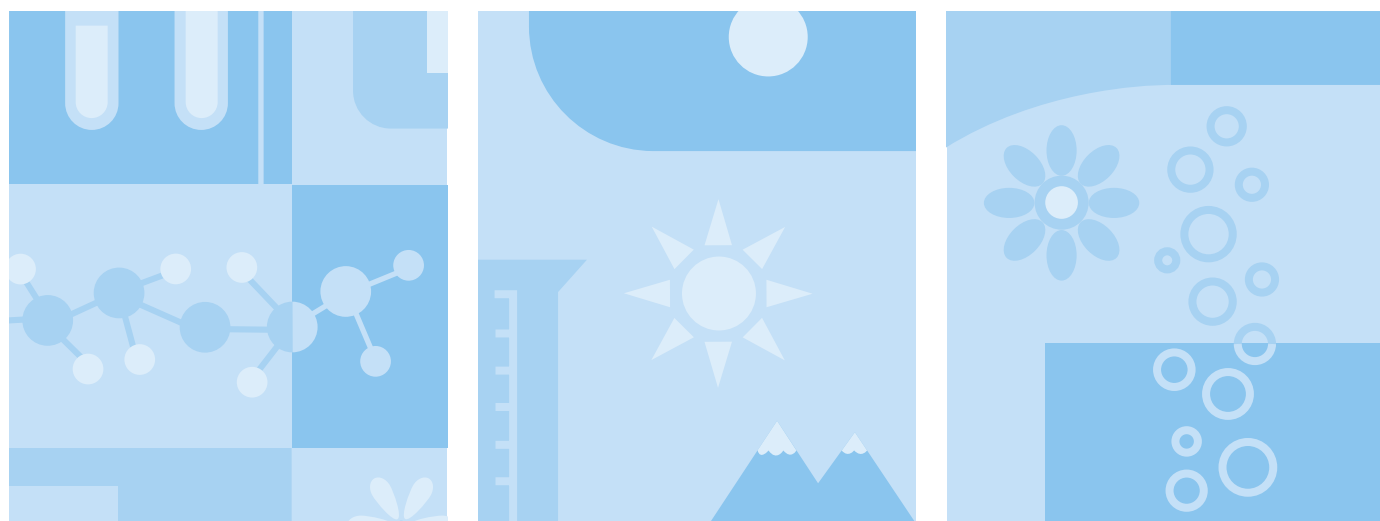


# Kemiska ämnen i elektroniska komponenter





# **Kemiska ämnen i elektroniska komponenter**

Best.nr. 511 044

Sundbyberg, april 2012

Utgivare: Kemikalieinspektionen©

Beställningsadress: CM Gruppen, Box 11063, 161 11 Bromma

Tel: 08-5059 33 35, fax 08-5059 33 99, e-post: kemi@cm.se

Rapporten finns som nedladdningsbar pdf på [www.kemikalieinspektionen.se](http://www.kemikalieinspektionen.se)

## Förord

Regeringen har gett Kemikalieinspektionen i uppdrag att ta fram en handlingsplan för en giftfri vardag. Genomförandet av handlingsplanen kommer att innebära samarbete med andra myndigheter, näringslivet, forskarsamhället, miljöorganisationer och konsumentorganisationer. Genom dialogarbete med branscher som svarar för en stor del av varuflödet till konsumenter ska det frivilliga riksminskingsarbetet stimuleras. En förutsättning för en givande dialog och gemensamma bilder av var problemen kan finnas är ett bra kunskapsunderlag.

En av de varugrupper som utpekats som angelägen för dialog är elektronik. Målet med den här utredningen är att öka kunskapen om innehållet av kemiska ämnen i elektronikens minsta byggstenar, de elektroniska komponenterna. Ökad kunskap om kemiska ämnen i elektronik har också en direkt användning i utveckling av de regelverk som är specifikt inriktade mot denna varugrupp, i synnerhet RoHS-direktivet. Inom den globala kemikaliestrategin, SAICM pågår också ett arbete med fokus på ökad information om farliga ämnen i varor där Sverige är drivande. Just nu utförs fallstudier för plastleksaker, mobiltelefoner och laptops, byggprodukter samt textilier.

Rapporten innehåller ingen form av riskbedömning av de ämnen som finns i elektroniska komponenter utan är en redovisning över ämnen som används i komponenter för att elektronik ska fungera på avsett sätt. De ämnen som redovisas kommer att tillföras KemI:s Varuguide som ämnen i elektronik.

Utredningen har utförts under hösten 2011 av Lars-Gunnar Klang och Vidar Wernöe vid Elektronikonsult AB. Kontaktperson vid Kemikalieinspektionen har varit Margareta Östman.



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	5
Summary .....	7
1 Bakgrund och syfte .....	9
2 Metod .....	11
3 Den svenska elektronikmarknaden .....	13
4 Konstruktion och tillverkning av en elektronikprodukt.....	14
5 Mönsterkort.....	16
5.1 Ytbeläggningar (oxidskydd).....	19
5.2 Mönsterkortets kemiska innehåll.....	20
6 Elektronikkomponenter.....	22
6.1 Transformatorer .....	22
6.2 Induktanser, ferriter, filter .....	23
6.3 Motstånd .....	25
6.4 Kondensatorer.....	27
6.5 Dioder, transistorer, tyristorer .....	32
6.6 Elektroniska integrerade kretsar .....	33
6.7 Lysdioder, fotodetektorer, optokopplare .....	34
6.8 Displayer.....	35
6.9 Isolerad tråd och kabel, optisk kabel, med kopplingsanordningar .....	38
6.10 Andra elektroniska komponenter.....	43
7 Termineringar på elektronikkomponenter .....	46
8 Förbindningsmaterial .....	48
8.1 Lodlegeringar.....	48
8.2 Lim.....	49
9 Kretskort .....	51
10 Efterbehandling.....	52
11 Diskussion.....	53
12 Referenser .....	58
Ordlista .....	59
Bilaga .....	63





## Sammanfattning

En kartläggning av den kemiska sammansättningen i elektronikkomponenter visade att de innehåller många olika föreningar, företrädesvis metaller, metalloxider och olika polymera material. Generellt har insamlandet av data inte medfört några större problem med undantag för enstaka komponenttyper som exempelvis displayer. Kemikaliesammansättning i några olika elektronikkomponenter finns sammanfattad i en bifogad Excel-fil (bilaga).

En elektronikprodukt är uppbyggd av en mängd olika byggstenar, elektronikkomponenter med olika funktion, egenskaper och sammansättning placerade på en bärare – ett mönsterkort – förbundna med en lodlegering. Tillsammans bildar de fastlödda komponenterna på mönsterkortet ett så kallat kretskort. Kretskortet är unikt för varje elektronikprodukt och för varje förändring på kretskortsnivå, till exempel en konstruktionsförändring på grund av att en elektronikkomponent slutar att tillverkas för att ersättas av en ny typ, måste mönsterkortet designas om. Detta innebär att mönsterkortet, till skillnad från de andra elektronikkomponenterna, är produktunikt. Generellt gäller att vikten av mönsterkortet dominerar vikten av kretskortet varför innehållet i mönsterkortet oftast kommer att dominera materialsammansättningen i elektronikprodukten.

Den materiallista (BOM – Bill of Materials) som finns för varje kretskort beskriver dels vilka komponenttyper och dels hur många av varje typ som ska finnas på kretskortet. Det är vanligt att konstruktören endast specificerar fabrikat för de kritiska komponenterna. Fabrikat för ”vanliga” komponenter specificeras inte utan där anges istället den prestanda komponenten ska ha. Kretskortstillverkaren uppdaterar vanligtvis inte BOM-listan med vilka fabrikat som använts på alla komponenter. Vår undersökning har visat att samma komponenttyp kan innehålla olika ämnen beroende på fabrikat. Vid val av komponenter är den kemiska sammansättningen generellt sätt utan betydelse. Ämnesinformation framgår oftast inte av databladet. Leverantören har sålunda frihet att ändra materialsammansättningen bara övrig prestanda bibehålls. Sammantaget gör detta det ytterst svårt att exakt veta vad ett visst kretskort innehåller för ämnen.

Materialkostnaden kan stå för 50-80 procent av kretskortets värde, det vill säga att kapitalbindningen i komponentlager är mycket stor samtidigt som förädlingsvärdet på kretskortsnivå är relativt litet. För att hålla nere lagret vill därför kretskortstillverkare ha så få komponenttyper som möjligt i lager. Utöver lagerhållning är det också en fråga om tillgänglighet och ledtid på olika komponenter. Lågkonjunkturen som följde på att banken Lehman Brothers kraschade, jordbävningen och tsunamin i Japan och översvämningen i Thailand är exempel på händelser som påverkat tillgången på komponenter av olika slag i större eller mindre utsträckning.

Att specificera alla komponenter ner till fabrikatnivå är med andra ord opraktiskt och skulle i många fall orsaka en oacceptabelt lång ledtid för tillverkning av kretskort. Inget kretskort kan levereras om inte ALLA komponenter finns vid monteringsstillfället. Sammantaget innebär detta att fabrikaten för komponenter som återfinns på samma kretskortskonstruktion kan variera mellan olika tillverkningstillfällen. Vilket i sin tur innebär att de material som ett kretskort innehåller också kommer att variera mellan olika tillverkningstillfällen. Till detta

kommer ändringar i material och/eller sammansättning som komponenttillverkaren gör mellan olika batcher.

Slutsatsen är att det i dagsläget inte är möjligt att få exakt vetskap av vad ett kretskort innehåller men väl att man kan få en rimlig uppfattning av de olika materialen samt att de inte innehåller några farliga ämnen. Vidare skulle kretskortstillverkaren kunna erhålla information om komponenterna innehåller några förbjudna ämnen.

## Summary

The survey of the chemical composition of electronic components showed that they contain many different compounds, mainly metals, metal oxides and different polymer materials. Overall the compilation of data has not caused any major problems except for a few kinds of components like displays. The chemical compositions of some different kinds of electronic components are summarised in an appendix.

An electronic product is composed from a great variety of different parts, electronic components with different functions, properties and composition placed on a support – (a printed circuit board (PCB)) connected by a solder alloy. The brazed components on the printed circuit board together form the so called circuit board (assembly). The circuit board is unique for each electronic product and for every change of the circuit board, e.g. a modification of the construction caused by an electronic component that is not manufactured anymore but has to be replaced by another and the printed circuit board has to be redesigned. From this follows that the printed circuit board, in contrast to the other electronic components, is unique for the product. The weight of the printed circuit board dominates the weight of the circuit board assembly, thus the printed circuit board content will to a large extent dominate the material composition of the electronic product.

The list of material (BOM – Bill of Materials) that is available for each circuit board describes both what kind of components and also how many of each type there should be on the circuit board. Usually the constructor only specifies brands for the critical components. The brand of “common” components are not specified but are instead stated by the performance they are supposed to supply. The manufacturer of the circuit board usually does not update the BOM list with which brands of the components that have been used. Our investigation reveals that the same kind of component can consist of different substances depending on manufacture. When choosing component the chemical composition is generally without importance. Information about substances is usually not presented in the data sheet. The supplier thus is free to change the material composition as long as the other performance is kept. It is therefore extremely difficult to know exactly of what substances a particular circuit board consists.

The material cost can be 50-80 percent of the circuit board value, which means that the capital bound in the component stock is very large but the added value is relatively low. In order to keep the stock down the manufacturer of circuit boards wants to have as few kinds of components as possible stored. Except for store keeping it is also a matter of availability and lead time for different components. The recession following the Lehman Brothers bank crash, the earth quake and the tsunami in Japan and the flooding of Thailand are examples of events that have influenced the availability of components to a smaller or larger extent.

To specify all components as far as to brand level is in other words unpractical and would in many cases cause an unacceptable long lead time for manufacturers of circuit boards. No circuit board can be manufactured if not ALL components are there at the time of assembly. This means that the brands of the components found on the same circuit board assembly can vary between different manufacturing occasions. This also means that the materials contained

in the circuit board will vary with time. In addition, there are changes in material and/or material composition that the manufacturer of components makes between batches.

The conclusion is that at the moment it is not possible to acquire exact knowledge about what a circuit board contains but well to obtain a reasonable view of the different materials and information that they do not contain any hazardous substances. Further the circuit board manufacturer could obtain information whether the components contain any banned substances.

# 1 Bakgrund och syfte

Kemikalieinspektionen (KemI) startade under andra halvåret 2011 ett projekt med syftet att kartlägga vilka kemiska ämnen som kan hittas i elektroniska komponenter. KemI har sammanställt en web-databas kallad *Varuguiden* innehållande uppskattningar av generella materialsammansättningar för ett stort antal varuslag. Ett syfte med projektet var att uppdatera *Varuguiden* med ämnen och sammansättningar hos elektronikprodukter.

Arbetet genererade också viss kunskap om hur marknaden med elektroniska komponenter fungerar och varför det var viktigt att dessa erfarenheter sammanfattades. Detta är viktig information för att KemI:s dialog med marknaden ska bli effektiv och omfatta rätt aktörer.

Projektet är tänkt att genomföra i två steg där det första steget innefattade en kartläggning av ämnen i elektroniska komponenter och en översikt som belyste den svenska elektronikbranschen. Den senare delen kan komma att omfatta att ta fram genomsnittliga materialsammansättningar för av KemI utvalda, mer sammansatta varuslag i RoHS-direktivet. Elektronikkomponenterna behandlas därmed i det första projektet som egna varuslag och sedan i projekt två med det sammanlagda ämnesinnehållet som materialet ”elektronik”. De ämnen som ingår i olika slags elektroniska komponenter varierar men för de syften som uppnåddes med detta projekt, det vill säga ökad kunskap för dialog och riskhantering, var det inte meningsfullt att för varje elektronikprodukt som omfattas av RoHS-direktivet också specificera vilka olika slags elektroniska komponenter som ingick liksom deras viktmässiga fördelning och speciella, uppskattade ämnessammansättning.

De varuslag som KemI bedömt som elektroniska komponenter vars ämnessammansättning utreddes i detta uppdrag framgår av tabell 1.1 nedan. Varuslagen i *Varuguiden* är kopplade till handelsstatistikens tullnummer och mängden av olika varuslag, material och ämnen kan därigenom uppskattas. Uppdraget bestod i att för varje komponenttyp ta fram kemiska namn och CAS-nummer för de ämnen som ingick liksom de genomsnittliga halterna för ämnena. Utgångspunkten var att minst tre olika företags uppgifter skulle användas för varje komponenttyp i tabell 1.1 liksom att ange referenser för varje komponenttyp.

Den bild av branschen som framkommit analyserades och redovisas i denna rapport liksom i den bifogade Excel-filen. Själva arbetet med att ta fram sammansättningsdata beskrivs inklusive vad som gick lätt och vad som erbjöd svårigheter. En sammanfattning av vilka ämnen som vanligen används i elektroniska komponenter ingår, så även en beskrivning över vilka som fyller liknande, om än inte identisk, funktion.

Vid projektstarten diskuterades att alla komponenttyper som redovisas i tabell 1.1 inte längre kändes helt relevanta. Några exempel på detta var elektronrör vilkas uppgift nu tagits över av transistorer, att ”tryckta kretsar” nu benämns mönsterkort samt att displayer adderades till listan. I tabell 1.1 klumpas också flera olika varianter samman i en enda komponenttyp. Ett exempel var kondensatorer där det finns ett flertal olika typer med samma grunduppgift men med olika egenskaper och användningsområden. Gruppen kondensatorer delades därför upp i de olika typerna ytmonterade keramiska kondensatorer, plastfilmkondensatorer, tantalkondensatorer, elektrolytkondensatorer och polymerkondensatorer. I fallet kondensatorer bedömdes det inte vara relevant att undersöka ämnessammansättningen för samma typer av vanliga

ytmonterade keramiska kondensatorer från tre olika tillverkare, då man kan förvänta att ämnessammansättning i dessa kondensatorer inte varierar i någon större utsträckning mellan olika tillverkare, utan istället ta med olika typer av kondensatorer. Den reviderade listan över komponenttyper redovisas i tabell 1.2.

Typ av elektronisk component
Transformatorer, omformare, induktansspolar
Motstånd, reostater, potentiometrar
<i>Kondensatorer</i>
Dioder, transistorer, tyistorer
Andra halvledarkomponenter och halvledarelement
Lysdioder, fotodetektorer, optokopplare
Monterade piezoelektriska kristaller
Elektroniska integrerade kretsar
<i>Tryckta kretsar</i>
<i>Elektronrör</i>
Isolerad tråd och kabel, optisk kabel, med kopplingsanordningar
Andra elektroniska komponenter

*Tabell 1.1 Ursprungligt förslag på komponenttyper. I kursiv stil anges de komponenttyper som diskuterades i samband med projektstarten och där en överenskommelse om förändringar gjordes.*

Typ av elektronisk component
Transformatorer
Induktanser, ferriter, filter
Motstånd: <i>små ytmonterade motstånd (s.k. chip-motstånd), varistorer, termistorer</i>
Kondensatorer: <i>små ytmonterade keramiska kondensatorer (s.k. keramiska chip-kondensatorer), plastfilmkondensatorer, tantalkondensatorer, elektrolytkondensatorer och polymerkondensatorer</i>
Dioder, transistorer, tyistorer
Elektroniska integrerade kretsar
Lysdioder, fotodetektorer, optokopplare
Mönsterkort
Displayer
Isolerad tråd och kabel, optisk kabel, kontaktdon
Andra elektroniska komponenter: säkringar

*Tabell 1.2 Reviderad lista över komponenttyper.*

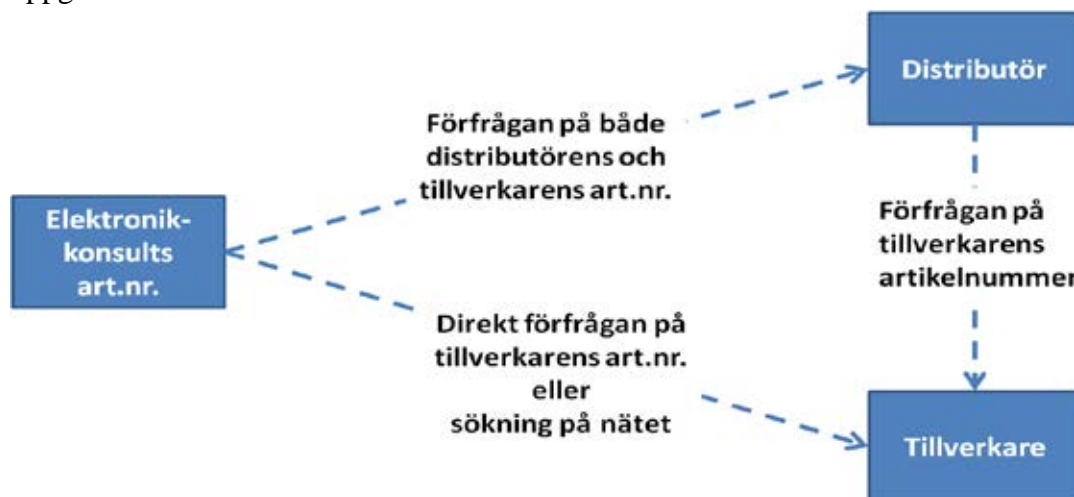
KemI betonade att det är viktigt att få med så många ämnen som möjligt. Så vitt det har varit möjligt anges halterna som ett intervall, exempelvis 5 -20 procent, eller för många ovanligt förekommande ämnen som till exempel <0,1 procent. Hellre indikation på att ett ämne används än att det inte kommer med om inte också halt kan uppskattas. Endast ämnen som ingår i elektronikkomponenten ska inventeras, inte hjälpkemikalier vid tillverkningen.

## 2 Metod

För att kartlägga de kemiska ämnena i elektronikkomponenterna beslutade vi tidigt att utgå ifrån specifika artiklar. Detta eftersom elektronikindustrin helt är uppbyggd kring artikelnummer. Som utgångspunkt för komponentidentifieringen användes Elektronikkonsults artikelregister över elektronikkomponenter och leverantörer. Registret omfattar flera tusen unika artiklar med fabrikat och artikelnummer vilket underlättade identifieringen av leverantörer.

Eftersom Elektronikkonsult utvecklar elektronikprodukter åt flera av de stora svenska industriföretagen så omfattar artikelregistret många vanligt förekommande komponenter. Artikeldatabasen representerar därför väl den grupp komponenter som finns i tabell 1.2. En snabb genomgång innan projektstart visade att det skulle vara möjligt att få fram efterfrågad information från tillräckligt många leverantörer.

Baserad på denna artikeldatabas valdes ett antal komponenter ut från de olika komponentklasserna och information söktes dels på komponenttillverkarnas hemsidor och dels kontaktades komponentleverantörer och -tillverkare per e-post för att få fram önskade uppgifter.



Figur 2.1. Schematisk bild över faktainsamlande

En typisk mejlförfrågan såg ut så här:

”På uppdrag av en kund behöver vi hjälpa med att ta fram den (fullständiga) kemiska sammansättningen, inklusive CAS-nummer, i några komponenter. Det vi är intresserad av är till exempel materialdatablad eller en webbadress där vi kan hitta informationen”.

I vissa fall bifogade vi en materialdeklaration som exempel för att tydliggöra vad vi frågade efter. Syftet med att mejla ut förfrågan var att se hur lätt det var att få fram informationen. Vi var noga med att inte ange KemI som kund utan ville se responsen utan att detta angavs som skäl.

I första hand kontaktades katalogdistributören ELFA vilket berodde på att det är en stor komponentköpare, har ett stort kontaktnät och därför bedömdes effektivt kunna bistå i arbetet. Kontakten skedde dels per e-post och dels på telefon. ELFA kontaktade i sin tur de olika komponenttillverkarna. I vissa fall köper ELFA från andra distributörer. I de fall som ELFA

inte fick fram information så kontaktades antingen distributören/tillverkaren direkt eller så undersöktes om det fanns funktions- och prestandamässigt ekvivalenta komponenter från andra tillverkare.

Det som i första hand efterfrågades var kemisk sammansättning, exempelvis i form av en materialdeklaration, med CAS-nummer men om detta inte kunde lämnas så ombads de skicka den information som fanns tillgänglig.

Under arbetets gång kontaktades fler leverantörer än vad som redovisas. Detta eftersom några enstaka distributörer inte kunde lämna efterfrågad materialdata. Som orsak angavs antingen av att de på grund av juridiska skäl inte ville lämna ut denna typ av information eller på grund av de i sin tur köpte komponenter från en annan distributör och därmed saknade tillräckligt bra kontaktytor med huvudmännen när det gällde den efterfrågade informationen. I kontakterna med komponenttillverkarna så erhöles så gott som uteslutande relevant information.

De svåraste komponentklasserna är de som skulle kunna klassas som ”halvfabrikat”, exempelvis mönsterkort, displayer och moduler, där tillverkaren köper delar som ”monteras ihop” till en specifik elektronikkomponent.

Med tanke på det enorma antalet elektronikkomponenter som finns; katalogdistributören ELFA lagerför över 100,000 artiklar från runt 650 olika leverantörer, så finns det ingen möjlighet att dokumentera alla varför arbetet fokuserat på de vanligaste typerna och fabriken.



*Figur 2.1. Kataloger från tre olika distributörer. Katalogen längst till höger är från distributöre ELFA som lagerför över 100,000 artiklar. ELFA-katalogen är på nästan 3000 sidor*

Under arbetet erhöles vi uppgifterna från komponenttillverkarna i form av materialdatablad eller liknande. Dessa sammanställdes i en excel-fil där varje komponentgrupp rapporteras separat (se bilaga till denna rapport).



### 3 Den svenska elektronikmarknaden

Det finns inte längre speciellt många tillverkare av vare sig komponenter eller mönsterkort kvar i Sverige. I princip finns det tre mönsterkortstillverkare i Sverige; en i vardera Stockholm, Göteborgsområdet och Malmö medan det finns några fler, om än små och/eller nischade, tillverkare av komponenter. De flesta mönsterkort och elektronikkomponenter importeras därmed till Sverige, företrädesvis via distributörer.

