

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Elektroniikan koulutusohjelma

**Perttu Pulkkinen**

**Käsinjuotos- ja korjausasemien testaus ja  
laboratorioharjoitukset**

**Insinöörityö 9.6.2009**

Ohjaaja: projekti-insinööri Lauri Virta  
Ohjaava opettaja: yliopettaja Kari Salmi

Tekijä Otsikko	Perttu Pulkkinen Käsinjuotos- ja korjausasemien testaus ja laboratorioharjoitukset
Sivumäärä Aika	53 sivua 9.6.2009
Koulutusohjelma	Elektroniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	projekti-insinööri Lauri Virta yliopettaja Kari Salmi
<p>Insinööriyön aiheena oli suunnitella PADS:llä piirilevyjä DIMA FP-700 -käsinjuotosasemaa ja ERS IR 500A -korjausasemaa varten. Piirilevyille tuli asentaa näillä laitteilla erikokoisia ja erilaisissa koteloissa olevia komponentteja. Tällä tavalla laitteiden suorituskykyä tuli testata. Testien pohjalta tuli tehdä kumpaankin laitteeseen laboratorioharjoitukset opiskelijoita varten.</p> <p>Piirilevyjen suunnittelussa käytettiin PADS-ohjelmistoa. PADS:llä suunniteltiin aluksi testilevy ja myöhemmin varsinainen piirilevy laboratorioharjoituksia varten. Käsinjuotosasemaa testattiin aluksi testilevyn avulla. Testilevyyn juotettiin kiinni komponentteja ja tarkasteltiin niiden juottumista. Tarkastelu suoritettiin sekä visuaalisesti että yleismittarilla. Korjausasemalla testaus suoritettiin irrottamalla käsinjuotosasemalla juotettuja komponentteja ja juottamalla niitä takaisin. Lisäksi korjausaseman testauksessa juotettiin kiinni komponenteista tyhjälle piirilevyille BGA-komponentti ja tarkasteltiin sen juottumista.</p> <p>Testaustuloksien perusteella pystyttiin hahmottamaan laitteiden suorituskykyyn liittyviä rajoja erilaisten komponenttien juottamisen suhteen. Testauksen perusteella pystyttiin arvioimaan, minkälaisen komponenttien asentaminen piirilevyille on järkevää milläkin laitteella. Testituloksien perusteella saatiin myös suunniteltua laboratorioharjoitukset ja niissä käytettävä piirilevy.</p> <p>Laboratorioharjoituksia pystytään hyödyntämään oppimistarkoituksessa. Opiskelijat pystyvät niiden avulla harjoittelemaan käsinjuotos- ja korjausaseman käyttöä sekä parantamaan käsitystään hyvien ja huonojen juotosten eroista.</p>	
Hakusanat	pintaliitoskomponentti, käsinjuotosasema, korjausasema, SMD, piirilevysuunnittelu

Author Title	Perttu Pulkkinen Hand soldering station and repair station, testing and laboratory exercises
Number of Pages Date	53 9 June 2009
Degree Programme	Electronics
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Lauri Virta, Project Engineer Kari Salmi, Principal Lecturer
<p>The subject of this thesis was to design printed circuit boards (PCB), for DIMA FP-700 hand soldering station and for ERSA IR 500A repair station, using PADS. The purpose was to mount components in packages of different kind and size, to the PCB. The purpose was to find out the capability of both stations to mount different kinds of components and to design laboratory exercises for students based on the testing.</p> <p>PADS was used in the designing of PCBs. At first, the test PCB was designed. The test PCB was used in the testing of the hand soldering station. The components were mounted to the test PCB and after that the quality of the joints was examined by visual inspection and using a volt-ampere-ohm meter. The final PCB for the laboratory exercises was designed after the testing of the hand soldering station. The testing of the repair station was performed by using the very same test PCB which was used on hand soldering station. Some of the mounted components were unmounted and remounted by the repair station. Also a BGA component was mounted to the PCB which did not contain any other components. This made the examining of the joints easier.</p> <p>Based on the test results the limits of performance were perceived on both stations. Based on the testing, it became clear what kind of station should be used to mount components in each individual case. The laboratory exercises were also designed based on the test results.</p> <p>The laboratory exercises can be used for learning purposes. Students will be able to practise the use of the hand soldering station and the repair station by using those exercises. Students will also be able to understand better the difference between the good joint and the bad joint.</p>	
Keywords	surface mount device, SMD, hand soldering station, repair station, PCD designig

# Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

1 Johdanto	7
2 Pintaliitoskomponenttien asentaminen	7
2.1 Pintaliitoskomponenttiperheet	7
2.1.1 Melf- ja palakomponentit	9
2.1.2 SO- ja PLCC-komponentit	10
2.1.3 QFP-komponentit	11
2.1.4 BGA-komponentit	12
2.2 Pintaliitoskomponenttien juottaminen käsin	12
2.3 Pintaliitoskomponenttien asennusmenetelmät teollisuudessa	14
2.3.1 Juotospasta ja sen annostelu	14
2.3.2 Komponenttien ladonta	16
2.3.3 Reflow-juottaminen	16
2.4 Käsinjuotos- ja korjausasema	17
2.4.1 Käsinjuotolasema Dima FP-700	17
2.4.2 Korjausasema ERSA IR 500 A	19
2.4.3 Huomioitavaa käsinjuotolaseman käytössä	21
2.4.4 Komponenttien uudelleen juottaminen	23
2.5 Staattinen sähkö ja herkkien piirien käsittely	24
3 Piirilevysuunnittelu	25
3.1 Piirilevysuunnittelussa huomioitavaa	25
3.2 Komponenttien sijoittelu	26
3.3 Johtimet	27
3.4 Juotosalueet	27

4	Oppiminen ja ryhmätyö	28
4.1	Ryhmätyö oppimisen välineenä	28
4.2	Ryhmätyön suunnittelusta	29
4.3	Ryhmätyön toteutus	29
5	Työn kulku	30
5.1	Aineisto ja menetelmät	30
5.2	Testilevyn suunnittelu ja valmistus	31
5.3	Testaus	32
5.3.1	Testaus käsinjuotosasemalla	32
5.3.2	Juotosten tarkastaminen	33
5.3.3	Tarkastuksen tulokset	33
5.3.4	Käsinjuotosaseman testauksen päätelmät	34
5.3.5	Testaus korjausasemalla	35
5.3.6	Korjausaseman testauksen tarkastus ja tulokset	36
5.3.7	Korjausaseman testauksen päätelmät	36
5.2	Lopullinen piirilevy käsinjuotos- ja korjausasemia varten	37
5.3	Laboratorioharjoitukset käsinjuotos- ja korjausasemille	38
5.3.1	Käsinjuotosasema	39
5.3.2	Korjausasema	40
6	Yhteenveto	40
	Lähteet	42
	Liite 1: Käsinjuotosaseman laboratorioharjoitus	43
	Liite 2: Korjausaseman laboratorioharjoitus	45
	Liite 3: Käsinjuotosaseman käyttöohje	46

## Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

BGA	Ball Grid Array, kotelotyyppi, jossa johtimet ovat komponentin alla
ESD	Electrostatic Discharge, staattisen sähkön purkaus
Fluksi	aine, joka puhdistaa juotospinnat kuumentaessa ja edistää juottumista
Juotospasta	pintaliitoskomponenttien kiinnittämiseen tarkoitettu seos, jolla komponentit juotetaan kiinni juotosalustoihin
Layout	kuvaus, jonka mukaan komponentit ja johtimet on suunniteltu piirilevyille
LQFP	Low-profile Quad Flat Pack, erittäin ohut ja litteä neliön muotoinen pintaliitoskomponentti, jossa on jalvoja joka sivulla
PADS	ohjelmisto, joka on tarkoitettu piirilevyjen suunnitteluun
PLCC	Plastic Leaded Chip Carrier, pintaliitoskomponentti, jossa neliön muotoinen kotelo ja siinä on j:n muotoiset jalat, mitkä ovat taitettu kotelon alle
Pintaliitoskomponentti	komponentti, joka liitetään piirilevyn pinnalla oleville juotosalustoille
QFP	Quad Flat Pack, litteä neliön muotoinen pintaliitoskomponentti, jossa on jalvoja joka sivulla
Reflow	juottamistapa, jossa komponentit kiinnitetään kuljettamalla piirilevyt ja komponentin reflow-uunin läpi
SMD	Surface Mounted Device, pintaliitoskomponentti
SOIC	Small-Outline Integrated Circuit, litteä pintaliitoskomponentti, jossa on ”lokinsiipijalat” kahdella sivulla
Stensiili	juotospastan annostelussa käytetty ohut metallilevy, jonka aukoista pasta painetaan juotosalustoille

## 1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli suunnitella PADS:llä piirilevyjä, jotka sisältävät erilaisia pintaliitoskomponentteja, DIMA FP-700 -käsijuotosasemaa ja ERSA IR 500A -korjausasemaa varten. Tehtävänä oli selvittää kuinka pieniä ja millaisia komponentteja laitteilla voi juottaa. Piirilevyihin oli siis tarkoitus asentaa erikokoisissa ja erilaisissa koteloissa olevia pintaliitoskomponentteja. Tämän lisäksi kummallekin laitteelle tuli tehdä opiskelijoille laboratorioharjoitukset, jotka sisälsivät työ- ja käyttöohjeet. Laboratorioharjoitusten tavoitteena oli opettaa opiskelijoille laitteiden käyttöä ja muodostaa heille käsitys, mitä laitteilla voi tehdä ja mitä ei. Erityisesti harjoituksissa keskityttiin siihen, että komponenttien johdinten ja piirilevyn juotosalustoiden välille saatiin hyvät juotokset.

Työssä oli tarkoitus tehdä oppilasharjoitustöitä tuleville opintojaksoille. Työn tarkoituksena oli myös saada tietoa käsijuotosaseman ja korjausaseman käytettävyydestä.










## 2 Pintaliitoskomponenttien asentaminen

### 2.1 Pintaliitoskomponenttiperheet

Pintaliitoskomponentit (SMD) voidaan jakaa eri ryhmiin eli perheisiin niiden toimintojen perusteella. Komponentit voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin komponentteihin. Passiiviset komponentit ovat kaksinapaisia. Niihin kuuluvat vastukset, kondensaattorit ja kelat. Aktiivisissa komponenteissa portteja on vähintään kolme, pois lukien diodit, jotka ovat kaksinapaisia.

Seuraavassa jaottelussa ei ole huomioitu komponenttien toiminnallisia tehtäviä tai sisäistä rakennetta, vaan jaottelu on tehty ulkoisten ominaisuuksien perusteella. Tässä pintaliitoskomponentit ovat jaoteltu kotelon muodon, jalkojen tyyppin ja jalkojen sijoittelun mukaan. [3, s. 8.]

Taulukko 1. Pintaliitoskomponenttiperheet. [3, s. 7-8.]

Shape	Nature, name	Number of IOs	Pitch mm/inch	Body, size mm/inch	Soldering method
	Passive Melf	2	—	Ceramic 5.0 × 2.22 dia./ 0.2 × 0.08 dia.	W,R
	Mini melf	2	—	3.6 × 1.4 dia./ 0.14 × 0.06 dia.	W,R
	Micro melf	2	—	2.0 × 1.1 dia./ 0.08 × 0.04 dia.	W,R
	Active SOD	2	—	Glass 3.5 × 1.6 dia./ 0.14 × 0.64 dia. to 5.0 × 2.3 dia./ 0.2 × 0.09 dia.	W,R
	Passive chips	2	—	1.25 × 2.0/ 0.05 × 0.08 to 5.7 × 5.0/ 0.23 × 0.2	W,R
	Active SOT	3-4	—	Plastic 3.0 × 1.3/ 0.12 × 0.05	W,R
	SO, SOIC	6-28	1.27/ 0.050	4.0 × 5.0/ 16 × 0.2 to 7.6 × 18/ 0.3 × 0.72	W,R
					
	VSO	40-56	0.75/ 0.030	up to 11 × 21/ 0.44 × 0.85	W,R
	SOJ, PLCC	20-84	1.27/ 0.050	up to 29.4 × 29.4/ 1.16 × 1.16	W,R
	QFP	44-370	0.5/0.02	Plastic; 30 × 30/ 1.2 × 1.2	R
	TAB	up to 400	down to 0.35/ 0.014	Film; 8, 16, 35/ 0.32, 0.64, 1.4	Impulse
	BGA	72-1089	1.27, 1.5/ 0.05, 0.06	Plastic, up to 25 × 25/ 1.0 × 1.0	R

W: Wavesolderable; R: Reflowsolderable; Impulse: Impulse solderable



### 2.1.1 Melf- ja palakomponentit

Melf-komponenteilla (Metal Electrode Faced Components) tarkoitetaan komponentteja, jotka ovat sylinterin muotoisia keraamisia tai lasirunkoisia joiden molemmissa päissä on paksu metallikalvo tai metalliset sulut. Osassa kaksinapaisista diodeista on painettu raita osoittamaan niiden napaisuutta. Palakomponentit ovat komponentteja, joilla on keraaminen suorakaiteen muotoinen runko, jonka molemmissa päissä on metalloinnit. Vastukset ja kondensaattorit voidaan asentaa piirilevyille kummin päin tahansa, koska ne ovat passiivisia komponentteja. Palakomponenttien pakkauksissa käytetään neljää numeroa kertomaan komponentin koko. Nämä neljä numeroa ilmoittavat komponentin mitat tuuman sadasosina. Kaksi ensimmäistä numeroa kertovat komponentin pituuden ja kaksi seuraavaa leveyden. Esimerkiksi merkintä 0805 tarkoittaa, että komponentti on 0,08 tuumaa eli 2 mm pitkä ja 0,05 tuumaa eli 1,25 mm leveä. [3, s. 7-8.]

