

# ROBOTTI



# Robotti

## MIKÄ?

Sähkömekaaninen ja elektroninen laite, joka osaa tehdä ennalta ohjelmoituja liikesarjoja. Laite ei sisällä minkäänlaista keinoälyä, vaan tietokone käskee sähkömoottoreita pyörimään. Laitteessa on kaksisorminen käsi joka liikkuu eri suuntiin ja kääntyy ympäri. Rakenne muistuttaa ihmisen kättä toiminnoiltaan. Ranteessa on kaksi niveltä, se nousee ja laskee sekä pyörii ympäri. Sormia on kaksi jolla robotti tarttuu esineisiin. Kansankielellä laite on ROBOTTI.

## Tekniset ominaisuudet

Robotin omapaino on 5,8 kg. Robotti kykenee työskentelemään halkaisijaltaan 136 cm:n ympyrän sisällä mutta alle 25 cm kääntökeskipisteestä ei sormet taivu. Käännön rajat ovat reippaasti yli täyden kierroksen. Nostokorkeus on 92 cm. Robotin suurin mitattu nostopaino on 540 g

## Toimintaperiaate

Laitetta ohjaa tietokone. Tietokone-ohjelma on DOS-ohjelma ja 'koodattu' perinteisellä C-kielellä, ilman hienouksia. Ohjelman toimivuus ei aiheuta päänsärkyä sillä se toimii vanhemmissakin tietokoneissa, jopa ilman Windows-käyttöjärjestelmää. Data liikkuu tietokoneesta Robotin ohjainkorttiin RS-232 eli sarjaportin kautta. Ohjainkortti pystyy ohjaamaan 8:aa moottoria ja 2:een-suuntaan, mutta Robotissa on 6 moottoria käytössä. Ohjainkortti sisältää myös 8 kpl jännitemittaus-sisäänmenoa, joilla mitataan moottoreiden asennot. Jokaiselle moottorille on 'virtavahvistimet', joilla saadaan moottoreille riittävät tehot.

Robotin liikkeet on toteutettu erilaisilla/erikokoisilla tasavirtamoottoreilla. Mekaanisesti voima välittyy useimmissa liikkeissä kierteiden ja vaijereiden välityksellä niveliin. Liikkeiden määrää ja käsivarren paikkoja mitataan säätövastuksilla (potikoilla) joiden jännitearvot muutetaan tietokoneelle 'sopiviksi bittikuvioiksi' kortilla olevalla AD-muuntimella.

Tasavirtamoottoreiden nopeuksia ohjataan pulssinpituusmodulaatiolla (hidas liike, lyhyet pulssit, nopea liike, pitkät pulssit). Kolmessa moottorissa on pulssinpituussäätimet joilla saadaan hitaat liikkeet tarkoiksi. Moottorin lähestyessä oikeaa paikkaa vähennetään nopeutta ja näin saadaan pehmeä pysähtyminen, eikä 'moottori aja ohi'. Varsinainen automatiikka sisältyy liikesarjatiedostoon, jonka avulla robotti toistaa liikesarjoja.

## Liikesarjatiedoston teko

Liikesarja-tiedosto tehdään käsiajolla, ja liikesarjanpisteet tallennetaan tiedostoon. Ensin ajellaan robotti oikeaan kohtaan ja painetaan näppäintä jolloin ohjelma tallentaa kaikkien moottoreiden paikat ja ajonopeudet tiedostoon omalle riville. Rivejä voi tulla paljonkin, koska pisteitä joudutaan tallentamaan tarkassa paikassa useasti.

Varsinainen 'ajo' tapahtuu seuraavasti: Tietokone lukee ennalta tehdystä liikesarjatiedostosta kaikille moottoreille uudet jännitearvot ja siirtonopeudet. Ohjelma ohjaa moottorit uusille paikoille potikoilta tulevien jännitearvojen avulla. Kun kaikki moottorit ovat oikeissa paikoissa luetaan seuraava uusi rivi (kaikille moottoreille uudet arvot) ja suoritetaan liikkeit.

