

Jari Ojala

CNC-plasmaleikkauskoneen ohjauselektronikka

CNC-plasmaleikkauskoneen ohjauselektronikka

Jari Ojala
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Tietotekniikka
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun seudun ammattikorkeakoulun Raahen yksikössä. Työn tarkoituksena oli suunnitella edullinen CNC-plasmaleikkauskone opinnäytetyön tekijän metalliverstaalle. Verstaalla tehdään harrastus- ja ammattimaista metallituotantoa. Ammattimaiseen tuotantoon sisältyvät erilaiset lyhytaaltoalueen antennit sekä kevyet ristikkorakenteiset pyörivät antennimastot.

Verstaalla oli tarve automaattiselle leikkauskoneelle, jolla saadaan leikattua erilaisia laippoja ja sovituskappaleita kohtuullisen mittatarkasti, koska käsivaralla tarkkuus ei ole riittävä.

Vanhan ladontakoneen löysin ystäväni avustuksella Äänekoskelta Powernet Oy:n tehtaalta. Tästä avusta kiitos hänelle. Kiitokset myös työn valvojalle, Mikko Hallikaiselle, joka kannusti pysymään tavoitteissa ja saamaan työn valmiiksi.



.....
Jari Ojala

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka

Tekijä: Jari Ojala

Opinnäytetyön nimi: CNC- plasmaleikkauskoneen ohjauselektronikka

Työn ohjaaja: Mikko Hallikainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2012

Sivumäärä:31+9

Tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa vanhan SMD-ladontakoneen rungon ympärille CNC-plasmaleikkauskone. Vanhan ladontakoneen runkoon päädyttiin, koska siinä on lähes kaikki tarvittava mekaniikka valmiina ja kyseisiä koneita on jäänyt pois alkuperäisestä käytöstä joko konekannan uusimisen tai tuotannon lopettamisen takia.

Ohjelmistoina oli tarkoitus käyttää saatavilla olevia ilmaisia ohjelmistoja. Tästä ajatuksesta jouduin luopumaan työn edetessä, koska edullisesti saatavilla ollut CNC-ohjainkortti ei tukenut täydellisesti mitään olemassa olevaa ohjelmaa ja kortille oli saatavissa edullinen ohjelmisto.

Työssä on käytetty hyväksi verkossa olevaa aineistoa, mm. keskustelupalstat, vastaavien projektien kotisivut, toimielinten käyttöohjeet ja datisivut. Eri toimilaitteiden ja ohjainkortin väliin tarvittavat kytkennät ja sovitukset on suunniteltu työn aikana työn tekijän toimesta.

Työn tuloksena syntyi toimiva CNC-leikkauskone, jolla saadaan leikattua metallilevystä erilaisia kappaleita. Työn tekijälle työ opetti CNC-tekniikan perusteita, joista tekijällä ei ollut juurikaan aikaisempaa kokemusta. Tutuksi tuli servo- ja askelmoottorien perusteet sekä CNC-ohjelmoinnin perusteita.

Jatkokehityksenä voisi olla tulevaisuudessa leikkausjäljen parantaminen leikkauspään automaattisella korkeuden säädöllä plasmajännitteen mukaan.

Asiasanat: CNC-ohjaus, plasmaleikkaus, servomoottori, askelmoottori,

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Information Technology

Author: Jari Ojala

Title of thesis: The Control system for a CNC Plasma Cutting Machine

Supervisor: Mikko Hallikainen

Term and year of completion: Spring 2012

Number of pages: 31+9

The aim, of this Bachelor's thesis was to design and build a CNC plasma cutting machine around an old SMD assembly machine frame. The body of the old assembly machine included almost every mechanical parts needed mechanical parts for a cutting machine. The assembly machine had been omitted from the original use, either by retooling or ending of production.

The purpose of the cutting machine was to keep the price as low as possible and make a really working machine using mainly recycling parts. The plan was to use a free software, but this wasn't possible with the selected control card, because support of the card for these programs was not complete.

Different online sources were used for searching programs and hardware units of machines. Main sources were CNC discussion groups and forums. The interfaces between the control card and other actuators as servos and a limit switch were designed during the work by the author.

The result of this project result is a working CNC plasma cutting machine, which can cut pieces of different dimension and shape from a metal plate. This project taught a lot about CNC technology, servo and stepping motors and CNC programming. In Future the cutting quality could be improved with an automatic height adjustment of the plasma torch.

Keywords: CNC plasma cutting, servo motor, stepping motor, CNC control

Sisällys

ALKULAUSE	3
1 JOHDANTO	8
2 MÄÄRITELMÄ	9
3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ	11
4 TOTEUTUS	12
4.1 SMD-latomakoneen purkaminen ja tutkiminen	12
4.1.1 Servo-ohjaimet ja moottorit	12
4.1.2 Askelmoottorihjain	14
4.2 CNC-ohjainkortin valinta	15
4.3 CNC- ohjainkortin yhdistäminen toimielimiin	17
4.3.1 Servo ohjaimet	19
4.3.2 Askelmoottori ohjain	20
4.3.3 Liikeradan rajakytkimet	21
4.3.5 Plasmavirtalähteen kytkennät	21
4.3.6 Käyttöpaneeli	23
4.3.7 Laajennusliitin	23
4.4 Tarvittavat ohjelmistot	24
4.4.1 CAD- ohjelmat	24
4.4.2 CAM- ohjelmat	24
4.4.3 CNC- ohjain ohjelmat	25
5 TESTAUS	26
5.1 Tietokoneen ja ohjaukskortin testaus	26
5.2 Liikkeiden kalibrointi ja rajakytkimet	26
5.3 Plasmavirtalähteen ohjausten testaus	27
5.4 Valmiin koneen lopputestaus	27
6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	29

7 YHTEENVETO	30
LÄHDELUETTELO	31
LIITTEET	32
Testikappale	32
Testi leikkauksen G-koodi	32
Tasomuuntimen piirikaavio ja piirilevy	35
Optoerottimien piirikaavio ja piirilevy	37

1 JOHDANTO

Työn tarkoitus on muuttaa pintaliitoskomponenttien ladontakoneen runko CNC-plasmaleikkauskoneeksi. Työtä varten on hankittuna Tenruyn valmistama SMD-ladontakone vuodelta 1995. Ladontakoneella on ladottu piirilevyihin pintaliitoskomponentteja. Komponenttien asemointi on ollut tarkkaa, joten koneen tarkkuus on huomattavasti plasmaleikkauksessa tarvittavaa parempi.

Koneessa on lähes kaikki tarvittava mekaniikka valmiina. Työn tavoitteena on käyttää mahdollisimman paljon hyödyksi alkuperäisen koneen elektroniikkaa. Tarvittavat ohjauksen lisäosat on tarkoitus hankkia valmiina tai suunnitella itse.

Ohjelmistoina käytetään mahdollisimman paljon ilmaisia ohjelmia, tai hyvin perustellusta syystä voidaan käyttää maksullisia ohjelmia. Mahdollinen syy maksullisen ohjelman käyttöön voisi olla ohjainkortin ja ohjelmiston yhteensopivuusongelmat ilmaisten ohjelmien kanssa.



KUVA 1. Tenruy-ladontakoneen runko purettuna

2 MÄÄRITELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja rakentaa CNC-plasmaleikkauskoneen ohjauselektronikka. Tavoitteena on käyttää mahdollisimman paljon valmiita moduuleita ja ilmaisia ohjelmistoja, jolloin koneen hinta pysyy edullisena.

Työ on jaettu useampaan vaiheeseen, vaiheet täytyy tehdä oikeassa järjestyksessä, jotta lopputulos olisi toiminnaltaan ja kustannuksiltaan tarkoituksen mukainen. Koneen aihion käyttöön otettavat komponentit vaikuttaa toteutuksessa käytettäviin muihin komponentteihin.

Ensimmäinen vaihe on tutkia, mitä käyttökelpoista olemassa olevassa koneen rungossa on. Käytännössä tämä tarkoittaa koneen purkamista ja tutustumista sen elektronikkaan ja mekaaniseen rakenteeseen. Tämän perusteella päätetään jatkotoimenpiteistä ja tarvittavista lisäkomponenteista.

Selvitetään mitä CNC-ohjainkortteja on olemassa. Suoritetaan vertailu ja korttien soveltuvuus suunniteltuun koneeseen. Valinnan ratkaisevin tekijä on hinta ja ohjelmistojen yhteensopivuus käytettävien moduulien kanssa.

Tutkitaan, mitä ohjelmia on tarjolla, ja valitaan sopivin. Kriteereinä on hinta, käyttökelpoisuus ja tulevaisuuden näkymät jatkokehitystä silmällä pitäen. Valintaan vaikuttaa myös valittu ohjainkortti, koska kaikki ohjelmat eivät tue kaikkia ohjainkortteja tai päinvastoin.

Kaikkia koneita koskee EU:n koneturvallisuus direktiivi 2006/42/EY. Tämä on otettava huomioon suunnittelussa ja konetta rakennettaessa. Direktiivi koskee myös itse rakennettuja koneita. Tämän koneen osalta hätäpysäytyksen toteuttaminen on suurin direktiivin vaikutus.

Suunnitellaan alkuperäisen ja uuden elektronikan väliset sovitukset sekä mahdollisesti tarvittava muu elektronikka. Näihin kuuluvat mahdolliset signaalien tasomuunnokset ja ohjainkortin lähtöjen ja tulojen suojaukset.