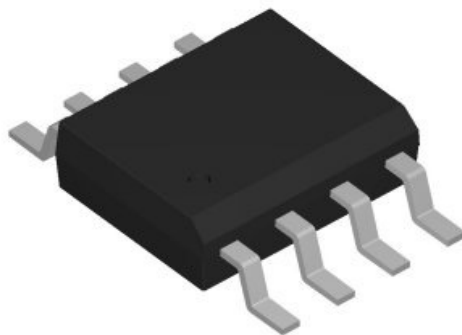
*Taulukko 2. Palakoteloiden tuuma- ja metrijärjestelmien mitat [9.]*

Kokokoodi		Dimensiot (LxW)	
Tuumajärj.	Metrinen järj.	Tuumajärj.	Metrinen järj.
01005	0402	0,016”x 0,008”	0,4 x 0,2 mm
0201	0603	0,024” x 0,012”	0,6 x 0,3 mm
0402	1005	0,04” x 0,02”	1,0 x 0,5 mm
0504	1210	0,05” x 0,04”	1,2 x 1,0 mm
0603	1508	0,06” x 0,03”	1,5 x 0,8 mm
0805	2012	0,08” x 0,05”	2,0 x 1,2 mm
1005	2512	0,10” x 0,05”	2,5 x 1,2 mm
1206	3216	0,12” x 0,06”	3,2 x 1,6 mm
1210	3225	0,12” x 0,10”	3,2 x 2,5 mm
1812	4532	0,18” x 0,12”	4,5 x 3,2 mm
2225	5664	0,22” x 0,25”	5,6 x 6,4 mm

### 2.1.2 SO-ja PLCC-komponentit

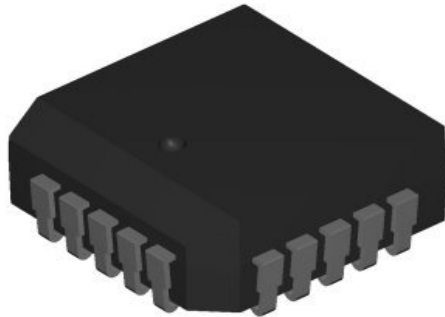
Suurella osalla pintaliitoskomponenteista on muovista tehty kotelo, joka sisältää itse piirin. Niissä johtimet, jotka juotetaan piirilevyyn, lähtevät kotelon laidoilta ja ne on taitettu ulospäin tai kotelon alle. Muovikoteloiden etuna on, että niillä ei tapahdu lämpölaajenemista, joka aiheuttaa sovitusergelmiä. Jalkojen määrä näissä piireissä on kolmesta ylöspäin riippuen piirin toimintojen vaativuudesta. Komponentit saattavat sisältää yksittäisen transistorin, integroituja piirejä tai ASIC-piirejä, kuten esimerkiksi mikroprosessoria tai RAM-muisteja. [3, s. 9.]

SO-komponentit (Kuva 1 / Small-Outline) ovat vastaavien läpiladottavien komponenttien suoria jälkeläisiä. Jalkojen väli SO-komponenteilla on 1,27 mm ja johtimet eli jalat ovat niin sanottuja ”lokinsiipijalkoja.” SO-kotelossa olevia transistoreja sanotaan SOT:eiksi (Small-Outline Transistor) ja vastaavassa kotelossa olevia integroituja piirejä sanotaan SOIC:eiksi (Small-Outline Integrated Circuit). SOIC-koteloista on kehitetty paljon variaatioita muuttamalla kotelon mittoja tai tihentämällä jalkaväliä tai taittamalla jalat piirin alle. Eräitä näistä muokkauksen tuloksista ovat VSO-komponentit (Very Small-Outline), joissa jalkaväli on tihennetty 0,75 mm:iin.[3; 9.]



*Kuva 1. SOIC 8 -kotelo [9.]*

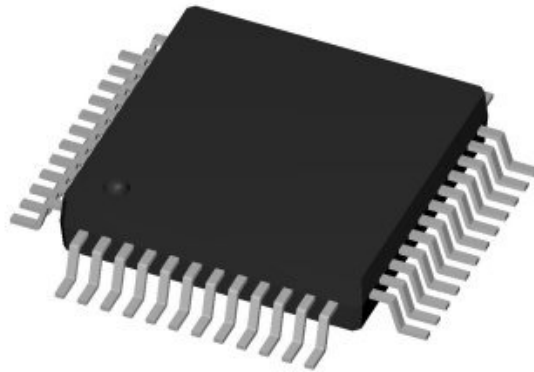
PLCC-komponentit (Plastic Leadless Chip Carrier) ovat yksi SO-komponenttien muoto. PLCC-komponenteilla (kuva 2) on j:n muotoiset jalat, jotka on taitettu kotelon alle tilan säästämiseksi. Kokoonpanossa piirin alle taistuvat jalat saattavat aiheuttaa ongelmia. Näitä ongelmia voivat olla esimerkiksi reflow-juotoksessa niin sanottu kynttiläsydän-ilmiö, joka aiheutuu siitä, että piirin johtimet lämpenevät ennen piirilevyn juotosalueita ja juote kipuaa lämmennyttä jalkaa pitkin ylös. Toinen ongelma on tarkastettavuus. Juotoksien tarkastaminen vaatii erityisoptiikkaa, koska j:n muotoisten jalkojen toista puolta ei voi nähdä pajain silmin ulkopuolelta. [3, s. 9; 9.]



*Kuva 2. 20-jalkainen PLCC-komponentti. [9.]*

### **2.1.3 QFP-komponentit**

QFP-komponentit (kuva 3 / Quad Flat Pack) ovat litteitä muovikoteloisia komponentteja, joissa johtimet ovat kaikilla neljällä sivustalla ja yleensä ”lokinsiipi”-muotoisia. QFP-kotelo on kehittynyt FP-kotelosta (Flat Pack), joissa johtimet ovat kahdella sivustalla. Tämä kehitys on tapahtunut johdinmäärän kasvattamistarpeen seurauksena. QFP-komponenttien jalkaväli on pienimmillään 0,5 mm, jolloin komponentti saattaa sisältää jopa 200 johdinta. QFP-koteloita pienempiä ovat SQFP-kotelot (Small Quad Flat Pack), joilla johdinten väli on pienimmillään 0,25 mm. Johdinten määrä SQFP-koteloilla saattaa olla lähes 600. [4, s. 30-31.]



*Kuva 3. QFP 48 kotelo [9.]*

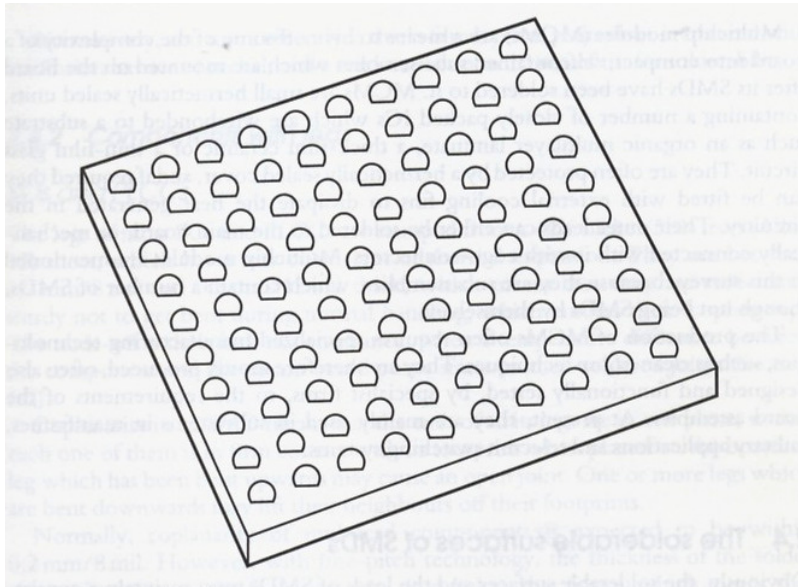
#### **2.1.4 BGA-komponentit**

BGA-komponenteilla (Ball Grid Array) johtimet ovat kotelon alapuolella. BGA-komponenttien (kuva 4) johtimet ovat juotospallonastoja. BGA-komponenttien etuna on, että niihin saadaan mahtumaan samalle alueelle sama määrä johtimia kuin esimerkiksi QFP-komponenteissa, mutta johdinten välit ovat huomattavasti suuremmat. Tämän takia tarkkuuden piirin asennuksessa ei tarvitse olla lähellekään yhtä tarkkaa kuin tiheäjalkaisten komponenttien kohdalla. Esimerkiksi reflow-juottamisessa BGA-komponentti, joka ei ole aivan kohdallaan, yleensä siirtyy sulaneen juotteen pintajännityksen avulla oikealle paikalleen. BGA-tekniikalla saatetaan päästä jopa 1000 johtimeen per kotelo. Muita BGA:n etuja ovat parempi saanto ja lyhyet johdinpituudet, jotka parantavat piirin nopeutta. Huonoja puolia ovat mahdollinen juotospallojen halkeaminen, kosteusviat ja se, että juotospallojen korkeudet saattavat vaihdella, mikä voi aiheuttaa komponentin epätasaisen kiinnittymisen. [3; 9.]

#### **2.2 Pintaliitoskomponenttien juottaminen käsin**

Pintaliitostekniikan etu on entistä tehokkaamman ja suorituskykyisemmän elektroniikan saaminen yhä pienempään tilaan. Pintaliitostekniikalla toteutetut piirilevyt ovat yleensä pieniä ja ahtaita ja komponentit toinen toistaan pienempiä. Tilan ja juotosten pienentyessä ja komponenttien määrän lisääntyessä tullaan siihen tilanteeseen, että juotosten tekeminen käsin onnistuu enää mikroskoopin avulla. [1, s. 200-201.]

Yksinkertaisimmillaan pintaliitoskomponenttien juottaminen on sitä, että otetaan pintaliitoskomponentti ja asetetaan se oikealle paikalleen piirilevyille. Seuraavaksi otetaan juotoskolvi sekä juotosseosta ja juotetaan komponentti kiinni piirilevyyn. Juottaminen tapahtuu sulattamalla juotosseosta komponentin jalkojen ja piirilevyn juotosalueen väliin. Juotosseos on kuin ohutta johtoa, joka on pakattu kerälle, ja sitä kutsutaan yleensä puhekielessä tinaksi, vaikka se sisältää myös muita aineita. Tämä menetelmä vaatii kuitenkin juotostaitoa, sillä pintaliitoskomponentit eivät välttämättä edes pysy piirilevyn päällä paikallaan, ilman että niistä pitää kiinni. Isompikokoisten ja harvemmillä jalkavälillä olevien komponenttien juottaminen pitäisi kuitenkin sujua pienen harjoittelun seurauksena. Pienempiin komponentteihin mentäessä tulee käsin juottaminen kuitenkin hankalammaksi ja lopulta mahdottomaksi. Myös tietyn tyyppisten, kuten esimerkiksi BGA-komponenttien juottaminen käsin on mahdotonta, sillä suurin osa juotettavista nastoista on komponentin alla.



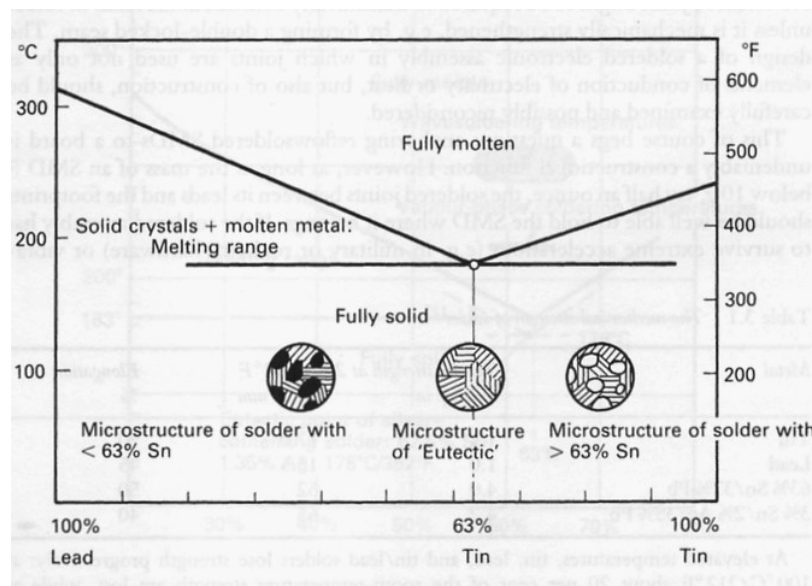
*Kuva 4. BGA-komponentin pohja. [3, s. 22.]*

## 2.3 Pintaliitoskomponenttien asennusmenetelmät teollisuudessa

Teollisuudessa pintaliitoskomponenttien asennus piirilevyille tapahtuu koneellisesti. Yleisin tapa juottaa pintaliitoskomponentteja on reflow-juottaminen. Asennusprosessi sisältää kolme eri vaihetta joista jokaiseen on oma laitteensa. Nämä työvaiheet ovat: juotosaineen annostelu piirilevyille, komponenttien ladonta ja reflow-juottaminen.

### 2.3.1 Juotospasta ja sen annostelu

Juotosaineena käytetään juotospastaa. Juotospastojen koostumus vaihtelee käyttötarkoituksesta riippuen. Yleensä juotospasta sisältää noin 60-65 % tinaa, sen lisäksi jotain muuta metallia tai muita metalleja ja fluksia. Yleisin pastoissa käytettävä lyijytön seos on Sn/Ag/Cu. Aikaisemmin yleinen seos juotospastassa oli tina-lyijyseos, jonka eutektinen seos sisältää 63 % tinaa ja 37 % lyijyä. Tämän seoksen sulamispiste on 183 °C. Alin sulamispiste tina-lyijyseokselle 183 °C, jota kutsutaan eutektiseksi lämpötilaksi.



Kuva 5. Tina-lyijy juotteiden sulamispiste ja mikrorakenne. [3, s. 25.]

Tina-lyijyseoksen sulamispistettä voidaan korottaa muuttamalla tinan ja lyijyn suhdetta seoksessa. Suhteen muuttaminen johtaa siihen, että seoksella ei ole enää tarkkaa sulamispistettä, vain sulamislämpötila-alue. Tänä päivänä lyijyn osuus juotospastassa on korvattu muilla metalleilla lyijyn ympäristöllisten haittavaikutusten takia. Näitä korvaavia metalleja ovat kupari, hopea, sinkki, indium, vismutti ja antimoni. [9.]

Tärkeä osa juotospastaa on fluksi. Fluksi on kemikaali, joka tarvitaan hyvien juotosten syntymiseen. Fluksin ensisijainen tehtävä on poistaa juotospinnoilta oksideja, jotka haittaavat juottumista. Tämän lisäksi fluksi pidentää juotospastojen säilymisikää. Fluksi alkaa toimia alhaisemmassa lämpötilassa kuin varsinainen juote. Tämän takia varsinaisen juottumisen alkaessa fluksin pitäisi olla jo puhdistanut pinnat epäpuhtauksista. [4, s. 112.]

Flukseja on pääasiassa kahta tyyppiä, vesiliukoisia ja ”no-clean”-flukseja. Vesiliukoisuus tarkoittaa sitä, että juottamisen jälkeen juotosprosessin seurauksena syntyneet epäpuhtaudet voidaan puhdistaa ilman nopeasti haihtuvaa kemikaalista yhdistettä, ja ”no-clean”-flukseja ei tarvitse puhdistaa ollenkaan. Tavanomainen fluksi on hartsipohjainen. Näitä hartsipohjaisia flukseja voi olla sekä aktivaattorilla että ilman. Aktivaattorina toimii usein happo. Aktivaattorillisten fluksien käytöstä syntyy jäänteitä, jotka ovat syövyttäviä. Tämän takia juotokset tulee puhdistaa komponentin juottamisen jälkeen. [10.]