Merparten av den elektronik som utvecklas och tillverkas i Sverige är industri-, telekom-, försvar-, medicin- eller automotiverelaterad. Antalet företag som tillverkar konsumentelektronik är relativt få. Huvuddelen av all elektronik som säljs i Sverige är importerad och omfattar det som i dagligt tal kallas konsumentelektronik.

Facktidskriften Elektronik i Norden publicerar regelbundet marknadsöversikter över elektronik konsulter (bland annat elektronikkonstruktörer), komponenter, elektronik tillverkare samt mönsterkortstillverkare och -leverantörer. I dessa marknadsöversikter ingår inte företag som konstruerar och tillverkar egna produkter eller de som köper sina mönsterkort och komponenter själva. Branschorganisationen Svensk Elektronik uppskattar det totala antalet elektronikföretag till ungefär 1000 stycken. Utöver dessa finns ett otal företag som använder elektronik i sina produkter men som inte har elektronik som sitt kärnområde.

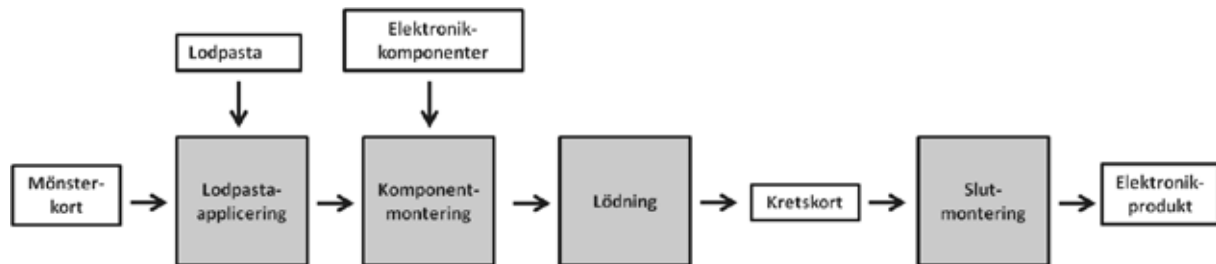
Komponentmarknaden domineras av några få stora distributörer, varav flera multinationella, som marknadsför en stor del av de olika komponenttyper som finns. Utöver dessa finns en uppsjö med mindre aktörer som ofta är kraftigt nischade på specifika komponenttyper.

Elektroniktidningen listar varje år de 30 största komponentdistributörerna i Sverige och där omsättningen hos dessa uppskattades 2010 till i storleksordningen 5,2 miljarder kronor. De tio största företagen, som tillsammans står för omkring 80 procent av marknaden, var tre börsnoterade på stockholmsbörsen medan de resterande sju var multinationella. De tre största komponentdistributörerna i Sverige har över 50 procent av marknaden och den störste, Arrow, har över 30 procent av marknaden samtidigt som de är större än nummer två, tre och fyra tillsammans. I Sverige representerar Arrow 148 olika komponenttillverkare inom de flesta segment av komponentfloran, som exempel kan nämnas kondensatorer där de marknadsför 14 olika fabrikat.

Vanligtvis levereras komponenter endast i obrutna förpackningar varför några aktörer specialiserat sig att leverera delar av en förpackning och ha kort leveranstid vilket i sin tur kräver en ganska stor lagerhållning. Det bästa exemplet i denna kategori är ”katalogdistributören” Elfa.

## 4 Konstruktion och tillverkning av en elektronikprodukt

En elektronikprodukt kan sägas bestå av en bärare, mönsterkort, med elektrisk ledare på vilken det monteras olika elektronikkomponenter som löds fast. Denna delprodukt kallas ett kretskort. Ett eller flera kretskort slutmonteras sedan i exempelvis en låda vilket blir den färdiga elektronikprodukten.



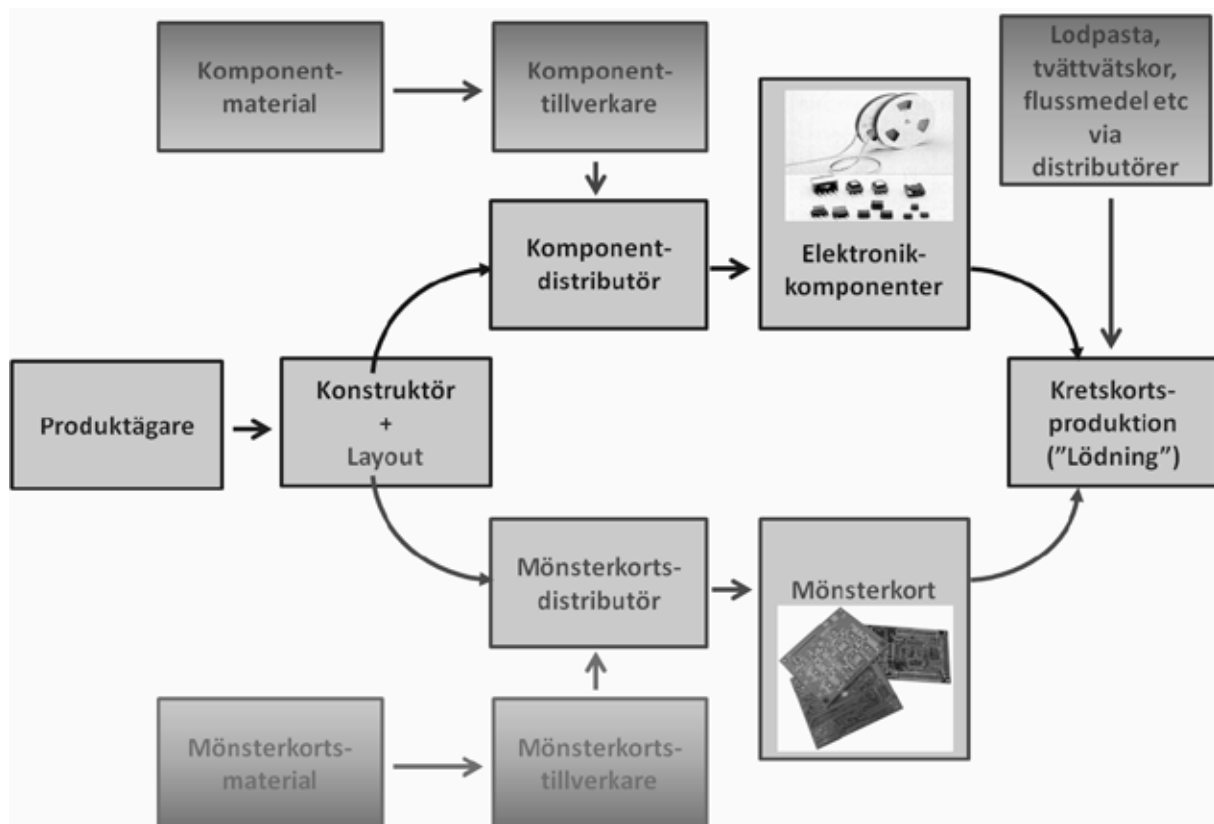
Figur 4.1. Schematisk bild av tillverkningsprocessen för elektronik. Först appliceras lodpasta på mönsterkortet, därefter maskinmonteras elektronikkomponenterna i lodpasta och slutligen löds komponenterna fast, med hjälp av lodpartiklarna i pasta, i en ugn. Lödning av lodpasta i en ugn kallas vanligen för omsmältningslödning. Efter lödning kallas delprodukten för ett kretskort.

När det gäller inflytandet över vilka elektronikkomponenter som ska användas så ligger detta till största delen på elektronikkonstruktören (i stora företag också hos sourcing-avdelningen) medan elektronikstillverkaren (den som löder kretskortet) sällan har någon större påverkan annat än i vissa fall när det gäller fabrikat av generiska komponenter. När det gäller utseendet och uppbyggnaden av mönsterkortet avgörs detta av layoutaren ("caddaren") medan vem som ska tillverka mönsterkortet kan bestämmas av layoutaren, mönsterkortsdistributören eller kretskortstillverkaren. Det som kretskortstillverkaren normalt bestämmer över är så kallade tillsatsmaterial, det vill säga lodpasta, flussmedel, tvättvätskor etc. Om ledande lim används så bestäms detta vanligtvis av konstruktören. Val av skyddslack och ingjutningsmaterial bestäms antingen av produktägaren eller av konstruktören, ibland i samråd med distributör/tillverkare och utföraren.

Den som säljer en elektronikprodukt under eget namn kan benämnas produktägare vars produkt i ena ytterligheten konstrueras och produceras i företaget och i den andra ytterligheten endast har en produktidé som sedan förverkligas genom externa aktörer. I det senare fallet är det inte ovanligt att produktägaren helt eller delvis saknar inflytande över vilka komponenter som ska användas eller var mönsterkortet tillverkas.

Elektronikkomponenter finns i två olika huvudformer; hålmonterade och ytmonterade. Hålmonterade komponenter har ben som sticks ner i genomgående hål i mönsterkortet för att sedan lödas fast. Idag är det främst stora, tunga komponenter och kontakter som är hålmonterade. Ytmonterade komponenter monteras normalt maskinellt med hög hastighet varför de måste placeras i lodpasta för att sitta kvar efter monteringen och innan lödningen. Därför måste lodpasta appliceras innan komponenterna monteras. Lodpasta består dels av små (20-40  $\mu\text{m}$ ) sfäriska lodpartiklar och dels av ett så kallat flussmedium vilket innehåller flussmedel, lösningsmedel och "konsistensgivare". Blandningen av lodpartiklar och flussmedium är

formulerat så att det dels ska gå att applicera på mönsterkortet, dels vara så kladdigt att komponenterna fastnar i samband med monteringen samt att löda fast komponenterna under lödprocessen.



Figur 4.2. Schematisk bild av flödet för en elektronikprodukt. Produktägaren använder en intern eller extern konstruktör. Konstruktören avgör vilka komponenter som ska användas. Layoutaren ("caddaren") överför elektronik-"konstruktionen/funktionen" till ledare och komponent-placering på ett mönsterkort. Beslut om var mönsterkortet ska tillverkas avgörs antingen av konstruktören/layoutaren, mönsterkortsdistributören eller av kretskortstillverkaren (lödaren).

Den principiella skillnaden mellan hålmontering och ytmontering är att lodet vid ytmontering står för både den elektriska och mekaniska förbindningen medan lodet vid hålmontering står för den elektriska förbindningen medan den mekaniska förbindningen är en kombination mellan komponentbenet, hålet i mönsterkortet och lodet. Många elektronikprodukter för industriapplikationer innehåller till övervägande del ytmonterade komponenterna medan några större, tunga komponenter samt kontakter är hålmonterade. I vissa prispressade produkter, exempelvis vitvaror, är ibland alla komponenter hålmonterade medan det i handhållen elektronik, exempelvis mobiltelefoner eller digitalkameror, är uteslutande ytmontering.

En elektronikkonstruktion innehåller en materiallista, så kallad BOM (bill of materials), där komponenttyp och antal av respektive komponenttyp anges. Ofta anger konstruktören endast vilket fabrikat som ska användas för de kritiska komponenterna medan vanliga komponenter, exempelvis ytmonterade motstånd och kondensatorer, bara anges i form av vilken prestanda de ska ha.

## 5 Mönsterkort

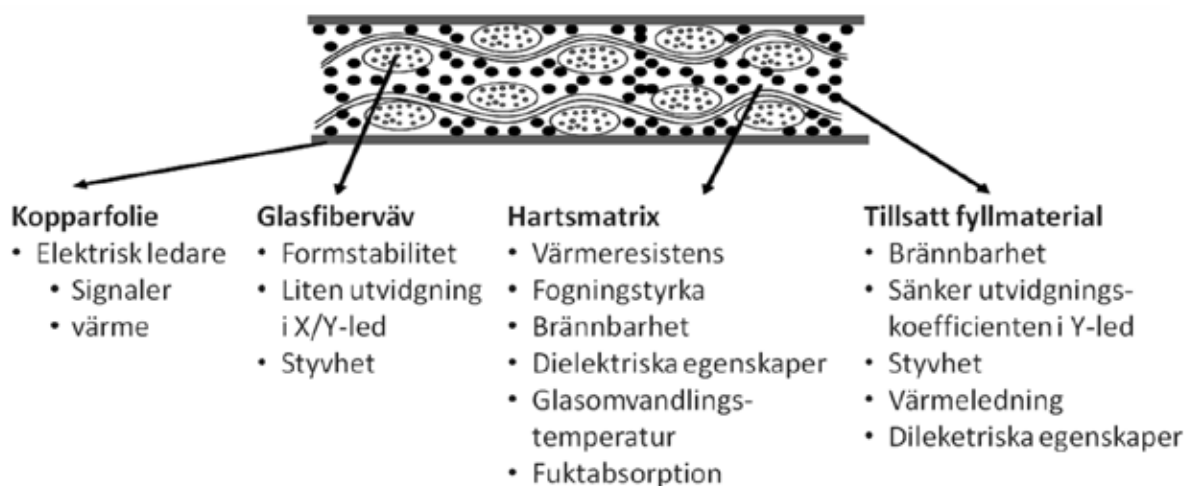
Ett mönsterkort (ibland "tryckt kretsar" i äldre litteratur) är en platta av ett isolerande material med ett tryckt mönster av elektriska ledare. På fackspråk förekommer ofta den engelska förkortningen PCB (*printed circuit board*) eller PWB (*printed wiring board*). Det är på mönsterkortet som de elektroniska komponenterna placeras och löds fast och det är detta som är basen i de elektroniska produkterna. Mönsterkort är, till skillnad från elektronikkomponenter, produktspecifika. Ändras något i produkten (form eller funktion) måste ofta mönsterkortet designas om och nytillverkas.



Figur 5.1. De delar av mönsterkortstillverkningen där kemiska föreningar blir kvar i det färdiga mönsterkortet.

Vid tillverkning av mönsterkort utgår man från ett så kallat laminat av epoxiharts med kopparfolie på ena eller bägge sidor. I kopparfolien på laminatet etsas ett ledningsmönster fram. De flesta laminat är förstärkta genom att epoxin är armerad med glasfiberväv och typen av glasfiber kan vara E-glas, S-glas eller S2-glas och vilken som används beror på vilken kvalitet på mönsterkort. I speciella mönsterkort kan även kvarts eller aramid förekomma.

Eftersom mönsterkortet vid lödning kommer att utsättas för ganska höga temperaturer (cirka 250°C) så ställs också stora krav på formstabilitet hos kortet. Formstabiliteten kan ökas genom att temperaturutvidgningen (utvidgningkoefficienten) hos kortet minskas vilket kan åstadkommas genom att fyllmedel tillsätts till epoxin. Fyllmedel är vanligen metalloxider; från billigare som kalciumoxid och magnesiumoxid till dyrare som kiseldioxid och boroxid.



Figur 5.2. Beståndsdelarna i ett mönsterkort och deras huvudsakliga uppgift

Beroende på användningsområde innehåller mönsterkort antingen en dicyanidamid-härdande epoxiförening (*DICY cured*) eller en som är fenolhärdande (*phenolic cured* eller *non-DICY*). Utöver dessa finns också andra polymera material.

Den vanligaste laminattypen kallas för FR4 (FR - *flame retardant*) och där det bromerade flamskyddsmedlet TBBPA, TetraBromBisPhenol-A eller 2,2-Bis(3,5-dibromo-4-hydroxyfenyl)propan (CAS-nr 79-94-7) är helt dominerande. TBBPA används som ett reaktivt flamskyddsmedel i epoxi, vinylestrar och polykarbonat. Den största användningen av TBBPA är i epoxihartser för tillverkning av mönsterkort och där bromhalten kan vara 20 viktprocent. Mycket utveckling sker kring utvecklandet av halogenfria flamskyddsmedel exempelvis inom iNEMI, *interNational Electronic Manufacturing Initiative* som är ett icke-vinstdrivande forsknings- och utvecklingskonsortium med mer än 85 deltagande elektronikföretag.

Prispressade produkter, till exempel vitvaror, har oftast enklare typer av laminat, exempelvis så kallad papperfenol, och ofta också övervägande hålmonterade komponenter i stället för ytmonterade. Det finns stora mängder olika laminat att tillgå på marknaden. Mekaniska egenskaper tillsammans med temperaturkänslighet och elektriska egenskaper måste motsvara kraven på den färdiga elektronikprodukten (liksom på de påkänningar som mönsterkortet utsätts för under tillverkningen, exempelvis lödning). Kostnaden måste också tas hänsyn till, vissa material är mycket dyra och ibland också svåra att bearbeta.

Typ av Laminat	Harts (Resin)				Armering		Flamm-Skyddsmedel
	Epoxi	polyester	Fenol	papper	Glasväv	Inte glasväv	
XP/XPC/XXXPC			x	x			
FR-2			x	x			x
FR-3	x			x			x
CEM-1	x			x	x		x
CEM-3	x				x	x	x
FR-6		x				x	x
G-10	x				x		
FR-4	x				x		x
G-11	x				x		
FR-5	x				x		x

Tabell 5.1. Olika typer av laminat för tillverkning av mönsterkort

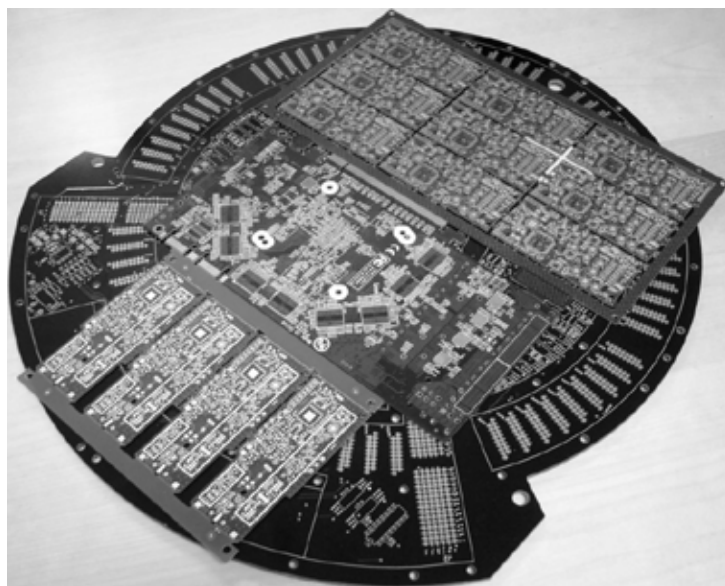
För att bygga upp mer avancerade mönsterkort placeras flera laminat med ledarmönster ovanpå varandra med ett eller flera lager med glasfiberväv för-impregnerad med ”halvhärdad” epoxi (så kallad prepreg) i mellan. Därefter pressas hela stacken samman till en sandwichkonstruktion. I det här läget är alltså de olika kopparlagren mekaniskt men inte elektriskt förbundna med varandra. För att förbinda kopparledare i de olika lagren vertikalt borras så kallade viahål, det vill säga tunna hål (<0,5 mm i diameter), genom hela stacken. Hålens väggar plåteras med ett tunt lager av exempelvis koppar eller palladium för att få ett ledande

ytskikt så att de sedan kan pläteras med tjockare och hårdare koppar. Även större hål borras som ska användas för exempelvis komponentben, skruvgenomföringar eller som styrhål.

Koppar i mönsterkort förekommer dels som kopparfolie i olika tjocklekar och dels som elektropläterad koppar i genomgående, borrade hål och på (koppar)ledare på mönsterkortets över- och undersidor. Eftersom alla mönsterkort är produktspecifika varierar halten koppar i ett mönsterkort med storleken (yta, tjocklek) på mönsterkortet, på hur komplext kortet är (antal kopparlager) och på hur mycket ström som kommer att passera ledarna (höga strömmar kräver tjockare kopparlager).

De kopparledare och kopparytor på kortets ovan- och undersida där inga komponenter ska lödas fast beläggs med lödmask (lödstoppslack, isolationsmask) för att isolera ledarna och exempelvis skydda mot att lodet väter (flyter) längs ledarna och mot mekanisk nötning. Lödmasken är vanligtvis epoxi- eller akrylatbaserad (eller en blandning kallad "epoxiakrylat") och oftast grönfärgad men även andra färger förekommer (till exempel gul, svart, röd och blå). Förutom ett färgämne och polymer så innehåller lödmasken också bariumsulfat och ibland även fyllmedel som exempelvis talk.

De rena kopparytor som inte är täckta med lödmask är där elektronikkomponenterna ska lödas fast. Dessa ytor kallas för lödöar och de måste skyddas mot oxidation fram till komponenterna ska lödas fast på mönsterkortet. Som oxidskydd på lödöarna används antingen någon form av metallisk beläggning, vilket är vanligast, eller en form av organisk skyddslack, vilket är billigast men inte så tåligt.



*Figur 5.3. Olika typer av mönsterkort med olika färg på lödmasken (grön är absolut vanligast) och med olika metallisering som ytskydd, t ex kemiskt nickel/guld på det stora, svarta kortet.*

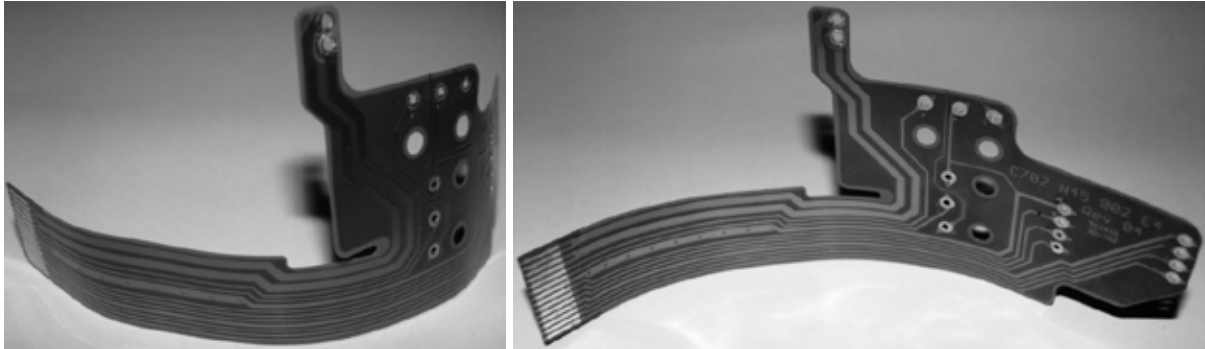
Vanliga mönsterkort är oftast 1,6 mm tjocka och kan bestå av flera lager där varje kopparskikt räknas som ett lager. Absolut enklaste mönsterkortet har endast en yta med kopparledare (1-lagerskort), därefter är lagerantalet i multiplar om två från 2-lagerskort upp till mer än 20 lager (vilka är tjockare, kanske 3 mm), se tvärsnittet i figur 9.3.

Mängden laminat och koppar är beroende av antalet lager medan mängden lödmask, ytskydd och komponenttryck bara finns på ytterytorna.



Vissa tillämpningar kräver andra typer av bärarmaterial än ”vanliga” FR4, till exempel LED-belysning som kräver borttransport av värme. Förutom epoxibaserade mönsterkort finns också några andra typer av bärarmaterial exempelvis aluminiumbaskort, teflon respektive av keramiska material.

Förutom de vanliga hårda, rigida mönsterkorten finns också en annan typ som är tunna och böjliga. Denna typ kallas för flexibla mönsterkort, allmänt kallade flexkort. Det förekommer även en kombination mellan flexibla och rigida kort som kallas flex-rigid där flexkortet är inbakat i det styva mönsterkortet och där flexkortet oftast fungerar som en flexibel ledare (kablage) mellan två styva kort.



Figur 5.4. Exempel på flexibelt mönsterkort

## 5.1 Ytbeläggningar (oxidskydd)

De metalliska beläggningarna på lödöarna kan appliceras på olika sätt. En vanlig metod är så kallad varmförtening vilket innebär att kortet doppas i en smält legering (lod) och där metallen (lodet) selektivt väter de rena kopparytorna. Traditionellt har den vanligaste varmförtening gjorts med tenn/bly ( $\text{Sn63Pb37}$ ) men i samband med RoHS är det nu betydligt vanligare med blyfri varmförtening med lodlegeringar som baseras på tenn och koppar med små tillsatser av andra legeringselement, exempelvis  $\text{SnCu0,7NiGe}$  (SN100C), eller på tenn/silver/koppar, till exempel  $\text{SnAg3-4Cu0,5}$  (SAC305 eller SAC405).