Testausvaiheessa testataan ja kalibroidaan kone toimintakuntoon. Testauksessa on tärkeää todentaa kaikkien elektroniikkaosien toiminta sekä ohjelmiston yhteensopivuus. Kalibroinnissa asetetaan liikkeiden mittayksiköt kohdalleen.

3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

CNC-plasmaleikkuri tulee käyttöön työn tilaajan verstaalle, jossa tehdään harrastus- ja ammattimaista metallituotantoa. Harrastusprojektit ovat metallitöitä laidasta laitaan, ammattimaisemmat työt liittyvät mastojen, antennien ja niiden osien valmistukseen. CNC-ohjattu leikkauskone parantaa tarvittavien osien valmistustarkkuutta ja mahdollistaa pienten sarjojen valmistuksen.

Verstaalla on käytössä Hypertherm Powermax45 käsikäyttöinen plasmaleikkauslaite. Tätä laitetta on tarkoitus käyttää myös tässä CNC-leikkauskoneessa plasmavirtalähteenä.

Laitteen rungoksi on hankittu vanha SMD-komponenttien latomakone, josta on purettu kaikki tarpeeton pois. Koneesta on jätetty uudelleen käytettäväksi, runko, servo-ohjaimet (2 kpl), servomootorit, askelmoottorin ohjain ja liikkeiden rajatunnistimet.

Ohjaavan tietokoneen ja koneen liitännässä käytetään USB-liitäntää, koska nykyisin lähes kaikista uusista PC-tietokoneista puuttuu sarja- ja rinnakkaisportit. USB-liitäntä mahdollistaa myös kannettavan tietokoneen käytön.

4 TOTEUTUS

4.1 SMD-latomakoneen purkaminen ja tutkiminen

Toteutus alkaa selvittämällä mitä osia koneen ahiosta voidaan käyttää uudelleen. Latomakoneessa on tukeva runko, jossa on X- ja Y-liikkeen johteet asennettuna servomootoreineen. Tämä runko otetaan käyttöön kokonaisuudessaan.

Alkuperäisessä koneessa on runsaasti elektroniikkaa sekä erilaisia peltisuoja. Peltisuoja puretaan kaikki pois. Elektroniikasta löytyy käyttökelpoisia osia: mm. servo-ohjaimet, servomootorit, askelmoottorin ohjainkortti ja liikkeiden rajatunnistimet. Kaikki muu ylimääräinen elektroniikka poistetaan ja kierrätetään paikallisen romuliikkeen kautta. Ylimääräistä piirilevyistä ja johdoista koostuvaa romua tuli noin 50 kg sekä muuta metalliromua n. 200 kg.

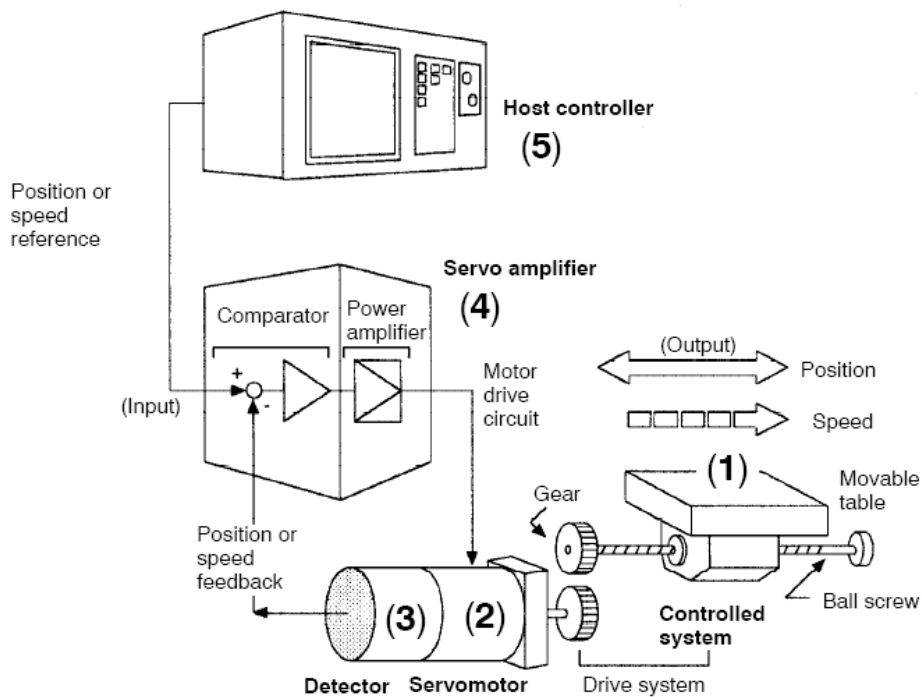
4.1.1 Servo-ohjaimet ja moottorit

Koneessa on kaksi kappaletta Yaskawa servopack-ohjaimia moottoreineen, yksi 800 W:n ja yksi 400 W:n tehoisia yksiköitä, tyytit ovat SGDA-800S ja SGDA-400S. Servo-moottoreissa on tarkat enkooderit, joilla saadaan moottorin akselien asentotieto. Näissä moottoreissa on käytännössä pulsseja liikkeen mukaan 2048 pulssia yhtä akselin kierrosta kohden.



KUVA 2. Yaskawan servo-moottori ja -ohjain /5/

Servo-ohjain pitää huolen, että moottorin akseli kääntyy juuri ohjaustiedon mukaan ja pysyy myös annetussa asennossa. Lisäksi servo-ohjaimen voidaan ohjelmoida erilaisia käynnistys- ja sammutusramppeja, pyöritysmomenteja, rajakytkimiltä tulevat tiedot, hälytyksiä ja hätä seiskykimet. Servo-ohjaimilla saadaan servomoottoreita ohjattua pulsseilla antamalla suuntatieto ja pulsseja, kuten askelmoottoriohjaimelle. Yaskawan servo-ohjaimille on hallinta-ohjelmisto SigmaWin, jolla on helppo asettaa tarvittavat parametrit. Ohjelma löytyy valmistajan verkkosivuilta (www.yaskawa.com).

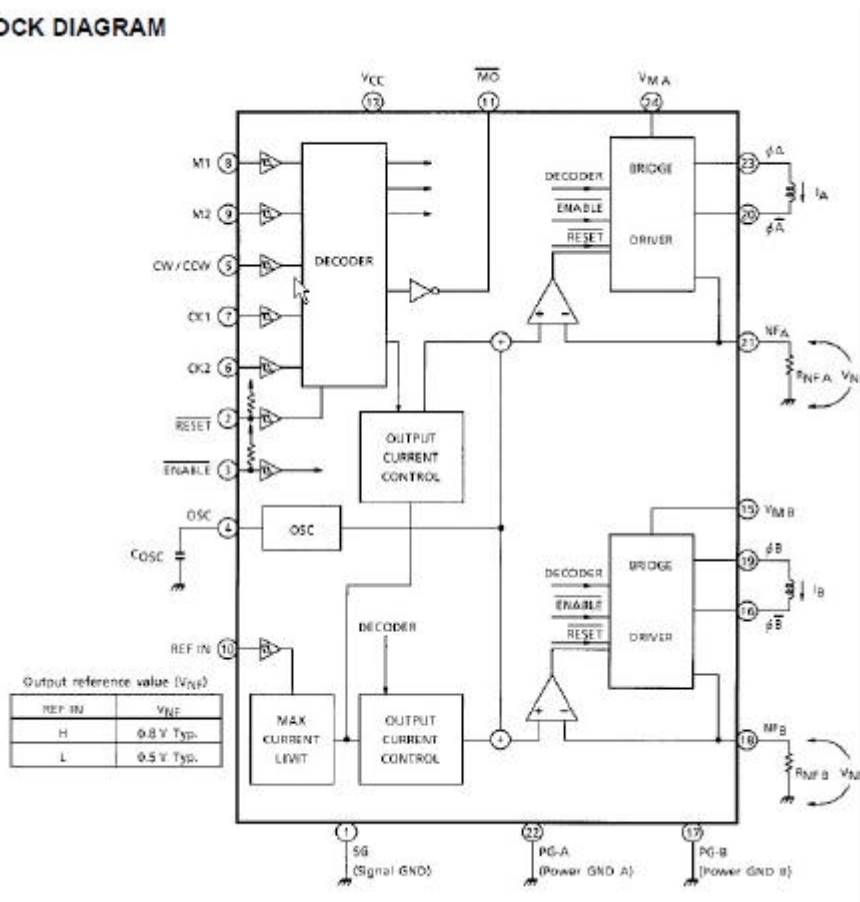


KUVA 3. Servomoottorin toimintaperiaate /5/

4.1.2 Askelmoottoriohjain

SMD-ladontakoneen latomapäitä on ohjattu askelmoottoreilla, joiden ohjaukseen on käytetty Toshiba TA8435H-ohjainpiirillä toteutettua ohjainta, joka voidaan ottaa uusiokäyttöön. Moottorit ovat liian pieniä, joten niitä ei voida käyttää. Ohjain oli alun perin mitoitettu pienille moottoreille, virta n. 0,5 A. Muuttamalla R_{vf} -vastuksen arvoa saadaan virta nostettua riittäväksi käytettävälle moottorille. Ohjain tarvitsee pyörimissuuntatiedon ja pulssitiedon moottorin askellukseen.

