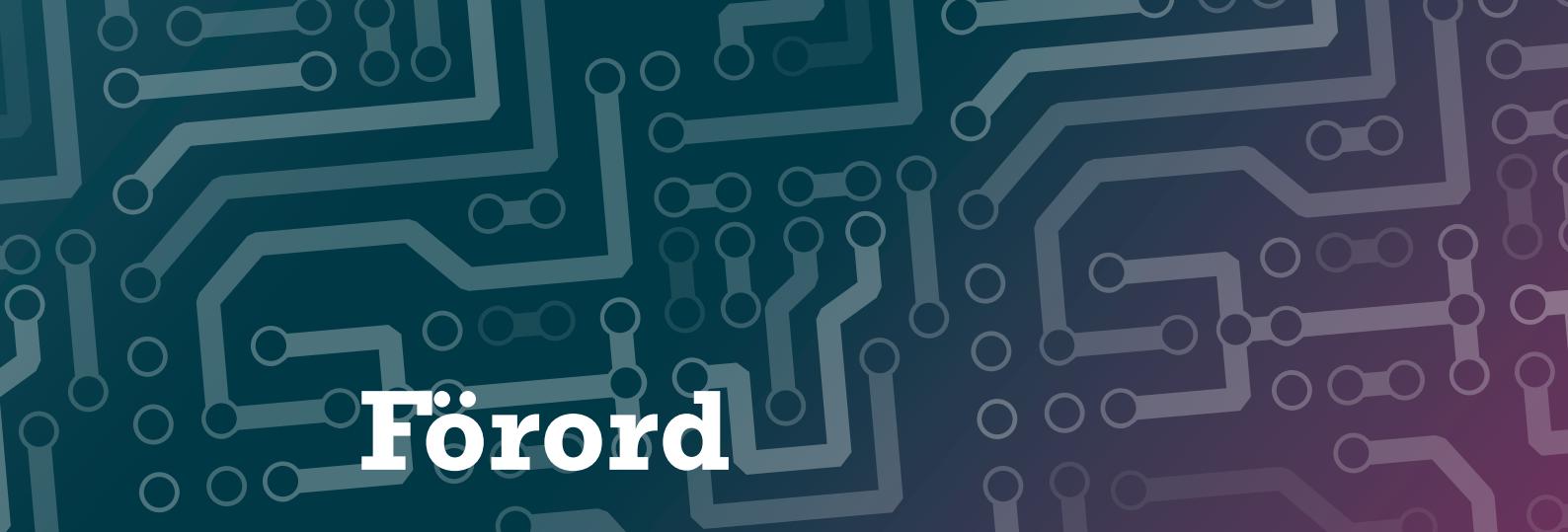


# Smartare Elektronik- handboken

– med fokus på dialogen som rör tillverkningsunderlag



# Förord

**Smartare Elektroniksystem** är ett strategiskt innovationsprogram finansierat av Vinnova. Programmets mål är att stödja den svenska industrin för hållbar utveckling och konkurrenskraft i världsklass. Under arbetet med framtagning av agendan för programmet lyftes tre huvudutmaningar fram som de viktigaste för att klara framtidens krav. Dessa var spetskompetens, kompetensförsörjning och en effektiv värdekedja. För varje utmaning tillsattes ett råd, och det är i Värdekedjarådet som arbetet med denna handbok har initierats.

De olika värdekedjor som involveras i framtagningen av elektronikprodukter är komplexa. Många olika aktörer är inblandade och bidrar på olika sätt till den produkt som sätts på marknaden. Ett nära samarbete mellan t.ex. utveckling, tillverkning och test krävs för att vara innovativ, konkurrenskraftig och leverera tillförlitliga produkter, eftersom tillförlitlighet och producerbarhet måste vara inkonstruerade i produkten. Just gränssnittet mellan utveckling och produktion har konstaterats vara särskilt utslagsgivande för hur framgångsrik produkten blir. Effektiv samverkan ger lägre produktionskostnader, snabbare "time to market" och högre kvalitet.

Denna handbok har tagits fram av en arbetsgrupp med representanter från företag och organisationer som bidragit med sina kunskaper och erfarenheter. Den har avgränsats till att fokusera på vad som krävs för att ta fram tillverningsunderlag som möjliggör effektiv kunskapsöverföring och möter de krav som ställs på en produkt.

Vi hoppas att du finner Handboken med sina mallar, checklistor och bilagor användbar i ditt dagliga arbete. Den är skriven av tekniker för tekniker, men vi tror att även icke-tekniker kan hitta delar som är av värde då vi inkluderat den affärsmässiga och legala sidan av elektronikprojekt.

– Sprid gärna denna Handbok bland dina leverantörer och kunder!  
Handboken finns att ladda ner från: [www.smartareelektroniksystem.se](http://www.smartareelektroniksystem.se)  
och [www.svenskelektronik.se](http://www.svenskelektronik.se)

Med vänliga hälsningar,  
Arbetsgruppen bakom Handboken

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>4</b>
1.1 Produktägare	7
1.2 Utvecklare	8
1.3 Tillverkare	9
<b>2. Produktregelverken</b>	<b>10</b>
2.1 CE-märkning	10
2.2 Direktiv och standarder	11
<b>3. Design for Excellence/DfX</b>	<b>12</b>
3.1 Kvalitet	12
3.2 Design for Sourcing/DfS	13
3.3 Design for Manufacturing/Production, DfM/DfP	15
3.4 Design for Test/DfT	16
<b>4. Inför Tillverkning</b>	<b>18</b>
4.1 Avtal	18
4.2 Offertförfrågan/RFQ	20
4.3 Livscykel komponenter	21
<b>5. Tillverkning</b>	<b>23</b>
5.1 Beskrivning av elektroniktillverkning	24
5.2 Beskrivning av olika tester	27
5.3 Underlag för elektronikproduktion	32
5.3.1 Dokumentöversikt och revisionshantering	34
5.3.2 Produktbeskrivning	34
5.3.3 Mönsterkort/PCB	35
5.3.4 Bill Of Material/BOM	46
5.3.5 Panelritning	47
5.3.6 Schema	50
<b>6. Efter Tillverkning</b>	<b>52</b>
6.1 Ankomstkontroll och verifiering	52
6.2 Producerbarhet	53
6.3 Återkoppling	53
6.4 Ändringshantering	53
<b>7. Mallar, Lästips och annat nyttigt</b>	<b>56</b>
<b>8. Om Handboken</b>	<b>58</b>
8.1 Revisionsbeskrivning	59

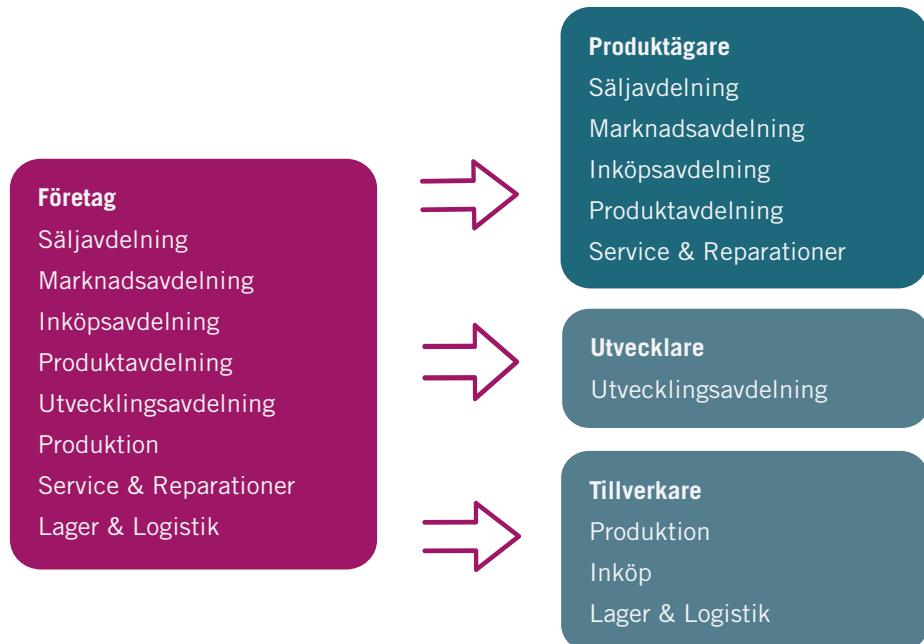
# 1. Inledning

Denna Handbok har tillkommit för att underlätta kommunikationen mellan de intressenter som idag ofta ingår i ett elektronikprojekt som ska resultera i ett fungerande kretskort som kan monteras in i en produkt. Det kan låta enkelt, men erfarenheten har visat att det finns många fallgropar som kostar tid och pengar. Har du synpunkter och vill bidra till Handbokens utveckling? ➔ Kap. "8. Om Handboken"

Intressenter i denna Handbok benämns Produktägare, Utvecklare och Tillverkare. Mer om dessa längre fram i detta kapitel. Observera att vi syftar på företag och inte personer, alltså ett Produktägande företag, ett Konsultbolag och en legotillverkare (EMS). De underlag som en Tillverkare behöver få från Produktägare och Utvecklare för att kunna tillverka kretskort som motsvarar Produktägarens önskemål är fokusområdet för den här Handboken. Det finns dock några andra dokument som också har tagits med och det är Offertmallarna och Återkopplingsdokumentet. 📄 De dokumenten är viktiga för att samspelet mellan aktörerna ska fungera optimalt. Offertmallarna kan naturligtvis vara användbara för en Tillverkare som ska svara på en offertförfrågan men kan lika gärna vara användbara för inköparen hos Produktägaren för att veta vilken typ av svar man kan förvänta sig på sin inskickade offertförfrågan, så att rätt frågor ställs.

Även om fokus är underlag för tillverkning av kretskort så berör vi i vissa fall områden bortom kretskortet där det är relevant. Denna Handbok innehåller mycket information om olika områden att ta hänsyn till för att ta fram underlag för ett kretskort som framgångsrikt kan serieproduceras. Om du ska göra ett "Proof of concept" eller en "Labbruska" för att på ett tidigt stadium testa om en idé fungerar så behöver du inte ta hänsyn till alla delar av den här Handboken då det inte är en produkt som ska ut på marknaden. Men så fort du börjar ta fram prototyper finns det mycket tid att spara på att ta del av innehållet i denna Handbok.

**Den förändring** som många företag i elektronikbranschen har genomgått de senaste 20 åren, från ett produktägande företag med alla funktioner internt, till en mer renodlad produktägare, som köper in utveckling och tillverkning helt eller delvis från externa partners, kan illustreras av bilden nedan.



**Samspellet** mellan dessa tre intressenter, Produktägare, Utvecklare och Tillverkare, vid framtagning av en ny produkt innehållande elektronik, är vad den här Handboken handlar om.

Om det inte finns en historik av samarbete blir det ännu viktigare att alla inblandade fullt ut förstår den sluttagna produktens förväntade funktion, kostnad och kvalitet. Ofta vill en Produktägare dessutom konkurrensutsätta utvecklingsarbetet och tillverkningen genom att begära in offrör från flera underleverantörer för att därefter välja samarbetspartner. För att de offrör som kommer in ska vara jämförbara är det viktigt att informationen i offertförfrågan är så tydlig som möjligt. Samtidigt kan det vara en bra idé för Produktägaren att lämna öppet för förslag från sina underleverantörer då man som Produktägare omöjligt kan veta allt om materialval, komponentval, produktions-teknik, testning, direktiv och standarder mm. Men lämnar man öppet för förslag

ska man skriva det, så att mottagaren förstår att de förväntas komma med förslag och inte missar det eller bara chansar på en lösning.

Fungerande kommunikation är grunden till ett framgångsrikt samarbete.

**💡** Se till att all kommunikation sker på ett sätt så att misstag, förväxlingar och effekter av dåligt minne minimeras. Bästa sättet är att skicka information skriftligt (mail) och att bekräfta muntliga överenskommelser med ett mail.

**💡** Att göra avstämningar via telefon är bra, men har ni beslutat något så bekräfta med ett mail.

**Den affärsmässiga sidan** ska inte glömmas bort i något projekt. Att ta fram en produkt handlar naturligtvis mycket om teknik, men med tanke på att de olika delarna i värdekedjan idag ofta består av olika företag blir det viktigt att se till att ni har alla

avtal på plats som reglerar hanteringen av sekretessbelagd information och de kommersiella villkoren redan tidigt. Då finns alla förutsättningar för att fokusera på att det blir en tekniskt bra produkt som också är en bra affär för alla inblandade parter. Alla företag måste tjäna pengar och det är bara lönsamma företag som finns kvar och kan ta sitt ansvar under produktens hela livscykel. ⇒ Kap. "4.1 Avtal"

**Fackuttryck** finns det gott om inom elektronikindustrin. Det finns många gamla begrepp, utvecklingsverktyg, filformat mm. som fortfarande används av bara farten men som i själva verket numera inte bara är omoderna utan rentav felaktiga. Att det många gånger blir rätt ändå i slutänden beror på att mottagaren av informationen "vet" vad avsändaren egentligen menar.

Men, för att säkra kommunikationen och undvika missförstånd är det bra om alla använder så lika benämningar som möjligt. Av den anledningen har vi sammanställt en Parlör där vi samlat så många branschspezifika uttryck som möjligt och förklarat dessa. ☐ "Parlör"

#### **Mönsterkort och kretskort, PCB och PCBA?**

Dessa begrepp är goda exempel på begrepp som blandas ihop och användas vid fel tillfällen. PCB (Printed Circuit Board) är på svenska mönsterkort och PCBA (Printed Circuit Board Assembly) är på svenska kretskort. I Handboken kommer vi företrädesvis att använda begreppen mönsterkort respektive kretskort. Ett mönsterkort bestyckat med komponenter är ett kretskort.

#### **Några nyttiga symboler att hålla utkik efter i de kapitel du läser (du har redan stött på några):**

☐ **Tips.** Här finns värdefulla tips.

⇒ **Kapitel.** Kap."4.1 Avtal": Detta är en hänvisning till ett kapitel i Handboken där du kan läsa mer, i det här fallet kapitlet Avtal.

☒ **Mall.** I det stycke eller kapitel där du hittar den här symbolen finns det en eller flera mallar du kan använda om du vill. För att underlätta för dig att få med relevant information i dina underlag har vi sammanställt ett antal mallar som du kan ladda ner och

använda fritt. Dessa mallar är inte 100% kompletta så till vida att om du har fyllt i alla rutor så kommer du varken att få motfrågor eller att inget kommer att gå fel eller missas, men de ger dig en bra utgångspunkt. Lista över Mallar finns i kapitel 7.

☒ **Checklista.** Till det stycke eller kapitel där du hittar den här symbolen finns det en checklista du kan använda om du vill.

☒ **Hänvisning.** Mer djupgående text om vissa ämnen samlar vi i bilagor, eller hänvisar till på Internet, för att inte handboken ska bli alltför tung att läsa.

## 1.1 Produktägare

Som Produktägare är målet att så snabbt som möjligt och till rimlig kostnad ta fram och börja producera en ny produkt så att den kan börja säljas till nya och befintliga kunder. Produktutveckling kostar pengar och denna investering vill man ska löna sig så snart som möjligt. ROI (Return On Investment) är en term som ofta används och som innebär att man vill se att en given investering betalar sig över tid.

**Produktägare** definierar vi i den här handboken som det företag som äger rättigheterna till, och har produktansvaret för, den produkt där elektroniken som ska produceras ingår.

Det är viktigt att komma ihåg att det är Produktägarens ansvar att se till att tillräcklig och rätt information finns tillgänglig för alla som behöver den senare i kedjan så att produkten motsvarar de uppställda förväntningarna med rätt funktionalitet, i rätt tid, till rätt pris och med rätt kvalitet.

Produktägaren är också den som är ansvarig för att produkten uppfyller tillämpliga direktiv och standarder och att den har de certifieringar som krävs för den marknad som produkten ska säljas på. ➔ Kap. "2. Produktregelverken"

Om det är första gången du som Produktägare ska arbeta med en viss Utvecklare och Tillverkare så är ett gott råd att du besöker de båda för att få en så bra förståelse som möjligt för hur de jobbar, deras processer, instrument och maskinpark. Den tiden ett sådant besök tar i anspråk är väl investerad och sparar in mycket tid senare.

**Inköpares** roll hos Produktägaren har ofta ändrats från att tidigare ha innehört inköp till den egna tillverkningen till att

vara upphandling av en Utvecklings- och Tillverkningstjänst. Inköparens uppgift är bland annat att få bästa möjliga förhållande mellan kvalitet och pris för en viss vara eller tjänst och här hoppas vi att den här Handboken ökar förståelsen för att olika Utvecklare och Tillverkare har olika förutsättningar att utveckla och tillverka olika produkter. Såväl de kunskaper och erfarenheter de har samt deras maskinpark och valet av komponentleverantörer kan skilja. Vår förhoppning är att du som är inköpare hos en Produktägare ska kunna nyttja den här Handboken till att få så bra och så jämförbara offerter som möjligt. Hur svaren på din offertförfrågan kan se ut ser du i någon av offertmallarna. ☑

**När det är dags** att beställa volymproduktion är det viktigt att tänka på att en jämn eller åtminstone förutsägbar produktionstakt (förutsägbar för Tillverkaren via prognos som uppdateras förslagsvis varje månad) innebär en effektivare hantering hos Tillverkaren som därmed kan hjälpa till att pressa kostnaderna. ☑

💡 Undersök vilka övriga tjänster Tillverkaren kan erbjuda t.ex. vad gäller efterbearbetning, förpackningar och logistik. Dessa tjänster kan vara mycket kostnadseffektiva.

💡 Tänk på att få lämpliga avtal på plats tidigt. Ta hjälp av våra mallar för att spara tid.

💡 Gör alltid beställningar via mail! Då finns era överenskommelser kvar. Uppföljning muntligt är bra, men kom ihåg att bekräfta eventuella nya överenskommelser skriftligt efter samtalet.

 Ett bra sätt att utnyttja en Tillverkares stora kunskap inom tillverkning och val av ingående material och komponenter kan vara att genomföra en betald förstudie

relativt tidigt i ditt projekt. På det sättet kan Tillverkaren lägga den tid som behövs för att göra ett bra jobb åt dig så du kan spara mycket tid och undvika problem.

## 1.2 Utvecklare

Utvecklingsarbetet under framtagningen av en ny produkt innehåller ett brett ansvarsområde; här tar vi bara upp det som rörar till tillverkning av kretskortet.

Utvecklare i den här handboken kan vara antingen Produktägarens egen utvecklingsavdelning eller det företag som på uppdrag av Produktägaren konstruerar elektroniken som ska produceras hos en Tillverkare. Om Utvecklare och Produktägare finns i samma företag förenklas avtalsbiten, men kommunikationen är fortfarande viktig.

Målet är naturligtvis att den konstruktion man tar fram på bästa sätt motsvarar Produktägarens önskemål.

**DfX - Design for Excellence**, är ett sammansättande begrepp som består av flera delområden men som handlar om att man redan under utvecklingsarbetet konstruerar produkten för att den ska kunna tillverkas och testas så effektivt som möjligt samt att dess livscykel blir så lätt att hantera som möjligt.  Kap."3 Design for Excellence/DfX"

Är det första gången ni samarbetar med en Tillverkare är det mycket vunnet om Utvecklaren besöker den tilltänkta Tillverkaren för att få en så bra förståelse som möjligt för hur de jobbar, deras processer och maskinpark. Den tiden ett sådant besök tar i anspråk är väl investerad och sparar in mycket tid senare.

Lika viktigt som att specificera allt väsentligt i konstruktionen är det faktiskt att

inte överspecifiera. Du kan ha valt ovanliga materialkombinationer eller komponenter som är svåra att få tag på osv. vilket gör produkten svår att producera eller onödigt dyr. Lämna sådana områden öppna där du vill att Tillverkaren föreslår det den finner mest effektivt, men skriv detta tydligt. Allt som någon senare i kedjan måste gissa innebär en risk för misstag som kostar tid och pengar. Är du osäker, kontakta din Tillverkare.

 Skaffa förståelse för hur den tilltänkta Tillverkaren jobbar, deras processer och maskinpark, t ex genom ett besök på plats där produkten ska tillverkas.

 Komponentillverkare av t.ex. ASIC, CPU, kraft- och RF-komponenter, mönsterkort mm. kan bidra med mycket värdefull kunskap.