## Runko, mekaaninen toteutus

Runko on pääsääntöisesti Al-putkista nikkaroitu ja kuulalaakereilla nivelöity. Pop-niittejä, 3 mm:n, 4 mm:n ruuveja yms. kiinnitystarvikkeita käytetty tilanteen mukaan. Koko laite pyörii kuulalaakerin varassa. Suurimmalta osin komponentit, rattaat ja moottorit ovat kierrätysosia, vanhoista VHS-nauhureista ja muista puretuista kodinviihde-laitteista.



## Tasapaino

Ohjauselektronikka on tasapainon parantamiseksi sijoitettu laitteen takaosaan. Kaikki painavat osat kuten moottorit on pyritty sijoittamaan keskilaakerin ja ensimmäisen nivelen lähetyville. Voima käsivarren nivelille välittyy vaijereiden avulla, ylimääräisen painon välttämiseksi. Nostomoottorin taakkaa on hieman kevennetty jousien avulla.

## Sähkönsyöttö

Sähköturvallisuus  
huomioiden laite  
toimii n.12 v:n  
jännitteellä ja  
tarkoitukseen sopiva  
virtalähde löytyi  
vanhasta  
kannettavasta  
tietokoneesta.



Hyvinä puolina valmiille virtalähteelle voisi mainita ylijännite- ylivirta- ja yllilämpösuojaukset. Robotin virrankulutus on kohtalaisen pieni ja se on suurimmillaan moottoreiden yhtäaikaissa liikkeellelähdöissä. 2,5 A:n virtalähde on osoittautunut riittäväksi tässä laitteessa.

## RS 232-liitäntä

Tietokoneesta Robotille on käytössä 2 data-linjaa ja Robotilta tietokoneelle 1 data-linja. Kaapeli jolla Robotti on tietokoneeseen kytketty, on 4-napainen, romulaatikosta löytynyt vanha modeemikaapeli, terästetty D-9 liittimellä.

## Tietokone-ohjelman toiminta

Ohjelma käyttää suoraa sarjaportin muistiosoitteeseen kirjoittavaa/lukevaa tapaa. Se on nopea tapa eikä ota kantaa sarjaportin asetuksiin ja ehkä siitä syystä se ei toimi USB-liitäntään liitettävillä sarjaportteilla vaan portin täytyy olla tietokoneen emolevyllä.

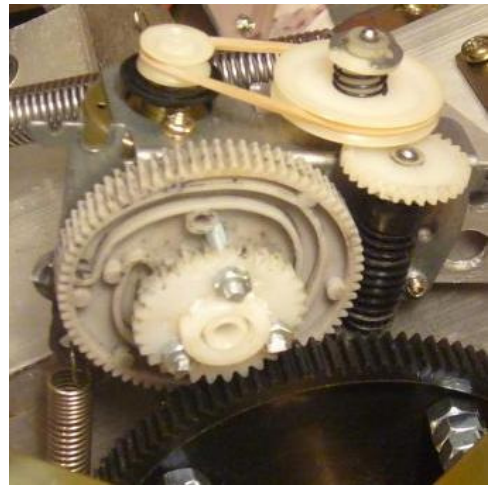
Ohjelmassa on paljon kiinteitä asetuksia mutta tärkeimmät ja säätämisen kannalta helposti muuteltavat asetukset on koottu *Robotti.ini* tiedostoon. Käynnistyksessä ohjelma lukee ko. tiedoston ja toimii niiden asetusten mukaan..

Ohjelman päävalikko on karu, mutta siinä on muutamia toimintoja esim. käsiajo eri liikkeille, liikesarja-tiedoston tekemistä varten, liikesarjan ajo sekä säätämistä varten eri asetuksia. Liikesarjatiedoston luennassa ohjelma kysyy toistojen määrä ja se mahdollistaa jatkuvan liikesarjan toiston.

## Liikkeet

Liikkeitä on yhteensä 6 kpl, kaikissa 2 suuntaa.

