

hoezo early involvement?

Zo op het eerste gezicht wellicht een vreemde titel. Degenen die tbp langer kennen, weten ongetwijfeld waar het over gaat. Wat early involvement - vrij vertaald tijdige betrokkenheid - voor een opdrachtgever oplevert en wat dit begrip in de praktijk betekent, zullen we hier uit de doeken doen. Dat doen we aan de hand van de levenscyclus van een product, in dit geval een pcba^{)}, gezien door de bril van tbp.*

**) pcba = printed circuit board assembly, elektronica bestaande uit een printkaart met daarop alle componenten*



Van begin tot het eind zien we dan de volgende stadia:

- het opstellen van het blokschema
- het ontwerpen van het (elektrisch) schema
- het ontwerpen van de printlay-out van het koperen sporenplan (de elektrische "draden")
- het samenstellen van de lijst van componenten
- het inkopen van het board en de componenten
- het aangeven waar de componenten moeten worden geplaatst
- het assemblageproces (het plaatsen en solderen van de componenten op de pcb)
- het optisch inspecteren op kwaliteit
- het testen op kwaliteit
- transport en verdere verwerking
- het operationeel gebruik
- het uitvoeren van eventuele reparaties of modificaties
- het buiten gebruik stellen.

Iedereen die elektronica toepast, zal met al deze aspecten rekening moeten houden. Alle factoren hebben ook direct invloed op de kosten - inclusief "verborgen kosten" - aangeduid met de term Total Cost of Ownership (TCO). Die wil de gebruiker natuurlijk graag laag houden.

de EMS'er

Het assembleren van elektronica is net als het ontwerpen ervan een aparte discipline. Assembleren van moderne elektronica vereist een gespecialiseerd machinepark en bekwaam personeel. Ontwerpers besteden de productie daarom in de meeste gevallen uit aan een daarin gespecialiseerd EMS-bedrijf, Electronics Manufacturing Services. Een voor de hand liggende oplossing om de kosten voor deze assemblage zo laag mogelijk te houden, is het vinden van een EMS'er die lage prijzen in rekening brengt. Zijn die bedrijven er? "Ja!", zegt tbp. Er zijn diverse EMS'ers die in staat zijn een pcba samen te stellen onder het motto "u vraagt, wij draaien". Of de opdrachtgever daarmee zijn doel bereikt, valt te betwijfelen. Immers, er wordt voorbijgegaan aan de vraag: "Voldoet het product aan de kwaliteit over de te verwachten levensduur?"

fouten

Het antwoord valt makkelijk te raden: vermoedelijk niet. De oorzaak is te vinden in de aanwezigheid van fouten. Talrijke foutbronnen zorgen er voor dat de slip through - het percentage geproduceerde en aan de opdrachtgever uitgeleverde pcba's dat mogelijk nog fouten bevat - groot is. Dat komt onder meer door het ontbreken van een optimale testdekking. Sterker nog: soms blijkt het onmogelijk een board te produceren vanwege fouten. Een opdrachtgever die straks geassembleerde elektronica toepast in zijn product, ondervindt daarvan de gevolgen. Met vaak (hoge) extra herstellkosten (zogenoemde "verborgen kosten"). Goedkoop wordt alsnog duurkoop! Welke fouten kunnen zich voordoen? Een samenvatting:

- een fout in het schema
- een fout in de ruimte en aansluitingen van de componenten "shapes (footprints)"
- een fout in het sporenplan
- een fout in de digitale informatie voor de productie
- een fout in de keten van fabrikant naar EMS-bedrijf, de *supply chain* (foutieve,