BLOCK DIAGRAM



KUVA 4. TA8435H lohkokaavio /4/

4.2 CNC-ohjainkortin valinta

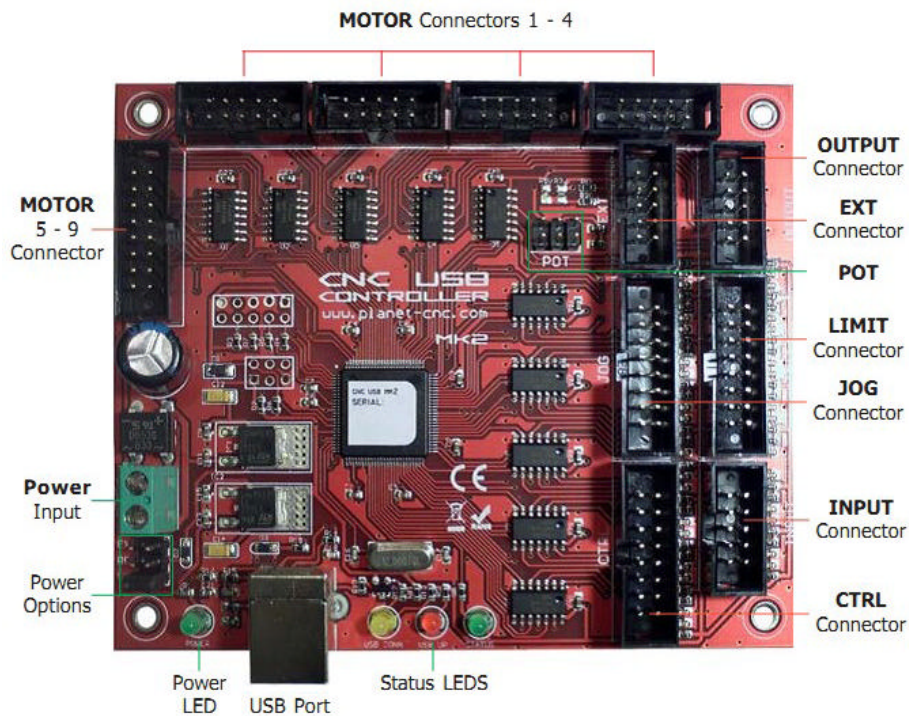
Vaihtoehtoina on etsiä valmis ohjainkortti tai suunnitella ja toteuttaa oma ohjain. Ensimmäiseksi lähdin tutkimaan, mitä valmiita vaihtoehtoja olisi käytettävissä. Kalliit puhtaasti kaupalliset ohjainkortit pudotin heti pois vaihtoehtojen joukosta. Aloin tutkia, mitä harrastajien ja harrastuskäyttöön tehtyjä ohjainkortteja on olemassa, ja etsiä keskustelupalstoilta kokemuksia niiden toimivuudesta. Hyviä keskustelupalstoja, joilla on paljon ja monipuolista keskustelua ovat <http://www.cnc-tekniikka.com> ja <http://www.cnczone.com>. Ohjainkortteja on olemassa useammalla tietokoneeliitynnällä, RS-232, rinnakkaisportti, suoraan PC:n PCI-korttipaikkaan tai USB-liitäntään. Rinnakkaisportti on yleisin.

Tähän työhön tutkin tarkemmin muutamia erilaisia ohjainkortteja. WinCNC-ohjainkortti ja ohjelmisto ohjaukseen, www.wincnc.net/. WinCNC on PCI-korttipaikkaan asennettava ohjainkortti. Myytävä paketti sisältää ohjelmiston ja ohjainkortin, hinta n. 1200 USD. Tämän paketin hyvänä ominaisuutena voisi pitää monipuolisuutta. Tähän työhön miinuksena on hinta sekä kortin vaatima erillinen pöytä tietokone.

CNC USB controllel-kortista on useampi versio: Mk1 joka on 4-akselinen, Mk2 9-akselinen sekä valinnan jälkeen markkinoille tullut Mk2:n 4-akselinen versio. Ohjaimen mk2 ja ohjelmiston hinta on n. 200 euroa. Korttia myydään www.planet-cnc.com verkkokaupassa. CNC USB controllel-ohjainkorkeissa on tietokoneeliitintäänä, kuten nimikin kertoo, USB-liitäntä. Näiden esiteltyjen ohjainkorttien lisäksi on olemassa lukuisia, joka kaupallisia tai harrastajavoimin tehtyjä ohjaimia.

Nykyisin PC-tietokoneissa muut kuin USB-portit ovat jo harvinaisuuksia, joten yhtenä valintakriteerinä on USB-liityntä. Leikkauskone vaatii vähintään 3-akselisen ohjauksen (X,Y,Z) ja liitännät plasmaleikkauskoneen ohjaukseen, mm. plasman käynnistys, plasman käynnistymisen tunnistus ja mahdollista polttimen automaattista korkeudensäätöä varten leikkausjännitteen mittausta.

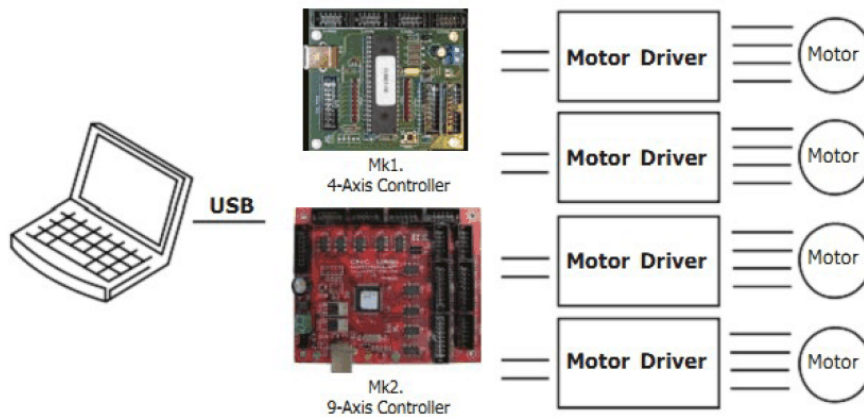
Valmiita ohjainkortteja löytyy runsaasti, jopa siedettävään hintaan, joten oman kortin suunnittelu vaihtoehto hylätään aikaa vievänä ja kalliimpana vaihtoehtona. CNC-ohjainkortiksi valitaan USB CNC controllel mk2. Perusteluina valinnalle on kortin monipuolisuus, hinta ja tärkeimpänä USB-liitäntä.



KUVA 5. USB CNC Controller-ohjainkortti /2/

Valitun kortin ominaisuudet:

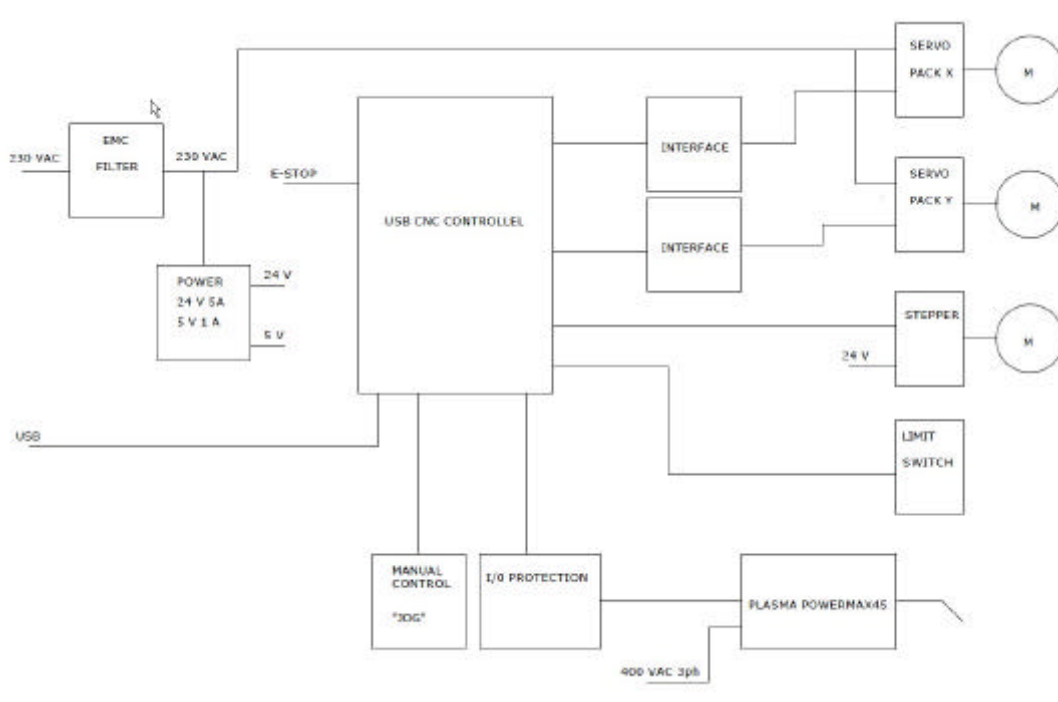
- 100 kHz:n askellustaajuus
- 7 digitaalista lähtöä
- 12 us minimi pulssinleveys
- manuaaliset pikaliikkeenohjaukset kaikille akseleille
- rajakytkimet kaikille akseleille
- 5 digitaalista sisääntuloa
- 8 kontrolli sisääntuloa ohjauksille
- tuki SD-kortille, voi suorittaa G-koodia ilman tietokonetta
- I2C- väylä