Moottoreiden erilaisuudesta ja mekaanisista eroista johtuen nopeuksia on 3-5. Suurimmalla nopeudella moottori menee täysiiä, (pitkät pulssit) ja pienemmillä nopeuksilla hiljaa, (lyhyet pulssit). Liikkeiden lopussa on hidastukset ettei liike menisi ohi moottorin vapaan pyörimisen johdosta.



## Kääntö

Kääntömoottorinmekaniikka on toteutettu ratasvälityksellä, koska sen ei tarvitse olla nopea ja tarvitaan vain vähän voimaa.

Säätövastuksena on tarkka monikierrospotikka samassa rattaassa.

## Nosto

Nosto on toteutettu yksinkertaisesti moottorin pyörittäessä suoraan kierretankoa. Rakenteella saavutetaan erinomainen paikallapysyvyys kuorman muuttuessa.



Säätövastuksena on vakio-potikka joka säätyy välitys-varren avulla.



## Ojennus

Moottori on kytketty kierretankoon, josta voima välittyy vaijerin ja urapyörän avulla käsivarteen. Urapyörät ovat 3 mm:n vahvuista plexiä, sorvattu porakoneella apuna käyttäen.

Säätövastuksena vakiopotikka joka on asennettu suoraan nivelen taittopisteeseen.



## Ranne

Ratasvälityksellä varustetun moottorin akselin ympäri kierretty vaijeri kääntää ranteen niveltä. Säätövastuksena on käytetty vakiopotikkaa jota pyörittää urapyörän ympäri kiertyvä vaijeri.



## Kierto

Moottori on kytketty kierretankoon, josta voima välittyy vaijereiden avulla ranteeseen. Säätövastuksena on vakiopotikka, jossa urapyörän ympäri menee lanka.

## Sormet

Moottori on kytketty kierretankoon, josta voima välittyy vaijereiden avulla sormiin. Säätövastuksena toimii liukupotikka.



## Ohjainkortti

Ohjainkortti on suunniteltu ohjaamaan kahdeksaa moottoria kahteen suuntaan ja lukemaan moottorin paikkatieto kahdeksalta säätövastukselta. Tässä Robotti-sovelluksessa on käytössä vain kuusi moottoria ja kuusi säätövastusta.

Kortti sisältää 3 kpl 8:n bitin siirtorekisteriä joissa on sarjamuotoinen kirjoitus ja rinnakkaismuotoinen ulostulo. Kortilla on myös 12 bittinen sarjamuotoisesti luettava AD-muunnin. Referenssijännite on AD-muunninpiirissä oletuksena 4,096 v jolloin tarkkuus on 1mV (1 bitti) ja suurin mitattava jännite 4,096v. AD-muunnin 'kytketään' CMOS-kytkimien avulla jokaisen moottorin potikkaan vuorotellen. Ensimmäisen siirtorekisterin 8-bittiä ohjaa näitä kytkimiä. Seuraavat 8+8 bittiä on moottoreiden ohjaamista varten.

Kortti mahdollistaa moottoreiden ohjaamisen 'muuttuvalla teholla' eli pulssinpituusmodulaatiolla. Ulos tuleva moottorin ohjausjännite muodostuu kahdeksasta perättäisestä bitistä. Täydellä teholla kaikki bitit ovat ykkösiä ja vastaavasti pienimmillään kaikki ovat nollia, eli moottori ei pyöri. Teoriassa näin saadaan kahdeksan eri nopeutta, mutta käytäntö on osoittanut viiden nopeuden olevan riittävä määrä. Mekaanisista eroista ja erilaisista välityksistä johtuen, moottoreilla on keskenään erilaisia bittikuvioita.