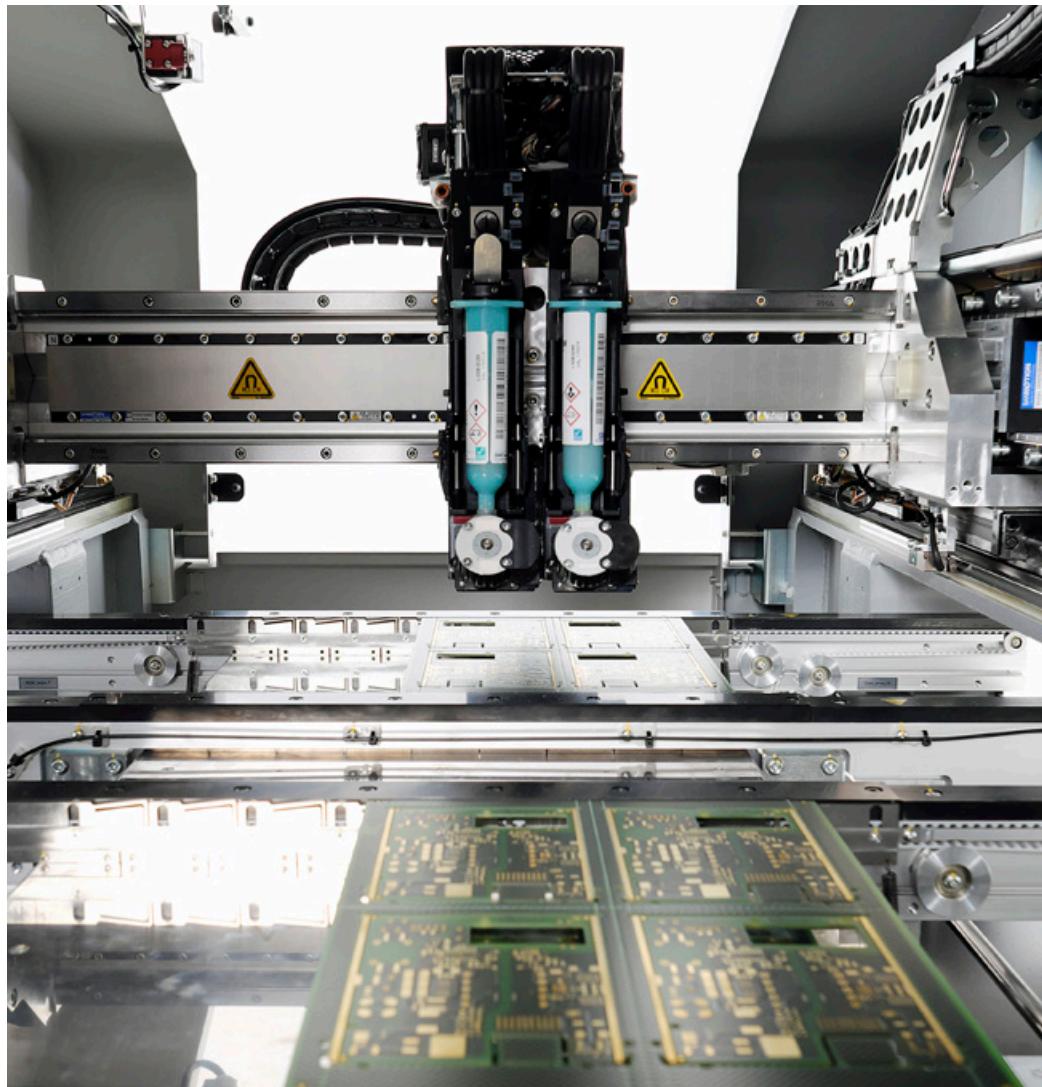
## 1.3 Tillverkare

Tillverkarens roll är naturligtvis att tillverka kretskorten i enlighet med de specifikationer som Produktägaren/Utvecklaren bifogar med sin beställning. Vid val av Tillverkare är erfarenhet av liknande produkter, geografisk närhet till kunden och företagsstorlek som matchar uppdraget framgångsfaktorer. En Tillverkare som uppfyller dessa kriterier kan bidra med mycket kunnande i projektet. Många tillverkare kan också erbjuda

ytterligare tjänster vilket kan addera värde till hela affären.

Tillverkare definierar vi i den här handboken som det företag som tillverkar den elektronik som utvecklas av Utvecklaren på Produktägarens uppdrag.

För att en Tillverkare av elektronik ska kunna göra ett bra jobb snabbt är det viktigt att underlagen är så kompletta som möjligt.



## 2. Produktregelverken

**För att få sätta en elektronikprodukt på marknaden krävs att produkten uppfyller lagstiftning, krav och normer i det land där produkten ska säljas. Detta är Produktägarens ansvar. Inom EU sammanfattas dessa krav i den CE-märkning som alla produkter måste ha. I övriga världen finns andra lagstiftningar som behöver iakttas, men ofta är de likartade och bygger i grunden på samma standarder.**

I denna handbok beskriver vi översiktligt lagstiftningen för den gemensamma marknaden inom EU; för export till övriga världen är det viktigt att utreda vad som gäller i det land som avses.

Som exempel är lagstiftningen för begränsning av vissa kemikalier i elektronik inom EU, dvs RoHS-direktivet, inte identiskt med den lagstiftning som har implementerats i Kina, sk. Kina-RoHS.

### 2.1 CE-märkning

Inom EU skall det vara ett fritt flöde av varor och tjänster. För att produkten ska få säljas ska den CE-märkas och Produktägaren ska deklarera förenlighet med tillämpliga direktiv genom en EG-försäkran om överensstämmelse.



**"Varupaketet"** (the New Legislative Framework, NLF) är det regelverk som beskriver hur produktdirektiven ska utföras. Direktiven fastställer övergripande hälsos- och säkerhetskrav (de s.k. skyddskraven). Medlemsländerna får varken ha högre eller lägre krav. Arbetet med att specificera skyddskraven har uppdragits åt de europeiska standardiseringsorganisationerna. Det betyder att kraven som ska uppfyllas för att en produkt ska vara förenlig med ett direktiv finns i de framtagna standarderna. Användning av harmoniserade standarder (publicerade i Kommissionens tidning Official Journal) ger presumption av förenlighet.

## 2.2 Direktiv och standarder

När du ska avgöra vilka direktiv och standarder som är tillämpliga för din produkt måste du utgå från produktens specifika användningsområde. Vissa produkter har egna standarder och för andra tittar man generiskt utifrån i vilken miljö produkten används, som industrimiljö eller hemmiljö.

**Direktiv och förordningar** för elektriska och elektroniska produkter finns det ett flertal av. Här är de vanligaste:

- RoHS (Restriction of Hazardous Substances)
- WEEE (Waste Electric and Electronic Equipment)
- Ecodesign
- REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
- EMC (Electro Magnetic Compatibility)
- LVD (Low Voltage Directive)
- RED (Radio Equipment Directive)

Viktigt att notera är att RED och vissa andra direktiv som MDD (Medical Devices Directive) "tar över" krav angående EMC och elsäkerhet. Fordon och fordonskomponenter har lagkrav på sig för EMC-kompatibilitet enligt UN ECE R10.

**Standarder** tas fram för att förenkla samarbetet inom en bransch. Förutom de harmoniserade standarder som måste följas för att få presumption om överensstämmelse med direktiven enligt ovan finns inom elektronikbranschen och för kretskortstillverkning flera mer eller mindre spridda standarder. IPC är en standard som vuxit fram genom att man samlat ihop "best practice" inom detta område och den har utvecklat sig till något som

de flesta arbetar efter och refererar till. IPC är just en sådan standard som så gott som hela branschen följer ända från leverantörerna av ingående material till producenterna av själva mönsterkortet. När du väljer väg i ditt projekt ska du dock vara medveten om att IPC-standarden oftast tar upp vad som är möjligt att producera, inte vad som är lämpligast eller mest kostnads-effektivt. Det är viktigt att lägga sig på rätt nivå och inte specificera en högre nivå än vad som krävs för din produkt

 I bilagan "EU direktiv och regelverk", där hittar du mer info om Direktiv och Standarder.

# 3. Design for Excellence/DfX

**En stor del av kostnaderna för att producera en produkt under hela dess livslängd påverkas av val som görs under utvecklingsarbetet. Här handlar det om att göra kloka komponentval, förbereda för god producerbarhet och att ha en genomtänkt teststrategi.**

Design for Excellence, DfX, är ett samlingsbegrepp som innebär att man redan under pågående utvecklingsarbete tänker till runt komponentval, DfS (Design for Sourcing), att produkten ska vara så lätt som möjligt att producera, DfM/DfP (Design for Manufacturing/Production) och slutligen testa, DfT (Design for Test). Här går det att spara mycket kostnader, både direkt i kronor och i nedlagd tid, under produktens hela livslängd.

En annan del inom DfX är DfC (Design for Compliance) vilken innebär att man

redan från början konstruerar in de egenskaper som gör att produkten klarar tillämpliga direktiv. ➔ Kap."2 Produktregelverken"

En del av DfX kan vara att göra en FMEA (Failure Mode Effect Analysis). På svenska feleffektsanalys, med andra ord en analys över vilka effekter ett visst fel får på den färdiga produkten. När man vet det kan man ta hänsyn till det under utvecklingsarbetet. Detta är en D-FMEA då den görs under designfasen. En P-FMEA görs under produktionsfasen för att förbättra en tillverkningsprocess.

## 3.1 Kvalitet

Vad är kvalitet? Att vi eftersträvar kvalitet i de produkter och tjänster vi både köper och säljer känns självklart. Vad kvalitet betyder för var och en kan variera, men i grund och botten handlar det om att få en produkt som motsvarar ställda förväntningar. Hela denna handbok handlar om hur du så långt som möjligt skapar underlag för att få en produkt som har den kvalitet som du som beställare önskar.

**Definition av kvalitet.** Ofta används ordet kvalitet utan att definiera vad man menar med det. I standarder är den vanligaste betydelsen att man har uppfyllt specificerade krav i standarden. Detta innebär inte någon garanti för att produkten kommer att vara tillförlitlig vid användning.

**IPC's standarder** för lödda kretskort är ett bra exempel på detta; J-STD-001 och IPC-A-610. För IPC betyder en "quality solder joint" enbart att kraven i dessa standarder har uppfyllts vid produktionen. Detta är huvudsakligen visuella krav på lödfogarna och inga krav på att man testar tillförlitligheten av lödfogarna. För benförsedda komponenter där lödfogarna är lätt avsyningsbara är detta ofta tillräckligt. För benlösa komponenter som QFN och BGA är det dels svårt att avsyna lödfogarna och dels kan lödfogarna ha kort livslängd även om de är felfria. Man säger därför från IPC att det inte är tillräckligt att uppfylla kraven i standarderna för att säkerställa att produkten kommer att vara tillförlitlig under användning. Det är därför upp till

en användare av standarderna att bedöma om kraven i standarderna är relevanta och tillräckliga för att säkerställa att produkten kommer att vara tillförlitlig eller om man behöver komplettera med tilläggskrav.

**ISO9000** definierar kvalitet något annorlunda. Där definieras kvalitet som att man har uppfyllt kundens krav vilket självfallet innefattar att produkten ska vara tillförlitlig vid användning.

## 3.2 Design for Sourcing/DfS

Komponentvalen man gör under utvecklingsarbetet får stor betydelse under produktens hela livslängd. Tillgången på valda komponenter och ingående material och var dessa befinner sig i sin livscykel, deras ledtid, second source och sist men inte minst kostnad påverkar. Önskvärt är ju att förutom funktionen även optimera slutproduktens kostnad, kvalitet, ledtid och livslängd. För elektronikkomponenter finns det numera hjälpmittel i form av sökbara databaser som innehåller i stort sett alla komponenter och deras data, inklusive livscykeldata, från de flesta komponenttillverkare. Dessa verktyg underlättar enormt då alternativet är att manuellt kolla upp varje enskild komponent hos varje komponenttillverkare, vilket i praktiken sällan blir gjort. Ofta får man då nöja sig med mer generell komponentinformation från distributören.

**NRND och Obsolete.** Att elektronikkonstruktörer konstruerar in komponenter som är nära att fasas ut (Not Recommended for New Design, NRND) eller rentav inte längre tillverkas (obsolete) är inget ovanligt. Detta sker p.g.a. att komponenter väljs bland sådana som man har god erfarenhet av i tidigare konstruktioner eller som exempelvis finns i interna komponentdatabaser på företaget där man arbetar. Dessa komponentdatabaser uppdateras vanligen alltför sällan vilket lämnar konstruktören

utan kunskap om var i livscykeln komponenten befinner sig.

**Nya komponenter.** Ibland väljs komponenter som precis håller på att lanseras (engineering samples) och som därför kan bli svåra att få tag på i den volym ni behöver i närtid.

För att säkerställa funktion, kvalitet och kostnad för din produkt har valet av komponenter och komponenttillverkare betydelse. Naturligtvis är komponenternas funktion det viktigaste och det man som utvecklare börjar med. Men det kan också löna sig med kännedom om:

- Tillgängligheten för dessa komponenter (kan vara komponenter med lång ledtid).
- Var komponenterna befinner sig i sin livscykel. ➔ Kap."4.3 Livscykel komponenter".
- Vilka Preferred Suppliers har den Tillverkare som du kommer att använda
- Vilka komponenter Tillverkaren har som standardkomponenter. Det gäller både typen av komponenter och fabrikat.

Dessa faktorer påverkar oftast både prisnivåer och tillgänglighet/ledtider. Bäst är att fråga den eller de Tillverkare du kommer att anlita för produktionen av ditt kretskort. Ibland tar dock Utvecklaren/Produktägaren själv in denna information via distributörer eller i direktkontakt med

komponenttillverkaren. Ett specialfall av detta är s k Design-in-komponenter, som är ett vanligt fenomen vid användning av mycket kostnadsdrivande komponenter. Uttrycket innebär att man i utvecklings-skedet gör en överenskommelse med komponenttillverkaren där de säljer en specifik komponent via en distributör till en specifik kund eller projekt. Komponenttillverkaren sätter ett specialpris till just denna distributör. Komponenttillverkare eller distributör omgesörjer även teknisk support på komponenten i utvecklings-fasen. Bakgrunden till detta förfarande är att säkerställa att komponentdistributören får betalt för den support de tillhandahåller. Vid offert är det viktigt att Tillverkaren blir informerad om det förekommer komponenter i konstruktionen som omfattas av en Design-in-överenskommelse för att kunna sätta ett konkurrenskraftigt pris.

**Unika komponenter.** Om det är faktorer som gör valda komponenter unika för din produkts funktion, markera det tydligt i BOM:en (se avsnittet om BOM) för att undvika att en annan till synes likvärdig och mer lättillgänglig komponent väljs istället av Tillverkaren. Bara för att databladet för två olika elektronikkomponenter ser lika ut så innebär inte det att de alltid beter sig på samma sätt i olika driftsfäll. T.ex kan stig- och falltider skilja mellan olika fabrikat av "samma" komponent från olika komponenttillverkare vilket kan få ödesdigra konsekvenser i vissa konstruktioner.

**Second Source.** Tänk också på att försöka hitta en Second Source för dina komponentval så långt det är möjligt. Det kan underlätta för att undvika långa leverans-tider eller till och med produktionsstopp på grund av komponentbrist i framtiden.

**Kemikalieinnehållet** i komponenterna är något du också behöver ta hänsyn till vid val av komponenter. Det finns komponenter på marknaden som innehåller kemikalier som t.ex. inte är tillåtna enligt RoHS eller måste informeras om enligt REACH.

**Slutanvändarintyg** kan krävas för att du ska få använda vissa avancerade komponenter i en konstruktion. Det innebär att Produkt-ägaren skriver på ett Slutanvändarintyg som tillhandahålls av komponenttillverkaren och oftast ska innehålla både vad produkten gör/används till och vilka länder den kommer att säljas till. Detta för att förhindra spridning av avancerade komponenter, t.ex. vissa signalprocessorer, FPGAs mm, till oönskade stater. ➔ Kap. "4.3 Livscykel komponenter"

 Dina komponentval kan medföra att ofterna du får från olika Tillverkare varierar i pris och ledtid då olika Tillverkare jobbar olika tätt med olika komponentleverantörer.

 Ha en tydlig överenskommelse om vem som ansvarar för olika delar av inköp av och förhandling om pris på komponenter. Om någon aktör har särskilda överens-kommelser med komponenttillverkare eller distributörer ska man förstås utnyttja detta.

### 3.3 Design for Manufacturing/ Production, DfM/DfP

Begreppen Design for Manufacturing och Design for Production används för samma sak, vilket innebär att man tar hänsyn till att produkten ska gå så lätt som möjligt att producera. Man talar ofta om producerbarhet. För att kunna göra ett riktigt bra jobb på den här punkten underlättar det mycket om man vet vilka tillverkningsprocesser produkten skall genomgå och att dessa är optimerade. Detta påverkar både kvalitet och kostnad. Tillverkaren kan hjälpa till med detta under utvecklingsarbetet.

⇒ Kap."5.3.5 Panelritning" där finns många praktiska tips om hur du underlättar mönsterkortstillverkning.

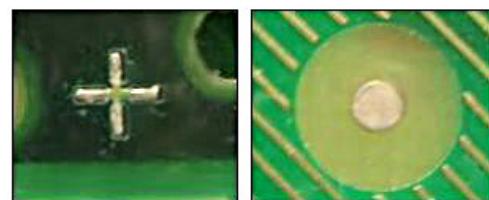
**SMT** (Surface Mount Technology), dvs ytmontering, är oftast kärnprocessen i dagens nyutvecklade produkter och har man ett PCBA med en nära 100%-ig andel av komponenterna som är ytmonterade har man redan här en kostnadseffektiv produkt. Hålmonterade komponenter bör om möjligt undvikas då hanteringen är mer omständlig eller rent av kräver manuell montering. S.k. MELF-komponenter (Metal Electrode Leadless Face) bör om möjligt undvikas då de gärna rullar iväg på mönsterkortet under produktionsprocessen samt att deras lödfog är mindre och därmed mekaniskt mindre stabil än andra ytmonterade komponenters.

**Enkelsidig bestyckning** är billigare än dubbelsidig bestyckning och som konstruktör lönar det sig att lägga ned extra tid på att försöka "få till det" om man är nära och bara har några få komponenter på mönsterkortets andra sida.

Vid dubbelsidig bestyckning bör man se till att det finns marginaler mellan hålmonterade komponenters ben och ytmonterade komponenter för att underlätta handlödning, selektivlödning eller selektiv våglödspanel.

**Referenspunkter eller siktmärken** på kretskortet är ett standardkrav för att få till en optimerad ytmonteringsprocess. All produktionsutrustning stödjer inte alla varianter på utseende av referenspunkter så här kan man få tips av sin Tillverkare, se exempel nedan på två rekommenderade varianter som oftast fungerar. Referenspunkter används också för att centrera korten i många andra processer (t ex screentryck och avsyning).

Notera att referenspunkter ska vara på båda sidorna på ett dubbelsidigt kort även om komponenterna bara monteras på en sida.



Rekommenderade utformningar av referenspunkter

Vissa komponenter (främst kontaktdon) har inga plana ytor vilket gör dem svåra eller omöjliga att plocka med en ytmonteringsmaskin. Det finns specialverktyg, men dessa är ofta kostsamma och drar ned komponentplaceringshastigheten. Då återstår bara att montera för hand vilket ökar kostnaden för kortet.

Att i efterhand komma på att kretskortet behöver lackas eller gjutas in är kostsamt. Om man redan vid placering av komponenter i utvecklingsskedet planerar för detta innebär det att man kan få ett lackat eller ingjutet kretskort till en lägre kostnad och med bra kvalitet.

Man bör undvika keramiska ytmonterade komponenter nära brytnabbar och V-cut. När kretskorten delas bryts de av längs brytnabbarna eller V-cut och då kan små komponenter lätt förstöras av mikrosprickor när kretskortet flexar av brytrörelsen. Om det går att ha ett jordplan precis där brytnabben är så hjälper det till att hålla ihop laminatet vid delning.

 Lägg in två-tre siktmarken på kortet, inte fyra. Med fyra likadana märken symmetriskt placerade kan kortet vridas hur som helst av misstag.