Juotosaineen annosteluun piirilevyille on kaksi vaihtoehtoa: pastapainomenetelmä ja dispensointi. Pastapaino tapahtuu pastapainokoneella. Pastapainokoneessa pasta annostellaan piirilevyn juotosalueille ohuen metallilevyn eli stensiilin läpi. Pastapainokone liikuttaa juotospastaa stensiilin päällä. Stensiilissä on aukot juotosalueiden kohdalla, joista juotospasta siirtyy piirilevyllä oleville juotosalueille. Pastapaino on menetelmistä käytetympi. Pastapainon etuna ovat sen nopeus ja tarkkuus. Pastapainossa suurempien määrien valmistus on huomattavasti nopeampaa kuin dispensoinnissa. Pastapainossa ei voida kuitenkaan annostella kuin yhtä ainetta kerrallaan. Pastapainoa ei myöskään voi käyttää epätasaisille levyille. [2, s. 12.]

Dispensointimenetelmää käytettäessä juotospasta annostellaan piirilevylle dispenserillä. Yksi dispensointilaite on ruuviventtiilidispenseri. Dispenserissä juotospastaa annostellaan yhdelle juotosalueelle kerrallaan. Dispenseriin kiinnitetään juotospastaa sisältävä tuubi. Tuubiin syötetään paine, joka työntää pastaa ruuviin. Ruuvin pyörimisellä saadaan työntymään juoteainetta neulaan, jonka läpi aine annostellaan juotosalueille. Dispenserin etuna on se, että sillä voidaan annostella juotospastaa yhdelle juotosalueelle kerrallaan. Dispenserillä voidaan tehdä myös erikoistoimenpiteitä, kuten välitäyttöä. Dispenserin heikkoutena ovat sen hitaus ja epätasaisempi jälki. Dispenserin ohjelmoimiseen saattaa kulua paljon aikaa. [2, s. 12.]

### **2.3.2 Komponenttien ladonta**

Komponenttien ladonta paikoilleen suoritetaan, kun juotospasta on annosteltu piirilevyn juotosalueille. Ladonta tapahtuu ladontakoneella. On tietenkin mahdollista, että kaikkia komponentteja ei pysty latomaan ladontakoneella. Tällöin nämä komponentit joudutaan asentamaan käsin. Yksi syy tähän voi olla, että komponentti on niin suuri tai painava, että ladontakone ei pysty sitä käsittelemään. Aluksi ladontakoneeseen ohjelmoidaan tiedot komponenteista ja niiden paikoista. Seuraavaksi syöttimiin laitetaan oikeat komponentit. Lopuksi ladontakoneeseen laitetaan piirilevy, jossa on juotospastaa, ja aloitetaan komponenttien ladonta. Ladonnan aikana kone nostaa komponentit syöttimistä paikoilleen piirilevylle.

### **2.3.3 Reflow-juottaminen**

Reflow-juottamisessa käytetään reflow-uunia, jonka läpi komponenteilla varustettu piirilevy kulkee. Reflow-uunissa komponentit juottuvat kiinni piirilevyyn. Reflow-uunissa on useita lämmittimiä piirilevyn kuljetushihnan ylä- ja alapuolella. Lämmittimiä on monia, jotta saadaan aikaan eri lämpövyöhykkeitä. Nämä vyöhykkeet ovat esilämmitys-, reflow- ja jäähdytysvyöhyke. Jokaisen lämmittimen lämpötilaa pystytään säätämään erikseen. Myös piirilevyn kuljetusnopeutta ja puhalluksen voimakkuutta voidaan säätää. Näitä säätöjä tekemällä voidaan muuttaa reflow-uunin profiileja. Profiileja joudutaan säätämään, sillä erilaisilla juotospastoilla on erilaiset vaatimukset



juottumislämpötilojen ja -ajan suhteen. Näitä lämpötiloja ja aikoja on syytä noudattaa parhaan mahdollisen juotoksen saavuttamiseksi.

## **2.4 Käsinjuotos- ja korjausasema**

Teollisen tuotantolinjan ja käsin juottamisen väliin sijoittuu lisäksi menetelmiä, joissa on yhdistetty ominaisuuksia molemmista malleista. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi käsinjuotosasemalla ja korjausasemalla tapahtuva komponenttien juottaminen ja vaihtaminen. Käsinjuotosasemalla pystytään juottamaan piirilevyihin helposti pieniäkin komponentteja. Komponentteja, joissa on hyvin tiheä johdinväli, on käsinjuotosasemalla vaikeampi juottaa, sillä juuri sopivan määrän annostelu juotospastaa juotosalueille vaatii tarkkuutta. BGA-komponenttien juottaminen ei käsinjuotosasemalla onnistu, niin että komponentti vielä toimisi oikealla tavalla piirilevyllä. Korjausasemalla kaikkien pintaliitoskomponenttien juottaminen piirilevyille on mahdollista. Korjausaseman käyttö juottamistarkoituksessa on järkevää, kun on tarve saada piirilevyyn juotettua esimerkiksi BGA-komponentteja tai kooltaan pieniä ja tiheäjalkaisia komponentteja.

### **2.4.1 Käsinjuotosasema Dima FP-700**

Dima FP-700 -käsinjuotosasema sisältää monia hyödyllisiä toimintoja, jotka helpottavat ja nopeuttavat käsin asennettävien komponenttien asennusta piirilevyille. Näitä ovat piirilevypidikkeet, annostelija, nosto- ja asetuspää, kuumailmakynä, karuselli, käsituki ja hallintayksikkö.

Kalustettava piirilevy kiinnitetään juototasemassa olevaan alustaan. Asemassa on kuusi magneettista pidikettä, joilla piirilevy saadaan pysymään paikallaan. Alusta, johon magneettiset pidikkeet ovat kiinnitetty, on pyörivä. Tämä mahdollistaa piirilevyn kääntämisen oikeaan kulmaan työskentelyn kannalta, ilman että piirilevyä joudutaan irrottamaan pidikkeistä.

## Annostelija

Annosteltava juotospasta tai muu aine on tuubissa. Tuubi kiinnitetään annostelijassa olevan paineilmaletkun päähän. Tuubin päähän kiinnitetään ontto neula, jonka läpi juotospasta siirtyy tuubista juotosalueelle. Lattialla on poljin, jota painamalla tuubista työntyy neulan läpi juotospastaa. Polkimen painaminen aiheuttaa paineilman työntymisen tuubin pohjaan. Annostelijaa voi käyttää täysin manuaalisesti tai automaattitoiminnolla.

Manuaalisesti käytettäessä ulostulevan juotospastan määrään vaikuttaa se, kuinka kauan poljinta pidetään pohjassa. Automaattitoiminnolla juotospastaa tulee ulos aina samankokoinen annos, riippumatta siitä kuinka kauan poljinta pidetään painettuna. Automaattitoiminnossa on myös toisto-ominaisuus, joka on käytännöllinen, kun on monta samankokoista juotosaluetta, joille halutaan saada samankokoinen annos juotospastaa. Polkimen ollessa ylhäällä on juotospastatuubin pohjassa tyhjiö, joka estää juotospastaa valumasta ulos tuubista, kun sitä ei ole tarkoitus annostella. Tyhjiö on tärkeä etenkin matalamman viskositeetin omaavien aineiden kohdalla, sillä muuten ne saattaisivat helposti valua ulos tuubista.

## Nosto- ja asetuspää

Nosto- ja asetuspäällä saadaan nostettua komponentti ylös astiasta ja asetettua se oikealle kohdalle piirilevyä. Nosto- ja asetuspään ominaisuuksiin kuuluu automaattinen imu, joka nostaa komponentin ja pitää siitä kiinni, kunnes se on asetettu paikoilleen. Nosto- ja asetuspää viedään komponentin päälle, ja sillä kosketetaan kevyesti komponenttia. Koskettaessa imu kytkeytyy automaattisesti päälle. Komponentti viedään oikeaan kohtaan ja lasketaan paikalleen. Imu kytkeytyy automaattisesti pois päältä, kun komponentti asetetaan paikalleen. Nosto- ja asetuspäässä on nuppi, jota pyörittämällä voidaan kääntää komponenttia ennen sen asentamista piirilevylle.

## Kuumailmakynä

Kuumailmakynästä tulee kuuma ilmavirta siinä olevaa nappia painettaessa.

Kuumailmakynää käyttämällä juotetaan komponentti kiinni piirilevyyn. Kuumaa ilmaa käyttämällä sulatetaan juotosalueella oleva juotospasta, jolloin sen jäähtyessä komponentti juottuu kiinni piirilevyyn. Kuumailmakynää voidaan myös käyttää jo piirilevyssä kiinni olevan komponentin irrottamiseen, sillä kuuma ilmavirta voidaan tarkasti kohdistaa haluttuun kohtaan. Kynästä tulevaa ilman lämpötilaa ja ilmavirran määrää voidaan laitteessa säätää.

## Hallintayksikkö ja käsivarsituki

Hallintayksikkö sisältää tarvittavat näytöt ja säätönupit annostelijan, nosto- ja asetuspään ja kuumailmakynän toimintojen hallintaan. Käsijuotosasemassa on myös käsivarsituki, jonka avulla voidaan käsi pitää rentona komponenttia asennettaessa. Tämä helpottaa komponentin tarkkaa asentamista ja estää sen, että asentaja pyyhkisi juotospastaa vahingossa pois piirilevytä hihallaan. [8.]

### **2.4.2 Korjausasema ERSA IR 500 A**

ERSA IR 500 A -korjausasemalla voidaan korjata piirilevyjä irrottamalla rikkinäisiä komponentteja ja vaihtamalla ne uusiin tai korjaamalla huonoja juotoksia. Korjausasemalla voidaan myös kalustaa piirilevyjä. Juotettavat pintaliitoskomponentit voivat olla hyvinkin tiheäjalkaisia tai BGA-komponentteja. ERSA IR 500 A -korjausasema sisältää seuraavat osat: keskusyksikön IR 500 A, piirilevyvidiikehikon, ylä- ja ala -infrapunalämmittimet, kohdistuslaserin, jousi-imukupin imurilla, lämpöanturin ja tuulettimen.. Lisäksi korjausasemaan oli liitetty kohdistusyksikkö PL 500 A, jossa on kaksi kameraa ja komponenttien asetuspää. Komponenttien juottamisessa voidaan käyttää apuna televisiokuvaa. Televisiokuvan avulla voidaan kohdistaa esimerkiksi BGA- tai fine-pitch-komponentit. Piirilevyn ja komponenttien lämmittämiseen käytetään niin sanottuja pimeä-infrapuna-radiaattoreita. Lämmittimiä käytetään sekä ylä- että alapuolella. [7, s. 3.]

Korjausasemassa piirilevy kiinnitetään ensin pidikkeeseen, minkä jälkeen korjausasemassa oleva laser kohdistetaan siten, että se on keskellä juotettavaa komponenttia. Laserkohdistuksen jälkeen lämpöanturi tulee asettaa 1-2 mm:n päähän lämmitettävästä piiristä. Seuraavaksi siirretään ylä-infrapunalämmitin työasentoon eli lämmitämään haluttua kohtaa ylhäältä päin. Ylä-infrapunalämmittimen aukko tulee tässä vaiheessa säätää 5 mm:ä lämmitettävää komponenttia suuremmaksi, jotta vieressä olevat komponentit eivät lämpiäisi. Ylä-infrapunalämmitin tulee säätää sopivalle etäisyydelle komponentista siten, että komponentin ja infrapunalämmittimessä olevan imukupin etäisyys on 5-10 mm. Korjausasemassa oleva punainen led-valo syttyy ja laite antaa äänimerkin, kun asetettu lämpötila on saavutettu, ja juotosprosessi on tällöin valmis. Juotosprosessin päätyttyä piirilevy tulee liikuttaa laitteen oikealla puolella olevan ilmapuhaltimen päälle jäähtymään.

BGA-komponenttien kohdistamiseen käytetään laitteen oikealla puolella olevaa PL 500 A -kohdistinta, jonka avulla BGA-komponentit saadaan kohdistettua. Laitteeseen on liitetty televisio, jonka kuvan avulla komponenttien kohdistus on helppoa. Televisiokuvaan saadaan näkymään komponentin jalat ja piirilevyn juotosalueet, jolloin ne tulee vain asettaa kuvassa päällekkäin ja komponentti on täysin oikeassa kohdassa.

Televisio kytketään päälle ja asetetaan oikea kanava. Komponentti asetetaan kohdistusalustalle. Komponentin asetuspää lasketaan kaukosäätimestä niin alas, kuin se saadaan. Seuraavaksi asetuspää tuodaan hienosäätöruuvia kääntäen komponentin päälle. Asetuspään led-valon syttyessä nostetaan asetuspää kääntämällä samasta ruuvista toiseen suuntaan. Komponenttia voidaan pyörittää hienosäätöruuvien yläpuolella olevasta ruuvista. Komponentti tuleekin nyt tätä ruuvia kääntämällä kohdistaa suoraan alustaan nähden. Kohdistuksen jälkeen siirretään piirilevy laitteen alle.

Televisioruudusta pitäisi nyt näkyä komponentin pohja ja piirilevyn pinta samaan aikaan. Piirilevy lukitaan paikalleen. Laitteen etupuolella olevista säätimistä säädetään niin, että televisioruudussa näkyy kuva, jossa komponentin jalat ja piirilevyn juotosalueet ovat täsmälleen samassa kohdassa toisiinsa nähden. Kun komponentti on kohdistettu, työnnetään ”vision box” taakse, jolloin kamera menee pois päältä.

Komponentti asetetaan piirilevyille laskemalla asetuspää alas ja kääntämällä hienosäätöruuvista, kunnes komponentti on paikallaan. Led-valon sammussa komponentti on paikallaan ja asetuspää nostetaan ylös. Nyt piirilevy voidaan viedä lämmittimen päälle ja aloittaa juotosprosessi. [7, s. 6-10.]

### Infrapunalämmitys

Korjausasemassa olevat infrapunalämmittimet lämmittävät piirilevyä säteilemällä infrapunavaloa. Piirilevyyn kohdistuvan lämmön määrään vaikuttavat useat fysikaaliset tekijät. Näitä tekijöitä ovat säteilijöiden lämpötila, infrapunasäteilyn aallonpituuden jakautuma sekä komponenttien, piirilevyn ja juotospastan absorptio.

Infrapunalämmityksessä lämmittimet eivät ole fyysisessä kosketuksessa lämmitettävän kohteen kanssa.

### 2.4.3 Huomioitavaa käsinjuotosaseman käytössä

Komponenttien hyvän juottumisen ja juotostyön mahdollistamiseksi tulee ottaa huomioon koneiden säätämiseen liittyviä asioita. Käsinjuotosasemaa käytettäessä on syytä tarkistaa ja tarvittaessa vaihtaa juotospastatuubiin neula sekä nosto- ja asetuspään sopivan kokoinen kärki. Käytettävä juotospasta tulisi aina olla tuoretta, siten että pakkauksessa ilmoitettua viimeistä käyttöpäivää ei ole ohitettu. Oikean kokoisien juotospastan määrän annostelu juotosalustoille on hyvin tärkeää. Liian suuri määrä juotospastaa aiheuttaa oikosulkuja, eikä liian pienellä määrällä piirin jalka juotu kunnolla kiinni.

