuda sagedusega 9kHz.
- Voolutugevuse mõõtesageduse nõue. Antud nõude määrab ära valitud mootori induktiivsus, maksimaalne talutav voolutugevus ning tolereeritav voolutugevuse viga. Valitud mootori induktiivsus on 0.1mH ning maksimaalne talutav voolutugevus on 0.95A. Tolereeritavaks voolutugevuse veaks peame umbes 5%, seega antud juhul 0.05V. Kui mootorit juhtida pingega 5V, siis deviatsioon 0.05A saavutatakse 10 mikrosekundiga. Sellest saame siis minimaalse nõude 100kHz. Puhvrina võiks selle arvu kolmekordistada, ehk hea oleks kui mõõtesagedus on 300kHz.
- MIKO protokolli käsust kuni mootori liikuma hakkamiseni maksimaalselt 20 ms. Tuleneb reaalsest testidest. Täpsem seletus MIKO reaalajanõuetes.

Funktsionaalsed nõuded

- Moodul peab oskama suhelda kasutades MIKO protokolli.
- Moodul peab suutma ette antud andmete punkte interpoleerida siledalt Catmull-Rom splaini järgi. [1]
- Moodul ei tohi keerata raadiosagedusnuppu katki.

- Sisselülitamisel keritakse raadio sagedusvalikunupp algusesse.
- Moodulit peab saama ühendada erinevate raadiote külge, millel on manuaalne sagedusekeeramise nupp.

Mittefunktsionaalsed nõuded

- **Jõudlus:** Mootor peab olema piisavalt võimas, et keerata suvalist raadio kanalivaliku nuppu.
- **Vastupidavus:** Mootori vibratsioonid ei tohi mõjutada mootori või raadio asukohta. See tähendab põhimõtteliselt, et raadio ja moodul on fikseeritud üksteise suhtes (näiteks spetsiaalne rakis).
- **Hooldus:** MIKO MOTO puhul tuleb hooldada liikuvaid osasid. Hammasrattaid tuleb õlitada ning kummist ühendust puhastada ja vajadusel vahetada.
- **Kaasaskantavus:** Samasuguselt MIKOga on tema lisamoodulid kaasaskantavad.

Disain

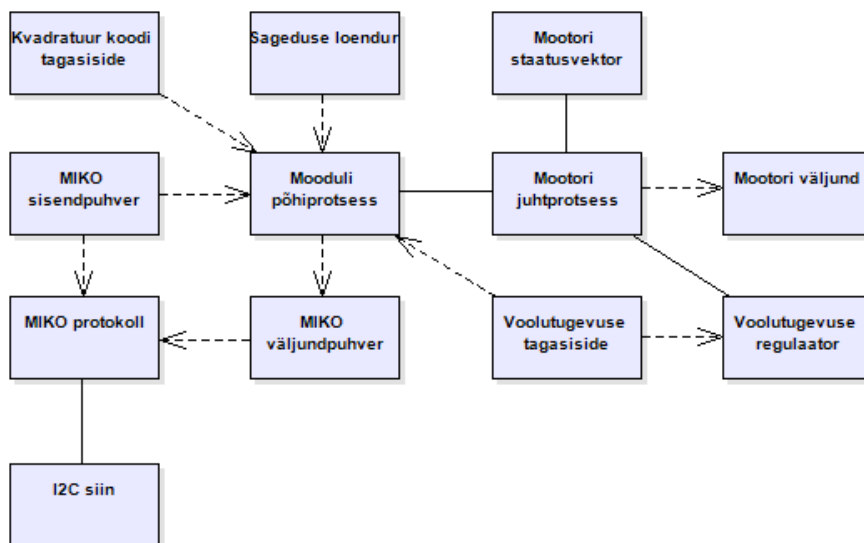
Ülevaade

MIKO MOTO asub kahes eraldi karbis. Kontrolleri karbi dimensioonid on 15x10x5 cm. Mootori karbi dimensioonid on 11x6x4.5 cm.

MIKO MOTO kontrolleriil on eraldi sisse/välja nupp, kuid toide saadakse MIKO ühenduse kaudu.

Indikaatorid asuvad karbi pealmisel küljel. Ühendus mootoriga asub karbi tagaküljel ning ühendus MIKOga asub vasakpoolsel küljel.

