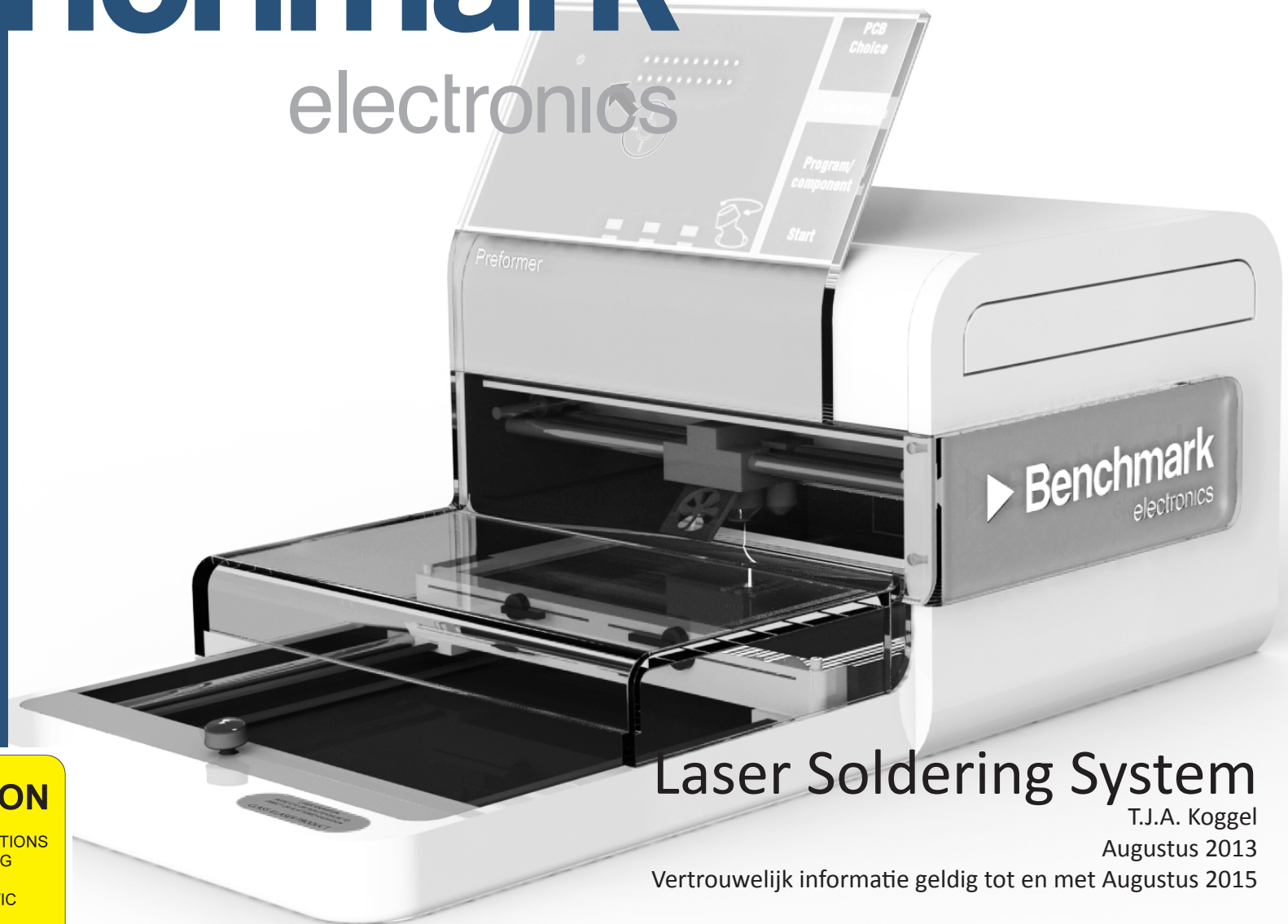


# Benchmark

electronics



## Laser Soldering System

T.J.A. Koggel

Augustus 2013

Vertrouwelijk informatie geldig tot en met Augustus 2015



### ATTENTION

OBSERVE PRECAUTIONS  
FOR HANDLING

ELECTROSTATIC  
SENSITIVE  
DEVICE

BACHELOR  
ASSIGNMENT



**Be**

informative

# Titel pagina

Eindverslag Bachelor opdracht

## “Het automatiseren van handsolderen in het productieproces van printplaten”

Augustus 2013

Aantal kopieën: 05

Aantal pagina's: 71

Aantal bijlagen: 04

Benchmark Electronics

Lelyweg 10

7602EA Almelo

+31 (0)546 535 111

Student

**T.J.A. Koggel**  
**s1004123**

Coördinator Benchmark

**Christian Suurmeijer**

Coördinator Universiteit

**Tom Vaneker**

Naam Opleiding

**Industrieel Ontwerp**







# Voorwoord

Een introductie tot mijn bachelor opdracht

# UNIVERSITEIT TWENTE.

Voor mijn bachelor eindopdracht heb ik de kans gekregen om binnen Benchmark Electronics samen met ervaren ontwerpers en engineers te werken. Niet alleen heb ik aan dit project gewerkt maar ik ben ook betrokken geweest in een aantal kleine klusjes waarvoor ze extra input nodig hadden. Ik wil dan ook iedereen bedanken die mij hier heeft ondersteunt en heeft betrokken in zijn of haar werkzaamheden en toegang heeft gegeven tot het brede scala aan mogelijkheden binnen Benchmark.

Daarnaast wil ik een aantal mensen in het bijzonder bedanken die veel hebben betekend tijdens het uitvoeren van mijn opdracht:

Christian Suurmeijer, de hoofdontwerper van Benchmark electronics en tevens mijn bedrijfsbegeleider. Zijn kijk op vormgeving is bewonderingswaardig en zijn enthousiastme motiveert je om verder te zoeken.

Tom Vaneker, voor de begeleiding vanuit de Universiteit Twente.

Alle werknemers van de mechanic engineering & product development afdeling. Voor de altijd prettige werksfeer waarin naast serieus werk ook tijd (genoeg) is voor een grap.

Deze opdracht heeft alle aspecten die ik zocht. Naast het uiterlijk van het product is ook de binnenkant en de toegepaste techniek ruimschoots aan bod gekomen. Ik hoop dat mijn input van belang is geweest voor de toekomst van het bedrijf.





# Samenvatting

Eindverslag bachelor opdracht

## Achtergrond

Benchmark wenst een productie proces waarmee een hogere en meer constante kwaliteit van printplaten bereikt kan worden. Momenteel zijn er meerdere processen in het productie proces waarin één proces de zwakke schakel vormt; het handsolderen. Het is een zwakker proces omdat de hoeveelheid toegevoegde soldeertin en warmte niet constant is. Er kunnen vooruitgangen worden geboekt in verschillende opzichten zoals gebruikte technieken, componenten en de gegeven feedback en controle. Daarnaast heeft Benchmark de toekomstvisie om eigen producten op de markt te zetten.

## Aanpak

Door middel van onderzoek naar beschikbare technieken en door het maken van flowcharts van de huidige manier van productie is in kaart gebracht hoe het doel bereikt kan worden en welke middelen daarvoor nodig zijn. Deze informatie is gebruikt in het ontwikkelen van een nieuw apparaat die tevens binnen de huisstijl van Benchmark Electronics past. De componenten en mogelijkheden zijn globaal uitgezocht en in het concept samengevoegd.

## Resultaten

Het resultaat is een concept waarin de gestelde eisen en wensen verwerkt zijn. De 3D renders geven een uitstekend beeld van de mogelijkheden. Daarnaast toont het onderzoek naar technieken aan in welke richting gekeken moet worden om een succesvolle machine voor de toekomst te produceren. Wat niet is meegenomen zijn kostenschattingen en de exact benodigde componenten. Het gemaakte concept geeft een beeld van hoe een soldeerrobot eruit kan zien als hij door Benchmark doorontwikkeld zou worden en wat eventuele extra mogelijkheden zouden kunnen zijn.

## Conclusies

Het ontwikkelde concept voldoet aan de meeste eisen en valt zeer goed binnen de Product Familie van het bedrijf. Er is rekening gehouden met vormgeving, veiligheid en de wens om eigen producten op de markt te zetten in de nabije toekomst. Het model is nog niet compleet doorontwikkeld en er zal nog tijd in moeten worden gestoken om hem productieklaar te krijgen.





# Inleiding

Wat brengt de opdracht tot stand?

In bijna alle apparaten zit tegenwoordig een deel electronica en daarmee bijna automatisch een printplaat. Deze printplaat zorgt ervoor dat het product zijn functies uit kan voeren, het display de tekst weergeeft, de luidspreker de .MP3 afspeelt en het apparaat reageert op de door jou ingedrukte knop.

Het ontwerpen en fabriceren van deze printplaat is een complex proces waarbij veel risico-factoren aanwezig zijn. Om deze factoren zo klein mogelijk te houden en een constante kwaliteit af te leveren wordt veel van dit werk met robots en computers uitgevoerd. Echter, sommige componenten moeten nog steeds met de hand op de printplaat gemonteerd en gesoldeerd worden. Het grote nadeel hiervan is dat de afgeleverde kwaliteit niet altijd constant is en dat fouten menselijk zijn.

Een printplaat kan tijdens de eerste tests goed lijken te functioneren maar achteraf toch defecten vertonen. In alle gevallen is dit onwenselijk maar in sommige gevallen kunnen kleine defecten desastreuze gevolgen hebben. Denk bijvoorbeeld aan printplaten die worden gebruikt in de luchtvaart-industrie of in productieprocessen.

Om te kijken hoe het handsolderen geautomatiseerd kan worden is in dit project de huidige werkwijze geanalyseerd en geëvalueerd hoe dit verbeterd kan worden. Het doel is om de kwaliteit van de handsoldeerverbindingen kwalitatief te verbeteren en aantoonbaar constanter en beter te maken. Ik ben niet tot een compleet uitgewerkt eindconcept gekomen waarin alles tot in details is gedefinieerd. Mijn aanpak was pragmatisch en dat zul je terug zien in het proces.





# Inhouds opgave

Een overzicht van de inhoud van dit verslag

|                                |                                                  |    |  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|----|--|
| 1. Analyse fase                |                                                  |    |  |
| 1.0                            | Benchmark BV                                     | 11 |  |
| 1.1                            | Theorie                                          |    |  |
| 1.1.1                          | PCB en                                           | 13 |  |
| 1.1.2                          | Componenten                                      | 14 |  |
| 1.2                            | Huidige PCB Assembly proces, inclusief FlowChart |    |  |
| 1.2.1                          | FlowChart                                        | 17 |  |
| 1.2.2                          | Toelichting                                      | 17 |  |
| 1.2.3                          | Welk gebied pak ik aan                           | 17 |  |
| 1.3                            | Soldeertechnieken binnen het bedrijf             |    |  |
| 1.3.1                          | Reflow Solderen                                  | 19 |  |
| 1.3.2                          | Golfsolderen                                     | 22 |  |
| 1.3.3                          | Handsolderen                                     | 23 |  |
|                                | 1.3.3.1 Productie                                | 23 |  |
|                                | 1.3.3.2 Reparatie                                | 24 |  |
|                                | 1.3.3.3 Risico's                                 | 24 |  |
| 1.4                            | Overige gegevens                                 | 25 |  |
| 1.5                            | Samenvatting                                     | 27 |  |
| 2. Idee                        |                                                  |    |  |
| 2.1                            | Andere soldeertechnieken                         |    |  |
| 2.1.1                          | Tien Technieken                                  | 29 |  |
| 2.1.2                          | Geschikt                                         | 30 |  |
| 2.1.3                          | Concurrentie                                     | 31 |  |
| 2.2                            | Laserdiode                                       |    |  |
| 2.2.1                          | Eigenschappen                                    | 33 |  |
| 2.2.2                          | Veiligheid                                       | 33 |  |
| 2.2.3                          | Localiseren                                      | 33 |  |
| 2.4                            | Profielen                                        | 34 |  |
| 2.5                            | Aansturing                                       | 34 |  |
| 2.3                            | Soldeertin                                       |    |  |
| 2.3.1                          | Soorten                                          | 37 |  |
| 2.3.2                          | Hoeveelheid soldeertin                           | 39 |  |
| 3. Concept Ontwikkeling        |                                                  |    |  |
| 3.1                            | Uiterlijk Benchmark                              | 43 |  |
| 3.2                            | Idee schetsen                                    | 45 |  |
| 3.3                            | Keuze                                            | 47 |  |
| 4. Concept uitwerking          |                                                  |    |  |
| 4.1                            |                                                  |    |  |
| 4.1.1                          | display                                          | 50 |  |
| 4.1.2                          | pcb houder                                       | 50 |  |
| 4.1.3                          | klep                                             | 50 |  |
| 4.1.4                          | laserkop                                         | 50 |  |
| 4.1.5                          | koelsysteem                                      | 51 |  |
| 4.1.6                          | joystick                                         | 51 |  |
| 4.1.7                          | preheat                                          | 51 |  |
| 4.2                            | Stappenplan                                      | 53 |  |
| 4.3                            | Aanpassingen                                     | 59 |  |
| 4.4                            | Toetsing PVA                                     | 57 |  |
| 4.5                            | Kostenschatting                                  | .. |  |
| 5. Conclusies en aanbevelingen |                                                  |    |  |
| 5.1                            | Conclusies                                       | 65 |  |
| 5.2                            | Aanbevelingen                                    | 67 |  |
| 6. Bronnen                     |                                                  | 69 |  |
| 7. Bijlagen                    |                                                  | 71 |  |

# 1

## Analyse fase

Het eerste paragraaf in dit hoofdstuk zal gaan over het bedrijf Benchmark.

Verder zal in dit hoofdstuk gekeken worden hoe de huidige situatie is omtrent het met de hand plaatsen en solderen van componenten. Om de basis duidelijk te hebben wordt er gekeken naar met welke onderdelen gewerkt wordt en hoe ermee moet worden omgegaan. Daarnaast worden zowel het proces en de werkplek geanalyseerd om te zien welke handelingen aangepast of indien mogelijk gerobotiseerd kunnen worden.



# 1.0 | Benchmark BV

'Making things better since 1986'

Het in de jaren '60 met hulp van de Nederlandse overheid gestichte "Science and Industry" begon als een Test and Measurement (T&M) divisie in Almelo en breidde zich in de loop der jaren uit.

Uiteindelijk, na enkele overnames, kwam het bedrijf in handen van Benchmark Electronics en groeide het uit naar een respectabele 350 medewerkers. Inmiddels is de vestiging in Almelo het hoofdkantoor van Europa en richten ze zich niet meer volledig op T&M maar vooral op product ontwerp in verschillende richtingen zoals de medisch sector, defensie, aerospace en de halfgeleider-industrie.

Met 24 vestigingen wereldwijd en werkend voor Airbus, ASML en Fluke kan Benchmark gezien worden als een wereldspeler in de Electronic Manufacturing Services (EMS).



Figuur 1.1

Vestigingen wereldwijd



# 1.1 | Theorie

## Waaruit bestaan printplaten?

### 1.1.1 PCB

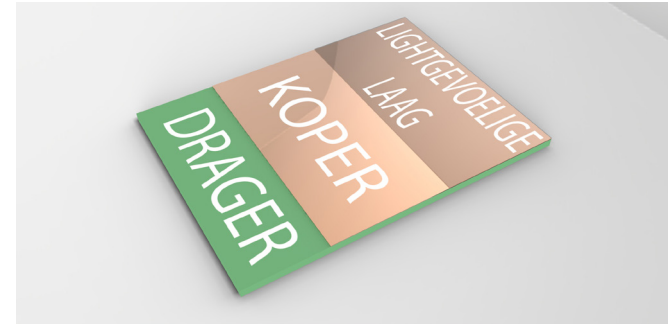
Om een elektrisch circuit te maken kun je verschillende componenten met elkaar combineren en verbinden. Veruit de meest gebruikte manier is het gebruik van een 'Printed Circuit Board', afgekort PCB. In de volksmond ook bekend als 'printplaat'.

Een PCB is opgebouwd uit een isolerende drager, met daarop sporen van koper. Die sporen zorgen voor een elektrische verbinding tussen de diverse componenten. De printplaat kan uit één enkele of meerdere lagen bestaan. Hoewel in de begintijd van de printplaat de kopersporen maar op één kant van de PCB zaten, zitten ze tegenwoordig haast altijd aan beide kanten. Dit in verband met ruimtebesparing. Ook zijn er multi-layer PCB's waarin nog meer kopersporen verwerkt kunnen worden.

De opkomst van 'Computer-Aided-Design' (CAD) en 'Computer-Aided-Manufacturing' (CAM) heeft ervoor gezorgd dat printplaten niet meer met de hand ontworpen hoeven te worden. Daar waar dit vroeger gebeurde met een vel doorschijnend papier is er nu software waarin de printplaat digitaal ontworpen kan worden. De software zorgt niet alleen voor een sneller ontwerpproces, het kan ook de schakeling voorspellen, controleren en het ontwerp zo compact mogelijk maken.

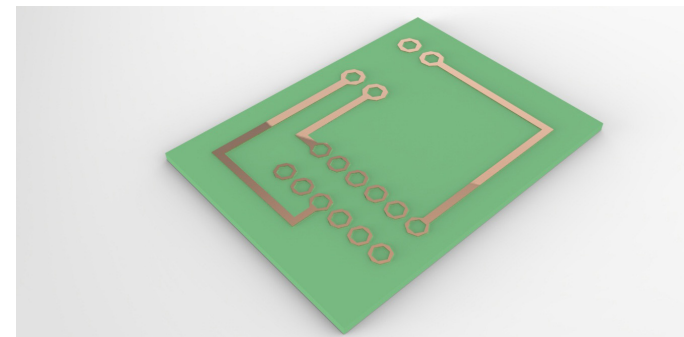
#### Productie

Printplaten worden meestal geëtsd. Het begint met het drager materiaal met daarop een laagje koper van 30 tot 60  $\mu\text{m}$  dik. Over die koper laag bevindt zich een lichtgevoelige laag. Het ontworpen patroon wordt met UV-licht in deze lichtgevoelige laag gebrand. Daar waar de printplaat belicht is, kan de lichtgevoelige laag verwijderd worden met natronloog. Hierdoor komen de vlakken waar de componenten op komen vrij.



Figuur 1.2 De drie lagen van een PCB

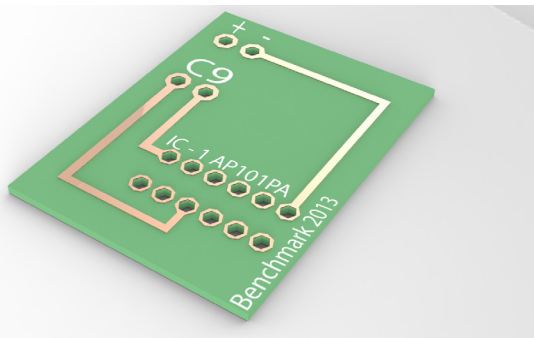
Door middel van een etsbad wordt uiteindelijk het koper weggehaald op de plekken waar de lichtgevoelige laag ook weggehaald is.



Figuur 1.3 Vestigingen wereldwijd

Nadat er eventuele gaten in de printplaat geboord zijn wordt het geheel afgewerkt met een soldeermasker. Dit masker wat bestaat uit een soort laklaag wordt alleen aangebracht op de plaatsen waar niet gesoldeerd zal worden en dient ter

bescherming van de flinterdunne kopersporen. Deze bescherming zorgt ervoor dat het koper niet kan oxideren en dat er geen kortsluiting plaatsvindt tussen de sporen onderling.



Figuur 1.4 Complete printplaat

Om ervoor te zorgen dat de componenten op de juiste plaats worden geplaatst wordt er een print op gedrukt met nummers en letters.

#### Flexboard

Naast de 'harde' PCB borden zijn er ook flexboard die, zoals de naam al verraaft, flexibel zijn. Dit kan betekenen dat meerdere printplaten worden verbonden door een flexibel stuk (Rigid Flex) of dat het hele pcb van een flexibel materiaal is (Pure Flex).

De flexboarden worden vaak gebruikt in apparaten waarin ruimte beperkt is of flexibiliteit gewenst is zoals in mobiele telefoons, tablets en toetsenborden.

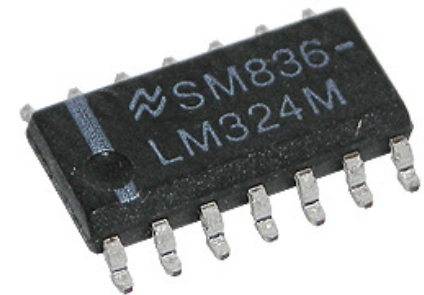
#### 1.1.2 Componenten

In de basis bestaan er twee soorten componenten. De zogenaamde through-hole componenten en de Surface-Mounted-Device (SMD). Een through hole is een component met pinnetjes die door de printplaat heen steekt en aan de onderkant wordt vastgesoldeerd.

Een SMD is zoals de naam al zegt een component wat op het oppervlakte van de printplaat gemonteerd is. Hoewel de chip zelf bijna geen verschillen vertoont is er te zien dat de pinnetjes van vorm verschillen.



Through Hole Component



SMD Component

Figuur 1.5 Twee typen componenten

#### Voordelen

De voordelen van een SMD component zijn aanzienlijk. Door het kleinere formaat (wat wel tot 90% kan verschillen) ten opzichte van een through hole component kunnen ook de printplaten in grootte afnemen en dat de gaten uit een printplaat verdwijnen. Dit reduceert de productiekosten van een pcb enorm.

Omdat het component op een 'pad' ligt is het niet erg als het component een klein beetje scheef ligt. De soldeer zorgt voor een goede verbinding met het pcb.

Door de surface mount technologie is het ook mogelijk om componenten op beide kanten van een pcb te plaatsen. Daarnaast is deze verbinding beter bestand tegen trillingen.

Door de lagere weerstand en inductie in de verbindingen, zal de elektrische ruis een stuk lager zijn.

Als laatste kosten de meeste SMD componenten minder dan equivalente through-hole onderdelen.

#### *Nadelen*

Er zijn echter ook grote nadelen. Door het kleine formaat is het vervangen van een component erg lastig. Daarnaast zijn er soms speciale (en vaak dure) gereedschappen nodig voor de reparatie.

Vaak worden bij het maken en testen van circuit's Breadboards gebruikt. Dit is een plug-and-play prototyping gereedschap waar componenten in kunnen worden gestoken en worden verbonden door middel van draden. Echter, hierin passen alleen de through-hole componenten.

Een ander nadeel is dat er steeds minder plek is voor het soldeer. Hierdoor is de betrouwbaarheid van een soldeerverbinding soms discutabel.

Ook zijn SMD's minder geschikt voor circuit's met hoge spanningen en stromen. Hiervoor wordt ook in de aanwezigheid van SMD's gebruik gemaakt van through-hole componenten.