 Får man plats med en ytmonterad komponent med större kapsling är detta att föredra då de är lättare att montera och lättare att inspektera efter genomförd lödning. T ex: använd 0603-storlek istället för 0201. Många komponenter finns med olika storlekar på kapslingen men med samma värden eller att okritiska värden skiljer. Ett exempel är kondensatorer där kapacitansvärdet är lika men märkspän-

ningen skiljer. En kondensator som klarar högre spänning har en större kapsling än en med lägre spänning men det har ofta ingen inverkan på den elektriska kretsen.

 Håll nere antalet olika värden på standardiserade chipkomponenter, E12 eller E24-seriens värden räcker oftast för motstånd.

 Under layoutarbetet med mönsterkortet, tänk på att lämna tillräcklig plats för mekanik, monteringshål, kylflänsar, kontaktdon, fästvinklar, märkning och att det går att komma åt med skravmejslar, nitverktyg mm. under tillverkningen.

 Om kretskortet ska lackas kan man behöva ta hänsyn att vissa komponenter måste täckas över under lackningen för att inte fyllas med lack, t.ex. sumrar, kontaktdon, m.fl. och då måste man kunna komma åt att sätta dit eller ta bort skyddstejp mm.

 Försöka behålla kortet i produktionspanel vid lackering, dvs. utforma test så den går att göra utan att ta isär korten.

 IPC-A-610 innehåller mycket nyttig kunskap om elektronikmontering.

## 3.4 Design for Test/DfT

För att nå önskad kvalitet på det kretskort som man avser att producera ska man tänka "Design for Test". Olika testmetoder ställer nämligen olika krav på designen för att kunna utföras. När ett mönsterkort är färdigutvecklat är det kostsamt att börja

anpassa det för olika tester, så gör detta redan från början.

Man bör göra en test-täckningsanalys på sin design för att kunna bestämma testmetod(er) och i och med det bygga in förutsättningar för att enkelt utföra de valda testerna. Anpassningar mot tänkta

testinterface får inte glömmas bort. Exempelvis styrhål, testpunkter, siktmärken, testkontakter mm. Annat att tänka på är om kretskorten ska testas på panel eller som separata kort när panelerna är delade. ➔ Kap."5.2 Beskrivning av olika tester"

**Begreppen Test och Verifiering** används ibland lite slumpartat. När man talar om verifiering menar man vanligen det arbete som utvecklaren gör för att säkerställa att den framtagna konstruktionen uppfyller ställda krav. Det kan både handla om funktionsverifiering och en bredare verifiering, t ex av miljökrav eller EMC-krav.

Testning syftar vanligen på den provning som Tillverkaren gör på tillverkade produkter för att säkerställa att tillverkningsprocess och komponenter fungerar.

Testerna görs antingen på alla tillverkade produkter/kretskort eller bara på stickprov. Här måste Produktägaren komma överens med Tillverkaren om vad som ska göras och vem som ska betala för eventuell testspecifik hårdvara och mjukvara.

**Spårbarhet** kan vara en viktig kvalitetsparameter och man bör vara överens om hur testresultat ska sparas så att det är möjligt att vid behov gå tillbaka och se trender eller hitta enskilda individer som t.ex. uppvisar fel i fält. Det senare kräver att varje kretskort har ett unikt serienummer redan under tillverkningen.

**Vem ska utveckla testerna och testverktygen?** Detta kan göras av Produktägaren, Utvecklaren, Tillverkaren eller av någon extern part som är specialiserad på testutveckling. Se bara till att ni är överens om detta så tidigt som möjligt i projektet.

**Vem äger testverktygen och testprogramvaran?** Och vem är ansvarig för underhåll och framtida upgraderingar? Viktiga frågor att vara överens om innan förserieproduktionen drar igång.

#### **Tester i kombination med andra moment.**

I vissa fall kan man få tester "på köpet" när andra moment utförs. Ett exempel är om du låter Tillverkaren ladda ner programvara på ditt kort. Då får du automatiskt en kontroll utförd av att stora delar av kretskortet fungerar.

💡 Mer information inom detta område hittas om man googlar: "Board Test Coverage analysis" eller "PCOLA/SOQ".

💡 Besök den tillverkare du tänkt använda och titta på deras processer och produktion. Då kan du lättare utveckla en produkt som är rationell att producera.

💡 Glöm inte bort anpassningar mot tänkta testinterface! Exempelvis siktmärken, styrhål, testpaddar, testkontakter mm. Och om kretskortet ska testas på panel eller separat.

💡 Vem äger och vem underhåller testutrustningen? Produktägaren eller Tillverkaren? Se till att det framgår tydligt i ert avtal.

💡 Välj om möjligt anslutningar och kontaktdon i testutrustningen som tål att ansluta många gånger eller konstruera testutrustningen så att det är lätt att byta ut kontaktdonen när de blir för slitna.

💡 Om kretskortet ska lackeras, försök att utforma testet så det går att göra utan att ta isär korten. Att behålla kortet i produktionspanel vid lackering underlättar i det momentet.

## 4. Inför Tillverkning

**Denna del av handboken riktar sig främst till Produktägare och Utvecklare. Det finns mycket tid och pengar att spara på att göra så rätt som möjligt redan från början. Bra underlag och tydliga överenskommelser är en bra start om man vill undvika missförstånd och onödiga kostnader.**

### 4.1 Avtal

Då det idag ofta är olika företag som hanterar de olika stegen i värdekedjan så är det viktigt att komma överens om vem som är ansvarig för vad tidigt. Detta blir inte mindre viktigt i de fall då Produktägaren har en del av den nödvändiga utvecklingsresursen själv eller t.ex. sköter slutmontering in-house.

**De kommersiella villkoren och ansvarsfrågan** regleras bäst i ett avtal mellan de inblandade parterna. Avtal uppfattas ofta som krångligt och tråkigt men det är väldigt viktigt att ha dessa på plats för att du ska kunna fokusera på att ta fram den bästa möjliga produkten och att den blir framgångsrik på marknaden.

**Avtalsmallar.** För att underlätta avtals-skrivning finns det standardavtal du kan använda som utgångspunkt. De vanligast förekommande behandlas längre fram i detta kapitel. Det finns både äldre varianter av dessa avtal och andra äldre avtal, men dessa är de som bäst svarar mot dagens behov. Förutom att de är juridiskt moderna så är de också väl balanserade, vilket innebär att de tar hänsyn till både säljarens och köparens behov. Just detta gör att de är så populära att använda som bas. Det står dig fritt att i en förhandling med en kund eller leverantör ändra i texten och komplettera

med bilagor som anpassar avtalet precis efter era behov. Avtalsmallarna finns både på svenska och engelska.

**Sekretess** kring en ny produkt är ofta viktigt. Därför är det vanligt att man skriver ett separat NDA (Non Disclosure Agreement) mellan de inblandade parterna redan tidigt innan några detaljerade diskussioner har inletts. Detta avtals främsta syfte är att man inte sprider den andra partens information vidare och att det är betydligt enklare att komma överens om ett NDA jämfört med att gå igenom en full avtalsförhandling. På så vis får man möjlighet att diskutera och känna sig för angående samarbete för att i ett senare skede formalisera detta samarbete via ett kommersiellt avtal.

**IP** (Intellectual Property) och vem som är ägare till det. Att det är produktägaren som äger alla rättigheter till den blivande produkten är ofta inte alls självklart, så se till att det finns reglerat i avtal.

**Ledtid**, både hur lång den är/förväntas vara samt hur den definieras bör finnas med i avtalet. Om Produktägaren kräver korta ledtider är det viktigt att diskutera hur man ska kunna uppnå detta om ledtiden på ingående komponenter är väsentligt längre

än den önskade ledtiden för produkten. Då är det bra att enas om att t.ex. använda en prognos (forecast) där Produktägaren varje månad uppdaterar sina kommande behov över de närmaste 12 månaderna. Här behöver ni också komma överens om hur mycket Produktägaren kan ändra prognoserna och hur nära leveransdatumet avropskvantiteten är låst. Vid prognoshantering är det brukligt att det finns med en klausul som reglerar vem som tar kostnaden för överblivna komponenter vid förändringar i produkten under dess livscykel eller när produkten tas ur produktion.

**Materialbemyndigande.** I vissa fall kan det vara bra att använda sig av ett materialbemyndigande. Det kan t.ex. vara vid produktionsstart för att Tillverkaren ska kunna beställa komponenter med lång ledtid medan Produktägaren avslutar vissa tester eller justeringar i konstruktionen. Det är oftast Produktägaren som ger Tillverkaren ett Materialbemyndigande där Produktägaren tar det fulla ansvaret för de komponenter Tillverkaren köper in i fall det visar sig att dessa inte kan användas i produktionen på grund av ändringar i konstruktionen i sista minuten. Materialbemyndigande kan också användas för att Tillverkaren ska kunna köpa in större kvantiteter av vissa komponenter än vad som behövs i närtid för att erhålla bättre priser och att Produktägaren då garanterar att Tillverkaren inte blir sittande med överblivna komponenter i händelse av ändringar i produkten eller att produkten plötsligt läggs ner.

**Leveransvillkor** finns det många varianter av där kostnader och risk ligger på olika ställen i kedjan. Använd dig av senaste versionen av leveransbegreppslistan Incoterms (se

nedan) och kom överens om ett lämpligt leveransvillkor. Vid prisdiskussioner är det viktigt att tänka på vad som ingår, då kostnader för frakt, tull och i vissa fall dokumenthantering, förpackningsmaterial mm. kan tillkomma. Detta blir speciellt viktigt vid export/import utanför EU då tullregler för olika länder spelar roll. Termen Landed Cost som används ibland är inte ett leveransvillkor enligt Incoterms så undvik den så långt det är möjligt.

**Logistik och förpackningssätt** är områdena värda att tänka till lite extra då det kan gå att spara mycket pengar på att förpackningssätt och förpackningsstorlek passar alla parter så bra som möjligt med tanke på produktens storlek, hantering och transport.

**Ny produkt eller nästa generation** av din produkt blir betydligt enklare att komma igång med om du redan har ett bra avtal på plats med din kund/leverantör. Allt som kan behövas är att upprätta ett tillägg till ett befintliga avtal som specificerar den nya produkten och som hänvisar till villkoren ni redan är överens om sedan tidigare.

#### **Bra avtalsmallar att använda:**

- **NDA** (Non Disclosure Agreement) är ett sekretessavtal som man bör upprätta mellan de inblandade parterna redan när man börjar diskutera ett nytt projekt. Ett NDA är ett sekretessavtal där man förbinder sig att respektera varandras företagshemligheter så att man kan ha en öppen diskussion med motparten om den nya produkten som ska tas fram.

- **SEAL2012** (Svensk Elektronik Allmänna Leveransbestämmelser) är anpassat för leverans av främst elektronikprodukter

och är framtaget av Svensk Elektronik. Avtalet kan laddas ner kostnadsfritt från Svensk Elektroniks hemsida.

- **SEAL-K** (Svensk Elektronik Allmänna Leveransbestämmelser Konsultavtal) är anpassat för leverans av konsulttjänster främst relaterade till utveckling och konstruktion av elektronisk utrustning. Avtalet kan laddas ner kostnadsfritt från Svensk Elektroniks hemsida.
- **NL09** är anpassat för försäljning av tekniska produkter mellan Nordiska bolag och är framtaget av Teknikföretagen. Avtalet kan laddas ner kostnadsfritt från Teknikföretagens hemsida.
- **Orgalime 2012** är anpassat för försäljning av tekniska produkter globalt och är framtaget av Orgalime, European Engineering Industries Organisation. Avtalet kan laddas ner mot en viss kostnad från Orgalime's hemsida.
- **Incoterms 2010** är den senaste versionen av de internationella leveransvillkoren. Undvik andra eller äldre leveransvillkor

som inte är med i senaste versionen om du inte är helt klar över vad de innebär i detalj då de kan innebära att du får bära kostnader och risk du inte hade räknat med. Referera alltid till Incoterms i ditt kommersiella avtal. Incoterms finns att hämta på nätet.

 Tänk alltid på att ha avtal på plats så snart som möjligt. En bra start redan på diskussionsstadet i en ny affärsrelation är att skriva ett NDA för att sedan när det ska läggas beställningar upprätta ett kommersiellt avtal.

 Använd alltid SEAL2012/NL09/Orgalime 2012 som utgångspunkt och lägg till eller dra ifrån paragrafer genom bilagor till ursprungsaftalet. Då minskar du risken för tråkiga diskussioner i efterhand.

 Använd alltid moderna leveransvillkor. Du hittar dessa i senaste utgåvan av Incoterms.

 Kom ihåg Ledtid, förpackning och hur logistiken ska fungera. Dessa tre glöms ofta bort och skapar därmed problem inför serieleveranserna.

## 4.2 Offertförfrågan/RFQ

Genom en bra och genomarbetad offertförfrågan (RFQ) som innehåller all nödvändig dokumentation sparar man både kalendertid och pengar i sitt projekt. Vill du få in offerter från flera möjliga leverantörer är det viktigt att det framgår tydligt vad du förväntar dig, annars kommer offerterna att vara alltför olika i både pris och kvalitet och därmed inte jämförbara.

 Checklist RFQ är ett bra dokument att hålla sig till,  Kap."7 Mallar, Lästips och

annat nyttigt". Denna checklista hänvisar till de olika kapitlen i denna handbok och du har mycket hjälp av de mallar som finns.

"**Som man frågar får man svar**" är högst relevant i detta sammanhang. En kort och ospecifierad offertförfrågan ger ofta ett kort och allmänt hållet svar. Är du osäker på om du fått med rätt information, fråga din tilltänkta mottagare av offertförfrågan. Offerten som kommer som svar på din

offertförfrågan kan se ut ungefär som någon av de två offertmallarna. 

**Jämförbara och bra offerter.** När du vill få in offert från flera möjliga leverantörer är det viktigt att förstå vad som skiljer dina tilltänkta leverantörer åt. Olika Tillverkare kan skilja sig åt vad gäller maskinpark och arbetsätt vilket gör att de kan ha olika förutsättningar att leverera just ditt projekt. Om du som beställare kan ge dina underleverantörer ett bra material så kommer både pris och kvalitet på den blivande produkten att hamna på en mycket mer attraktiv nivå då underleverantören slipper ta höjd för osäkra delar i underlaget. Tillverkaren kan välja de komponenter och lämpligt produktionssätt som ger dig den kvalitet på slutprodukten som du förväntar dig.

**Minimum av dokumentation?** Många gånger kan det räcka med ett minimum av dokumentation, men vad är minimum? Utgå från den bifogade checklistan och välj bort de delar du inte anser vara relevanta. Behåll gärna rubrikerna och skriv att avsnittet inte är relevant, det ger en bra signal till underleverantören som också tidigt får chansen att ställa frågor.

**Produktbeskrivningen** är kanske det viktigaste dokumentet att bifoga din offertför-

frågan då den ger en kontext till produkten. Det kan vara svårt att i produktionsunderlagen få med all eller tillräckligt mycket information om din produkt. Produktbeskrivningen hjälper mottagaren genom att du beskriver hur produkten ska användas och i vilken miljö.

**Förstudie.** En förstudie kan i många fall vara ett bra sätt att förstå hur du kan optimera din produkt för produktion. Under förstudien modellerar man fram olika lösningsförslag baserade på de underlag du tillhandahåller och ett önskat målpris. Allt i syfte att få en så god avvägning mellan krav och kostnad som möjligt.

 Formulera krav som skall- eller bör-krav, detta gör processen enklare och offerten bättre.

 Besök den Tillverkare du tänker anlita. Du vinner mycket på att ha sett hur de arbetar, hur just deras processer fungerar för materialberedning, produktion, avsyning, test, packning och utleveranser. Det kan handla om att justera yttermåtten några millimeter på PCB så förenklas arbetet i produktion eller vid packning av produkten för leverans, med kostnadsbesparningar som följd.

## 4.3 Livscykel komponenter

Produktens planerade livslängd är något att ta hänsyn till redan under utvecklingsarbetet.  Kap."3 Design for Excellence/DfX". Bilden nedan visar en ganska typisk verklighet, där några komponenter man valt att använda under utveckling, till prototyper och certifiering blir gamla och börjar

nå slutet på sin livscykel när den egna volymproduktionen börjar ta fart. Hur hanterar du då detta? Svaret är att det är mycket svårt att helt undvika att detta händer och sättet att undvika det är oftast att manuellt kolla upp varje enskild viktig komponent genom att fråga alla sina komponentleverantörer vilket tar tid.

Standardkomponenter som kondensatorer och motstånd med vanliga specifikationer behöver man inte lägga tid på utan det är just de komponenterna som på något sätt har mer unika egenskaper, t.ex. halvledare.

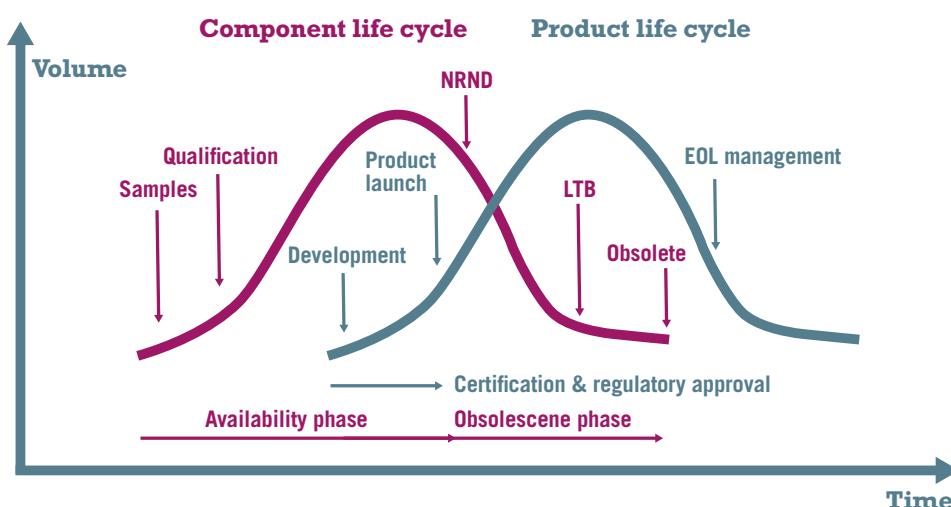
**Moderna databaser** finns numera att tillgå hos företag som tillhandahåller tjänsten att gå igenom din BOM och analysera dina komponenters livscykeldata. På så sätt går det relativt lätt att få en bild av vilka komponenter du bör byta ut eller undvika att konstruera med.

**Life Cycle Management**, handlar om att förvalta en produkt under hela dess livslängd. Observera att behovet av att producera de kretskort som ingår i produkten kan finnas i många år efter det att produkten slutat säljas för att garantera tillgången till reservdelar. Då är det viktigt att ha en

plan för reservdelsförsörjning och service till sina kunder.

Medan en produkt är i produktion handlar det oftast om att hålla koll på när de olika komponenterna som ingår i produkten når EOL (End Of Life) eller när nya direktiv lanseras eller redan befintliga direktiv uppdateras så att komponenter inte längre kan användas. ↗ Kap."2. Produktregelverken". Om det inte finns godkända Second Source-komponenter vid dessa tillfällen kan det bli aktuellt med omkonstruktion.

Ett alternativ du har när en komponent når EOL är att antingen köpa på dig ett lager innan LTB (Last Time Buy) eller att vid ett senare tillfälle gå ut på spotmarknaden och köpa överblivna komponenter där. Var då beredd på att du måste kvalitetssäkra komponenterna så att det verkligen är rätt komponenter du köpt och att de fungerar.