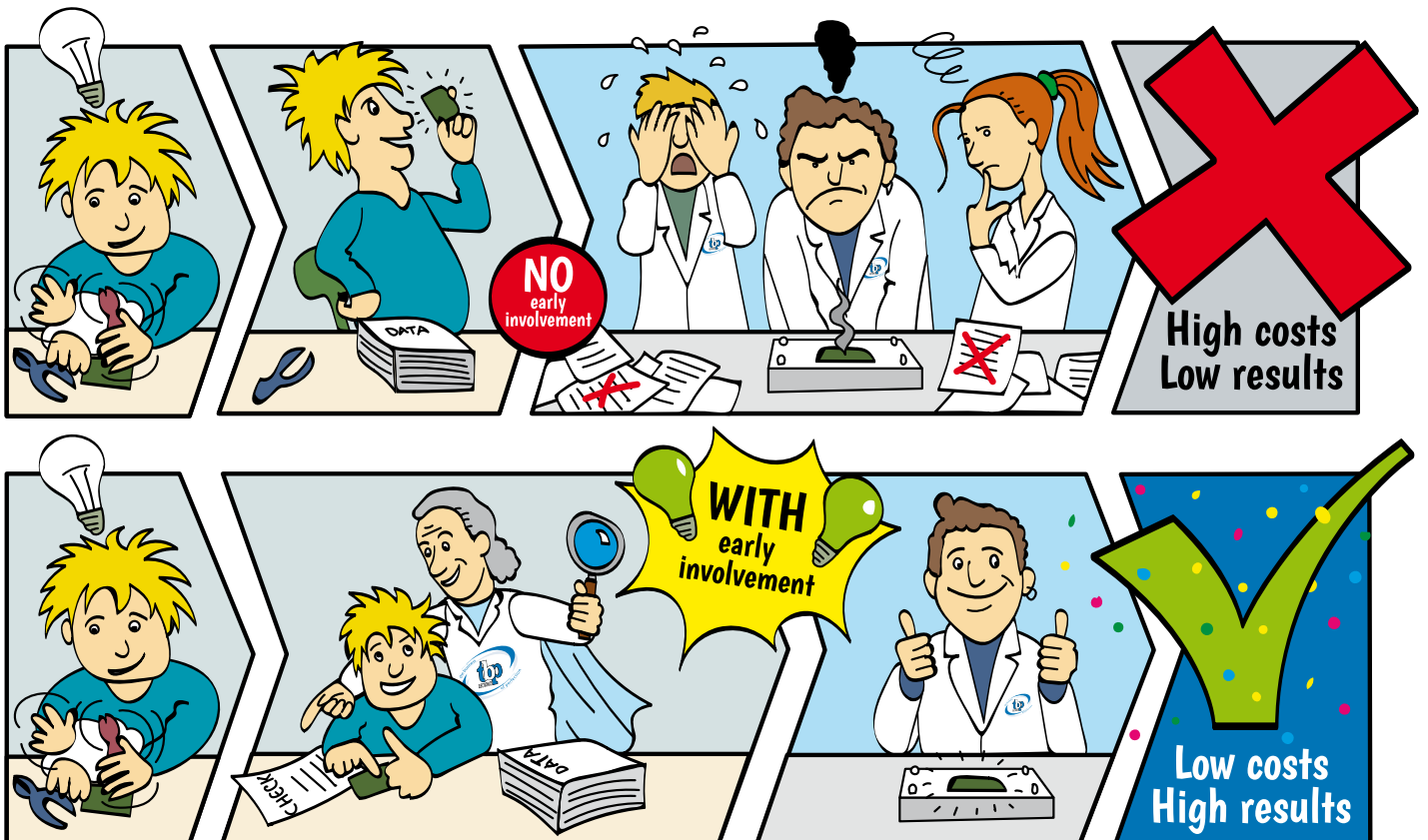
beschadigde componenten)

- een fout in de productie
- een fout in de distributie en handling van het product.

De taak van het EMS-bedrijf start volgens conventionele opvattingen pas bij de assemblage. Daar denkt tbp volstrekt anders over. Naar de overtuiging van tbp is het onmogelijk een goed product te maken als de ontwerper geen rekening houdt met de eisen voor assemblage (conform IPC). Een lage slip through is ondenkbaar als er geen vroegtijdige samenwerking bestaat tussen ontwerper en producent. Natuurlijk dient het EMS-bedrijf te beschikken over een state-of-the-art machinepark en bekwaam personeel, maar daarmee worden talrijke mogelijke fouten niet voorkomen. Overigens ter geruststelling: geen enkel EMS-bedrijf is bij machte in slechts één productiegang een absoluut foutloos product te maken, de zogenaamde Production Yield is altijd lager dan 100%. Waarmee een goede EMS-partner zich onderscheidt, is door de genoemde slip through zo laag mogelijk te houden.

DfX

Alle inspanningen om een kwalitatief goed product te kunnen maken, worden samengevat met de term Design for eXcellence (DfX). Het is de optelsom van een aantal methodieken die een bijdrage leveren aan de kwaliteit van het product. Bij DfL, Design for Logistics, wordt gekeken naar de verkrijgbaarheid van componenten en tegelijkertijd worden de aansprakelijkheden voor restwaardes geminimaliseerd. Bij DfM, Design for Manufacturing, wordt gekeken in hoeverre het EMS-bedrijf een product kwalitatief goed kan maken. Bij DfT (Design for Test) wordt bepaald welke teststrategie de voorkeur geniet om een product in een zo vroeg mogelijk stadium tijdens de assemblage te testen, om zo de kwaliteit van het product te maximaliseren en eventuele herstellkosten te minimaliseren. DfX heeft alleen kans van slagen als het EMS-bedrijf en de ontwerper hun krachten vroegtijdig bundelen met als doel een kwalitatief goed product te maken. Dat duidt tbp aan met de term early involvement. Het vanaf de start met de ontwerper meedenken over p6 >>>