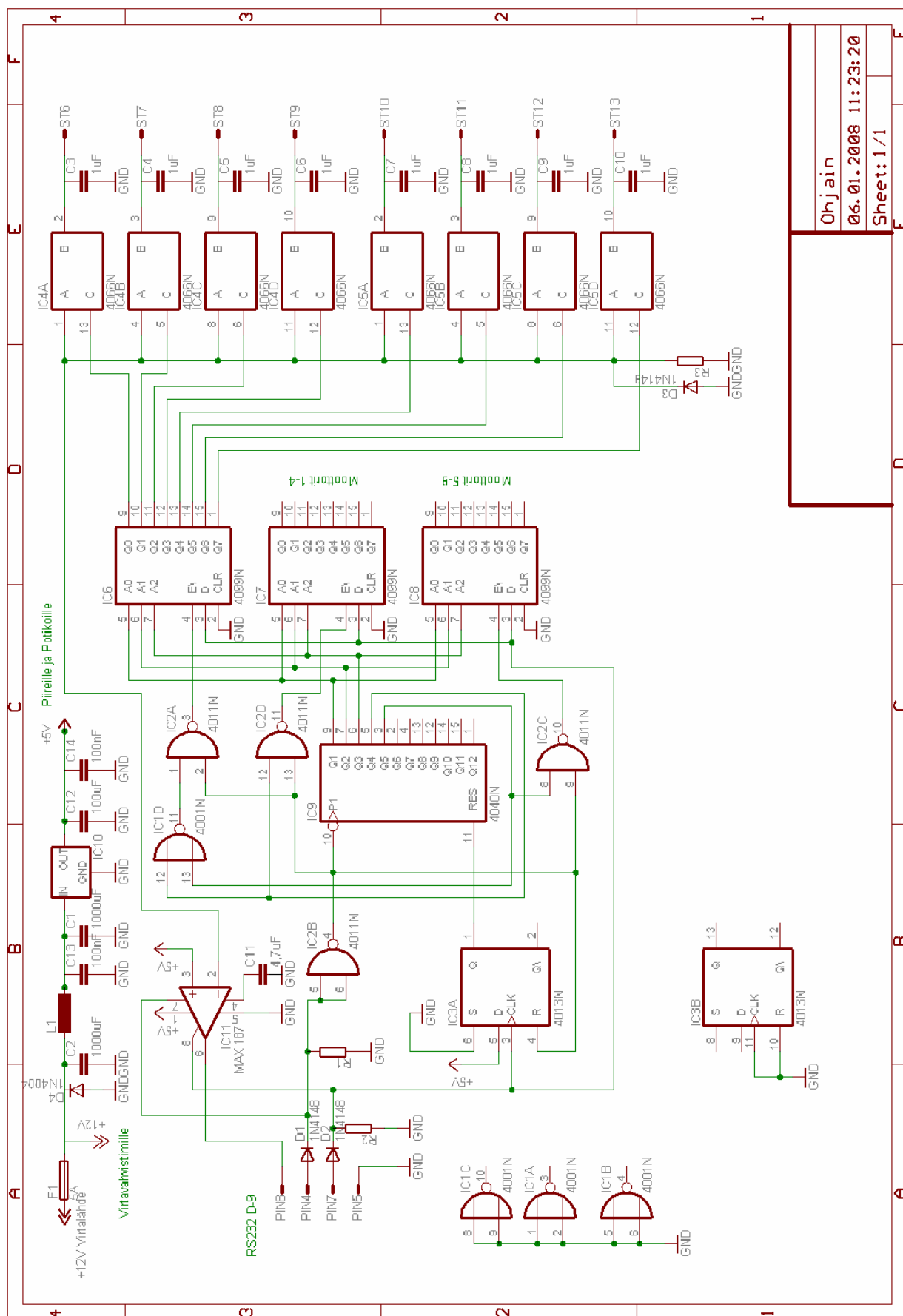
0=00000000 ei pyöri.  
1=10000000 1/8 tehosta  
2=10001000 2/8 tehosta  
3=10010010 3/8 tehosta  
4=10101010 4/8 tehosta  
5=11111111 täysi teho.

(Bittikuviot löytyvät INI-tiedoston lopusta, desimaalilukuina tosin.)