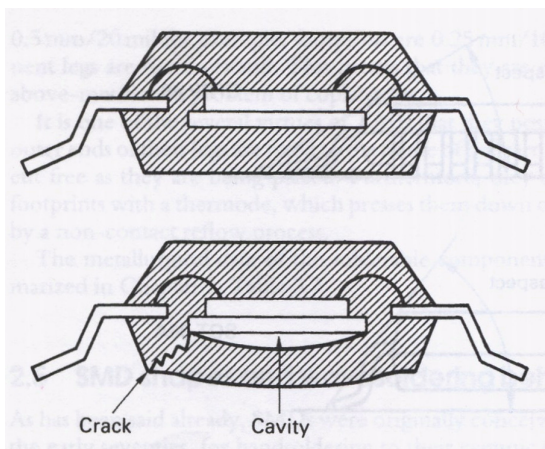
Annosteltavan aineen määrään vaikuttavia tekijöitä ovat seuraavat:

- aineen viskositeetti
- työympäristön lämpötila
- neulan halkaisija
- syötettävä paine
- syöttöaika.

Huomioitavaa on, että edellä mainituista tekijöistä kaikki vaikuttavat toisiinsa. Esimerkiksi kun neulan halkaisijaa suurentaa, riittää saman ainemäärän syöttämiseksi pienempi paine.

Aineen viskositeetti määrää, kuinka aine virtaa. Korkea viskositeetti tarkoittaa, että aine virtaa hitaasti. Viskositeetti määrittää neulan halkaisijan minimikoon. Neulan halkaisijan tulee olla suurempi, jos sen läpi syötettävän aineen viskositeetti on suuri. Neulan halkaisijan maksimikoon määrittää juotosalustan koko, johon annosteltava aine tulee, ja aineen viskositeetti. Kun annosteltava aine ja neula ovat valittu, voi annosteltavan aineen määrää helposti säätää säätämällä painetta ja annosteluaikaa. [6.]

Kuumailmakynän käytössä tulee noudattaa varovaisuutta ja huolellisuutta. Liian pitkä voimakkaan kuumailmapuhalluksen käyttö ja kohdistaminen saattaa vahingoittaa sekä komponentteja että kuumailmakynää. Etenkin muovikoteloiset komponentit saattavat kärsiä liian kuumista lämpötiloista. Lämmittäessä muovikoteloisia komponentteja reilusti yli juotteen sulamispisteen saattaa komponentin kotelo murtua. Tätä ilmiötä kutsutaan niin sanotusti ”popcorn-ilmiöksi”. Tämä on komponenttiin varastoituneen kosteuden ja lämmityksen yhteisvaikutuksesta syntyvä ilmiö (kuva 6).



Kuva 6. Popcorn-ilmiö [2, s.18. kuva 2.5]

#### 2.4.4 Komponenttien uudelleen juottaminen

Komponenttien uudelleen juottaminen on välillä välttämätöntä, koska yksikin juotosvirhe saattaa estää piirilevyn toimimisen. Piirien uudelleen työstäminen on hyvä ajatella osana tuotosprosessia, sillä aina silloin tällöin juotosvirheitä esiintyy. Toinen syy piirilevyn uudelleen työstämiselle ovat rikkoutuneet piirit, joita joudutaan vaihtamaan. Uudelleen työstämisen tulee sisältää kolme eri askelta: diagnoosin, korjauksen ja virheen estämisen. Diagnoosivaiheessa virhe paikallistetaan ja pohditaan syytä virheen syntymiseen. Tässä vaiheessa on hyvä pysähtyä miettimään virheen syntymisen syytä ennen sen korjaamisen aloittamista, jotta se voitaisiin tulevaisuudessa estää. Seuraava vaihe on korjausvaihe, jossa ilmennyt vika korjataan. Viimeinen vaihe on virheen estäminen tulevaisuudessa. Tässä virheen syntymiseen johtuvat syyt tiedostetaan, ja niistä myös tiedotetaan piirilevyn valmistukseen liittyville henkilöille virheen syntymisen estämiseksi tulevaisuudessa. [2, s. 342.]

Itse työvaihe yleensä sisältää kaksi toisiinsa läheisesti yhdistettävää toimintoa, jotka ovat komponenttien irrottaminen ja uudelleen juottaminen. Mikäli kyseessä on komponentti, joka ei ole juottunut oikein ja joka joudutaan irrottamaan, olisi se hyvä juottaa oikealle paikalleen mahdollisimman nopeasti. Yksinkertaisempia korjaustoimenpiteitä ovat juotossiltojen ja juotepallojen poisto.

Peruseriaate piirilevyjen uudelleen työstämisessä on, että uudelleen juotettu juotos ei ole koskaan yhtä hyvä kuin alkuperäinen, jos sitä ei olisi jouduttu korjaamaan. Korjaustyöstä johtuva ylimääräinen piirilevyn lämmittäminen ja mekaaninen rasitus voivat usein heikentää piirilevyn ja juotosalueen välistä sidosta. Yksi vakavimmista piirilevyn vaurioista on irronnut juotosalue. Tämän saattaa aiheuttaa juotoksen kuumuus tai liian kauan kestänyt lämmitys uudelleen juottamisen aikana. Irronnut juotosalue on mahdollista korjata, mutta sen korjaaminen on kallista. Piirilevyn kykyä kestää lämmöstä johtuvaa rasitusta heikentää se, miten kauan lämmitystä ja miten korkeaa lämpötilaa siihen on käytetty uudelleentyöstämisen aikana. [2, s. 343.]

Piirien uudelleen työstämisessä tarvittavia työkaluja ovat melkein kaikki lämmittimet, joita käytetään tuotannossa: juotoskolvit, kuuma ilma tai kaasu ja infrapunälämmittimet. Kaikissa näissä yhteisiä tärkeitä piirteitä ovat ne, että niissä on tehokas lämmönsiirtyminen ja tarkka lämpötilan hallinta. Korjausaseman avulla piirien irrottaminen ja uudelleen juottaminen saadaan mielekkäämmäksi. Melf- ja chip-komponenttien irrottamiseen käytetään kolvia ja imusukkaa, joiden avulla juote saadaan imettyä pois. Näiden komponenttien uudelleen juottamisessa voidaan käyttää kuumennettavia pinsettejä. [3.]

## **2.5 Staattinen sähkö ja herkkien piirien käsittely**

Monet komponentit ovat herkkiä kestämään staattisesta sähköstä aiheutuvia purkauksia. Staattista sähköä syntyy yleensä, kun kaksi erilaista materiaalia hankautuvat toisiaan vasten. Etenkin ESD-varoitusmerkinnällä (Electrostatic Discharge) varustettuja piirejä tulisi käsitellä erityisellä huolellisuudella. Etenkin integroidut piirit ovat usein alttiita vaurioitumaan, jos ne joutuvat staattisen sähkönpurkauksen kohteeksi. Staattisen sähköpurkaus tällaisiin komponentteihin saattaa aiheuttaa koko komponentin tuhoutumisen. [1, s. 219.]

Staattiselle sähkölle herkkiä komponentteja tulisi käsitellä tiloissa, joissa staattisen sähkön syntyminen on minimoitu. Staattisen sähkön syntymisen estämiseksi on erilaisia välineitä ja materiaaleja, mitä tulisi käyttää käsiteltäessä herkkiä komponentteja. Staattiselle sähkölle herkät komponentit on pakattu antistaattisiin pakkauksiin. Antistaattinen ranneke on yksi väline, mitä käyttämällä vähennetään riskiä, josta aiheutuisi sähköpurkaus komponenttiin. Työpisteissä, joissa käsitellään herkkiä komponentteja voi olla myös antistaattisesta materiaalista valmistettu matto, minkä päällä komponentteja käsittelevän henkilön tulisi olla. Mikäli komponentteja joudutaan varastoimaan, ne tulisi laittaa astioihin tai telineisiin, jotka on tarkoitettu tällaisten komponenttien varastoimiseen. [1, s. 217-228.]



Kaikkien komponenttien käsittelyä paljain käsin tulisi välttää. Käsiteltäessä komponentteja paljain käsin ei vain aiheuteta riskiä staattisen sähkönpurkauksesta, vaan komponentteihin tarttuu käsistä myös likaa ja rasvaa. Komponentteja käsitellessä olisi hyvä käyttää pinsettejä tai kädessä olisi hyvä olla hansikaat, jotka on tehty antistaattisesta materiaalista. Myös vaatetuksen tulisi olla mahdollisimman antistaattista.

### **3 Piirilevysuunnittelu**

#### **3.1 Piirilevysuunnittelussa huomioitavaa**

Piirilevyn suunnittelussa on useita asioita, jotka pitää ottaa huomioon, jotta piirilevystä saadaan toimiva ja valmistuskelpoinen. Piirilevysuunnittelussa pitää huomioida asioita, jotka liittyvät sekä sähköisiin ominaisuuksiin että tuotantoon. Mitä myöhemmässä vaiheessa piirilevyn valmistusprosessia on edetty, sitä hankalampaa ja kalliimpaa on muuttaa edellisiä vaiheita. Piirilevysuunnittelussa tulee huomioida, että layout on vain osa suurempaa kokonaisuutta. [2, s. 7.]

Tärkeitä asioita jo piirilevysuunnittelun alkuvaiheessa on tietää

- valmiin tuotteen käyttötarkoitus
- valmiin tuotteen käyttöolosuhteet
- piirilevyn valmistuskustannukset
- piirilevyn ja valmiin tuotteen valmistusaikataulu
- piirilevyn valmistajien rajoitukset

Muita huomioitavia asioita ovat tuotteen testaamisen, säätämisen, korvaamisen ja korjauksen mahdollisuus. Lisäksi on hyvä tietää tuotteen koko, paino sekä osien ja materiaalien saatavuus. [2, s. 8.]

Piirilevyn valmistuksessa on rajoittavia ja hintaan vaikuttavia tekijöitä, jotka tulee huomioida jo suunnittelu vaiheessa. Näitä tekijöitä ovat piirilevyn paksuus ja koko, läpivientien koko, johtimien minimileveys, minimieristeväli, kauluksen minimikoko, komponenttien sijoittelukuvioiden kirjainkoko, katvealueet piirilevyn reunasta, piirilevyn materiaali, kerrosten määrä, kuparin paksuus, esiastelevyn/sidoskerroksen paksuus ja pinnoitteiden materiaali. [2, s. 11.]

Piirilevyn valmistuksen vaatimusten lisäksi tulee myös huomioida kokoonpanon asettamat vaatimukset. Kokoonpanossa rajoitukset liittyvät piirilevyn ja komponenttien kokoon. Piirilevyn maksimikoon rajoittaa dispenserin tai ladontakone ja minimikoon ladontakone. Komponenttien kohdalla minimi- ja maksimikoon sekä painon rajoittaa ladontakone. [2, s. 14.]

Tuotannossa käytettävissä koneissa on konenäkö, jota käytetään komponenttien ja juotospistan saamiseksi oikeille paikoille. Dispenserin ja ladontakone ohjelmoidaan konenäköön avulla. Tämän takia kontrastierot levyllä ovat tärkeä ominaisuus, jotta piirilevyn pinta erottuisi hyvin muista alueista. Parhaiten koneet erottavat vihreän muista väleistä, joten piirilevyn pinnan tulisi olla vihreä. Myös pastapainokoneessa on konenäkö, jonka avulla se löytää piirilevyiltä kohdistusmerkit. Kohdistusmerkkejä tarvitsevat myös dispenserin ja ladontakone. Kohdistusmerkit ovat todella tärkeä osa piirilevyä. Ilman niitä voi kohdistaminen olla hankalaa tai joskus mahdotonta. [2, s. 14-15.]

### **3.2 Komponenttien sijoittelu**

Toimivan piirilevyn kannalta yksi tärkeimmistä asioista on oikea komponenttien sijoittelu. Komponenttien sijoittelussa tulee ottaa huomioon muun muassa piiriryhmät, signaalien kulku, komponenttien väliset etäisyydet, komponenttien tiheys, valmistettavuus, suunnittelusäännöt ja vaatimukset. [2, s.24.]

Komponentit tulee sijoitella polaarisuutensa suhteen samansuuntaisesti. Tämä nopeuttaa ladontaa ja helpottaa visuaalista tarkastamista. Komponentit tulee asentaa piirilevyille samansuuntaisesti piirilevyn reunojen kanssa. Komponentteja voidaan asentaa 45 °:teen kulmaan, jos tilanne niin vaatii. Niiden tulee myös olla piirilevyllä toisiinsa nähden samansuuntaisesti tai kohtisuorasti. Komponentit eivät saa ylittää piirilevyn reunoja. Tämä ei koske esimerkiksi liitinkomponentteja tai kytkimiä, joiden on tultava reunojen yli. Nämä komponentit tulee sijoittaa piirilevyn samalle tai vastakkaisille reunoille. Komponenttien johtimien tai metallisten koteloiden ja muiden sähköä johtavien osien välillä, on oltava vähintään 0,13 mm:n eristeväli. [2, s. 24-25.]

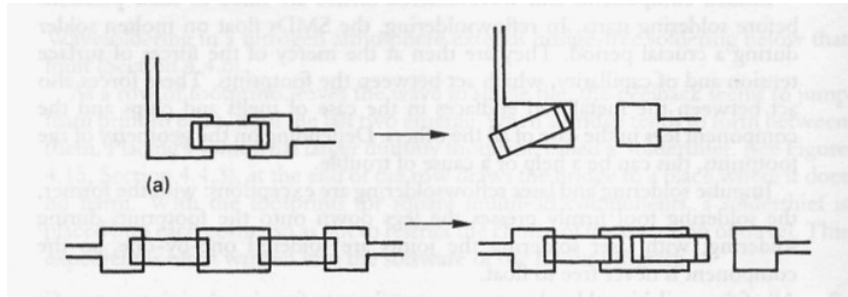
### 3.3 Johtimet

Johtimia suunniteltaessa on otettava huomioon johdinten tiheys, johdinten leveydet ja eristevälit ja johdinten reititys. Johtimien tiheys vaikuttaa sekä piirin suorituskykyyn että valmistuskustannuksiin. Nykyään johdinten leveyksinä ja eristeväleinä käytetään yleensä 0,15 mm:ä. Johdinten eristevälit tulee kuitenkin suunnitella mahdollisimman suuriksi. Piirilevyn pinnalla olevat leveät johtimet saattavat aiheuttaa juotosaineen johtumista pois juotosalueelta, joten ne tulee kaventaa ennen liittämistä juotosalueeseen. [2, s. 29-31.]