## 5. Tillverkning

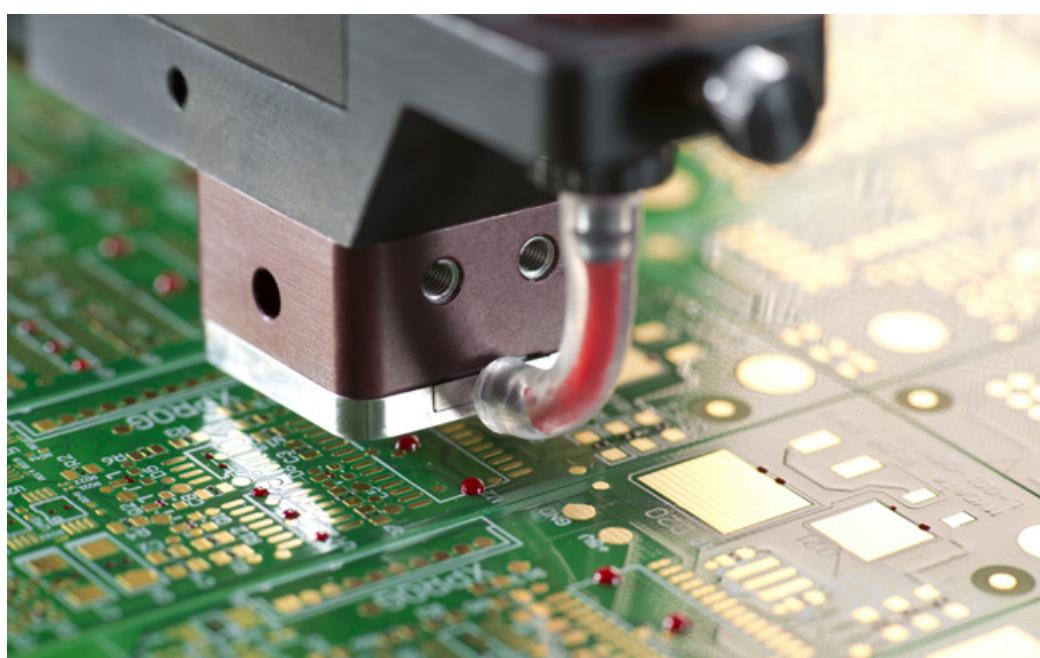
**Tillverkningskapitlet är kärnan i denna handbok och inleds med en mycket kortfattad beskrivning av hur produktionen av ett kretskort går till. Det finns naturligtvis mycket mer djuplodande information att ta del av, men det faller utanför ramarna för denna handbok. Kapitlets huvuddel utgörs av beskrivningar av nödvändiga produktionsunderlag och exempel på dessa finns även bland mallarna.**

💡 Om du står i begrepp att beställa ett kretskort och aldrig har besökt en kretskortsfabrik; ta chansen att göra det. Om du har möjlighet att gå igenom produkten och underlagen med tillverkaren på plats i fabriken så kommer det att vara mycket lärorikt.

💡 Tidsperioden då produkten eller prototypen tillverkas kan uppfattas av Produktägare och Utvecklare enbart som en

väntetid, men det är en god idé att höra av sig till Tillverkaren ibland och kolla om det finns oklarheter eller frågor.

💡 Det är viktigt att Tillverkaren har tillgång till kontaktpersoner att fråga om oklarheter eller uppkomna problem. Även under semestertider! Resultatet blir bäst med en pågående dialog, i synnerhet om det är den första prototypen som ska tillverkas.

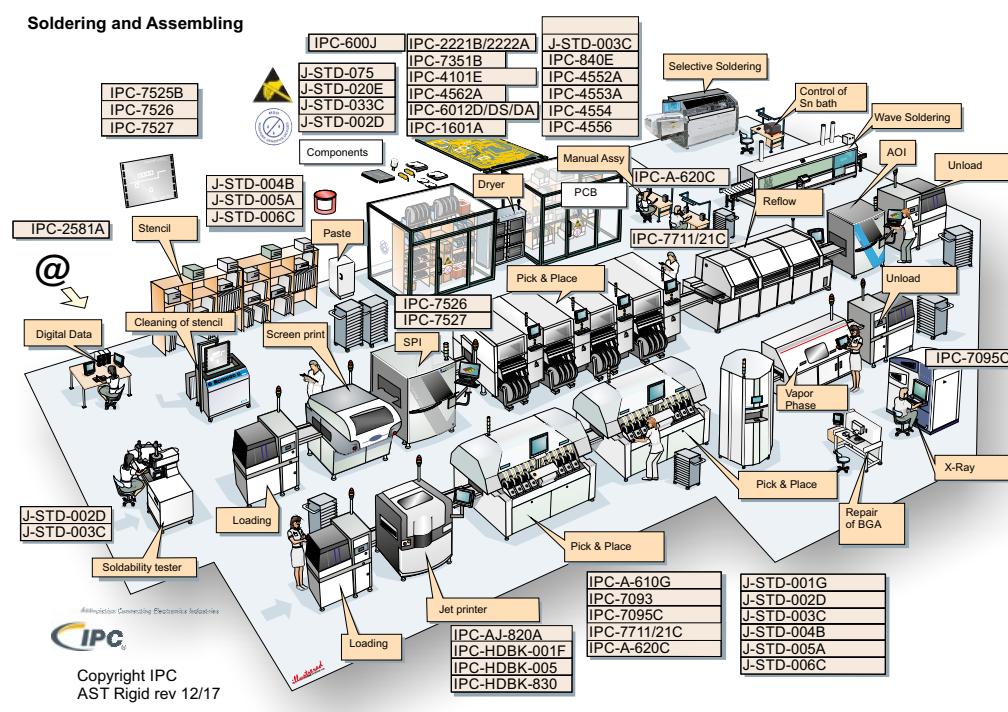


## 5.1 Beskrivning av elektroniktillverkning

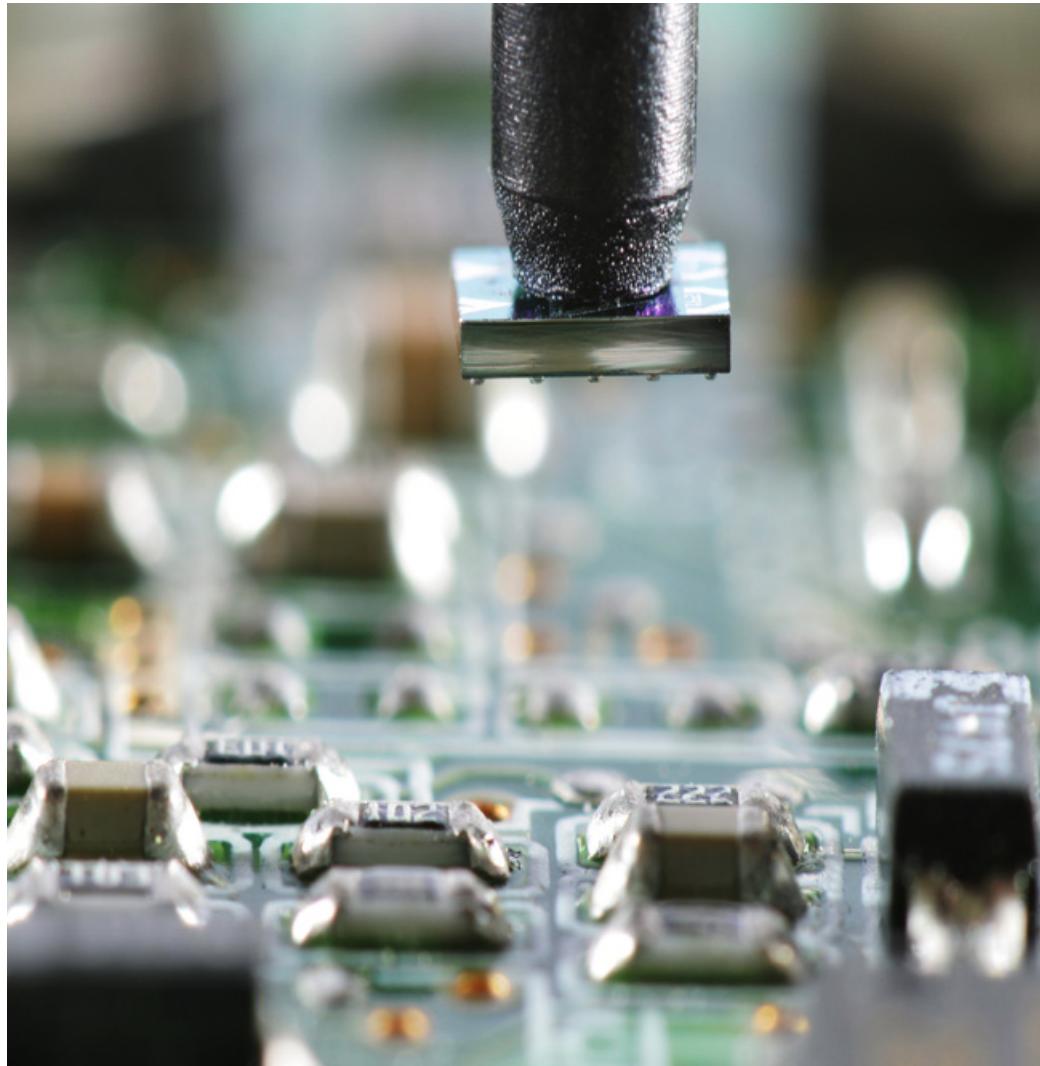
Tillverkning av elektronik är idag en modern processindustri med trevlig arbetsmiljö då processen är tyst och kräver klimatreglering. Att i ord beskriva alla moment och handgrepp som ingår i elektroniktillverkning i detalj är en alltför omfattande uppgift. För att få en så god förståelse som möjligt för hur tillverkning går till rekommenderas du att besöka den tillverkare du planerar att anlita i ditt projekt. Att vi i Sverige har en hög kunskap inom elektroniktillverkning understryks inte minst av att vi i landet har en världsledande tillverkare av produktionslinjer för kretskortstillverkning.

ofta är denna tillverkning kompletterad med tjänster som testutveckling, sammansättning av kretskort till system, inkapsling, reparationer, reklamationshantering, lagerhållning och distribution (logistik) samt många fler tjänster som en Produktägare kan utnyttja beroende på hur behoven ser ut. Eftersom elektronik finns i fler och fler utrustningar och apparater så har också Tillverkarna utökat sitt erbjudande och tillverkar idag ofta helt färdiga produkter till sina kunder. Detta innebär att förutom elektroniken så hanteras, plast, kablage, mätare, knappar, displayar, märkning, förpackningar etc.

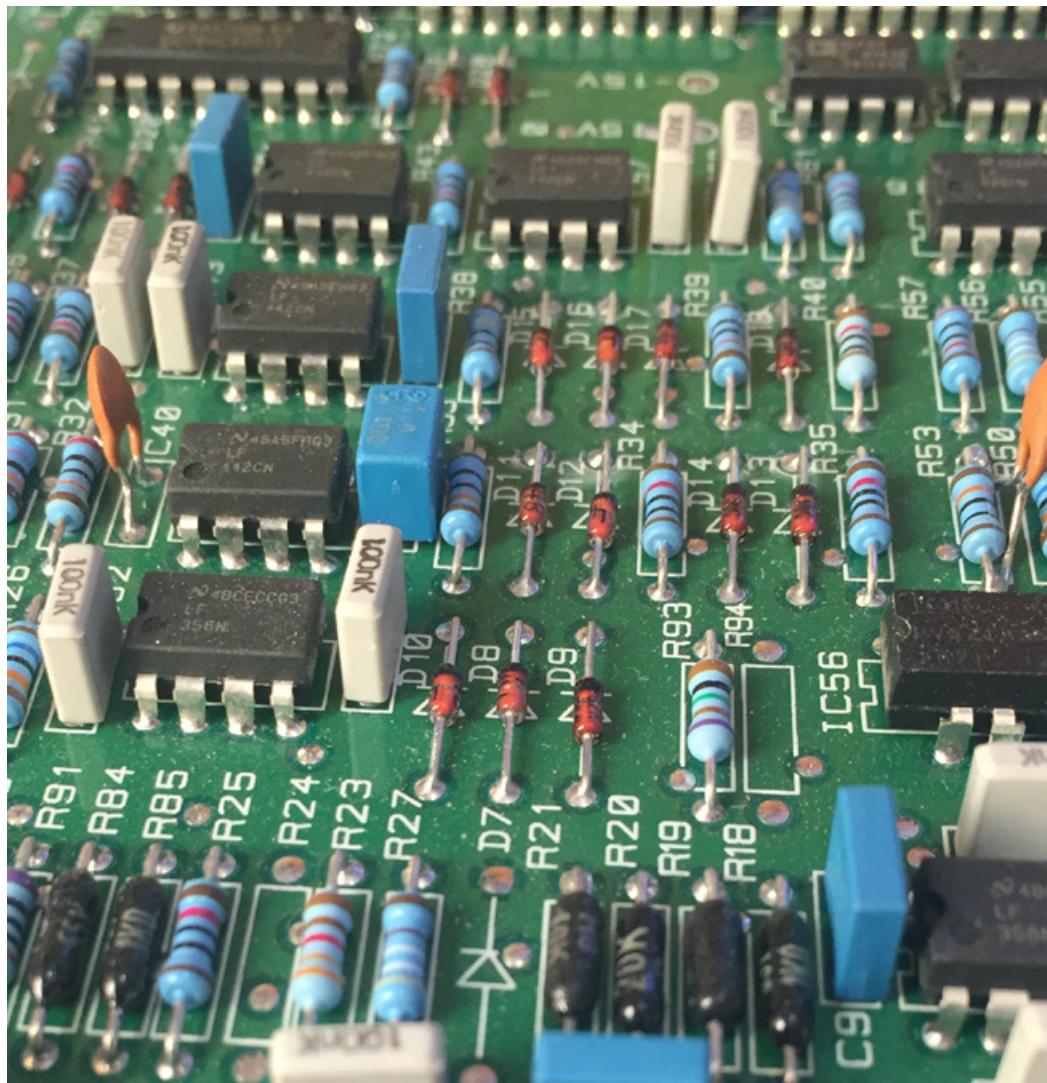
**Kärnverksamheten** hos Tillverkarna är naturligtvis tillverkning av kretskort. Men



Bilden visar en schematisk tillverkningsanläggning och det är en bra illustration av alla de steg som krävs innan det blir ett kretskort. Bilden visar även de relevanta IPC-standarderna som berör varje moment.



**Ytmonterade komponenter** (SMT) blir mer och mer vanliga och en allt större del av elektroniken baseras idag på dessa. Fördelen med ytmontering är den snabba monteringen av komponenterna genom produktionslinjer baserade på specialiserade ytmonteringsrobotar. De tar dessutom oftast betydligt mindre plats än hålmonterade motsvarigheter.



**Hålmonterade komponenter** finns dock fortfarande kvar. Vissa komponenter kräver hålmontering, beroende på faktorer såsom höga effekter, avgiven värme eller fysisk storlek. Kontaktdon är ett exempel på en komponent som ofta måste monteras manuellt. Detta sker vid eftermontering och görs beroende på omständigheter som t.ex. seriestorlek antingen för hand eller av robotar.

## 5.2 Beskrivning av olika tester

Produktägaren bör ha en utvecklad och överenskommen teststrategi för företagets kretskort. För varje utvecklat kretskort måste Utvecklare/Produktägare nämligen tidigt ta beslut om hur det ska testas i en framtida produktion.

**Teststrategi.** Det är ju förstås svårt att ta fram ett test för ett kretskort som inte är färdigutvecklat, men teststrategin är ett viktigt hjälpmittel i strävan att ta fram ett sluttgiltigt produktionstest i tid. Det är inte ovanligt att det kan ta ungefär lika lång tid att ta fram ett tillförlitligt test som det tar att ta fram den första prototypen av ett kretskort, så ha detta i åtanke. Teststrategin bör besvara (enkla) frågor som:

- Hur testas enkla kort (kopplingskort)?
- Hur testas kort med digital/analog funktion?
- Hur testas kort med processor?
- Hur testas kort som är power-supply?
- Hur testas kort där det förekommer hög spänning/höga strömmar?
- Hur ska testdata lagras?
- Hur ska åtkomst av testdata hanteras?
- Vilka standarder är applicerbara på testsystemet (ex. farliga spänningar, klämrisk etc)?

**Välformulerade och realistiska** krav på tester är avgörande för att uppnå hög kostnadseffektivitet. Genom att samarbeta med kontraktstillverkaren i formulering och granskning av testkraven säkerställer man att kraven är praktiskt genomförbara. Det är viktigt att tidigt göra en avvägning mellan planerad seriestorlek och kostnader för testerna. Låt gärna Tillverkaren testpersonal komma med synpunkter på

din konstruktions testbarhet redan under konstruktionsarbetet. Då kan Tillverkaren vara med och påverka produktens kvalitet och producerbarhet t.ex. genom att välja rätt ingående komponenter och rätt testmetod, samt säkerställa att komponenterna monteras på ett säkert och vettigt sätt. 

Vidare bör ett produktionstest inte bara bedömas och kvalificeras mot en specifikation. Testsystemet bör köras mot en eller flera produktionsbatcher för att ställa in korrekta testgränser för testat kort.

**Efter en tids produktion** kan det vara en god idé att analysera var (i vilket test) felet på ett specifikt kretskort upptäcks. Alla tester kanske inte behövs eller det kan kanske vara bra att utöka testandet för att ytterligare fintrimma produkten och uppnå optimalt produktionsutfall.

### Tester som är mer eller mindre vanligt förekommande:

#### AOI (Automated Optical Inspection)

- **Vad?** En kamera med vision-program analyserar monterat kretskort och bedömer huruvida monteringen har gått bra jämfört med kretskortsunderlagen. Med AOI kan man se om komponenter är monterade eller ej, samt om de är korrekt monterade och korrekt vända där polariheten spelar roll. Vidare kan lödfogar bedömas. För vissa komponenttyper är det omöjligt för AOI att bedöma om det är rätt komponent som är monterad eller om den är felvänd, t.ex. om komponenten saknar text eller annan identifikation.
- **När?** Utförs vanligen när tillverkningen av ett kretskort stabiliseras och är ett

utmärkt hjälpmedel för att hitta fel tidigt i produktionslinan. Kan även sättas upp och användas med tidiga prototyper. AOI är inget som normalt krävs av Utvecklare/Produktägare men är ett bra hjälpmedel för en Tillverkare att styra processer kring produktion för att tillsammans med Produktägaren få en billigare produkt.

 Om komponenter sitter för nära varandra på kretskortet kan AOI:n få svårt att upptäcka fel. Kameran behöver en viss vinkel för att kunna avsyna ordentligt. En konservativ vinkel som de flesta kameror klarar är 30 grader.

 Om det inte spelar någon roll för konstruktionen, välj då en komponent som är enklare att avsyna. Det är t.ex. lättare att avsyna en operationsförstärkare i en större SO-kapsel än i en QFN (Quad Flat No Leads) eller i en CSP (Chip Scale Package)

### Boundary scan

- **Vad?** En i huvudsak digital testmetod som går ut på att på ett liknande sätt som ICT (beskrivs senare i detta kapitel) påföra signaler och stimuli till kretsar under test. Typiskt har kretskortet en eller flera kretsar utrustade med en så kallad JTAG-port som det går att kommunicera med via ett speciellt protokoll.
- **När?** Boundary scan är ett utmärkt hjälpmedel för att testa avancerade digitala kretsar som annars är omöjliga att testa, t.ex. BGA-kretsar. Via JTAG-porten kan testvektoror sändas till kretsarna på kortet och via sinnrika testmönster kan kretsarnas funktion och deras anslutning till mörnsterkortet testas. Även om kretsarna inte kan gå med full hastighet under test är testfrekvensen mycket

högre än vad som är möjligt med t.ex. ICT. Viss analog testning är också möjlig om kretskortet eller testutrustningen har DA-omvandlare som kan styras via kretsar med JTAG-port.

 Koppla ihop JTAG-porten på alla kretsar på kretskortet som är utrustade med en sådan så underlättar det testandet.

### Burn-in test

- **Vad?** Belastningsprov som utförs på färdig produkt. Det kan röra sig om tester i förhöjd temperatur, accelererade tester på kort tid eller tester under en längre tid. Målet är att förvissa sig om att produkten kommer att fungera i sin applikation.
- **När?** I stabil serieproduktion, för produkter som kommer att belastas hårt i drift och där felutfall i fält orsakar stora problem.

### FCT (Functional Circuit Test)

- **Vad?** Funktionstest är ett bra hjälpmedel för att testa en sluttgiltig produkt eller flera kretskort som ICT-testats och sedan satts samman. Det är ofta en god idé att testa en produkt så snart värdeaddande åtgärder vidtagits. FCT kan innebära lite allt möjligt. Vanligen utgörs ett FCT av ett funktionsprov som liknar det produkten utsätts för i sin applikation. FCT-utrustningen utför en rad tester som utvecklare/produktägare kravställer i en specifikation, se mall för Test Data Specification.
- **När?** Främst i stabil serieproduktion men även under uppstartsfasen av nya produkter. FCT är normalt ett krav från Utvecklare/Produktägare men är även

ett bra hjälpmittel för en Tillverkare för att säkerställa att produkten kommer att fungera i sin applikation. Se till att ha en bra dialog tidigt kring FCT och följ upp testtäckning och felutpekning och hur dessa kan maximeras.