p5 >>> maakbaarheid en testbaarheid om een toproduct te kunnen maken. Dat is de slagkracht van tbp. Per saldo – en dat kan aan de hand van rekenvoorbeelden worden gestaafd – levert deze handelswijze ook nog eens een lagere TCO op (“de beste koop”). Het mes snijdt aan twee kanten! Voor zover wij de markt kunnen overzien, is deze dienstverlening zelfs uniek te noemen. Sterker nog, we verlangen van onze opdrachtgevers dat zij met onze DfX-engineers samenwerken om tot een goed resultaat te komen. Daarom staat een team van DfX-engineers klaar om opdrachtgevers te ondersteunen als zij een project starten en op dat moment slechts beschikken over het eerste idee (blokschema) van het te ontwerpen product.

DfM

Dat early involvement geen overbodige luxe is, willen we duidelijk maken door een greep te doen in de vele factoren in ontwerpen die de maakbaarheid nadelig beïnvloeden. Zaken die aan de ontwerp-tafel ontstaan en om welke reden dan ook onopgemerkt blijven. Tijdens de analyse die valt onder DfM komen dergelijke kwesties naar boven. Deze voorbeelden komen direct uit de praktijk:

- zwakke soldeerverbinding. De sterkte van de soldeerverbinding wordt in grote mate bepaald door het vloeien van soldeer aan de achterzijde (de hiel) van het pootje. Figuur 1 toont op de linker foto een fout pad design (pad te ver uit elkaar) waardoor aan de achterzijde het opvloeien niet goed verloopt. De rechter afbeelding laat een pad design

zien zoals het hoort;

- component is te groot voor de footprint. De fysieke afmeting van de geplande component (figuur 2) wijkt af van die van de toegepaste component. Bepaalde types komen immers voor in diverse behuizinggroottes;
- thermische onbalans. Omdat er een te groot thermisch onbalans tussen de pads optreedt, smelt de soldeerpasta op het rechter pad iets sneller dan op het linker pad. Hierdoor bestaat de kans dat een component aan één kant van het pad omhoog komt en rechtop komt te staan (3: het tombstoningeffect).

DfL

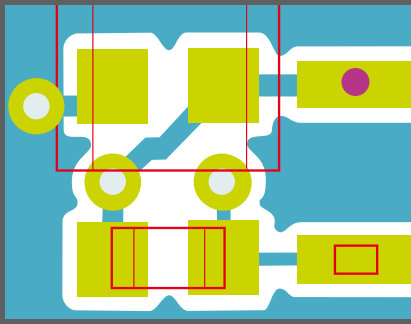
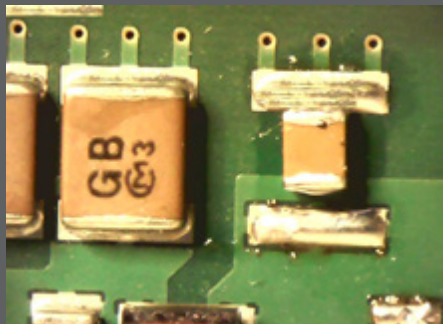
Een EMS-bedrijf stelt zoals eerder gezegd samen ofwel assembleert. Dat samenstellen bestaat voor een groot deel uit het solderen van onderdelen ofwel componenten op een printed circuit board. De ontwerper die het elektronisch schema tekent en zorgt voor de lay-out op het pcb, bepaalt welke componenten nodig zijn. In principe kan iedere elektronicaontwerper kiezen uit een gigantisch marktaanbod. Welke keuze verstandig is, hangt voor een groot deel af van het logistiek proces. Stel een ontwerper maakt gebruik van componenten die tbp niet kent. De inkopers moeten dan op zoek naar de verkrijgbaarheid, hebben wellicht te maken met een MOQ (minimum order quantity), moeten ruimte reserveren in het magazijn en voorraad aanhouden afhankelijk van de ordergrootte. Vervolgens moeten de werkvoorbereiders instructies opgeven voor allerlei productieprocessen. Van pick-and-place tot aan het testen toe. Dat is een tijdrovende en kostbare zaak. Een ontwerper kan beter gebruik maken van de reguliere voorraad componenten die tbp standaard aanhoudt. Dat voorkomt veel problemen en de opdrachtgever behaalt daarmee bovendien financiële voordelen. In dit logistieke proces hanteert tbp drie categorieën componenten, aangeduid met de letters A, B en C:

- A. standaardcomponenten waarvan tbp de voorraad zelf in stand houdt
- B. specifieke componenten die twee of meer opdrachtgevers toepassen, voor deze componenten gelden afspraken