Yksikerroslevyillä komponenttien sijoittelu ja johdinten reititys tehdään samaan aikaan. Useampikerroksisilla levyillä johtimet vedetään vasta, kun kaikki komponentit ovat sijoitettu. Johtimet tulisi saada mahdollisimman lyhyiksi. Helpoimmat johtimet tulee reitittää ensimmäisenä. Suorakulmia tulee johtimissa välttää, sillä ne aiheuttavat impedanssin muuttumisen, mikä aiheuttaa sähkömagneettista säteilyä. Johdinten suorakulmat on joko pyöristettävä tai viistoittettava. Komponentin vierekkäisten jalkojen väliset johtimet tulee reitittää tekemällä niiden välisestä johtimesta u:n muotoinen eikä vetämällä suoraa johdinta juotosalueiden väliin. Vierekkäisten jalkojen väliin vedetty suora johdin saattaa visuaalisessa tarkistuksessa muistuttaa oikosulkua. [2, s. 33- 35]

### 3.4 Juotosalueet

Juotosalueet tulee suunnitella oikean kokoisiksi ja eristevälit riittävän suuriksi. Liian suuret juotosalueet saattavat aiheuttaa komponenttien kääntymistä, eikä liian pienelle juotosalueelle komponenttia voi juottaa. Pala- ja Melf-komponenttien juotosalueiden tulee olla samankokoisia ja -muotoisia. Mikäli juotosalueet poikkeavat toisistaan, koon tai muodon suhteen, saattaa se aiheuttaa komponentin nousemista pystyyn eli niin sanotun hautakivi-ilmiön. Toinen ilmiö, jonka epäsymmetriset juotosalueet saattavat aiheuttaa, on komponenttien liikkuminen pois paikaltaan juotettaessa eli kelluminen. Liian pienet eristevälit johtimissa saattavat aiheuttaa juotossiltoja, jotka taas puolestaan aiheuttavat oikosulkuja eri potentiaalissa olevien johdinten välillä. [2. s. 35-36 ja 3, s. 248]



Kuva 7. Epäsymmeriasta aiheutuvaa komponenttien siirtymistä [3, s.248.]

## 4 Oppiminen ja ryhmätyö

### 4.1 Ryhmätyö oppimisen välineenä

Oppiminen tarkoittaa kaikkia prosesseja, joissa kehitämme tietojamme, taitojamme ja tavoitteitamme. Ihminen oppii toiminnan ja kommunikaation kautta. Ihmisellä tieto ja taito kehittyvät parhaiten, jos sitä voidaan soveltaa toiminnassa. Ryhmätyö on tapa virittää toimintaa ja kommunikaatiota, mikä aikaansaa oppimista. Toiminnalla saadaan luotua oppimistarpeet ja toiminta myös kehittää käsitystä itsestämme. [5, s. 20.]

Aikuiskasvatuksessa ryhmätyötilanteita on käytetty lähinnä kolmeen eri tarkoitukseen. Ensimmäinen tarkoitus on käyttää ryhmätyötä opiskelun ja tiedostamisen välineenä. Tässä ryhmän jäsenet pyrkivät yhteisiin tiedollisiin tavoitteisiin ja tiedollisen ongelman ratkaisemiseen. Toinen tarkoitus on käyttää ryhmätyötä sosiaalisen oppimisen ja työtapojen kehittämisen välineenä. Tässä mahdollisuutena on ryhmätilanteen avulla kehittää jäsenten kykyä kommunikoida ja luoda uusia sosiaalisia taitoja sekä suorittaa päätöksiä ryhmissä. Kolmantena on käyttää ryhmätyötä terapian ja ongelmaratkaisun välineenä. Ohjattua ryhmätilannetta voidaan käyttää hyödyksi niin henkilökohtaisten kuin sosiaalisten kriisien ratkaisussa. Ryhmätyö soveltuu myös luovien ratkaisujen kehittämiseen todellisissa tilanteissa. [5, s. 13.]

## 4.2 Ryhmätyön suunnittelusta

Monesti tutkimuksissa ja selvityksissä, jotka liittyvät oppimiseen, on tullut esille, että kanssaopiskelijoiden vaikutus oppimiseen saattaa olla yhtä suuri tai suurempikin kuin opettajan. Ryhmätyöt ovat useasti osa suurempaa opetuskokonaisuutta. Ryhmätöillä pyritään usein vahvistamaan, syventämään ja soveltamaan opittua. Osanottajat muodostavat lähtökohdat ryhmätyön tavoitteiden asettamisessa. Ryhmän itse kehittämiä tavoitteita, lähestymistapoja ja näkökantoja on arvostettava. Ryhmätyön suunnittelussa ja tavoitteiden asettelussa tulee ottaa huomioon, että ryhmätyöskentely on avoimempi tilanne kuin luokkatilanne. Ryhmätyön suunnittelussa on pantava enemmän painoa joustavuudelle ja tilannetekijöiden huomioon ottamiselle kuin luokkatilanteen suunnittelussa. Hyvin suunnitellut ryhmätyöt voivat palvella samanaikaisesti monia tavoitteita. [5, s. 63; 65; 67.]

## 4.3 Ryhmätyön toteutus

Ryhmätyö alkaa tehtävänannolla, joka on siirtymävaihe aktiiviseen ryhmätoimintaan. Ryhmät käsittävät helposti tehtävän eri tavalla eikä tehtävänantoa joskus käsitetä lainkaan. Tehtävänannossa suositellaan sanomalehtimiesten tyyliä, jossa otsikko tulee ensin ja pääasia sisältyy jo otsikkoon. Tässä tyyliässä johdannot ja selitykset voivat tulla jälkikäteen. Toinen tärkeä sääntö on, että työaiheet on annettava aina suullisesti ja kirjallisesti. Tehtävää annettaessa tulee ottaa huomioon, että ryhmät eivät todennäköisesti ole samalla tavalla aiheen sisällä kuin tehtävänantaja, joka on usein aihepiirin asiantuntija. Ryhmätyö olisi hyvä alustaa ennen ryhmätöihin ryhtymistä, sillä ryhmätöihin joudutaan usein valmistautumatta. Valmistautumalla ryhmätyöt ovat tuotoksellisempia ja tehokkaampia. [5, s. 93-94.]

Ryhmätöille tulee laatia sopiva aikataulu, mikä saattaa usein olla yllättävän hankalaa. Tehtävänannon lisäksi on pohdittava, kuinka perusteellista työtä ryhmien halutaan tekevän. Liian tiukka aikataulu johtaa usein siihen, että aikaa ei jää ongelmien luetteloinnin jälkeiseen pohdintaan. Liian pitkä aika tehtävän toteuttamiseen taas on haitaksi ryhmien toiminnalle ja ilmapiirille. Ryhmätöiden antajan on tehtävänannon

jälkeen hyvä käydä ryhmässä tarkastamassa, että tehtävä on ymmärretty oikein. [5, s. 95-96.]

Raportoinnissa ryhmätyövaiheen tulisi edelleen jatkua. Usein raportointi jää ryhmässä yhden henkilön vastuulle. Ryhmien valittua raportioijan vetäytyvät usein muut ryhmän jäsenet syrjään ja osallistuvat keskusteluun vain pinnallisesti. Raportointitilanteet ovat usein yksitoikkoisia ja pitkästyttäviä. Ryhmätöistä saadaan usein kirjalliset raportit. Usein riittäisi, että vetäjä tekisi näistä yhteenvedon ja esittelisi sen yleiskeskustelun avaamiseksi. Tällöin voidaan välttyä yleisestä raportointitavasta, jossa ryhmien edustaja kertovat vuoronperään lähes samat asiat. [5, s. 111.]

## **5 Työn kulku**

### **5.1 Aineisto ja menetelmät**

Työ oli pääosin tarkoitus toteuttaa koulusta löytyvillä komponenteilla ja välineillä. Koulu oli saanut lahjoituksena suuren määrän vanhoja komponentteja, joille ei enää teollisuudessa löytynyt tarvetta. Näitä komponentteja käyttämällä oli tarkoitus toteuttaa tämä insinöörityö. Työ alkoi perehtymällä näihin komponentteihin.

Suureen osaan komponenteista oli vaikea löytää datalehtiä, ja siksi osasta komponentteja oli mahdotonta tietää, mikä niiden sähköinen toiminta oli. Komponenttien sähköisellä toiminnalla ei ollut kuitenkaan roolia tähän insinöörityöhön liittyen. Komponenttien valintaperusteena käytettiin niiden ulkoisia ominaisuuksia, kuten fyysisiä mittoja, jalkatyyppiä ja kotelotyyppiä.

Ennen piirilevyn suunnittelua tutustuttiin laitteisiin, joita varten piirilevyt suunniteltiin. Laitteisiin tutustuminen tapahtui Metropolian elektroniikan koulutusohjelman projekti-insinööri Lauri Virran perehdyttämänä. Laitteisiin tutustumisen jälkeen niillä suoritettiin karkeaa testausta jo valmiina olevilla piirilevyillä. Piirilevyihin kiinnitettiin erilaisia komponentteja ja tutkittiin niiden juottuvuutta. Tämän testauksen jälkeen alkoi hahmottua käsitys, minkälaisia komponentteja laitteilla pystyttäisiin käsittelemään.

Seuraavaksi mietittiin, mitä komponentteja käsinjuotosasemaa varten tehtävälle piirilevylle laitettaisiin. Samalla mietittiin, olisivatko nuo samat komponentit sopivia myös korjausasemalle.

Komponenttien valintaa tehdessä huomioitiin komponenttien

- soveltuvuus testaukseen ja oppilasharjoituksiin
- juottamismahdollisuudet laitteilla
- asentamiseen menevän ajan arvio
- saatavuus elektroniikan koulutusohjelman varastosta
- tyyppi

## 5.2 Testilevyn suunnittelu ja valmistus

Testilevyn avulla oli tarkoitus testata käsinjuotosasemaa ja korjausasemaa.

Ensimmäiseen levyyn tuli vain komponentteja, ja komponenttien väliset johtimet jätettiin kokonaan tekemättä. Testilevylle tuleviksi komponenteiksi valittiin:

- 3 kpl 0402-kotelossa olevia chip-vastuksia
- 3 kpl. 0603-kotelossa olevia chip-vastuksia
- 3 kpl 0805-kotelossa olevia chip-kondensaattoreita
- 3 kpl 1206-kotelossa olevia chip-kondensaattoreita
- SOIC (Small-Outline Integrated Circuit) -kotelossa oleva 20-jalkainen CD74ACT245M-piiri
- SOIC-kotelossa oleva 16-jalkainen 74AC161-piiri
- PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) -kotelossa oleva 20-jalkainen EPC1LC20-piiri
- LQFP (Low-profile Quad Flat Package) -kotelossa oleva 144-jalkainen TMX320CL548-piiri
- BGA (Ball Grid Array) -kotelossa oleva 100-jalkainen EPM7128AEFC100-7-piiri

Komponenttien valinnan jälkeen alkoi piirilevyn suunnittelu. Piirilevyn suunnittelu tapahtui piirilevyn suunnitteluohjelmalla PADSilla. Aluksi valituista komponenteista etsittiin datalehdet, joista saatiin tarvittavat tiedot, piirilevyn suunnitteluohjelmaa varten. Tämä tehtiin kaikkien komponenttien kohdalla, joita ei löytynyt valmiiksi PADS:n komponenttikirjastosta. PADS:n kirjastosta löytyivät tässä työssä käytetyistä

komponenteista vain vastukset ja kondensaattorit. Muiden komponenttien kohdalla tiedot jouduttiin syöttämään ohjelmaan, ja näin komponentit luotiin kirjastoon.

Komponenttien luomisen jälkeen alkoi varsinainen piirilevyn suunnittelu. Piirilevyn suunnittelussa huomioitiin hyviä piirilevysuunnittelun periaatteita komponenttien sijoittelun ja sähköisten signaalien suhteen, vaikka piirilevyllä ei varsinaista sähköistä toimintaa ollutkaan. Testilevyllä käytettävät komponentit tuotiin PADS Logic -ohjelmasta PADS Layout -ohjelmaan, jolla varsinainen komponenttien sijoittelu tehtiin. Komponenttien sijoittelun jälkeen tulostettiin paperille kuva piirilevystä ja tallennettiin tiedostot Circuit Cam -ohjelmaa varten. PADS Layoutilla tehdyt tiedostot käsitellään Circuit Camilla lopullisten poraustiedostojen saamiseksi.

Circuit Camissa muun muassa yhdistetään kaksipuoleisen piirilevyn molemmat puolet yhdelle levyille. Circuit Camilla tehdyt tiedostot avattiin seuraavaksi Boardmaster-ohjelmalla, joka ohjaa jyrsimen käyttöä. Seuraavaksi testilevy jyrsittiin levyille, joka oli pinnoitettu kuparilla.

### **5.3 Testaus**

#### **5.3.1 Testaus käsinjuotosasemalla**

Testaus aloitettiin käsinjuotosasemalla. Komponenttien juottaminen suoritettiin yksi kerrallaan ja etukäteen ajatellen helpoimmasta aloittaen. Ensimmäisenä piirilevyyn juotettiin 1206-koteloissa ja sitten 0805-koteloissa olevat kondensaattorit. Seuraavaksi oli vastusten vuoro, joista juotettiin vain 0603-koteloissa olevat, sillä testaushetkellä ei 0402-koteloissa olevia vastuksia ollut saatavilla. Vastusten jälkeen juotettiin SOIC-koteloissa olevat piirit aloittaen ACT245-piiristä. Näiden jälkeen juotettiin PLCC-kotelossa oleva EPC1LC20-piiri. Sitten vuorossa oli BGA-kotelossa oleva EPM7128AEFC100-7-piiri ja viimeisenä LQFP-kotelossa oleva TMX320CL548-piiri.



### 5.3.2 Juotosten tarkastaminen

Juotosten tarkastamisessa käytettiin visuaalista tarkastamista ja yleismittaria. Visuaalisessa tarkastuksessa tarkasteltiin juotoksia päällisin puolin ja katsottiin, miltä ne näyttivät. BGA-piirin kohdalla tarkastamisessa toimittiin siten, piiri irrotettiin piirilevystä. Irrotetusta piiristä ja piirilevystä tutkittiin, että miten paljon juotospastaa jalkoihin ja juotosalueisiin oli tarttunut, ja lisäksi tarkastettiin, onko vierekkäisten jalkojen väleissä juotossiltoja. Yleismittarin avulla tutkittiin, onko piirien jalkojen ja piirilevyn välille syntynyt juotossilloista aiheutuneita oikosulkuja. Lisäksi kokeiltiin piirilevyn jäähtymisen jälkeen kevyesti sormin irrottaa piirejä, jotta saatiin selville, olivatko ne kunnolla kiinni piirilevyssä.