**💡** Ett bra skäl till att specificera ett funktionstest är när det kommer att gå höga strömmar genom kretskortet i applikationen. Det går visserligen att testa kontinuitet på ledarbanor och fram till kontakter på ett kort i ett ICT, men det finns ingen bra möjlighet att testa höga strömmar genom lösningar och kontakter.

**💡** Ett annat tillfälle då det ofta krävs ett funktionstest är när vissa standarder kräver detta i t.ex. elsäkerhetsavsnitt. Ett sådant tillfälle är produkter som hanterar farlig spänning. Dessa produkter måste vanligtvis isolationstestas och jordanslutningen kontinuitetstestas för att få sättas på marknaden.

**💡** Produkter som även utgör reservdel kräver samma test som när produkten testas tillsammans med övriga delar av det totala systemet. Därför måste reservdelar också funktionstestas. Exempel: En maskin sluttestas i produktion med avseende på isolation och jordkontinuitet. Då måste även ingående del som levereras enskilt som reservdel isolationstestas och kontinuitetstestas.

### FPT (Flying Probe Test)

- Vad?** Testprober gör nedslag på mönsterkortets komponentpad:ar eller på kretskortet med monterade komponenter. Med hjälp av probarna går det att mäta att mönsterkortet är korrekt enligt mönsterkortsunderlaget eller att

rätt komponenter är monterade enligt kretskortsunderlaget, jämför med ICT. Även delvis monterade kort kan testas om det finns åtkomliga ytor för proberna.

- När?** Vanligtvis utförs ett så kallat "Eltest" på mönsterkortet redan i mönsterkortsfabriken. Detta test är ett utmärkt sätt för en mönsterkortsfabrikör att ta reda på om det producerande mönsterkortet stämmer överens med mönsterkortsunderlagen. Det finns typiskt två nivåer på detta test. Antingen tar man reda på om ett kort är "likadant" som alla andra och kortet passerar testet, eller så testas kortet mer tillförlitligt mot dess korrekta nätlista. Det senare kräver, såklart, att maskinen är programmerad med kortets nätlista.

**💡** Testutrustning för Flying probe finns tillgängliga vars testprober kan testa ytor så små som 50 µm x 50 µm.

**💡** För små volymer kan denna typ av test vara ekonomiskt försvarbar även för test av monterade kretskort; den tar längre testtid jämfört med ICT men kräver å andra sidan ingen nåldyna.

### ICT/ICA (In-Circuit Test/In-Circuit Analysis)

- Vad?** Det färdigmonterade kortet spänns fast i en testutrustning där det ansluts mot en så kallad "nåldyna". Ett testprogram analyserar vad som är anslutet till respektive nål och det går på så sätt att avgöra om rätt komponent är monterad och att kretskortet fungerar som det ska. ICT ger en utmärkt felutpekning. Det finns stora möjligheter att kombinera olika typer av tester i en ICT. Det går t.ex. att programmera kretsar eller utföra enklare funktionstester. Olika sinnrika

specialtester finns, inte sällan unika för den ICT-utrustning som Tillverkaren äger. Det finns t.ex radiobaserade mottagare som mäter en profil (signalstyrka) för en påförd signal på alla in- och utgångar på t.ex. BGA:er. Om profilen inte stämmer med ett referenskort (ibland kallat "gyllene" kort/Golden Card) som man vet fungerar så kan testet diskvalificera kort i produktion. Det finns stora möjligheter att skräddarsy raffinerade tester, men ju mer avancerade tester desto fler ingenjörstimmar krävs det för att utveckla testerna. Varje specifikt kretskort kräver också framtagning av en "nåldyna".

- **När?** I stabil serieproduktion.  
Eftersom denna testmetod kräver att man utvecklar testerna för varje specifikt kretskort och tar fram en så kallad "nåldyna" (som är relativt dyr, räknat med 50 000 – 100 000 SEK) så väntar Utvecklare/Produktägare gärna med att införa ICT tills kortet är mer stabilt och färdigutvecklat. Användningen av ICT specificeras av Utvecklare/Produktägare men det är också ett bra hjälpmittel för en Tillverkare att styra sina processer kring produktion för att tillsammans med Produktägaren få en produkt med lägre felutfall som därmed sparar pengar. Se till att ha en bra dialog kring ICT och följ upp testtäckning och felutpekning och hur dessa kan optimeras.

 Varje Tillverkare har en specifik ICT-utrustning. Det går vanligtvis inte att flytta produktionen utan att göra en ny (dyr) nåldyna som passar den nya Tillverkaren.

 Om kortet behöver modifieras efter att nåldynan tillverkats, se till att inte flytta på gamla testpunkter. De kommer då inte kunna användas/testas med mindre än att

du modifierar din nåldyna eller tillverkar en ny.

 Sätt inte testpunkter för nära varandra, dels för att det finns ett minimimått som utvald Tillverkares utrustning kan hantera, dels för att det blir svårare att komplettera nåldynan om nya kortrevisioner kräver det.

 Kommunicera med utvald Tillverkare hur stora testpunkterna måste vara. Ett konservativt mått som funkar för de flesta ICT-utrustningar är 1mm i diameter.

 Ett enkelt sätt att öka testtäckningen är att ansluta ingångar på kretsar som ständigt skall vara låga eller höga via ett motstånd till jord eller matning i stället för direkt. På så sätt kan ICT-utrustningen ge stimuli på ingången och mäta gensvaret på utgången.

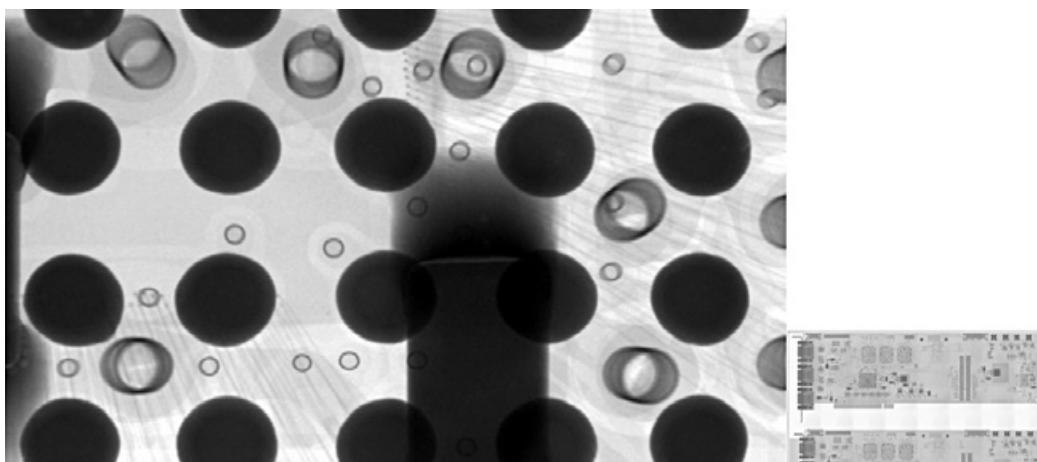
#### **Manuell avsyning (kallas ibland HOI, Human Optical Inspection, jämför med AOI)**

- **Vad?** En operatör granskar och avsynar kretskortets komponenter och lödningar manuellt.
- **När?** Framför allt i små serier när det inte lönar sig att programmera AOI. Risk för att fel missas föreligger då operatörens uppgift lätt blir monoton och risken för mänskliga misstag ökar.

#### **ROSE/SEC (Resistivity of Solvent Extract/Solvent Extract Conductivity)**

- **Vad?** Analysmetod för att analysera mängden joniska föroreningar på mörster- och kretskort. Flera IPC-standarder som IPC-6012 för rigida mörsterkort och J-STD-001 för lödda kretskort har krav på renhet mätt med denna metod.

- **När?** Även om IPC har standarder med krav på renhet på mönster- och kretskort mätt med denna metod är det inte en relevant metod för att bedöma att korten
- är tillräckligt rena för att vara tillförlitliga. Det är dock en användbar metod för att verifiera att inte renheten förändras med tiden i löpande produktion.



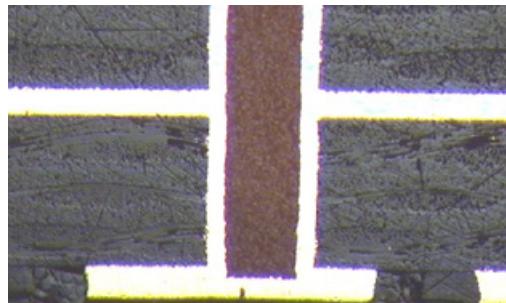
### Röntgenavsyning/AXI (Automated X-ray Inspection)

- **Vad?** Det färdigmonterade kretskortet analyseras med röntgenutrustning. Analysen av röntgenbilden sker med hjälp av mänskliga ögon och kräver erfaren personal. Röntgen är ett av få sätt att upptäcka dolda fel på lödningar under t.ex. en BGA-krets. AXI är en mer avancerad version av Röntgenutrustning.
- **När?** I serieproduktion eller för felsökning av enstaka kretskort. Lödning av BGA-kapslar kan endast inspekteras med röntgen. Även innerlager på PCB och bondtrådar på IC-kretsar kan avsynas om utrustningens upplösning tillåter. Falska komponenter (rätt kapsel men fel eller inget kiselchip) kan avslöjas. AXI är inget som normalt krävs av Utvecklare/Produktägare men är ett bra hjälpmittel för en Tillverkare att styra processer kring produktion för att tillsammans med Produktägaren få en billigare produkt.

Varje Tillverkare har en specifik Röntgen- /AXI-utrustning. Hur fina detaljer som går att upptäcka beror ofta på utrustningens upplösning.

### SPI (Solder Paste Inspection)

- **Vad?** En kamera med vision-program analyserar påstruken/jettad lopasta på ommonterat kretskort och bedömer huruvida applicerad lopasta stämmer överens med kretskortsunderlagen.
- **När?** Utförs vanligen när produktionen av ett kretskort stabiliseras och är ett utmärkt hjälpmittel för att hitta fel tidigt i produktionslinan. Kan sättas upp även med tidiga prototyper. SPI är inget som normalt krävs av Utvecklare/Produktägare men är ett bra hjälpmittel för en Tillverkare att styra processer kring produktion för att tillsammans med Produktägaren få en billigare produkt.

**Snitt (i kretskort)**

- Vad?** Detta är ett förstörande test. En Mönsterkortstillverkare har ofta utrustning för att analysera ett tvärsnitt av ett kretskort på begäran av en Utvecklare. En utvald del av ett kretskort gjuts då in i plast och det önskade tvärsnittet slipas fram och analyseras i ett mätmikroskop.

Kortets geometrier, vior och ledningsbanor kan på så sätt analyseras.

- När?** Vissa applikationer (t.ex. Medical) kan kräva att detta test utförs på varje mönsterkortsbatch eller att s.k. testkuponer sparas för senare analys vid behov. I andra fall är det när ett kretskort inte fungerar som det ska, något har gått fel eller att det har slutat fungera helt, då kan detta vara en användbar metod. Denna analys görs främst för att förvissa sig om att kretskortets geometrier stämmer överens med mönsterkortsunderlagen. Man får då t.ex. svar på följande frågor; Är impedansstyrda ledare korrekt utförda? Är planlagren anslutna som det var tänkt? Har vior tillräckligt tjocka väggar? Osv.

## 5.3 Underlag för elektronikproduktion

De dokument som beskrivs i detta kapitel är de dokument som behövs som underlag för en så problemfri process som möjligt, både fram till produktion och under själva produktionen. Några av dokumenten beskrivs mer detaljerat i kommande kapitel.

process-specifika krav kan anges. Om dessa tillverkningsspecifika uppgifter inte finns i affärssystemet, se till att de kommer med i ett separat dokument. Gäller beställningen prototyper kan den vara enklare och mindre detaljerad.

### Obligatoriska dokument vid beställning:

- Inköpssorder/Beställning** av elektronikproduktion genereras oftast i beställarens affärssystem och hanteras av inköp. Uppgifter som Art.nr, revision, antal, pris, referensnummer, önskat datum för leverans, mm brukar finnas med automatiskt i dokumentet. För att en beställning av elektronikproduktion ska bli riktigt bra skall den också innehålla generella krav på tillverkningen, ex. IPC klass, RoHS deklaration samt att även

- Dokumentöversikt och revisionshantering** är viktigt att ha på plats från början. Att någon använder gamla och/eller felaktiga underlag för tillverkning får stora konsekvenser. Kap."5.3.1. Dokumentöversikt och revisionshantering"

- Produktbeskrivningen** är en allmänt hållen beskrivning av vad produkten ska uträdda. Kap."5.3.2 Produktbeskrivning"

- Mönsterkortsunderlag** inklusive underlag för pastamask i form av Gerber-fil utgör ihop med BOMen den viktigaste

byggstenen till det slutliga kretskortet. Blir det fel här så går det sällan att rädda situationen. Säkerställ att underlagen kravställer korrekt mot den tänkta tillverkningsprocessen och att referenspunkter för maskiner och fixturer finns.

  Kap."5.3.3 Mönsterkort/PCB"

- **Mönsterkortsritning/mönsterkortsspecifikation.** Utöver Gerberfiler behövs en specifikation av mönsterkortet med t ex lageruppbryggnad och materialkrav. Denna kan antingen tas ut ur CAD-programmet i form av en ritning och kompletteras med en specifikation, eller så beskrivs mönsterkortet i en textfil. 
- **BOM-fil** bör tydligt ange vilken komponent som avses för respektive position. Där det är tillåtet att välja fritt inom ramen för givna data kan du med fördel ange generella krav i början på BOM:en (eller i produktspecifikationen), exempelvis tolerans, spänning, effekt, och dielektrikum, t.ex. för komponentgrupper såsom motstånd och kondensatorer.
-   Kap."5.3.4 Bill Of Material/BOM"
- **Komponentplaceringsritningens** text skall vara läsbar, det skall tydligt framgå vilken komponent som texten på ritningen avser och hur komponenten är polariseras.
- **Koordinatdata** (Pick and Place-fil) för komponenter till monteringsmaskiner krävs för beredningen av kortet, normalt hanterar tillverkaren de flesta format på data. Origopunkten utgörs av ett siktmarkering som relaterar till centrum på komponentkroppen för respektive komponent.
- **Dokument vid behov:**
- **Specifikationer för custom-komponenter.** Om det finns komponenter på kortet som

inte är standardartiklar (t ex induktiva komponenter, skärmar, mekanik) måste specifikationer/ritningar för dessa finnas med.

- **Panelritningen** visar hur mönsterkorten ska placeras på panelen. Panelritningen tas normalt fram av Tillverkaren.
-   Kap."5.3.5 Panelritning"
- **Testspecifikation** som beskriver vilka tester som ska utföras. En bra testplan går inte att skapa i produktion, den utvecklas under produktutvecklingen. Utan test kan inte Tillverkaren garantera funktion.
-   Kap."3.4 Design for Test (DfT) och 5.2 Beskrivning av olika tester"
- **Testinstruktion** är i regel kopplad till en testutrustning och beskriver hur testförfarandet går till.
- **Schema** används i första hand då det ingår test av produkten, detta är mer ett hjälpmmedel att i kommunikation med beställaren identifiera tänkbara problem vid felutfall.  Kap."5.3.6 Schema"
- **Monteringsanvisning** är beställarens möjlighet att förmedla instruktioner till tillverkaren, här kan man beskriva sekvensordning för montage, mekaniska montage, moment som skruvar skall dras med osv.
- **Lackinstruktion** beskriver vilka ytor som skall skyddsläckras, om kortet skall tvättas, vilka komponenter som behöver maskeras mm.
- **Ingjutningsinstruktion** beskriver hur ingjutningen av kretskortet skall utföras t.ex. fyllnadsgrad, krav på maskering mm.

### 5.3.1 Dokumentöversikt och revisionshantering

Att inte ha ordning på sina dokument och vilken revision av dessa som är den senaste har orsakat enorma kostnader och förseningar i många projekt.

**En dokumentöversikt** över alla dokument som hör till produkten och deras senaste revisionsstatus är mycket viktigt. Detta minskar risken betydligt för att någon använder ett felaktigt dokument som underlag. Det finns en uppsjö av system för att hantera revisionslägen på ett dokument. Vilket du väljer eller om du använder ditt eget hemgjorda system är inte det viktigaste, utan att du har ett system för revisionshantering. 

**Kommunicera** alla ändringar och uppdateringar av underlag skriftligt. Vid ändringar och uppdateringar av underlag har mail den fördelen att du får en automatisk tidsstämpel när mailet skickades som kan fungera som revisionshantering "light". Att referera till "det senaste" dokumentet är inte en tillförlitlig metod.

**Ändringshantering** under pågående serieproduktion hittar du mer information om i separat kapitel.  Kap."6.4 Ändringshantering"

 En enkel form av revisionshantering kan vara att filnamnet innehåller datum, ex. BOM\_170304

### 5.3.2 Produktbeskrivning

Produktbeskrivningen är avsedd att sätta in kretskortet som ska tillverkas i ett sammanhang så att alla i värdekedjan kan

bidra med sina kunskaper och erfarenheter och "läsa mellan raderna" och komma med förslag på alternativa lösningar och förbättringar. Även om kravspecen är det dokument som formellt bestämmer en produkts egenskaper är det mycket värdefullt att produktägaren kompletterar med en produktbeskrivning som leder Utvecklaren och Tillverkaren på rätt spår.

En bra produktbeskrivning kan också hjälpa Utvecklaren att hitta brister i kravspecen, som annars kan bli mycket kostsamma. Om Produktägaren i exemplet nedan exempelvis glömt att inkludera amerikansk radiocertifiering i kravspecen skulle Utvecklaren kunnat upptäcka det tack vare att produktbeskrivningen nämner att produkten skall säljas i Nordamerika.

**Exempel.** Produkten är en navigationsdator för marint bruk med touch-skärm, inbyggd GPS-mottagare och Wifi...

**Miljö:** Datorn kan placeras antingen i sittbrunnen eller inomhus. Den kan användas vid starkt solljus men även vid mörker-navigering i både tropiskt, tempererat och arktiskt klimat...

**Användarna:** Våra kundundersökningar visar att de som köper våra produkter är datorvana, kvalitetsmedvetna fritidsbåtägare som inte accepterar teknikstrul...

**Marknad:** Prognoserna är en årsvolym på 10 000 enheter om två år. Tillverkningskostnaden vid den volymen bör vara högst 1 200 kr. Produkten kommer att säljas i Europa och Nordamerika...

**Livscykel:** Produkten kommer att säljas i ungefär 4 år utan omdesign. Garantitiden är 2 år. Enheter kommer att repareras och supportas i minst 5 år. 

### 5.3.3 Mönsterkort/PCB

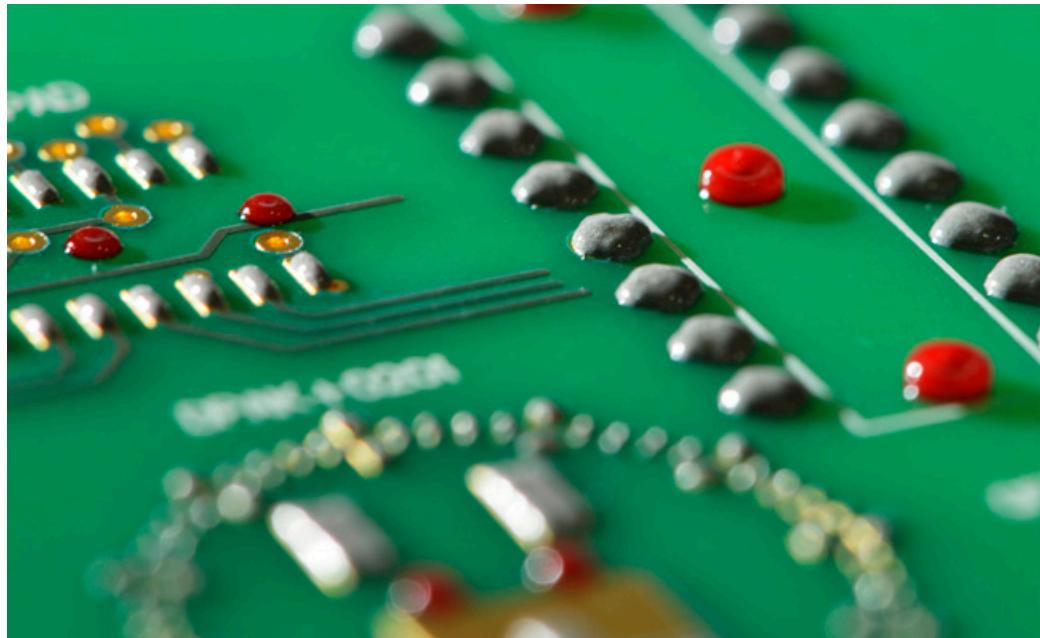
Mönsterkortet får ett eget kapitel då det är en komponent som måste specificeras mer noggrant än man kanske tror. Det finns i princip en oändlig mängd kombinationer av material och produktionssätt för att bygga upp ett mönsterkort och dessa kombinationer ger olika prestanda. Exempel på detta är Isolationsavstånd vid nätpänning/högspänning på delar av kortet, impedansanpassning vid högre frekvenser, tålighet mot högre temperaturer, tålighet mot vibration osv. Till detta kommer antal lager på kortet, hur gott om plats det är att montera komponenterna, hur många via-hål mellan lagren som behövs och om dessa till och med är dolda, alltså mellan lager som inte syns från utsidan. Alla dessa olika egenskaper kräver aktiva val av ingående material samt tillverkningsmetod vid produktionen av mönsterkortet. Observera att olika mönsterkortstillverkare har olika processer

som lämpar sig olika väl för att ta fram det mönsterkort du behöver vilket kan påverka priset och ledtiden.