Metalliska beläggningar kan också göras genom elektrokemisk utfällning av metall på den rena kopparytan. Silver kan läggas på koppar genom att mönsterkortet doppas i en silverlösning vilket medför att silver byter plats med koppar i ytan och bildar ett silverskikt utanpå kopparytan. Denna ytbeläggning kallas för kemiskt silver eller *immersion silver* och där silverskiktets tjocklek ungefär är  $0,2 \mu\text{m}$ . Eftersom silver kan missfärgas i exempelvis svavelhaltig atmosfär beläggs silverytan med en tunn skyddslack.

Används guld som ytskydd så måste först ett så kallat spärrskikt av nickel läggas på kopparytan. Spärrskiktet skapas genom en auto-katalytisk elektrokemisk reaktion där det går att bestämma tjockleken på nickellagret (som också innehåller ca 7-9 procent fosfor). Därefter doppas mönsterkortet i en guldlösning där guld byter plats med nickel. Mönsterkort med denna ytbeläggning kallas allmänt för guldkort, nickel/guld eller ENIG (*electroless nickel immersion guld*) och har ett guldsikt på ungefär  $0,1 \mu\text{m}$  ovanpå ett ungefär  $5 \mu\text{m}$  tjockt nickelskikt.

Trots att tenn är mindre ädelt än koppar så går det att belägga koppar med ett tennskikt i en elektrokemisk utbytesreaktion. Denna metod som kallas kemiskt tenn eller *immersion tin* går ut på att göra tenn mer ädelt genom att bilda ett komplex. I denna process används tiourea (CAS nr 62-56-6) och metoden var under en period inte tillåten i Sverige. Inget tiourea finns kvar på mönsterkortet efter att ytbeläggningsprocessen är klar. Typisk tjocklek på tennskiktet är ungefär 1 µm.

Ex på ytskydd för mönsterkort	Handelsnamn
Baserade på: Bensotriazol (CAS nr 95-14-7) Imidazol (CAS nr 288-32-4)	OSP, <i>Organic Solderability Preservative</i> ,
Ag + OSP	<i>Immersion silver</i> , Kemiskt silver, "Kemsilver"
Sn	<i>Immersion tin</i> , Kemsikt tenn, "Kemtenn"
SnAg3-4Cu0,5 (i smälta)	HASL – <i>hot air solder levelling</i> , varmförtenning med SAC305 eller SAC405
SnCu0,7Ni0,04-0,08Ge0,05 (i smälta)	HASL – <i>hot air solder levelling</i> , varmförtenning med SN100C
Guld, Fosfor, Nickel	ENIG - <i>Electroless Nickel Immersion Gold</i> , "Kemguld"
Silver, Guld	ASIG - <i>Auto catalytic Silver Immersion Gold</i>
Guld, Fosfor, Palladium, Nickel	ENEPIG - <i>Electroless Nickel, Electroless Palladium, Immersion Gold</i>

Tabell 5.2. Exempel på ytskydd på kopparfolien hos mönsterkort

## 5.2 Mönsterkortets kemiska innehåll

I princip består de vanligaste mönsterkorterna (typ FR4) av epoxi (med eller utan oorganiska fyllmedel) glasfiber, flamskyddsmedel, koppar och färgämne i lödmasken. Till detta kommer mindre mängder tillsatser i framförallt de polymera materialen. Den totala mängden olika ämnen (CAS-nummer) är ingen mönsterkortstillverkare beredd att delge vilket till största delen beror på att de inte vet.

Idag, då de flesta mönsterkorterna tillverkas i Asien (främst i Kina), så är också de flesta basmaterialleverantörer av exempelvis laminat, lödmask mm också asiatiska vilket försvårar inhämtandet av information för mönsterkortsleverantörer och -tillverkare.

En annan svårighet att få en någorlunda god uppfattning av innehållet i ett mönsterkort importerat till Sverige är att vissa material, exempelvis lödmasken, kan bytas utan att detta meddelas till mönsterkortsdistributören och därmed inte heller till elektroniktillverkaren.

När det gäller flamskyddsmedel så finns halogenfria alternativ men av de mönsterkort som importeras till Sverige är det en försvinnande liten andel som inte innehåller TBBPA. Det är heller inte helt oproblematiskt att ersätta TBBPA i industriprodukter.



Polymera material	Flamskydds-krav	Användning	Exempel på kommersiella halogenfria flamskyddsmedel	Alternativa polymera material, som antingen inte är brännbara eller som innehåller halogener
Epoxiharts	UL94 (V-0)	Mönsterkort Inkapsling av elektronikkomponenter	Fosforpolyoler Dihydrooxafosfenantren-oxid (DOPO) Metallfosfinater Ammoniumpolyfosfat Aluminiumtrihydrat	Polyetylsulfid
HIPS-plast High impact polystyrene	UL94 (V-0) UL94 (V-2)	Inneslutningar av elektronikprodukter. Kablage	Resorcinolbis(bifenylfosfat) Bisfenol-A-bis(bifenylfosfat) Polymer bifenylfosfat Difenylkresylfosfat Trifenylfosfat Zinkborat	Polyetylen som innehåller magnesiumhydroxid

Tabell 5.3. Exempel på alternativa halogenfria flamskyddsmedel (från Posner, S. 2005. Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD. DRAFT).

Av de alternativ som undersöks för tillfället av det internationella industrikonstörnet iNEMI så har flera av de halogenfria flamskyddsmedlen lika bra eller bättre egenskaper på de flesta undersökta områden men också betydligt sämre egenskaper på några andra.

Mat'l	Dk	Df	H <sub>2</sub> O Absorb	Tg	CTE	Flex	Td	T260/ Cu	T288/ Cu	Peel Strength	IST	CAF	UL94 V0	Shock	Vibe	Temp Cycle	Cold Ball Pull
A	Red	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Red
B	Red	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
C	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Red
D	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
E	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
F	Red	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
G	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Red
H	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
I	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
J	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red
K	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red

Color Code: ■ Equal to or better than FR4 (No issue) ■ Marginal difference from FR4 (uncertain) ■ Worse than FR4 ■ No data

Derived from iNEMI WG data

Figur 5.4. Mönsterkort med halogenfria flamskyddsmedel (A-K i första kolumnen) i jämförelse med vanliga FR4-mönsterkort. Grönt – lika med eller bättre än FR4, Gult – marginell skillnad mot FR4 (betydelse osäker), Rött – sämre än FR4, Vitt – inga data (Från iNEMI-projektet om halogenfria flamskyddsmedel)

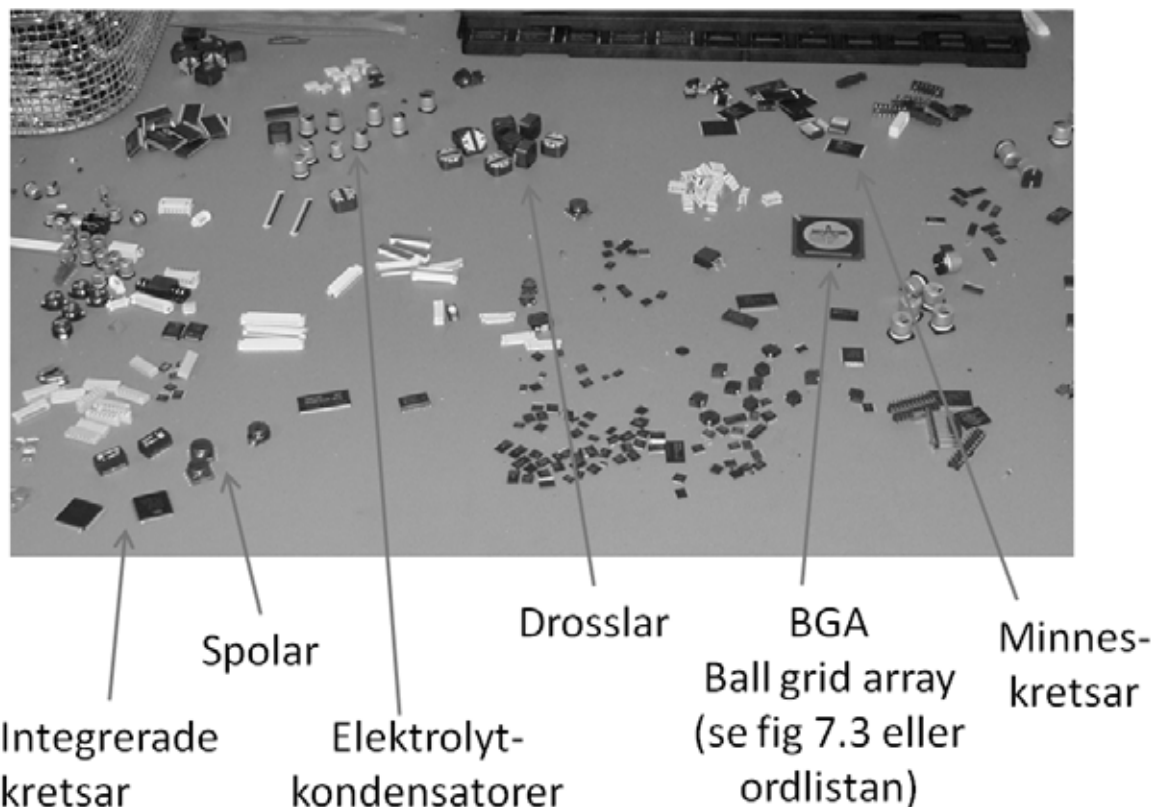
Undersökningarna gjorda inom iNEMI visar att de testade halogenfria flamskyddsmedlen (A-K i figur 5.4) har lika bra eller bättre egenskaper än TBBPA inom flera områden men att de också har avvikande egenskaper inom andra områden. Som exempel på avvikelser är dielektricitetskonstanten, Dk, som kan medföra att halogenfria flamskyddsmedel inte kan användas som "drop-in replacement" i impedansanpassade mönsterkort i existerande produkter utan att mönsterkorten först konstrueras om. Andra områden som kan komma att orsaka problem är att korten blir styvare med följd att de kan falla under vissa miljöbetingelser i fält som exempelvis temperaturcyklning och vibrationer.

Det är därför viktigt att avgöra vilka driftsbetingelser en produkt kan komma att utsättas för innan man väljer att använda ett halogenfritt flamskyddsmedel istället för TBBPA liksom vilken typ av halogenfritt flamskyddsmedel som ska väljas.

## 6 Elektronikkomponenter

Det finns en uppsjö av olika elektronikkomponenter vilket visas av att elektronikkomponentdistributören ELFA lagerför över 100 000 unika artiklar. Varje komponenttyp har sin unika funktion, antingen ensam eller i kombination med andra komponenttyper. Elektronikprodukter skiljer sig därmed i allt väsentligt från de flesta andra produkttyper då det krävs ett stort antal olika byggstenar (exempelvis elektronikkomponenter, mönsterkort och kablage) för att konstruera och tillverka en elektronikprodukt.

På de flesta komponenttyper ställs stora krav vad det gäller prestanda och fysiska mått samt att dessa, i många fall, ska förbli konstanta över stora temperaturintervall, vid annan typ av påkänningar och även över tid. Kombinationen av funktion och konstanta fysiska mått är en av orsakerna till den stora mängd olika kemiska ämnen med unika CAS-nummer som hittas i elektronikkomponenter. Typen av kemiska ämnen varierar från stora organiska föreningar i plastkapslar via mer eller mindre vanliga metalloxider i keramiska material till rena metaller.



Figur 6.1. olika typer elektronikkomponenter

### 6.1 Transformatorer

En transformator är en elektroteknisk komponent som med hjälp av elektromagnetisk induktion omvandlar elektrisk energi mellan olika spänningsnivåer. I sin enklaste form består en transformator av en järnkärna med två lindningar. Den elektriska energin i primärlind-

ningen omvandlas till ett magnetiskt flöde i kärnan. I sekundärlindningen omvandlas det magnetiska flödet tillbaka till elektrisk energi. Beroende på antalet varv i lindningarna så kan en spänning omvandlas till olika nivåer. För att energiomvandlingen ska ske så måste spänning/flöde vara föränderligt. Av detta följer att transformatorn inte överför likström.

Transformatorn har två uppgifter:

- Att överföra en växelspanning från primär- till sekundärsidan samtidigt som man kan få en galvanisk isolation mellan primär- och sekundärsidorna.
- Att transformera (omvandla) en växelspanning till en annan.

Kärnan kan bestå av olika material och former. Gemensamt är att alla kärnor är magnetiska.

Det finns ett antal olika typer av transformatorer, exempelvis:

- **Nättransformatorer**
- **Fulltransformatorer** med separata primär- och sekundärlindningar.
- **Spartransformatorer** har gemensam primär- och sekundärlindning och genom den "täta" kopplingen mellan lindningarna och att lindningen tar mindre plats blir denna transformator typ något mindre än en med två lindningar.
- **Vridtransformatorn** är oftast en variant av spartransformatorn där inkopplingen av sekundärlindningen flyttas så att sekundärspänningen kan varieras.
- **Isolationstransformatorn** är en fulltransformator som används för att ge en strömförsörjning åtskild från elnätet.
- **Skyddstransformatorn** och **mellantransformatorn** för skyddsändamål skall användas för att begränsa risken för elchock i vissa anläggningar och bruksföremål.
  - Leksakstransformator används till leksaker och lämnar skyddsklenspänning om högst 24 V och ger god säkerhet även vid oaktsam hantering.
  - Ringleddningstransformatorn är en skyddstransformator avsedd för dörrklockor och liknande.
- **Utgångstransformator**
- **Modemtransformator**
- **Mellanfrekvenstransformatorn** består av två kopplade resonanskretsar. Används till exempel i en radio.
- **Strömtransformatorn** används för att på magnetisk väg mäta strömmen genom en ledare. Detta innebär att strömbanan inte behöver brytas för själva mätningen. Den används bland annat i samband med jordfelsbrytare.
- **Switchtransformatorn** används ofta i stället för en konventionell transformator i nättaggregat och DC/DC omvandlare. Switchtransformatorn är fysiskt betydligt mindre än en konventionell transformator. För ett switchande aggregat är frekvensen väsentligt högre än nätfrekvensen, ofta upp till ett par 100 kHz, ibland till och med några MHz.

## 6.2 Induktanser, ferriter, filter

Induktans är den egenskapen hos en spole som motverkar alla förändringar i strömmen som går genom den. Induktans mäts i enheten Henry (H). Induktiva komponenter förekommer som

spolar och drosslar för frekvensselektiva ändamål. Spolar som används för att begränsa strömmens storlek i en ledare eller för att undertrycka växelspanningar kallas ofta för drossel. Drossel kommer från tyskan och betyder ”spjäll” (en liknande benämning används i engelskan, nämligen ”choke” -”strypare”). Spolar och drosslar består som regel av ett antal varv koppartråd lindat tätt ihop, med eller utan någon form av kärna.

Några användningsområden för spolar och drosslar är bland annat:

- Avstämnda filter (svängningskretsar). För att selektera ut eller blockera vissa frekvenser. Spolarna är ofta luftlindade, det vill säga saknar kärna, eller med kärna av järnpulver eller ferrit, då ofta med ett luftgap. Toroider och trimbara spolburkar med eller utan skärmning är vanliga.
- RFI-filter (*radio frequency interference*, också kallat EMI – *electromagnetic interference*). För att dämpa oönskade högfrekventa signaler (störningar). Spolen ska ha högt motstånd (impedans) över ett stort frekvensområde vilket innebär att ferritkärnor är lämpliga till detta. Är strömmen låg används ofta toroidkärnor som har en sluten magnetisk krets och litet störfält. Vid högre strömmar inför man ett luftgap eller använder en kärna med öppen magnetisk krets som exempelvis en ferritstav.
- Likströmsfiltrering och lagring av energi. I switchande nätaggregat som drossel för att filtrera bort högfrekvent rippel (d v s störningar på nyttosignalen) och i DC/DC omvandlare som energilagringdrossel. Järnpulver är det vanligaste valet av kärnmateriell för dessa applikationer.
- Avstörning, begränsning av radiostörningar. Den klump som sitter på olika kablar till datorer, bildskärmar, mobiltelefonladdare med mera är en enkel drossel.
- Begränsning av strömmen i lysrör. Utan en reaktor eller annan strömbegränsare skulle lysröret snabbt gå sönder.

För att höja induktansen kan man tillföra en kärna och/eller ett hölje av ett ferromagnetiskt material. De vanligaste materialen är ferriter och järnpulver. Dessa kallas för magnetiskt mjuka material, det vill säga de tappar det mesta av det magnetiska flödet när fältet tas bort. Motsatsen, magnetisk hårdhet, uppvisar permanentmagneter.

Ferrit är ett sintrat keramiskt, mikrokristallint material, och består av järnoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) och en metallblandning. Vanligaste kombinationerna är mangan/zink (Mn/Zn) och nickel/zink (Ni/Zn).

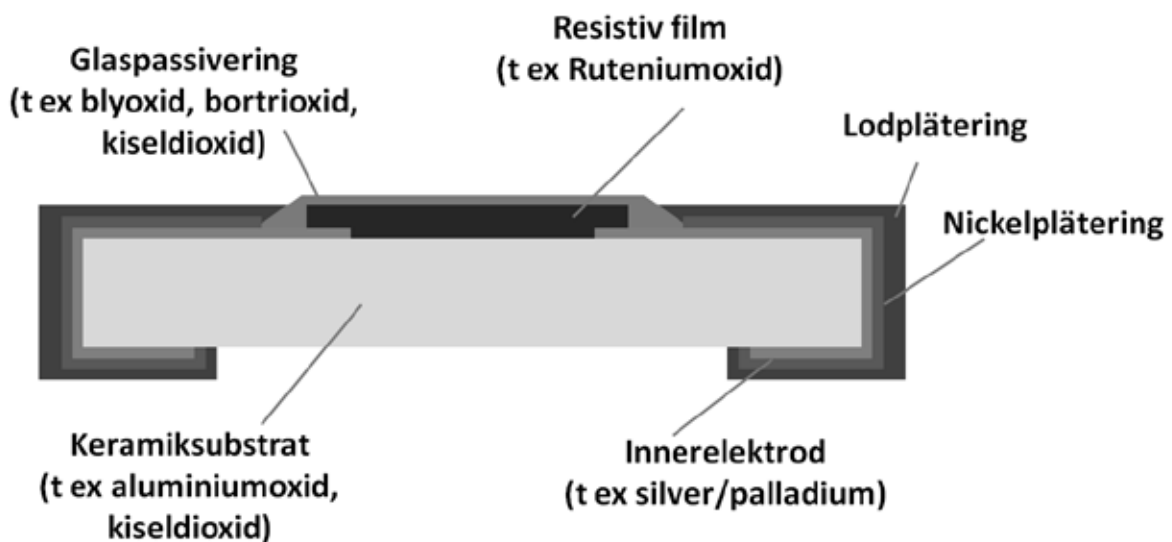
Järnpulverkärnor består, som namnet antyder, av pulvriserat järn, där partiklarna är isolerade från varandra till exempel genom att ytan oxiderats. Ett patentskyddat bindmedel tillsätts och materialet pressas till den form som kärnan ska ha och bakas i ugn.

### 6.3 Motstånd

Ett motstånd, även kallad resistor, är en passiv elektronisk komponent som fungerar som ett hinder för elektronernas rörelse i ett elektriskt fält, det vill säga den har en strömbegränsande förmåga. Dess resistans är ett mått på hindrets storlek och ju högre resistansvärde kretsen har, desto högre spänning krävs för att driva en ström av en viss styrka genom kretsen. Resistans mäts i ohm och kan beräknas som kvoten mellan spänning och ström enligt Ohms lag.

Eftersom det krävs anpassning till olika spänningsnivåer på olika ställen på kretskortet så är motstånd den vanligast förekommande komponenten i elektronikprodukter. Motstånd består oftast av en isolerad kropp som innehåller ett motståndselement, tillverkat av ett material med känd resistivitet, i form av en stav, ett rör, folie, ytskikt eller tråd med viss längd och area samt av anslutningar, termineringar.

Motstånd som kan anses oberoende av ström, spänning och yttre faktorer, till exempel temperatur eller ljus, kallas för "linjära motstånd" eller bara "motstånd". För att förenkla konstruktion och handel, tillverkas motstånd med standardiserade resistansvärden. Det finns flera typer av linjära motstånd som skiljer sig i uppbyggnad. Den vanligaste ytmonterade motståndstypen är så kallade tjockfilmsmotstånd (kallas ibland metalglaze eller cermetmotstånd). Ytskiktet består av en blandning av metalloxider och glas eller keramik, screentryckt på en keramisk bas. Den aktiva beståndsdel, det vill säga den resistiva filmen, består vanligtvis av fem olika ämnen där ruteniumoxid ( $\text{RuO}_2$ ) och blyoxid ( $\text{PbO}$ ) utgör ungefär  $\frac{3}{4}$  av vikten hos filmen men bara ungefär 1 viktprocent var av den totala massan hos motståndet. Ytmonterade tjockfilmsmotstånd har mycket bra stabilitet över tid, är tillförlitliga och klarar höga temperaturer.



Figur 6.2. Schematisk bild på ett ytmonterat motstånd

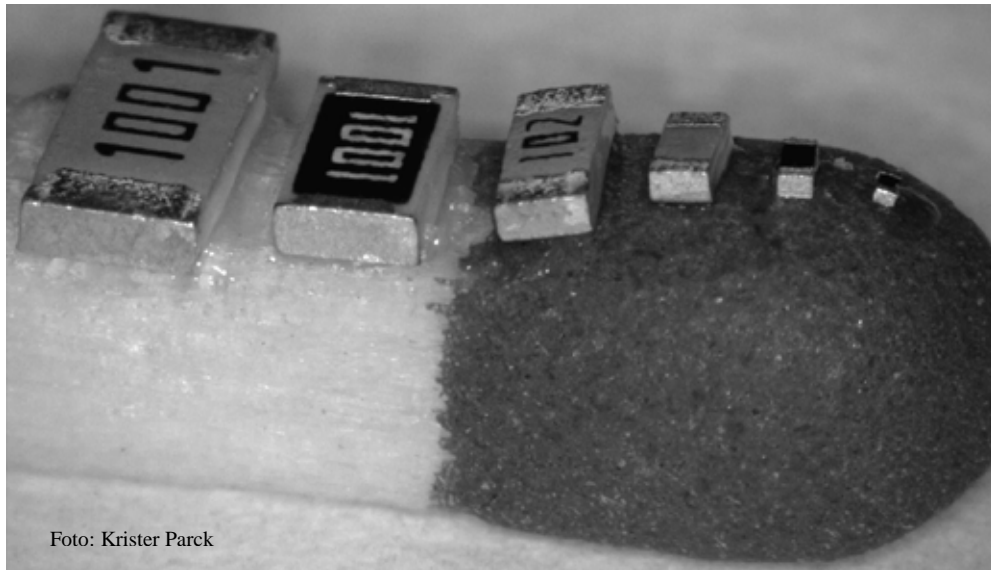


Foto: Krister Parck

ungefärlig storlek naturlig storlek

*Figur 6.3. Ytmonterade så kallade chip-motstånd förekommer i olika storlekar och namnges efter sin storleksklass som motsvarar bottenarean. På bilden ses motstånd i storleksklass från vänster 1206, 0805, 0603, 0402, 0201 och 01005. Storleken anges i Sverige, förvånande nog, i inch-mått. Motsvarande storleksklass i det metriska systemet (som bl a används i Japan) skulle vara 3216, 2012, 1608, 1005, 0603 respektive 0402 vilket innebär att det minsta motståndet på bilden har de ungefärliga måtten 0,41 mm x 0,20 mm.*

Om resistansen varierar med ström, spänning eller yttre faktorer benämns komponenten för "olinjärt motstånd", eller med ett namn som anger vad motståndet är beroende av. Exempel på olinjära motstånd är:



*Figur 6.4. Hålmonterad NTC-termistor*

**Termistorer** - temperaturberoende motstånd som finns i typen NTC, negativ temperaturkoefficient, vars resistans minskar med ökad temperatur och PTC, positiv temperaturkoefficient, där resistansen ökar med ökad temperatur. NTC-motståndet används exempelvis för temperaturmätning, temperaturreglering, temperaturkompensering, tidsfördröjning, begränsning av startströmmar och flödesmätning. PTC-motstånd används som överströmsskydd för till exempel motorer, självreglerande värmeelement, avmagnetiseringslänkar i färg-TV, tidsfördröjningskretsar och för temperaturindikering. Termistorer består framförallt av olika metalloxider.