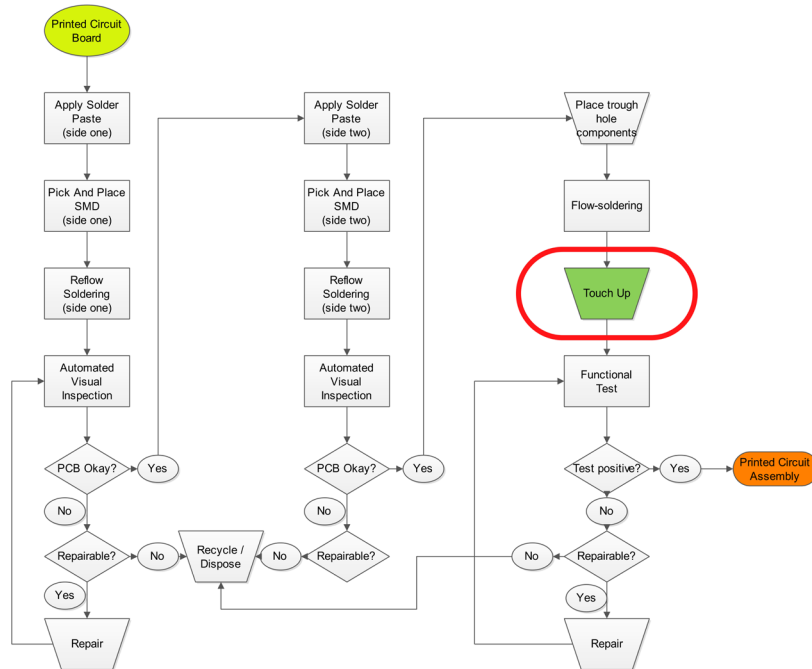


# 1.2 | Van PCB naar PCB-A

## Processen en technieken

De meeste printplaten worden aan beide zijden bestuukt met beide soorten componenten (SMD en THT). In het CAD model wat gebruikt is om de printplaat te ontwerpen en produceren zijn de locaties van de componenten tot op de millimeter bekend. Het is dan ook niet vreemd dat er veel machinaal gebeurt. In deze paragraaf wordt er gekeken hoe de printplaten binnen Benchmark het montage proces doorlopen en welke soldeertechnieken daarvoor nodig zijn.

### 1.2.1 Flowchart



Figuur 1.6 Flowchart compleet proces

### 1.2.2 Toelichting

Links boven in de chart komt het PCB de assembly lijn binnen en volgt het eerste reflow proces. Een automatisch visueel inspectie systeem 'bekijkt' de printplaat en controleert of alle componenten (correct) gemonteerd zijn. Indien dat het geval is, kan de PCB door naar het volgende proces. Als het PCB een defect vertoont wordt er gekeken of dit voorkomen had kunnen worden en of het proces eventueel aangepast moet worden. Voor de desbetreffende printplaat moet beslist worden of het gerepareerd kan worden. Zo ja, wordt hij gerepareerd en opnieuw gecontroleerd. Zo niet, wordt het product gerecycled.

Na zijde één wordt zijde twee op diezelfde manier bestuukt, gesoldeerd, gecontroleerd en indien nodig gerepareerd.

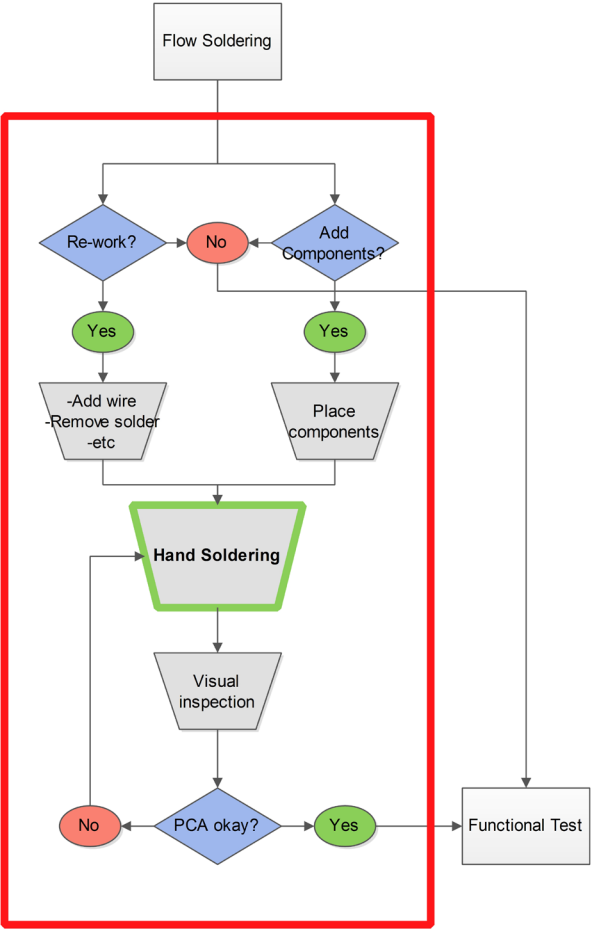
Het plaatsen van through hole componenten gebeurt in de fase erna. De componenten worden met de hand geplaatst en vervolgens gesoldeerd in een golfsoldeer bad.

De laatste fase in het assemblage proces is het 'touch up' proces. De PCB wordt met de hand afgewerkt. De laatste componenten worden geplaatst en gesoldeerd en uiteindelijk wordt het PCB op zijn functies getest en eventueel gerepareerd.

Uiteindelijk, als de PCB de functionele test passeert en met recht een PCB-Assembly (PCB-A) genoemd mag worden, wordt het ingebouwd in de daarvoor bestemde behuizing of wordt het ingepakt en verstuurd naar de klant.

### 1.2.3 Touch up

In dit project gaat het om het omcirkelde deel namelijk de zogenoemde 'touch-up'. Deze eerste flow-chart kan gezien worden als een samenvatting van het hele proces. In werkelijk gebeurt er meer tijdens de eerste fases maar het tonen van die flow chart zou nutteloos zijn. Wat wel van belang is, is wat er precies gebeurt in het touch up proces. In de flow-chart op de volgende pagina is deze fase uiteengezet.



De met rood omheinde groep is het touch-up proces waarin hand solderen centraal staat. Alles in dit proces is handwerk. De bereikte kwaliteit is echter alleen afhankelijk van de gemaakte soldeerverbinding. De hoeveelheid gebruikte soldeertin heeft net als de flux een grote standaardafwijking. Ook het feit dat er meerdere werknemers zijn die hetzelfde werk in een serie PCB's verrichten geeft een relatief groot verschil tussen de gemaakte verbindingen.

De risico's die dit met zich meebrengt worden in het volgende hoofdstuk uitgebreid besproken.

*Figuur 1.7 Flowchart touch-up fase*



# 1.3 | Soldeertechnieken binnen Benchmark

## Hoe worden de componenten aan het bord bevestigd?

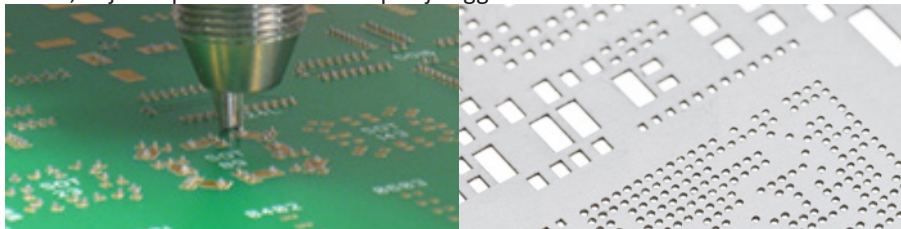
Om te weten te komen hoe de verschillende processen uit de flow-charts werken is daar onderzoek naar gedaan. In deze paragraaf worden de drie meest gebruikte soldeertechnieken binnen Benchmark besproken. Deze drie zijn; reflow, golfbad en handsolderen.

### 1.3.1 Reflow solderen

Reflow solderen is een proces waarbij vooral SMD componenten op een PCB worden gesoldeerd. Dit proces bestaat uit vijf fasen, namelijk; 'voorverwarmen, verhitting, soldeerfase, houdfase en de koelfase'. Je kan het zien als een grote oven waarin de PCB op verschillende temperaturen wordt gebracht om op die manier soldeertin te smelten en ook weer te laten stollen. Voordat de PCB de reflow oven in gaat wordt er soldeer pasta op de juiste plekken aangebracht door middel van een a) een pasta-jetter of b) een pasta-stencil.

Bij een pasta-jetter wordt de pasta net als bij een inkjet-printer op een X,Y locatie geprint. De hoeveelheid en locaties worden door middel van een computer bepaald en uitgevoerd.

In geval van een pasta-stencil wordt er een metalen stencil over het PCB gelegd met gaten op de plek waar pasta moet komen. Vervolgens wordt er pasta over het stencil gesmeerd waarbij de gaten gevuld worden. Wanneer het stencil verwijderd wordt, blijft de pasta als een soort plakje liggen.



Pasta Jetter

Stencil

Figuur 1.8 Soldeer pasta aanbrenen

Nu de pasta is aangebracht kunnen de componenten door een pick and place machine geplaatst worden. Een vacuum nozzle 'zuigt' een component van de rol en drukt ze op de juiste plek en in de juiste orientatie in de soldeer pasta.

#### Zone 1 voorverwarmen

De eerste zone is de voorverwarmings fase waarbij de PCB, met de componenten erop geplakt/gelegd, wordt opgewarmd. Hierbij geldt dat de opwarming zo snel mogelijk moet gebeuren om de productiviteit hoog te houden. Echter, er geldt een zogenoemde 'maximum slope'. Wanneer de temperatuur te snel stijgt kan het product namelijk een 'thermal shock' krijgen of scheuren.

Deze temperatuur-stijging mag tussen de één en drie graden per seconde vallen om bovenstaand verschijnsel te vermijden.

In deze voorverwarmfase wordt eventueel aanwezig vocht verdampt en begint het oplosmiddel en de flux te smelten.

#### Zone 2 verhitting

In de tweede zone wordt het PCB gedurende 60 tot 120 seconden verwarmd op hogere temperaturen (180-250°C). De optimale temperatuur bedraagt tien °C onder het smelpunt van de soldeer pasta. Door deze verhitting verdampen de toevoegingen in het soldeer pasta en wordt de flux geactiveerd. De flux zorgt voor schone soldeeropervlaktes van het PCB en de componenten en voorkomt het oxideren hiervan.

Een te hoge temperatuur tijdens dit proces kan ervoor zorgen dat het soldeer gaat spatten, waar anderzijds een te lage temperatuur ervoor zorgt dat de fluxen niet volledig worden geactiveerd.

Het doel is een thermisch evenwicht, waarbij alle onderdelen dezelfde temperatuur hebben. Echter, grote componenten warmen langzamer op dan kleine componenten. In geval van grote afmetings verschillen wordt een 'soak profile' opgesteld. Kort

gezegd houdt dit in dat een groot component niet tegelijk met een klein component door de reflow oven kan.

#### *Zone 3 soldeer*

De derde fase is de soldeer of reflow zone, waarin de maximum temperatuur bereikt wordt. De maximum temperatuur wordt ingesteld op zo'n 20-40 graden boven het liquidus, en de TAL (Time Above Liquidus) bedraagt 10-90 seconden. Het liquidus is de temperatuur waarbij de soldeer pasta volledige gesmolten is.

De marge tussen de maximumtemperatuur in het proces en de maximale toegestane temperatuur van het zwakste component (voordat deze schade kan oplopen) is klein. Het meest voorkomende is een verschil van 5 graden Celcius. De temperatuur moet dus goed in de gaten gehouden worden om de grens niet te overschrijden.

De TAL is afgestemd op de temperatuur en de specificaties van de soldeer pasta. De flux moet genoeg tijd krijgen om zijn werk goed te doen en volledig te verdampen. Een slechte tijd/temperatuur afstelling kan zorgen voor verschillende nadelen.

Namelijk;

- de flux reinigt het oppervlakte niet goed genoeg waardoor de soldeer niet goed vloeit,
- de flux en oplossingen verdampen niet volledig,
- de pasta droogt uit voordat het een goede verbinding heeft gemaakt.

#### *Zone 4 houdfase*

In deze fase kan de soldeertin stevige verbindingen vormen. De snelheid waarmee de temperatuur afneemt bepaalt de grofheid van de kristalstructuur. Als het stollen te snel gaat vormt er een groffe kristalstructuur wat leidt tot slechte mechanische eigenschappen. Aangezien printplaten vaak star gemonteerd worden en mechanische schokken te voorduren krijgen is dit niet gewenst.

Een langzame afkoeling zorgt voor een fijne structuur en een stevige aanhechting

aan het oppervlakte. De temperatuur van deze houdfase is zo'n 10-20°C lager dan de soldeerfase.

#### *Zone 5 koelfase*

De vijfde en laatste zone wordt de 'cooling down' zone genoemd. Hierin wordt de temperatuur van het product gecontroleerd naar beneden gebracht. Te snel kan een thermische schok veroorzaken, te langzaam zorgt voor tijdverlies en dus een inefficiënt proces.

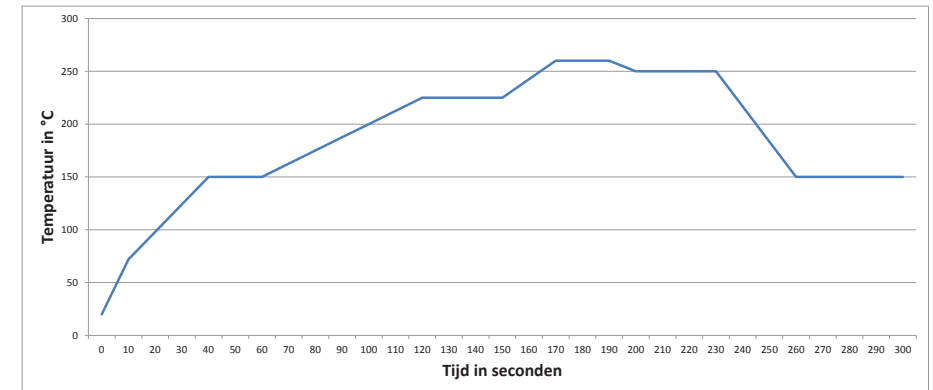
Een veelvoorkomende cooling down rate is 4 graden per seconde. Wanneer de temperatuur beneden de 150 °C is kan het proces gestopt worden en koelt het product op natuurlijke wijze.

Samengevat ziet het reflow-proces er zo uit;

| Fase           | Actie                                                                                                                 | Specificaties                                                   |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Voorverwarmen  | -PCB met componenten opwarmen<br>-stijging/seconde controleren<br>-vocht verdampt<br>-mechanische spanningen opheffen | 1-3 °C / sec<br><br>120-150 °C                                  |
| Verhitting     | -vloeimiddel wordt geactiveerd<br>-oxidelagen verwijderen<br>-thermisch evenwicht is het doel                         | 60-120 sec<br><br>180-250°C<br><br>10°C onder smelt-temperatuur |
| Soldeer/Reflow | -maximum temperatuur<br>-positionering van SMD<br>-vloeimiddel verdampt                                               | -30-50° boven smelt-punt<br>-180-260°C<br>-10-90 sec            |
| Houdfase       | -temperatuurdaling<br>-verbindingen ontstaan<br>-kristalstructuur                                                     | -10-20°C onder soldeer-fase                                     |
| Koelfase       | -thermische schok voorkomen<br>-afkoelen tot minimaal 150°C                                                           | 150°C<br>-4°C / sec                                             |

Figuur 1.9 Reflow proces in tabelvorm

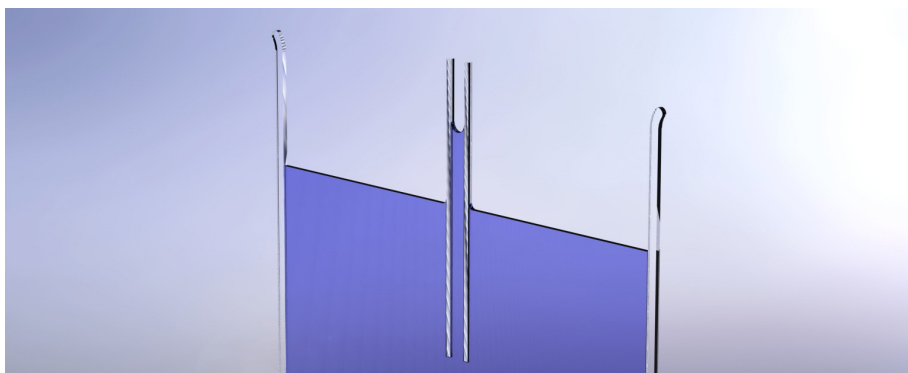
En als de temperatuur tegen de tijd wordt uitgezet ziet het proces er zo uit;



Figuur 1.10 Typisch reflow proces

### 1.3.2 Golsolderen

Het golsolderen is een geautomatiseerde soldeertechniek waarbij de onderkant van de PCB door een golfbad wordt gesleept. Een golsoldeerbad is een bak met vloeibaar soldeertin die kunstmatig in een golf wordt bewogen. Hierbij raakt gesmolten soldeertin de onderkant en wordt het door de capillaire werking naar de pootjes toegezogen. De capillaire werking is een natuurkundig fenomeen. Als je een kom water hebt en je houdt er een buisje in met een kleine diameter dan zal het water in dat buisje omhoog gezogen worden. Op die manier is het waterpijl in dat buisje hoger dan het omringende water.



Figuur 1.11 Capillaire werking uitgebeeld bij een rietje in een glas

In de natuur zijn velen dit fenomeen dankbaar. De zeer nauwe houtvaten in bomen bijvoorbeeld zorgen ervoor dat grondwater tot in de top van de boom wordt gezogen. De ruimte tussen de pin van het component en het gat in de PCB is zo klein dat ook daar dit effect optreedt en het soldeer omhoog gezogen wordt. Het restant lekt (door zwaartekracht) van de printplaat af.

Bij golsolderen worden er vier fasen doorlopen, namelijk; 'Fluxen, voorverwarmen, solderen en reinigen'.

#### Fluxen

In de eerste fase wordt er flux aangebracht aan de onderkant van de printplaat. Dit kan gebeuren met een sproeikopje, of een schuim-fluxer. Bij beide technieken wordt het gehele oppervlakte voorzien van een fluxlaag. De flux bij Benchmark is een zogenaamde no-clean flux. De naam zegt het al, er is naderhand geen reiniging-sproces nodig.

#### Voorverwarmen

Na het fluxen wordt de PCB voorverwarmd. Warme lucht wordt over de PCB geblazen om de temperatuur te laten stijgen. Wanneer het een dikke of een dicht-bestuckte printplaat betreft wordt er gebruikt gemaakt van een infrarood verwarmder.

Tijdens dit proces wordt de flux geactiveerd en verdampt het oplosmiddel hiervan.

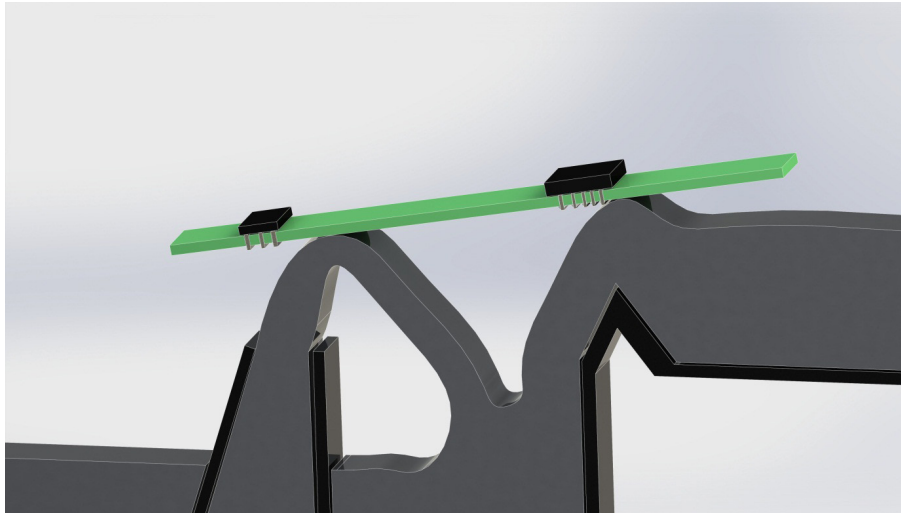
#### Solderen

In dit proces wordt het PCB over een enkele of dubbele staande golf van vloeibare soldeertin gesleept waarbij de golf de printplaat raakt. De golfhoogte kan ingesteld worden om te voorkomen dat soldeer op ongewenste plekken komt.

Soms wordt dit proces uitgevoerd in een stikstof atmosfeer om de kwaliteit van de soldeerverbinding te verbeteren. Tevens zorgt stikstof voor een vermindering van het oxideren.

#### Reinigen

Nadat het soldeer gestold is wordt het overmatige materiaal eraf gewassen met bepaalde oplossingen en gedeïoniseerd water (om kortsluitingen te voorkomen).



Figuur 1.12 Golfsoldeerproces

### 1.3.3 Handsolderen

Binnen Benchmark wordt met een soldeerbout en een hetelucht-bout gesoldeerd. De mensen die dit doen zijn opgeleide personen met verschillende IPC diploma's. Het meeste werk wordt gedaan met een soldeerbout en fluxgevlde soldeertin in de vorm van een draad. De soldeerbout heeft wisselbare punten en een instelbare temperatuur. Hierdoor is hij voor bijna elke situatie geschikt.

Naast de soldeerbout wordt er gewerkt met pincetten en klemmetjes om componenten op de plek te houden tijdens dit proces. Gezien de componenten steeds kleiner worden kan er met het blote oog niet altijd even goed gezien worden wat er zich afspeelt. Daarom gebruiken ze vaak een vergrootglas of een DynoScope.

#### 1.3.3.1 Touch-up

Na de eerste geautomatiseerde processen komen de PCB-A's bij de na-montage, ook wel de touch-up genoemd. Hier worden de volgende acties ondernomen:

- 1) kortsluitingen weghalen
- 2) extra draadjes aanleggen
- 3) connectoren en componenten plaatsen

Proces nummer één is zo specifiek en identiek dat automatisering ervan niet rendabel zal zijn.

Het aanleggen van extra draden is bij elke printplaat in die serie gelijk. Het is alleen een erg complexe handeling. Draadjes worden van tevoren gebogen en moeten altijd minimaal 180 graden worden verbogen om de eindpuntjes. In de afbeelding hieronder is een voorbeeld te zien ter verduidelijking.

Deze handelingen moeten soms bij de hele serie worden gedaan. Een nieuw ontwerp van de printplaat zou beter zijn maar is in de meeste gevallen te duur.



Figuur 1.13 Extra draden aanleggen bij through hole componenten

Nummer drie is werk waarvan het proces bekend is. Er wordt een extra component geplaatst op een vooraf aangegeven plek. Daarnaast is dit proces bij elke printplaat van die serie gelijk.

Het zijn vooral through hole componenten die aan één of beide kanten van het PCB gemonteerd moeten worden. Nadat deze met de hand zijn geplaatst, worden ze ook met de hand gesoldeerd.

#### 1.3.3.2 Reparatie

Als het PCB uit de montage komt, wordt gekeken of hij werkt. Zo ja, wordt deze ingebouwd in het daarvoor bestemde apparaat. Zo niet, zal er gekeken worden waar de fout zit en of deze verholpen kan worden.

Het kan zijn dat een component 180 graden gedraait zit, 'dead on arrival' was of slecht contact heeft. In zo'n geval wordt het component omgedraaid, vervangen of met de hand opnieuw vast gesoldeerd.

Handelingen tijdens zo een reparatie kunnen zijn;

- verwarmen
- component verwijderen
- soldeer verwijderen
- nieuw component plaatsen
- nieuwe soldeer toevoegen
- röntgen-scan gebruiken voor controle

#### 1.3.3.3 Risico's

Tijdens het handsolderen kan er veel fout gaan. De temperatuur van de bout mag niet te laag of te hoog zijn en ook niet te lang tegen het component gehouden worden dit in verband met de lage smeltemperatuur van de kunststof componenten.

Als de flux te warm wordt verdampt het te snel en zal de soldeertin niet vloeien. Is de flux te koud, dan blijven er ongewenste oplosmiddelen achter. Door de slechte verdamping is de uiteindelijk verbinding minder sterk.

Wanneer de kwaliteit van een geautomatiseerde soldeerverbinding wordt vergeleken met een handgesoldeerde verbinding is de laatste op zijn minst twijfelachtig te

noemen. Klanten zijn dan ook niet tevreden met het huidige proces en zien graag dat alles machinaal gaat. Ze vinden het inconstante soldeerproces onbetrouwbaar. Hoewel het plaatsen van de componenten met handen geen probleem is zien ze graag dat het soldeerwerk wordt overgenomen door een machine.