Ohjelman pääsilmutta kirjoittaa ensimmäiseen siirtorekisteriin ykkösen eli kytkee potikan nro 1 AD-muuntimeen ja lukee AD-muuntimelta arvon. Tämän jännitearvon perusteella tietokone- ohjelma laskee tarvittavan suunnan ja nopeuden ko. moottorille. Seuraavaksi kirjoitetaan moottoreiden bittikuviot kahteen siirtorekisteriin, mutta vain 1-bitti/moottori, 1/8:sta bitistä. Yhden kierroksen aikana kirjoitetaan AD-ohjaus-bitti, luetaan AD-muunnin,(12 bittiä) kirjoitetaan kaikki moottoreiden-ohjaus bitit, kaikille 8:lle moottorille. Silmukkaa pyöritetään niin kauan että kaikki moottorit ovat niille määrättyissä paikoissaan. Ohjelman mitattu nopeus on 136 pääsilmutta toistoa sekunnissa. Se on riittävän suuri nopeus pulssimuotoisen ohjauksen toteuttamiselle ja siksi moottorit vain kihisevät ja vinkuvat akkuporakoneista tutuilla äänillä.

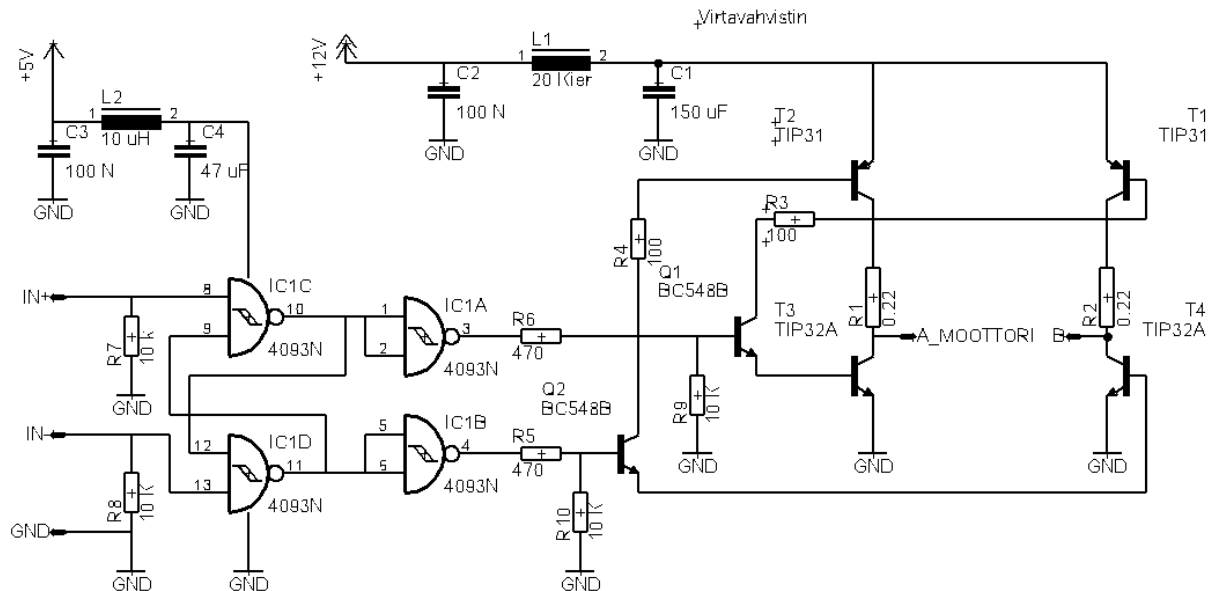
Esimerkkinä kortille kirjoituksesta seuraavassa annetaan kaikille moottoreille 4/8 teho (10101010 bin). Liikkeen suunta määrää meneekö moottorinohjausbitit parittomalle vai parilliselle ulostulolle. (4099 piirin Q0 vai Q1). Ohjelma suorittaa komennot riveittäin alkaen riviltä 1. Uloslähtevä bittikuvio näkyy pystysuorassa LueAD toiminnon jälkeen. Esim. rivillä 5 kirjoitetaan AD-ohjausbitti viidennelle kytkimelle ja luetaan AD-muunnin sekä kirjoitetaan ensimmäisen moottorin bittikuvion viides bitti, toisen moottorin bittikuvion neljäs bitti, kolmannen moottorin bittikuvion kolmas bitti jne.