KUVA 6. Ohjainkortin toimintaperiaate /2/

4.3 CNC- ohjainkortin yhdistäminen toimielimiin

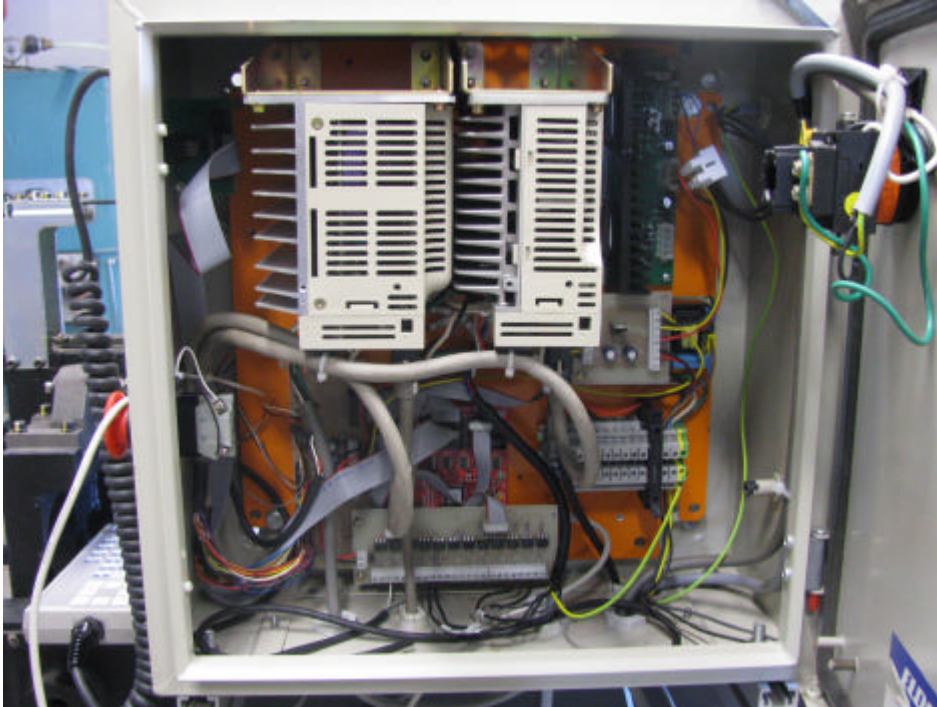
Ohjainkortin kytkemiseksi laikkauskoneeseen tarvitaan erilaisia sovitus- ja erotuskytkentöjä. Seuraavassa on kerrottu, kuinka eri osien kytkennät on toteutettu. Ohjainkortti liitetään lohkokaavion KUVA 7. mukaisesti toimielimiin.



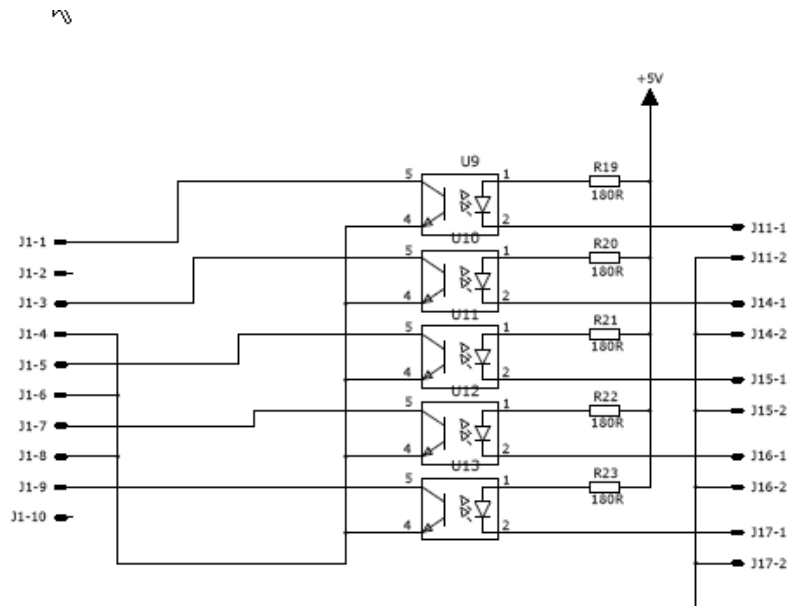
KUVA 7. Ohjauselektroniikan lohkokaavio

Kaikki kortille koneen ulkopuolelta tulevat I/O-linjat suojataan opto-erottimilla. Erottimien kytkennät on esitetty kuvassa 9 ja 10. Tuloissa olevissa opto-erottimissa on 180 ohmin

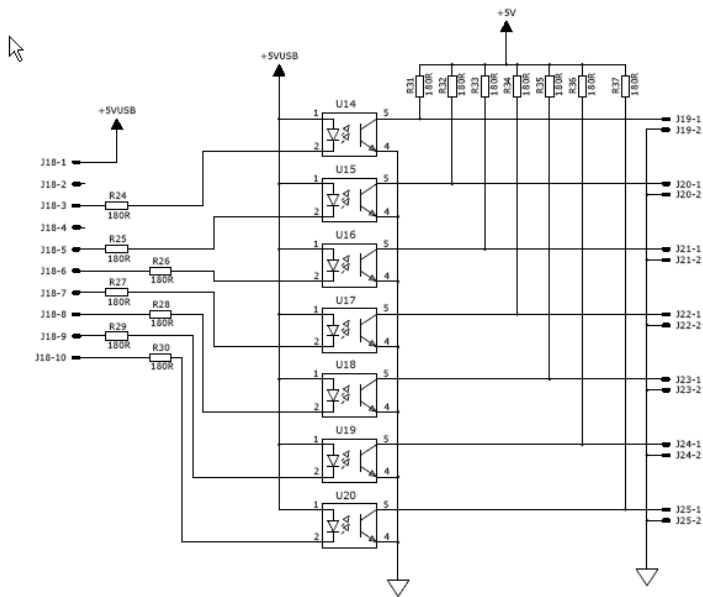
ylösvetovastukset +5 V:n, jolloin maksimi virta on n. 20 mA. Tulot on suunniteltu toimimaan sulkeutuva koskettimisen releen tai kytkimen kanssa. Lähtönastoissa olevat opto-erottimet rajoittaa lähtöjen maksimi virrankestoksi 50 mA (CNY17-3). Jos kytketään yli 20 mA:n kuorma, lähtöön pitää lisätä rele. Kuvassa 9, näkyvät 180 ohmin ylösvetovastukset on jätetty pois, koska oletuksena on, että ulkopuolisen ohjattavan laitteen omassa virtapiirissä kulkee tarvittava virta.



KUVA 8. Ohjauselektronikka koteloituna



KUVA 9. Tulo liittäntöjen suojauskytkentä

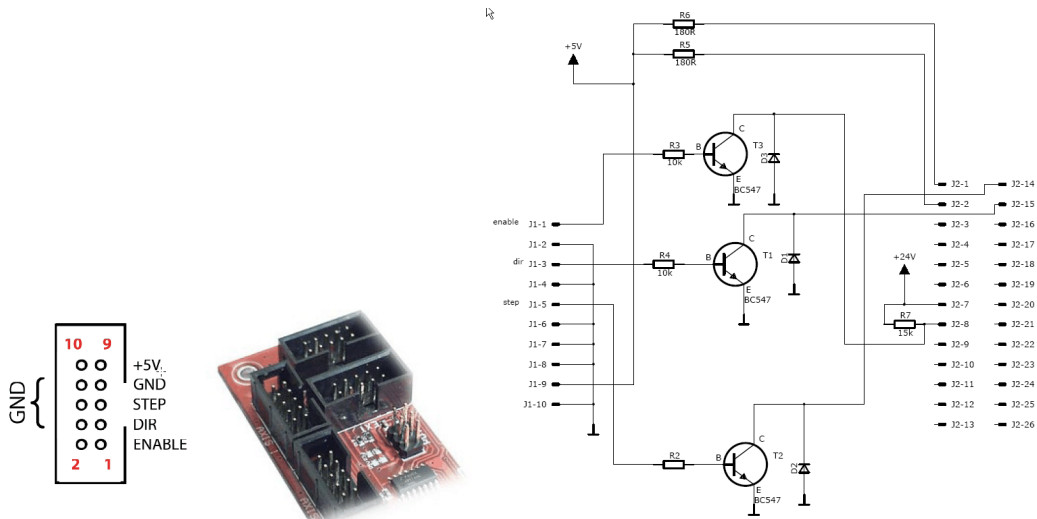


KUVA 10. Lähtöliityntöjen suojaus

4.3.1 Servo ohjaimet

Servomoottorien ohjaimet asetetaan pulssimoodiin, jolloin servomoottoreita voidaan tasomuunnoksen jälkeen suoraan ohjata ohjainkortilla. Ohjainkortilla on moottorien ohjausliittimet, joissa on KUVA 11. mukaiset ohjaukset.

Servo-ohjaimella on 24 V:n ylösvedolla varustetut sisääntulot, jolloin tasomuunnokseen riittää open collector-transistori. Servo-ohjaimen sisääntuloissa on valmiiksi opto-erotus. Ohjainkortin 5 V:n ja servo-ohjaimen 24 V:n tasojen sovitukseen käytetään "open collector"-transistorikytkentää KUVA 11. Ohjaimen DIR-signaali määrää pyörimissuunnan, STEP-signaalilla ohjataan moottorin liikettä ja ENABLE-ohjauksella sammutetaan ja käynnistetään servo- ohjain.