**Varistorer** - VDR (Voltage Dependent Resistor) - är ett icke-linjärt spänningsberoende motstånd vars resistans sjunker starkt med ökad spänning. Varistorer tillverkas idag oftast av granulerad zinkoxid, dopad med olika ämnen som Bi, Mn, Sb etc., som sintras till en tablett. Kontaktytorna mellan kornen (miljontals), som fungerar som en





Figur 6.5. Hålmonterad varistor



Figur 6.6. Hålmonterad fotomotstånd

halvlederövergång med ett spänningsfall på ca 3 V vid 1 mA, bildar långa kedjor. Det totala spänningsfallet beror på kornstorleken och tjockleken på varistorn. En varistor kan slå om från höghohmigt till låghohmigt läge på mindre än 20 ns. Olinjäriteten kan utnyttjas för att ge skydd mot spänningstransienter, som uppstår vid exempelvis åska eller switchning av induktiva laster. En varistor kan användas för både lik- och växelspanning.

**Fotomotstånd** - LDR (Light Dependent Resistor) - ett ljusberoende motstånd vars resistans varierar beroende på mängden ljus och där starkare ljus ger lägre resistans. Fotomotstånd tillverkas huvudsakligen i två olika material. Kadmiumsulfid (CdS) som är känslig för ungefär samma ljusspektrum som det mänskliga ögat. Kadmiumselenid (CdSe) vars känslighet är förskjuten mot det infraröda. Kadmiumsulfiden eller seleniden har vid mörker inga eller få fria elektroner och resistansen är då hög men då vid exponering för ljus frigörs valenselektroner som flyttar till konduktansskalet vilket innebär att resistansen blir låg

## 6.4 Kondensatorer

Kondensatorn är en passiv elektronisk komponent. Kondensatorn karakteriseras av sin kapacitans som mäts i enheten farad. Den har förmågan att lagra en viss elektrisk laddning mellan plattor, elektroder, inuti kondensatorn och med ett icke-ledande material, dielektrikum, mellan plattorna. Elektroderna kan då laddas upp utan att elektroner hoppar över från den negativa till den positiva elektroden. Kapacitansen ökar med ökad area hos elektroderna och minskat avstånd mellan dem. För att minska avståndet mellan elektroderna använder man som regel inte luft som dielektrikum utan ett material som kan göras mycket tunt. Materialet som används som dielektrikum definierar vanligen kondensatortypens namn som exempelvis: keramisk, plast, papper eller aluminiumoxid (denna typ kallas dock elektrolytkondensator). Det dielektriska materialet påverkar starkt en kondensators egenskaper och prestanda och materialet innehåller dessutom ofta ämnen som är så kallade dipoler vilket ger en ännu högre kapacitans. I en dipol är elektrontätheten förskjuten så att molekylens får en negativ och en positiv del vilket innebär att dipolerna kan vrida sig och anta samma riktning som det elektriska fältet. Detta gör att verkan av avståndet mellan elektroderna minskar och kapacitansen ökar.

Kondensatorer har flera användningsområden. Som kopplingskondensator blockerar den en likspänning men leder en växelspanning vidare. Som avkopplingskondensator kortsluter den en växelspanning som är överlagrad på en likspänning.

I ett nätaggregat används kondensatorer för att lagra energi. I tidkretsar utnyttjar man en kondensators laddnings- och urladdningskurva för att bestämma tid. Kondensatorn kan också användas för avstörning.

I praktiken är kondensatorer inga ideella komponenter med endast kapacitans. I serie med kapacitansen finns också en resistans ESR (ekvivalent serieresistans). ESR-värdet är en parameter som tas hänsyn till vid val av kondensatorer.

**Plastfilmskondensatorer** har en plastfilm som dielektrikum. De har små förluster tack vare låg resistans i elektroderna och hög isolationsresistans. De kan tillverkas rationellt vilket gör priset lågt. De är opolariserade (det spelar ingen roll vilken elektrod som blir positiv eller negativ) och har mycket låg läckström. Plastfilmskondensatorer används till exempel som kopplings- och avkopplingskondensatorer i analoga och digitala kretsar, i tidkretsar och i avstämda filter.

Elektroderna består av en metallfolie eller en metallisering. Det senare är ett tunt på-ångat skikt av metall på den dielektriska plasten som bland annat har den fördelen att vid ett överslag förångas metallbelägget runt överslagsstället och en eventuell kortslutning förhindras. Plastfilmskondensatorer är oftast hålmonterade.

Beroende på pris och prestanda kan olika plaster användas i plastfilmskondensatorer:

- Polyester (PET, polyetylenterftalat, mylar) är lätt att göra tunn (ca 1  $\mu\text{m}$  är möjligt) och lätt att metallisera, vilket ger små dimensioner och lågt pris. Polyester har sämst prestanda av de moderna plastmaterialen. Dessa kondensatorer används i många kritiska applikationer som exempelvis avkoppling.
- Polypropylen (PP) är svår att göra tunn. Den kräver dessutom förbehandling för att kunna metalliseras. Polypropylenkondensatorer är därför både stora och dyra jämfört med polyester och polykarbonat. Till fördelarna kan nämnas mycket små förluster, hög stabilitet och låg dielektrisk absorption. Polypropylenkondensatorer används ofta i pulsapplikationer och där man behöver låg dielektrisk absorption, till exempel i audioutrustningar.
- Polykarbonat (PC) går även den att göra tunn. Den är relativt lätt att metallisera. Polykarbonat har lägre dielektricitetskonstant än polyester och blir därför något större och dyrare. Den har dock betydligt lägre förluster och bättre stabilitet. Polykarbonatkondensatorer används i kritiska applikationer där man kan utnyttja den höga stabiliteten, till exempel i avstämda filter och i oscillatorer.
- Polystyren (styrol, styroflex) är ett gammalt plastmaterial som mer och mer ersätts av polykarbonat och polypropylen. Den kan bara med svårighet metalliseras och den låga dielektriska styrkan (spänningståligheten) gör filmen betydligt tjockare än de andra plastmaterialen. Den har däremot mycket låga förluster, hög stabilitet och låg dielektrisk absorption. Polystyren används framför allt i kritiska filterapplikationer.
- Polyfenylsulfid (PPS) är ett nytt material, vilket har som främsta egenskaper hög temperaturlåghet, bra stabilitet och mycket låga förluster. Nackdelen är låg spänningstålighet som har till följd att filmtjockleken måste ökas.

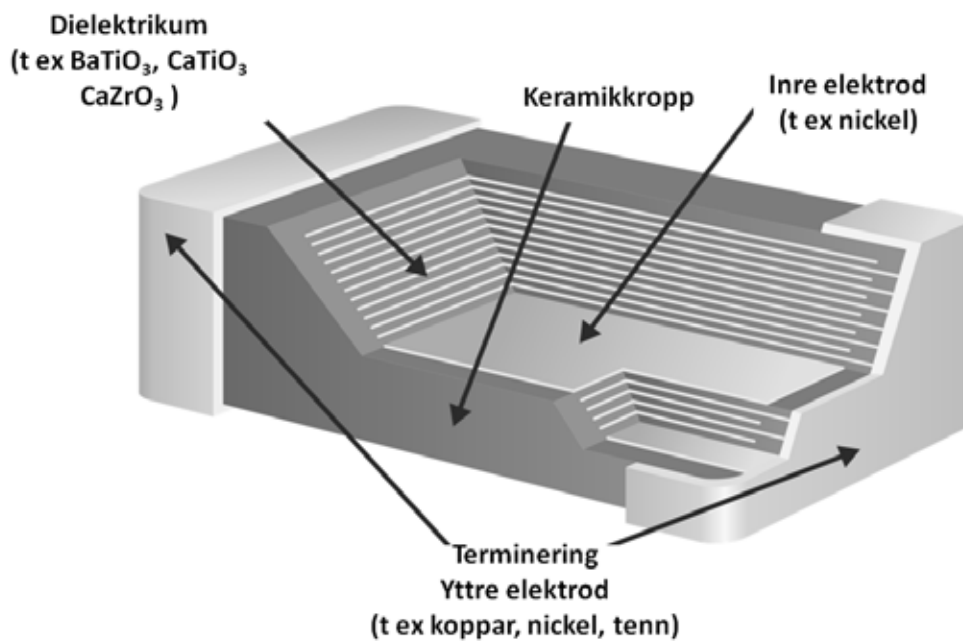




Figur 6.7. Plastfilmskondensator för hålmontering

Den absolut vanligaste kondensatorn är ytmonterade keramiska kondensatorer. En sådan kondensator med flera lager dielektrikum med mellanliggande elektroder, kallas flerskiktsskikt eller multilayerkondensator, MLCC – *multilayer ceramic capacitors*. Utbudet av olika material och utföranden är enormt stort.

Keramiska ytmonterade flerskiktsskikt kondensatorer är uppbyggda med elektroder som ligger i flera skivor (lager) omgivna av ett dielektrikum (icke ledande material) och där elektroderna i ändarna är anslutna till termineringarna. Keramiska ytmonterade flerskiktsskikt kondensatorer innehåller förhållandevis ganska få föreningar, fem stycken, varav dielektrikumet i form av bariumtitanat ( $\text{BaTiO}_3$ ) och kalciumzirkonat ( $\text{CaZrO}_3$ ) dominerar.



Figur 6.8. Schematisk bild av ett keramisk ytmonterad kondensator (MLCC)

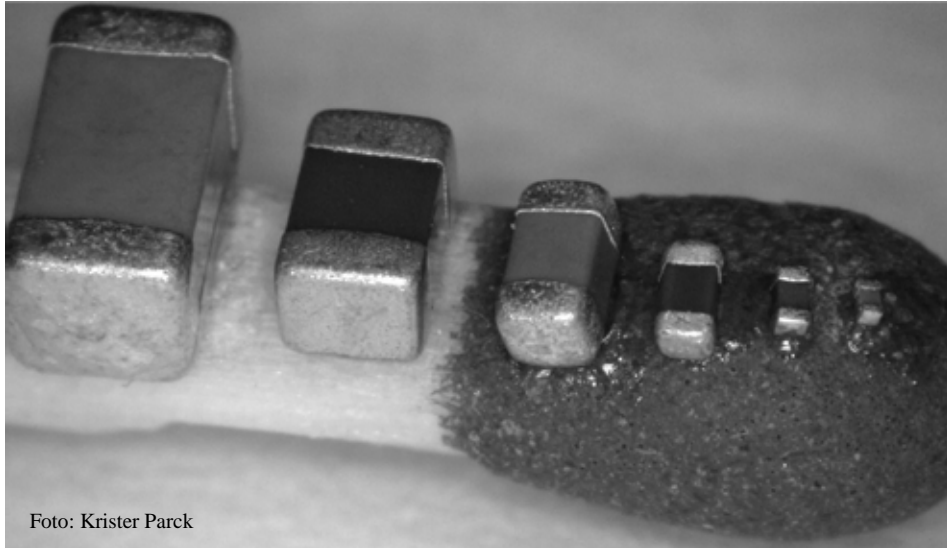


Foto: Krister Parck



ungefärlig  
naturlig  
storlek

*Figur 6.9. Ytmonterade keramiska kondensatorer förekommer i olika storlekar och klassificeras på samma sätt som de ytmonterade motstånden i figur 6.X. På bilden syns från vänster (metriska systemet inom parantes) 1206 (3216), 0805 (2012), 0603 (1608), 0402 (1005), 0201 (0603) och 01005 (0402) i storleksjämförelse med en tändsticka*

**Elektrolytkondensatorer** har elektroder av aluminium eller tantal, där pluspolens (anodelektrodens) yta har oxiderats och det mycket tunna oxidskiktet används som dielektrikum. För att minska avståndet mellan det dielektriska oxidskiktet och minuspolen (katodelektroden) använder man en elektrolyt med lågt elektriskt motstånd.

**Våt aluminiumelektrolytkondensator** har en elektrolyt bestående av exempelvis borsyra, glykol, salt och lösningsmedel. För att öka arean på elektroderna så etsas elektroderna i syrabad för att ytan ska bli porös. Arean hos elektroderna kan på detta vis ökas med upp till 300 gånger. Pluspolens (anodens) dielektriska oxidskikt byggs, i ett bad med vattenhaltig elektrolyt, upp till en tjocklek av ungefär 1,3nanometer per volt som den är specificerad att tåla. Även katoden ges ett tunt oxidskikt, cirka 4,0 nanometer. För att förhindra att elektrodernas oxidskikt skadas separeras de med ett tunt papper som separator mellan elektroderna. Eftersom elektrolyten är negativ blir höljet på kondensatorn kopplat till minuspolen men höljet kan inte användas som anslutning.

Den vanligaste applikationen för aluminiumelektrolytkondensatorer är som filterkondensator (reservoarkondensator) i nätaggregat.

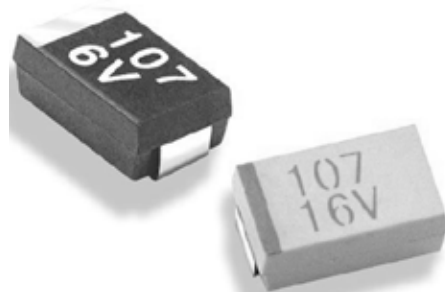
**Torra aluminiumelektrolytkondensator** började tillverkas strax efter år 1900 men har dessa inte mycket gemensamt med dagens torra aluminiumelektrolytkondensatorer. För att skilja dem åt kallas ofta de moderna typerna, med mangandioxid eller organisk halvledare som elektrolyt, för solida aluminiumelektrolytkondensatorer (SAL). Mangandioxidtypen har som framgång en elektrolyt av mangandioxid, vilken har låg resistans. Aluminiumelektroderna etsas och doppas i bad där ett oxidlager bildas. Ett skikt av glasfiberväv, som även fungerar som separator mellan elektroderna, beläggs med mangandioxid och placeras mellan elektroderna som lindas eller vikts till ett kompakt kondensatorelement. Sedan förses kondensatorn med passande kapsling och tilledare. Denna kondensator har flera fördelar mot andra elektrolyter, som exempelvis lång livslängd eftersom elektrolyten inte kan avdunsta, stort temperatur-område, litet temperaturberoende samt att den inte kortsluts om den överhettas. Livslängden

hos en mangandioxidkondensator är beroende av spänningen medan livslängden inte är lika temperaturberoende som hos andra elektrolytkondensatorer.

Den andra typen har som elektrolyt en organisk halvledare av TCNQ – tetracyanoquinodimetan (CAS nr 1518-16-7) vilket har mycket bra elektriska och termiska egenskaper. Även denna typ har etsade elektroder och separator mellan dem. Denna typ har inre resistans (ESR) jämförbar med keramiska och plastkondensatorer, och för att erhålla samma låga inre resistans (ESR) med en våt aluminiumelektrolyt måste man gå upp ungefär 50 gånger i kapacitansvärde. Denna typ är lämplig som exempelvis filterkondensator i switchande nätaggregat, där den höga frekvensen ger till följd att värdet på den inre resistansen (ESR) är viktigare än kapacitansen. Den klarar inte lika höga temperaturer som mangandioxidtypen. Livslängden är mer temperaturberoende än på vanliga våta elektrolyter - 2 000 timmar vid 105°C ökar till 20 000 timmar vid 85°C. En överspänning kan orsaka kortslutning men så länge strömmen är mindre än 1 A blir temperaturen lägre än de 200°C som bryter ner elektrolyten, och kondensatorn får inga bestående skador.

**Tantalelektrolytkondensatorer** har som dielektrikum tantaloxid, vilken har utmärkta elektriska egenskaper. Kondensatorns anod tillverkas av tantalpulver som pressas och sintras till en porös cylinder eller kub kring en bit tantaltråd. Ungefär halva volymen består av luft, vilket gör att den invändiga ytan är 100 gånger större än den utvändiga ytan. Sedan den försetts med ett oxidskikt i ett syrebad doppas kondensatorelementet i mangannitratlösning som fyller alla porer. Mangannitratet omvandlas med värme till mangandioxid som blir den torra elektrolyten. För att få kontakt till katodelektroden, som består av ledande silverfärg, beläggs kondensatorelementet med ett lager kolgrafit.

Den gamla typen av tantalkondensator med våt elektrolyt och silverkapsling har av flera skäl, inte minst kostnad, ersatts av den torra typen. En tantalkondensator har lågt ESR tack vare tantalet och mangandioxidens låga resistivitet. Den är även betydligt mindre än en aluminiumelektrolyt med motsvarande värde. De används i applikationer som till exempelvis koppling, avkoppling, energilagring och i tidkretsar där den låga läckströmmen kommer till nytta. Den stora nackdelen med tantalkondensatorer är tendensen att gå i kortslutning om spänning eller temperatur blir för höga vilket kan leda till brand i kondensatorn. Tantalelektrolyter har bra temperaturstabilitet.



*Figur 6.10. Tantalkondensatorer för ytmontering*

Tantalkondensatorer innehåller, som namnet anger, tantal som är en av de metaller som kan komma från konfliktmineral som bryts i Kongo-Kinshasa även om den kan exporteras från någon av Kongo-Kinshasas grannländer.

## 6.5 Dioder, transistorer, tyristorer

Komponenter som använder halvledare är den största gruppen av aktiva komponenter och innefattar allt från enkla dioder till avancerade integrerade kretsar. Ett halvledande material kan dopas med olika störemnen som gör att halvledarmaterialet kommer att ha ett överskott, n-typ, eller underskott, p-typ, av elektroner. Typiska dopningsmaterial är fosfor och bor. Till grund för de här komponenternas funktion finns PN-övergången som skapas när de n-dopade och p-dopade halvledaren kommer i kontakt. Termen *övergång* syftar på området där de olika halvledartyperna möts. I övergången mellan p-dopat och n-dopat material bildas ett område som kommer att leda ström i en riktning. I dioden, den enklaste av halvledarkomponenterna, drar man fördel av den här rikriktande egenskapen.

I halvledarnas barndom var germanium (Ge) den viktiga byggstenen. Genom sin lägre smältpunkt, 990°C - 420 grader lägre än kisel – var germanium lättare att hantera än kisel. 1947 tillverkades de första transistorerna tillverkades av germanium och under de sju följande åren presenteras ungefär ett hundratal olika transistorer, de flesta i USA. Gordon Teal på Texas Instruments visar 1954 de första proverna av kiseltransistorer och redan 1955 så blir de första kommersiella typerna tillgängliga. Dioder, transistorer och integrerade kretsar är uppbyggda av halvledare.

Kiseltransistorn hade bättre egenskaper som exempelvis högre effekttålighet än germaniumtransistorer. Med kisel kunde man också bemästra många av de temperaturproblem som man tidigare haft. När germanium hettas upp så ökar också antalet fria elektroner, vilket ökar den ström som flyter genom transistoren som då leder till att temperaturen ökar. En positiv återkoppling med strömrusning som resultat och som till slut bränner upp transistoren om inte strömmen begränsas.

**Dioden** är en icke-linjär elektrisk komponent som idealt leder elektrisk ström i endast en riktning. Namnet kommer av att den har två elektroder, katod och anod. Ström kan bara gå från pluspolen (anod) till minuspol (katod) - men inte tvärtom.

Exempel på andra dioder är lysdioder som utnyttjar att det bildas fotoner om man utnyttjar speciella kristallmaterial i PN-övergången och solceller där man utnyttjar de fotoelektriska egenskaperna i halvledare. Lysdioder beskrivs närmare i kapitel 6.7. I solceller, när fotoner absorberas nära pn-övergången, bildas par av "hål" och elektroner. Spänningen är ungefär 0,5 V per cell och maximal ström beror på cellens yta men är oftast 1 till 2 A. Genom parallell- och seriekoppling kan man bygga i stort sett obegränsat stora solenergisystem.

**Transistorn** har förmågan att arbeta som en ström- eller spänningsstyrd förstärkare. Oftast har transistorer tre anslutningar. För bipolära transistorer kallas de emitter, bas och kollektor. För fälteffekttransistorer kallas anslutningarna *drain*, *gate* och *source*. Ordet transistor kommer av det engelska ordet för transport "TRANSfer" och ordet för motstånd "resISTOR". Man kan se transistoren som en ledare av elektrisk laddning och ett variabelt motstånd.



Figur 6.11. Ytmonterad transistor av typen SOT-23.

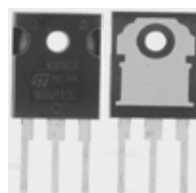
Det finns idag en stor mängd specialiserade transistorer för olika användningsområden. Transistorn förekommer som enskild komponent, ofta som effektsteg eller lågbrusförstärkare, men framför allt så är den byggsten i integrerade kretsar.

**Bipolärtransistorn** kan med hjälp av en liten styrström, styra en betydligt större ström.

**Fälteffekttransistorn (FET)** är idag den vanligaste varianten. Den har övertagit den roll som de bipolära transistorerna traditionellt har haft. Exempel på varianter är JFET- och MOSFET-transistorer (MOSFET - *Metal Oxide Semiconductor-FET*). Som effektswitch så har MOSFET-transistorn idag en dominerande position med sina goda egenskaper.



Figur 6.12a. MOSFET-transistor för ytmontering.  
MOSFET = Metal Oxide  
Semiconductor Fälteffekttransistor



Figur 6.12b. MOSFET-transistor för hålmontering. Till vänster visas framsidan och till höger baksidan med en metallyta som ska leda bort värme då transistorn skruvats mot en kylare.

**IGBT (Insulated-gate bipolar transistor)** är en kombination av bipolär- och fälteffekttransistorn. Den används för riktigt höga strömmar och effekter och används bland annat i kraftelektroniken i moderna lok. En annan, mer vardaglig applikation av IGBT-transistorer är i vissa typer av dimrar

**Tyristorn** är elektronisk komponent uppbyggd av halvledarmaterial. Den har fyra halvledarskikt, döpta PNP och kan betraktas som två transistorer anslutna mot varandra. Tyristorn fortsätter därefter att vara tänd oberoende av om styrströmmen bryts. Den slutar leda då huvudströmmen genom den understiger ett visst värde nära 0. För en växelström innebär det alltså att den tänds när styrspänningen kopplas in och släcks strax innan nollgenomgången för varje period.

Genom att låta tyristorn föregås av en styrkrets som reglerar när i perioden styrspänningen kopplas in kan man reglera effekten i växelströmskretsar.

## 6.6 Elektroniska integrerade kretsar

En integrerad krets, ofta kallad *IC*, är en elektronisk krets där komponenterna tillverkas tillsammans, till skillnad från en traditionell krets, där komponenterna är tillverkade var för sig och sedan ansluts till varandra. Den integrerade kretsen består vanligtvis av en tunn skiva av dopat kisel som sedan förbinds med termineringarna (in- och utgångarna) med tunna trådar av guld eller aluminium. Med denna metod kan man få plats med miljontals elektroniska transistorer på en kvadratcentimeterstor platta.

”Moore’s lag”, uppkallad efter en av Intels grundare Gordon E. Moore, betecknar det fenomen att antalet transistorer som får plats på ett kiselchip växer exponentiellt. Moore beskrev först ett empiriskt samband där en fördubbling sker varje år, vilket han sen reviderade till två år. I

efterhand har detta justerats till en fördubbling på 18 månader. Moores lag har visat sig korrekt ända sedan 1965 då den formulerades, dock med en och annan justering av fördubblingstiden.