### 5.3.3 Tarkastuksen tulokset

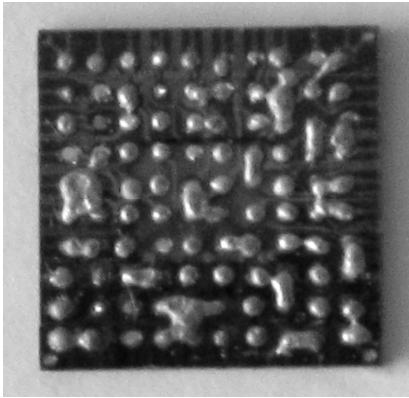
Vastukset ja kondensaattorit näyttivät juottuneen hyvin, eikä niiden kohdalla ollut myöskään havaittavissa oikosulkuja. SOIC-koteloissa olevista piireistä CD74ACT245M-piirissä oli ensimmäisessä jalassa oikosulku piirilevyn ja jalan välillä. Toinen SOIC-komponentti ja PLCC-komponentti olivat juottuneet hyvin. Kun BGA-piiri oli irrotettu, huomattiin, että useiden jalkojen väliin oli muodostunut juotossiltoja. LQFP-kotelossa oleva piiri lähti irti piirilevystä sormin irrottamalla. Piirin kohdalla oli katsomalla havaittavissa, että jalkojen juottuminen oli hyvin epätasaista ja vierekkäisten jalkojen välillä oli usein juotossiltoja.

*Taulukko 3. Juottuneisuus käsinjuotosasemalla. Visuaalisessa tarkastuksessa tehdyt havainnot eri komponenttien juotosten laadusta.*

<b>Komponentti</b>	<b>Kotelo</b>	<b>Juotoksen laatu</b>
Vastukset	Chip 0402	ei juotettu
Vastukset	Chip 0603	Hyvä
Kondensaattorit	Chip 0805	Hyvä
Kondensaattorit	Chip 1206	Hyvä
CD74ACT245M	SOIC 20-johdinta	Hyvä
74AC161	SOIC 16-johdinta	Hyvä
EPC1LC20	PLCC 20-johdinta	Hyvä
TMX320CL548	LQFP 144-johdinta	Huono
EPM7128AEFC100-7	BGA 100-johdinta	Huono

#### **5.3.4 Käsinjuotosaseman testauksen päätelmät**

Eri piirien kohdalla juotostilanteiden ja juotostuloksen kannalla on selvästi havaittavissa yhtenevyys. Mitä vaikeammalta piirin juottaminen tuntui, sen varmemmin juotostulos oli epäonnistunut. Ennakoitavissa oli, että BGA-piirien juottaminen ei käsinjuotosasemalla onnistu, sillä piirin alla olevien jalkojen juottaminen ei pelkällä kuumailmakynällä onnistu. Lisäksi BGA-piirien paikoilleen kohdistaminen on vaikeaa ilman optisia laitteita. Myös tiheäjalkaisten fine-pitch-komponenttien juottaminen käsinjuotosasemalla on hyvin vaikeaa, mutta ei välttämättä mahdotonta. Kunnollisen lopputuloksen saaminen tiheäjalkaisten komponenttien kohdalla on kuitenkin erittäin tarkkaa ja paljon aikaa vievää. Lisäksi näiden komponenttien kohdalla juotospastan annostelu on erittäin tarkkaa, joten annosteluun liittyvien tekijöiden saamiseksi kohdalleen ennen varsinaista juottamista on valmistelut tehtävä äärimmäisen huolellisesti.



*Kuva 8 BGA-piirin pohja irrottamisen jälkeen.*

### **5.3.5 Testaus korjausasemalla**

Korjausaseman testauksessa käytettiin aluksi käsinjuotosasemalle tehtyä testilevyä, johon oli käsinjuotosasemalla juotettu komponentteja kiinni. Ensimmäisenä piirilevystä irrotettiin SOIC-kotelossa oleva CD74ACT245M-piiri, jonka ensimmäisessä johtimessa oli juotesilta piirilevyn kuparipintaan. Aluksi piirilevyä lämmitettiin korjausasemassa olevilla infrapunalämmittimillä. Lämmitys pyrittiin kohdistamaan mahdollisimman hyvin irrotettavaan komponenttiin, jotta vain irrotettavan komponentin johdinten ja juotosalueiden välillä oleva juote saatiin sulamaan. Juotteen sulettua komponentti nostettiin pois paikaltaan käyttämällä korjausasemassa olevaa imulla toimivaan nostinta. Irrotuksen jälkeen piirilevytä poistettiin hieman liikaa pastaa ja komponentti asetettiin takaisin paikalleen. Asettamisessa käytettiin, koska pinsettejä ei ollut, lämpöpihtejä ilman, että niitä lämmitettiin. Kun komponentti oli asetettu takaisin paikalleen piirilevyllä, juotettiin se takaisin kiinni käyttämällä korjausaseman infrapunalämmittimiä. Piirilevytä irrotettiin myös BGA-kotelossa oleva EPM7128AEFC100-7-piiri käyttämällä samaa menetelmää kuin SOIC-piirin kohdalla.

Korjausasemaa testattiin vielä juottamalla sillä edellä mainittu BGA-komponentti kiinni piirilevyyn. Tällä kertaa BGA-komponentti juotettiin käsinjuotosaseman testauksen seurauksena syntyneeseen lopulliseen piirilevyyn. Tämän lisäksi korjausaseman optisella toiminnolla kokeiltiin LQFP-komponentin kohdistamista ja asettamista paikalleen piirilevyille. LQFP-komponenttia ei juotettu kiinni.

### 5.3.6 Korjausaseman testauksen tarkastus ja tulokset

Korjausasemalla irrotettujen ja juotettujen komponenttien juottumista arvioitiin visuaalisella tarkistuksella sekä yleismittarilla tapahtuvalla tarkistuksella. Yleismittarilla tapahtunut tarkistus rajoittui vain SOIC-komponenttiin, sillä BGA-komponentin juotosnastoja ei yleismittarilla pääse tarkastamaan

Kaikki korjausasemalla testatut komponentit saatiin juotettua paikoilleen. LQFP-komponentti saatiin levyllä oikealle paikalleen. Irrotus- ja juotosprosessissa piirilevyn lämmittäminen 185 °C:seen, jossa pasta alkaa sulaa, kestää 5-10 minuuttia. SOIC-komponentin korjausprosessi, eli irrottaminen ja takaisin juottaminen, kesti noin 30 minuuttia. SOIC-komponentin uudelleenjuottamisen jälkeen ei juotesiltoja enää esiintynyt, mutta sen sijaan komponentti irtosi piirilevystä sormilla irrottamalla. Tämä tarkoitti sitä, että piiri oli juottunut heikosti kiinni.

Visuaalisen tarkistuksen perusteella puhtaalle piirilevyllä juotettu BGA-piiri juottui hyvin kiinni. Koska piirilevyllä ei ollut BGA-komponentin lisäksi muita komponentteja, pystyttiin piirilevyn pintaa pitkin katsomalla näkemään hieman komponentin alle. Tarkastuksessa nähtiin, että BGA-piirin juotosten välillä ei ilmennyt juotesiltoja. BGA-piiri oli myös juottunut hyvin kiinni piirilevyyn, sillä se ei irronnut piirilevystä käsin irrottamalla.

### 5.3.7 Korjausaseman testauksen päätelmät

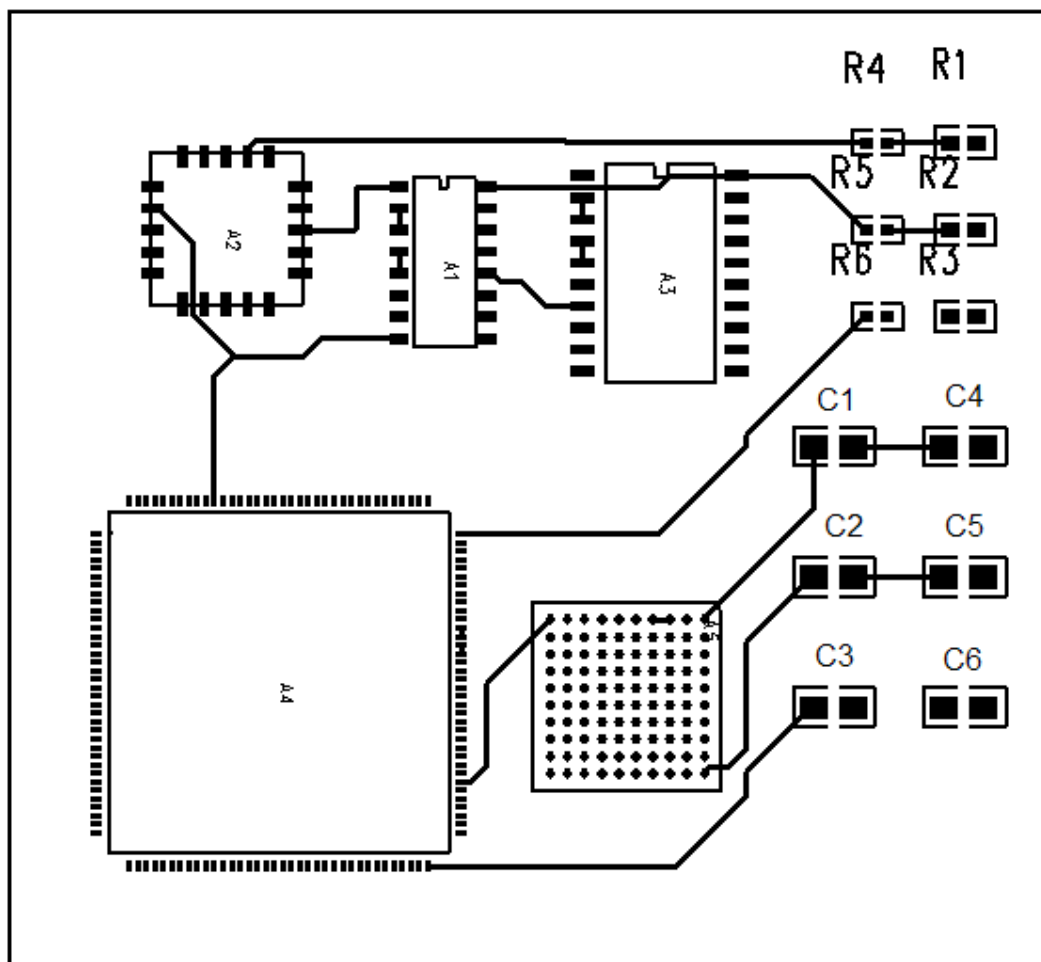
Korjausasemalla on mahdollista juottaa piirilevyihin BGA-komponenttija ja fine-pitch-komponentteja. Ongelmana, etenkin fine-pitch-komponenttien kohdalla, on pastan annostelu juotosalustoille. Nämä juotosalustat ovat hyvin pieniä, ja niitä on hyvin tiheällä välillä. Tämä tekee pastan annostelusta vaikeaa. Stensiilin avulla pastan annostelun ei pitäisi olla ongelma, mutta käyttämällä annosteluun esimerkiksi käsinjuotosaseman annosteluruiskua on pastan annostelu vähintäänkin hyvin vaikeaa, tarkkaa ja aikaa vievää.

Uudelleen juotetun SOIC-komponentin irtoaminen sormin irrottamalla johtui todennäköisesti pääosin siitä, että juotosalustoilla pastaa ei ollut tasaisesti. Asiaa varmasti myös edesauttoi se, että uudelleen juottamisen yhteydessä ei lisätty juotosalustoille fluksia. Lisäksi huomioitavaa on, että uudelleenjuotos ei koskaan ole yhtä vahva kuin alkuperäinen.

Korjausasemalla BGA-piirien juottaminen onnistuu hyvin, mikäli juotospastan annostelu juotosalustoille on onnistunut. BGA-komponentit ovat helppo kohdistaa ja asettaa paikalleen korjausasemalla. Pelkkä visuaalinen tarkastus BGA-komponenteille ei kerro, onko piiri juottunut hyvin vai ei. BGA-piirien tarkistus tulisi tehdä röntgenlaitteella, jotta nähtäisiin juotosnastojen kiinnittyminen piirin alla.

## **5.2 Lopullinen piirilevy käsinjuotos- ja korjausasemia varten**

Käsinjuotosasemaa varten suunnitellulla testilevyllä olevien komponenttien määrä ja erilaisuus vaikutti sopivalta laboratorioharjoitusta varten. Tämän takia niitä ei ollut syytä vaihtaa. Sen sijaan lopulliselle piirilevyllä lisättiin johtimia, koska haluttiin selvittää niiden vaikutusta komponenttien juottumiseen. Johtimia tehtäessä osa johtimista tehtiin tahallisesti vasten hyviä suunnitteluperiaatteita, jotta nähtäisiin, millaisia ongelmia se aiheuttaisi esimerkiksi piirilevyn tarkastamisessa. Näitä virheitä olivat suorien johdinten vetäminen vierekkäisten jalkojen välille ja leveiden johdinten kaventamatta jättäminen ennen juotosalustaan yhdistämistä. Myös komponenttien sijoittelua piirilevyllä hieman muutettiin. Tämä tehtiin siksi, että helpotettiin haluttujen johdinten vetämistä komponenttien välille.



Kuva 9. Lopullisen piirilevyn layout.

### 5.3 Laboratorioharjoitukset käsinjuotos- ja korjausasemille

Laboratorioharjoitukset käsinjuotos- ja korjausasemilla toteutetaan ryhmittäin. Suositeltava ryhmien koko on kahdesta kolmeen henkilöä. Ryhmätyöllä pyritään tehostamaan oppilaiden oppimista. Ryhmissä toteutetussa harjoituksessa oppilaat soveltavat omia tietojaan käytännön tilanteessa ja pohtivat mahdollisia ongelmia yhdessä. Ryhmätilanteessa oppilaat myös oppivat toisiltaan.

Laboratorioharjoitusten käsinjuotosasemalle (liite 1) ja korjausasemalle (liite 2) lisäksi käsinjuotosasemalle tehtiin suomenkielinen käyttöohje (liite 3). Korjausasemalle ei tehty käyttöohjetta, sillä sellainen oli jo olemassa (lähdeviite 7).

### 5.3.1 Käsinjuotosasema

Käsinjuotosaseman laboratorioharjoituksessa käytetään kuvan 9 mukaista piirilevyä. Harjoituksessa opiskelijat juottavat DIMA FP-700 -käsinjuotosasemalla kaikkiaan 17 erilaista pintaliitoskomponenttia piirilevylle. Juotettavista komponentit ovat kuusi palavastusta, kuusi palakondensaattoria, kaksi SOIC-komponenttia, PLCC-komponentti, LQFP-komponentti ja BGA-komponentti. Komponentit ovat samat, mitkä ovat listattu taulukossa 4 (s. 31).