Tarkava tööpõhimõte



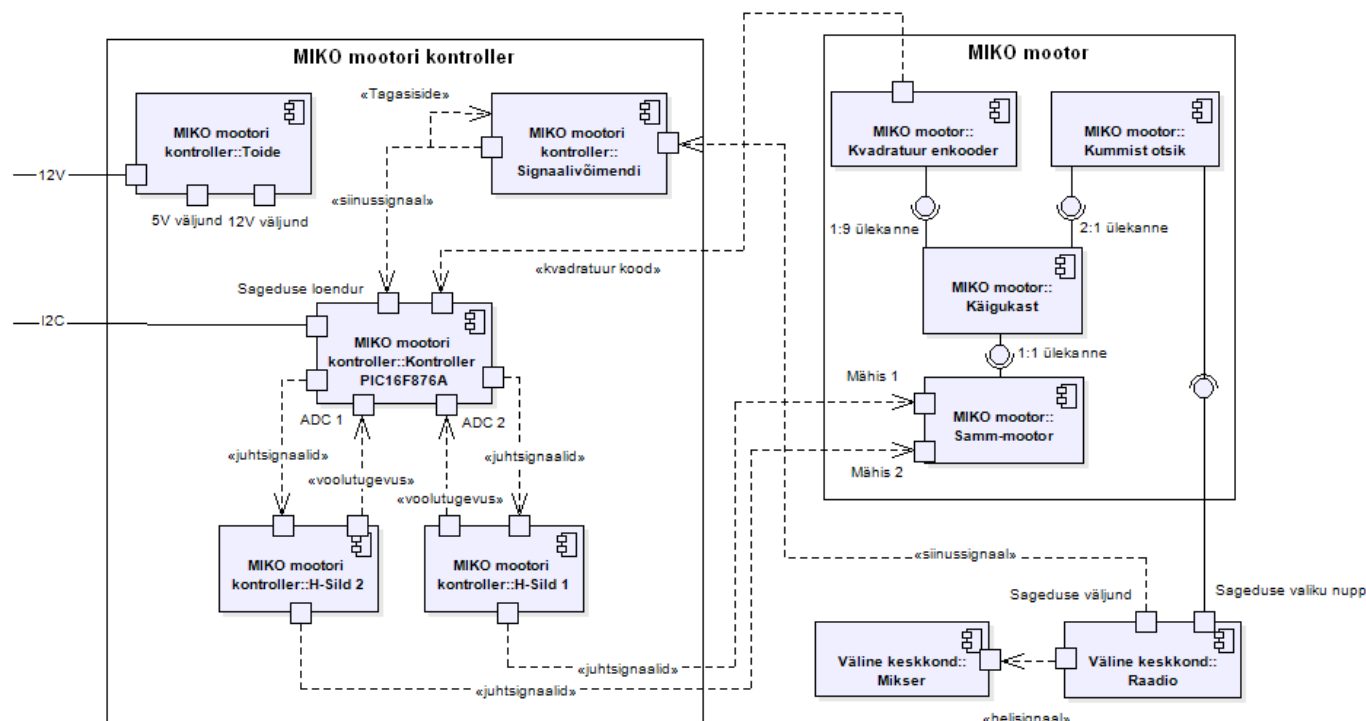
Joonis 5: MIKO MOTO tarkvara koostöödiagramm

"Mooduli põhiprotsess" juhib kogu mooduli tööd ja töötab pidevalt. Vastavalt reaalajalistele nõuetele käivad "Sageduse loendur", "Kvadratuur koodi tagasiside" ja "Voolutugevuse tagasiside". I2C siinile saabuvate andmete või MIKO väljundpuhverisse pandud andmete korral kutsutakse välja katkustust kasutades "MIKO protokoll". "Voolutugevuse tagasiside" läheb otse "Voolutugevuse regulaatorisse" ja see mõjutab otselt "Mootori juhtprotsessi". "Mootori juhtprotsess" käib pidevalt ning sõltub "Mootori staatusvektorist".