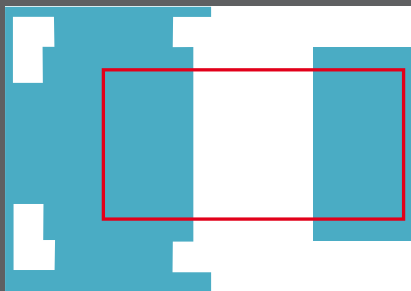
1. voorbeeld van een zwakke (l) en goede (r) soldeerverbinding



2. de gereserveerde ruimte op het printed circuit board matcht niet met gekozen component



3. door thermische onbalans (verschil in afmetingen van pads) bestaat er risico tot tombstoning



over de aan te houden voorraad en de afnameverplichtingen per opdrachtgever

C. specifieke componenten die slechts één opdrachtgever toepast, voor deze componenten gelden spelregels voor voorraadvorming en afnameverplichting.

Blijven over de nog niet-geclassificeerde componenten. In tegenstelling tot de componenten uit de categorie A, B of C zijn dat voor tbp onbekende componenten die een nadere bestudering behoeven alvorens deze te kunnen toepassen. Dat zo'n actie kostprijsverhogend uitpakt, zal niemand verbazen.

Los van het aanhouden van voorraad speelt nog een ander facet een belangrijke rol, de traceability. Het is een proces dat alle stappen doorloopt vanaf de start van fabricage van een component tot en met het buiten gebruikstellen. Net zoals in de voedselketen al gebruikelijk is, vindt een registratie plaats van de omstandigheden waaronder het product is behandeld. Traceability is onder meer belangrijk om bij een defect te kunnen terugvinden wat de historie is. We spreken dan over alle fases in de supply chain. Wie heeft het product gemaakt, wanneer, hoe is het vervoerd, wanneer is het verwerkt, wat waren de omgevingscondities, met welke machines? Alleen met betrouwbare informatie over dit soort zaken vallen conclusies te trekken als de life cycle van een product niet wordt gehaald.

Dft

Naast zaken in de ontwerpsfeer, kunnen er fouten optreden in de productieomgeving. De productiemachine bevat misschien een verkeerd component, deze wordt verkeerd geplaatst, is beschadigd of functioneert niet, er is niet correct gesoldeerd, enzovoorts. Soms zijn deze fouten visueel waar te nemen (met de 3D AOI (Automatic Optical Inspection)), maar vaak komen ze pas naar voren als het board een elektrische test ondergaat. Elektrische testen geeft een beter beeld of het board functioneert. Voor dit doel staan diverse technieken ter beschikking. Bij tbp beschikt men over de meest uiteenlopende



GTP: Generiek Test Platform

inspectie- en testmethoden: visuele inspectie, 3D AOI, flying probe, in-circuit testing, (extended) boundary scan, een generiek (functioneel) testplatform (GTP) en ESS (Environmental Stress Screening, ofwel burn-in test). Alle hebben zo hun specifieke eigenschappen met voor- en nadelen.

Het belang van testen staat als een paal boven water. Maar testen moet wel uitvoerbaar zijn. Een ontwerper zal dus al in zijn ontwerp rekening moeten houden met de testbaarheid van het product. Niet voor niets adviseren de DfX-engineers van tbp al in de ontwerpfase welke testfaciliteiten en test coverage wenselijk en noodzakelijk is. Het zijn deze mensen die hier de juiste combinatie van test-technieken voorstellen. De teststrategie wordt bepaald door een mix van parameters, zoals de (specifieke) kosten voor iedere test, de diagnosetijd (de tijd die nodig is om een fout op te sporen), de testtijd en last but not least de testdekking (coverage; welke componenten worden in welke mate getest).

Testen in een vroeg stadium van het assemblageproces legt fouten sneller bloot en laat zich makkelijker corrigeren dan fouten die in een later stadium worden ontdekt. Kortom, het productieproces verloopt efficiënter en de slip through is sterk verbeterd.

geen loze kreet

Dat de verzamelnaam DfX onlosmakelijk verbonden is met de assemblage, behoeft feitelijk geen betoog. Iedere opdrachtgever wil immers een product met een hoge betrouwbaarheid. Ook op langere termijn. Een machinebouwer die vele uren nodig heeft om een defect board op te sporen tijdens de productie van een machine en zich de moeite moet getroosten om dit board te vervangen, krijgt indirect de rekening. Een pcba vervangen ver buiten de deur (denk aan offshore of buitenlandse locaties) zal ook een kostbare zaak worden. Het is beter te zorgen dat zowel de ontwerper als de producent samen gaan voor een betrouwbaar product en daarmee de verborgen kosten buiten de deur houden. Early involvement is geen loze kreet, maar een voorwaarde om een succesvol product te kunnen maken!

Kortom, all pcba's are not created equal!