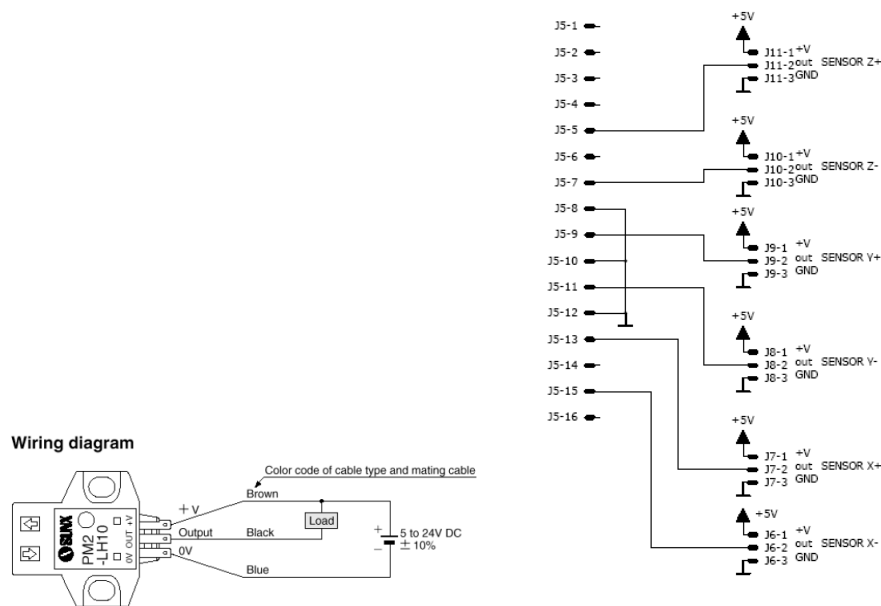
KUVA 11. Servo-ohjaimen liityntä /1/

4.3.2 Askelmoottori ohjain

Askelmoottorin ohjaus voidaan kytkeä suoraan ohjainkortille. Kortilla on pulssi ja suunnan määräävät nastat. Askelmoottori tarvitsee lisäksi ulkoisen 24 V:n käyttöjännitteen, 24 V:n tehollähteeksi olen valinnut 5 A:n hakkuriteholähdemoduulin. Samasta tehollähteestä saadaan myös muualla tarvittavat 5 V:n ja 12 V:n jännitteet.

4.3.3 Liikeradan rajakytkimet

Liikkeiden X ja Y rajakytkiminä on koneen rungossa optohaarukat, joilla tunnistetaan kunkin liikkeen ääriasento. Optojen tilatietona saadaan 0 V:a tai 5 V:a . Rajakytkimille on erillinen liitäntä kortti. Kortin kautta optohaarukoille syötetään käyttöjännite ja saadaan yhdestä nastasta sen hetkinen tilatieto. Käyttöjännite syötetään erillisestä virtalähteestä, ettei kuormiteta ohjaavan tietokoneen USB- porttia.



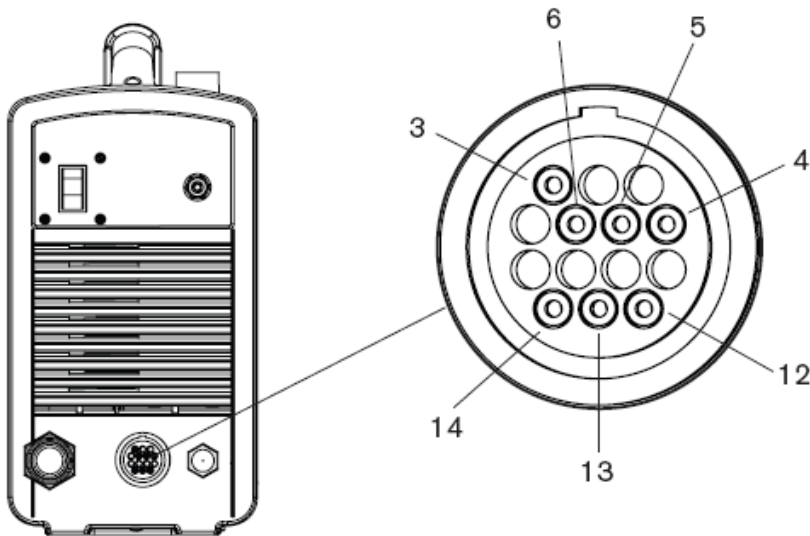
KUVA 12. Rajakytkimien liittäminen ohjainkortille /3/

4.3.5 Plasmavirtalähteen kytkennät

Plasmavirtalähdettä ohjataan USB CNC-ohjainkortilla olevien I/O-liitäntöjen kautta. Hypertherm powermax45:ssa on oma ohjausliitäntä konekäyttöä varten. Liitännässä on taulukossa 4.1 /1/ olevat signaalit. "Start"-nasta syyttää valokaaren, kun se kytketään maanastaan. "Transfer"-nastasta saadaan koneelle tieto valokaaren syytymistä ja lupa käynnistää liike tai vastaavasti pysäytetään liikkeet, jos valokaari jostain syystä sammuu kesken leikkauksen. Liittimestä saadaan myös analoginen tieto plasmajännitteestä, jonka avulla polttimen korkeutta voidaan säätää automaattisesti optimiin, jolloin saadaan paras leikkaus jälki. Jännite on 1:50 polttimen elektrodilla olevasta jännitteestä. "Start"- ja "transfer"-ohjaukset kytketään ohjauskortille optoerottimen kautta. Opto-erottimella suojataan ohjainkorttia mahdollisilta jännitepiikeiltä ja virtasilmukoilta.

TAULUKKO 1. Hypertherm Powermax45 plasman liittynät /1/

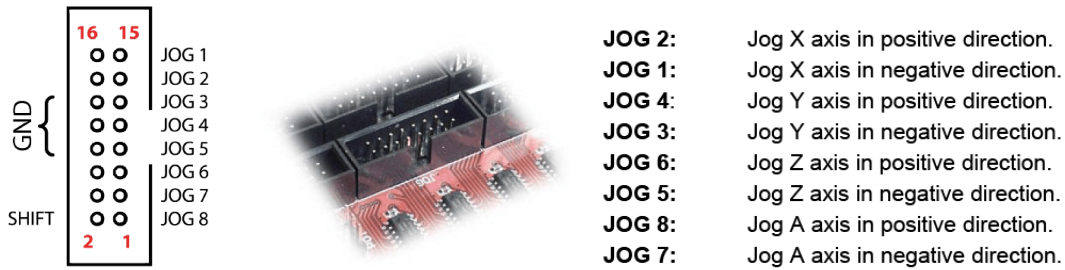
Signal	Type	Notes	Connector sockets	Cable wires
Start (start plasma)	Input	Normally open. 18 VDC open circuit voltage at START terminals. Requires dry contact closure to activate.	3, 4	Green, black
Transfer (start machine motion)	Output	Normally open. Dry contact closure when the arc transfers. 120 VAC/1 A maximum at the machine interface relay or switching device (supplied by the customer).	12, 14	Red, black
Ground	Ground		13	
Voltage divider	Output	Divided arc signal of 20:1, 21.1:1, 30:1, 40:1, 50:1 (provides a maximum of 18 V).	5, 6	Black, white



KUVA 13.. Plasmavirtalähteen koneliittimen sijainti ja pinnit /1/

4.3.6 Käyttöpaneeli

Ohjainkortilla on valmis liitäntä käyttöpaneelille, jolla saadaan eri akselien liikkeitä ohjattua käsin ja säädettyä liikkeiden nopeus. Nämä niin sanotut pikaliikkeet ovat käteviä, kun leikkauksen aloituskohtaa valitaan tai halutaan siirtää leikkauspää nopeasti tiettyyn paikkaan.



- JOG 2:** Jog X axis in positive direction.
- JOG 1:** Jog X axis in negative direction.
- JOG 4:** Jog Y axis in positive direction.
- JOG 3:** Jog Y axis in negative direction.
- JOG 6:** Jog Z axis in positive direction.
- JOG 5:** Jog Z axis in negative direction.
- JOG 8:** Jog A axis in positive direction.
- JOG 7:** Jog A axis in negative direction.

KUVA 14. Pikaliikkeiden nastajärjestys /1/

4.3.7 Laajennusliitin

Laajennusliittimessä on I2C-väylä ja SD-kortille liitäntä. I2C-väylää voidaan käyttää erilaisten näyttöjen ja mahdollisten AD-muunnin laajennusten lisäykseen. SD-korttia voidaan käyttää leikkausohjelman tallennukseen. Muistikortti mahdollistaa ohjelman suorituksen ilman tietokonetta.



- SDMISO:** Signal
- SDMOSI:** Signal
- SDSSEL:** Signal
- SDSCK:** Signal
- I2C CL:** Signal
- I2C DA:** Signal
- GND:** Ground
- +3.3V:** +3.3V supply
- GND:** Ground
- +5V:** +5.0V supply

KUVA 15. Laajennusliittimen nasta järjestys /1/

4.4 Tarvittavat ohjelmistot

CNC-ohjattu leikkaus vaatii kolmen tason ohjelmistojä, CAD-, CAM- ja koneen ohjaukseen tarvittavan ohjelmiston. CAD-ohjelmistolla piirretään ja mitoitetaan leikattava kappale. Lopputuloksena saadaan työtiedosto. CAM-ohjelmalla saatu työtiedosto muutetaan koneen ohjelmistolle sopivaan muotoon, joka useimmiten on G-koodia. G-koodi on CNC-koneiden ohjaukseen tarkoitettu ohjelmointikieli. Tarkempia tietoja G-koodista on CNC USB-controllerin käyttäjän oppaassa.

Koska koneeseen on valittu CNC USB-controller-ohjainkortti, on tässä järkevää käyttää tälle ohjainkortille tarkoitettua PC-ohjelmaa. Tässä tapauksessa PC-ohjelma toimii samalla myös CAM- ohjelmana. Ohjelmaan voidaan tuoda suoraan esim. DXF-tiedosto, joka on muodostettu CAD-ohjelmalla. PC-ohjelmisto muodostaa DXF-tiedostosta G-koodin.