Komponenttien juottamisessa huomiota tulee kiinnittää pastan annosteluun, komponenttien asettamiseen paikoilleen ja pastan sulattamiseen. Annostelussa tärkeää on, että pastaa annostellaan juotosalustalle sopiva määrä ja että pasta osuu juotosalustoille eikä tule sen reunojen yli. Komponenttien asettelussa tulee käyttää käsinjuotosaseman nosto- ja asetuspäätä.

Pastan sulattamiseen käytetään käsinjuotosasemassa olevaa kuumailmakynää. Juotosprosessin aikana tulee pastan sulamiseen kiinnittää huomiota. Pastaa tulee kuumentaa niin kauan, että se on kunnolla sulanut. Pastan saavuttaessa sulamispisteen sen väri muuttuu harmaasta kiiltäväksi. Pastan sulaminen tapahtuu nopeasti, minkä jälkeen lämmitys voidaan lopettaa ja komponentti juottuu kiinni pastan jähmettyessä. Käsinjuotosasemassa on nosto- ja asetuspään yhteydessä kamera, josta saatavaa kuvaa on hyvä käyttää hyödyksi komponenttien asettamisessa ja pastan sulamista tarkkailtaessa.

Juotetuista komponenteista tulee tutkia niiden juottuneisuus sekä visuaalisesti että yleismittarilla. Visuaalisessa tarkastuksessa tutkitaan komponenttien juottuneisuutta ja pyritään havaitsemaan juottumisvirheet. Yleismittarin avulla pystytään havaitsemaan oikosulut johdinten ja piirilevyn väliltä sekä vierekkäisten johdinten väliltä.

Ryhmä kirjoittaa laboratorioharjoituksesta raportin, jossa kerrotaan juottamisen onnistumisesta jokaisen komponentin kohdalla. Raportissa tulee mainita, minkä komponenttien juottaminen oli helppoa ja mitkä komponentit olivat vaikeita tai

mahdottomia juottaa käsinjuotosasemalla. Raportissa tulee myös mainita mahdollisista juotosvirheistä ja siitä, miten piirilevyn pinnalla kulkevat johtimet vaikuttivat juottumiseen.

### **5.3.2 Korjausasema**

Korjausaseman laboratorioharjoituksessa käytetään käsinjuotosaseman laboratorioharjoituksen piirilevyä ja komponentteja. Harjoituksessa piirilevytä irrotetaan ja juotetaan takaisin kolme komponenttia. Työstettävät komponentit ovat BGA-komponentti, LQFP-komponentti ja PLCC-komponentti tai toinen SOIC-komponenteista.

Harjoituksen tarkoituksena on opettaa opiskelijoille korjausaseman käyttö korjaamalla huonosti juottuneita tai vaihtamalla rikkoutuneita komponentteja. Uudelleen juotettujen/vaihdettujen komponenttien juottuminen tarkistetaan visuaalisesti ja niiden komponenttien kohdalla, joilla mahdollista, myös yleismittarilla. Harjoituksesta kirjoitetaan raportti, jossa kerrotaan komponenttien vaihtamisen onnistumisesta ja harjoituksessa mahdollisesti ilmenneistä ongelmista.

## **6 Yhteenveto**

Työn seurauksen saatiin luotua laboratorioharjoitukset käsinjuotos- ja korjausasemille tulevia kursseja varten. Harjoituksissa opiskelijat oppivat käyttämään kyseisiä laitteita sekä ymmärtämään, kuinka pintaliitoskomponentteja asennetaan piirilevyille.

Laboratorioharjoitukset myös parantavat opiskelijoiden käsitystä hyvien ja huonojen juotosten eroista. Harjoituksissa opiskelijat kohtaavat laitteiden suorituskyvyn rajat ja niiden aiheuttamat ongelmat. Piirilevyille tehtyihin johtimiin on tehty suunnitteluvirheitä, jotta opiskelijat ymmärtäisivät niistä aiheutuvat ongelmat esimerkiksi piirilevyn tarkastuksessa.

Työn seurauksena ymmärretään paremmin, minkälaisia komponentteja kummallakin laitteella pystyy juottamaan ja vaihtamaan. Lisäksi ymmärretään, minkälaisia komponentteja on järkevää lähteä juottamaan kummallakin laitteella. Tiheäjalkaisia



komponentteja varten olisi pitänyt olla tarkempi pastan annostelumenetelmä. Tällöin tiheäjalkaistenkin komponenttien juottaminen korjausasemalla pitäisi onnistua.

Ongelmia työssä ilmeni korjausaseman kohdalla. Korjausasema oli aluksi epäkunnossa siten, että sen kamerasta ei saatu kuvaa näkyviin televisiolle. Toinen ongelma korjausasemalla oli komponenttien nostamiseen tarkoitettujen imukuppien rikkoutuminen ja irtoaminen. Lisäksi korjausasemassa olevan lämpöanturin tarkkuutta on syytä epäillä, sillä piirilevyä jouduttiin välillä lämmittämään pitkään, eikä silti lämpötila-anturilla mitattu piirilevyn lämpötila tuntunut nousevan riittävän ylös. Pasta oli kuitenkin jo sulanut ja komponentti pystyttiin irrottamaan. Lisäksi yksi yleinen ongelma työn aikana oli datalehtien löytäminen komponenteille. Osa komponenteista, joita suunniteltiin käytettävän työssä, oli niin vanhoja tai niiden merkinnät niin puutteellisia, että niille ei löytynyt datalehtiä.

Laboratorioharjoituksia seuraamalla ja oppilaiden mielipiteitä kuuntelemalla voidaan työssä suunniteltua piirilevyä varmasti kehittää ja sen komponentteja vaihtaa. Piirilevyn kehittämisessä tulee myös huomioida tekniikan kehityksen seurauksena tapahtuvan uusien kotelotyyppien syntyminen ja niiden mahdollinen hyödyntäminen juotosharjoituksissa.

## Lähteet

1 Singmin, Andrew. Modern Electronics Soldering Techniques. United States of America: Prompt Publications, 2000

2 Hurmerinta, Eemeli. Piirilevyn suunnitteluohjeet tuotantoon. Insinööriyö. EVTEK-ammattikorkeakoulu, 2007

3 Strauss, Rudolf. SMT Soldering Handbook. Great Britain: Newnes, 1998

4 Marcoux, Phil P. Fine Pitch Surface Mount Technology Quality, Design, and Manufacturing Techniques. United States of America: Van Nostrand Reinhold, 1992

5 Ryhmätyön käyttö koulutuksessa. Valtion Koulutuskeskus. 1.-5. painos. Valtion painatuskeskus, Helsinki, 1992

6 Dima FP-700 User Manual. version 1.2.

7 Turunen, Taneli- Varis, Klaus- Laine, Kimmo. Korjausasema, Käyttöohjeet ERSA IR 500 A. EVTEK-ammattikorkeakoulu, 2003

8 Products & Solutions. (WWW-dokumentti.) Dima SMT Systems.

<[www.dimasmt.nl/cmpage/proddetail.asp?nmid=5&nsid=10&pid=91&relPID=10](http://www.dimasmt.nl/cmpage/proddetail.asp?nmid=5&nsid=10&pid=91&relPID=10)>.

Luettu 5.5.2009

9 Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. (WWW-dokumentti.) Kotelotyypit.

<[http://www.tokem.fi/teku/virt\\_amk/elko/Kurssin\\_sisalto/Kotelotyypit/body\\_kotelotyypit.html](http://www.tokem.fi/teku/virt_amk/elko/Kurssin_sisalto/Kotelotyypit/body_kotelotyypit.html)>. Luettu 12.5.2009

10 Wikipedia. (WWW-dokumentti.) Soldering.

<<http://en.wikipedia.org/wiki/Soldering>>. Luettu 3.6.2009

## **Liite 1: Käsinjuotosaseman laboratorioharjoitus**

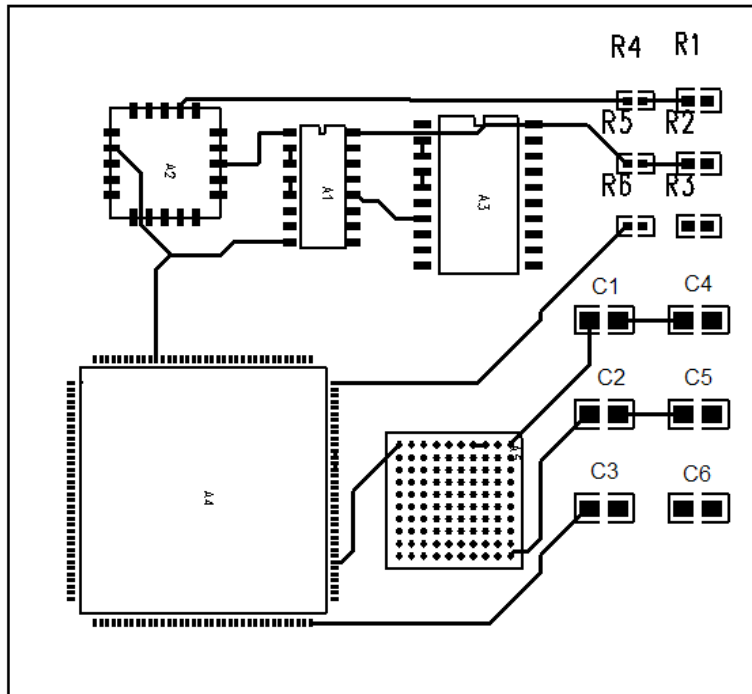
Juottakaa komponentit DIMA FP-700 -käsinjuotosasemalla kiinni niille kuuluville paikoille piirilevyllä. Komponenttien paikat näkyvät toisella sivulla olevasta kuvasta. Tutustukaa laitteen käyttöohjeeseen ennen harjoituksen aloittamista. Valitkaa ennen pastan annostelua annosteluruiskuun sopivan kokoinen neula. Juottaminen on hyvä tehdä aloittamalla helpoimmista komponenteista. BGA- ja LQFP -komponentit on hyvä juottaa viimeisenä.

Juottamisen jälkeen tarkistakaa kaikkien komponenttien juottuneisuus visuaalisesti. Tarkistakaa piirilevytä myös mahdolliset oikosulut käyttämällä yleismittaria.

Kirjoittakaa harjoituksesta raportti, jossa kerrotte juottamisen onnistumisesta jokaisen komponentin kohdalla. Raportissa tulee mainita, minkä komponenttien juottaminen oli helppoa ja mitkä komponentit olivat vaikeita tai mahdottomia juottaa. Raportissa tulee myös mainita mahdollisista juotosvirheistä ja siitä, miten piirilevyn pinnalla kulkevat johtimet vaikuttivat juottumiseen ja juottumisen tarkistamiseen.

Komponentit:

- C1-C3: palakondensaattori 1206-kotelossa
- C2-C3: palakondensaattori 0805-kotelossa
- R1-R3: palavastus 0603-kotelossa
- R4-R6: palavastus 0402-kotelossa
- A1: 16-jalkaisessa SOIC-kotelossa oleva 74AC161-piiri
- A2: 20-jalkaisessa PLCC-kotelossa oleva EPC1LC20-piiri
- A3: 20-jalkaisessa SOIC-kotelossa oleva CD74ACT245M-piiri
- A4: 144-jalkaisessa LQFP-kotelossa oleva TMX320CL548-piiri
- A5: 100-jalkainen BGA-kotelossa oleva EPM7128AEFC100-7-piiri

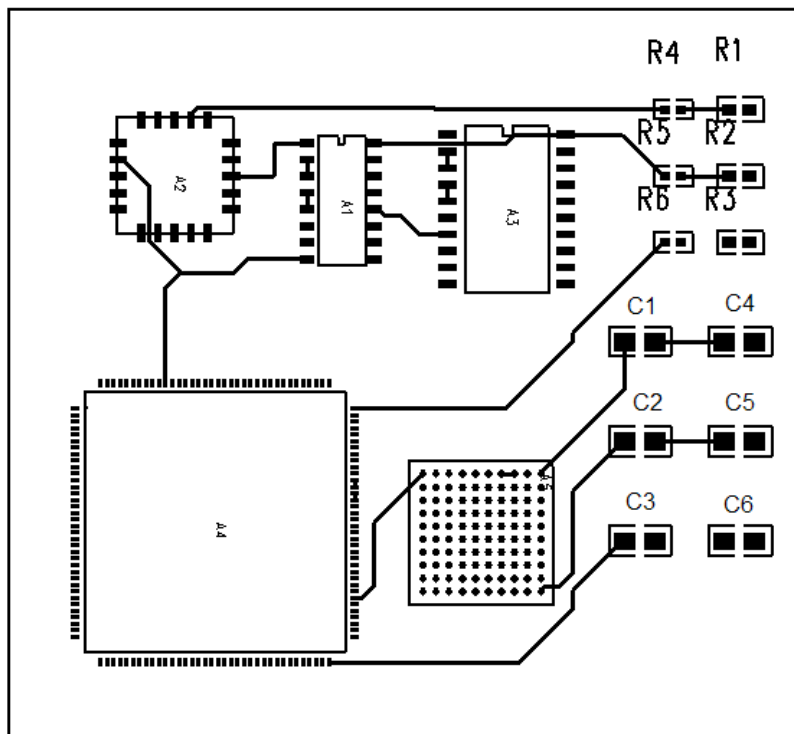


## Liite 2: Korjausaseman laboratorioharjoitus

Irrottakaa ja juottakaa uudelleen kiinni korjausasemalla ERSA IR 500A käsinjuotosasemalla juotetuista komponenteista BGA-komponentti A5, LQFP-komponentti A4 sekä PLCC-komponentti A2 tai toinen SOIC-komponenteista A1 tai A3. Valitse viimeinen korjattava komponentti sen perusteella, mikä komponenteista on huonoinen juottunut. Komponentit irrotetaan ja juotetaan yksi kerrallaan eikä esimerkiksi siten, että kaikki kolme komponenttia olisi samanaikaisesti irrotettuna piirilevytä.