Moores lag har haft stor betydelse för datorindustrin som i mångt och mycket lever på att föregående års modeller måste bytas ut när datorns centralprocessor (CPU – central processor unit) blivit föråldrad enligt Moores lag. Lagen kommer också till användning när man utvecklar exempelvis spel, och behöver veta hur stor datorkraft som finns på marknaden när spelet släpps.

Nu mera har begreppet Moores lag kommit att användas till allt som ändras exponentiellt.

Exempel på integrerade kretsar är **förstärkare**, **analog/digital(A/D)**- och **digital/analog(D/A)**-omvandlare, **logikkretsar**, **mikroprocessorer** och **minneskretsar**.

## 6.7 Lysdioder, fotodetektorer, optokopplare

En lysdiod, LED - *Light Emitting Diode*, sänder ut ljus (fotoner) när ström sänds i framriktningen från P- till N-materialet. Ljuset, som har ett ganska väldefinierat spektrum, skapas genom rekombination av laddningsbärare i PN-övergången. Som halvledarmaterial används framförallt ämnen i periodiska systemets grupper III (främst gallium och indium, men även aluminium) och V (främst fosfor och arsenik) men även från II (2B – främst zink) och VI (främst selen och tellur). Dessa kallas därför III-V eller II-VI-material. Idag finns lysdioder i många olika färger, från infrarött över de synliga färgerna till ultraviolett, samt numera även kallvitt och varmvitt. De vanligaste materialen och deras typiska färg (ljusvåglängd) är:

- Galliumarsenid (GaAs) ger infrarött till rött ljus (650 nm).
- Galliumarsenidfosfid (GaAsP) ger rött till gult ljus (630-590 nm).
- Galliumfosfid (GaP) ger grönt till blågrönt ljus (565 nm).
- Galliumnitrid (GaN) ger blått ljus (430 nm).
- Indiumgalliumnitrid (InGaN/YAG) ger vitt ljus.

Lysdioden förekommer som fristående komponent eller ingår som del i segmenterade moduler (displayer) men också i knappar med inbyggd belysning. Tvåfärgade lysdioder utnyttjar två parallellkopplade men olikvända dioder och utnyttjas för enkel indikering eller flerfärgskombinationer i displayer och knappar.

**Fotodetektor** är ett samlingsnamn för flera typer av komponenter varav vissa fungerar med yttre spänningskälla och andra utan.

- **Fotodioden** är egentligen en vanlig diod som spärras i backriktningen. När PN-övergången belyses ökar läckströmmen. På samma sätt verkar en Schottky-diod, det vill säga en metall/halvledarövergång.
- **Fotoresistorn**, eller fotoledaren, ändrar resistans med ljusnivån. Största känsligheten har den vid en viss våglängd som beror på det valda halvledarmaterialet och graden av störämne. Den är dock bredbandig och ljuskänslig men har lång omställningstid.
- **PIN-dioden** spärras i backriktningen. Den är bredbandig, mycket snabb och har lågt brus.

- **Fototransistorn** fungerar som en vanlig transistor, men överskottsladdningen i basen skapas av inkommande ljus i stället för ström. Fototransistorn är något långsammare än fotodioden.
- **Fotolavindioden** är snabbare än fototransistorn och ger också högre förstärkning.

**Optokopplare** består av en kombination av ljussändare/ljusdetektor. Med dess hjälp kan man överföra signaler mellan enheter som inte är galvaniskt förbundna med varandra.

Optokopplarnas sändare brukar utgöras av en lysdiod och dess mottagare av fotomotstånd, fotodiod, fototransistor eller fototriac. Optokopplaren ersätter i många fall pulstransformatorn och det finns även optokopplare som är så linjära att de kan användas för att överföra analoga signaler. Optokopplare är lätt att automatmontera.

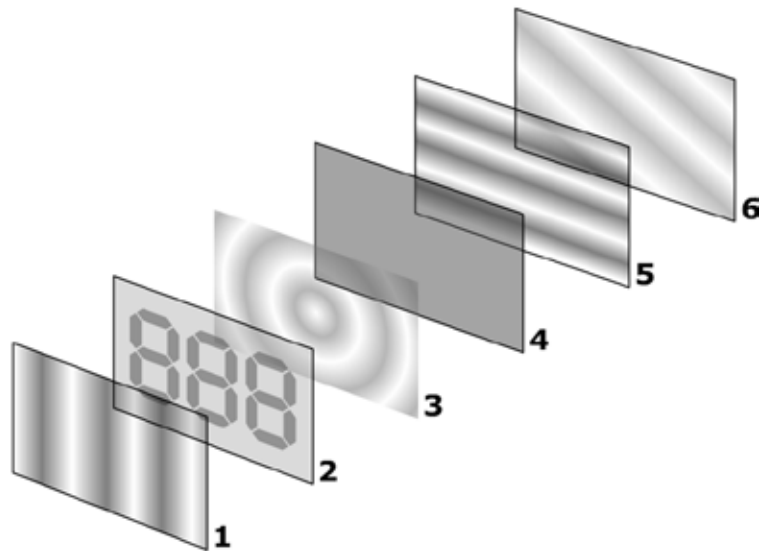
## 6.8 Displayer

Displayer (teckenfönster) kan utgöras av katodstrålerör som i TV-mottagare och monitorer, av flytkristallskärmar (LCD = Liquid Crystal Display), elektroluminiserande skärmar (EL) och, när det gäller mindre teckenfönster, lysdiodmatriser.

Flytande kristaller är en grupp molekyler som under vissa omständigheter har faser som uppvisar ett isotropiskt och flödeslikt beteende, och under andra omständigheter uppvisar direkt motsatsen; anisotropisk strukturlik ordning. Flytande kristaller används i flytande kristallskärmar (LCD, TFT, DSTN etc.) vilka är beroende av de optiska egenskaperna för vissa kristallmolekyler i närvaro eller frånvaro av ett elektriskt fält. Under ett elektriskt fält ställer molekyler in sig i fältriiktningen, varvid ljusets polarisation bestämmer vad som släpps igenom och vad som reflekteras. N-(4-Metoxylbenzyliden)-4-butylanilin, MBBA, (CAS nr 97402-82-9) är den organiska förening som är vanligast i flytande kristaller.

**Flytkristallskärmar**, LCD, drar mycket låg ström och är därför lämpliga i batterimatade system. Mellan två glasskivor med etsade elektroder av indiumtennoxid (ITO) finns de flytande kristallerna. Indiumtennoxid är en fast lösning av indium(III)oxid ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) och tenn(IV)oxid ( $\text{SnO}_2$ ) med en typisk sammansättning av 90 procent  $\text{In}_2\text{O}_3$  och 10 procent  $\text{SnO}_2$ . När de flytande kristallerna utsätts för ett elektriskt fält ändrar kristallerna riktning så att bakgrundsljuset bryts.





Figur 6.13. Schematisk bild av en reflektiv flytkristallskärm (LCD) som saknar egen ljuskälla, det vill säga ljuset kommer utifrån och reflekteras i spegeln. (illustration från Wikipedia)

1. Vertikalt filmfilter för att polarisera det inkommande ljuset
2. Glassubstrat med ITO-elektroder. Formen på dessa elektroder kommer att bestämma den mörka formen som syns när skärmen slås på. Små upphöjda ränder är etsade på ytan så att den flytande kristallen är i linje med det polariserade ljuset.
3. Flytande kristaller
4. Glassubstrat med den gemensamma elektrodfilmen (ITO - indiumtennoxid) och dess horisontellt upphöjda ränder för att vara i linje med det horisontella filtret.
5. Horisontellt filmfilter för att blockera/släppa igenom ljus.
6. Spegelyta som reflekterar det inkommande ljuset. I de delar av skärmen där kristallerna har polariserats med en ström kommer inget ljus att släppas igenom eller reflekteras och kristallerna blir därför svarta

Deras egenskaper skiljer mycket beroende på typ. De äldsta, av typen *twist nematic*, hade mycket dålig kontrast och betraktningvinkeln var begränsad. Särskilt på stora skärmar är detta ett problem. Så kallade *super-twist-nematic* (STN) LCD har betydligt bättre kontrast och skärmen kan betraktas inom  $\pm 45$  grader.

Flytkristallskärmarna avger inget ljus men förses ofta med bakgrundsbelysning i lämplig färg. Denna belysning kan komma från lysdioder, kallkatodrör eller elektroluminiserande (EL) platta. Reflektiva displayer reflekterar inkommande ljus och transreflektiva har en reflekterande bakgrund som dock släpper igenom ljus och därför kan bakgrundsbelysas.

**Flytkristallskärmar cSTN-display** (*Colour Super Twist Nematic*) är en färgskärm som har låg effektförbrukning och passar i batterimatade system, speciellt om den är av typen reflektiv eller transreflektiv.

**Flytkristallskärmar TFT-displayer** (*Thin Film Transistor*) ger god kontrast (40:1) och hög snabbhet som tillåter rörliga bilder. Kontrastökningen sker genom att varje punkt (pixel) har en egen transistor av amorft kisel som tillverkas på glassubstratet. Transistorn ger med sin förstärkning kraftigare drivning av de flytande kristallerna. Förmågan att släppa genom ljus är endast cirka 3 procent vilket ofta gör bakgrundsbelysning energislukande. TFT-displayer i färg utnyttjar samma teknik som katodstrålerör för färg. De enskilda punkterna orienteras i RGB-format.



**Flytkrystallskärmar LTPS-TFT-displayer** (*Low Temperature Poly Silicon-Thin Film Transistor*) liknar vanliga TFT-displayer, men genom att utnyttja kristalliserad kisel på glassubstraten så går det att bygga en större andel av drivelektroniken direkt på glassubstratet och möjliggöra lågeffektdisplayer för batterimatning.

**EL-displayer** (elektroluminiserande) har god ljusstyrka (luminans), cirka 100 cd/m<sup>2</sup>, och kontrasten är relativt god, ungefär 20:1. Färgen är gul. En matningsspänning av minst 80 V och minst 60 Hz ansluts till ett skikt av zink och fosforer, exempelvis galliumarsenid, på glassubstratet där den elektriska spänningen omvandlas till ljus.

**Plasmadisplayen** (gasurladdningsdisplay) har mycket god kontrast, upp till 150:1, men den måste matas med hög spänning. För TV-bruk finns plasmaskärmar med hög luminans cirka 400 cd/m<sup>2</sup>. Cellerna i en färgplasmadisplay fungerar genom att joniserad gas avger ultraviolett strålning som sedan ger energi till fosforer som fluorescerar på samma sätt som elektronstrålen i ett TV-bildrör.

**Vakuumfluorescerande displayer** är ljusstarka med en luminans som är cirka 4–5 ggr högre än EL-displayer. Färgen är ofta grön men vit, orange och blå förekommer också.

**Katodstråleröret** är fortfarande det som ger högst luminans, upp till 700 cd/m<sup>2</sup> och hög kontrast. Drivsyttemet runt ett katodstrålerör är omfattande: videoförstärkare för intensitetsreglering, ett komplicerat avlänkningssystem, konvergenskorrektion för färgrör och ofta kretsar för att motverka den bilddistorsion som bland annat en tillplattad och fyrkantig skärm ger.

**Displaymoduler** innebär att själva displayen, av LED-, LCD-, TFT-, VF- eller EL-typ, är kompletterad med drivelektronik för att kunna drivas direkt med ASCII-kod eller videosignal.

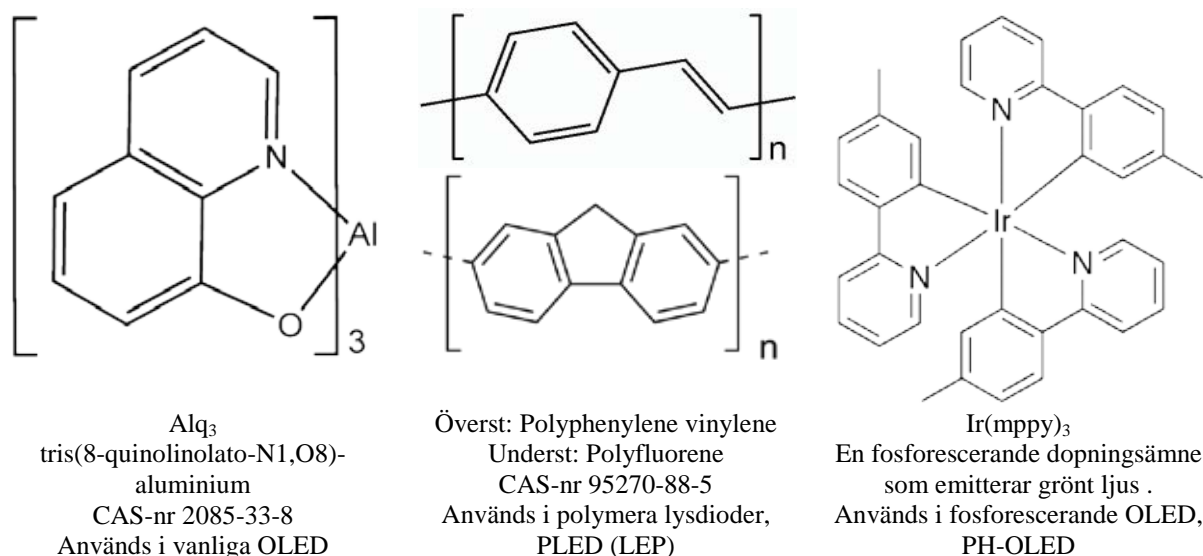
Snabbheten, det vill säga ett omslag från vitt till svart eller tvärtom, varierar starkt mellan olika skärmtyper. En lysdioddisplay kan slå om på 10 ns, ett katodstrålerör på mindre än 0,1 ms, plasmadisplayer på i storleksordningen 1 ms, EL-displayer på 0,1 ms till 1 s och LCD/TFT på 10 ms till 1 s. Flytkrystallernas omslagstid ökar starkt med minskad temperatur och deras funktion är oftast helt borta vid temperaturer under minus 20 grader.

**OLED** (*organic light-emitting diodes*) alstrar eget ljus varför den till skillnad från LCD inte behöver någon ljuskälla. OLED består av tunna kolbaserade plastfilmer mellan två elektroder; där katoden vanligen är en metallyta medan anoden normalt består av en tunn glasskiva. De kolbaserade filmlagren består av ett finmaskigt hålnät (hålinjektionslager), ett transportlager, ett emissionslager, samt ett elektrontransportlager. När en ström går igenom en OLED-cell skapas elektroluminescent ljus genom att positiva och negativa laddningar slås samman i emissionslagret.

I OLED-skärmar används vanligen små molekyler, så kallade organometalliska kelatkomplex (t ex Alq<sub>3</sub> Tris(8-hydroxyquinolinato)aluminium), tillsammans med fluorescerande eller fosforescerande föreningar. Fluorescerande material väljs med avseende på vilka ljusvåglängder som ska sändas ut, emitteras. Exempel på sådana föreningar är perylen (CAS-nr 198-55-0), rubren (5,6,11,12-tetraphenyl-naphthacene, CAS-nr 517-51-1) and derivat av quinacridon (CAS-nr 1047-16-1).

En annan variant av OLED är den så kallade PLED (*polymer light-emitting diode*) eller LEP (*light-emitting polymers*) som innehåller en elektroluminiserande polymer som sänder ut (emitterar) ljus när den ansluts till en extern spänning.

Ytterligare en variant av OLED är PHLED (*phosphorescent light-emitting diodes*) där elektrofosforescens eller elektrofluorescens används för att omvandla elektrisk energi till ljus. Här används ofta en polymer, exempelvis poly(n-vinylcarbazol), dopat med organometallisk komplex som innehåller iridium ( $\text{Ir}(\text{mppy})_3$ ) eller platina



Figur 6.14. Några olika aktiva substanser som används i OLED-skärmar (illustration från Wikipedia)

Små OLED-skärmar finns idag i en mängd elektronikprodukter, t ex mobiltelefoner. I framtiden kan tekniken användas i större applikationer som exempel TV-apparater som med hjälp av denna teknik kan vara endast några millimeter i tjocklek. OLED är också möjlig att appliceras på böjliga plastsubstrat.

## 6.9 Isolerad tråd och kabel, optisk kabel, med kopplingsanordningar

Ledare i praktiskt taget alla elektriska ledningar utgörs av koppar. Endast undantagsvis och för speciella ändamål ingår silver, aluminium, legeringen konstantan (koppar 55 procent, nickel 44 procent och mangan 1 procent) eller annan metall i ledarna. En viktig egenskap hos en ledare är resistansen och den är beroende av materialets inneboende resistans (resistiviteten), längden och tvärsnittsarean på ledaren. För metaller är resistiviteten temperaturberoende med ett nästan linjärt samband. Resistansen medför en effektförlust som höjer ledarens temperatur.

Vid höga frekvenser rör sig elektronerna i huvudsak vid ledarens ytor (skineffekten) varför man i sådana fall ofta använder en tråd med bättre ledningsförmåga i periferin (exempelvis försilvråd tråd) eller tråd med större yta i förhållande till sin grovlek (så kallad litztråd som består av ett stort antal individuellt isolerade ledare).

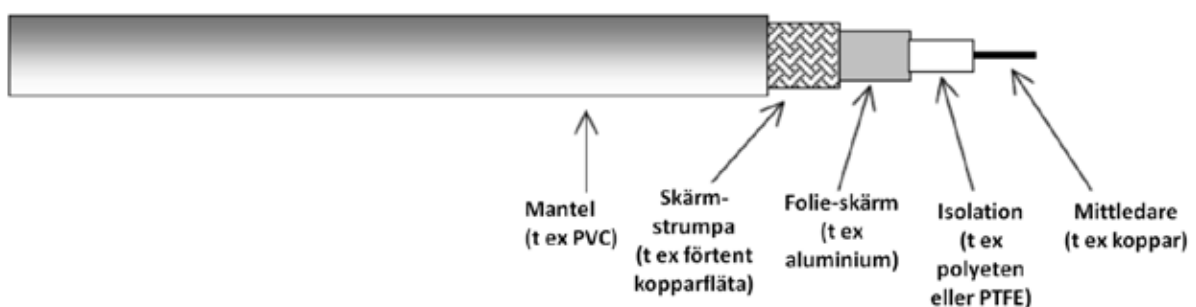
Ledare måste isoleras med ett lämpligt material så att de kan ligga mot varandra, mot jordade metallföremål eller mot andra spänningsförande ledare. Det i särklass vanligaste isoleringsmaterialet är polyvinylklorid (PVC). Vanliga är också EP-gummi samt plaster som polyeten (PE), polypropylen (PP), polyuretan (PUR), polyamid (nylon), polytetrafluoreten (PTFE - ”Teflon”), FEP (Teflon FEP), silikongummi och neopren.

Tidigare har användningen av klorparaffiner som mjukgörare i kablar medfört att man också fått produkter som uppfyller höga brandkrav. Nu ersätts dessa i allt större utsträckning av halogenfria alternativ, till exempel antimontrioxid (0,5-2 procent inblandning) och aluminiumhydrat (20-30 procent inblandning). Ett alternativ till PVC-kablar där stora krav på brandskydd ställs är kablar isolerade och mantlade med polyolefinbaserade, vanligtvis metallhydratfyllda, material.

Kablar, andra än av PVC, till datorer flamskyddas med triarylfosfatestrar, exempelvis trifenylfosfat. Telekommunikationskablar utgörs antingen av koppar eller av optisk fiber. Isolering av den optiska fibern var tidigare uteslutande med PVC men har nu till största delen ersatts med polymerer som polyeten eller polyester. Polymermaterialet flamskyddas med oorganiska salter som magnesiumhydroxid eller aluminiumhydroxid. Den lilla mängd PVC som fortfarande används flamskyddas med antimontrioxid.

I **koaxialkablar** används vanligen massiv polyeten eller skumpolyeten mellan innerledaren och skärmen, medan ytterhöljet består av PVC. I miniatyrkablar och i speciella lågförlustkablar används PTFE mellan inner- och ytterledare. Det yttre ledande höljet, skärmen, består ofta av flätad förtent, koppartråd skyddar mot elektromagnetiska högfrekvensfält. Vid lägre frekvenser ger den endast en elektrostatisk skärmning.

För att undvika magnetiskt inducerade störningar är en tvinnad kabel lämpligare. Speciella audiokablar har tvinnade ledare med en omgivande skärm. Innanför skärmstrumpan finns ibland en aluminiumfolie som ger extra skärmning. Alternativt är kabeln dubbelskärmad. Det finns också mångpolig kabel med parvis skärmade ledare.



Figur 6.15. Uppbyggnaden hos en koaxialkabel

**Fiberoptik** kan överföra ljuset från en lysdiod eller laser till en fotodetektor. Gemensamt för alla optiska fibrer är att de har en kärna kring vilken det finns en mantel. Principen är att den inkommande strålen, med liten vinkel i förhållande till kabelns riktning, totalreflekteras mot kärnans väggar eftersom kärnan har högre brytningsindex än den omgivande manteln. Ljusstrålen hålls därför kvar i kärnan genom att den reflekteras i övergången mot mantel. Omkring denna brukar det finnas ett skyddande hölje.

Glasfiberkablar kan ge mycket låg dämpning, bara någon dB per km. Dämpningen i plastfiber är avsevärt högre, men plastfibern är ett billigt alternativ som är användbart vid korta överföringssträckor, < 100 m, exempelvis i byggnader.

Plastfiber av polymetylmetakrylat (PMMA) är billig och enkel att montera till skillnad från glasfibern som kräver speciella kontakter och ett omständligt monteringsförfarande. En plastfiber har typiskt en kärna med 1 mm diameter medan fiberkabeln kan ha en kärndiameter ned till 5-10 µm.

Det finns flera orsaker till att fiberkabel används i stället för kopparledningar. Den optiska överföringen gör förbindningen okänslig för elektromagnetiska störningsfält, något man gärna drar nytta av i industriell miljö. Ett annat skäl är att optisk överföring kan tillåta ett brett frekvensspektrum och den är därför lämplig att använda för telefoni-, data- och TV-signaler i digitaliserad form.

Många olika system för kabelbeteckningar har utvecklats. CENELEC är en europeisk organisation vars uppgift är att underlätta handelsutbytet mellan berörda länder genom att så långt som möjligt eliminera sådana tekniska hinder som beror på skillnader i nationella elföreskrifter och normer. En kabel som är konstruerad och provad enligt ett harmoniseringsdokument, HD, måste vara försedd med <HAR>-märkning (HARmonization marking) och ursprungsmärkning.

SEK (Svenska Elektriska Kommissionen) är en förening med intressenter från svenskt näringsliv och offentlig förvaltning med uppgift att tillvarata svenska intressen inom standardiseringen på elområdet. SEK är svensk nationell kommitté av *International Electrotechnical Commission* (IEC) och CENELEC.

Kraftkablar, styrkablar och installationskablar enligt svensk standard (SS) typbetecknas enligt två olika system; kraft-, styr- och installationskablar har typbeteckningar enligt svensk standard SS 424 17 01 medan telekablar har typbeteckningar enligt svensk standard SS 424 16 75. Märkningen utgörs av en bokstavskombination som beskriver uppbyggnad och material.

Telekablar är komplext uppbyggda så det krävs fem eller fler bokstäver för att beskriva deras uppbyggnad och där första bokstaven beskriver materialet i den optiska eller elektriska ledaren, andra bokstaven ledarisolering eller sekundärskydd, tredje bokstaven höljet eller annan konstruktionsdetalj, fjärde och femte bokstaven konstruktionsdetalj eller egenskap samt eventuellt följande bokstäver, femte bokstaven konstruktionsdetalj eller egenskap samt eventuellt efterföljande bokstäver anger egenskaper och är angivna i bokstavsordning.

Övriga kabeltyper är enklare uppbyggda varför det räcker med fyra bokstäver där första bokstaven beskriver materialet i ledaren, andra bokstaven isoleringen, tredje bokstaven manteln eller andra konstruktionsdetaljer samt fjärde bokstaven konstruktionsdetalj eller användning.