# 1.4 | Overige gegevens

## Electrostatisch gevaar & potentiële markt

### ESD Veiligheid

Een niet onbelangrijk gegeven is dat binnen de productiehallen van Benchmark Electronics alles ESD veilig moet zijn. ESD is de afkorting van 'Electro Static Discharge' en houdt in dat personen elektronische componenten eenvoudig kunnen beschadigen door een simpele aanraking. Een bewegend persoon bouwt namelijk continue een statische lading op door de wrijving tussen huid onderling en tussen huid en kleding. Bij het aanraken van een component ontladde de persoon zich op het component. Wanneer die ontlading te hoog is kan het component beschadigd raken.

Om dit te voorkomen zorgt het personeel ervoor dat ze zichzelf continue ontladen door het dragen van ESD kleding, schoenen, polsbandjes en vaak handschoenen.



Figuur 1.14 *electro-static-discharge*

### Potentiële markt

Zoals eerder gezegd heeft Benchmark de wens om in de toekomst eigen producten op de markt te zetten. De opzet is om de soldeermachine te gebruiken in de productiehallen van Benchmark. Niet alleen in Almelo, maar wereldwijd.

In Almelo zou gezien het aantal handsolderende medewerkers plaatst zijn voor tien soldeerrobots. Locatie Almelo heeft van de 24 vestigingen relatief gezien kleine productiehallen. Tien apparaten per vestiging geeft dan een minimum aantal van 240 soldeerrobots.

Naast het gebruik in de eigen productiehallen van Benchmark is het voor kleine bedrijven of serieuze hobby-isten wellicht interessant om een eigen soldeermachine ter beschikking te hebben.

**Samenvatting**

Het maken en assembleren van een printplaat wordt complexer door het kleiner worden van de componenten. Daarnaast zijn er namens de klanten steeds hogere eisen met betrekking tot de kwaliteit en betrouwbaarheid van de printplaten. Hoewel ongeveer 95% van de componenten machinaal, met grote precisie en met een constante kwaliteit geplaatst en gesoldeerd worden blijft er 5% over wat met de hand gedaan wordt.

Een elektronisch circuit kun je zien als een ketting waarvoor geldt dat de sterkte wordt bepaald door zijn zwakste schakel. Als er één component slecht gesoldeerd is kan de werking van de printplaat onbetrouwbaar worden.

Dit project draait om het vinden van een manier om het handsolderen te elimineren en ook de laatste 5% sterker en betrouwbaarder te maken. In het assemblage proces gaat het dus om de Touch-Up fase die verbeterd moet worden.



# 1.5 | Samenvatting

## Wat is er verteld en wat zijn de eisen en wensen?

### Eisen en wensen

Aan de hand van de analyse fase en gesprekken met werknemers kunnen er een aantal globale eisen en wensen opgesteld worden waaraan de te ontwerpen soldeer-machine moet voldoen. Deze eisen zijn gebaseerd op de fouten die momenteel gemaakt kunnen worden tijdens het handsolderen en daarnaast op de door Benchmark gewenste kwaliteit. Ook zijn verschillende toepassingen mogelijk waarvoor het apparaat ingezet moet kunnen worden.

#### Eisen:

Het te ontwerpen apparaat moet:

- selectief solderen
- minstens één PCB tegelijk kunnen bevatten
- PCB's en PCB-A's kunnen bewerken
- verbonden zijn aan een CAD-database
- printplaten kunnen accepteren van maximaal 80mm hoog
- printplaten kunnen accepteren tot afmetingen van 300x400mm
- printplaten accepteren die tweezijdig bestuckt zijn
- bedienbaar zijn door een enkele persoon
- veiligheid bieden aan de gebruiker en omstanders
- visuele feedback geven
- instructies geven aan de gebruiker
- voldoen aan de Benchmark BEI Graphic Standards
- voldoen aan de Benchmark Product Family
- een constante kwaliteit van soldeerverbindingen afleveren
- verbindingen maken die voldoen aan de gestelde IPC eisen
- verbindingen maken die beter zijn dan handsoldeer verbindingen

#### Wensen zijn:

Het te ontwerpen apparaat moet:

- meerdere PCBs tegelijk bewerken
- contactloos solderen
- op een werktafel passen

# 2

## Idee fase

Deze fase is bedoeld om nieuwe ideeën op te doen en technieken te ontdekken om het doel te verwezelijken.

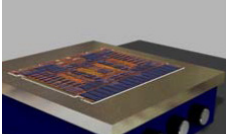
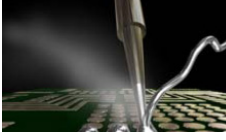
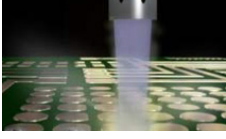
Er is met behulp van het programma van eisen en wensen gekeken naar oplossingen. Naast andere soldeermethoden zijn ook producten van concurrenten onderzocht.

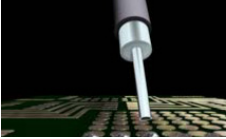
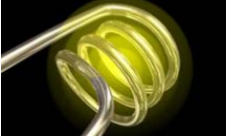
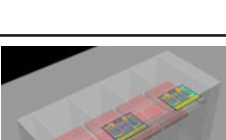
# 2.1 | Soldeertechnieken

Welke bestaan en zijn geschikt?

## 2.1.1 Tien technieken

De reflow oven en het golfsoldeerbad zijn naast handsolderen niet de enige manier en waarop gesoldeerd kan worden. Hieronder is een lijst te vinden met daarin de tien meest gebruikte soldeertechnieken naast de eerder genoemden.

| Techniek    | Afbeelding                                                                          | Verwarmgebied                                             | Eigenschappen                                                                                           |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hot Bar     |    | -contactgebied en de omgeving door conductie              | -contact verhitting<br>-hitte overdracht afhankelijk van contact oppervlakte<br>-slijtage               |
| Hotplate    |    | -gehele product, door conductie                           | -contact verhitting<br>-van onder af verwarmd                                                           |
| Weerstand   |    | -conductief materiaal tussen de elektroden                | -contact verhitting<br>-kwaliteit hangt af van contactoppervlakte tussen product en elektroden          |
| Soldeerbout |  | -daar waar de punt raakt, plus de omgeving door conductie | -contact verhitting<br>-hitte overdracht afhankelijk van raakoppervlak<br>-de punt slijt                |
| Vlam        |  | -omgeving vlam-focus en de omgeving door conductie        | -geen fysiek contact<br>-beschikbaar in vele soorten; meer energieoverdracht vraagt om een grotere vlam |

|                |                                                                                       |                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Convectie Oven |    | -gehele product                                                                             | -contactloos verhitten<br>-strakke temperatuurs regeling<br>-uniforme verhitting<br>-veel capaciteit                                                                              |
| Hete lucht     |    | -daar waar de nozzle de lucht op blaast, en de omgeving door conductie en luchtverspreiding | -contactloos verhitten<br>-nauwkeuriger dan een convectie oven<br>-strakke temperatuurs controle                                                                                  |
| Inductie       |    | -alle materialen in het conductieve veld en de omgeving                                     | -contactloos verhitten<br>-beschikbaar in zeer hoge energie capaciteiten<br>-materiaal met hoge weerstand wordt sneller opgewarmd                                                 |
| Infra-rood     |    | -gebied daar waar het IR straalt, en de omgeving door conductie                             | -contact-loos verhitten<br>-energie absorptie is afhankelijk van materiaal type<br>-focus-gebied is minimaal 8mm in diameter.                                                     |
| Diode laser    |  | -gebied binnen de laser focus en de omgeving door conductie                                 | -contact-loos verhitten<br>-focus gebied kan 0,6mm zijn<br>-exacte energie output<br>-energie absorptie is materiaal afhankelijk<br>-snel proces (<1 sec)<br>-constante kwaliteit |

Figuur 2.1 Tien soldeerprocessen en hun eigenschappen

Het doel is om een techniek te vinden die aansluit bij de eisen. Daarvoor zijn bij elke techniek de voor en nadelen op een rijtje gezet.

Ter herinnering; de belangrijkste eisen zijn:

- selectief solderen
- contactloos solderen
- herhaalbaar proces
- constante kwaliteit
- constante hoeveelheid soldeertin
- PCB's en PCB-A's bewerken

2.1.2    **Geslacht**

In de volgende tabel zijn bij elke soldeertechniek de redenen uitgezet waarom een bepaalde soldeertechniek wel of niet voldoet aan de gestelde eisen.

| Soldeertechniek | Geslacht? | Waarom (niet)?                                                                                                                |
|-----------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hot Bar         | Nee       | +CAD voor positionering<br>-geen ronde contacten mogelijk<br>-onnauwkeurig<br>-contact verhitte<br>-preheat                   |
| Hot Plate       | Nee       | -verwarmd gehele PCB<br>-kans op loslaten andere componenten<br>-kans op smelten<br>-contact verhitte<br>-preheat             |
| Weerstand       | Nee       | -contact verhitte<br>-groot gebied wordt verwarmd                                                                             |
| Soldeerbout     | Ja        | +relatief nauwkeurig<br>+temperatuur instelbaar<br>-bestuurd door een mens hand<br>-contact verhitte<br>-preheat aan te raden |

|                |     |                                                                                                                                                                                                             |
|----------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vlam           | Nee | +snel<br>+contactloos<br>+CAD voor positionering<br>-onnauwkeurig<br>-gevaar voor smeltende componenten<br>-relatief ongecontroleerd<br>-preheat aan te raden                                               |
| Convectie oven | Nee | +contactloos<br>-kans op loslaten andere componenten<br>-kans op smelten componenten<br>-langzaam                                                                                                           |
| Hete lucht     | Nee | +relatief snel<br>+contactloos<br>-onnauwkeurig<br>-verwarmd een groot gebied<br>-kans op losraken componenten<br>-preheat nodig                                                                            |
| Inductie       | Nee | + contactloos<br>-verwarmd hele PCB                                                                                                                                                                         |
| Infra-rood     | Ja  | +contactloos<br>+relatief snel<br>+elke richting mogelijk<br>+CAD voor positionering<br>+herhaalbaar proces<br>-focus gebied is minimaal 8mm doorsnee<br>-omgeving wordt warm<br>-preheat nodig             |
| Diode-laser    | Ja  | +contactloos<br>+nauwkeurig<br>+maakt gebruik van CAD voor positionering<br>+duurzaam<br>+herhaalbaar proces<br>+constante kwaliteit<br>+focus gebied van 0.2-mm<br>-relatief duur<br>-preheat aan te raden |

Figuur 2.2    *Tien soldeerprocessen en hun geschiktheid*

Uiteindelijk zijn er drie technieken interessant voor de oplossing voor het probleem, namelijk;

- soldeerbout (zoals het nu gedaan wordt)
- infra-rood verwarmen
- diode-laser

De soldeerbout zoals het nu gebruikt wordt is relatief goed, anders zou daar nu niet zoveel beroep op worden gedaan. Aan de andere kant, het probleem van nu zit hem juist in de soldeerbout. Of beter gezegd, de bediener. Hoewel de soldeerbout zelf geen slecht gereedschap is zijn de handelingen die de mens ermee kan doen wel erg foutgevoelig.

Voor de infra-rood lamp is het een groot voordeel dat hij contactloos is. Echter, hij moet dichtbij het oppervlak worden geplaatst als het focus gebied klein moet zijn. Hoe verder de lamp van de printplaat verwijderd is (door bijvoorbeeld componenten die in de weg zitten) hoe groter de kans is op smelten en loslaten van aanwezige componenten.

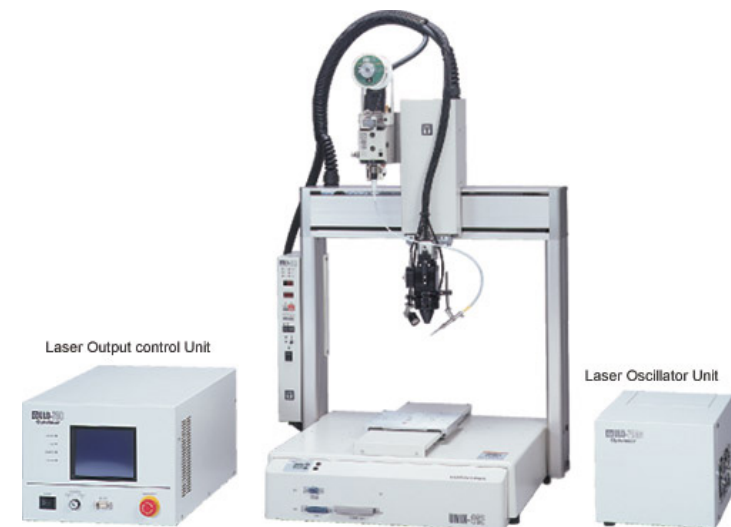
De reeds bestaande soldeerrobots bewijzen dat de laser techniek zal werken. Daarnaast blijkt uit verschillende papers dat men met een diode laser ook soldeerverbindingen kan maken met een proces dat veel weg heeft van reflow-solderen. Een laser kan namelijk een regelbaar vermogen afgeven en daarmee snel of langzaam verwarmen en afkoelen.

#### Keuze

Als de voor en nadelen tegen elkaar uitgezet worden is de laser de beste keuze in dit geval. Het werkt contactloos, is focusbaar op diverse afstanden, heeft een erg klein verwarm-gebied en levert een constant en regelbaar vermogen af. Daarnaast is het een snel proces met hoge nauwkeurigheid waarbij gebruik kan worden gemaakt van CAD files.

#### 2.1.3 Concurrentie/Voorbeelden

Er bestaan op de markt al een aantal soldeerrobots die gebruik maken van lasers. Een voorbeeld hiervan is het bedrijf Japan Unix. Zij hebben twee robots in hun programma die gebruikmaken van een diode laser met een maximaal vermogen van 30Watt. Er kunnen soldeerdraad, soldeer pasta of preforms worden gebruikt.



Figuur 2.3 Japan Unix soldeerrobot

#### Nadelen

Zoals de afbeelding laat zien is het een systeem wat is samengesteld uit verschillende subsystemen. Het uiterlijk is erg complex en functioneel. Daarmee zal het geen apparaat zijn wat echt de aandacht trekt en vooral als 'ingewikkeld' zal worden bestempeld.

Aangezien Benchmark de te ontwikkelen soldeerrobot ook op de markt wil zetten is een aantrekkelijk en compact uiterlijk vereist.

Een ander groot nadeel van de machine van Japan Unix is dat het standaard geen bescherming biedt aan de gebruiker. De laser kan vanuit vrijwel alle hoeken indirect in de ogen van de gebruiker stralen en daarmee schade aanrichten. De gebruiker zal in dit geval een laser-veiligheids-bril moeten dragen. Op zich hoeft dit niet nadelig te zijn mochten er geen omstanders zijn.

Maar in de productiehallen van Benchmark wordt er als een team samengewerkt waarbij continue onderling overlegd wordt. Het soldeerstation moet dus rondom veiligheid bieden om te voorkomen dat iedereen met een (vaak vervelende) bril moet rondlopen.

#### **Voordelen**

Het systeem van Japan Unix biedt aan de andere kant een aantal functies die zeker interessant zijn om te implementeren.

##### *Milieu*

Omdat er met zeer nauwkeurige hoeveelheden soldeertin wordt gewerkt is de hoeveelheid industrieel-afval een stuk lager dan bij bijvoorbeeld een golfsoldeerbak. Daarnaast zijn er geen verbruiksartikelen zoals een soldeerbout-punt. Hiermee wordt het onderhoud simpel en goedkoop gehouden.

##### *Camera*

De camera in de laser kop biedt visuele feedback. Ook kan hiermee het doel gekozen worden.

##### *LCD touchscreen*

De instellingen en het proces verloop worden weergegeven op het display. Door het gebruik van een touchscreen zijn instellingen eenvoudiger aan te passen.

##### *Optische fiber kabel*

De optische fiber kabel zorgt ervoor dat de gebundelde straal vanaf de laser wordt overgebracht naar de lens. Hierdoor is het gewicht van het te bewegen onderdeel een stuk lager wat ten goede komt aan de snelheid en precisie van de machine.

#### **Andere systemen**

Naast de systemen van Japan Unix zijn er een aantal andere merken die diode lasers implementeren in hun soldeersystemen.

Aspecten die kunnen verschillen zijn:

- soldeer pasta wordt op het soldeerpad aangebracht met een naald
- soldeertin in draadvorm wordt met een buisje aangevoerd
- de temperatuur van de soldeerverbinding wordt met een infrarood-thermometer gecontroleerd en voor feedback gebruikt
- ‘multiple beam systems’ om meerdere verbindingen tegelijk te solderen
- ‘super micro laser soldering’ met een gebundelde straal van 10µm.

#### **Overeenkomsten**

Wat overeenkomt tussen de gevonden diode laser soldeer systemen zijn de volgende aspecten:

- modulaire systemen
- ‘kubus’ ontwerp
- witte kleur
- 0,6 - 0,01mm pitch
- een erg complex uiterlijk
- open systeem zonder enige beveiliging (m.b.t. beschadiging ogen)
- beperkte beschikbaarheid voor PCBA's.

In de bijlagen zijn een aantal diode laser systemen opgenomen waarmee de vergelijken gemaakt zijn.

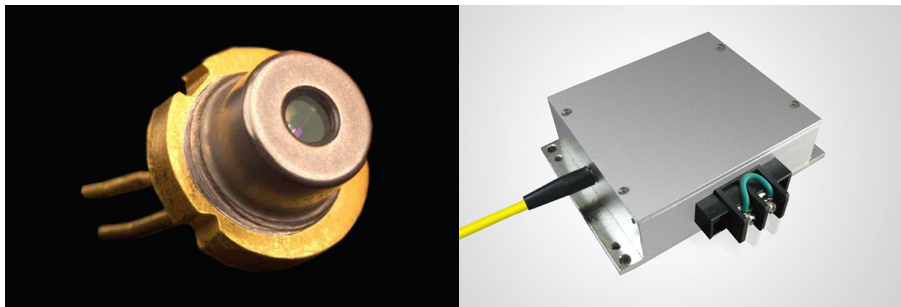
## 2.2 | Laser diode

### Monster LED

#### 2.2.1 Eigenschappen

Een diode laser is een laser gebaseerd op een light-emitting-diode (LED). Het is een elektronisch component, met halfgeleider-eigenschappen. Wanneer er stroom in de doorlaatrichting gestuurd wordt (diode-> eenrichtingsverkeer) zendt de diode licht uit.

Gebruik van verschillende materialen zorgt voor het uitstralen van andere golflengten. Ook de kracht van de laser is regelbaar. In de afbeeldingen hieronder is links een simpele diode laser te zien, met een vermogen van 80mW en een golflengte van 450nm. De rechter afbeelding is een zogenoemde High Power Diode Led (HDL) met een vermogen van 15Watt en een golflengte van 808nm.



Diode laser

High Power Diode Laser

*Figuur 2.4*      *Verskil tussen een diode laser en een HDL.*

Naast de veelzijdigheid, nauwkeurigheid en efficiëntie van een diode laser heeft het een verwachte levensduur van meer dan 10.000 'laser-aan' uren. De straal van de laser kan geleid worden door een optische fiber kabel, waardoor de laser zich buiten het werkgebied kan bevinden. De stralen die door de kabel lopen worden dan in de werkruimte gebundeld door een lens. Dit wordt vaak gedaan omdat de lens een stuk minder weegt dan de module zelf. Hierdoor hoeft er door het eventuele po-

sitionerings-systeem een kleinere massa bewogen te worden wat voordelen heeft met betrekking tot versnelling, snelheid en krachten op de constructie.

Daarnaast moeten lasers vaak gekoeld worden met lucht of een koelvloeistof. Het koellichaam en de koelwaterpomp kunnen zich beter buiten de werkkamer bevinden om risico's (lekkage, luchtstromen) te voorkomen.

#### 2.2.2 Veiligheid

Aan het gebruik van lasers hangen veiligheidsvoorschriften. Ze zijn ingedeeld in 4 klassen waarvoor de eisen sterk uiteenlopen. De diode lasers die voor solderen gebruikt kunnen worden vallen in klasse 4. Dit houdt in dat er schade aan ogen kan ontstaan wanneer je direct of zelfs indirect in de laser kijkt voor langer dan een bepaalde tijdsduur. Voor de veiligheid moet ervoor worden gezorgd dat oogcontact met direct of scattered laserlicht onmogelijk is. Dit kan worden bereikt met een bril of met laser-veiligheids-vensters.

#### 2.2.3 Localiseren

Om het PCB(A) nauwkeurig te kunnen plaatsen onder de laser is er een localiserings systeem nodig. Ook is er een PCB houder nodig die de printplaat inklemt en ervoor zorgt dat hij bewogen kan worden.

Aan de ene kant zou de laser bewogen kunnen worden en aan de andere kant kan de printplaat onder de laser door bewegen. In de conceptfase wordt hier meer aandacht aan besteed.

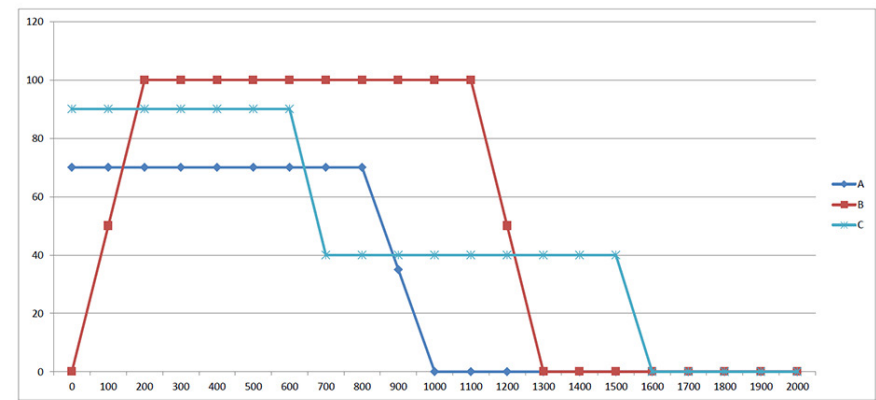
Een interessante oplossing voor zo'n systeem is een XY tafel, afgeleid van bijvoorbeeld een printer. Deze maakt gebruik van stappenmotoren die uiterst precies zo'n tafel kan laten bewegen tot op 0,02mm nauwkeurig in beide as-richtingen.

2.2.4 Profielen

Naast het berekenen van de benodigde hoeveelheid tin is er een andere variabele, namelijk het vermogen van de laser. Om de soldeerverbinding gecontroleerd af te laten koelen en een thermische schok te voorkomen is alleen een aan-uit functie niet voldoende.

Aangezien lasers een gecontroleerde output kunnen geven per tijdsegment kan er geëxperimenteerd worden met reflow-profielen. De laser kan gedurende een seconde hetzelfde vermogen geven maar ook langzaam het vermogen opbouwen en afbouwen. Per verbinding zal er met het profiel ge-experimenteerd moeten worden om een optimale verbinding te verkrijgen.

Voorbeelden van profielen zijn:



Figuur 2.5 Verschillende hitteprofielen

In deze grafiek is het vermogen (%) van de laser uitgezet tegen de tijd (ms). Vooral de lichtblauwe lijn C laat zien dat in het profiel rekening is gehouden met een afkoel-periode.