Vanligt är att man som utvecklare nöjer sig med att t.ex. skriva FR4 som material i mönsterkortet. Det man då missar är att det finns ett större antal varianter av FR4 som har olika egenskaper och också medför olika kostnader.

När det gäller mönsterkort gäller det att specificera lagom mycket och rätt saker. Har du lämnat för lite information får du kanske offert på ett mönsterkort som inte klarar av det du faktiskt kräver av det. Specificerar du för mycket kan ditt mönsterkort bli dyra än nödvändigt. En bra hjälp för att förstå vad som är viktigt och mindre viktigt i olika fall är att ta del av IPC's checklistor, främst IPC-6011 & IPC-6012.

 Det finns också en mall till din hjälp vid beställning av mönsterkort.



**Vad som också är viktigt** är att inte ha med dubbelt information i underlaget. Ofta så ser man att det finns olika information i Specifikationen, Gerberfiler och textfiler vilket leder till onödiga tekniska frågor och födröjer projektet eller produktionsstart.

Det som bör finnas med i en mönsterkortsförfrågan är detta:

### Specifikation

- Teknik/typ (antal lager/HDI/Flex/ Rigid-Flex/Semi-Flex etc.)
- Kortstorlek
- Basmaterial
- Baskoppar folie tjocklek (typ)
- Pläteringssmaterial för hål
- Korttjocklek/tolerans
- Uppbyggnad/dielektriska toleranser/ impedanskrav/verifieringskrav
- Lödmask (typ/färg/klassning) Komponenttryck (typ/färg)
- Ytbehandling
- Viahålstäckning/pluggmaterial/ överplätering
- Temporära maskeringar om det krävs (avdragbar mask/kapton tape)
- Håldimensioner/toleranser/pläterade hål/ icke-pläterade hål/slots
- Ledare/Isolation (Toleranser/variationer)

### Underlag

- Filbeskrivning med filnamn, formattyp, format
- Mönsterfiler (Gerber 274X, ODB++)
- Borrfiler (Excellon, Gerber 274X, ODB++)
- Format (Gerber 274X, ODB++, excellon)
- Panelritning/siktmärken/bryttaggsutformning/kryssade kort (Gerber, DXF, PDF)
- Måtsatt kort med toleranser, kritiska/ generella (Gerber, DXF, PDF)
- Nätlista (IPC)

### Generell information

- Kortnamn och revision
- Kvalitetskrav/klassning
- Acceptanskrav allmänna/kundunika om detta finns
- Testkrav allmänna/kundunika om detta finns
- Miljökrav
- Deklarationskrav/märkningskrav (tex. UL, EX, CTI)
- Tillåtna modifikationer/omarbete/lagning

**Generella förväntningar/testkrav/märkningar.**

Alla vill ha en kvalitetsprodukt, men det är svårt att beskriva i detalj vad det är man vill ha. En beskrivning av kvalitet som ges i ISO9000 lyder "Kvalitet är alla sammantagna egenskaper hos ett objekt eller en företeelse som ger den dess förmåga att tillfredsställa uttalade och underförstådda behov"

Det är viktigt att du är tydlig här eftersom mycket av produktionen av mönstekort idag utförs långt utanför Sveriges gränser, det är också viktigt att så kallade 'underförstådda' krav också kommer med i den generella kravbilden.

Vad bör då vara med?

**Kvalitetsstandard/Acceptansnivå.** Det viktigaste är att du antingen hänvisar till en

redan globalt accepterad kvalitetsstandard på marknaden eller själv upprättar en egen standard. Fördelen med att hänvisa till en redan globalt accepterad kvalitetsstandard är att de allra flesta mönsterkortfabriker är bekanta med den och även deras kvalitetsavdelning/processkontroll/avsyning redan arbetar efter den. Vare sig man tycker om IPC eller inte så är det just en sådan standard som hela branschen följer ända från leverantörerna av de ingående materialen till producenterna av själva kortet. Därför bör du om möjligt försöka använda sig av IPC-6010 serien när man kravställer. Fördelen med standarden är att det finns en bra acceptansnivå av godkänt/icke godkänt i IPC-A-600

	IPC Klass I	IPC Klass II	IPC Klass III
Produktkategori	Konsument-elektronik	Dedikerad elektronik	Elektronik med extra hög tillförlitlighet
Produktxempel	Persondatorer, mobiltelefoner, surfplattor, TV, DVD, Satellitmottagare, Radiomottagare.	Industriella datorer för inbyggnad, billektronik, Industriell kontollelektronik, medicinsk utrustning, viss flygelektronik, viss militär elektronik.	Medicinska system, rymdelektronik, försvarselektronik med höga krav på funktion även när produkterna utsätts för vibrationer, termiska chocker etc.
Förväntad livslängd	Begränsad livslängd.	Längre livslängd	Lång livslängd
Tillförlitlighets-förväntningar	Lägre tillförlitlighet accepteras.	Kontinuerlig drift, oavbruten service önskad, men inte kritisk.	Kontinuerlig drift eller prestanda är kritisk, inga driftstopp kan accepteras

Standarden definierar tre kategorier av kort.

En förutsättning om du vill hänvisa till IPC och dess klassificeringssystem är naturligtvis att du har satt dig in i standarden och är överens om att de uttalade kraven i den kommer att leda till att produkten möter behoven av driftsäkerhet och livslängd.

Finns det punkter där man känner att standarden inte räcker till så går det alltid att komma med kompletterande krav eller det som IPC definierar som AABUS.

**Testkrav/Deklaration.** Även om IPC har en omfattande lista av tester som skall utföras på korten, så kanske produkten kräver att ytterligare tester behöver göras, det kan t.ex. vara verifiering av impedanser, Hi-Pot tester, speciella renhetstester eller miljötester. Detta måste då nämnas i kravbilden. Hur och i vilket format du vill att de utförda testerna/kvalificeringar skall rapporteras i är också något som IPC klassificerar som AABUS, så här behöver du som kund göra ett arbete om du betraktar detta som viktigt.

**Regulativa krav/Märkning.** Eftersom många slutprodukter riktar sig mot en global marknad så finns det många krav som måste uppfyllas för att produkten skall få säljas på den tänkta marknaden. Exempel på krav är REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals), RoHS (Restriction of Hazardous Substances) och UL. ➔ KAP. "2.2 Direktiv och Standarder"

Beroende på vilken UL-kategori produkten lyder under så kan parametrar som MOT, DSR och CTI vara viktigt att ha kontroll över. All sådan information måste därför förmedlas i kravbilden så att mörsterkorten produceras enligt rätt förutsättningar och med rätt material och även kommer med rätt märkning.

**Märkning och spårbarhet.** Märkning läggs in både i Design och vid mörsterkortstillverkningen.

#### Design (CAD):

- Artikelnummer
- Revision
- Regulatorisk märkning, CE med flera
- Recyclinginformation

#### Mörsterkortstillverkning:

- Tillverkningsvecka och årtal
- Fabrikslogga
- Eventuellt CTI/UL/RoHS etc

Så tänk på att det finns plats för dessa uppgifter på mörsterkortet och att märkningen fortfarande är synlig när alla komponenter monterats.

💡 Ge tydliga instruktioner om var och hur märkningen skall utföras samt skapa rum på kortet för den märkning du vill ha med, annars finns det stor risk att den hamnar under någon komponent och blir oläslig efter montaget.

#### Underlags modifieringar/Lagningar/

**Bättringar.** Detta är en oerhört viktig bit, så att slutresultatet som levereras blir som du har tänkt dig. Om det är IPC du refererar till som kravbild så sätt dig in i de modifieringar, lagningar och bättringar som den ger rum för. Om du inte är överens med IPC så måste det skrivas in i mörsterkortsspecifikationen.

För att nämna två exempel:

- **'Tear-Drops' på viapaddar.** Här tillåter IPC-6012 numera att mörsterkortsleverantören får lägga till 'Tear-Drops' om det saknas i layoutfilerna, denna tillåtelse gäller alla

klass I och II kort. Om detta inte är tillåtet av någon anledning så måste detta nämnas i mönsterkortsspecifikationen.

- **'Non-functional' paddar (NFP) på innerlager.** Här tillåter inte IPC-6012 att mönsterkortsleverantören får ta bort dessa paddar utan kundaccept. Dock så finns det många fördelar både elektriskt och produktionsmässigt att dessa tas bort, så här är det bra att antingen designa utan NFP eller ge accept på borttagande i mönsterkortsspecifikationen.

## Specifikation

**Basmaterial.** När det gäller basmaterial så bör detta väljas med omsorg så att det är anpassat efter applikationen så att slutprodukten lever upp till den kvalitet och livslängd som du önskar. När det gäller standardlaminat avsett för hårda kort så är IPC-4101 en bra specifikation som innehåller en rad olika materialkvalitéer och vilka egenskaper du kan förvänta sig av dessa.

Eftersom de flesta mönsterkort utsätts för multipla värmecykler så kan det vara bra att studera sådana parametrar som t.ex.:

- **Tg = Glasomvandlingstemperatur.** Tg-värdet är när materialet går från att vara ett styvt material till ett mer elastiskt och böjbart material. Materialets egenskaper förändras avsevärt när temperaturen överstiger detta värde. När denna punkt överskrids så påverkar detta framför allt expansion i Z-led (tjockleken) vilket ökar stressen på pläteringarna.
- **Td = Nedbrytningstemperatur.** Td-värdet har att göra med materialets degenerering och är satt till 5% av materialets förlorade vikt. Denna temperatur är inget absolut värde utan mäts under en temperaturstegring ( $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) i en syrefri miljö.

Värdet är av speciellt intresse för kort som skall klara många lödprocesser.

· **CTE = Utvidgningskoefficienten.** CTE är ett mått på hur mycket kortet expanderar vid upphettning. Det anges normalt som  $\text{ppm}^{\circ}\text{C}$  före och efter Tg. Det kan även anges som % tal över ett temperaturområde (normalt 50-260%  $^{\circ}\text{C}$ ). Vid en blyfri lödprocess är Z-axelns expansion en speciellt viktig parameter, felaktiga val kan leda till avbrott i pläteringar och delaminering.

**T260 = Tid till delaminering vid 260°C.**  
Den tid det tar för basmaterial att delaminera vid 260°C

**T288 = Tid till delaminering vid 288°C.**  
Den tid det tar för basmaterial att delaminera vid 288°C

Alla dessa parametrar är viktiga för att mönsterkortet skall kunna överleva såväl lödoperationer som temperaturvariationer ute på fältet.

Det rekommenderas starkt att istället för att du pekar på ett unikt material istället väljer en kategori av material från IPC-4101. Då anges dessa normalt i specifikationen som t.ex. Material enligt IPC-4101/126 där /126 är kategorin (som i det här fallet är ett hög Tg FR4 material anpassat för blyfri lödning med ett lågt CTE).

Något som är värt att nämna är att även om FR4-material avsedda för blyfri lödning är mer värmeförstående än de äldre versionerna av FR4 så är de tyvärr markant sprödare p.g.a. ett annat härdarsystem. I en krävande miljö kan det lättare uppstå sprickor i materialet vilket skapar problem.

Det är slutkundens ansvar att ta reda på om materialet är tillräckligt bra och ger den livslängd som är tänkt, även om man får rekommendation från en mönsterkortstillverkare.

## **Uppbyggnader/Dielektriska separationer/ Impedanser/Verifikationer.**

Det är idag mycket vanligt att elektronik innehåller höga signalhastigheter t.ex. via kommunikationsgränssnitt såsom WiFi, Bluetooth, Ethernet, USB etc.

Allt detta innebär att det blir mer och mer kritiskt att ha kontroll över hur signalerna beter sig på mönsterkortet. Det är inte bara varje signal som ska komma fram i sin respektive ledare, det kan även uppstå störningar mellan ledarna på kortet. I t.ex. databussar blir signalintegriteten en viktig parameter i sammanhanget och den påverkas av impedansen och kapacitansen i mönsterkortet. Tidigare räckte det ofta med att specificera antal lager, koppartjocklek och en slutlig tjocklek på mönsterkortet och produkten fungerade. Det finns fortfarande produkter där detta är tillräckligt men det är mindre vanligt förekommande nu för tiden.

Det finns egentligen bara tre möjliga scenerier vid uppbyggnad av ett mönsterkort:

**1. Helt ospecifierad uppbyggnad.** Att du lämnar uppbyggnaden helt öppen till mönsterkortstillverkaren att bestämma är naturligtvis bra för ledtid/kostnad, dock innebär detta att du inte får ha några kritiska eller känsliga signaler på ditt kort då variationer mellan olika fabrikers uppbyggnader av mönsterkorten helt enkelt är för stora för att detta skall ge någon kontinuitet.

**2. En specificerad uppbyggnad utan impedanskav.** Att du specificerar uppbyggnaden är en bra idé om du har mindre kritiska eller känsliga signaler på ditt kort. Om du väger in alla variationer inom mönsterkortsproduktion och toleranser på ingående material så kan du räkna ungefär

med +/- 20% på tänkta impedanser. När du specificerar en uppbyggnad så är det normalt sett bra att undvika att specificera prepreg-typer eftersom vissa typer endast används i Europa och inte i Asien och vice versa. Toleranser på dielektrium hittar man i IPC-4101.

**3. En specificerad uppbyggnad med impedanskav.** Detta är utan tvekan det alternativ du bör använda om det finns kritiska eller känsliga signaler på kortet och även längre ledningsbanor. Det innebär att mönsterkortsproducenten kommer att beräkna och anpassa ledarbredderna på de kritiska signalerna så att de möter den kravslatta impedansen. Normalt kan man räkna med en tolerans på +/- 10% på tänkta impedanser om man inte har specificerat något annat. För att kunna konstruera ett dylikt mönsterkort krävs det vanligtvis att du har tillgång till ett avancerat CAD-verktyg som har denna funktionalitet. För kort med väldigt höga frekvenser (+10GHz) så behövs normalt väldigt detaljerad uppbyggnad, man anger normalt vilka glasfibervävar som skall användas/hur innerlager och kärnorna skall vara konstruerade. Saker som "mekaniskt utplattade" vävar kan behöva tas i beaktande, även kopparfolier med lägre profil som t.ex. RTF, VLP etc. Här bör du utan tvekan ha en nära dialog med din mönsterkortsproducent för att få alla parametrar rätt.

När det gäller verifieringen av kravslatta impedanser så kan man tycka att detta borde vara en självklarhet att det utförs, men så är inte alltid fallet. Därför bör du kravställa även detta och ange att det ska bifogas ett mätprotokoll med leveransen.

 Använd unika ledarbredder (d-koder) för dina kravslatta impedanser, detta möjliggör för CAM-beredaren att han/hon lätt kan

markera alla ledare med en viss bredd (=viss d-kod) och anpassa dessa efter sin process så att rätt impedans uppnås.

**Lödmask.** Det vanligaste idag är att man använder sig av en fotosensitiv våtfilm som man antingen screentrycker, sprayar eller ridå-lackerar över hela mönsterkortet. Sedan låter man lödmasken mellanhärda i en ugn och efter detta så belyses mönsterkorten med UV ljus på de ytor som skall permanentas vilket får lödmasken att polymeriseras. De ytor som inte har blivit belysta kan sedan tvättas rena och efter detta så sluthärdas lödmasken i en ugn igen och får då sina slutliga egenskaper.

När det gäller lödmaskens färg så bör helst grön färg väljas eftersom detta är den standardfärg som alla fabriker använder sig av och har hemma. Andra färgval är möjliga men kan påverka ledtid och kostnad och ibland även UL-godkännande. Vissa färger som t.ex. vitt och svart har också sämre förmåga att åstadkomma smala lödmask-bryggor mellan SMD paddar, hör med din Mönsterkortstillverkare vad som gäller om dessa färger skall användas.

Om mёнsterkorten efter elektronikmontaget skall skyddas med t.ex. lack (conformal coating) eller beläggas med någon form av gjutmassa så kan det vara bra att man har kvalificerat några bra lödmasker som man vet ger bra vidhäftning.

Det normala är att lödmasken kravställs mot IPC-SM-840 klass T vilket skapar en

trygghet när det gäller elektriska egenskaper, hårdhet, motstånd mot migration och även tålighet mot vissa kemikalier. Det som inte kravställs av IPC är lödmaskens tjocklek. Ett bra spann här att ange är 8-30 µm mätt över kopparen.

**Komponenttryck.** Komponenttryck sker med hjälp av en screentrycksprocess där den önskade texten förs över till kortet genom att färg screentrycks genom en screentrycksduk. Standardfärgen är normalt vit men även svart förekommer på kort med vit lödmask.

**Ytbehandlingar.** Här finns det en hel del alternativ att välja mellan, ett bra råd här är att du i samråd med din Tillverkare och även din tilltänkta mёнsterkortsleverantör väljer det bästa alternativet, eftersom den ideala ytbehandlingen för alla typer av kort inte existerar. Alla ytbehandlingar har sina för- och nackdelar och även olika prisbilder.

IPC-6012 har generella krav på ytbehandlingar. För mer specifika krav på tjocklekar och utförande av kemiskt tenn, kemiskt silver och ENIG kan man referera till IPC-4550 serien. För SnPb och blfri HASL samt för OSP saknas krav på tjocklek men IPC-6012 har krav på att ytbeläggningen ska vara lödbar. Standarden har hänvisning till hur lödbarheten ska testas. För HASL finns dessutom krav på att ytbeläggningen ska vara täckande men inga kriterier för hur det ska bedömas.