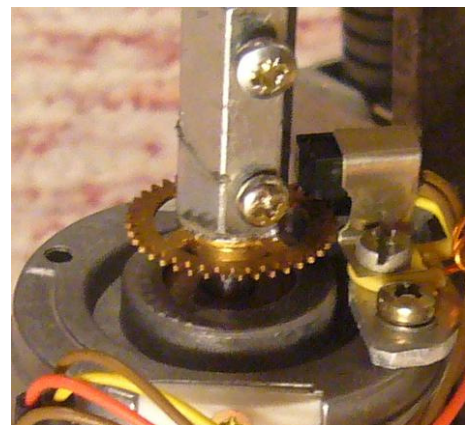
## Virtavahvistin

Virtavahvistin on suunniteltu toimimaan nopeasti ja kytkemään virta moottorille pienillä hukkatehoilla. Se onkin mahdollista moottoreiden pienien tehojen ansiosta. Transistoreina on käytetty pääasiassa yleisiä TIP 32 ja TIP 29 transistoreita. Transistoreita ohjaa 4093 schmitt-liipaisinpiirillä tehty kytkentä, jolla saadaan täsmällinen pulssi ja estetään kahden suunnan yhtäaikainen kytkeytyminen. Moottori kytketään nastoihin A ja B.



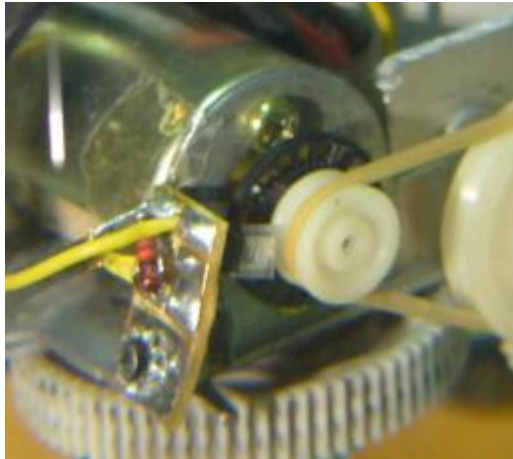
## Pulssipituuden säädin

Kun moottori on kuormittunut (esim nosto) ja pitäisi lähteä hitaalla nopeudella liikkeelle, ei moottori jaksa lähteä pyörimään. Tässä Robotissa asia on korjattu pulssipituuden säätimellä. Toimintaperiaate on seuraava: Moottorin akseliin on laitettu ratas tai tietokonehiirissä käytetty reikälevy. Sen hampaaita tai reikiä mittaa optinen antura. Kun pulssi tulee ohjainkortilta virtavahvistimelle, se katkeaa vasta kun moottori on pyörähtänyt yhden hampaanvälin. Jos moottorissa on valmiiksi vauhtia, pulssi jää hyvin lyhyeksi. Jos taas moottori on paikoillaan, pulssi ei katkea ennen kuin yksi hammasväli on mennyt. Oikeiden nopeuksien saavuttamiseksi on Robotissa käytetty erilaisia rattaita tai reikälevyjä hiiristä. Pulssipituus-säätimiä on laitettu vain kolmeen moottoriin, joihin kuormitus vaikuttaa eniten, ja tarkkuus on merkittävä.



Säätimessä on 2 kpl D-kiikkuja, suunnat eteen- ja taakse. Ohjauspulssi liipaisee kiikun ylös ja rattaalta/reikälevyltä tuleva resetointipulssi nollaa kiikun. Vaikka ohjauspulssi on vielä kesken, vaatii D-kiikku nousevan pulssin.

Optinen silmä voi olla valmis ”haarukka” tai sen voi rakentaa esim. tietokonehiirestä saatavalla led/fototransistori yhdistelmällä. Vastuksia R1 ja R3 voi joutua säätämään riippuen komponenteista.