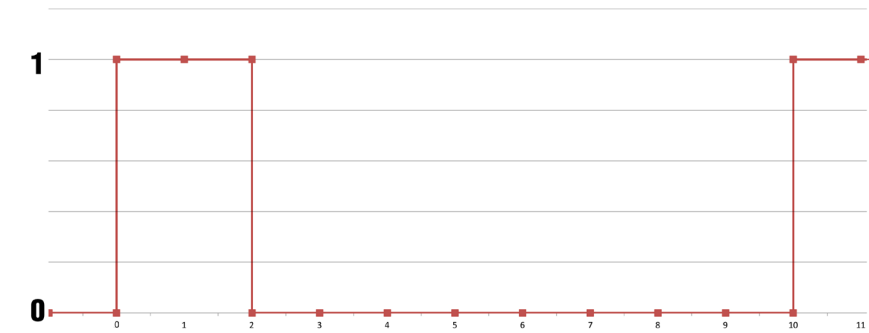
2.2.5 Aansturing

Een diode laser kan op verschillende manieren worden aangestuurd. Ze hebben een plus- en min-pool waar een spanningsbron op aangesloten moet worden. Bij een bepaalde maximale spanning geeft hij het maximale vermogen. Als de spanning wordt verminderd wordt het vermogen lager totdat hij op een gegeven moment onder zijn drempelspanning komt.

Met behulp van het computer systeem kan een spanningsbron de gewenste spanning afgeven aan de diode.

Een andere veelgebruikte vorm is een Pulse Width Modulation (PWM) signaal. De laser wordt aangestuurd met pulsen (aan/uit) waarvan de lengte in te stellen is. Op die manier krijg je een knipper effect waarbij de laser op 100% aan en uit knippert.

De daadwerkelijke output is afhankelijk van de frequentie van het digitale bloksig-naal en de aan/uit verhouding. Voorbeeld:



Figuur 2.6 PWM signaal



De puls duurt 2ms en tussen de pulsen zit een pauze van 8ms. Opgeteld is dat 10ms, wat neerkomt op een frequentie van 100Hz.

Stel je gebruikt een laser van 15W. De eerste 2ms staat de laser aan en geeft hij 15W. Omgerekend ( $1W = 1J/s$ ) is dat 30mJ in 2ms. De overige 8ms staat hij uit en is het vermogen dus 0W. Het relatieve vermogen is dan 30 mJoule in 10ms, wat uitkomt op 3W.

Door de verhouding aan/uit te variëren kan het vermogen van de laser gecontroleerd worden en kunnen profielen worden opgesteld.

In de bijlagen staat een proefje waarbij een LED en een H4 auto-koplamp worden aangestuurd met een PWM signaal.



## 2.3 | Soldeertin

### Soorten, eigenschappen en innovatie

#### 2.3.1 Soorten

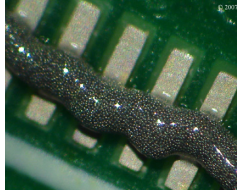
Nu gekozen is voor een laser, moet er gekozen worden voor een vorm van soldeertin. In principe zijn er drie soorten die gebruikt kunnen worden. Draad, pasta en 'preforms'.

Soldeerdraad is soldeertin met een harskern. Deze harskern fungeert als flux. Er bestaan vele soorten samenstellingen en diktes. De draad wordt vaak gebruikt bij het handsolderen en bij sommige soldeerrobots. Het voordeel van deze draadvorm is dat het goedkoop en goed verkrijgbaar is.

Ten tweede is er de soldeerpasta. Het is een mengsel van kleine tinbolletjes en een flux. Ook hiervan heb je tientallen soorten, diktes en samenstellingen. Vaak wordt de soldeerpasta op de juiste plek geprint, met een vooraf ingestelde hoeveelheid. In andere gevallen wordt er met een masker gewerkt. Het voordeel is dat je heel nauwkeurig steeds dezelfde hoeveelheid soldeertin kan aanbrengen zodat elke verbinding van gelijke kwaliteit zal zijn.

Een laatste vorm is een relatief nieuwe vorm, namelijk de soldeer 'preforms'. Het zijn donuts of kleine blokjes die al de juiste vorm hebben. Bij een through hole component zou zo'n donut om het pinnetje kunnen worden geschoven waarna hij gesmolten wordt. Bij een SMD component worden de blokjes gebruikt in combinatie met soldeerpasta voor extra soldeertin waardoor men meer stevigheid en een betere verbinding verkrijgt.

Een overzicht van de drie soorten:

| Soort    | Afbeelding                                                                           | Voor en nadelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Draad    |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ goedkoop</li> <li>+ veel verkrijgbaar</li> <li>+ interne flux</li> <li>+ veel soorten</li> <li>- minder goed doseerbaar</li> <li>- lastig bij PCB-A's</li> <li>- erg flexibel</li> </ul>                                                                                 |
| Pasta    |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ veel soorten</li> <li>+ toegevoegde flux</li> <li>+ goed doseerbaar</li> <li>+ componenten blijven erin plakken</li> <li>- de printnaald zweeft moet vlak boven het oppervlak zweven (0,20mm)</li> <li>- moeilijk tussen componenten aan te brengen</li> </ul>           |
| Preforms |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ juiste vorm</li> <li>+ veel variaties mogelijk</li> <li>+ altijd de gelijke hoeveelheid soldeertin</li> <li>+ productie op aanvraag</li> <li>+ veel standaard afmetingen</li> <li>- lastiger automatisch te plaatsen</li> <li>- minder makkelijk verkrijgbaar</li> </ul> |

Figuur 2.7 Drie vormen van soldeertin

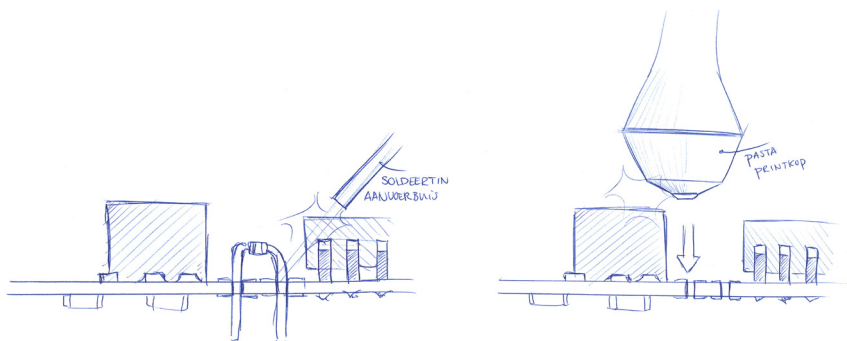
### Loodhoudend / Loodvrij

Soldeertin was van origine altijd loodhoudend. De aanwezigheid van lood verlaagt de smelttemperatuur en zorgt voor goede vloeieigenschappen. Om milieutechnische redenen wordt loodhoudende soldeertin echter steeds minder geaccepteerd.

Het solderen met loodvrije soldeertin is lastiger en de kans op beschadiging van componenten is door de hogere smelttemperatuur groter. Loodvrij solderen is echter wel de toekomst en hier moet rekening mee gehouden worden in het ontwerp.

### Beperkingen

Omdat er vaak met bestuikte PCB-A's moet worden gewerkt is het moeilijk om draad aan te voeren. Zoals onderstaande schets laat zien is de kans groot dat de draad / aanvoerbus een component tegen komt in zijn weg naar de juiste positie.



Figuur 2.8 Beperkingen bij het aanbrengen van soldeertin op een PCBA

Ook bij het aanbrengen van soldeer pasta is het mogelijk dat een component in de weg zit. De kop waar de pasta uitgedrukt wordt moet namelijk 0,20mm boven het oppervlakte zweven voor de meest nauwkeurig plaatsing.

### Preforms

Solder preforms zijn wat dat betreft ideaal. Ze hebben de juiste vorm, een constante hoeveelheid soldeer pasta en flux en zijn met de laser uitstekend te smelten. Een nadeel is dat ze stuk voor stuk met de hand en wellicht met een pincet moeten worden geplaatst. Dit is niet erg efficiënt maar omdat het vaak om series van 20 of 30 stuks gaat is de kwaliteit belangrijker dan de kwantiteit.

Voor SMD componenten is soldeer pasta in combinatie met preforms beter geschikt omdat het component daarmee aan de print wordt geplakt voordat het gesoldeerd wordt. Als er tijdens een reparatie een SMD component vervangen moet worden zal er dus ook een spuit klaar moeten liggen met soldeer pasta. De onderkant van het SMD component zal dan worden ingesmeerd met pasta waarna het component op de PCB(A) geplakt kan worden.

Waarom niet lijmen zou je dan denken. Omdat lijm zich ook op het contact oppervlakte kan gaan hechten en een goede soldeerverbinding in de weg zou staan. Daarom is besloten dat het gebruik van lijm niet wenselijk is.

### 2.3.2 Hoeveelheid soldeertin

Elke printplaat/component combinatie heeft verschillende hoeveelheden soldeertin, flux en warmte nodig. De diameter van het pinnetje van het component zal altijd kleiner zijn dan het gat in de PCB. Ook kan de PCB verschillen in dikte.

Het benodigde volume soldeertin kan berekend worden met formules. In het geval van een through hole component moet aan beide zijden van de printplaat een fillet komen en daarnaast moet de ruimte tussen het pinnetje en het gat in de PCB opgevuld worden.

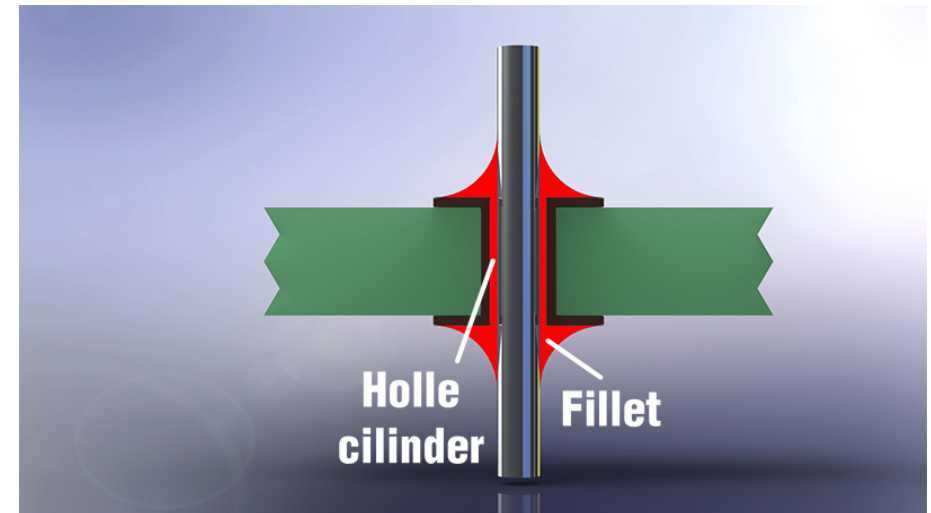
De soldeertin zal in een bepaalde vorm moeten smelten om aan de eisen te voldoen. Deze vorm valt op te delen in drie delen, namelijk een holle cilinder en twee fillets. De formules die hiervoor gelden zijn:

$$\begin{aligned} V_{\text{fillets}} &= 0.215r^2 \times 2\pi (0.2234 \times r + a) \\ V_{\text{contact}} &= h \times \pi \times a^2 \\ V_{\text{gat}} &= h \times \pi \times p^2 \\ \text{Gewenste Volume} &= (V_{\text{gat}} - V_{\text{contact}} + V_{\text{fillets}}) \end{aligned}$$

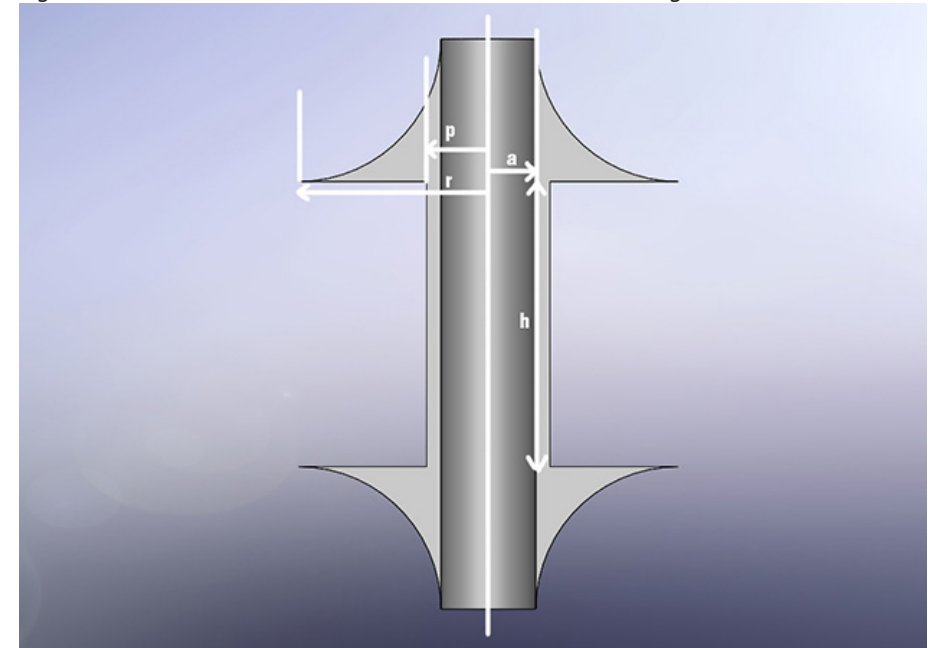
Afhankelijk van de samenstelling van de soldeer pasta / preforms zal het berekende volume worden vermenigvuldigd met een bepaalde factor. De flux in de soldeer pasta zal namelijk volledig verdampen. Stel dat de soldeer pasta voor 50 volumeprocent uit soldeertin bestaat en voor de andere 50 volumeprocent uit flux. Dan is er twee keer het berekende volume nodig.

Een ander geval: 7 delen soldeertin (s) en 3 delen flux (f). De factor (x) is dan:

$$\begin{aligned} x &= (s + f) / s \\ x &= (7 + 3) / 7 \\ x &= 1.428 \end{aligned}$$



Figuur 2.9 Dwarsdoorsnede van een soldeerverbinding

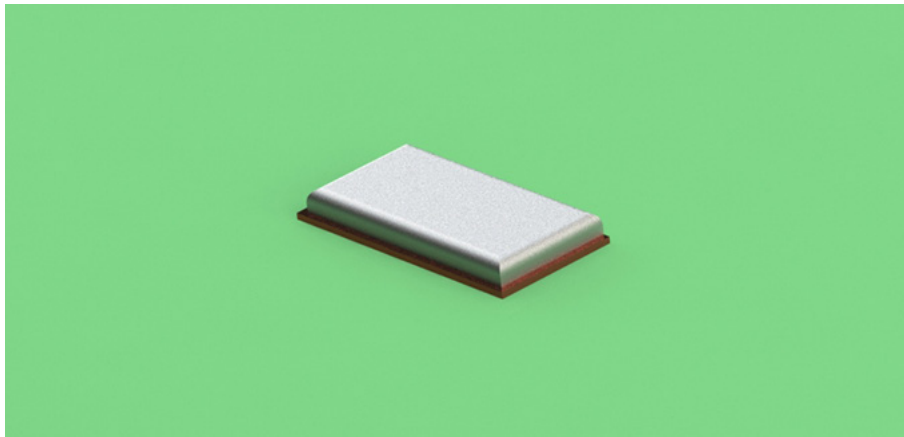


Figuur 2.10 Opbouw van een soldeerverbinding

Voor SMD componenten geldt een andere volume. De pasta wordt op het contact oppervlak geprint / gestencild. Een standaard dikte van die pasta-laag is  $175\mu$ .

Van het contactoppervlak wordt 10% af getrokken. Dus stel dat er zich op de print-plaat een contactoppervlak van één bij twee milimeter bevindt is dat oppervlak  $2\text{mm}^2$

Minus tien procent geeft  $1,8\text{mm}^2$ . Het volume wat dus nodig is is  $1.8 \times 0.175 = 0.315\text{mm}^3$ .



Figuur 2.11 Soldeerpad met aangebracht soldeertin

## 2.4 | Programma van eisen en wensen

Nu de verschillende benodigde componenten in kaart zijn gebracht kan worden gekeken hoe dit te verwerken valt in een verpakking. De eerste eisen uit de analyse fase zijn verder uitgebreid en onderverdeeld in verschillende groepen.

| Groepen            | Eisen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Het apparaat moet; | <ul style="list-style-type: none"> <li>-een aan/uit schakelaar hebben</li> <li>-een display bevatten</li> <li>-een laser aansturen</li> <li>-minstens 1 printplaat kunnen bevatten</li> <li>-aangestuurd worden op basis van printplaat-CAD-bestanden</li> <li>-printplaten kunnen accepteren met een hoogte van maximaal 80mm</li> <li>-printplaten kunnen accepteren van maximaal 300 x 400mm</li> <li>-printplaten kunnen accepteren die aan beide kanten bestuurd zijn</li> <li>-bedienbaar zijn door 1 persoon</li> <li>-veiligheid bieden aan de gebruiker</li> <li>-veiligheid bieden aan de omstanders, scherpe hoeken enz</li> <li>-onderhoudsvriendelijk zijn</li> <li>-visuele feedback geven van het proces</li> <li>-instructies geven aan de gebruiker</li> <li>-voldoen aan de Benchmark BEI Graphic Standards</li> <li>-voldoen aan de Benchmark Product Family kenmerken</li> <li>-kleiner zijn dan 1000x500x600 (l*b*h)</li> <li>-een constante soldeerverbinding afleveren.</li> <li>-plaats bieden voor benodigde gereedschappen (pasta-spuut, tangen)</li> <li>-ervoor zorgen dat de laser nooit kan stralen wanneer direct en onbeschermd indirect oogcontact mogelijk is</li> </ul> |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De laser moet;                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-een regelbaar vermogen af kunnen geven</li> <li>-gekoeld worden</li> <li>-voorzien zijn van een focusbare straal</li> <li>-naar de juiste locatie kunnen worden bewogen</li> <li>-op een vaste z-hoogte bevestigd worden (het optische hoofd zorgt voor de z-as focus)</li> <li>-aangestuurd worden door het apparaat</li> <li>-voorzien zijn van een veiligheidssysteem</li> <li>-een herhaalbaar proces afleveren</li> <li>-soldeertin kunnen smelten (&gt;283° C)</li> </ul> |
| De soldeerverbinding moet;       | <ul style="list-style-type: none"> <li>-voldoen aan IPC geklasseerde eisen</li> <li>-continu zijn</li> <li>-aantoonbaar constanter zijn dan handsoldeer verbindingen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Het localisering systeem moet;   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-de printplaat naar de juiste positie bewegen</li> <li>-de laser naar de juiste locatie bewegen</li> <li>-nauwkeurig zijn tot op 0,20mm</li> <li>-snel zijn (mm/sec)</li> <li>-kunnen worden gekalibreerd</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Wensen:<br><br>Het display moet; | <ul style="list-style-type: none"> <li>-duidelijk afleesbaar zijn</li> <li>-mat zijn</li> <li>-kleuren kunnen weergeven</li> <li>-aanraakgevoelig zijn</li> <li>-visuele feedback van het proces geven</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Figuur 2.12 Programma van eisen

# 3

## Concept fase

In de concept fase zijn de ideeën omgezet in concepten. Door het gebruik van verschillende technieken zoals schetsen en 3D modelleren zijn gedachtegangen tot werkelijkheid gebracht en is een concept ontstaan die alles in zich heeft.



# 3.1 | Benchmark uiterlijk

## Vormgeving en productfamilie

Zoals elk bedrijf heeft ook Benchmark een eigen huisstijl. Hoewel Benchmark vooral producten voor klanten maakt hebben ze de ambitie om ook eigen producten op de markt te zetten.

In 2006/2007 is door een stagair bij Benchmark een nieuwe Product Familie ontworpen met een sprekende vormtaal die terug te vinden is in verschillende producten. Hierbij is gekeken naar kleur, vorm en functie. Verder is er gekeken naar vijf verschillende groottes van producten. Van een klein tafelmodel tot een complete staande module.

Er is afgesproken dat ook de soldeerrobot in dit project gebaseerd moet zijn op de ontwerpen die in 2007 gemaakt zijn. Aanpassingen zijn mogelijk om het product een nog modernere uitstraling te geven.

Rechts hiernaast volgen een aantal afbeeldingen van die product lijn.

De grootste kenmerken zijn:

- donkere onderkant (onderste 5-10%)
- grote grijze vlakken
- blauwe accenten (25-40%)
- plexiglas is gewenst om processen te kunnen observeren.

Naast deze studie heeft Benchmark zelf een 'Graphic Manual' waarin bijvoorbeeld gedefinieerd is hoe er met het logo omgegaan dient te worden, welke kleuren er gebruikt mogen worden en wat de goedgekeurde lettertypen zijn. Deze gebruikte aspecten uit de graphic manuel is te vinden in de bijlagen. Het kleur palet is hiernaast wel weergegevens als voorbeeld hoe zo iets eruit ziet.



Figure 3.1  
Product Family

|      |                |                |              |              |                    |  |
|------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------------|--|
| web: | Benchmark Blue |                |              |              | Pure orange        |  |
|      | Hex # 005194   | Hex # 5F5F5F   | Hex # EC8C00 |              |                    |  |
| RGB: | 0 80 160       | 95 95 95       | 236 140 0    |              |                    |  |
|      | Benchmark Gray |                |              |              | Pure yellow-orange |  |
|      | Hex # 2C78C8   | Hex # 999999   | Hex # E6AA00 |              |                    |  |
|      | 44 122 200     | 153 153 153    | 230 170 0    |              |                    |  |
|      |                |                |              |              | Yellow shades      |  |
|      | Hex # 5CA3E4   | Hex # B2B2B2   | Hex # DDCA17 | Hex # C2A204 |                    |  |
|      | 92 163 228     | 178 178 178    | 221 202 23   | 194 162 4    |                    |  |
|      |                |                |              |              | Yellow-green tones |  |
|      | Hex # 83B9E5   | Hex # C0C0C0   | Hex # AEB07C | Hex # 94A545 |                    |  |
|      | 131 185 229    | 192 192 192    | 174 176 124  | 148 165 69   |                    |  |
|      |                |                |              |              | Blue-violet shade  |  |
|      | Hex # B5D5EA   | Hex # FFFFFFFF | Hex # 2A527B |              |                    |  |
|      | 184 213 234    | 255 255 255    | 41 82 123    |              |                    |  |
|      |                |                |              |              | Violet tone        |  |
|      | Hex # 95BDBD   | Hex # 000000   | Hex # 556292 |              |                    |  |
|      | 149 187 219    | 0 0 0          | 85 98 146    |              |                    |  |

Figure 3.2  
Kleurenpalet Benchmark electronics



## 3.2 | Idee schetsen

### Schetsen en 3D modelleren

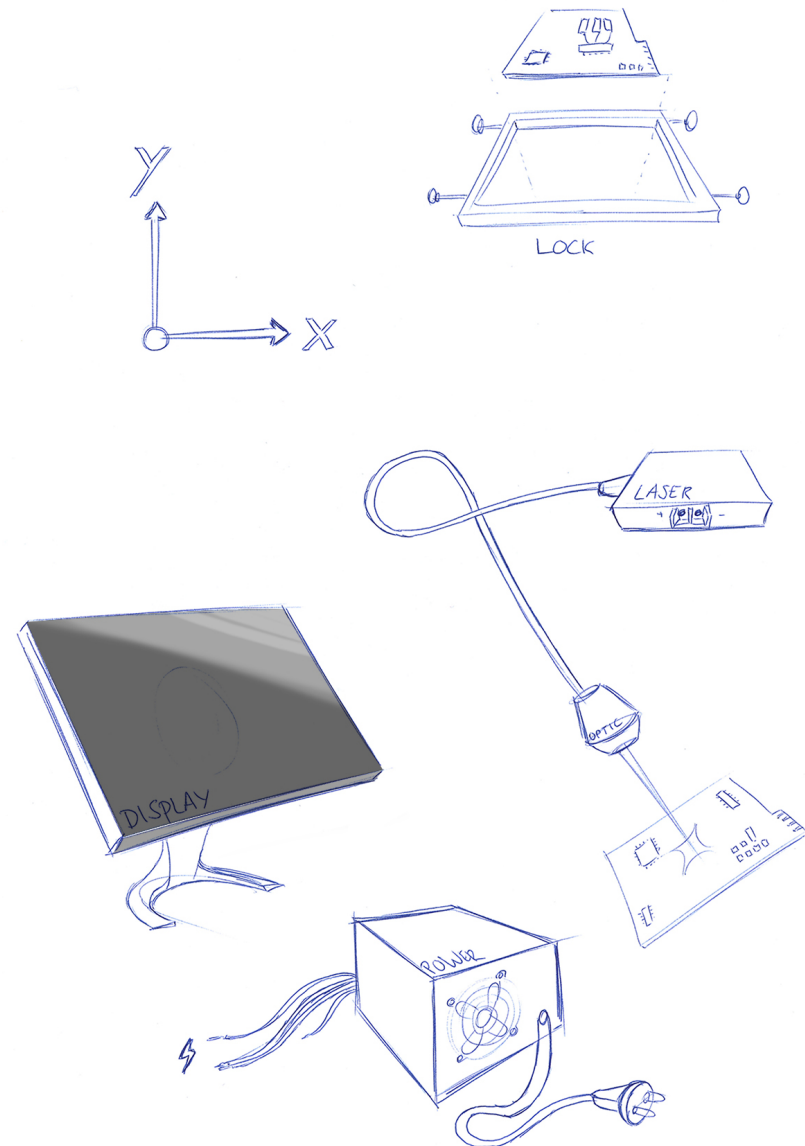
Aan de hand van de afbeeldingen op pagina ... is er begonnen met het genereren van ideeën. Dit is in eerste instantie gebeurd door middel van schetsen.