**Lista över för- och nackdelar med de  
på marknaden vanligast förekommande  
ytbehandlingarna:**

**HASL – Tenn/bly varmförtenning**

Typisk tjocklek 1 – 40 µm. Lagringstid: 12 månader



1. Mycket god lödbarhet
2. Låg kostnad
3. Tillåter stort processfönster
4. Beprövad ytbehandling
5. Multipla lödoperationer



1. Skillnad i tjocklek/ytstruktur mellan stora och små paddar
2. Passar inte för <20 mil pitch SMD & BGA
3. Risk för överbryggning mellan små isolationer
4. Inte idealisk för HDI-produkter

**LF HASL – Blyfri varmförtenning**

Typisk tjocklek 1 – 40 µm. Lagringstid: 12 månader



1. Mycket god lödbarhet
2. Relativt låg kostnad
3. Medger stort processfönster
4. Beprövad ytbehandling
5. Multipla lödoperationer



1. Skillnad i tjocklek/ytstruktur mellan stora och små paddar
2. Hög processtemperatur 260-270°C
3. Inte lämplig för <20 mil pitch SMD & BGA
4. Risk för överbryggning mellan små isolationer
5. Inte idealisk för HDI-produkter

### **ENIG – kemiskt guld**

Typisk tjocklek 3 – 6 µm Nickel / 0,05 – 0,125 µm Guld. Lagringstid: 12 månader



1. Mycket god jämnhet
2. Lämpligt för mindre ledar /BGA/mindre komponenter
3. Beprövad process
4. God lödbarhet
5. Bondbart (AL wedge)



1. Kostnadskrävande ytbehandling
2. "Black pad" problematik (speciellt vid BGA)
3. Aggressiv mot lödmask – större lödmaskbrygga föredras
4. Undvik lödmaskdefinierad BGA-design
5. Plugga/täck inte enkelsidigt

### **Kemiskt tenn**

Typisk tjocklek  $\geq$  1,0 µm. Lagringstid: 6 månader



1. Kemisk ytbehandling = mycket god jämnhet
2. Lämpligt för fina ledare / BGA / mindre komponenter
3. Medelhög kostnad för blyfri ytbehandling
4. Lämplig för press fit
5. Bra lödbarhet



1. Mycket känslig hantering – handskar måste användas
2. Risk för whiskers – trådutväxter av tenn
3. Aggressiv mot lödmask – lödmaskbrygga ska vara  $\geq$  5 mil
4. Bakning före lödning kan ha en negativ effekt på lödbarheten
5. Avdragbar lödmask rekommenderas inte
6. Plugga eller täck aldrig enkelsidigt

### Kemiskt silver

Typisk tjocklek 0,12 – 0,40 µm. Lagringstid: 6 månader



1. Kemisk ytbehandling = mycket god jämnhet
2. Bra för fina ledare / BGA / mindre komponenter
3. Medelhög kostnad för blyfri ytbehandling
4. Kan omarbetas
5. Medelgod hållbarhet om de förpackas väl



1. Kräver speciell hantering/känslig för repor – handskar måste användas
2. Kräver speciell förpackningsrutin – om förpackningen öppnas och alla kort inte används måste återförsegling ske snabbt
3. Tiden mellan multipla lödoperationer måste hållas kort
4. Avdragbar lödmask rekommenderas inte
5. Plugga eller täck aldrig enkelsidigt

### OSP (Organic Solderability Preservative)

Typisk tjocklek 0,20 – 0,65 µm. Lagringstid: 6 månader



1. Mycket god jämnhet
2. Lämplig för fina ledare/ BGA / mindre komponenter
3. Låg kostnad
4. Kan omarbetas
5. Ren, miljövänlig process



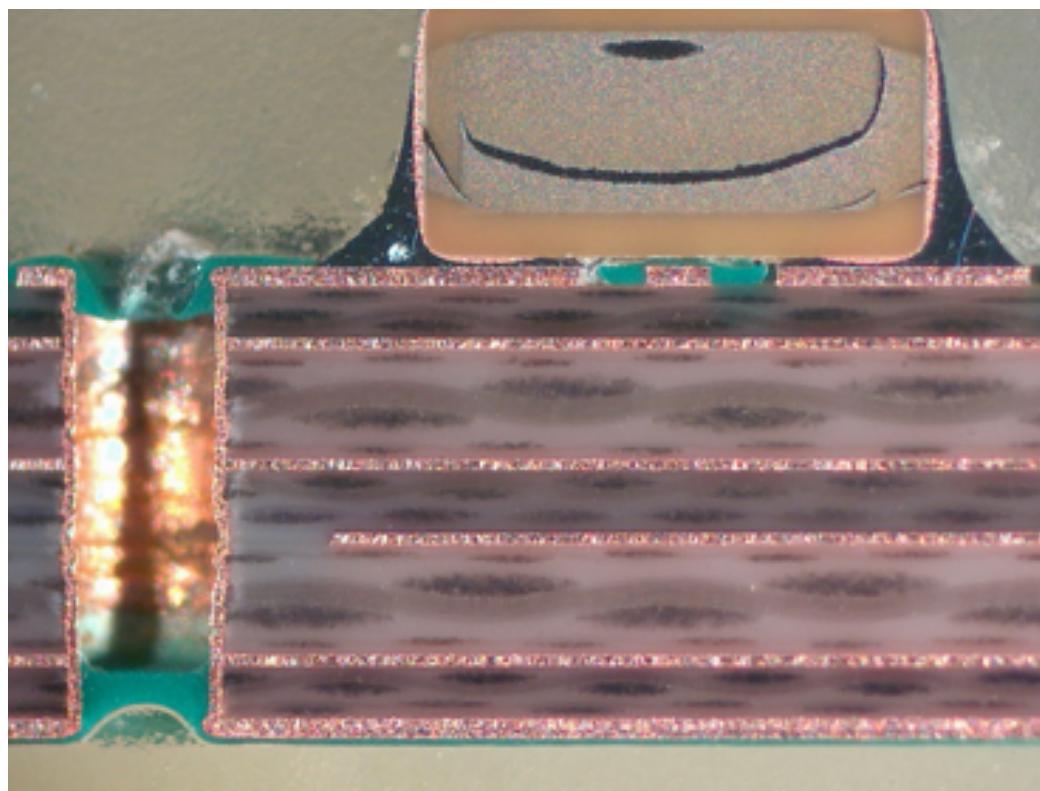
1. Väldigt känsligt för hantering, handskar måste användas och repor undvikas
2. Tiden mellan multipla lödoperationer måste hållas kort
3. Olämplig där multipla lödoperationer krävs
4. Begränsad lagringstid – passar inte vissa fraktsätt och lång lagerhållning
5. Mycket svår att avsyna
6. Tvättning av feltryckt lodpasta kan ha en negativ effekt på ytbehandlingen
7. Bakning före lödning kan ha en negativ effekt på lödbarheten

**Viahålstäckning/Pluggning.** Detta är nog den punkt där det brukar finnas störst brister i underlagen/specifikationerna med mycket veka krav eller helt avsaknad av krav. Detta trots att det är en av de viktigaste punkterna av alla för att skapa förutsättningar för en kvalitativ produkt med hög driftsäkerhet. Är slutprodukten dessutom avsedd att användas i en tuffare miljö så blir detta ännu mer kritiskt. Det är stor skillnad på påfrestningarna på ett kretskort som sitter i en gråvattenpump i ett reningsverk utanför Sao Paulo gentemot ett kretskort som sitter i en luftkonditionerad serverhall i Stockholm.

Generellt så finns det egentligen bara två optimala situationer för ett viahål. Det ena

är att det är helt öppet eftersom eventuell fukt som kommer in då kan ventileras ut och det är då också skyddat av ytbehandlingen. Det andra scenariot är att viahålet är 100% fyllt med ett dedikerat pluggmaterial och sedan stängt i lödmasken från båda sidor, detta skapar ett bra skydd där ingen fukt eller kontaminering kan komma ner i hålet.

Då många underlag helt saknar krav så styrs resultatet av lödmaskens öppningar eller brist på öppningar. Detta leder ofta till en viahålsvägg som är delvis täckt av lödmask, delvis exponerad koppar och delvis täckt med ytbehandling. Detta scenario kan leda en mängd bekymmer senare i form av korrosion och migrationer.



Exempel på bristfälligt skyddat/täckt viahål

 Studera IPC-4761 (Design Guide for Protection of Printed Board Via Structures) och se vilka möjligheter till pluggning som finns och även vilka risker som finns vid felaktig täckning. Om man inte har en produkt som är extremt prispressad så rekommenderas det stark att pluggningen utförs enligt metoderna VI eller VII, hör gärna med din mönsterkortsproducent vilka viahållstorlekar som är möjliga att plugga och på vilket sätt.

**Toleranser.** Mekaniska toleranser är nödvändiga för att mönsterkorten skall passa i slutproduktens hölje. Här lämnar IPC-6010 serien det hela väldigt öppet för kunden att sätta de toleranser som behövs, man kan säga att det mer eller mindre saknas generella toleranser.

Vad som är viktigt att förstå här är att snäva mekaniska toleranser på mönsterkort normalt sett är mycket svårare att uppnå än på precisionsbearbetade mekaniska delar. Så ett gott råd är att inte bygga in några avancerade toleranser och toleranskedjor i själva mönsterkortet. Försök istället tillåta att tjocklekstoleransen på mönsterkort får vara +/- 10% och alla mekaniskt frästa konturer +/- 0,15mm.

**Koppartjocklek/plätering.** När det gäller koppartjocklek så används en väldigt gammal definition där koppartjockleken på folien uttrycks i ounce/ft<sup>2</sup>. De vanligaste tjocklekarna som används är:

1/3 Oz = 12 µm

1/2 Oz = 18 µm

1 Oz = 35 µm

2 Oz = 70 µm

3 Oz = 105 µm

Det bästa är att specificera basfoljetjockleken på ytter och innerlager, och sedan

använda de bra tabeller som finns i både IPC-6012 och IPC-A-600. Dessa visar vilken minsta koppartjocklek du kan förvänta dig på de pläterade lagren (normalt ytterlager) och även på de enbart etsade lagren (normalt innerlager). Det vanligaste är att ytterlagrens tjocklek blir ca. 20 µm tjockare med plätering enligt IPC klass II och ca. 25 µm tjockare med plätering enligt IPC klass III, så baskopparen plus kopparpläteringen brukar ibland anges som slutlig koppartjocklek eller "finished copper".

Den koppartjocklek som kan betraktas som standard och som normalt fungerar för de flesta mönsterkort är 35 µm på innerlager och 18 µm på ytterlager.

Kopparfolien finns i många kvalitéter och är normalt definierad enligt IPC-4562. På standardkort är det ofta överkurs att specificera foliens egenskaper, men på kort med höga signalhastigheter (>5 GHz) och längre ledare så kan detta vara en nödvändighet för att minimera förluster.

 I de fall diskussioner om specifika lösningar har förts mellan Utvecklare/Tillverkare/mönsterkortstillverkare under utvecklingsarbetet så måste den informationen komma med i offertunderlaget.

 I bilagan "Tillförlitlighet hos mönsterkort"

### 5.3.4 Bill Of Material/BOM

BOM (Bill of Material) är ett dokument där det går att spara mycket framtida besvärs om man lägger tid på det och håller det uppdaterat under projektet.

Ju mer information du inkluderar i BOM:en desto mer precis offert får du i retur från Tillverkaren när du skickar ut din offertförfrågan. Ditt projekt sparar också

mycket tid på alla frågor som Tillverkaren slipper att ställa. Sannolikheten att ditt kretskort fungerar som du tänkt ökar då rätt komponenter med rätt värden monteras på rätt plats. För komponenter där fabrikatet är kritiskt för kretsens funktion är det viktigt att fabrikatet är tydligt markerat i BOM:en så Tillverkaren vet att det inte får bytas ut.

Det finns två mallar att ladda ner som är uppbyggda på lite olika sätt. Du använder den som passar dig bäst. Båda mallarna ska ses som en bra utgångspunkt och behöver du fler kolumner lägger du bara till dessa.

 BOM\_A, BOM\_B

**En bra grundregel** är "en komponent - en rad" och att det på den raden förutom komponenttillverkarens namn och artikelnummer finns plats för Tillverkarens artikelnummer, elektriska prestanda, kort beskrivning och gärna Second Source om det finns någon. Minst lika viktigt som Second Source är att det tydligt framgår om komponenten inte får bytas ut på grund av att dess egenskaper är unika för funktionen.

**AML och AVL** (Approved Manufacturer List och Approved Vendor List). Olika Produktägare har olika strukturer för BOM och AML. Vissa har BOM- och AML-informationen i samma dokument medan andra väljer att skilja dem åt. 

**Revisionshantering** är mycket viktigt! Att referera till "det senaste dokumentet" kan få katastrofala följer. Alla ändringar ska göras skriftligt. Muntliga överenskommelser måste bekräftas skriftligt för att minska risken för missförstånd eller att något glöms bort. Ta för vana att alltid uppdatera relevanta dokument och se över din revisionshantering så att de är aktuella.

**Filformat.** BOM'en är både ett arbetsdokument och ett original, därför är det viktigt att den skickas både i PDF- och Excelformat. Då får Tillverkaren ett dokument de enkelt kan bearbeta för att jobba så rationellt som möjligt samtidigt som originalet i PDF-format finns där som säkerhet. Istället för Excel fungerar även kommaseparerat ASCII-format hos de flesta Tillverkare.

 Skicka alltid BOM'en i både PDF- och Excelformat till Tillverkaren.

 Se till att det på varje komponentrad finns information om komponenten är yt- eller hålmonterad och om den är monterad på primär eller sekundärsidan. Denna information underlättar mycket för Tillverkaren.

### 5.3.5 Panelritning

För att effektivisera tillverkning och montering av kretskort så placeras de normalt i större paneler vilka innehåller ett flertal kretskort. Standardiserade storlekar på mönsterkort minskar antalet omställningar av monteringsmaskinerna vilket gör tillverkningen effektivare. En annan effekt är att mönsterkortstillverkarna i sin tur kan optimera sina processer.

**Utformningen av paneler** bör du som Utvecklare låta din Tillverkare ta hand om, baserat på din kravställning. Det är viktigt att panelerna utformas så att de blir så stadiga som möjligt då ostadiga paneler medför en stor osäkerhet i tillverningsprocessen. Vanliga standardstorlekar som mönsterkortstillverkarna tillhandahåller är 130×200, 180×200, 200×270 och 270×420mm och det är på dessa panelstorlekar dina kretskort placeras in. Lösa mönsterkort kan hanteras direkt av

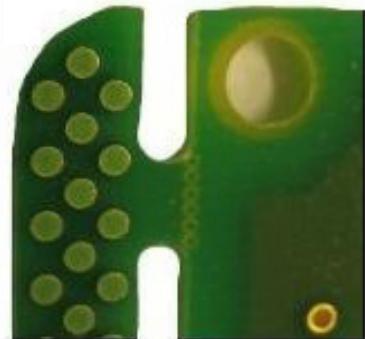
monteringsmaskinerna ner till storlekar av ungefär 80x80 mm, men hanteringen blir oftast mycket mer rationell om man använder hela paneler.

Det finns ett antal saker att ta i beaktande vid utformningen av paneler:

**Maskinprogrammering och avsyning** förenklas om korten är symmetriskt placerade i panelen. Om inga produktionsmässiga aspekter hindrar bör exempelvis spegelvända, roterade och förskjutna panelrader undvikas.

**Screen-tryckningen** blir problematisk om korten inte ligger dikt an mot plåten. Komponenter fjädrar mot kortet och rubbas lätt ur sitt läge om korten sviktar under montering. Ostadiga kort slår sig ytterligare i ugnen vilket medför problem vid fortsatt hantering och verifiering, exempelvis för montering på kortets sekundärsida. Den automatiska avsyningen blir problematisk eller i vissa fall omöjlig att genomföra med skeva paneler. Den mekaniska stress som böjning och skevning innebär leder till att korten inte uppnår sin beräknade livslängd.

**Kanternas utformning** på panelerna är viktig för att panelerna ska kunna hanteras utan problem i transportsystemet. År hörnen för skarpa riskerar panelerna att fastna i maskinerna och kraften i transportsystemet är fullt tillräcklig för att skada korten. Om korten ska ha raka kanter och skarpa hörn kan man sätta en avrundad brytlist på främre kanten, se figur nedan. Din Tillverkare kan ge besked om rekommenderad radie.



Avrundad brytlist mot färdriktningen

**Minimiavstånd** till lödytor, komponenter och referenspunkter bör också beaktas då panelen hanteras i maskinerna. Den Tillverkare du valt att arbeta med kan ge besked om erforderligt minsta avstånd för aktuella maskiner.

**Brytpunkter.** Kort placerade i paneler skall ha brytpunkter utplacerade så att kortet sitter stadigt i panelen och hindras från att röra sig under hantering. Antalet brytpunkter bestäms av kortets storlek, tjocklek, tyngd, material, hur stora hål som borras i brytpunkterna och kortets design. Din Tillverkare kan ge besked om lämplig utformning och placering av brytpunkterna så de passar aktuell monteringsmaskin.

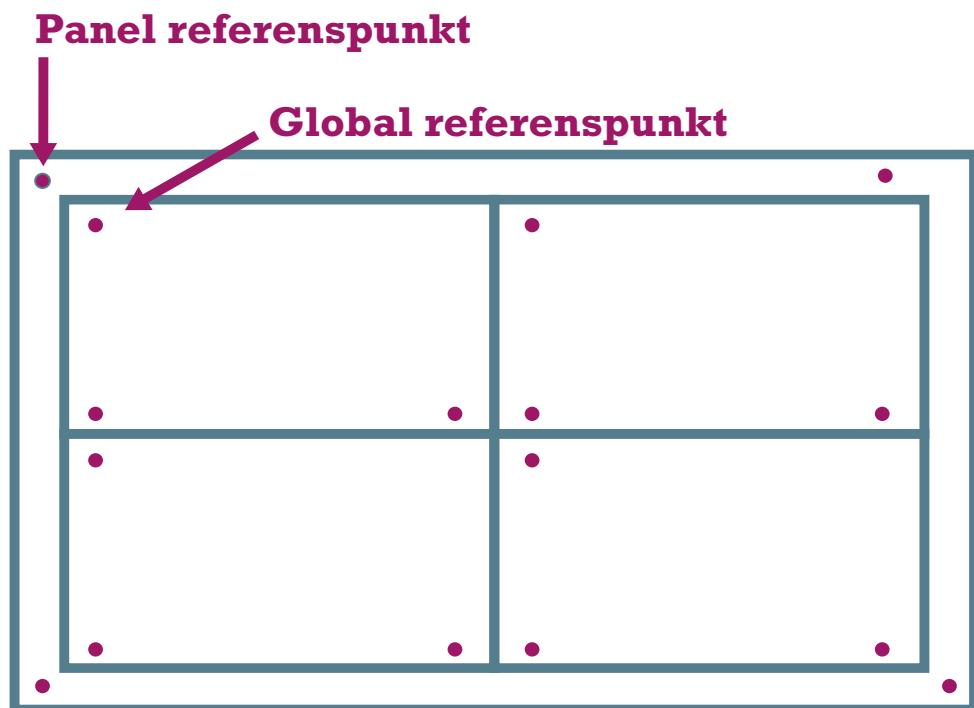
**Referenspunkter** eller Fiducial, används av monterings- och avsyningsmaskinerna för att uppnå en tillräcklig noggrannhet. Saknas referenspunkter försämrar noggrannheten vilket påverkar resultatet och i värsta fall omöjliggörs montering och automatisk avsyning helt. Det finns tre olika typer av referenspunkter:

- Panel – Används för att hitta själva panelen och verifiera att den är rätt vänd i maskinen.
- Global – Används för att få en bättre noggrannhet på varje singelkort i en panel. För att underlätta montering och avsyning bör man placera minst två, helst tre globala referenspunkter per singelkort. Fler referenspunkter än tre fyller ingen funktion.
- Lokal – Används för kretsar med fin bendlning vilka kräver särskild noggrannhet för sin placering och avsyning.

**Placeringen av referenspunkterna** är viktigt då man kan utnyttja dessa till att förenkla tillverkningsprocessen och förebygga problem som exempelvis felmontering. Figuren

nedan visar hur Panel- och Globala referenspunkter bör placeras för att uppnå ett gott resultat. För att uppnå högsta möjliga noggrannhet bör avståndet mellan referenspunkterna vara så stort som möjligt, bäst är att placera punkterna nära kortets hörn. För att eliminera möjligheten att kortet vänds fel i monteringsmaskinerna, bör referenspunkter placeras osymmetriskt. På dubbelsidiga kort bör punkterna vara placerade så att punkterna inte kan hittas om korten placeras med fel sida upp. Tiden som varje panel upptar i montering minskar om referenspunkternas placering framgår av koordinatdata (pick and place fil) och på placeringsritningen.

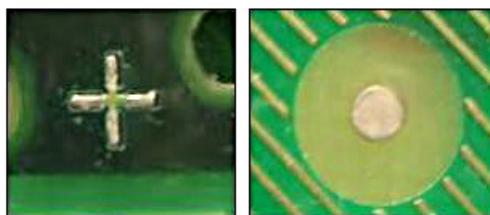
Referenspunkterna bör placeras minst 5 mm från kortkanten, annars riskerar punkterna att döljas av maskinernas kortfixeringsstöd.



Panel med fyra singelkort

**Referenspunktens utförande** är lika viktig som dess placering. Felaktigt utförda referenspunkter kan resultera i att maskinerna inte lyckas lokalisera dessa. Det är rekommenderat att använda referenspunkter utformade som en punkt eller ett plustecken, se figur nedan. De bör inte vara mindre än 1,0 mm i diameter, och inte större än 2,0 mm. Rekommenderad storlek är 1,5 mm. Det är viktigt att punkterna är utförda så att de tydligt kontrasterar mot mönsterkortets färg, eftersom det annars kan uppstå problem att urskilja referenspunkten mot bakgrunden.