4.4.1 CAD- ohjelmat

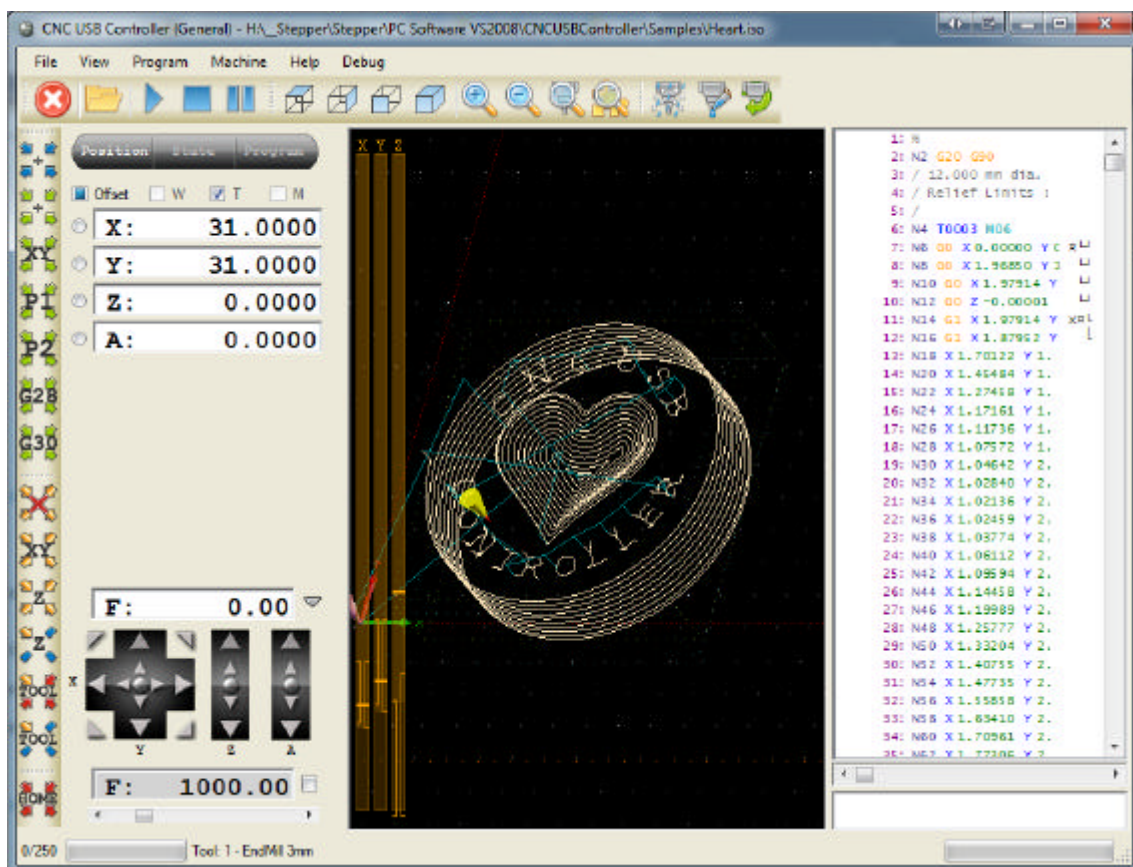
CAD-ohjelmistojä on olemassa monia, yksi tunnetuin on ACAD, mutta se on kallis tällaiseen käyttöön, koska työssä on tarkoitus käyttää ilmaisohjelmia. Vaatimuksena on ainoastaan mahdollisuus piirtää leikattava kappale mittakaavassa ja tuloksena CAM-ohjelmiston vaatima data. Tällaisia ohjelmistojä ovat esim. DraftSight (<http://www.3ds.com>) ja CadStd (<http://www.cadstd.com/dlfrom.html>). Lähes kaikki piirustusohjelmat toimivat, etenkin taide- ja koristeleikkausten suunnitteluun käytetään yleisesti CorelDraw-ohjelmaa.

4.4.2 CAM- ohjelmat

Ilmaisia CAM-ohjelmia, joissa ei ole mitään rajoituksia on vaikeampi löytää, mutta on olemassa useita ohjelmia, joissa G-koodin rivimäärä on rajoitettu. Näiden ohjelmien kaikki muut ominaisuudet toimivat täysin näyteversioissakin. Tällaisia ohjelmistojä ovat esim. Gsimple (<http://www.polaris.com.gr/software.html>) ja Gcam (<http://gcam.js.cx/wiki/Files>) Maksullisista ohjelmista yleisin on SheetCAM TNG (<http://www.sheetcam.com/>), ohjelma toimii myös demomoodissa, jossa koodirivien määrä on rajoitettu 180:n. SheetCAM TNG:n lisenssi maksaa n.160 euroa.

4.4.3 CNC- ohjain ohjelmat

Valittu ohjain kortti rajoittaa ohjain-ohjelmistojen valintaa, sillä kaikki ohjelmat eivät osaa kommunikoida valitun USB CNC kortin kanssa. Ohjaikortin toimittajalla on oma ohjelmisto ja lisäksi ohjainohjelmisto, joka toimii ainakin Mach3-ohjelmiston (<http://www.artsoftcontrols.com/>) kanssa. Tähän työhön on valittu ohjainkortin suunnittelijan tekemä ohjelma, koska silloin voi olla täysin varma yhteensopivuudesta.



KUVA 16. USB CNC Controllel ohjelman käyttöliittymä /2/

5 TESTAUS

Leikkauskoneen testaus tehdään useammassa vaiheessa. Ensin testataan tietokoneen ja muiden yksiköiden väliset kytkennät. Tarkistetaan servo-ohjainten asetukset. Seuraavaksi kytketään moottorit ja testataan niiden oikeat pyörimissuunnat. Näiden tarkistusten jälkeen asennetaan moottorit kiinni koneen toimieliimiin ja kalibroidaan liikkeet. Viimeiseksi kytketään plasmavirtalähde ja testataan sen ohjaukset.

Kun kaikki on saatu toimimaan oikein, tehdään ensimmäinen koeleikkaus. Kokeilua varten on tehty oma työtiedosto, joka sisältää kaikkien toimintojen kokeilun. Ohjelmakoodi on liitteenä työn lopussa.

5.1 Tietokoneen ja ohjaukset testaus

Ensin testataan tietokoneen ja ohjaukset liikköinti USB-portin kautta. Ensimmäisellä käynnistyskerralla pitää asentaa USB-ohjain sekä aktivoida ohjaukset lisenssiavaimella. Lisenssiavain on ohjelma- ja korttikohtainen ja se on liitetty ohjaukset sarjanumeroon. Ohjelmaa pystyy käyttämään rajoitetusti ilman lisenssiä, mutta leikkausohjelman rivien määrää on rajoitettu. Servo-ohjainten asetukset asetetaan käyttöohjeen (Yaskawa TSE-S800-15.pdf) mukaan, toimintamoodiksi asetetaan pulssi ja suuntamoodi, muut asetukset voi jättää servon oletusarvoihin. Asetuksien muuttamiseen käytetään Yaskawan WinZigma-ohjelmistoa.

Seuraavaksi testataan moottoreiden ohjaukset ja rajakytkimien toiminta. Moottorit testataan antamalla niille liikekäsky, jolloin katsotaan niiden pyörimissuunta. Rajakytkimet tarkistetaan laittamalla optohaarukkaan esimerkiksi valoa läpäisemätön viivain, ja katsotaan ohjainohjelmiston asetusvälilehdellä näkyvistä I/O-liitäntöjen tarkistuskentästä oikean linjan aktivoituminen.

5.2 Liikkeiden kalibrointi ja rajakytkimet

Liikkeet X,Y ja Z kalibroidaan ohjainohjelmistosta File->settings-välilehdeltä löytyvän kalibrointityökalun avulla akseli kerrallaan. Akselien kalibrointi tehdään ohjaamalla akselia 200 mm. Liikkeen jälkeen mitataan kuinka pitkän matkan akseli liikkui. Liikkunut matka laitetaan ohjelmaan, ohjelma laskee tarvittavien pulssien määrän mittayksikköä kohden. Kalibrointi on sitä

tarkempi, mitä pidemmällä matkalla mittausta suoritetaan. Kalibrointi suoritetaan kaikille kolmelle liikkeelle erikseen. Käytännössä parhaan tuloksen sai suorittamalla kalibrointi useampaan kertaan kaikille akselille.

5.3 Plasmavirtalähteen ohjausten testaus

Plasmavirtalähteen testaus suoritetaan tarkistamalla "start-" ja "transfer"-signaalien toiminta. Start-signaali saadaan tarkistettua ohjaamalla G-koodissa M3, eli käynnistämällä karamoottori. Karamoottorin ohjaus on tässä koneessa sama kuin valokaari päälle. Koneen ohjaus kaapelinliittimeltä tarkistetaan signaalien toimivuus yleismittarilla. "Transfer"- signaali tarkistetaan oikosulkemalla liittimen nastat 12 ja 14, jolloin toiminta näkyy ohjausohjelman settings valikon I/O-välilehdellä.

Näiden tarkistusten jälkeen kytketään koneen ohjausliitin paikoilleen plasmavirtalähteeseen. Kytetään jännitteet CNC-koneeseen ja plasmavirtalähteeseen. Koneeseen ladataan G-koodi, joka sisältää jonkin yksinkertaisen kuvion, esimerkiksi suora viiva. Z-akselin korkeus asetetaan sopivaksi ja käynnistetään ohjelman ajo. Jos kaikki toimii oikein, pitäisi plasman valokaaren syttyä, jonka jälkeen plasmavirtalähteeltä tulee signaali "saa liikkua". Tämän jälkeen koneen ohjaus siirtää leikkauspoltinta ohjelman mukaan.