Er is met een half oog naar de vormtaal van de Product Family gekeken. Enerzijds moeten de kenmerken blijven maar aan de andere kant mag het wat moderner omdat het een product voor de toekomst wordt. Het kleuren schema is wel in acht genomen.

Tijdens het schetsen is rekening gehouden met het plaatsen van de volgende onderdelen:

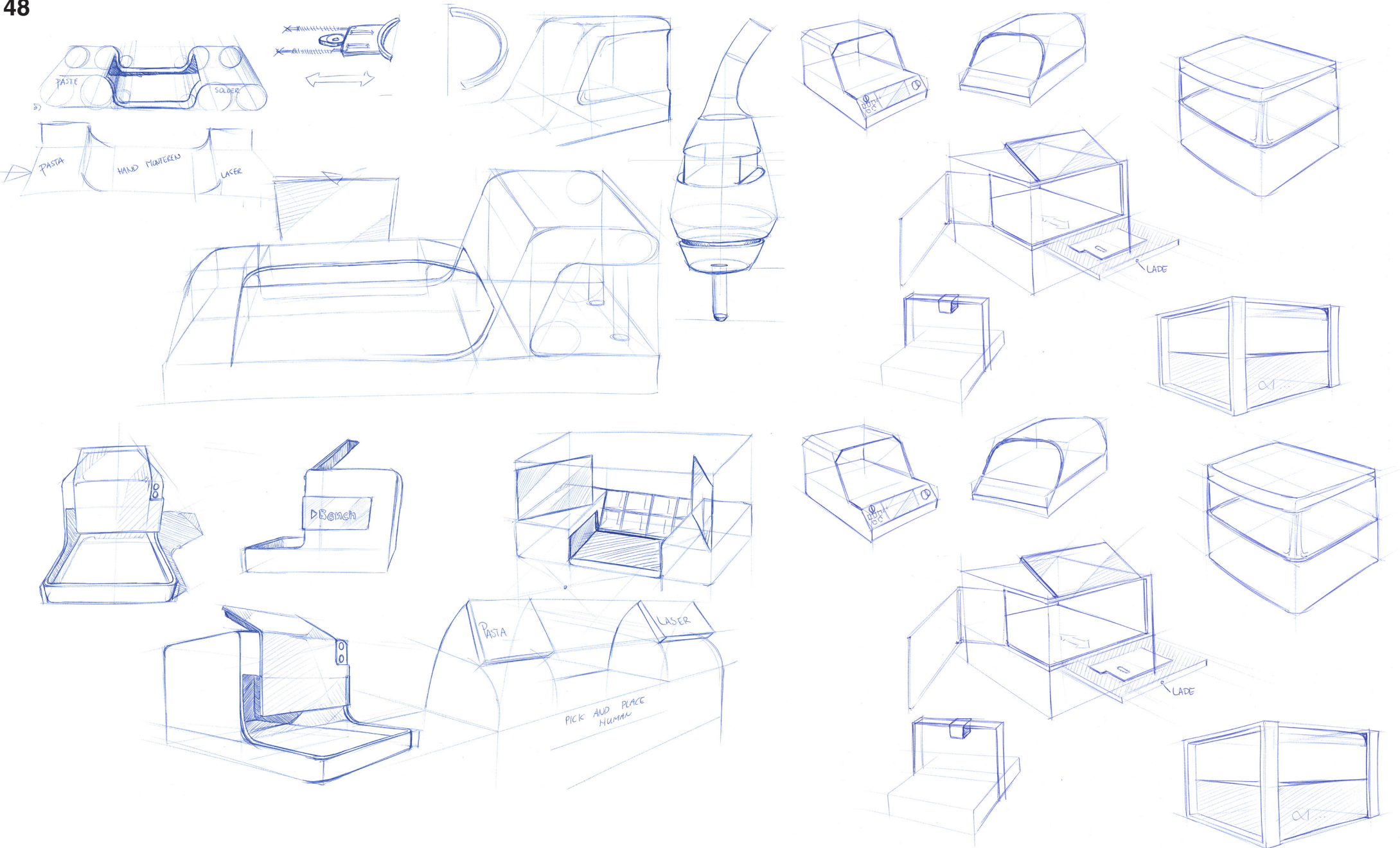
- 1 of meerdere displays
- een x,y positionerings systeem
- plexiglas
- de wens om een tafelmodel of een console te fabriceren
- de graphic standards van Benchmark BV
- het moderniseren van de Product Familie
- een manier om indirecte visuele feedback te tonen

Een typisch uiterlijk van die onderdelen is rechts naast te vinden, zodat ze in de tekening te herkennen zijn.



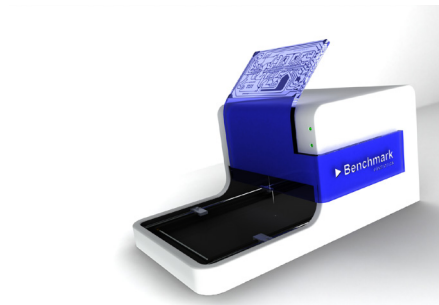
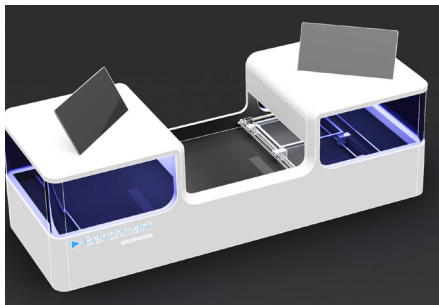
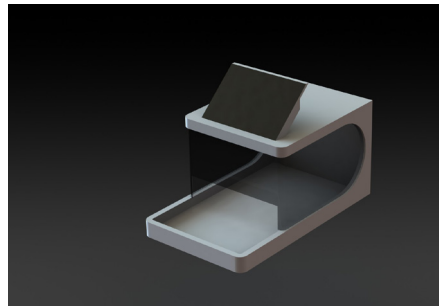
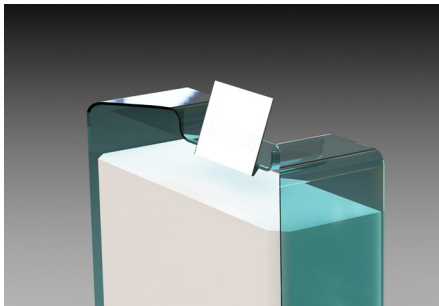
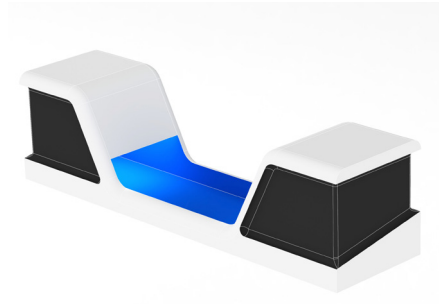
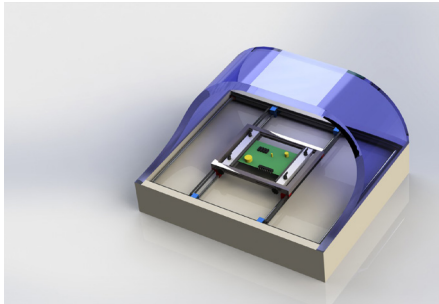
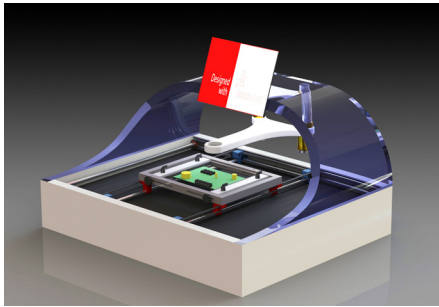
Figuur 3.3

Benodigde onderdelen



Figuur 3.4 Idee-schetsen





Figuur 3.5 Renders van 3D-concepten

### Schetsen

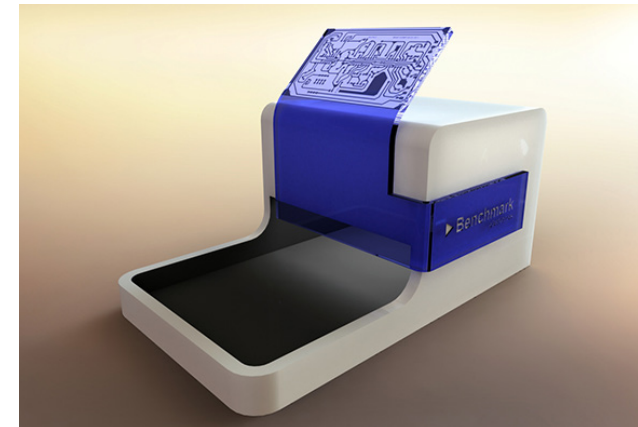
De schetsen op pagina 48 zijn geïnspireerd door eigen ideeën en de product family van Benchmark BV. Met behulp van een brainstorm sessie werd de basis gelegd voor de verschillende modellen. In de schetsen is veel vormvariatie te zien. En hoewel de schetsen vrij duidelijk zijn is er een manier waarop ze beter tot de verbeelding spreken. Namelijk met 3D modellen.

### SolidWorks

In het programma SolidWorks zijn acht modellen gemaakt die elk gebaseerd zijn op schetsen, eisen en wensen. Bij enkele modellen wordt als extra ook de pasta automatisch aangebracht. Deze acht modellen zijn niet allen even ver uitgewerkt omdat tijdens het modelleren al een voorkeur ontstond. Deze voorkeur is voortgekomen uit de potentie van de vormgeving, de afmetingen van het product en de vergelijking met de product family.

Uiteindelijk is gekozen voor onderstaand concept om verder uit te werken. De keuze voor deze is gemaakt om de volgende redenen:

- hij is compact en past op een tafel
- de vormtaal sprak het meest aan en straalt gebruiksgemak uit
- er is genoeg (afgeschermd) ruimte voor de hardware
- het model is afgesloten wat zorgt voor een hogere veiligheid
- de lengte-breedte-verhoudingen zijn eenvoudig aan te passen zonder dat de vorm daardoor verstoord wordt.



Figuur 3.6 Het gekozen model

# 4

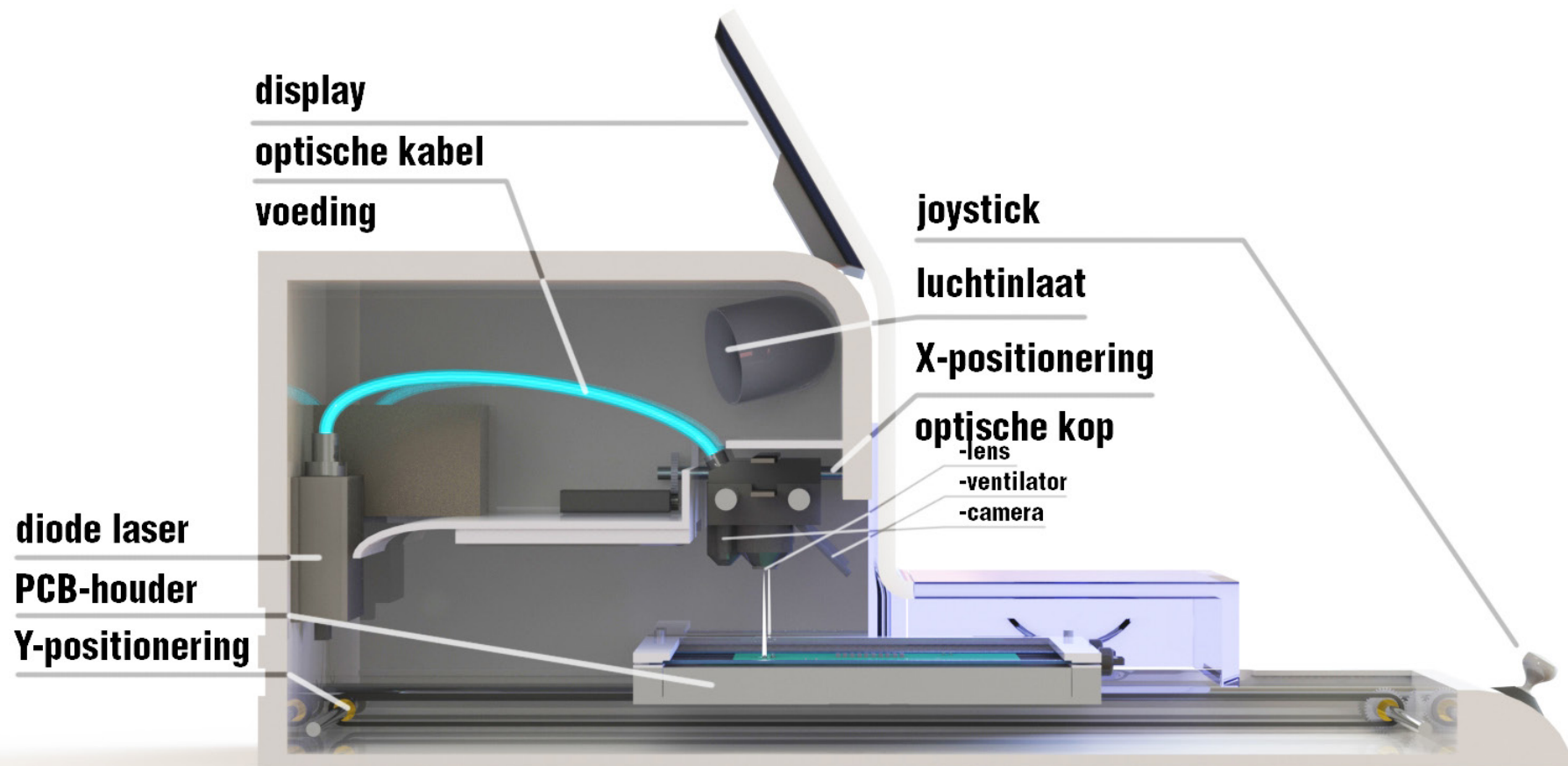
## Uitwerking

Na de keuze van het model is deze verder uitgewerkt. Hierin is rekening gehouden met ergonomie, gebruik, veiligheid en zaken zoals koeling en energievoorziening.

Om te beginnen is het apparaat opgedeeld in subsystemen die apart worden uitgelegd. Daarna volgt een beschrijving van gebruik.

# 4.1 | Subsystemen

Welke onderdelen en functies?



Figuur 4.1

Dwarsdoorsnede uitgewerkt concept

#### 4.1.1 Display

Het apparaat beschikt over een kleurenscherm met een capacitive touchscreen. Dit is dezelfde technologie als in de meeste smart phones. De mensen op de afdeling werken vaak met ESD handschoenen om producten te beschermen. Met normale handschoenen valt een capacitive touchscreen niet te bedienen aangezien de handschoenen als isolatie dienen. ESD handschoenen geleiden echter, waardoor de bediening mogelijk blijft. Het display dient om tijdens de verschillende stappen begeleiding en feedback te geven.

Tijdens het inladen van de PCB(A) moet er bijvoorbeeld uit de CAD database gekozen worden welke printplaat bewerkt zal worden. Wanneer de juiste gekozen is moet ervoor gezorgd worden dat het apparaat en de PCB(A) op elkaar worden afgestemd. Dit gebeurt tijdens het uitlijnen wat grotendeels op het display gebeurt.

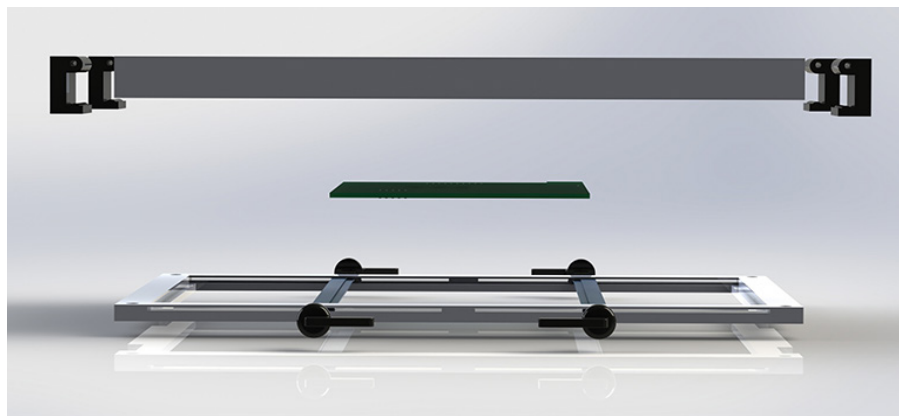
Uit een lijst kan vervolgens worden gekozen welk programma er afgedraaid moet gaan worden. Wanneer er een component gerepareerd moet worden kan simpelweg het component op de tekening op het touchscreen worden aangetikt.

Tijdens het solderen wordt er op het display visuele feedback gegeven.

Deze stappen worden later in dit hoofdstuk uitgebreider behandeld.

#### 4.1.2 PCB houder

De PCB houder is nodig om voor een goede bevestiging van het PCB(A) te zorgen. Het moet instelbaar zijn zodat printplate van verschillende afmetingen er in kunnen passen. Daarnaast moet het de mogelijkheid bieden om SMD en through-hole componenten te kunnen toevoegen.



Figuur 4.2 Exploded view van de PCB houder

#### 4.1.3 Klep

Om ervoor te zorgen dat de gebruiker en omstanders niet direct of indirect in het schadelijke laserlicht kunnen kijken is er een klep geplaatst van een laser veiligheids venster. Door middel van een schakelaar wordt gecontroleerd of de klep gesloten is. Indien dat het geval is kan de laser aan. Als blijkt dat de klep niet (volledig) gesloten is wordt het contact verbroken en is het om veiligheids-redenen niet mogelijk de laser te activeren.



Figuur 4.3 De laser-veiligheids-kap kan worden geopend

#### 4.1.4 Optisch hoofd met fan

Het optische hoofd zorgt ervoor dat de gebundelde straal gefocused wordt op de goede afstand en op de goede x-locatie. Het kan horizontaal bewegen en beide zijden van de pcb houder bereiken. Aan het optische hoofd zitten naast de lens ook een aantal accessoires bevestigd zoals een kleine ventilator en een tweede (wel zichtbare) laser. Deze ventilator blaast de dampen die vrijkomen bij het solderen weg van het werkstuk. De laserstraal kan namelijk vertekend worden door die rook en daardoor uit focus raken. De tweede laser fungeert als hulpmiddel tijdens de kalibratie en uitlijning en zal tevens tegelijk branden met de diode laser. Omdat



deze laser wel zichtbaar is geeft het een extra waarschuwing richting de gebruiker dat de diode laser geactiveerd is en dat de veiligheid in acht genomen dient te worden. Als laatste zit er in het optische hoofd een cameraatje die visuele feedback geeft aan de gebruiker.

#### 4.1.5 Koelsysteem

De voeding en vooral de diode-laser zullen warm worden tijdens het gebruik. Daarom is er een koelsysteem nodig die een luchtstroom langs die componenten stuurt. Vier ventilatoren zullen hiervoor zorgen. Twee zorgen voor een toevoer van koele lucht en de andere twee voor een afvoer van de warme lucht.

De laser is voorzien van een koellichaam die de geproduceerde warmte opneemt en afgeeft aan de lucht. De voeding heeft een eigen fan die zijn warme lucht in de grote luchtstroom blaast.

#### 4.1.6 Joystick

Voor het kalibreren is een nauwkeurige joystick nodig waarmee het PCB(A) kan worden bewogen binnen het apparaat. Het zal echter niet alleen op input reageren tijdens het kalibratie proces maar ook tijdens de soldeerwerkzaamheden. De camera die aan de lenskop zit geeft visuele feedback op het display. Met de joystick kan worden in- en uit-gezoomd.

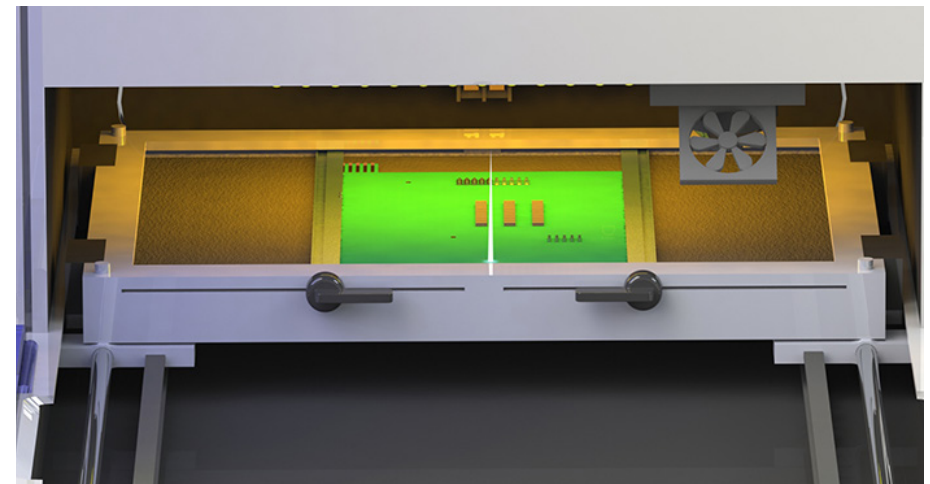


Figuur 4.4 De joystick zorgt voor een nauwkeurige bediening

#### 4.1.7 Preheat

In sommige gevallen is het nodig de printplaat voor te verwarmen om thermische schokken te voorkomen. Hierbij gaat het om het solderen van componenten met meerdere pinnen of pinnen dicht bij elkaar waardoor hetzelfde gebied langer verwarmd zal worden door het gebruik van de laser.

Er is gekozen voor infrarood lampen om de printplaat voor te verwarmen. Boven het PCB(A) hangt een lichtbak met daarin infrarood lampen. Deze geven genoeg warmte af om de printplaat snel op te warmen. Omdat het stralingswarmte is is de temperatuur nauwkeurig te regelen. Wanneer de lampen uit gaan is de straling namelijk direct verdwenen en vindt er geen verdere opwarming plaats. Een IR-thermometer houdt de temperatuur in de gaten en zorgt voor feedback richting het regelsysteem.