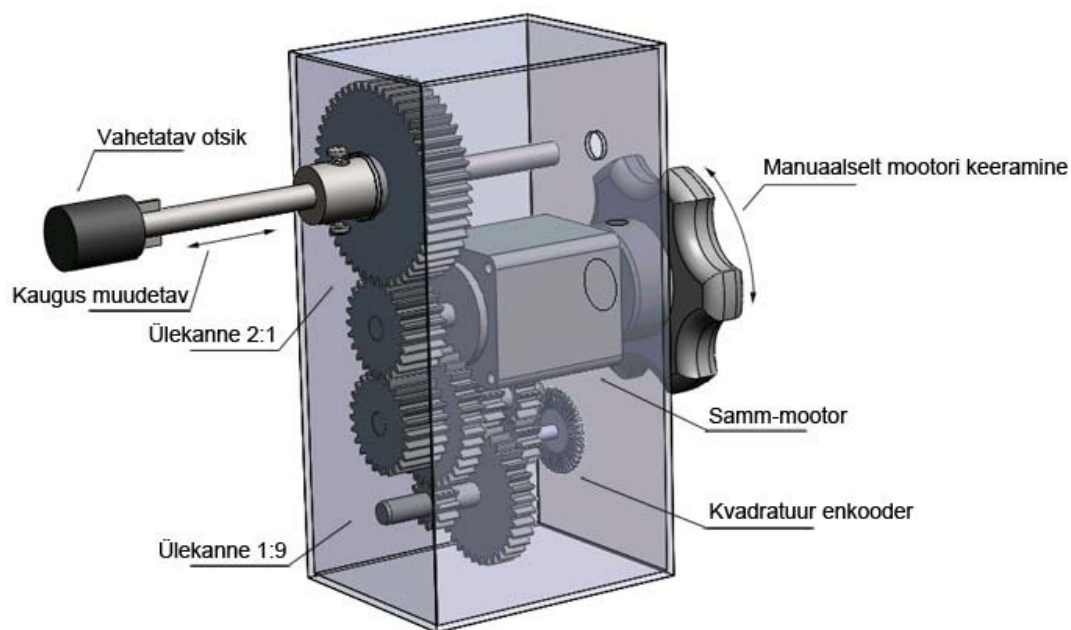
Arhitektuur

Komponendid

- Mikrokontroller PIC16F876A [7]. See on mooduli süda ning peab implementeerib I²C slave liidese. Tagasiside saamiseks on kaks analoog-digitaal muundurit, mis loevad sildadelt voolutugevust. Samuti on tagasiside korras käigus Timer1 loenduri vormis. Timer1 registrit loetakse nõuetes esitatud sagedusega, kui loenduri väärtus on kogu aeg 0, siis järelkult pole kandesageduse tagasiside ühendatud. Lisaks kasutatakse kahte digitaalset sisendit kvadratuurkoodi lugemiseks ning hulk digitaalseid väljundeid h-sildade juhtimiseks.
- H-Sillad. Täpset komponenti pole veel välja valitud. Tegemist võib olla ühe kiviga, kus on peal kaks täissilda. Sillal peab olema voolutugevuse mõõtmiseks väljund, mida saab mingi takistusega ühendada ja sealt kontrolleri pinget lugeda. Sild peab suutma juhtida mootorit toitega 5V ning voolutugevusega 1A. Ilmselt tuleb silla peale ka jahutus.
- Signaalivõimendi pole ka veel täpselt välja valitud. Tegemist peaks olema lihtsa eelvõimendiga, mis viib saadud kandesageduse signaali loendurile sobivasse vahemikku (st. 0-5V parimal juhul). Kuna erinevad raadiod võivad anda kandesageduse erineva pingega, siis on vajalik tagasiside võimendi väljundist, mis mõõdab võimendatud signaali amplituudi ning muudab vastavalt võimendustegurit.
- Samm-mootor Nanotec ST2818S1006-B.
- Kvadratuur enkooder on võetud vanast arvuti hiirest.
- Toite reguleerimiseks on kasutusel 2 L7805CV koos jahutusega. Üks annab toite mootorile, teine elektroonika komponentidele.



Joonis 6: MIKO MOTO riistvara arhitektuur



Joonis 7: Mootori kasti ülesehitus

Kasutajaliides

Kasutajaliidesena on LED indikaatorid vastavalt nõuetele ning keeratav nupp mootori karbi taga, millest saab manuaalselt reguleerida mootori positsiooni, kui seda nõutakse. Mootor peaks hoidma positsiooni lukus, kui kasutajalt ei paluta mootori liigutamist.