5.4 Valmiin koneen lopputestaus

Valmiin koneen testausta varten tehdään leikkausohjelma, jossa on esimerkiksi suorakaiteen muotoinen pohja, johon leikataan pyöreä aukko. Leikkauksen jälkeen pyöreästä aukosta näkee jo silmämääräisesti, onko kalibrointi onnistunut. Aukko ei ole pyöreä, jos X- ja Y-akselit eivät kulje samassa suhteessa toisiinsa nähden. Lopuksi kappale mitataan. Jos kappaleen mitat eivät ole ohjelman mukaiset, kalibroidaan akselien liikkeet uudestaan.



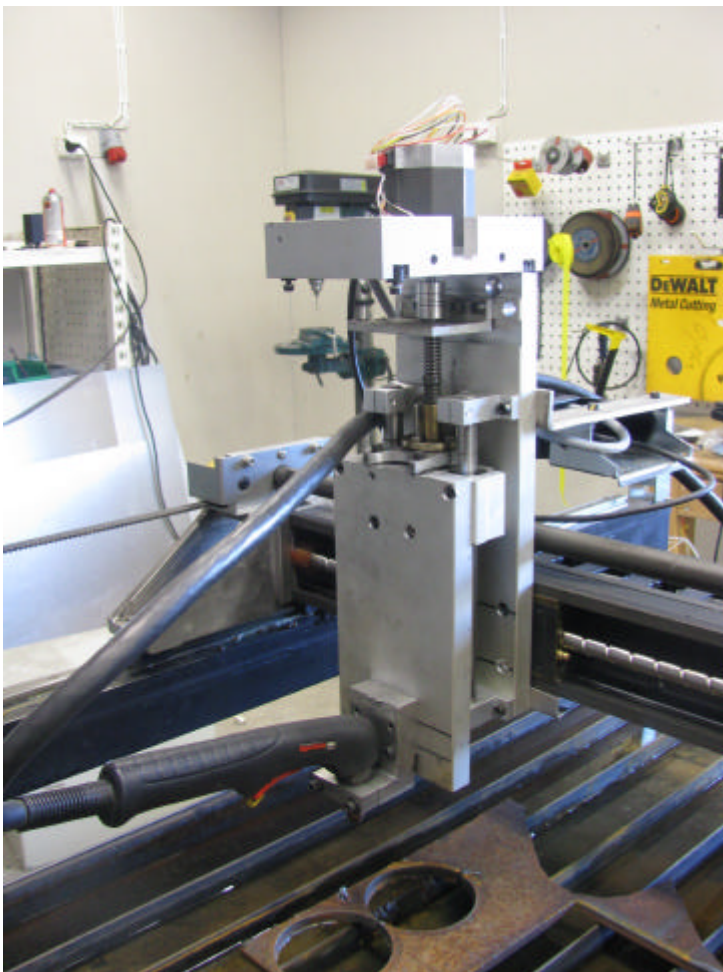
KUVA 17 Leikattu testikappale.

6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Jatkokehityksenä tulevaisuudessa tarvitaan leikkausohjelmiston optimointia plasman ominaisuuksille sopivaksi, mm. kulmien ja kaarteiden leikkauksen aikana huomioitava paremmin ominaisuus, jossa pohjan läpäisy kulkee hiukan polttimen sijainnin jäljessä.

Leikkausjäljen parantamiseksi voisi tehdä polttimen automaattisen korkeuden säädön plasmajännitteen mukaan. Säätö lienee helppo toteuttaa, joko toteuttaa erillisellä ohjausyksiköllä tai leikkausohjelmaa kehittämällä. Ohjauskortissahan on valmiiksi I2C-väylä.

Samaa koneen runkoa ohjauksineen voidaan tulevaisuudessa käyttää myös pienimuotoiseen jyrsintään vaihtamalla plasmapoltin karamoottoriin. Tällöin pitää opiskella tarkemmin servomootoreiden asetukset, koska jyrsintä vaatii suurempia voimia kuin plasmapoltin siirto kaikilla X, Y ja Z -akseleilla.



KUVA 18. Z-akselin mekaniikka ja askelmoottori

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tuloksena on saatu tilaajan verstaalle valmius CNC-ohjattuun plasmaleikkaukseen. Maksimi leikattavan kappaleen koko on n. 950 x 950 mm. Leikkauskonetta voidaan ohjata millä tahansa Windows-käyttöjärjestelmällä ja USB-liitännällä varustetulla tietokoneella.

CNC ja servotekniikka olivat ennen tämän työn tekemistä aivan outoa. Työ opetti, kuinka servomootorit ja askelmootorit toimivat, sekä niiden ohjaukseen käytettäviä tekniikoita ja menetelmiä. CNC-tekniikan puolelta työ opetti perusteita CNC-koneiden ohjelmoimisesta, tosin aivan pintapuolisesti. Ympäristön säästämisen kannalta on saatu kierrätettyä yksi käytöstä poistettu teollisuuden tuotantokone uuteen elämään ja käyttötarkoitukseen ja todistettua halpojen harrasteprojektien tuloksena syntyneiden ohjelmistojen ja ohjainkorttien toimivuus.

Kokonaisuutena työssä on saatu rakennettua toimiva CNC-ohjattu leikkauskone lähes kokonaan kierrätysosista.



KUVA 19. Valmis plasmaleikkauskone

LÄHDELUETTELO

/1/ Hypertherm Powermax 45 Operator manual – 805780 Rev. 1

/2/ CNC USB Controller user manual 16.12.2011

<http://www.planet-cnc.com/files/CNCUSBController.pdf>

/3/ Sunx PM-T53B Datasheet

/4/ TOSHIBA TA8435H Datasheet

/5/ SGDA/SGM/SGMP User's Manual

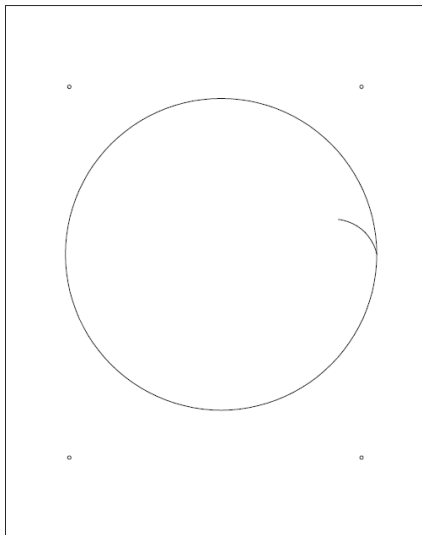
[http://www.yaskawa.com/site/dmservo.nsf/\(DocID\)/MNEN-5CLKGN/\\$File/TSE-S800-15C.pdf](http://www.yaskawa.com/site/dmservo.nsf/(DocID)/MNEN-5CLKGN/$File/TSE-S800-15C.pdf)

21.2.2012

Koneturvallisuus direktiivi 2006/42/EY

LIITTEET

Testikappale



Testi leikkauksen G-koodi

%

G90 G17 G21

F250.00

G00 Z5.0000

G00 X52.2575 Y76.8409 Z5.0000

G00 Z1.0000

M03

M01

G04 P1.0

G03 X52.25754 Y75.84087 I0.00000 J-0.50000

G03 X52.25754 Y76.84087 I0.00000 J0.50000

M05

G00 Z5.0000

G00 X52.2575 Y161.8710

G00 Z1.0000
M03
M01
G04 P1.0
G03 X52.25754 Y160.87097 I0.00000 J-0.50000
G03 X52.25754 Y161.87097 I0.00000 J0.50000
M05
G00 Z5.0000
G00 X90.8069 Y154.5841

G00 Z1.0000
M03
M01
G04 P1.0
G02 X100.94331 Y165.80046 I12.82024 J-1.39745
G03 X100.94331 Y75.21402 I0.00000 J-45.29322
G03 X100.94331 Y165.80046 I0.00000 J45.29322
G04 P1.0
M05
G00 Z5.0000
G00 X160.0161 Y161.8710