Figuur 4.5 Het pre-heaten van de PCBA voorkomt thermische schokken



# 4.2 | Stappenplan

In welke volgorde kan de machine gebruikt worden?

Wanneer een printplaat binnen het touch up proces komt wordt er gezorgd dat de benodigde componenten in een grijpvoorraad aanwezig zijn. Ook de soldeerpasta en preforms liggen klaar op de werkplek.

## Stap 1

Nadat de machine is opgestart kan de juiste CAD file uit een database gekozen worden en biedt de machine de PCB houder aan door hem naar voren te schuiven.

## Stap 2

Om ervoor te zorgen dat de printplaat op een vaste plek blijft liggen is er een pcb-houder bedacht. Deze houder zorgt niet alleen voor een stevige bevestiging maar ook voor het eenvoudig plaatsen van componenten en de soldeerpasta/preforms.

Het systeem bestaat uit een houder met twee klemmen die de printplaat op de plek moeten houden. Deze houder zit met behulp van vier pinnen (één op elke hoek) spelingsvrij op het positionerings-systeem. Doordat de printplaat gelijk ligt met de bovenzijde van de houder kan de gebruiker zonder moeite componenten plaatsen en soldeerpasta/preforms toevoegen.



Figuur 4.6 Het inklemmen van een PCB(A) is eenvoudig

## Stap 3

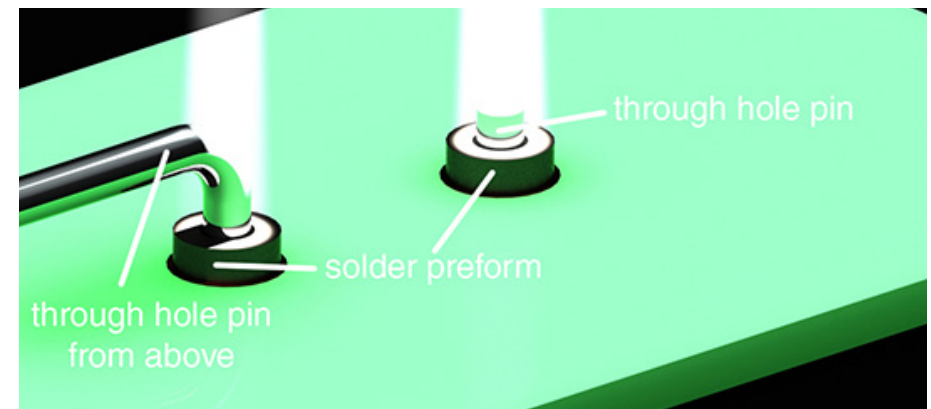
Nadat de PCB in de houder is geplaatst en goed vastgeklemd zit kunnen de componenten worden geplaatst. Daarin kunnen zich twee gevallen voordoen.

### SMD

In geval van een SMD component kan de soldeerpasta aangebracht worden en het component geplaatst worden. Hierna zal het proces verder gaan naar stap 5.

### Through Hole Component

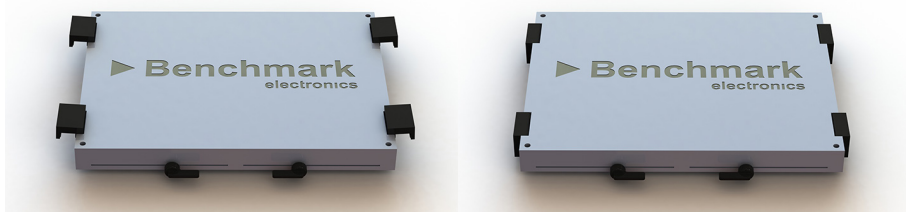
Wanneer er met through hole componenten wordt gewerkt kunnen nu de componenten op de goede plek geplaatst worden. De pinnen steken door de printplaat en komen aan de onderkant uit. Het bord moet aan de onderkant worden gesoldeert zodat het component zelf niet in de weg zit en er genoeg ruimte is voor de soldeertin-preform. In de afbeelding hieronder is te zien waarom de verbinding op de kop gesoldeert moet worden. De linker-pin gaat de hoek om waardoor er een schaduw ontstaat op het deel wat verwarmd moet worden. Rechts is de weg vrij en wordt alles homogeen verwarmd.



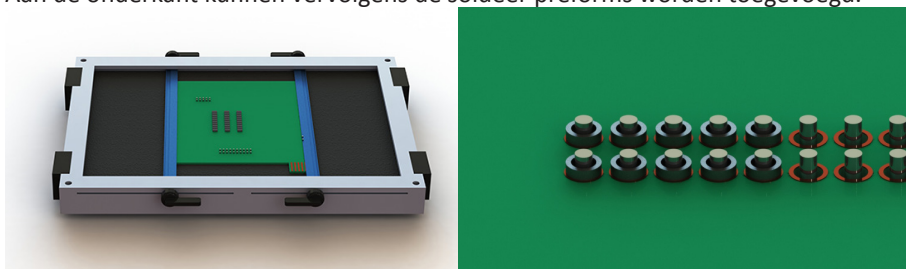
Figuur 4.7 Solderen vanaf de bovenkant van het component is minder goed

**Stap 4**

Om te zorgen dat het component niet uit de printplaat valt als de houder wordt omgedraaid is er een deksel ontworpen met aan de binnenkant een stuk schuimrubber. Dit rubber drukt het component tegen de printplaat aan en zodra de deksel vastgeklemd zit kan de houder worden omgedraaid. Het systeem is gebaseerd op bestaande PCB-jigs.



*Figuur 4.8 Het vastklemmen van de deksel voorkomt dat componenten losraken*  
Aan de onderkant kunnen vervolgens de soldeer preforms worden toegevoegd.

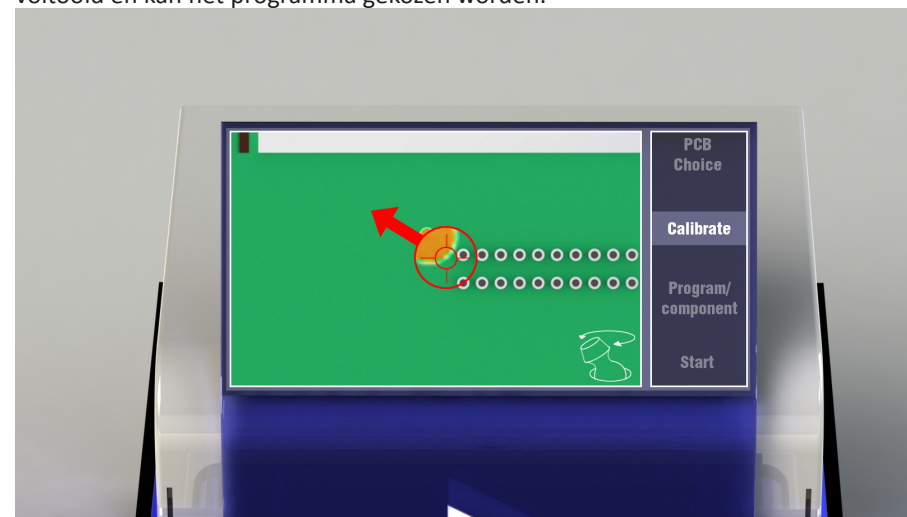


*Figuur 4.9 Het aanbrengen van soldeer-preforms bij een tht-component*

**Stap 5**

Op een PCB(A) worden altijd een aantal visuele kenmerken aangebracht die gebruikt worden tijdens de automated visual inspection en het kalibreren van de pick and place machines.

Ook voor het uitlijnen van de soldeerrobot zal dit kunnen worden gebruikt. In het interface kan gekozen worden voor de uitlijn functie waarbij er op het display een kruishaar verschijnt. De laser zelf staat niet aan maar de camera die eraan hangt wel. Het display geeft het kruishaar, het beeld van de camera en het doel weer. Met deze drie gegevens kan de gebruiker de printplaat nauwkeurig positioneren boven het visuele kenmerk. Wanneer dit met twee doelen gedaan wordt is het uitlijnen voltooid en kan het programma gekozen worden.



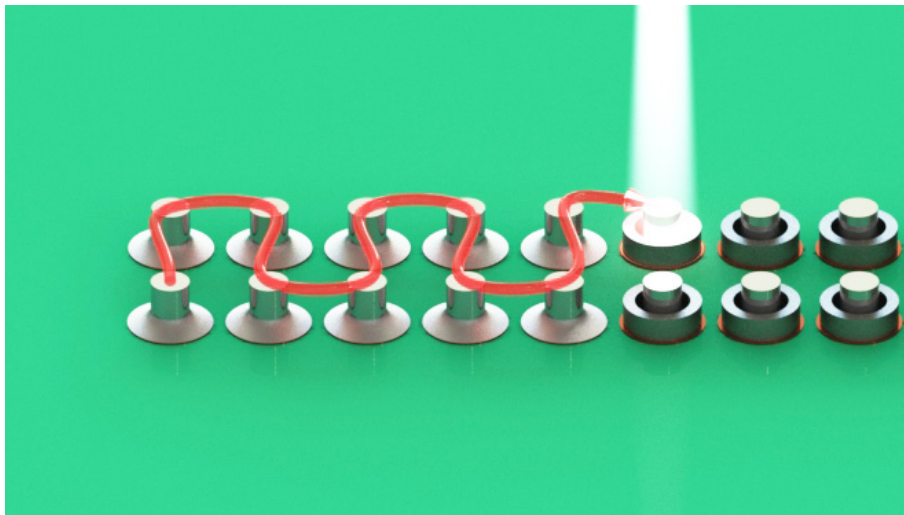
*Figuur 4.10 Het uitlijnen van het systeem wordt begeleid op het display*

**Stap 6**

De gebruiker kan handmatig de te solderen locaties aanwijzen op het touchscreen wat handig is in geval van een reparatie. Zo hoeft de robot niet alle locaties langs en kan de gebruiker zelf bepalen welke verbinding er gesoldeerd moet worden.

Een andere optie is dat de robot een van te voren geprogrammeerd programma

afwerkt. Dit is handig wanneer het een printplaat in productie stadia is waar componenten aan toe moeten worden gevoegd. Van tevoren worden de locaties aangewezen en opgeslagen in een programma. Zo kan het apparaat serie-matig de printplaten afmaken.

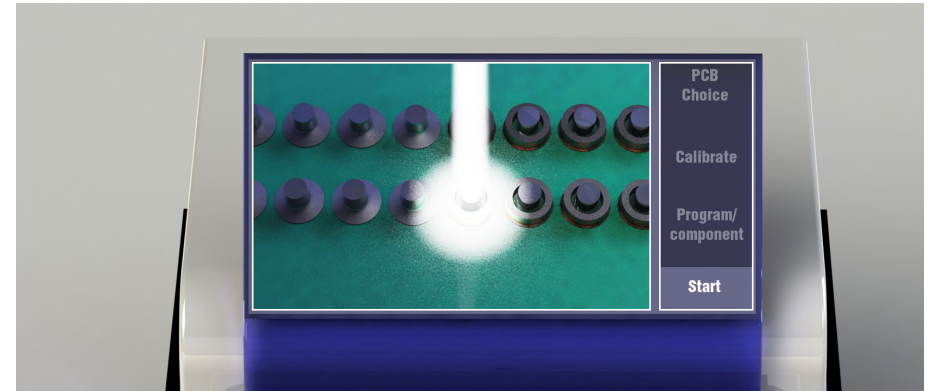


Figuur 4.11 De soldeerverbindingen worden één voor één gemaakt

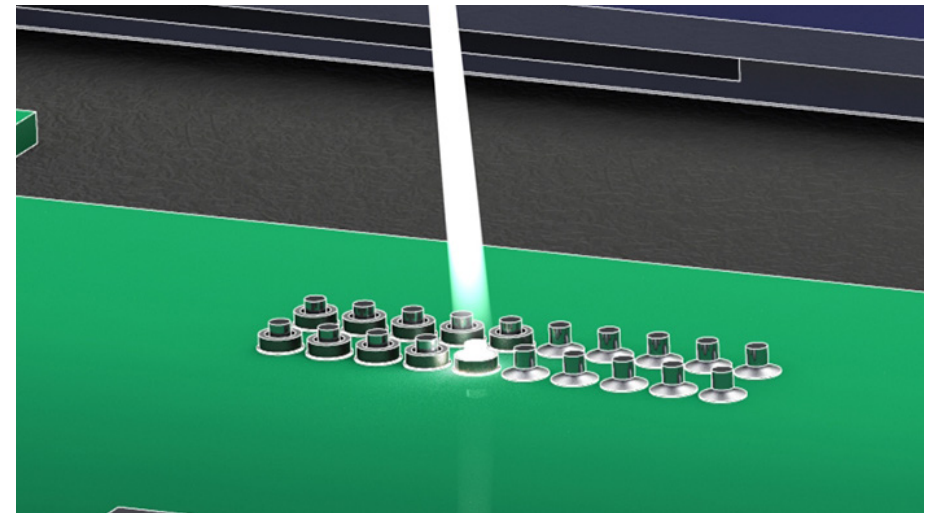
#### Stap 7

Tijdens het solderen is het gewenst dat er visuele feedback gegeven wordt. Het proces is direct aanschouwbaar via het venster of indirect zichtbaar op het scherm. Met de joystick kan gezoomd worden.

Door de kleine offset ten opzichte van de laser wordt het proces niet van recht boven bekeken maar vanuit een kleine hoek. Hierdoor zijn niet alle kanten even goed zichtbaar maar is wel te zien of de soldeertin goed smelt, een mooie fillet maakt en een matte kleur krijgt.



Figuur 4.12 Via het scherm kan het proces gevolgd worden



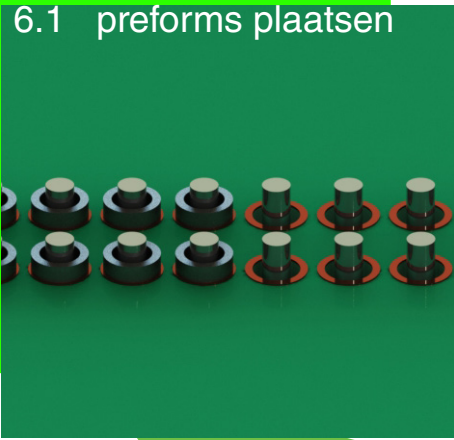
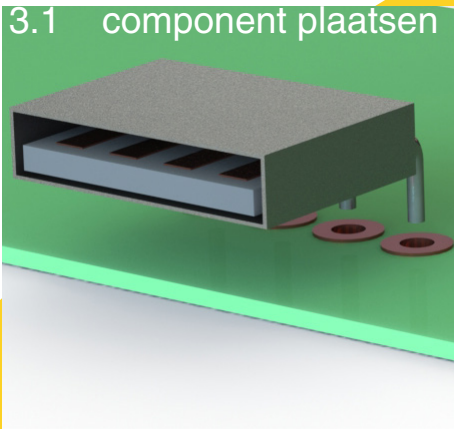
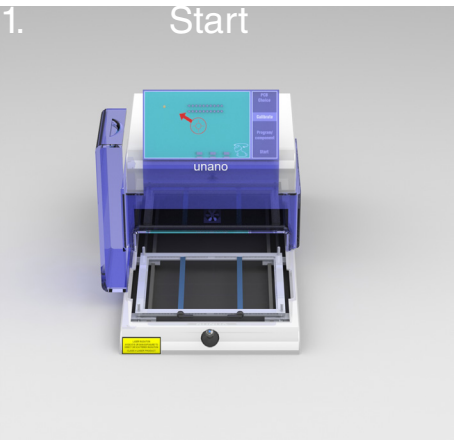
Figuur 4.13 Via het venster aan de voorzijde is het proces ook direct te volgen

#### Stap 8

Als laatste stap wordt de printplaat weer naar voren geschoven en kan deze worden verwijderd uit de houder.

Hierna zal de PCB-A het touch up proces verlaten en de functionele test ondergaan.

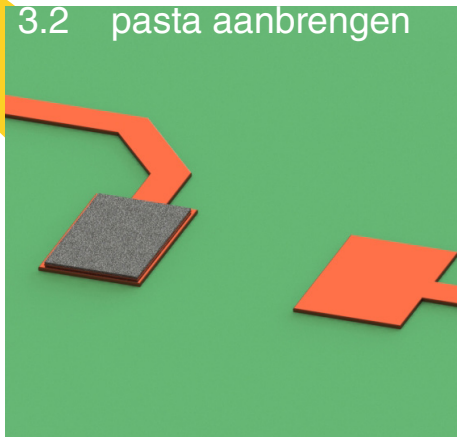




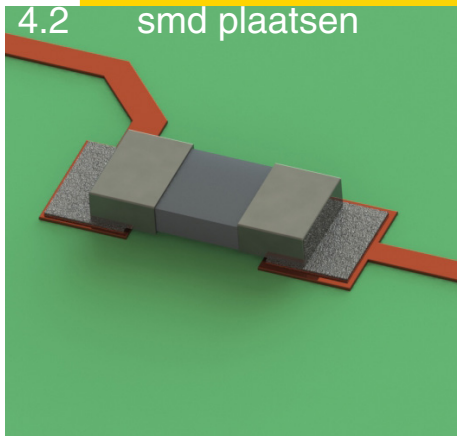
SMD →

THT →

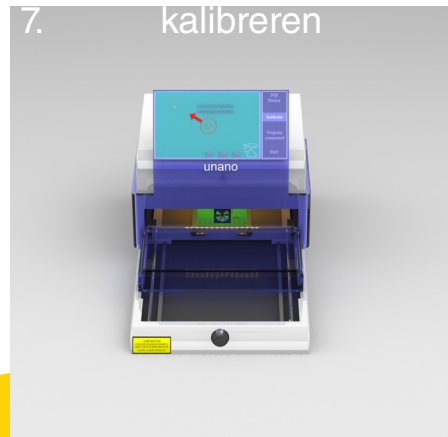
3.2 pasta aanbrengen



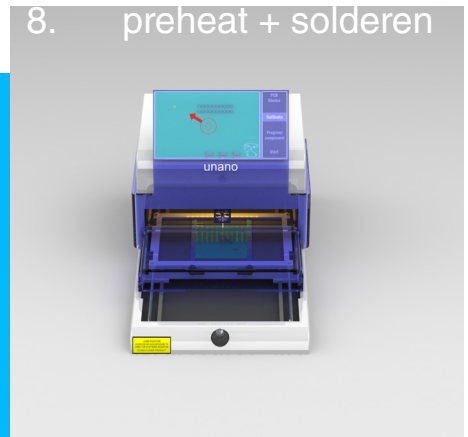
4.2 smd plaatsen



7. kalibreren



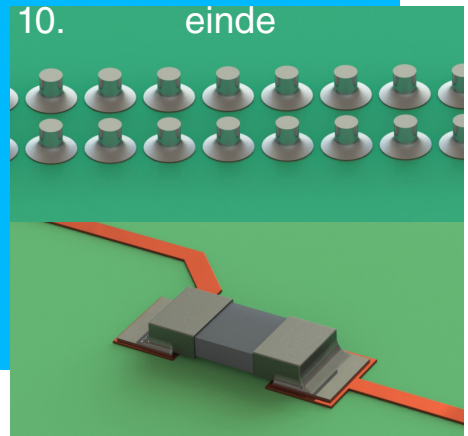
8. preheat + solderen



9. afkoelen



10. einde



Figuur 4.15 Stappenplan

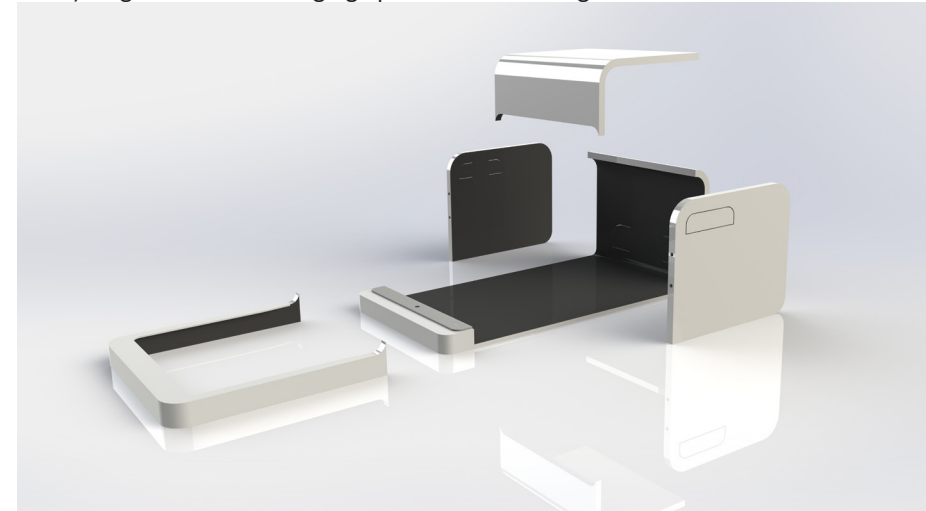
**Aanpassingen**

Om het product een evenwichtiger en rustiger uiterlijk te geven zijn er een aantal design-aanpassingen gedaan. Er zijn lijnen doorgetrokken, afrondingen aangepast en er is nagedacht over hoe de Preformer gefabriceerd zou kunnen worden.

Naast het reguliere gebruik is het noodzakelijk dat de Preformer toegankelijk is voor onderhoud en reparaties. Daarom is gekeken naar het opdelen van de behuizing, het aanbrengen van scharnieren en tevens naar de maakbaarheid van de ontstane onderdelen.

**Indeling**

De indeling van de behuizing is zo gekozen dat verschillende subassemblies makkelijk bereikbaar zijn. De zijkanten kunnen verwijderd worden en de kap aan de voorkant kan naar voren geschoven worden. Een metalen frame (niet gemodelleerd) zorgt voor de bevestigings-punten en de stevigheid.



Figuur 4.16      Opbouw van de behuizing



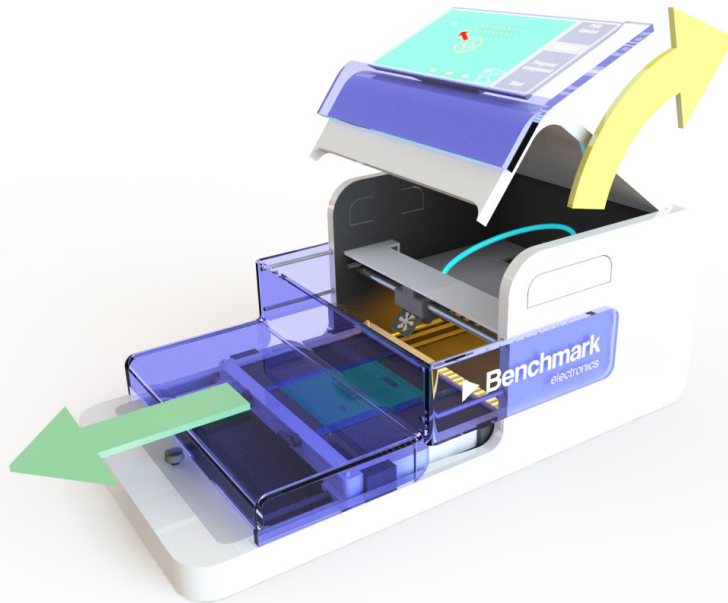
## 4.3 | Aanpassingen

### De laatste wijzingen en een product overzicht

#### Onderhoud

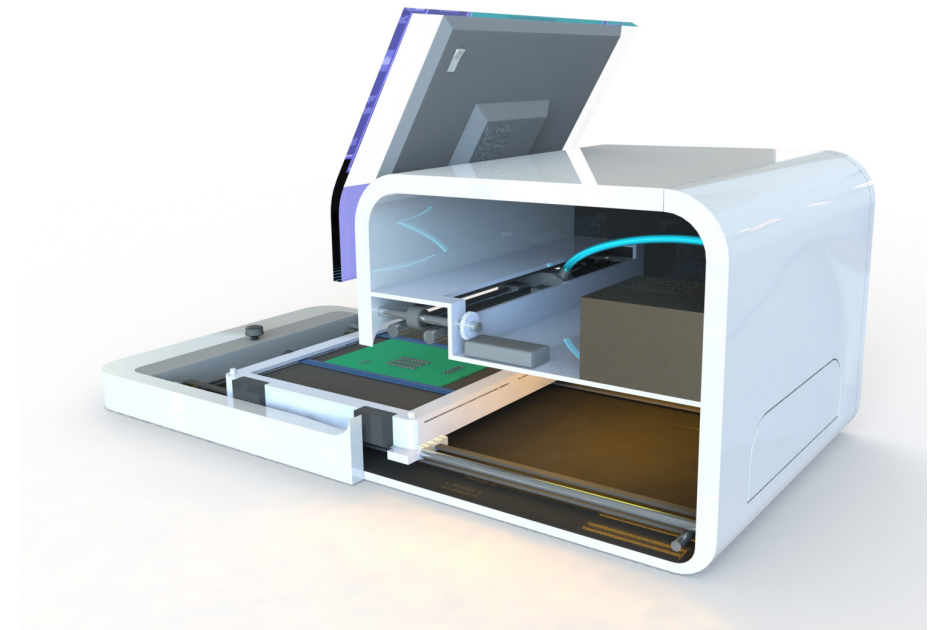
Er zijn twee eenvoudige manieren waarop het binnenwerk van de Preformer bereikt kan worden voor onderhoud of het vervangen van onderdelen.