	<b>Kraft-, styr- och installationskablar (SS 424 17 01)</b>	<b>Telekablar (SS 424 16 75)</b>
<b>Första bokstaven</b>	Ledare A - Aluminium B - Aluminiumlegering E - Koppar, entrådig (klass 1) F - Koppar, fättrådig (klass 2) J - Ståltråd R - Koppar, mångtrådig (klass 5) S - Koppar, fintrådig (klass 6)	Optisk eller elektrisk ledare A - Aluminium, obelagd B - Aluminiumlegering C - Brons D - Glas/plast, fiber E - Koppar, entrådig F - Koppar, fättrådig G - Glas/glas, fiber H - Fiberknippe J - Kopparklädd ståltråd K - Koaxialpar (koaxialtub) L - Ledande plast M - Koppar, mångtrådig P - Plast/plast, fiber R - Koppar, extra mångtrådig S - Koppar, fintrådig T - Koppar, extra fintrådig Z - Spinnsledare
<b>Andra bokstaven</b>	Isolering B - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök) C - Impregnerat papper D - Gummi med yttre gummimantel E - Etenpropengummi H - Silikongummi I - Uretanplast K - PVC L - Polyeten (PE) O - Kloroprengummi Q - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök) T - Fluorplast V - Gummi utan yttermantel X - Tvärbunden polyeten (PEX) Z - Flamskyddad tvärbunden polyolefin (halogenfri, låg rök)	Ledar-isolering eller sekundärskydd A - Akrylatbelagt fiberband C - Kombinerad cell- och homogen polyolefin I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU) J - Fiber utan sekundärskydd K - PVC L - Polyeten (PE) M - PP N - PA O - Termoplastisk elastomer P - Papper, oimpregnerat Q - Halogenfritt, flamskyddat material R - Polyester S - Spårkärna T - Fluoretenplast PTFE, FEP m.fl. U - Cellpolyolefin
<b>Tredje bokstaven</b>	<b>Mantel eller annan konstruktionsdetalj</b> A - Skärm av aluminiumfolie B - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök) C - Koncentrisk koppartråd F - Fläta av koppartråd I - Mantel av uretanplast J - Armering av stålband K - PVC L - Skärm av plastbelagt aluminiumband O - Kloroprengummi P - Armering av förzinkat stålband Q - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök) R - Armering av plastbelagt aluminiumband T - Armering av ståltråd U - Saknar yttre mantel V - Etenpropengummi X - PVC, ovalt tvärsnitt Z - Flamskyddad tvärbunden polyolefin (halogenfri, låg rök)	<b>Hölje eller annan konstruktionsdetalj</b> A - Skärm av aluminiumband B - Blymantel C - Kombinerad cell- och homogen polyolefin D - Kabel av endast dielektriskt material E - Individuellt skärmade parter eller tvinngrupper F - Metalltrådsfläta, metalltrådsomspinning eller dragavlastare i metall G - Metallfri förstärkning av fläta, omspinning eller dragavlastare H - Parter lagda kring en dragavlastare I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU) J - Armering av stålband K - PVC L - Polyeten (PE) M - Metallmantel, orillad N - PA O - Termoplastisk elastomer P - Armering av förzinkade stålband Q - Halogenfritt, flamskyddat material R - Polyester S - Spårkärna T - Armering av förzinkad ståltråd U - Utan hölje W - Metallmantel, rillad X - Ovalt tvärsnitt Z - Skärm av kopparband

Fjärde bokstaven	Konstruktions- detalj eller användning	B - Förbindningsstråd E - Förstärkt utförande F - Fläta av koppar eller ståltråd H - Hisskabel J - Förläggning i mark K - PVC P - Armering av förzinkat stålband R - Styrkabel S - Självbärande T - Tung anslutningskabel V - Förläggning i vatten Z - Kabel för neonanläggning	Konstruktions- detalj eller egenskap	A - Skärm av aluminiumband B - Förbindningsstråd C - Kabel med i manteln ingjuten bärlina D - Kabel av endast dielektriskt material E - Förstärkt utförande eller lågkapacitanskabel F - Metalltrådsfläta, metalltrådsomspinning eller dragavlastare i metall G - Metallfri förstärkning av fläta, omspinning eller dragavlastare H - Parter lagda kring en dragavlastare I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU) J - Armering av stålband K - PVC L - Polyeten (PE) M - Metallmantel, orillad N - PA O - Termoplastisk elastomer P - Armering av förzinkade stålband Q - Halogenfritt, flamskyddat material R - Signalkabel S - Självbärande kabel T - Armering av förzinkad ståltråd U - Brandhärdig kabel W - Metallmantel, rillad X - Icke väderbeständig kabel Y - Väderbeständig kabel Z - Skärm av kopparband
Femte bokstaven	--	--	Konstruktio ns-detalj eller egenskap	B - Halogenfri flamskyddad kabel C - Kabel med i manteln ingjuten bärlina D - Kabel av endast dielektriskt material E - Förstärkt utförande eller lågkapacitanskabel F - Metalltrådsfläta, metalltrådsomspinning eller dragavlastare i metall G - Metallfri förstärkning av fläta, omspinning eller dragavlastare H - Parter lagda kring en dragavlastare I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU) J - Armering av stålband K - PVC L - Polyeten (PE) N - PA P - Armering av förzinkade stålband Q - Halogenfritt, flamskyddat material R - Signalkabel T - Armering av förzinkad ståltråd U - Brandhärdig kabel V - Vattenblockering W - Metallmantel, rillad X - Icke väderbeständig kabel Y - Väderbeständig kabel
Efter- följande bokstäver	--	--	Egenskaper	B - Halogenfri, flamskyddad kabel C - Kabel med i manteln ingjuten bärlina D - Kabel bestående av endast dielektriskt material E - Förstärkt utförande eller lågkapacitanskabel H - Parter lagda kring dragavlastare S - Självbärande kabel U - Brandhärdig kabel V - Vattenblockering X - Icke väderbeständig kabel Y - Väderbeständig kabel

Tabell 6.1. Innebörden av bokstäverna i märkningen av olika kabeltyper enligt svensk standard (SS)

Kontaktidon utgör en förbindning som enkelt kan brytas och där den idealiska kontakten skulle ha resistansen noll i slutet tillstånd och oändligt i öppet tillstånd. Något universellt användbart kontaktidon existerar inte.

Kontaktidon tillverkas i allmänhet efter någon norm eller specifikation och denna standardisering har stor betydelse då det gäller möjligheten till byte mellan olika fabrikat av samma kontaktidon, likaså att donen uppfyller samma miljökrav, livslängdskrav med mera.

Vid val av kontaktidon gäller det att ha klart för sig vilka krav som ställs på donet i fråga om ström, spänning, livslängd och miljö. Valet av kontaktmaterial, pläteringstjocklek och kvalitet på pläteringen är avgörande för kontaktelemtens livslängd. Olika användningsområden är givetvis av betydelse för de krav som skall ställas på kontaktidonet.

I kontaktpinnar och hylsor är mässing ett mycket vanligt och billigt material som också finns i olika kvaliteter när det gäller fjädringsegenskaper och hårdhet. Ett avsevärt bättre material är fosforbrons vilket har utmärkta fjädringsegenskaper. Berylliumkoppar används vanligen i hylskontakter och fjädrar i mycket kvalificerade don.

Normalt belägger, pläterar, man kontaktelemtens med olika material för att minska övergångsresistansen. Dessa beläggningar kan bestå av guld (Au), silver (Ag), rodium (Rh), palladium (Pd), tenn (Sn), nickel (Ni), koppar (Cu) med flera, antingen var för sig eller i vissa kombinationer. Av dessa kombinationer har guld och nickel visat sig vara en mycket bra kombination både när det gäller övergångsresistans, mekanisk påkänning och långtidsstabilitet. Hårda legeringar ger god slitstyrka men kan ge hög övergångsresistans vid låg ström. Det bildade oxidskiktet kan i kombination med metallen skapa en diodverkan med distorsion som följd varför audiokontakter ofta är guldpläterade. I kontakter som överför höga strömmar är försilvring lämpligare då guldpläteringen är olämplig på grund av guldets låga smältpunkt.

Kontaktidonstillverkaren uppger normalt sett antingen pläteringstjockleken och/eller det antal operationer, det vill säga det antal i- och urdragningar, som kontaktidonet skall klara av.

Som isolationsmaterial används i enklare kontaktidon bakelit, makrolon (polykarbonat), nylon, keramik, PVC med mera. Bättre isolationsmaterial är kiselgummi, DAP (diallylftalat), PTFE, nylon 66 och Delrin (polyoxymetylen) som har bra högfrekvens- och temperaturegenskaper. I donhus, höljen, kåpor och dragavlastningar används mässing, ABS-plast, stål, rostfritt stål, gummi, aluminium och liknande.

## **6.10 Andra elektroniska komponenter**

Inom denna kategori ryms ett antal olika komponenttyper som exempelvis säkringar, strömställare, högtalare, mikrofoner, givare etc.

Säkringen är en säkerhets- och skyddskomponent som bryter strömmen. Vanligen menar man en komponent som känner av strömförbrukningen i en krets och bryter strömmen om den blir för stor, som vid kortslutning eller överbelastning. Glasrörssäkringar och keramiska säkringar är vanligast förekommande.



Figur 6.16a. Glassäkring



Figur 6.16b. Keramisk säkring

Bilsäkringar tillverkas i två utföranden, se figur 6.17, dels som en keramikstav med utanpåliggande metallremsa som smälter av, dels plastkapslade med två parallella flatstiftskontakter. Den senare typen används i moderna bilar. Fördelen med den är att kontakten mot säkringshållaren blir så mycket säkrare än hos de äldre keramiksäkringarna där oxid ofta förorsakade avbrott efter några års drift.



Figur 6.17a. Flatstiftssäkring för fordon



Figur 6.17b. Keramiksäkring för fordon

Automat- eller termosäkringar i polymerteknik ersätter vanliga glaströrsäkringar i de flesta lågspänningsapplikationer. Efter att ha löst ut vid överström eller övertemperatur behöver de endast svalna för att återgå till lågohmigt läge.

Tekniken används även för överspänningsskydd. Polymersäkringar tillverkas i ett flertal utföranden såsom för hålmontering, ytmontering samt i ett folieutförande som speciellt är avsedd för batteripaket. De används i motorer, transformatorer, nätaggregat, batteripaket, högtalare, larm, telefoner, testinstrument, kretskort m.m.



Figur 6.18a. Hålmonterade polymersäkring



Figur 6.18b. Ytmonterad polymersäkring

Termosäkringar känner av omgivningstemperaturen och bryter en krets om temperaturen passerar en viss gräns. Detta gör dem lämpliga att skydda de flesta elektriska och elektroniska utrustningar från överhettning. Termosäkringar kan vara uppbyggda med en smältkropp av exempelvis koppar, beryllium och silver som smälter och bryter strömmen.



En annan konstruktion använder en bimetallfjäder som böjs av värmen och återgår när den svalnar.

Strömställare är ett sammanfattande namn för komponenter som sluter, bryter eller kopplar om strömmen, vanligen på manuell väg eller kopplar om strömmen, vanligen på manuell väg.

Man måste ha klart för sig vilken spänning strömställaren skall användas för, så att man kan välja ett passande isolationsmaterial och tillräckligt isolationsavstånd. Strömstyrkan är viktig och tillslag kan ge stora strömstötter. Strömtåligheten hänger samman med kontaktyternas utformning, det valda materialet, måtten och kontaktrycket samt att den inte är lika stor för lik- och växelström. Detta beror bland annat på den ljusbåge som kan uppstå vid brytning. För att ljusbågen skall slockna krävs att avståndet mellan kontaktyterna blivit tillräckligt stort eller att strömmen minskar. Vid växelström minskar strömmen periodvis till noll och underlättar på så vis släckningen.

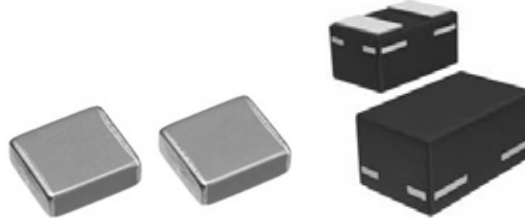
Växelströmmen förhindrar även materialvandring från den ena polen till den andra. Vissa tillverkare anger plus- och minuspoler för anslutningarna. I det fallet är den ena kontakten försilvrade medan den andra består av massivt silver. Man väljer polaritet så att materialet vandrar från den massiva silverkontakten till den försilvrade.

Isolationsmaterialen bör väljas med hänsyn till hur strömställaren skall användas. Isolermaterialen uppvisar förluster som stiger med frekvensen. Högfrekvenssignaler kräver keramik eller PTFE ("teflon") som isolermaterial.

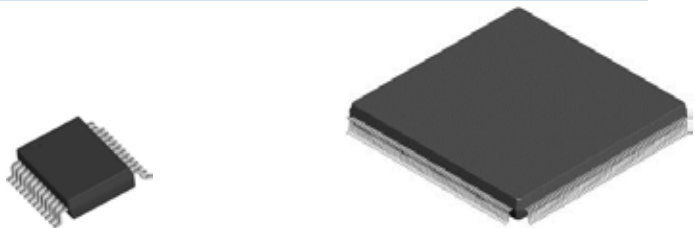
## 7 Termineringar på elektronikkomponenter

In- och utgångar på elektroniska komponenter benämns termineringar vilka kan vara i form av ben, lodbollar under komponentkroppen eller vara placerade direkt på komponentkroppen. Termineringarna har alltid någon form av ytskydd för att skydda mot oxidation.

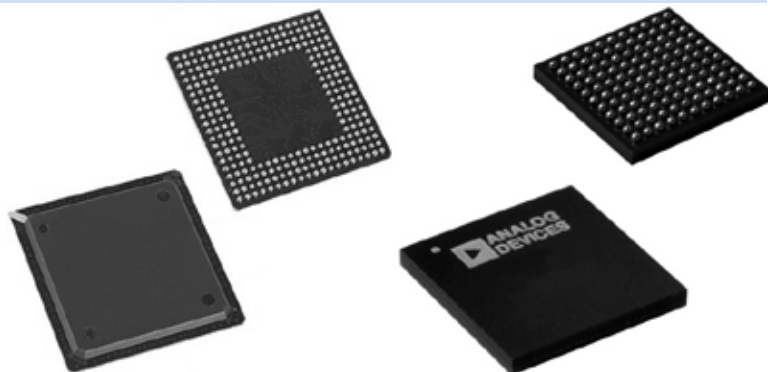
Figur 7.1. Exempel på elektronikkomponenter med anslutningar (termineringar) direkt på komponentkroppen



Figur 7.2. Exempel på elektronikkomponenter med ben som anslutningar (termineringar)



Figur 7.3. Exempel på elektronikkomponenter med anslutningar (termineringar) i form av lodbollar under komponentkroppen (BGA – Ball Grid Array)



Benen på benförsedda komponenter består vanligen av koppar, en kopparlegering eller en järnlegering med ett ytskydd som ska förhindra att basmaterialet oxiderar. Ibland förekommer ett spärrskikt av nickel mellan basmaterialet och ytskyddet.

För benförsedda komponenter är ytskyddet ganska likartat och består på nya komponenter vanligen av rent tenn eller tenn och någon annan metall, till exempel vismut. Benen kan vara elektropläterade eller doppförtenta, det vill säga doppade i en smälta av, vanligtvis, en tenn/silver/koppar(SAC)-legering eller en tenn/koppar-legering (till exempel SN100C).

Kontaktidon för så kallad press-fit (*compliant pins*) kan också ha bly på benen eftersom de för närvarande är undantagna från RoHS-direktivet. Undantaget baseras dels på risken för att det ska bildas tennwhiskers i tennplätering på kopparlegeringar och dels på att bly har en smörjande effekt vilket minskar påkänningen på kortet då kontaktbenen pressas genom kortet.

Vissa komponenter har förgyllda ben, antingen för att benen har kontakt med andra delar av komponenten där det krävs guld (exempelvis kontakter) eller för att eliminera risken för whiskers-bildning.

Komponenter av BGA-typ (figur 7.3) till exempel processorer, har termineringarna i form av lodbollar under komponentkroppen. Legeringen i lodbollarna kan variera av samma patentskäl som för lodlegeringar (se nedan) men de innehåller i huvudsak tenn (ca 95 viktprocent), silver 0-4 (viktprocent) och koppar (0,5-1 viktprocent). Utöver de tre huvud-elementen tillsätts ofta andra legeringselement i mindre mängd, exempelvis magnesium, nickel, kobolt, indium eller antimon. I många fall anges inte legeringen i lodbollen i klartext utan den är mer eller mindre ”kodad”, några av de förekommande legeringarna med ”kodnamn” anges i tabell 8.2.

Tillverkare eller användare	Handelsnamn på lodlegeringar i lodbollarna under BGA-kapslar
ST Micro	SACN eller SAC305 (beror på tillämpningen)
Samsung Electronics	SAC105
Xilinx	SACN
Micron	Sn1.0Ag0.5Cu
Qualcomm	SAC105
Philips Semiconductor	Sn1Ag0.1CuXNiXdopning
Intel	SAC105 & SAC405 (beror på tillämpningen)
Infineon	Sn1.2Ag0.5Cu0.005Ni
IBM	SAC 310
Freescale	SnAg
National Semiconductor	LF35
Cookson (lodtillverkare)	SACX med 0.3%Ag
Indium (lodtillverkare)	Novel SACX
Nihon Superior (lodtillverkare)	SN100C
Senju (lodtillverkare)	SAC305, SAC105, SAC101+ (beror på tillämpningen)

*Tabell 7.1. Så kallade area array-komponenter (exempelvis BGA- och CSP-kapslar) har termineringar i form av lodbollar under komponentkroppen. I tabellen redovisas några olika varianter av legeringssammansättningar. Vissa namn är generiska (t ex SAC305 – SnAg3Cu0,5) medan andra är ”kodade” (t ex SAC101+, Novel SACX).*

## 8 Förbindningsmaterial

### 8.1 Lodlegeringar

Lodlegeringar kan delas upp i blyhaltiga och blyfria lod. Beroende på vilken produkt som kretskortet ska sitta i kan lodlegeringen antingen innehålla bly eller inte.

Vanliga blyhaltiga mjuklod innehåller tenn och bly, ibland med en tillsats av silver eller koppar. Det finns också högblehaltiga lod med smälttemperatur runt 300°C som är undantagna från RoHS-direktivet då det inte finns några blyfria alternativ tillgängliga.

När det gäller blyhaltiga lågtemperaturlod så handlar det framförallt om tenn, bly, vismut.

Blyhaltiga högtemperaturlod innehåller oftast över 90 procent bly tillsammans med lite tenn och silver.

Exempel på några blyhaltiga lodlegeringar	Användningsområde
SnPbBi	Lågtemperaturlod
SnPb36Ag2	Lodpasta i Europa, lodtråd
SnPb37	Våglödning, lodpasta i militär och rymdindustri, lodpasta i USA
SnPb60	Lodtråd
SnPbAgCu	Legering för att löda tunna koppartrådar
PbSn5Ag1,5	Högtemperaturlod med smälttemperatur runt 300°C. Eftersom det saknas praktiskt användbara blyfria högtemperaturlegeringar får högblehaltiga lod med hög smälttemperatur, genom ett undantag från RoHS-direktivet, användas för lödning inuti elektronikkomponenter där lödningarna inte får smälta när komponenten löds fast på kretskortet.

Tabell 8.1: Exempel på några olika blyhaltiga legeringar

Efter RoHS-direktivets införande har användandet av blyfria lod ökat lavinartat. De vanligaste blyfria lodlegeringarna i lodpasta baseras på tenn, silver och koppar och kallas antingen SAC (SnAgCu) eller low-SAC som innehåller mindre mängd silver. För våglödning så blir legeringar som innehåller (mycket) silver dyra varför dessa istället vanligtvis baseras på tenn och koppar med olika typer av tillsatser främst nickel och germanium. På grund av att de flesta blyfria legeringar är patenterade så utvecklas nya varianter med tillsats av olika legeringselement, exempelvis kobolt, mangan, titan, antimon, aluminium och sällsynta jordardsmetaller, främst i avsikt att komma runt olika patent.

Blyfria lågtemperaturlod innehåller antingen tenn och vismut plus kanske något silver eller tenn och indium.

Typ	Ex på blyfria legeringar	Handelsnamn	Användningsområde
Lågtemperaturlod	SnIn		Temperaturkänsliga applikationer, lödning på guld
	SnBi		Temperaturkänsliga applikationer
	SnBiAg		Temperaturkänsliga applikationer
Nischlod	SnZn0,7		Billiga konsumentprodukter
	SnZn		
SAC-familjen	SnAg1-4Cu0,5	SAC105 SAC305 SAC405	Lodpasta, tacklod, lodtråd, lodbollar, ytskydd på komponenter, ytskydd på mönsterkort
	SnAgCuIn	Viromet	Lodpasta
	SnAgCuSb	Castolin	Lodpasta
	SnAg2,6Cu0,3(Co/Ni+Ce)0,05 SnAg3,0Cu0,5(Co/Ni+Ce)0,05 SnAg3,8Cu0,7(Co/Ni+Ce)0,05	Flowtin TSC	Lodtråd, tacklod
Low-SAC	SnAg0,3Cu0,7Bi	SACX	Tacklod, lodbollar
	SnAg0,3Cu0,7	BLT SAC P 03 07	
	SAC105+Mn	SACM	
SnCu-familjen	SnCu		Tacklod, lodtråd
	SnCu0,7NiGe	SN100C	Tacklod, ytskydd mönsterkort, lodpasta, lodtråd, lodbollar
	SnCu0,7Ag0,02-2NiGe	SN100Ni+ SN99Ni+ SN98Ni+	Tacklod, lodpasta, lodtråd
	SnCuCo (ca 0,05% Co)	SN100e	Lodpasta, tacklod, lodbollar, lodtråd
	SnCu0,6Sb0,2Ni0,04	SN100Sb	Tacklod, lodtråd
	SnCu(Co/Ni+Ce)0,05	Flowtin TC	Tacklod, lodtråd
Högtemperaturlod m. smälttemperatur över 240°C	SnSb5 Ag80Sn20		Tacklod, lodtråd Folie, lodpasta

Tabell 8.2: Exempel på några blyfria legeringar

## 8.2 Lim

Olika typer av lim används inom elektroniken – såväl för mekanisk förbindning som för att skapa fogar som är elektriskt eller termisk ledande.

I samband med våglödning av ytmonterade komponenter måste dessa limmas innan lödning för att inte ramla bort. I dessa fall används vanligtvis akrylatlimmer.

I en del applikationer behöver lödfogen förstärkas mekaniskt varför komponenten limmas fast. Detta kan dels göras genom att limfogen placeras i komponentens hörn eller under hela komponentkroppen. Den senare typen förekommer oftast på komponenter med termineringar

i form av lodbollar under komponentkroppen (så kallade BGA-kapslar). Denna limtyp kallas för *underfill* och är oftast en epoxi med eller utan fyllmedel.

Det finns även lim vars främsta uppgift, förutom att skapa en mekanisk fog, är att leda värme och/eller elektricitet. Elektriskt ledande lim består av en polymer, till exempel epoxi, och ett ledande material, till exempel silver eller koppar.

Elektriskt ledande lim finns i två huvudtyper; isotropiskt ledande lim som är ledande i alla riktningar eller anisotropiskt ledande lim som bara leder i z-led. Isotropiskt ledande lim förekommer i ”flytande” form och appliceras genom dispensering eller tryckning (ungefär som lodpasta). Det är normalt ett en-komponents värmehärdande lim som måste förvaras i fryst form (-40°C) för att inte härda innan användning. Anisotropiskt ledande lim finns i dels i ”flytande” form och dels som film. Själva härdningen av anisotropiskt ledande lim sker med temperatur och tryck varför metallhalten i limmet är lägre än i de isotropiskt ledande limmerna.