## Ini-tiedosto

Ohjelman muuttujat, joita joutuu säätämisvaiheessa muuttelemaan, on tallennettu erilliseen tiedostoon. Puolipisteellä alkavat rivit ovat kommentteja. Ohjelma on suunniteltu kahdeksalle moottorille ja siksi Robotissa jää 2 vapaaksi. Huippunopeudet näille kahdelle vapaalle moottoripaikalle on määritelty 0:ksi joten ohjelma ohittaa ne ilman toimenpiteitä.

### Robotti.ini

```
;Alkuaseukset ROBOTTI-ohjelmalle. OH6MP
;Sarjaportin osoite h3F8=1016 h2F8=760 h3E8=1000 h2E8=744
1016
;Hidastuskerroin sarjaportin kirjoitukseen, nopea kone, suurempiluku
1
;Tarkkuus moottoreille. Ero paikan ja uuden paikan välillä.
10,15,15,100,20,40,10,10
;Minimiarvot eri moottoreille. >0
400,436,240,1500,1290,500,1,1
;Maksimiarvot eri moottoreille. <4096
2900,2766,2665,3300,3200,3676,4096,4096
;Huippunopeudet moottoreille. Nopeudet 0-8, 0=moottori ei käytössä, 8=max nopeus
3,5,5,4,2,2,0,0
;Nopeus-kuviot eri moottoreille +/- 1-8
1:0,73,170,255,255,255,255,255,255:0,73,170,255,255,255,255,255:Kääntö
2:0,1,17,73,170,255,255,255,255:0,1,17,73,170,255,255,255:Nosto
3:0,1,17,73,170,255,255,255,255:0,1,17,73,170,255,255,255:Ojennus
4:0,17,73,170,255,255,255,255,255:0,17,73,170,255,255,255,255:Ranne
5:0,170,255,255,255,255,255,255,255:0,170,255,255,255,255,255,255:Sormet
6:0,170,255,255,255,255,255,255,255:0,170,255,255,255,255,255,255:Kierto
7:0,1,5,21,85,87,95,127,255:0,1,5,21,85,87,95,127,255:Vapaa
8:0,1,5,21,85,87,95,127,255:0,1,5,21,85,87,95,127,255:Vapaa
100:Tarkistusluku
```

## Liikesarja-tiedosto

Ilman ennalta ohjelmoitua liikesarjaa kone olisi pelkkä näppäimillä ohjailtava käsivarsi joka pyörittäisi moottoreita kunnes painetaan jotakin näppäintä.

Ohjelmoitavuus tekee tästä laitteesta Robotin. Liikesarjatiedostolla saadaan liikkeit automaattisiksi. Liikesarjatiedostoa luettaessa rivin tiedot näkyy ohjelman ikkunassa. Yksi rivi on yksi liikesarjan piste. Rivin aloittaa rivinumero, sitten on kuusi numerotietoa eli kuudelle moottorille uudet paikat. (lukuarvo on mV, tallentunut suoraan potikalta.) ja kuudelle moottorille nopeudet. Tämän rivin perusteella ohjelma alkaa ohjaamaan kaikkia moottoreita uusille paikoille, luetuilla nopeuksilla. Vasta sitten kun kaikki moottorit ovat oikeissa paikoissaan, luetaan seuraava rivi. Aina ei kaikkia moottoreita pyöritetä, vain ne joissa on tapahtunut muutos. Riviltä toiselle siirtyminen sujuu rivakasti ja aina liike ei edes pysähdy kun jo mennään seuraavaan pisteeseen.

Rivejä voi olla satoja ellei tuhansia. Rajoituksia ei ole ja tiedoston koko ei ihan heti kasva liian suureksi.