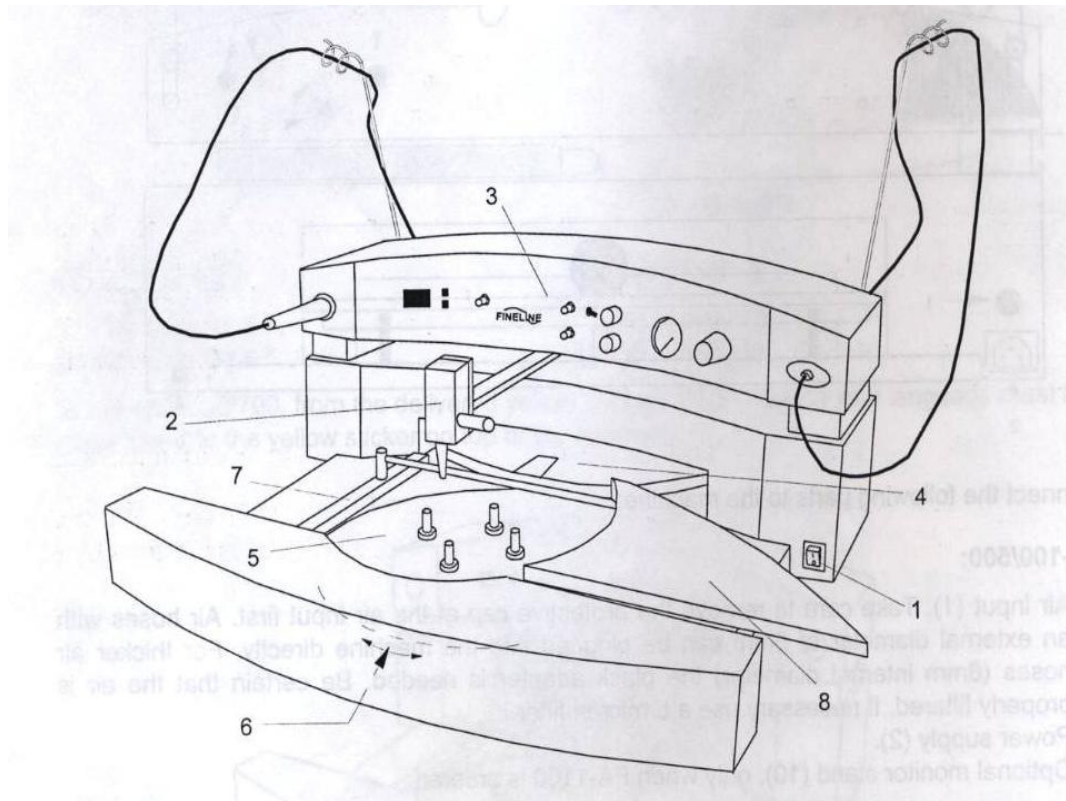
Juottamisen jälkeen tarkistakaa korjattujen komponenttien juottuneisuus visuaalisesti. Tarkistakaa piirilevytä myös mahdolliset oikosulut käyttämällä yleismittaria.

Kirjoittakaa harjoituksesta raportti, jossa kerrotte korjausprosessin onnistumisesta eri komponentin kohdalla. Kertokaa raportissa myös mahdollisista ongelmista harjoituksen aikana.



**Liite 3: Käsijuotosaseman käyttöohje****Fineline FP-700****Käyttöohje**

## 1. Laitteen yleiskuva

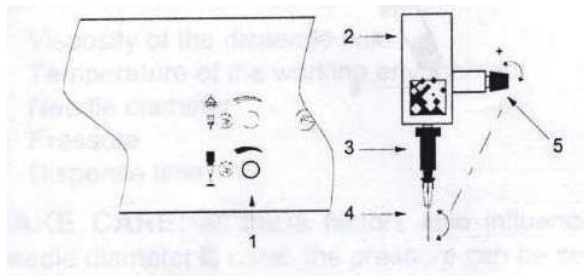


Kuva 1. Käsinjuotosasema.

1. Virtakatkaisin
2. Komponenttien nosto- ja asetuspää
3. Käyttöpaneeli
4. Komponenttipyörä
5. Pyörivä alusta ja piirilevyn pidikkeet
6. Pyörivän alustan säätö
7. Syöttimen tuki
8. Käsituki

## 2. Työskentelyohje

### 2.1 Käsikäyttöinen komponenttien nosto- ja asetuspää



Kuva 2. Nosto- ja asetuspää.

1. Pipetin imutehon säätönappi
2. Nosto- ja asetuspää
3. Pipetti
4. Neula
5. Pyörittynappi

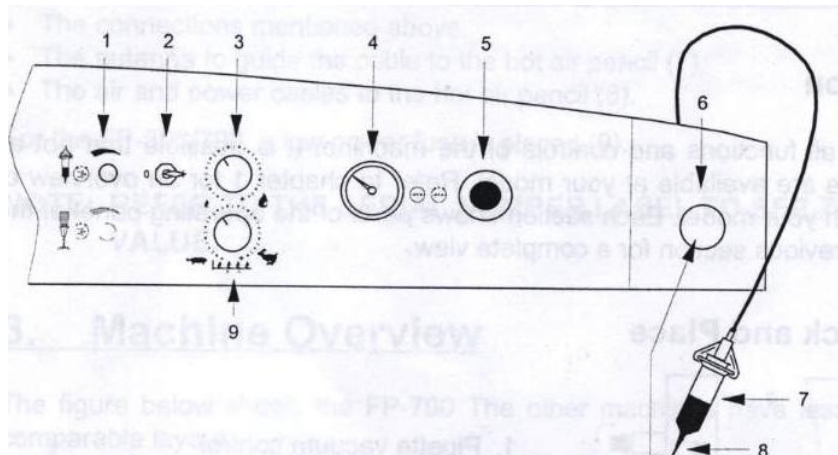
### 2.2 Käsikäyttöisen komponenttien nosto- ja asetuspään käyttö

Aseta nosto- ja asetuspää haluamasi komponentin päälle ja kosketa sillä komponentin yläpintaa. Tällöin imu kytkeytyy päälle ja voit nostaa komponentin ylös. Vie nosto- ja asetuspää siihen paikkaan, johon haluat komponentin sijoittaa. Pyörittynupista pystyt kääntämään komponentin haluamaasi asentoon. Paina komponentti paikoilleen, ja imu lakkaa automaattisesti.

Imutehoa voi säätää sopivaksi pipetin imutehon säätönupista (1). Neulan vaihto suoritetaan pitämällä kiinni pipetistä ja kääntämällä neulaa, jolloin neula irtoaa. Uusi neula asetetaan vanhan tilalle ja käännetään vastakkaiseen suuntaan.



### 2.3 Annostelija



Kuva 3. Annostelija ja sen hallinta.

1. Ruiskun imutehon säätönappi
2. Annosteluajan säädön päälle kytkevävipu
3. Annosteluajan säätönappi
4. Annostelijan painemittari
5. Annostelijan painesäätönappi
6. Annosteluruiskun pidike
7. Ruisku
8. Annosteluneula
9. Toistoajan säätö

### 2.4 Annostelijan käyttö

Annosteluruisku löytyy paneelin oikeasta laidasta. Valitse sopivan kokoinen neula tarpeisiisi ja kiinnitä se ruiskuun. Lattialla on poljin, jota painamalla ruiskusta työntyy ulos nestettä. Annostelijaa voi käyttää niin, että annosteluajan säätö on päällä, jolloin ruiskusta tulee aina sama määrä annosteltavaa ainetta. Toinen vaihtoehto on kytkeä annosteluajan säätö pois päältä, jolloin ruiskusta tulevan aineen määrään vaikuttaa se, kuinka kauan jalkaa pidetään polkimella.

Annosteluajan säädön ollessa päällä annosteluaikaa säädetään annosteluajan säätönupista (3). Paine säädetään paineensäätönupista (5). Säädetyn paineen voi katsoa painemittarista (6).

Alhaisten viskositeettien omaavat aineet saattavat valua ulos ruiskusta ennen tarkoitettua annosteluhetkeä tai sen jälkeen. Tämän estämiseksi säädetään ruiskun imutehon säätönupista (1) ruiskun imutehoa. Hylsyn imun tulee olla tasapainossa, niin ettei se aiheuta kuplimista nesteessä.

Suurien pistesarjojen tekemiseen voi hyödyntää toistotilaa. Kone toistaa halutun kokoisen ainemäärän syöttämistä niin kauan kuin jalkaa pidetään polkimella. Ainemäärän annosteluvälien aikaa säädetään toistoajan säätövivusta.

## **2.5 Annosteluun vaikuttavat tekijät**

Annostelussa lopputulokseen vaikuttavat useat tekijät. Laitteen annostelu toimii seuraavalla tavalla: Annosteltava aine työnnetään ulos ruiskusta ruiskun perään liitettävän paineilman avulla. Kun paineilma ei ole päällä, ruiskun perällä on tyhjiö, joka estää annosteltavaa ainetta valumasta ulos ruiskusta.

Annosteltavan aineen määrään vaikuttavat

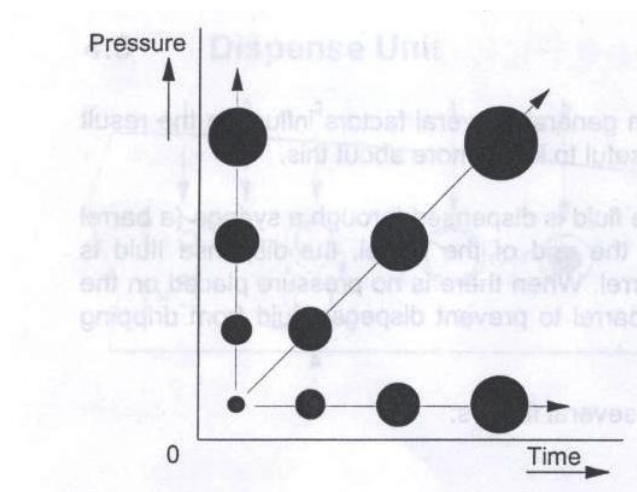
- aineen viskositeetti
- työympäristön lämpötila
- neulan halkaisija
- paine
- syöttöaika

Huomioitavaa on, että kaikki edellä mainitut tekijät vaikuttavat toisiinsa.

Esimerkiksi kun käytetään suurta neulaa, voi painetta säätää pienemmäksi saman ainemäärän saamiseksi.

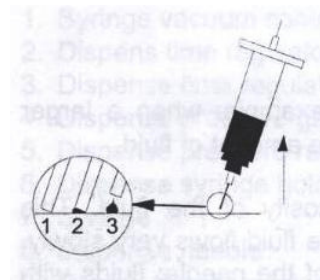
Aineen viskositeetti määrää, kuinka aine virtaa. Korkea viskositeetti tarkoittaa, että aine virtaa hitaasti. Viskositeetti määrittää neulan halkaisijan minimikoon. Neulan halkaisijan tulee olla suurempi, jos sen läpi syötettävän aineen viskositeetti on suuri. Neulan halkaisijan maksimikoon määrittää alustan koko, johon annosteltava aine tulee, ja aineen viskositeetti.

Kun annosteltava aine ja neula ovat valittu, voi annosteltava aineen määrää helposti säätää säätämällä painetta ja annostelu-aikaa. Kuva 4 näyttää, kuinka aika ja paine vaikuttavat annosteltavan aineen määrään.



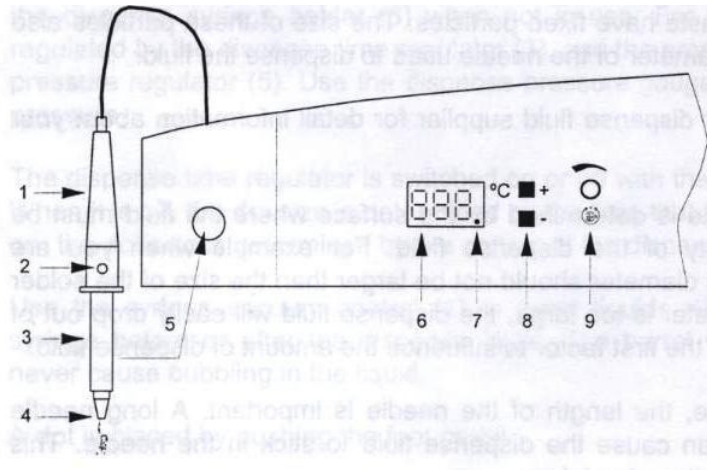
Kuva 4. Paineen ja ajan vaikutus pistekokoon.

Parhaan tuloksen saamiseksi pidä ruiskua 45 ja 70 asteen (1) välisessä kulmassa tasoon nähden, johon aine annostellaan. Aseta neulan kärki annostelupinnalle ja aloita annostelu (2). Kun annostelu loppuu, nosta ruisku suoraan ylös (3).



Kuva 5. Annostelukulma.

## 2.6 Kuumailma-asema



Kuva 6. Kuumailma-asema ja sen hallinta

1. Kuumailmakynä
2. Kuumailman syöttönappi
3. Kynän metalliputki
4. Kuumailman ulostulo
5. Kynän pidike
6. Puhallusilman lämpötilan näyttö
7. Lämpötilasäädön osoitin
8. Lämpötilan säätönappit
9. Puhallusilmavirran säätö

Huomaa, että kynän metalliputki on kuuma, kun laite on päällä. Säilytä kynää aina sen pidikkeessä, kun kynä ei ole käytössä. Älä paina kuumailman syöttönappista kynän ollessa pidikkeessä.

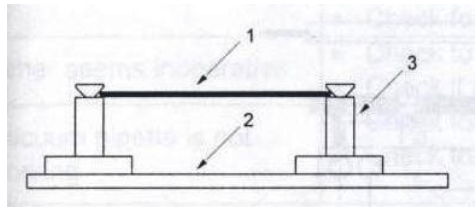
Puhallusilman lämpötilaa säädetään puhallusilman säätönapeista (8). Halutun lämpötilan saavuttamiseen menee muutamia sekunteja. Haluttu lämpötila on saavutettu, kun lämpötila säädön osoitin näytössä vilkkuu.

Panamalla kuumailman syöttönappista (2) kuumaa ilmaa alkaa virrata ulos kuumailmakynästä. Säädä ilmavirran voimakkuutta puhallusilmavirran säätönupista (9).

Huomaa, että liian voimakas ilmavirta saattaa aiheuttaa komponenttien siirtymistä paikoiltaan. Käytä näin ollen aluksi heikompaa puhallusta.

Käyttäessä korkeaa lämpötilaa ja voimakasta ilmavirtaa saa ilmaa puhaltaa korkeintaan 10 sekunnin jaksoissa. Pidemmät jaksot aiheuttavat kynän rikkoutumisen.

## 2.7 Piirilevyn pidikkeet



Kuva 7. Piirilevyn pidikkeet ja piirilevy.

1. Piirilevy
2. Pyörintä pohja
3. Magneettinen tukipylväs

Piirilevyt asetetaan tukipylväiden varaan, joita on enimmillään kuusi kappaletta. Tukipylväät ovat magneetilla kiinni pohjassa, joten niitä on helppo liikuttaa haluamaansa kohtaan

## 2.8 Karuselli ja kelasyöttimet

Laitteessa on pyörivä karuselli, jossa on astioita. Astioissa pidetään juotettavia komponentteja. Komponentit voi nostaa astiasta muun muassa nosto- ja asetuspäällä tai pinseteillä. Lisäksi laitteen vasemmalla laidalla on kelasyöttimet, joihin voidaan laittaa keloissa olevat komponentit.

Kuvien ja ohjeen lähde: Dima FP-700 user manual ver1.2