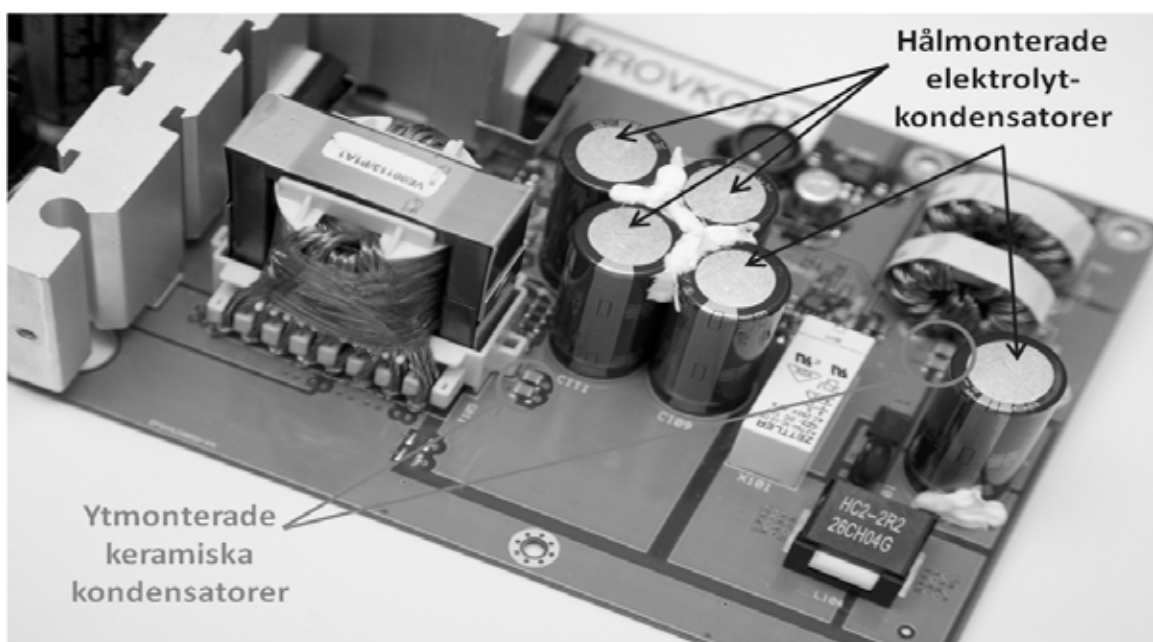
Elektriskt ledande limmer är också termiskt ledande. I de fall limfogen måste leda värme men vara elektriskt isolerande finns lim där fyllnadsmaterialet är en isolator, till exempel talk, aluminiumoxid, kiselkarbid. Lim som endast är termiskt ledande har en sämre termisk ledningsförmåga än vad elektriskt ledande lim har.

Ledande lim används bland annat som så kallat *die attach*, det vill säga att limma fast kiselkivan (med den intelligenta funktionen) mot bäraren inuti elektronikkomponenten.

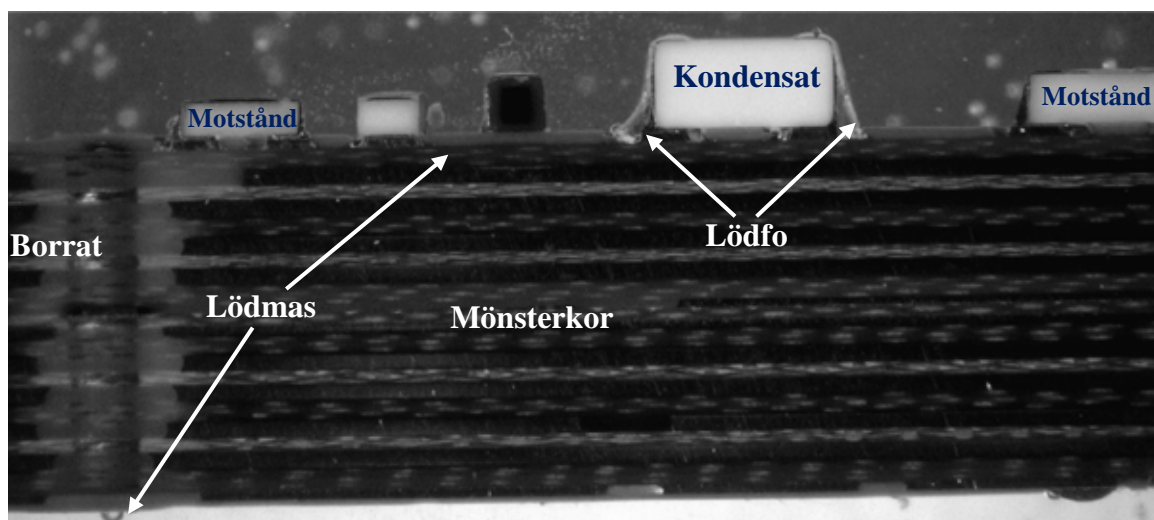
## 9 Kretskort

Kretskort kallas ett mönsterkort som är bestyckat med elektronikkomponenter. Den absolut vanligaste fogningsmetoden är lödning även om limning med elektriskt ledande lim också förekommer.

Beroende på produkten så kommer olika ämnen på och i mönsterkortet att stå för olika stor andel av det färdiga kretskortet. Komplicerade mönsterkort kan innehålla flera kopparlager och vara ganska tjocka, stora och tunga. Det är ovanligt att mönsterkortet inte är den viktsmässigt dominanta delen i ett kretskort. Massan på ett kretskort domineras därför vanligen av mönsterkortets material, framförallt koppar och epoxi och flamskyddsmedel. Massan av förbindningsmaterialet, lodlegeringen, är sällan mer än något enstaka gram på normala kretskort. Detta oberoende om lodet är en blyad legering med högre densitet eller en blyfri.



Figur 9.2. Kretskort med många stora, tunga hålmonterade komponenter samt några få mindre, ytmonterade komponenter.



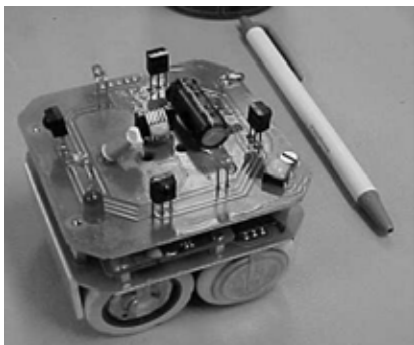
Figur 9.3. Tvärsnitt av ett kretskort tillverkat från ett tolvlagers mönsterkort.

## 10 Efterbehandling

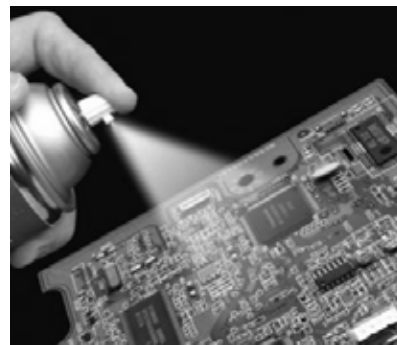
I vissa applikationer så måste de färdiga kretskorten förses med extra skydd mot vatten och föroreningar. De vanligaste metoderna för att skydda elektroniken mot omvärldsmiljön är stoppa kortet i en låda, att lacka eller att gjuta in kortet.

Skyddslackning sker efter lödning och lacken kan appliceras på hela kretskortet eller bara på bestämda områden. Lackning kan ske maskinellt med robot, genom att kortet doppas i lack eller manuellt med sprayburk eller pensel. Skyddslacker kan vara baserade på exempelvis silikon, polyuretan, epoxi eller akrylat. För att enklare kunna kontrollera hur väl den vanligtvis färglösa lacken täcker ytan så innehåller den ofta fluorescerande pigment som syns i ultraviolett ljus.

För krävande applikationer eller implantat används andra beläggningar som exempelvis Parylene. Parylene är ett samlingsnamn på vakuumdeponerade poly(p-xylylen)polymerer som skapar ett vattentätt och isolerande skikt.



*Figur 10.1 a. GSM/SMS-enhet med rörelsedetektor för pappersinsamlingscontainrar där kretskorten är täckta med Parylene C (CAS nr 28804-46-8).*

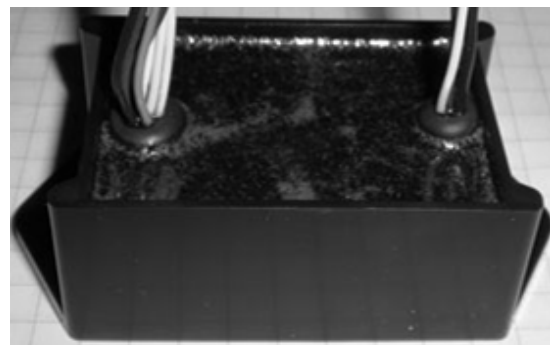


*Figur 10.1b. Manuell skyddslackning.*

Fordras ett ytterligare skydd mot exempelvis extrema temperaturer eller miljöer så kan kretskortet också gutas in i skyddande material, exempelvis epoxi, silikon, polyuretan eller polybutadien. I en del applikationer krävs att vissa av elektronikkomponenterna som ska gutas in först skyddas med ett lager av exempelvis silikon för att de inte ska slitas loss då ingjutningsmaterialet krymper i samband med härdning.



*Figur 10.2a. Ingjutning av elektronik med en gjutmassa av silikon*



*Figur 10.2b. Elektronikenhet ingjuten i svart epoxi.*



# 11 Diskussion

De flesta fasta, icke-radioaktiva grundämnen kan hittas i elektroniska komponenter även om inte alla dessa grundämnen hittades i denna kartläggning.

Figur 11.1. Så gott som alla fasta, icke-radioaktiva grundämnen kan hittas i elektronikkomponenter (de som är förkryssade i det periodiska systemet). Flera finns i endast obetydliga mängder exempelvis för att dopa halvledare eller som legeringselement. Andra håller på att fasas ut som exempelvis kvicksilver och kadmium.

De kemiska material som dominerar i elektronikkomponenter redovisas i tabell 11.1.

Material	Var	Varför
<b>Kisel</b>	Dopad Si – i halvledare, IC SiO <sub>2</sub> – i keramik, polymerer, glas	Intelligens Fyllmedel
<b>Polymerer</b>	Kapslingsmaterial - komponenter Kåpor – kontakter o dyl Isoleringsmaterial - kablar Mönsterkort Ledande lim	
<b>Flamskyddsmedel</b>	Bromerade (TBBPA) – mönsterkort Halogenfria – mönsterkort, komponenter, kablar	
<b>Ren metall, metallegeringar</b>	Benramar Metalltråd (Bondtråd) Ledartråd (kablar) Termineringar Metallisering Lodmaterial Kåpor (kontakter, skärmburkar) Skärmstrumpor Säkringstråd	Kontakt med yttvärlden Kontakt mellan kiselchip och benram Ledare i kablar In- och utgångar Ytskydd Förbindning Styrka, skärmning I koaxialkablar Smälta av
<b>Metalloxider</b>	Aktiv substans Keramik – kapsling, bärare Fyllmedel Glas – kapsling, isolering Elektrod i skärmar	T ex Ferromagnetism Indiumtennoxid (ITO)
<b>Halvledare</b>	IV – transistorer, dioder, IC III-V - lysdioder II-VI – solceller, (lysdioder)	
<b>Glasfiber</b>	Mönsterkort Optisk fiber	Armering kommunikation

Tabell 11.1 Några av de vanligaste materialen i elektronikkomponenter

Tack vare upplägget med att använda Elektronikkonsults artikelregister och därigenom kunna fråga på komponenter med specifika artikelnummer, tillsammans med gott ämneskunnande och god branschkännedom, har arbetet med att samla in data underlättats betydligt. Det hade troligen varit betydligt svårare att gå ut med en generell förfrågan om materialinnehållet i vissa komponenttyper, exempelvis halvledare eller kondensatorer. Kännedom om fabrikat och artikelnummer har också underlättat vid sökning på nätet.

I arbetet har fokus varit att identifiera olika typer komponenter även inom samma komponentgrupp. Syftet med detta var att identifiera så många ämnen som möjligt och i mindre grad titta på spridningen mellan olika tillverkare av samma komponenttyp. Det är viktigt att poängtera att denna studie enbart omfattar ett fåtal artiklar i förhållande till den enormt stora flora komponenter som finns.

Komponentleverantörer och -tillverkare har kontaktats direkt via e-post och i de flesta fall har de återkommit med information med kort varsel – oftast nästa dag men i alla fall inom en vecka. I vissa fall har vi skickat ut ett exempel på vad vi ville veta och hur vi ville ha materialinnehållet specificerat. Detta har för de flesta underlättat och vi har fått deklARATIONEN ifylld.

Valet att i första hand vända oss till ELFA var för att vi bedömde det som enklast att samarbeta med en stor distributör med ett brett produktsortiment. I efterhand kan det också konstaterats att detta var ett klokt val, speciellt med tanke på att de andra distributörerna som kontaktades inte var lika effektiva. En distributör hänvisade till sin juridiska avdelning som menade att de inte fick delge kunderna sådan information. De komponenttillverkare som kontaktades återkom, i de allra flesta fall, med relevant information och totalt har data från drygt 20 komponenttillverkare samlats in.

Att förfrågan var anonymiserad i form av vem som var kunden tror vi hade betydning för responsen. Att Elektronikkonsult ställer frågan: ”På uppdrag av en kund behöver vi hjälpa med att ta fram den (fullständiga) kemiska sammansättningen i några komponenter” är inget konstigt. Vi bedömde tidigt att det skulle vara svårare och resultera i flera frågor om vi berättade att kunden var KemI. Vår bedömning var att detta skulle minska bredvilligheten att delge information. Vi har dock under arbetets gång inget belegg för att så skulle ha blivit resultatet. Vi ville också få en uppfattning om svårigheten att få fram önskad information i en vanlig kundrelation och utan att behöva ”hota” men KemI. I fallet ELFA hade vi även initialt stämt av med företagets VD att vi kunde kontakta deras kvalitets- och miljöansvarige för att få hjälp med informationsinsamlingen. På liknande sätt användes kontakter och personliga relationer för att få fram efterfrågad information. Vår bedömning är att detta underlättade arbetet.

De flesta tillverkares hemsidor innehåller allmän information om RoHS- och SVHC-ämnen men i några fall är det också möjligt att hitta information om komponenternas materialinnehåll. För att hitta information om materialinnehåll är det oftast nödvändigt att antingen känna till komponenttypen och/eller artikelnumret, se exempelvis International Rectifiers hemsida: <http://www.irf.com/ehs/compliance.html> eller Linear Technologys hemsida: [http://www.linear.com/designtools/leadfree/mat\\_dec.php](http://www.linear.com/designtools/leadfree/mat_dec.php)

Inom de olika komponentklasserna (varuklasserna) finns det ett flertal olika komponenttyper som skiljer sig markant i uppbyggnad från varandra. Ett exempel på detta är komponentklassen kondensatorer som finns i flera typer; ytmonterade keramiska kondensatorer, plastfilmkondensatorer, tantalkondensatorer, elektrolytkondensatorer och polymerkondensatorer. Detta innebär att materialsammansättningen varierar betydligt mellan de olika typerna och men inom varje typ skiljer sig inte sammansättningen i någon större utsträckning mellan olika fabrikat. För ytmonterade keramiska kondensatorer är bariumtitanat den vanligaste dielektriket hos alla tillverkare men en och samma tillverkare kan även använda exempelvis kalciumtitanat för vissa artikelnummer.

Skillnad inom de olika komponenttyperna (och därmed mellan olika fabrikat) gäller i större utsträckning funktion och egenskaper än materialuppbyggnad. De flesta halvledare är uppbyggda på ett likartat sätt, vanligtvis är det ett kiselchip (intelligensen, funktionen) som förbinds genom trådbondning eller lödning med en benram som utgör komponentens in- och utgångar samt ett inkapslingsmaterial av någon polymer, vanligen en epoxi.

Det är framförallt vissa kapslingsmaterial som är patentskyddade, ”*proprietary*”, och därför inte redovisas. Dessa ämnen förekommer i ringa mängd, vanligtvis någon/några tiondels viktprocent, även om det i en halvledarkomponent med kapseltypen TSSOP rör sig om ungefär 7 viktprocent och i en transistor av typen SOT-23 om drygt 10 viktprocent som är patentskyddade. Det är dock betydelsefullt att känna till att TSSOP-kapseln väger ungefär 0,1 g medan en SOT-23 endast väger 7,5 mg.

Under arbetet har vi sett att det förekommer ett flertal olika versioner för materialdeklarationer, både som egna dokument och dokument från analysföretag, exempelvis tyska Zvei – *Zentranverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.* Det vanligast förekommande dokumentet/formuläret heter IPC-1752A och tillhandahålls genom IPC, ”*Association Connecting Electronics Industries*”. IPC bildades 1957 i USA men är nu en global branschorganisation med mer än 2,900 medlemsföretag över hela världen. Det är en medlemsdriven organisation vars huvudsakliga syfte är att ta fram industristandarder, utbildning, marknadsundersökningar och opinionsbildande. IPC är idag den dominerande spelaren när det gäller exempelvis industristandarder varför ett IPC-dokument kan förväntas få stor genomslagskraft.

På IPCs hemsida <http://www.ipc.org/ContentPage.aspx?pageid=Materials-Declaration> finns information om materialdeklaration. IPC-1752A - *Material Composition Declaration* – är gratis att ladda ner som pdf men kostar i tryckt form. Dokumentet innehåller följande rubriker:

- ”Supplier Information”
- ”Manufacturing Process Information”
- ”RoHS Material Composition Declaration”
- ”Declaration Signature”
- ”Homogeneous Material Composition Declaration for Electronic Products”

Under rubriken “*Homogeneous Material Composition Declaration for Electronic Products*” redovisas materialinnehållet i en tabell, se figur 11.2.

Item	Item/SubItem Name	Homogeneous Material	Weight	Unit of Measure	Level	Substance Category	Substance	CAS	Exempt	Weight	Unit of Measure	Tolerance		PPM
												-	+	
+I	-I	+M-M Inner Electrode	0.025	mg	+C-C Supplier	Nickel	+S-S Nickel	7440-02-0		0.025	mg	*		
		+M-M Class II Dielectric	1.155	mg	+C-C Supplier	CaTiB3	+S-S CaTiB3	12049-50-2		1.155	mg	*		
		+M-M Inner Termination	0.046	mg	+C-C Supplier	Copper	+S-S Cu	7440-50-8		0.046	mg	*		
		+M-M Middle Termination	0.003	mg	+C-C Supplier	Ni	+S-S Ni	7440-02-0		0.003	mg	*		
		+M-M Outer Termination	0.021	mg	+C-C Supplier	Sn compounds	+S-S Sn	7440-31-6		0.021	mg	*		

Figur 11.2. Information om materialinnehåll i en elektronisk komponent i avsnittet "Homogeneous Material Composition Declaration for Electronic Products" i IPC-1752A.

Det vore givetvis en fördel om alla tillverkare använde samma dokument för att redovisa materialinnehåll och då torde IPC-1752 vara en av de hetaste kandidaterna. I arbetet med denna rapport har vi sammanställt de erhållna materialdeklarationerna i en excel-fil, se bilaga.

Vikten hos ett kretskort domineras ofta av vikten på mönsterkortet. Mängden av de ingående kemikalierna i ett mönsterkort är beroende av dess storlek (area och tjocklek) men också på hur de är tänkt att bli bestyckade (antal komponenter och typ av komponenter). Det är därför svårt att ange viktandelar för olika kemikalier när det gäller mönsterkort även om det för exempelvis finns formler för att beräkna mängden koppar eller mängden ytmetallisering.

Den materiallista (BOM – Bill of Materials) som finns för varje kretskort talar dels om vilka komponenttyper och dels hur många av varje typ som ska finnas på kretskortet. Det är dock vanligt att konstruktören endast specificerar fabrikat för de kritiska komponenterna. Fabrikat för "vanliga" komponenter, exempelvis ytmonterade motstånd och kondensatorer, specificeras inte utan där anges istället den prestanda komponenten ska ha. BOM-listan uppdateras normalt inte av kretskortstillverkaren med vilka fabrikat som använts på alla komponenter. Vår undersökning har visat att samma komponenttyp kan innehålla olika ämnen beroende på fabrikat. Vid val av komponenter är den kemiska sammansättningen generellt sätt utan betydning. Ämnesinformation framgår oftast inte av databladet. Leverantören har sålunda frihet att ändra materialsammansättningen bara övrig prestanda bibehålls.

Sammantaget gör detta det ytterst svårt att exakt veta vad ett kretskort innehåller för ämnen.

Materialkostnaden kan stå för 50-80 procent av kretskortets värde, det vill säga att kapitalbindningen i komponentlager är mycket stor samtidigt som förädlingsvärdet på kretskortsnivå är relativt litet. För att hålla nere lagret vill därför kretskortstillverkare ha så få komponenttyper som möjligt i lager. Utöver lagerhållning är det också en fråga om tillgänglighet och ledtid på olika komponenter. Lågkonjunkturen som följde på att banken Lehman Brothers kraschade, jordbävningen och den efterföljande tsunamin i Japan och översvämningen i Thailand är färskare exempel på händelser som påverkat tillgången på komponenter av olika slag i större eller mindre utsträckning.

Att specificera alla komponenter ner till fabrikatsnivå är med andra ord opraktiskt och skulle i många fall orsaka en oacceptabelt lång ledtid för tillverkning av kretskort. Inget kretskort kan levereras om inte ALLA komponenter finns vid monteringsstillfället. Sammantaget innebär detta att fabrikaten för komponenter som återfinns på samma kretskortskonstruktion kan variera mellan olika tillverkningsstillfällen. Vilket i sin tur innebär att de material som ett

kretskort innehåller också kommer att variera mellan olika tillverkningstillfällen. Till detta kommer ändringar i material och/eller sammansättning som komponenttillverkaren gör mellan olika tillverkningstillfällen.

Slutsatsen är att det i dagsläget inte är möjligt att få exakt vetskap av vad ett kretskort innehåller men väl att man kan få en rimlig uppfattning av de olika materialen samt om de skulle innehålla några farliga ämnen.

## 12 Referenser

### Allmänna referenser

Branschorganisationen Svensk Elektronik  
Elektronik i Norden – branschtidning för Nordens elektroniker  
Elektroniktidningen

### Elektronikkomponenter, distributörer

ActeSE

EBV

ELFA

Farnell

### Elektronikkomponenter, tillverkare

AMD

Amphenol Canada Corp.

Dantrafo

Epcos/TDK,

Everlight Electronics Co., Ltd.

Freescale Semiconductor

IDT Inc.

International Rectifier, IR,

Kemet

Koa Speer Electronics, Inc.

Linear Technology

Littlefuse, Inc.

Mini-Circuits

NXP

ON Semiconductor

Sanyo Electroc Co., Ltd.

Schurter Electronic Components

Sun Electronic Industries Corp.

Texas Instruments

Würth Elektronik

Xilinx, Inc.