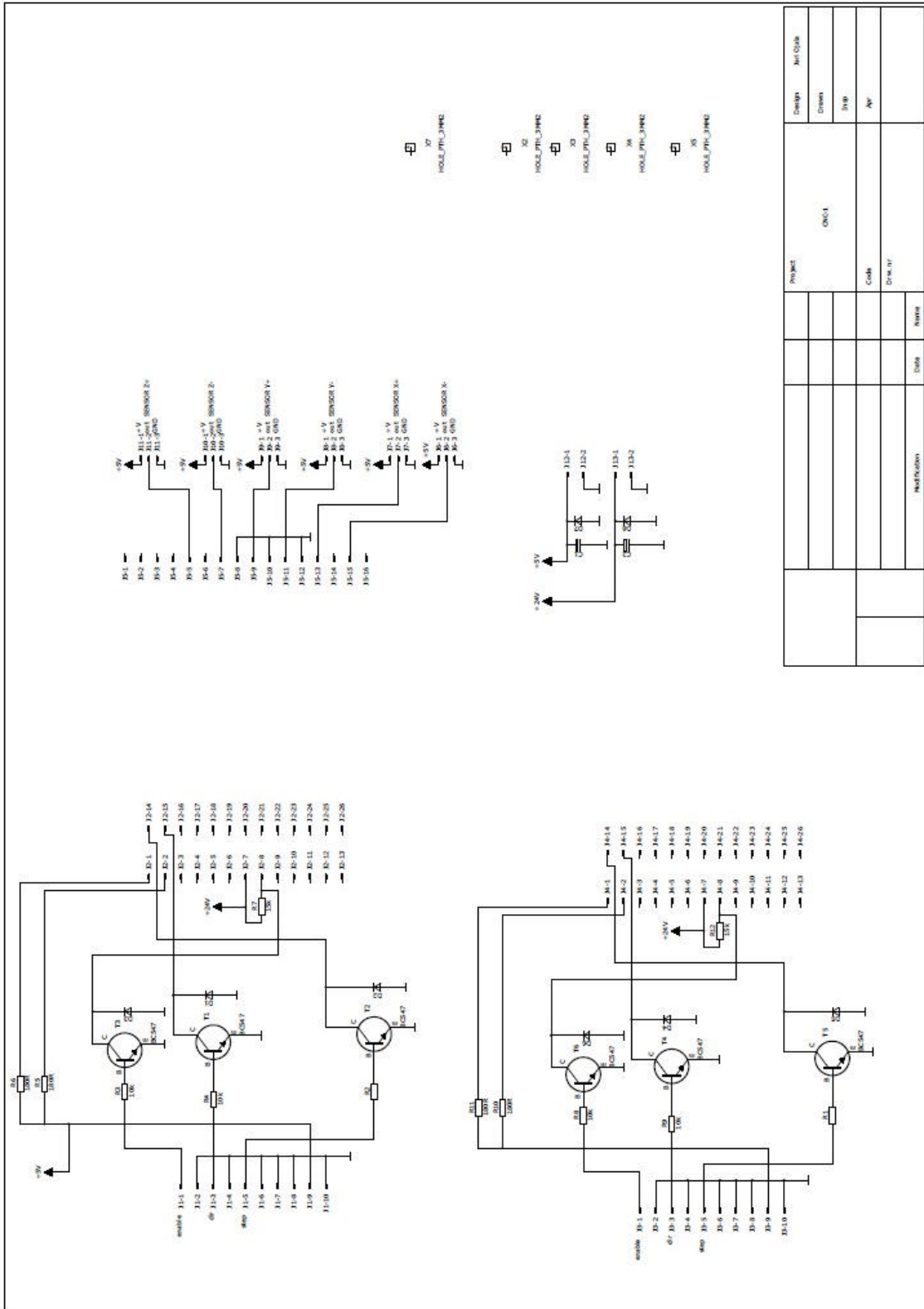
G00 Z1.0000
M03
M01
G04 P1.0
G03 X160.01606 Y160.87097 I0.00000 J-0.50000
G03 X160.01606 Y161.87097 I0.00000 J0.50000
M05
G00 Z5.0000
G00 X160.0161 Y76.8409

G00 Z1.0000

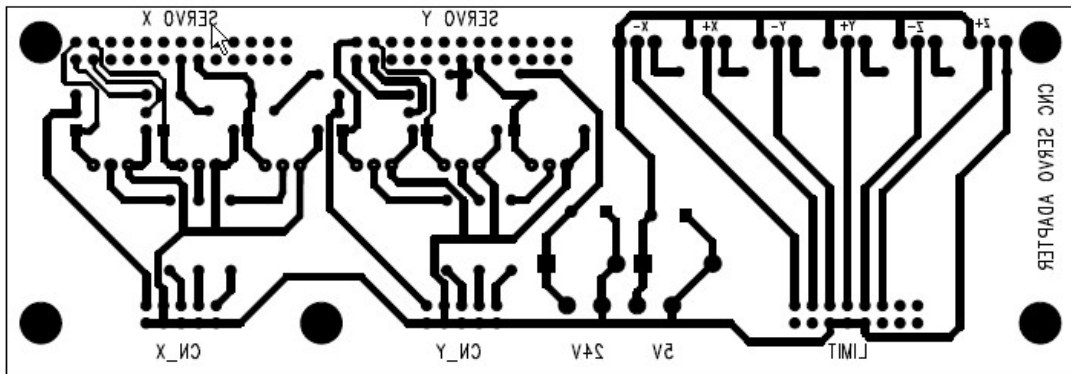
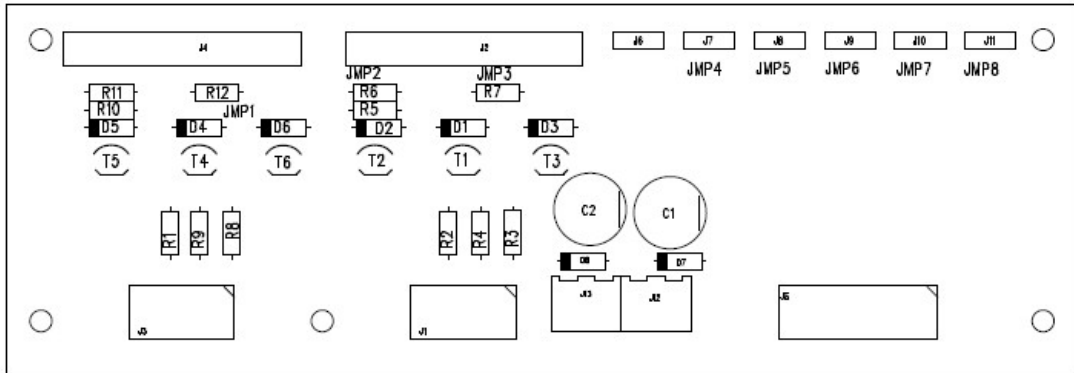
M03
M01
G04 P1.0
G03 X160.01606 Y75.84087 I0.00000 J-0.50000
G03 X160.01606 Y76.84087 I0.00000 J0.50000
M05
G00 X160.0161 Y76.8409 Z5.0000
G04 P1.0
M05
G00 Z5.0000
G00 X28.7066 Y179.9546
G00 Z1.0000
M03
M01
G04 P1.0
G00 Z1.0000
G04 P1.0
G01 Z1.0000
G04 P1.0
G01 X183.5670 Y179.9546
G04 P1.0
G01 X183.5670 Y57.7573
G04 P1.0
G01 X28.7066 Y57.7573
G04 P1.0
G01 X28.7066 Y179.9546
G04 P1.0
M05
G00 X0 Y0 Z20.0000

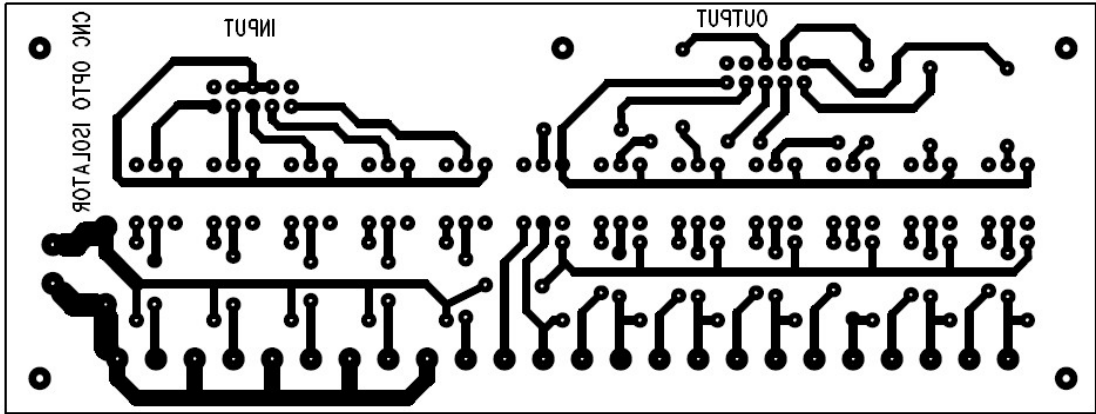
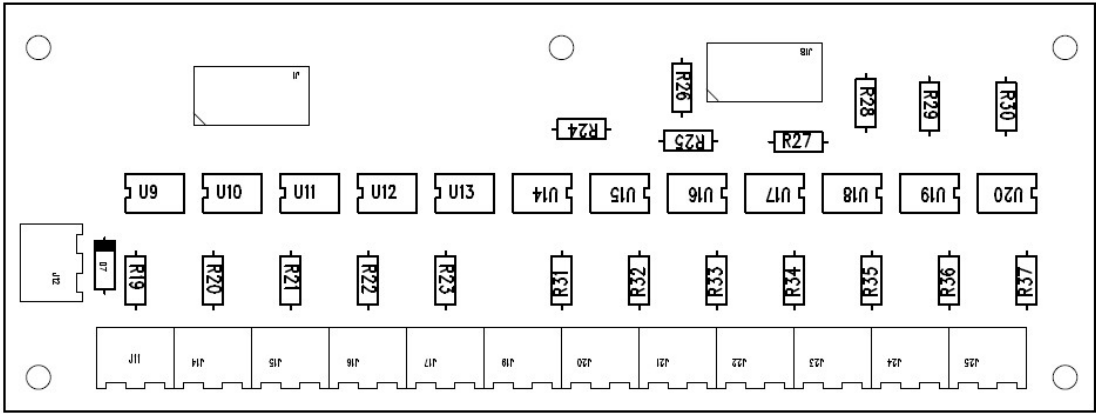
M05
M02
%

Tasomuuntimen piirikaavio ja piirilevy



Design	Net Code
Drawn	
By	
App	
Project	ONG1
Code	Draw: 1/1
Date	Name
Modifications	





5 V:n regulaattorin piirikaavio ja piirilevy