Suhtlusprotokollid

MIKO protokoll on täpsemalt kirjeldatud MIKO disainis. Suhtlus mootoriga käib otse samm-mootori juhtimpulsside läbi. Tagasiside tuleb samuti töötlemata kujul.

Veaolukorrad

- Enkoodrist saadud tagasiside ei vasta mootorile saadetud sammude arvule
 - Kui erinevus on väike (3-5% tüüpiline samm-mootori viga), siis parandame positsiooni infot kontrolleri tarkvaras - ilmselt on enkooderil õigus
 - Kui erinevus on suur, siis jäi mootor vahepeal kinni. Tegemist võib olla vahemiku lõpu/algusega või mingi välise takistusega. Sellisel juhul MIKO MOTO teatab veaolukorrast ning lõpetab mootori juhtimise. MIKO palub kasutajal manuaalselt moodul algseadistada.
- Voolutugevuse tagasiside ei tööta. Võimalik, et voolutugevuse tagasiside on 0 või annab kogu aeg sama väärtust isegi kui reaalselt voolutugevust reguleeritakse.
 - Sellisel juhul tuleks mootori juhtimine kohe lõpetada ning panna põlema veaindikaator.
- Voolutugevuse reguleerimine ei tööta. Võimalik, et tagasiside registreerib voolutugevuse muutmist, kuid reguleerimine ei paista omavat mingit mõju.
 - Sellisel juhul oleks vaja lisada mingi eraldi süsteem, mis suudaks ise automaatselt mootori toite eemaldada ilma regulaatorit kasutamata.
 - Lisaks tuleb põlema panna veaindikaator.

- Sagedustagasiside kadumine töö ajal.
 - Sellisel juhul tuleks mootori juhtimine kohe lõpetada ning panna põlema veaindikaator.
 - Kasutaja peab sageduse tagasiside ühendused üle kontrollima või mooduli seadistama uuesti ilma tagasisideta.

Testiplaan

- Jõudlustestide korraldamise plaan.
 - Saata korraga suur hulk MIDI signaale millest osa pole MIKO-le mõeldud.
 - Jälgime, et seade suudaks vastu võtta mõistliku hulga signaale ning käituks õigesti puhvri täitumise korral.
 - Vajutada kiiresti järjest palju erinevaid klaveri klahve
 - Jälgime, et mootori liikumisel pole järske muudatusi.
 - Jälgime, et klahvidele reageeritakse nõuete ja seadete kohaselt.
 - CC teadetega MIKO ülekoormamine
 - Jälgime, et mootor ei ületaks talle ette antud vahemikku.
- Vigade testimise plaan
 - Tekitada käsitsi häireid raadio ja mootori töös.
 - Jälgime, et MIKO tuvastaks veaolukorrad ning üritaks võimalusel neid parandada.
 - Seada manuaalselt mootori liikumise vahemik üle lubatud piiri (st raadio nupu liikumise ulatuse).
 - Jälgime, et MIKO MOTO tuvastaks liikumise piiri ning käituks vastavalt.
 - Jälgime, et raadio nuppu ei keerataks katki.
 - Eemaldame töö ajal kandesageduse tagasiside kaabli.
 - Jälgime, et MIKO MOTO käituks vastavalt nõuetele.
 - Tekitame manuaalselt mootori juhtahelas lühise, kasutades mootori asemel mingit väga väikese takistusega takistit.
 - Jälgime, et MIKO MOTO lülitaks mootori toite välja.

Viited

1. Catmull-Rom Spline: http://en.wikipedia.org/wiki/Catmull-Rom_spline#Catmull.E2.80.93Rom_spline
2. MIDI tehniline spetsifikatsioon: <http://www.midi.org/techspecs/>
3. <http://www.robotshop.ca/arduino-mega-usb-microcontroller-board.html>
4. <http://www.acroname.com/robotics/parts/R272-LCD03.html>
5. <http://www.acroname.com/robotics/parts/R257-3X4-KEYPAD.html>
6. <http://www.robotshop.ca/sfe-midi-breakout-board.html>
7. <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010240>