De eerste manier is het verwijderen van het laser-veiligheids-venster gevolgd door het wegklappen van het display. Onderstaande afbeelding laat de werkwijze zien. Het venster schuift met vier pinnen in de behuizing en het display is samen met de bovenkant gescharnierd.



Figuur 4.17 Volgorde van openen

De tweede manier is het verwijderen van (één van) de zijanten. Zo is de laser en de optische-kop bereikbaar en kan het x,y systeem onderhouden worden.



Figuur 4.18 Ook via de zijkant kan onderhoud worden gepleegd

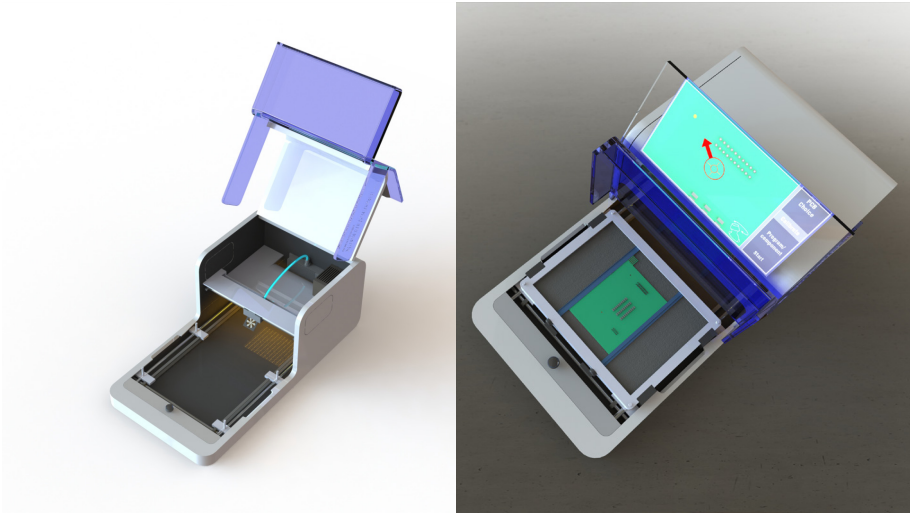
Om een impressie te krijgen hoe het apparaat binnen het bedrijf past zijn er een aantal renders gemaakt. Sommige zijn in perspectief geplaatst en in foto's geplakt om een beeld te krijgen van de gebruikssituatie.



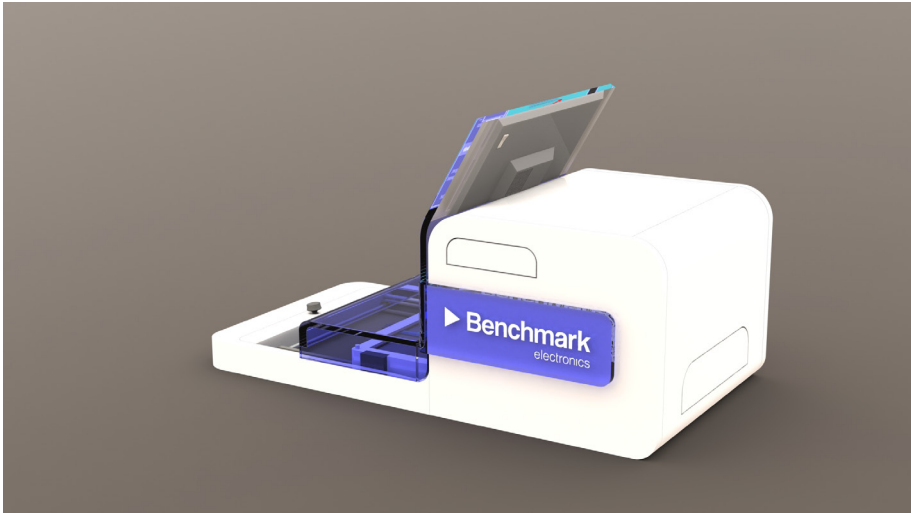
Figuur 4.19      Het gebruik van de Preformer op de afdeling



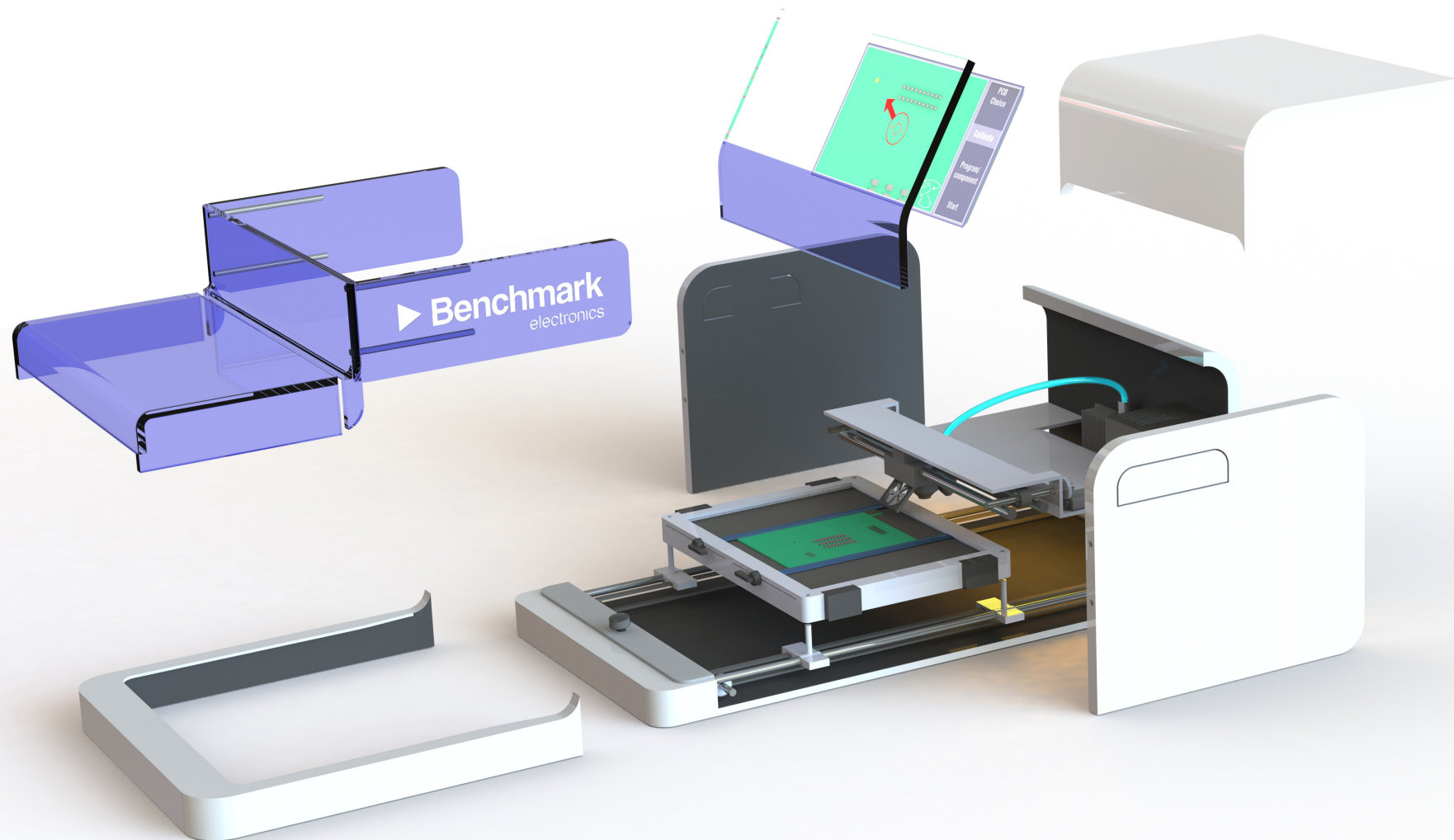
Figuur 4.21      Meerdere naast elkaar



Figuur 4.20      Boven-aanzicht



Figuur 4.22      Zij-aanzicht



Figuur 4.23 Exploded view van de gehele machine



## Het apparaat moet;

- een aan/uit schakelaar hebben  
*de achterkant van het display heeft een aan/uit schakelaar voor het gehele systeem*
- een display bevatten  
*het bevat een 17" touchscreen display*
- een laser aansturen  
*hij stuurt vermogens-gecontroleerd een +- 30W Diode laser aan*
- instelbaar zijn in verschillende opzichten  
*instelbaar in:*
  - vermogen
  - snelheid
  - tijd
  - displayhelderheid
  - joystick gevoeligheid
- minstens 1 printplaat kunnen bevatten  
*de ruimte is 300 x 400mm. Bij twee is het maximaal 150 x 400. Enz.*
- verbonden zijn met een database van printplaat-CAD-bestanden  
*aangesloten op het netwerk. Software moet nog ontwikkeld worden*
- printplaten kunnen accepteren met een totale hoogte van maximaal 80mm  
*speling tussen PCB(A) en onderkant kap is 46mm. Maximale component hoogte is dus 46mm.*
- printplaten kunnen accepteren van maximaal 300 x 400mm  
*deze afmetingen zijn de binnenafmetingen van de PCB houder*
- printplaten kunnen accepteren die aan beide kanten bestuurd zijn  
*het ontwerp biedt ruimte voor uitstekende componenten aan beide zijden*
- bedienbaar zijn door 1 persoon  
*er zijn minimaal twee handen nodig om het apparaat te bedienen. Eén persoon volstaat.*
- veiligheid bieden aan de gebruiker  
*de werkruimte is volledig afgesloten tijdens het proces. Daarnaast kunnen de dampen worden afgevoerd en is onbeschermd onbeschermd kijken naar laserlicht niet mogelijk.*
- veiligheid bieden aan de omstanders  
*het laser-veiligheids-venster biedt veiligheid aan gebruiker en omstanders*
- onderhoudsvriendelijk zijn  
*op meerdere manieren (bovenkant en de twee zijanten) is onderhoud plegen mogelijk.*
- visuele feedback geven van het proces  
*het venster en de camera geven live feedback van het proces*
- instructies geven aan de gebruiker  
*de user interface biedt stapgewijs het proces aan*

# 4.4 | Toetsing PVE

Voldoet het aan de gestelde eisen en wensen?

- kleiner zijn dan 1000x500x600  
*de totale buitenafmetingen zijn 900x522x522*
- een constante soldeerverbinding afleveren  
*herhaalbaar proces. Aangenomen wordt dat het constant is.*
- plaats bieden voor specifieke gereedschappen  
*niet aanwezig*
- de printplaat naar de juiste locatie bewegen  
*het x,y systeem zorgt voor een nauwkeurige plaatsing van het PCB(A)*
- de laser naar de juiste locatie bewegen  
*het x,y systeem zorgt voor een nauwkeurige plaatsing van de laserkop*
- nauwkeurig zijn tot op 0,20mm  
*deze nauwkeurigheid is haalbaar met diverse systemen*
- binnen twee handelingen kunnen worden uitgelijnd  
*het interface ondersteunt een eenvoudige uitlijnmogelijkheid binnen twee stappen*

## De laser moet;

- een regelbaar vermogen af kunnen geven  
*hoewel de laser zelf 30W straalt is door een PWM signaal vermogens-controle mogelijk*
- gekoeld worden  
*de laser bevat een koellichaam die gekoeld wordt door lucht*
- voorzien zijn van een focusbare straal  
*de laserkop bevat een focusbare lens*
- naar de juiste locatie kunnen worden bewogen  
*het positionering systeem zorgt voor de zijdelinkse verplaatsing van de laserkop*
- op een vaste z-hoogte bevestigd worden  
*de hoogte ligt vast*
- aangestuurd worden door het apparaat  
*het computersysteem in het apparaat zorgt voor de aansturing. Geen externe voeding nodig*
- voorzien zijn van een veiligheidssysteem  
*de laser kan niet aan wanneer de kap gesloten is of het systeem uitgeschakeld staat*
- nooit stralen wanneer direct en onbeschermd indirect oogcontact mogelijk is  
*de laser kan niet aan wanneer de kap gesloten is of het systeem uitgeschakeld staat*
- een herhaalbaar proces afleveren  
*aangezien het programmeerbaar is kan het proces zich eindeloos herhalen*
- soldeertin kunnen smelten (283° C)  
*soldeertin is te smelten met een laser vanaf 8W*

## De soldeerverbinding moet;

- voldoen aan IPC geklasseerde eisen  
*niet getest*
- continu zijn  
*niet getest*
- aantoonbaar constanter zijn dan handsoldeer verbindingen  
*aannemelijk wel, echter niet getest*

## Het display moet;

- duidelijk afleesbaar zijn  
*17" 1920x1080 display met instelbaar contrast en helderheid*
- mat zijn  
*mat display, glossy touchscreen*
- kleuren kunnen weergeven  
*ja*
- aanraakgevoelig zijn  
*capacitive touch*
- visuele feedback van het proces geven  
*het display geeft continu feedback en instructies*



# 4.5 | Kostenschatting

## Wat kosten de componenten bij elkaar?

Om een globaal beeld te krijgen van de kosten van de Preformer is er een kosten-schatting gemaakt. Hierin is gekeken naar de stuks prijs van de losse componenten en ook naar de kosten voor bijvoorbeeld de matrijzen en de benodigde tests.

| Onderdeel                                      | Prijs  |
|------------------------------------------------|--------|
| Behuizing                                      | 125    |
| Display                                        | 200    |
| Laserveiligheidsvenster                        | 450    |
| Frame                                          | 75     |
| Joystick                                       | 40     |
| X,Y-systeem                                    | 50     |
| Stappenmotoren                                 | 75     |
| PCB-houder                                     | 120    |
| Optisch hoofd met lens                         | 450    |
| IR Thermometer                                 | 25     |
| Camera                                         | 30     |
| Laser met optische fiberkabel                  | 950    |
| Ventilatoren (5 stuks)                         | 50     |
| Aanstuur CPU                                   | 200    |
| Overige onderdelen (kabels, connectoren, etc.) | 150    |
|                                                |        |
| Totaal                                         | 2990,- |

Aangezien de aantallen niet al te hoog zijn wordt er waarschijnlijk gekozen voor high pressure forming. De tooling kosten liggen rond de 40.000 euro voor de matrijzen en nabewerking van de gevormde onderdelen.

Daarnaast komen er ontwikkelingskosten en kosten voor tests bij.

|              |        |
|--------------|--------|
| Tooling      | 40.000 |
| Ontwikkeling | 80.000 |
| Tests        | 40.000 |

Totale eenmalige kosten: 160.000 euro.

Wanneer dit verdeeld wordt over de apparaten kom je op een stuks prijs van €3390,-.



# 5

## Evaluatie & aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies getrokken en gekeken naar hoe het verder moet met dit project. Er wordt een vergelijking met de concurrentie gemaakt en er worden redenen gegeven waarom dit concept beter zou zijn. Verwacht wordt dat er een goede basis is gelegd om in de toekomst het concept door te ontwikkelen naar een apparaat wat niet alleen voor eigen gebruik is maar ook op de markt gezet kan worden.



# 5.1 | Evaluatie

Een terugblik op het resultaat en de vergelijking met de concurrentie

## Terugblik

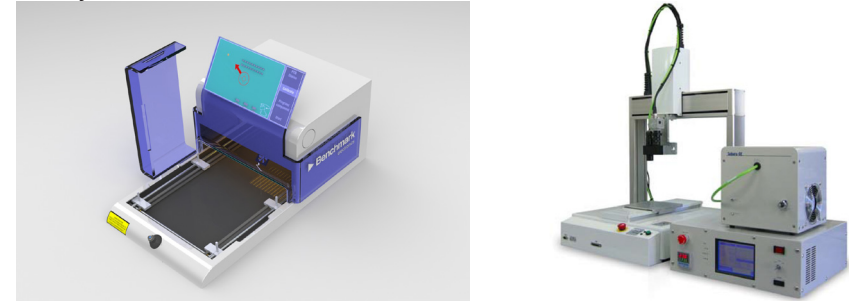
In de zoektocht naar een geschikte techniek zijn verschillende soldeer-technieken aan het licht gekomen. Diegenen die interessant waren zijn verder uitgezocht en uiteindelijk is er voor de diode laser gekozen. De grootste voordelen van de diode-laser zijn de levensduur, het contactloos kunnen solderen en de compactheid van het verwarmgebied. Een nadeel is dat de aanschafkosten hoger zijn dan die van andere technieken.

Door het gebruik van soldeertin-preforms in combinatie met de laser ontstaat er een proces waarbij altijd dezelfde hoeveelheid tin en warmte wordt toegevoegd. De kwaliteit van de soldeerverbinding zal dus continuer worden met een hogere kwaliteit. De betrouwbaarheid van de printplaat gaat omhoog en het percentage fouten omlaag.

Per component zullen eerst proeven moeten worden gedaan om te kijken welke instellingen de beste kwaliteit oplevert. Hoe dit in zijn werk moet gaan komt in de het volgende paragraaf aan bod.

## Vergelijking

### Uiterlijk



Figuur 5.1 Vergelijking tussen de Japan Unix en de Preformer

De Preformer heeft alles wat de concurrent in de rechterafbeelding ook heeft, maar dan in één verpakking. Dit maakt het verpakken, verplaatsen en de communicatie tussen de verschillende onderdelen eenvoudiger. Het geheel is beter op elkaar afgestemd en dit komt ook ten goede aan het uiterlijk. Esthetisch gezien is het nieuwe ontwerp een stuk beter geschikt voor show- en verkoop-doeleinden. De afmetingen zijn compacter en de simpele vormen stralen gebruiksgemak uit.

Het uiterlijk voldoet aan de Benchmark Product Familie en heeft de herkenbare kleurenstelling.

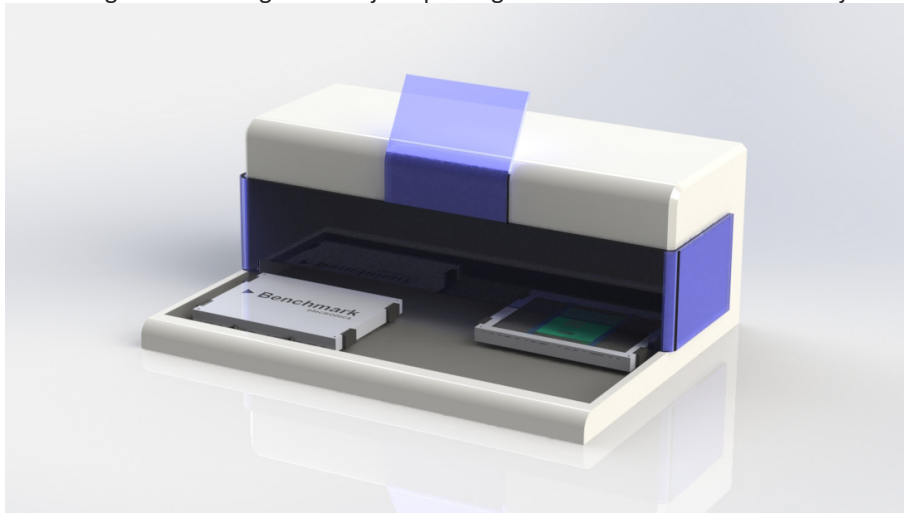
### Functies

Hoewel sommige bestaande soldeerrobots voorzien zijn van een systeem die soldeertin automatisch toevoegt is het bij de Preformer geen nadeel is dat zo'n functie ontbreekt. Omdat het vaak om bijna voltooide printplaten gaat is het automatisch toevoegen onmogelijk of erg lastig door de hinderende componenten. Het gebruik van soldeer preforms en het handmatig toevoegen daarvan kost wellicht meer tijd maar gezien de vaak kleine aantallen in een serie en de hoge kwaliteitseisen wordt niet verwacht dat dit een probleem is.

In de Preformer zit een preheat systeem wat ervoor zorgt dat de thermische schok minimaal is. De apparaten van bijvoorbeeld Unix hebben dit niet. De Preformer biedt daarnaast de instructies en feedback aan op een kleuren touchscreen wat duidelijkheid en overzicht geeft.

#### *Aanpassingen*

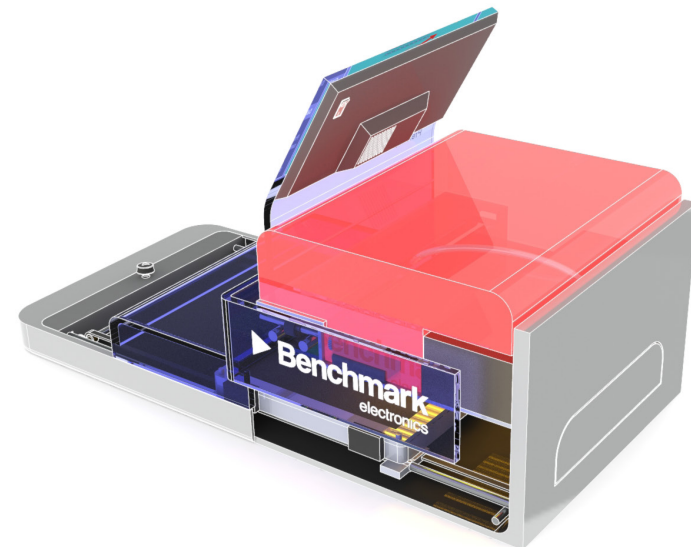
De afmetingen van de Preformer kunnen relatief makkelijk aangepast worden waardoor er bijvoorbeeld meerdere printplaat-houders tegelijk in kunnen. Hierbij blijven de laser, het optische hoofd, het display en de joystick gelijk. Wat aangepast kan worden is de behuizing, het X,Y systeem en het aantal optische koppen. De eenvoudige vormen zorgen ook bij aanpassingen voor een onverstoord uiterlijk.



Figuur 5.2 *Andere verhoudingen zijn makkelijk implementeerbaar*

#### *Veiligheid*

De reeds bestaande soldeersystemen zijn open en bieden geen bescherming voor de gebruiker. De Preformer heeft een laser veiligheids venster die de gebruiker en omstanders beschermt.