**Ytan på referenspunkten** skall vara jämn. Med tenn/bly-belagda (HASL) mönsterkort erhålls ofta referenspunkter med konvex yta. Dessa resulterar i dålig noggrannhet vid avläsningen. Ställ krav på noggrannhet från PCB-leverantören eller använd exempelvis kemiskt tenn eller guld som beläggning vilket ger helt plana punkter. Normalt kan samma oxidskydd användas på referens-punkten som på övriga kortet. Ytan måste dock fortfarande vara plan.



Rekommenderade utformningar av referenspunkter



Utformningar av referenspunkter man bör undvika

Punkter under 1,0 mm i diameter, fyrkanter och cirklar med hål kan hanteras men bör undvikas, se figur nedan. Referenspunkter utformade som dubbla plustecken eller dubbla fyrkanter, så kallade diamonds, stöds inte av alla maskiner och bör således även de undvikas helt. Vid användning av "multi-board" så ska alla referenspunkter på samtliga kort vara av samma typ och ha samma yta. Det bör alltså sitta referenspunkter på samtliga kort oavsett om de sitter i panel eller är singulkort. Detta för att man skall kunna säkerställa en mer exakt fixering av kortet.

### 5.3.6 Schema

Tillverkaren behöver egentligen inte det elektriska schemat för att tillverka krets-kortet, men det kan ändå finnas fördelar med att bifoga det; du ger Tillverkaren en ökad möjlighet till produktförståelse och det behövs för framtagning av vissa produktionstester eller vid felsökning.

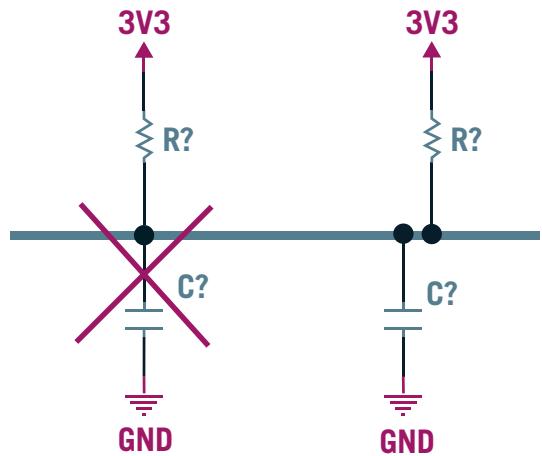
Schemat är grundbulten i den elektriska konstruktionen och visar hur komponenterna är sammankopplade. Ett schema bör även innehålla direktiv till den som gör layouten, så att den personen blir uppmärksammat på kritiska delar i konstruktionen. Hur man ritar ett schema är mycket en smaksak och beror även på vilket CAD-program man använder, men nedan listas ändå några tips som kan vara bra att tänka på:

- Om schemat omfattar flera sidor, försök att gruppera funktioner så att varje sida kan få en kort rubrik.
- Signaler ska i möjligaste mån gå från vänster till höger.

- Packa inte sidorna för fulla.
- Håll schemasidorna i liggande A3 eller A4, så blir de läsbara på utskrifter och på helskärm.
- Försök få ett flöde i schemat som motsvarar funktionen. Lägg exempelvis avkopplingskondensatorer i schemat nära de pinnar som de ska avkoppla.
- För komponenter som har utbytbara pinnar, exempelvis GPIO (General Purpose Input/Output) på processorer, välj pinnar efter vad som blir bra i layouten snarare än vad som faller sig naturligt i schemat.
- Välj signalnamn så att de säger något om vad signalen är och ha inte flera namn som är förvillande lika men olika, t ex både +5V och 5V.
- Skriv information i schemat som underlättar granskning, t ex hur höga strömmar block eller utgångar är dimensionerade för.
- Märk ut isolationsbarriärer och farlig spänningar om sådana finns.
- Strukturera numreringen av komponenter på ett stringent sätt, t ex att alla komponentnummer börjar på 100 på sidan 1 och 200 på sidan 2 etc. Fördelen är att i BOM och layout får komponenterna

automatiskt med sig viss information om vilket funktionsblock de hör hemma i och var i schemat man kan hitta dem.

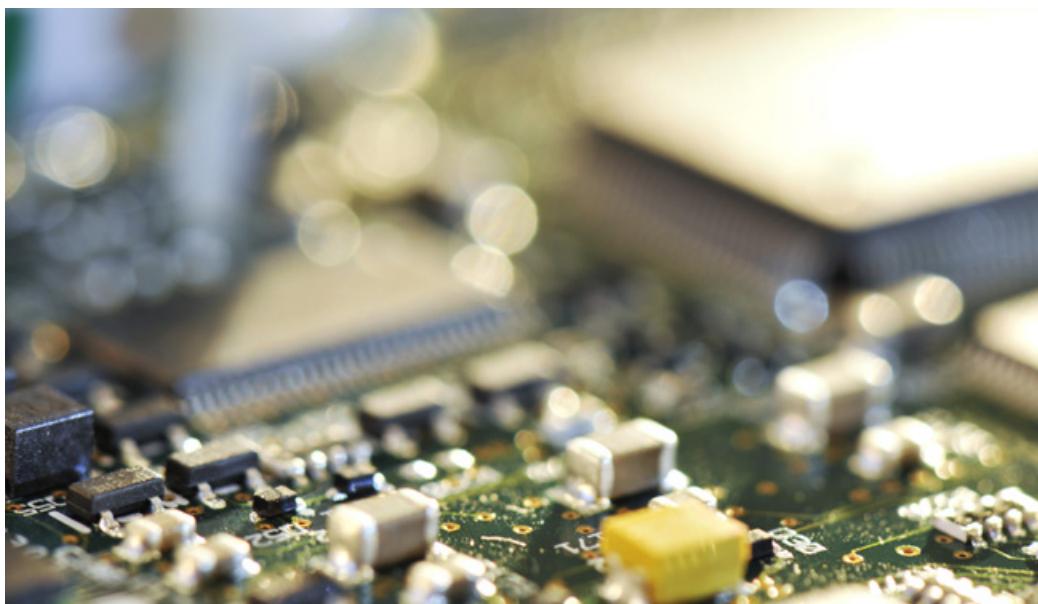
- Undvik fyrvägskorsningar. De går att förväxla med två ledare som korsas utan att anslutas.



Val av CAD-program är inte alltid lätt. Att fråga andra med lång erfarenhet och ta del av deras erfarenheter är troligen den bästa vägen. Hur avancerat program du behöver beror delvis på hur avancerade konstruktioner du ska arbeta med. Det finns ett antal gratisverktyg på marknaden som fungerar bra men som inte alltid räcker till.

## 6. Efter Tillverkning

Tillverkningen är klar och produkten har levererats! Om det handlar om serietillverkning är detta en rutinmässig händelse men är det en prototyp som levererats är det kanske första gången Produktägaren och Utvecklaren får se sin vision i verkligheten, vilket kan känna som rena julafoton! Handbokens syfte är inte att beskriva hur du utvärderar en prototyp, men detta kapitel ger dig några tips du kan ta med dig till perioden efter tillverkningen.



### 6.1 Ankomstkontroll och verifiering

Tillverkaren har normalt bra koll på sina processer men ibland kan något ha blivit fel, så kontrollera åtminstone ett eller några stickprov av levererat gods.

Om det är prototyper som inte fått individmärkning hos Tillverkaren; sätt en etikett med ID-nummer på produkten så fort den plockas ut ur förpackningen så har du skapat ett minimum av spårbarhet. Om du inte har ett mer avancerat serienummer-system kan det räcka med "P1-1", "P1-2" ... Det kan också vara mycket användbart med en "individlogg" där man håller koll på

prototyperna och vilka särskilda egenskaper de har eller de förändringar som gjorts. Verifieringens omfattning kan variera enormt så här är några allmänna tips till dig:

 Dokumentera vilka tester som gjorts och på vilken revision av hårdvara respektive mjukvara.

 Om det finns skillnader i bestyckning eller funktion mellan olika individer bör det även dokumenteras vilka individer som testats och hur de testats.

## 6.2 Producerbarhet

Både efter första produktionsrundan och senare i volymproduktion kan du få mycket information, synpunkter och tips av Tillverkaren. De har goda möjligheter att komma med synpunkter och tips kring producerbarhet, underlag, byggsätt, komponentval osv.

- Innehåller kretskortet konstruktionslösningar eller materialval som gör slutprodukten onödigt dyr?
- Innehåller kretskortet komponenter med lång ledtid?

- Finns det krav på stor MOQ (Minimum Order Quantity) från komponentleverantörer som gör att man måste hålla stora lager av komponenter?

Tillverkaren sitter inne med mycket kunskap och erfarenhet som de gärna delar med sig av. Missa inte att fråga om feedback och ta med synpunkterna till nästa prototypomgång eller då (serie)produkten ska uppdateras längre fram.

## 6.3 Återkoppling

En grundbult i arbetet med ständiga förbättringar är att använda de synpunkter som respektive kund/leverantör har på varandras utförda arbete. Det är bra om beställaren av ett kretskort aktivt ber om återkoppling på tex tillverkningsunderlagens kvalitet och konstruktionens producerbarhet. På samma sätt är det viktigt att Tillverkaren får synpunkter på felaktigheter i producerade enheter, t.ex. brister

i lödkvalitet, felaktiga komponenter etc. En kontinuerlig öppen dialog är ett viktigt verktyg för ökad konkurrenskraft. På det sättet kan man med gemensamma åtgärder förbättra produktens kvalitet, korta ledtider och samtidigt sänka kostnader i produktion.

 Återkoppla också när det går bra och fungerar! Alla människor mår bra av uppmuntrande ord.

## 6.4 Ändringshantering

Hur noggrann du än varit när du konstruerat din produkt så kommer den med hög sannolikhet att behöva ändras på. Detta kan t.ex. bero på att någon komponent har nått End of Life, konstruktionsfel, ny funktionalitet som ska införas eller något annat. Mellan två prototypomgångar ändras vanligen mycket på kretskortet och då skickar man helt enkelt nya underlag till tillverkaren

som då i stort sett börjar om från början med beredningen. Om din produkt däremot går i serieproduktion eller om det är små ändringar som ska göras kan det vara mer effektivt att bara beskriva ändringarna än att skicka alla underlag på nytt.

**ECN, ECR och ECO** (Engineering Change Notice, Engineering Change Request och

Engineering Change Order) är vanligen de tre stegen vid förändringar i en produkt eller i ett kretskort i större organisationer. I mindre organisationer använder man oftast bara en ECO (Ändringsorder) direkt.

Dokumenthanteringssystem finns i många olika varianter. Större företag med ett större antal egna produkter använder sådana system som även stödjer ändringshantering och revisionshantering. Men om du arbetar på ett företag som saknar denna typ av system bör du ha en plan för hur du

gör ändringar i dina underlag, dokumenterar dessa och kommunicerar dem med tillverkaren. Det har du mycket glädje av över tid.

**Ändringsordern skickas** oftast till Tillverkaren av Produktägaren eller (på Produktägarens uppdrag) av den som konstruerar produkten. Tillverkaren kan naturligtvis föreslå förändringar av olika slag, men ändringarna bör inte införas förrän man är tydligt överens om det, t ex genom att en ECO skrivits och godkänts av båda parter.



 Till din hjälp finns en ECO-mall som bilaga till Handboken, se kortfattad beskrivning av mallen nedan. Om du inte vill använda mallen så går det också bra att beskriva de ändringar du vill att Tillverkaren gör i ett textdokument, men även då har du nyta av tipsen nedan.

 Ta tidigt upp med Tillverkaren att en ändring är förestående. Då ger du Tillverkaren möjlighet att föreslå flera förbättringar som förhoppningsvis höjer kvaliteten, sänker kostnaderna eller både och.

-  Beskriv kortfattat i fritext varför ändringarna görs.
-  Ange kontaktperson hos Produktägare/ Utvecklare respektive Tillverkare.
-  En ändring innebär så gott som alltid extra kostnader, förändrad process, överblivet material, nya plåtar till ytmonteringsmaskinen etc. Säkerställ att ni är överens med Tillverkaren om kostnaderna och hur de ska fördelas.
-  Var tydlig med när ändringen ska införas (snarast/när utbytt material slutförbrukats/annan tidpunkt) och vad som ska hända med material som eventuellt blir över (t.ex. skrotning). Rätt hanterat och i dialog med Tillverkaren kan ofta överblivet material elimineras.
-  Påverkas redan producerade och ännu ej levererade enheter och ska de också revideras?
-  En ECO per produkt är en bra tumregel. Om ECO'n blir komplicerad kan det bero på att du försöker täcka in många ändringar som egentligen inte har med varandra att göra i en ECO. Om du gör ändringar i flera produkter samtidigt som påverkar varandra kan du behöva ange i ECO:erna i vilken ordning de ska införas eller om alla måste införas samtidigt.

#### Beskrivning av ECO-mallen:

Mallen är gjord i Excel, men när den skickas till Tillverkaren bör den skickas som pdf-fil.

- Om du inte vet vad du ska skriva i de olika fälten; ta upp diskussionen med Tillverkaren. Exempelvis kan det vara svårt för Utvecklaren att ha koll på om en ändring påverkar produktionstester eller tillverkningsmetod.
- I mallen finns tre typer av ändringar: Produktrevisionsstegning, Dokumentändring och Materialändring:
  - **Produktrevisionsstegning:** De ändringar som görs är så pass stora eller betydelsefulla att produktrevisionen höjs. Genom att höja produktrevisionen går ändringen lätt att spåra, vilket är viktigt om den t.ex. påverkar kompatibiliteten med andra delar av systemet.
  - **Dokumentändring:** Revisionsändringar av dokument. Det kan vara ändringar som påverkar produktrevisionen eller inte. De måste dock inte göra det, utan det kan vara förtydliganden i monteringsinstruktioner eller liknande.
  - **Materialändring:** Här skrivs de detaljerade materialförändringarna in. Det kan t.ex. vara R213 som ändras från  $10\Omega$  till  $15\Omega$  eller kretskortet ABC123 som byts till kretskortet CDE456.

## 7. Mallar, Lästips och annat nyttigt

**Mallar till handboken som finns att ladda ner utan kostnad på [www.svenskelektronik.se](http://www.svenskelektronik.se):**

<b>Mall</b>	<b>(Filnamn)</b>
1. Offert Prototyp	(Offert_Prototyp_Mall)
2. Offert Serieproduktion	(Offert_Serieproduktion_Mall)
3. Beställning av tillverkning av kretskort	(Beställning_Mall)
4. Dokumentöversikt	(Dokumentöversikt_Mall)
5. Dokumentöversikt, ifyllt exempel	(Dokumentöversikt_Mall_Exempel)
6. Produktbeskrivning	(Produktbeskrivning_Mall)
7. Produktbeskrivning, ifyllt exempel	(Produktbeskrivning_Mall_Exempel)
8. BOM, enklare version	(BOM_A_Mall)
9. BOM, enklare version, ifyllt exempel	(BOM_A_Mall_Exempel)
10. BOM, större version	(BOM_B_Mall)
11. BOM, större version, ifyllt exempel	(BOM_B_Mall_Exempel)
12. BOM & AML	(BOM_AML_Approval)
13. PCB Specification	(PCB_specification_Mall)
14. Test Data Specification (TDS)	(Test instruction_Mall)
15. Ändringsorder/Engineering Change Order	(ECO_Mall)
16. Revisionsändring	(Revisionsändring_Mall)
17. Revisionsändring	(Revisionsändring_Mall_Exempel)

### Checklista

18. RFQ checklista (RFQ\_Checklista)
19. Checklista för inköpare, se IPC Checklista för produktion av Rigida PCBAs sid. 12 och sid. 14
20. Generell Projektchecklista, se IPC Checklista för produktion av Rigida PCBAs sid. 8. IPC Checklista för produktion av Rigida PCBAs finns på Svenska för medlemmar i Svensk Elektronik att ladda ner på [www.svenskelektronik.se](http://www.svenskelektronik.se). Den finns på Engelska att ladda ner från [www.ipc.org](http://www.ipc.org). Där finns också IPC's hela sortiment av standarder till försäljning.

**Bilagor som finns att ladda ner utan kostnad på [www.svenskelektronik.se](http://www.svenskelektronik.se).**

21. Parlör, som innehåller de flesta uttryck och förkortningar du behöver för att klara kommunikationen mellan Produktägare, Utvecklare och Tillverkare. (Parlör)
22. Tillförlitlighet hos mönster- och kretskort (Tillförlitlighet\_hos\_mönster\_och\_kretskort)
23. EU Direktiv och regelverk (EU\_Direktiv\_och\_regelverk)

**Avtal med hänvisning var de hittas på nätet. Orgalime och Incoterms tar betalt för sina dokument:**

Avtal	
a. NDA	<a href="http://www.svenskelektronik.se">www.svenskelektronik.se</a>
b. SEAL 2012	<a href="http://www.svenskelektronik.se">www.svenskelektronik.se</a>
c. NL09	<a href="http://www.teknikforetagen.se">www.teknikforetagen.se</a>
d. SEAL-K 2012	<a href="http://www.svenskelektronik.se">www.svenskelektronik.se</a>
e. Orgalime 2012	<a href="http://www.orgalime.org">www.orgalime.org</a>
f. Incoterms 2010	<a href="http://www.incoterms.se">www.incoterms.se</a>

**Andra källor till kunskap är Utvecklarnas (Konsultbolagens) och Tillverkarnas (EMS/Legotillverkarnas) hemsidor.**

Mer om Smartare Elektroniksystem och Kompetensnaven:  
[www.smartareelektroniksystem.se](http://www.smartareelektroniksystem.se)

## 8. Om Handboken

Denna Handbok har tillkommit som ett delprojekt inom Smartare Elektroniksysteem, [www.smartareelektroniksystem.se](http://www.smartareelektroniksystem.se), som är ett Vinnovafinansierat projekt.

**Arbetsgruppen** som under 2017 har jobbat med att ta fram den här Handboken har bestått av medarbetare från nedanstående företag och organisationer. Förutom arbetstid har de bidragit med material i form av texter, bilder och mallar som hanvänts som underlag för denna Handbok:

- Branschorganisationen Svensk Elektronik
- Atlas Copco AB
- Elektronikkonsult AB
- Eskilstuna Elektronikpartner AB
- Frikab AB
- Inission AB
- Mycronic AB
- NCAB
- Note AB
- Orbit One AB
- Prevas AB
- Swerea IVF
- ÅF AB

Denna Handbok med Mallar och Bilagor är skriven baserad på all den samlade kunskap och erfarenhet alla i arbetsgruppen har inhämtat under sina år i elektronikbranschen. Trots att vi har gått igenom materialet noggrant ett flertal gånger kan vi inte garantera att det inte har smugit sig in felaktigheter och alla som använder sig av innehållet i Handboken gör det på eget ansvar. Arbetsgruppen tar inte på sig något ansvar för fel eller skador som uppstår inom de områden den här Handboken omfattar.

Handboken, bilagorna och mallarna finns att ladda ner från [www.svenskelektronik.se](http://www.svenskelektronik.se).

**Upphovsrätt.** Denna Handbok får användas och spridas fritt i sin helhet. Om bilder eller delar av texterna används i andra sammanhang ska ursprunget uppges.

**Bildkällor.** Nämnda källor har bidragit med bilderna på följande sidor:  
Mycronic: 9, 23, 25, 26, 31, 35, 52, 54  
Mycronic/Teltex: 32  
Elektronikkonsult: 22, 51  
IPC: 24  
NCAB: 45

### Har du synpunkter och vill bidra till Handbokens utveckling? Kontakta:

Maria Månsson, Ordförande i Smartare Elektroniksysteems Värdekedjoråd;  
[maria.mansson@smartareelektroniksystem.se](mailto:maria.mansson@smartareelektroniksystem.se)

Mats Andersson, Processledare för Handboken;  
[mats.andersson@smartareelektroniksystem.se](mailto:mats.andersson@smartareelektroniksystem.se)

## 8.1 Revisionsbeskrivning

2017 December: Första utgåvan.



[www.smartareelektroniksystem.se](http://www.smartareelektroniksystem.se)

**Smartare  
Elektroniksystem  
för Sverige**