Liikesarjatiedoston päätte on **xxxxx.rob**

## Malli.rob

1:2362,1951,1198,2307,3000,1819,3924,3919:1,1,1,2,1,3,1,1  
2:2362,1488,1198,2307,3000,1819,3924,3919:1,2,1,2,1,3,1,1  
3:2362,1488,1198,2307,1631,1819,3924,3919:1,2,1,2,1,3,1,1  
4:1755,2766,2645,2307,1631,1819,3924,3919:3,5,5,2,1,3,1,1  
5:1272,2766,2645,2307,1631,1819,3924,3919:3,5,5,2,1,3,1,1  
6:991,1485,1143,2307,1631,1819,3924,3919:1,2,2,2,1,3,1,1  
7:991,1485,1143,2307,2997,1819,3924,3919:1,5,5,2,1,3,1,1  
8:991,2766,2647,2307,2997,1819,3924,3919:1,5,5,2,1,3,1,1  
9:1001,2783,2650,3365,3028,1812,3925,3920:1,5,5,2,1,3,1,1  
10:1001,2766,2651,1794,3000,3331,3925,3920:1,5,5,2,1,3,1,1  
11:1001,2766,2651,2333,3000,1734,3925,3920:1,5,5,2,1,2,1,1  
12:1001,2783,2651,2449,3026,1803,3924,3919:1,5,5,2,1,2,1,1  
13:1001,1449,1132,2449,3000,1803,3924,3919:1,2,2,2,1,2,1,1  
14:1001,1449,1132,2449,1465,1803,3924,3919:1,2,2,2,1,2,1,1  
15:1214,2766,2648,2449,1465,1803,3924,3919:3,5,5,2,1,2,1,1  
16: jne.

## Mitä tekisin toisin? Kehittämiskohteita ja huomioita.

Kaikki mekaaniset moottorit ja ratasvälitykset eivät toimi toivotulla tavalla, koska välityksen ja nopeuden suhde on tärkeä tekijä. Liiallisella rattaiden määrällä (liikaa välitystä) moottorin hidastuminen nopean liikkeen jälkeen ajaa sen helposti ohi pisteestä. Tästä syystä olenkin joutunut ohjelmassa estämään toiminnan, jolla se saman liikesarjan aikana säätää moottoreita takaisin ohimenon jälkeen. Siinä tuli turhaa vatkaamista, eikä liikesarja tullut valmiiksi ollenkaan. Myös moottoreiden kierrosnopeudella ja vääntömomentilla on suuri merkitys. Nostomoottoria joka on kytkettynä suoraan kierteeseen, pidän hyvänä ratkaisuna yksinkertaisen ratkaisun vuoksi. Siinä tosin tarvitaan hyvää vääntömomenttia, mutta moottori pysähtyy nopeasti eikä kuorma pääse pyörittämään moottoria itsestään. Tällaisia ratkaisuja olen suosinut, mutta kaikkiin liikkeisiin se ei ollut mahdollista laittaa.

Sähköisesti haastetta aiheutti tasavirtamoottoreiden aiheuttamat häiriöt. Säätovastusten resistanssit teki tepposet. Liian suurilla potikoilla esiintyi runsaasti kohinaa ja AD-muuntimen lukutarkkuus heilui liiaksi. Kaikki potikat jouduin vaihtamaan yhden kilo-ohmin kokoisiksi.

Yksi koko projektia vaivannut haittatekijä on tilanpuute. On äärimmäisen vaikeaa toteuttaa laite pieneen tilaan. Tekniset ratkaisut muuttuvat koko rakentamisen ajan. Siksi mielikuvitusta joutuu käyttämään teknisessä toteutuksessa. Esim. yksi moottoreista on sijoitettu pystyyn keskelle Robotin selkää!

## Tarvikeluettelo

- Muutamia alumiini-profiileja (U, neliöputki), ja alumiini-peltiä.
- Videonauhurin rattaita ja moottoreita
- Potikoita. (n. 1Kohm.)
- Takilan vaijeria
- Verhon kannatinvaijeria
- Tietokoneen ulkoinen virtalähde
- Laakereita
- Piuhaa
- Mikropiirejä, transistoreita, konkkia ja vastuksia
- Pop-niittejä, ruuveja
- Tietokoneen hiiriä
- Plexiä (muovia)