Figuur 5.3 *Het rode vlak geeft de (nog) lege ruimte weer.  
Te gebruiken voor de aansturings-hardware en andere randzaken*

## 5.2 | Aanbevelingen

### Wat zijn de volgende stappen?

#### Aanbevelingen

Om verder te kunnen gaan met dit concept moeten er nog wat stappen worden gezet. Per onderdeel is besproken wat er aanbevolen wordt.

#### *laser test*

Hoewel er al soldeerrobot's bestaan die gebruikmaken van diode lasers is het niet voldoende bewezen dat deze gemaakte verbindingen aan de strenge IPC eisen voldoen. Dit kan getest worden door een geschikte diode laser aan te schaffen en daarmee tests uit te voeren. Met verschillende hitteprofielen kan dan worden gekeken of er verbindingen ontstaan die voldoen aan de eisen. Voor het gebruik van preforms en soldeerpasta geldt ook dat er gevarieerd moet worden om het optimale resultaat te behalen. De tests moeten worden uitgevoerd met beide soorten componenten. (THT en SMD)

#### *behuizing*

Zoals het concept nu in het CAD model staat is er geen rekening gehouden met verbindingen tussen verschillende delen. De behuizing is puur op vorm gemodelleerd en heeft nog geen schroefgaten, klikverbindingen en verstevigingen. Ook moet er nog een materiaal gekozen worden. De meeste kappen kunnen gemaakt worden met 'high pressure forming', een proces waarbij een warme platte kunststof plaat in een mal gedruwd wordt en daardoor zijn vorm krijgt. Door de lage aantallen is pressure forming goedkoper dan bijvoorbeeld spuitgieten. De stuks prijs is waarschijnlijk duurder, maar de goedkopere tooling compenseert dat.

#### *bedrading & aansturing*

Er moet gekeken worden naar verschillende connectoren voor onder andere het display, de aansluiting op netspanning en de aansturing van de stappenmotoren. Er is nog geen rekening gehouden met hoe de kabels door de behuizing zullen lopen. Daarnaast moet nog een geschikte locatie gevonden worden voor de aanstuur-unit. Daar is echter genoeg ruimte voor, zoals te zien is in de afbeelding links. Het rode blok vertegenwoordigt de (nog) lege ruimte.

#### *koeling*

De koeling zal getest moeten worden op capaciteit en flow. Er kunnen hulpmiddelen zoals afrondingen en vinnen worden toegevoegd om de luchtstromen langs de delen die koeling nodig hebben te laten stromen. Daarnaast is het geluidsniveau die een ventilator produceert belangrijk voor het comfort.

De dampen die vrijkomen bij het solderen moeten getest worden op schadelijke stoffen om te bepalen of het moet worden afgevoerd en gefilterd of het apparaat via de achterkant kunnen verlaten.

#### *kap*

Er zijn verschillende soorten veiligheids-vensters die laser licht kunnen absorberen. Er moet worden uitgezocht welke soort nodig is om een golflengte van 808nm te absorberen en of deze soort buigbaar is. Zo niet, kan er gekozen worden om of de afrondingen uit de kap te verwijderen en losse panelen los op elkaar te verlijmen, of er kan gekozen worden voor een venster zonder laser-veiligheids-eigenschappen in combinatie met het gebruik van een laser-veiligheids-bril. In de afbeelding is het laser-veiligheids-venster groen getint en plat.



Figuur 5.4 Een laser-veiligheid venster is leverbaar in vele soorten en maten

## Online Papers

Japan Unix, 2008, Japan Unix's Advanced Diode Laser Soldering System, binnengehaald op 11 februari 2013, van [http://www.japanunix.co.jp/ju\\_en\\_catalog/](http://www.japanunix.co.jp/ju_en_catalog/)

Vivari, J., Kasman, A., 2007, Laser Solder Reflow: A Process Solution Part 1, binnengehaald op 11 februari 2013, van <http://www.nordson.com/en-us/supprt/literature/pages/literature-search.aspx>

Vivari, J., Kasman, A., 2007, Laser Solder Reflow: A Process Solution Part 2, binnengehaald op 12 februari 2013, van <http://www.nordson.com/en-us/supprt/literature/pages/literature-search.aspx>

Elektor International Media, 2008, SMT-Reflow-oven, gebruiksaanwijzing, binnengehaald op 11 februari 2013, van <http://www.elektor.nl>

Socha, P., 2009, Solder Preform Basics, binnengehaald op 4 maart 2013, van <http://www.indium.com/technical-documents/whitepaper/solder-preform-basics-english>

Subare Opto Electronics, 2009, Subare Micro Lasering, binnengehaald op 12 februari 2013, van <http://www.subare-eo.co.jp/datapage>

Rohm and Haas, 2008, Solder Joint Reliability, binnengehaald op 8 februari 2013, van <http://www.rohmhaas.com>

Speedline technologies, 1999, Paste in Hole Printing, binnengehaald op 16 april 2013, van <http://www.speedlinetech.com/about-speedline/>

## Websites

Profiling Basics – Reflow Phases, <http://blogs.indium.com/blog/ed-briggs/profiling-basics-reflow-phases>, URL bezocht op 18-02-2013

How-To: Make a surface mount soldering iron, <http://www.engadget.com/2006/03/07/how-to-make-a-surface-mount-soldering-iron/>, URL bezocht op 15-02-2013

No Leftovers, <http://www.circuitsassembly.com/cms/component/content/article/159/10044-alan-cable->

# 6.0 | Bronnen

## Literatuur, websites en personen

,URL bezocht op 18-02-2013

Laser Soldering Systems – Hacked Gadgets , <http://hackedgadgets.com/2011/11/11/laser-soldering-system/> , URL bezocht op 18-02-2013

DILAS: The diode laser company, [www.dilas.com](http://www.dilas.com), URL bezocht op 18-02-2013

Diode laser soldering on Coherent inc., <http://lasers.coherent.com/lasers/diode%20laser%20soldering> , URL bezocht op 19-02-2013

Coherent inc. FAP Diode Laser Family with 200, 400, 600 or 800  $\mu\text{m}$ ., <http://www.coherent.com/products/?2014/FAP-Diode-Laser-Family> , URL bezocht op 19-02-2013

Using Lead free Solder :: Radio Electronics.com, [http://www.radio-electronics.com/info/manufacture/soldering/lead\\_free\\_soldering/using-lead-free-solder.php](http://www.radio-electronics.com/info/manufacture/soldering/lead_free_soldering/using-lead-free-solder.php), URL bezocht op 20-02-2013

808nm 10W Laser Diodes, <http://www.ultralasers.com/proinfo.php?productid=57&cat=21&page=1&featured>, URL bezocht op 14-03-2013

Laser veiligheidsvenster, <http://www.engineersonline.nl/producten/elektrotechniek/veiligheid/id18778-laserveiligheidsvenster.html>, URL bezocht op 10-04-2013

Laser Safety Window – 820 – 1100 nm, <http://www.directindustry.com/prod/laservision/laser-safety-windows-39097-946815.html>, URL bezocht op 10-04-2013

Laser veiligheid, <http://www.laser2000.nl/producten/laser-veiligheid>, URL bezocht op 11-04-2013

Component Insertion, [http://www.ami.ac.uk/courses/topics/0230\\_ci/index.html](http://www.ami.ac.uk/courses/topics/0230_ci/index.html), URL bezocht op 28-03-2013

High-Precision Laser Soldering System, [http://www.japanunix.co.jp/ju\\_en/products/unix413l2.html](http://www.japanunix.co.jp/ju_en/products/unix413l2.html), URL bezocht op 26-04-2013

Controlling High Power LEDS, <http://www.43oh.com/2011/08/controlling-high-power-leds/>, URL bezocht op 25-04-2013

KaleCNC, <http://www.kalecnc.com/index.php/front/price-list>, URL bezocht op 04-03-2013

## Personen

### Intern

Liebe, Martin

Functie: Soldeer technicus  
Locatie: Benchmark Electronics, Almelo  
Phone: +31 546 535 439  
Email: [liebema@bench.com](mailto:liebema@bench.com)

Kamphuis, Rick

Functie: Medewerker fabriek  
Locatie: Benchmark Electronics, Almelo  
Telefoon: +31 546 535 348  
Email: [rick.kamphuis@bench.com](mailto:rick.kamphuis@bench.com)

van Grootel, Hans

Functie: PCB Assembly Operator  
Locatie: Benchmark Electronics, Almelo  
Telefoon:  
Email:

### Extern

Van der Slot, Peter

Functie: Laser physicus  
Locatie: Department of Science and Technology  
Email: [p.j.m.vanderSlot@utwente.nl](mailto:p.j.m.vanderSlot@utwente.nl)

Li, Binbin

Functie: Sales&Marketing  
Locatie: BWT Beijing Ltd.  
Email: [libinbin@bwt-bj.com](mailto:libinbin@bwt-bj.com)

Wilson, Graham

Functie: Application Engineer  
Locatie: Indium Corporation, USA  
Email: [gwilson@indium.com](mailto:gwilson@indium.com)

Kaleli, Emir

Functie: Sales Manager  
Locatie: KaleCNC Laser company, Turkey  
Email: [emirkalelioglu@kalecnc.com](mailto:emirkalelioglu@kalecnc.com)

Op de volgende pagina's staan een aantal documenten die gebruikt zijn tijdens dit project maar waar geen plaats voor was in de hoofdlijn van het verslag. Ten eerste wordt een kleine proef omschreven waarbij wordt gekeken hoe makkelijk het is om zelf een PWM signaal te programmeren en aan te passen. Verder komen de Graphic Manual en het ontwerp van de Product Family uitgebreider aan bod.

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| -PWM Control unit               | blz. 71 |
| -Graphic Manual                 | blz. 73 |
| -Product Family                 | blz. 77 |
| -Bestaande Diode Laser Systemen | blz. 79 |



# 7.0 | Bijlagen

## Gebruikte documenten & extra's

### PWM control unit

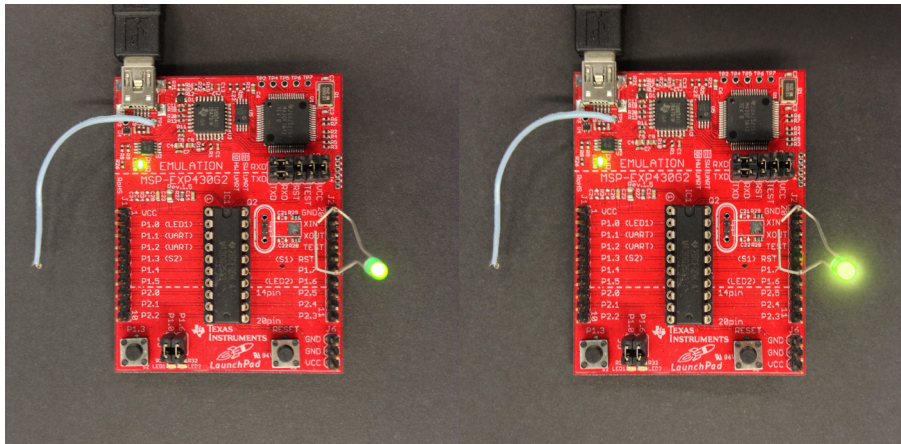
Om te testen of een laser diode simpel aan te sturen is met een PWM signaal is een test opstelling gemaakt. Aangezien een HDL niet beschikbaar is binnen het bedrijf is het niet daarmee gedaan maar met een simpele LED en met een H4 koplamp (60/55Watt).

### Aansturing

De aansturing voor de test opstelling is bereikt met een LaunchPad van Texas instruments. Dit is een prototype-bordje met een programmeerbare microcontroller. Met behulp van een computer programma (in de taal C++) kan men een programma schrijven en uploaden naar het Launchpad.

### Opstelling

De eerste tests zijn uitgevoerd met een LED. Door het signaal te veranderen veranderde het LED'je van helderheid. De ratio led-aan/led-uit bepaald de hoeveelheid licht.



Figuur 7.1 De LED geeft meer licht bij een grotere ratio

### H4 koplamp

De H4 lamp is afkomstig uit de koplamp van een auto. De launchpad kan maximaal 5V en 500mA leveren. Aangezien deze H4 lamp normaal 60W (dimlicht) en 55W (groot licht) nodig heeft is alleen het launchpad niet voldoende.

Er is een circuitje bedacht met een FET. Deze FET is in principe een regelbare weerstand die de stroom beperkt. Je kan een stuurspanning aanleveren via de launchpad. Deze spanning bepaald de weerstand van de FET en daarmee ook de stroom die afgegeven wordt aan de lamp. De 12V is afkomstig van een externe voeding en is constant, alleen de stroom varieert.

### PWM of stuursignaal

De H4 lamp kan in deze opstelling op twee manieren worden gedimd. De eerste manier is het aanpassen van de stuurspanning (analoog). Hoe lager de spanning, des de groter de weerstand en hoe zwakker de lamp brandt. Vergroot je de spanning, wordt de weerstand minder en zal de lamp feller branden.

De andere manier is het PWM principe (digitaal) waarbij de lamp theoretisch knippert. Hierbij kunnen de 'lamp-aan' en 'lamp-uit' tijden worden aangepast waardoor de lamp op verschillende vermogens licht kan geven.



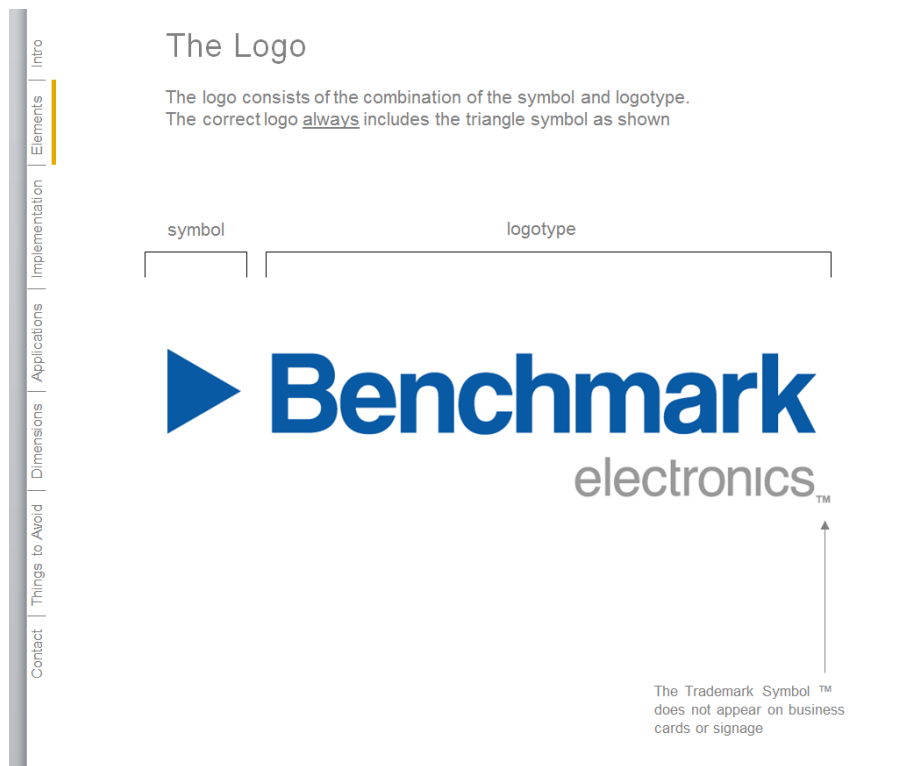
Figuur 7.3 Ook de halogeenlamp geeft meer licht bij een grotere ratio





# Graphic Manual

## Richtlijnen met betrekking tot grafisch ontwerp



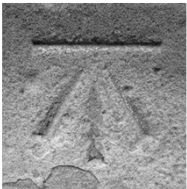
Figuur 7.4 De opbouw van het Benchmark Logo



Figuur 7.5 The Be Language

### The Triangle

- The triangle is equilateral (all 3 sides are equal and all 3 angles are equal).
- The triangle always points to the right, with the left side vertical, as shown.
- Default color is Benchmark Blue.
- The use of the triangle is a Trademark of the Benchmark company.



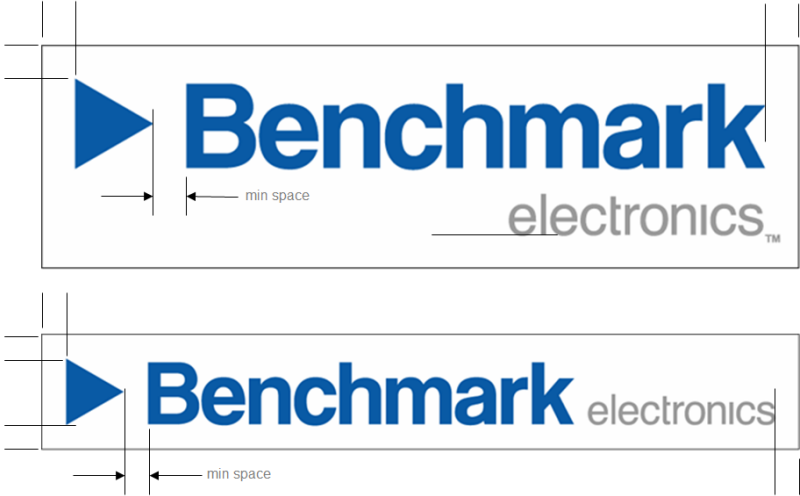
*Did you know?*  
The triangle represents a notch cut in stone, called a benchmark – a high standard from which everything else is measured.



Figuur 7.6 De oorsprong van de driehoek

### Minimum spacing

As a rule of thumb, an acceptable amount of space separating the logo from other visual elements is the height of the letter “B” in the logo. **However, the space between the triangle and the “B” should be used as the absolute minimum acceptable amount of space surrounding the logo.**



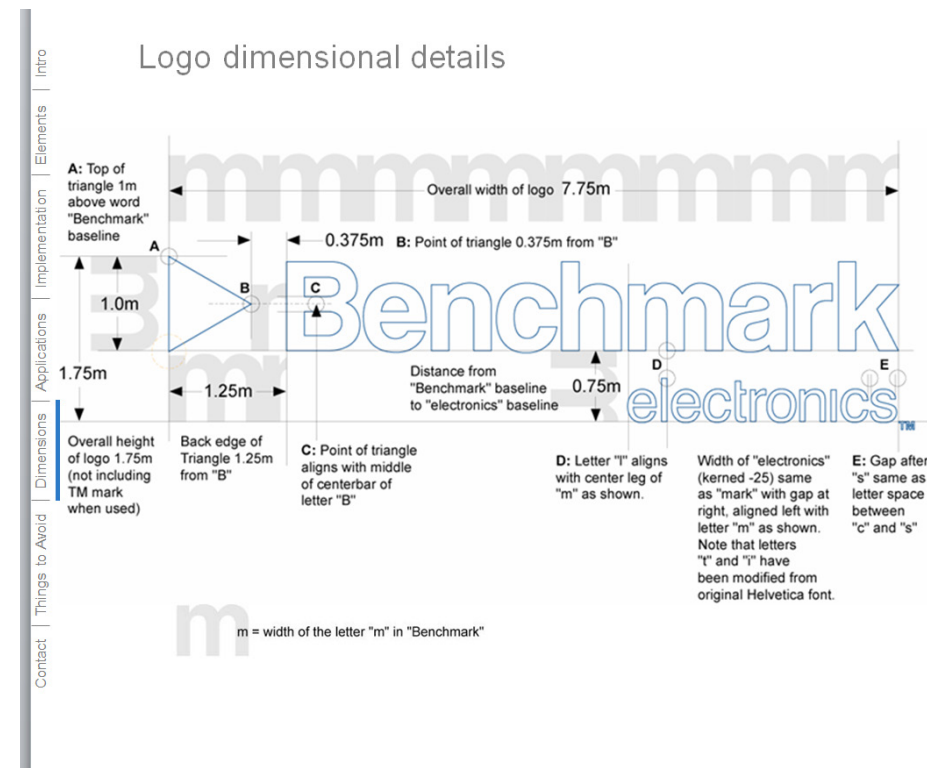
When the triangle is aligned left (or bleeds off the left side of a page) the minimum space requirement does not apply to that side.

Figuur 7.7 Het plaatsen van het logo



Figuur 7.8

De driehoek mag niet zomaar ergens worden geplaatst



Figuur 7.9

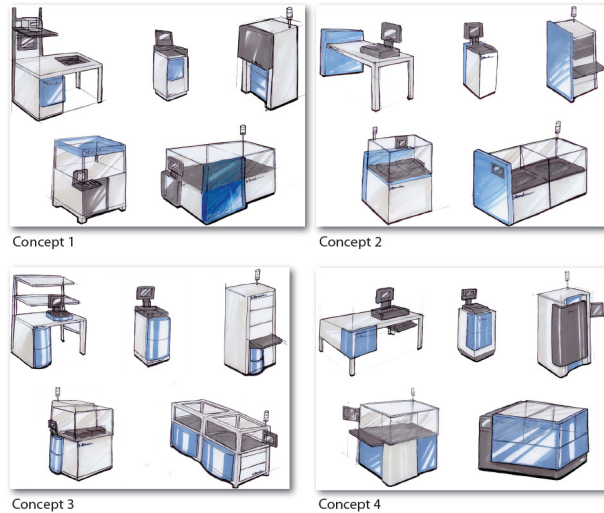
De verhoudingen van het logo liggen vast



Figuur 7.10 De Large-family in beeld

# Product Family

De gehele product family



Figuur 7.11 Schetsen tijdens het ontwikkelen van de product family



Figuur 7.12 De Big Bench Family uitgebeeld

Laser Soldering Robot



It can handle high quality micro soldering by diode laser Pd free soldering without contact. And also it can adjust height, uneven of work piece, or warp of PCB by high performance image processing and laser displacement sensor.

Laser Soldering Robot FJR234-S001

| Robot spec               |                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------|
| Robot axes               | 4-axes                                        |
| Working range            | XY:300mm×320mm Z:100mm R:±360°                |
| Max weight capacity      | Work: 11kg Tool: 6kg                          |
| Max speed                | XY: 800 mm /sec (8~800mm/sec) R:800° /sec     |
| Positioning precision    | XYZ: ± 0.01mm                                 |
| Position teaching method | Remote teaching(JOG), Number value entry(MDI) |
| Program                  | 255 program                                   |
| Point memory capacity    | Max 30,000 point                              |
| Simplified PLC function  | 100 program, 1,000 steps/program              |
| Body diameter            | 560(W)×530(D)×800(H)                          |
| Weight                   | 35kg                                          |

Soldering Robot

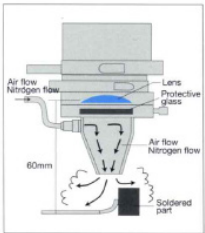
UNIX-413LII

Large Work Area

The long focal length optical system is adopted so that a large area from the lens to the work can be secured.

Air Jet Type Soldering Smoke Preventing Mechanism

Parts around the optical system inside the laser head are shielded from the outside, and the air jet system is incorporated into the robot. Therefore, this structure does not allow any smoke from the soldering flux to be blown into the inside easily. This robot can spray nitrogen also.



System Configuration Example  
Laser Soldering Robot  
UNIX-413LII

<Standard Configuration>  
Laser soldering system package  
Robot main unit  
Solder feeding unit  
Soldering controller

\* An external monitor and a light source for a CCD camera are optional.

Specifications

|                                |                                                              |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Number of axes                 | 3 (controlled simultaneously)                                |
| Operable range                 | X-axis: 300 mm to 320 mm<br>Y-axis: 100 mm<br>Z-axis: 100 mm |
| Driving system                 | Driven by the 5-phase pulse motor                            |
| Positioning repeat accuracy    | ± 0.01 mm                                                    |
| Weight of the main unit        | Approximately 39 kg                                          |
| Number of soldering conditions | 63                                                           |
| Diameter of the used solder    | φ 0.5 to 1.2                                                 |





# Bestaande Diode Laser Systemen