### Mönsterkort

Macer (distributör)

NCAB (distributör)

PCB Connect (distributör)

Würth

## Ordlista

Avkoppling	Avledning av störande signaler med hjälp av kondensatorer.
Avstörning	Absorption och avledning av störande signaler. Avkoppling är en del av avstörningen.
BGA	Ball Grid Array. En komponenttyp där termineringarna (in- och utgångarna) är i form av (lod)bollor under komponentkroppen
Bondtråd	Se trådbondning
CEM-1, CEM-3	CEM – Composite Epoxi Material. Mönsterkortsmaterial (eg. laminatmaterial) som är ett kompositmaterial med ett ytterlager av epoxiimpregnerad glasfiberväv. CEM1 har en papperskärna impregnerad med epoxi medan CEM-3 har en kärna av glasfiber (ej väv) impregnerad med epoxi. CEM-3 liknar FR4 men skiljer sig (liksom CEM-1) från FR4 bland annat genom att materialet kan stansas.
Chip	Syftar ofta på kiselchivan där komponentens intelligens finns. Används också i kombination med små passiva ytmonterade komponenttyper som kan monteras med en höghastighetsmonteringsmaskin (kallas ibland ” <i>chip shooter</i> ”), exempelvis chip-motstånd eller chip-kondensator.
CPU	Central Processor Unit. Centralprocessorn är enheten som exekverar (utför) program i en dator genom att hämta maskininstruktioner och utföra begärda operationer som beräkningar och datahantering
CSP	Chip Scale Package. En mindre form av BGA där med mindre storlek på lodbollarna och där kapselytan endast är 20 procent större än kiselchipets yta
DC/DC-omvandlare	En elektronikkomponent som omvandlar likspänning ( <i>DC – direct current</i> ) från en spänning till en annan
Effekt	Har symbolen P och mäts i watt (W) och är energi (symbol W, enhet Joule, J) per tidsenhet (symbol t, enhet s), (alternativt arbete per tidsenhet), d v s $P = W/t$ .  Inom elektroniken (likström) definieras effekten som spänning (symbol U, enhet volt, V) multiplicerat med ström (symbol I, enhet ampere, A), d v s $P = U * I$ . Kombineras den ekvationen med ohms lag, $U = R * I$ , så erhålls förhållande mellan effekten och motståndet, resistansen (symbol R, enhet ohm, $\Omega$ ) enligt följande: $P = I^2 * R = U^2 / R$
Flip-chip	Med flip-chip menas ett okapslat kiselchip som monteras upp och ned och har därmed den aktiva ytan med chipets utgångar ned mot kretskortet. Kontakten mellan chip och kretskort utgörs av lodbollor motsvarande de som används på en BGA- eller CSP-kapsel. Flip-chip används även inuti integrerade kretsar där chipet på motsvarande sätt monteras upp och ned och ansluts mot bäraren med lodbollor till skillnad mot trådbondade chip som monteras med anslutningarna uppåt och där dessa ansluts till komponentens utgångar med trådar av guld (vanligast) eller aluminium.
FR4	Vanligaste typen av mönsterkort. FR4 består glasfiberarmerad epoxi där FR står för <i>flame retardant</i> och där 4 är numrering i en serie (det finns också FR2 och FR3). FR4 kan innehålla antingen halogenerade eller halogenfria flamskyddsmedel.
<HAR>	Harmoniserande märkning av kablage. Commonly Agreed Marking for Cables and Cords complying with Harmonised Specifications.
ITO	Indiumtennoxid (ITO) är elektriskt ledande och optiskt transparent och möjlig att deponeras som tunn film. Används t ex i LCD, plasmaskärmar, pekskärmar och solceller.



Krets	Förkortning av integrerad krets.
Kretskort	Är resultatet efter lödprocessen då mönsterkortet är bestyckat med fastlödda komponenter.
Lod	Den legering som används vid lödning, exempelvis för att foga samman elektronikkomponent och mönsterkort
Low-SAC	Lodlegering med tenn, silver och koppar men där silverhalten är lägre än i SAC305, exempelvis 0,2 viktprocent.
Lödmask	Också kallad lödstoppslack. Skyddslack som täcker hela över- och underytan på ett mönsterkort utom de kopparytor där komponenter ska lödas fast. Vanligtvis grön i färgen ("grönlack") men kan också ha andra färger som gult, blått, svart eller rött.
Mönsterkort	Mönsterkort (ibland "tryckt krets" i äldre litteratur) är en platta av ett isolerande material med ett tryckt mönster av elektriska ledare, det obestyckade kort där komponenterna ska placeras. I elektronik tillverkad i Sverige används vanligtvis mönsterkort tillverkade av glasfiberförstärkt epoxi med kopparledare men i prispressade produkter förekommer också enklare material.
Nätaggregat	Termen förekommer oftast i tillämpningar med elektrisk energiförsörjning av datorer, förstärkare och liknande. Nätaggregatet är den del i apparaten, som omvandlar växelströmmen i vägguttaget till de olika former av elektricitet, vad avser spänning, ström och frekvens, som de olika ingående komponenterna behöver. Komponenterna i nätdelen blir relativt varma och kräver kylning, antingen passivt eller med fläkt. Vid passiv kylning behövs ofta större kylelement vid kraftfullare datorer med starkare nätaggregat.
PBA	PBA – Printed Board Assembly . Den engelska förkortningen för kretskort.
PCB	PCB – Printed Circuit Board. Den engelska förkortningen för mönsterkort.
P/N-övergång	Det icke-ledande gränsskiktet, spärrskiktet, mellan den p-dopade och den n-dopade delen i en halvledare. Genom att manipulera gränsskiktet är det möjligt att få P/N-övergången att fungera som en diod som endast släpper igenom ström i ena riktningen.
PWB	PWB – Printed Wiring Board. En förkortning på engelska för mönsterkort.
SAC	Förkortning av en lodlegering som innehåller Sn (tenn) Ag (silver) Cu (koppar). SAC efterföljs normalt av tre eller fyra siffror som motsvarar silver och kopparhalten, till exempel SAC305 vilket innebär SnAg3Cu0,5 och som är den vanligast förekommande blyfria lodlegeringen, framförallt i lodpasta.
SiP	System-in-Package. En inkapslad komponent som vanligen består av ett litet mönsterkort med både aktiva (till exempel integrerade kretsar) och passiva komponenter som tillsammans bildar en funktionell enhet. Kallades tidigare ofta MCM – multichipmodul.
SN100C	Vanligt förekommande blyfri legering som består av eutektiska sammansättningen (eutektisk sammansättning har en definierad smältpunkt och inte ett smältintervall) av tenn och koppar (inget silver) med tillsats av mikrolegeringselement Ni och Ge.
Terminering	Anslutningspunkterna på en elektronikkomponent. Termineringar kan vara placerade direkt på komponentkroppen (exempelvis ett bleck), i form av metallben eller i form av lodbollar placerade på undersidan av komponenten.
Trådbondning	En förbindningsmetod där anslutningar på ett kisel-chip förbinds med omvärlden med trådar av guld eller aluminium. Metoden kan användas för att förbinda nakna,



	okapslade chip på kretskort eller inuti halvledarkomponenter.
Viahål	Borrade, kopparpläterade hål med liten diameter som går igenom hela mönsterkortet och som leder elektriska signaler mellan mönsterkortets över och undersida respektive med olika innerlager. Viahålen är anslutna till kopparledare i de lager som ska sammankopplas.
Våglödning	En lödprocess för främst hålmonterade komponenter som går ut på att kortet med hålmonterade komponenter vars ben sticker ut under kortet passerar genom en våg av smält lod. Lodet väter selektivt de metallytor som ska lödas och bildar en fog mellan komponentben och det kopparpläterade hålet i mönsterkortet.



## **Bilaga**

### **Materialdata för respektive komponentklass**

## Transformatorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
<b>Transformator Signal</b>	Epcos	Mangan Zink Ferrit	12645-49-7	44,6	Aktiv del
		Polyuretan	68400-67-9	17,1	Aktiv del
		Phenoplast	9003-35-4	18,5	Kapsling
		Epoxi	25068-38-6	2,9	Kapsling
		Polyester		1,1	Kapsling
		Cu	7440-50-8	15,7	Terminering
		Sn	7440-31-5	0,1	Terminering
<b>Transformator Kraft ca, 50W</b>	Dantrafo	Ferric oxide (Fe2O3)	1309-37-1	27,6	Kärna (ferromagnetisk)
		Trimanganese tetraoxide (Mn3O4)	1317-35-7	7,9	Kärna (ferromagnetisk)
		Zinc oxide(ZnO)	1314-13-2	4,0	Kärna (ferromagnetisk)
		Fenolharts	9003-35-4	1,4	Bärare (spole)
		mikrokristallin cellulosa	9004-34-6	0,9	Bärare (spole)
		Steel(Fe)	7439-89-6	0,4	Terminering
		Tin(Sn)	7440-31-5	<0,1	Terminering
		Copper(Cu)	7440-50-8	24,0	Terminering
		Polyurethane resin	9009-54-5	1,3	Kåpa
		Polyhexamethylene Adipamide(PA66)	32131-17-2	3,4	Kåpa
		Glass Fiber	65997-17-3	1,9	Kåpa
		Antimony trioxide	1309-64-4	0,4	Flamskyddsmedel, pigment
		Non-regulated flame retardant	N/A	1,8	Flamskyddsmedel
		Polyurethane methacrylate resin	Hemligt	<0,1	Lim
		Hydroxyalkyl methacrylate	868-77-9	<0,1	Lim
		High boiling methacrylate	7534-94-3	<0,1	Lim
		Acrylic acid	79-10-7	<0,1	Lim
		1-Acetyl-2-phenylhydrazine	114-83-0	<0,1	Lim
		Ethylene glycol	107-21-1	<0,1	Lim
		Red phosphorus (P)	7723-14-0	2,1	Flamskyddsmedel
		Poly(propylene glycol)	25322-69-4	6,2	Ingjutning
		Epoxy resin	25068-38-6	1,0	Ingjutning
		Bisphenol F-epichlorohydrin resin	9003-36-5	0,1	Ingjutning
Diphenylkresylphosphat	26444-49-5	0,1	Ingjutning		
Triphenyl phosphate	115-86-6	0,1	Ingjutning		

## Transformatorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
		Stoddard solvent	8052-41-3	0,1	Ingjutning
		Carbon (C)	1333-86-4	0,4	Färgämne
		Aluminum oxide(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1344-28-1	1,9	Ingjutning
		Polymethylene polyphenyl polyisocyanate	9016-87-9	4,2	Ingjutning
		formulation of polyols	N/A	8,9	Ingjutning

## Induktanser,ferriter,filter

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
Induktans	Epcos	Al2O3	1344-28-1	72,5	Aktiv del
		Epoxi	25068-38-6	4	Kapsling
		Cu	7440-50-8	18	Terminering
		Ni	7440-02-0	1,2	Terminering
		Sn	7440-31-5	3,3	Terminering
Induktans med kärna?	Epcos	Nickel Zink Ferrit	12645-50-0	66	Aktiv del
		Epoxi	25068-38-6	3	Kapsling
		Cu	7440-50-8	31	Terminering
		Sn	7440-31-5	0,2	Terminering
Filter GSM	Epcos	LiTaO3	12031-66-2	15,3	Aktiv del
		Al	7429-90-5	0,1	
		Polysilicone	63148-62-9	1,4	
		Al2O3	1344-28-1	38,9	Keramik, kapsling
		Cr2O3	1308-38-9	0,3	Keramik, kapsling
		Cu	7440-50-8	0,3	Keramik, kapsling
		Fe	7439-89-6	7,2	Keramik, kapsling
		Mo	7439-987-7	0,8	Keramik, kapsling
		Ni	7440-02-0	5,1	Keramik, kapsling
		SiO2	14808-60-7	1,9	Keramik, kapsling
		Ag	7440-22-4	1,7	Keramik, kapsling
		W	7440-33-7	11,5	Keramik, kapsling
		Co	7440-48-4	2,6	Kåpa
		Fe	7439-89-6	7,6	Kåpa
		Ni	7440-02-0	5	Kåpa
Au	7440-57-5	0,3	Terminering		
<b>SAW-Filter</b>	Epcos	Al2O3	1344-28-1	75-100	Aktiv del
LTCC Filter/Multiplexer, Shrinkage K8		SiO2	14808-60-7		Aktiv del
LTCC Filter/Multiplexer, K80		CaO	1305-78-8		Aktiv del
LTCC Filter/Multiplexer, Non Shrinkage K8		PbO	1317-36-8		Aktiv del
MWC Microwave Filter/Duplexer, S82		B2O3	1303-86-2		Aktiv del

## Induktanser,ferriter,filter

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
MWC Microwave Filter/Duplexers, R88		Na2O	12401-86-4		Aktiv del
MWC Microwave Filter, R21		Annat (ej förbjudna substanser)			Aktiv del
SAW Filter CSSP		Bi2O3	1304-76-3		Aktiv del
SAW Filter PP		Nb2O5	1313-96-8		Aktiv del
SAW Filter SMD		ZnO	1314-13-2		Aktiv del
		Ba-titanat (BaTiO3)	12047-27-7		Aktiv del
		Nd-titanat (NdTiO3)	12058-94-5		Aktiv del
		Sm-titanat			Aktiv del
		PbTiO3	1206-00-3		Aktiv del
		CaTiO3	12049-50-2		Aktiv del
		MgTiO3	12032-30-3		Aktiv del
		LiNiO3	12031-63-9		Aktiv del
		LiTaO3	12031-66-2		Aktiv del
		Aluminium	7429-90-5	0,1	Aktiv del
		LiNbO3	12031-63-9	3,6	Aktiv del
		BaSO4	7727-43-7	0,3	Aktiv del
		Al2O3	1344-28-1	38,1	Keramikkapsling
		Cr2O3	1308-38-9	1,9	Keramikkapsling
		MoO3	1313-27-5	0,1	Keramikkapsling
		SiO2	14808-60-7	2	Keramikkapsling
		TiO2	13463-63-7	0,5	Keramikkapsling
		W	7440-33-6	2,9 - 5	Keramikkapsling
		Co	7440-48-9	1,5	Keramikkapsling
		Cu	7440-50-8	0,3 - 5,6	Keramikkapsling
		Au	7440-57-5	0,4	Keramikkapsling
		Fe	7439-89-6	5	Keramikkapsling
		Ni	7440-02-0	3,5	Keramikkapsling
		Ag	7440-22-4	1,4	Keramikkapsling
		Epoxi /anhydrid	25928-94-3	4,1	Kapsling
		Polyakrylat (PMMA)	7429-90-5	1	Kapsling
		Polypropylensulfid (PPS)	26125-40-6	25,1	Kapsling
		Bromerade epoxihartser		0,98	flamskyddsmedel?
		epoxiharts		13,7	Kapsling

## Induktanser,ferriter,filter

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
		fenolharts			Kapsling
		Si2O3	14808-60-7	4,1	Kapsling
		Magnesiumsilikat	1343-88-0	1,4	Kapsling
		Kalciumkarbonat	471-34-1	25,1	Kapsling
		Carbon black		4,4	Färgämne
		Glasfiber	65997-17-3	25,1	Kapsling
		Sb2O3	1309-64-4	0,98	Kapsling
		Silica-tillsatser		31,8	Kapsling
		Cu	7440-50-8	33,6	Benram
		Fe	7439-89-6	0,8	Benram
		Ag	7440-22-4	0,3	Benram
		Ag	7440-50-8	5-25	terminering
		Pd	7439-89-6		terminering
		Pb-glass frit	7440-22-4		terminering
		Ag	7440-22-4	2	terminering
		Pt	7440-06-04		terminering
		Pb-glass frit (varav PbO<10%)			terminering
		Ni	7440-02-0	0,4 - 2,86	terminering
		Cu	7440-50-8	5,92 - 6	terminering
		Sn	7440-31-5	1,6	terminering
		Cr	7440-47-3	0,03	terminering
		Ag	7440-22-4	0,1	terminering
		Au	7440-57-5	0,04 - 0,1	terminering
		Pb	7439-92-1	1,2 - 1,4	Intern förbindning
		Au	7440-57-5	0,1	Intern förbindning
<b>Ferriter</b>	Epcos	Mn-Zn-Ferrite (FeO,MnO,ZnO)x(Fe2O3)y	12645-49-7	97 - 100	Aktiv del
Mn Zn Ferrite Cores Epoxy Coated		Ni-Zn-Ferrit (FeO,MnO,ZnO,NiO)x(Fe2O3)y	12645-50-0		Aktiv del
Mn Zn Ferrite Cores Parylene Coated		Epoxi		3	Ingjutning
Mn Zn Ferrite Cores Uncoated		Parylene	28804-46-8	1,6	Ingjutning
Ni Zn Ferrite Cores Uncoated					



## Motstånd

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
<b>Chip-motstånd</b>	Koa	Al2O3	1344-28-1	67,1	Substrat
		SiO2	14808-60-7	3,4	Substrat
		MgO	1309-48-4	0,6	Substrat
		Others	hemligt	0,1	Substrat
		Ag	7440-22-4	6,0	elektrod
		Pd	7440-05-03	<0,1	elektrod
		PbO	1317-36-8	0,8	glas
		B2O3	1303-86-2	2,4	glas
		Others	hemligt	<0,1	elektrod
		Others	hemligt	<0,1	elektrod
		Cr (Metal)	7440-47-3	0,3	elektrod
		RuO2	12036-10-1	1,0	Aktiv del (motståndsfilm)
		Others	hemligt	<0,1	Aktiv del
		Others	hemligt	<0,1	Aktiv del
		Epoxy Resin	129915-35-1	1,5	inkapsling
		CuO	1317-38-0	0,2	inkapsling
		Cr2O3	1308-38-9	0,5	inkapsling
		MnO2	1313-13-9	<0,1	inkapsling
		Others	hemligt	0,1	inkapsling
		Ni	7440-02-0	9,0	termminering
Sn	7440-31-5	7,5	termminering		
<b>Motstånd VDR</b>	Epcos	ZnO	1314-13-2	45,0	Aktiv del
		Bi2O3	1304-76-3		Aktiv del
		Sb2O3	1309-64-4		Aktiv del
		Co3O4	1308-06-1		Aktiv del
		NiO	1313-99-1		Aktiv del
		annat			Aktiv del
		SiO2	60676-86-0	16,0	Inkapsling
		Epoxy Resin	25068-38-6		Inkapsling
		TBBPA	40039-93-8		Flamskydd
		Sb2O3	1309-64-4		Inkapsling
annat			Inkapsling		

## Motstånd

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
		Ag	7440-22-4	0,5	terminering
		Sn	7440-31-5	5,9	terminering
		Cu	7440-50-8	32,6	terminering
<b>Motstånd NTC</b>	Epcos	Mn3O4	1317-35-7	63,0	Aktiv del
		NiO	1313-99-1		Aktiv del
		Co3O4	1308-06-1		Aktiv del
		Annat			Aktiv del
		Silikonlack		8,0	Inkapsling
		Ag	7440-22-4	1,0	terminering
		Glas frit			terminering
		Pb		6,0	terminering
		Sn			terminering
		Sb	7440-36-0		terminering
		Cu	7440-50-8	21,0	terminering
		Sn	7440-31-5	1,0	terminering

## Kondensatorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
<b>Elektrolytkondensator</b>	Suncon	Polyphenylene sulphide (PPS)	25212-74-2	9,3	Aktiv del
		IIR (Isobutylene-isoprene rubber )	9010-85-9	18,1	Aktiv del
		Cellulose	9004-34-6	5,3	Aktiv del
		Aluminum (Al)	7429-90-5	51,5	Kåpa
		Iron (Fe)	7439-89-6	1,4	Aktiv del
		Copper (Cu)	7440-50-8	0,4	terminering
		Tin (Sn)	7440-31-5	0,1	terminering
<b>Keramisk chip-kondensator</b>	Epcos/TDK	CaZrO3	12013-47-7		Keramik, dielektrikum
		BaTiO3	12047-27-7		Keramik, dielektrikum
		Ni	7440-02-0		terminering
		Cu	7440-50-8		terminering
		Ni	7440-02-0		terminering
		Sn	7440-31-5		terminering
<b>Keramisk chip-kondensator</b>	Koa	Ag	7440-22-4	1,8	Elektrod
		NPO0402xT Series Pd	7440-05-03	0,2	Elektrod
		NPO0603xT* Series CaTiO3, BaTiO3, TiO2	12049-50-2, 12047-27-7, 13463-67-7	92,4	keramik, dielektrikum
		NPO0805xT* Series Cu	7440-50-8	3,7	Terminering
		NPO1206xT* Series Ni	7440-02-0	2	Elektrod, Terminering
NPO1210xT* Series Sn compounds	7440-31-5	1,7	Terminering		
<b>Polymerkondensator (POSCAP)</b>	Sanyo	Tantalum	7440-25-7	50,0	Aktiv del
		Polypyrrole	No appropriate CAS No,	3,5	elektrolyt
		Carbon Black	1333-86-4	<0,1	Färgämne
		Silver	7440-22-4	2,5	lim
		Epoxy resin	9003 36 5	0,2	lim
		Iron (Fe)	7439-89-6	3,6	Terminering
		Ni	7440-02-0	2,6	Terminering
		Cobalt	7440-48-4	<0,1	Terminering
		Cu	7440-50-8	0,4	Terminering
		Palladium	7440-05-3	<0,1	Terminering
		Gold	7440-57-5	<0,1	Terminering
		Silica	60676-86-0	27,9	Kapsling

## Kondensatorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
		Magnesium hydroxide	1309-42-8	4,5	Kapsling
		Ocresol novolac type Epoxy resin	29690-82-2	2,6	Kapsling
		Dicyclo type Epoxy resin	119345-05-0	1,1	Kapsling
		Phenolic resin	9003-35-4	1,1	Kapsling
		Titanium dioxide	13463-67-7	<0,1	Färgämne
		Marking	UV ink		
<b>Kondensator Tantal</b>	Kemet	Tantal	7440-25-7	30,5	Aktiv del
		Mangan		7,2	Aktiv del
		Silver	7440-22-4	4,7	Aktiv del
		Syre		4,3	Aktiv del
		Kol		0,7	Aktiv del
		Fluor		<0,1	Aktiv del
		annat		<0,1	Aktiv del
		Koppar	7440-50-8	4,3	Benram
		Nickel		1,3	Benram
		Zink		1,2	Benram
		Tenn		0,7	Benram
		Järn	7439-89-6	<0,1	Benram
		Annat		<0,1	Benram
		Syre		19,2	Kapsling
		Kisel		14,9	Kapsling
		Kol		9,0	Kapsling
		Järn		0,3	Kapsling
		Annat		1,5	Kapsling
<b>Polypropylenkondensator</b>	Epcos	Al	7429-90-5	6	Aktiv del
		Zn	7440-66-6	10	Aktiv del
		Sn	7440-31-5	7-11	Aktiv del
		Cu	7440-50-8	1	Aktiv del
		PP	9003-07-00	20	Aktiv del
		Epoxi		9	Inkapsling
		Al(OH)3	21645-51-2	11	Inkapsling
		Sb2O3	1309-64-4	1	Inkapsling

## Kondensatorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
		DBP	84-74-2	2	Inkapsling
		PBT	26062-94-2	26	Inkapsling
		N,N Etylenbis-tetrabromoftalimid	32588-76-4	5	Inkapsling
		CuFe/Cu		8	Terminering
		Sn	7440-31-5	0,5	Terminering

## Dioder,transistorer,tyristorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	
Transistor småsignal SOT-23	NXP	Silicon (Si)	7440-21-3	1,1	Halvledare
		Gold (Au)	7440-57-5	0,2	Bondtråd
		Copper (Cu)	7440-50-8	3,7	Benram
		Misc, Phospor compounds1	7723-14-0	<0,1	Benram
			0 7440-48-4	0,1	Benram
			0 7439-89-6	15,6	Benram
			0 7440-47-3	<0,1	Benram
		Silver (Ag)	7440-22-4	0,8	Benram
		Manganese (Mn)	7439-96-5	0,3	Benram
		Misc, Sulfur compounds1	7704-34-9	<0,1	Benram
		Silicon (Si)	7440-21-3	<0,1	Benram
		Nickel (Ni)	7440-02-0	11,8	Benram
		Aluminium (Al)	7429-90-5	<0,1	Benram
		Carbon (C)	7440-44-0	<0,1	Benram
		Cristobalite	14464-46-1	0,6	Kapsling
		Epoxy resin system	hemligt	10,5	Kapsling
		Carbon black	1333-86-4	0,3	Kapsling
		Phenolic resin	hemligt	4,1	Kapsling
		Non hazardous	hemligt	1,0	Kapsling
		Misc, Silica compounds1	14808-60-7	46,9	Kapsling
Tin (Sn)	7440-31-5	2,8	Terminering		
Transistor kraft	IR	Kisel	7440-21-3	1,9	Halvledare
		SiO2	7631-86-9	24,8	Kapsling
		Epoxy	90598-46-2	3,1	Kapsling
		Annat	hemligt	3,1	Kapsling
		Cu	7440-50-8	65,1	Benram
		Sn	7440-31-5	0,1	Benram
		Pb	7439-92-1	0,7	Lod
		Al	7429-90-5	0,2	Bondtråd
		Ni	7440-02-0	0,1	Terminering
		Sn	7440-31-5	0,7	Terminering

## Dioder,transistorer,tyristorer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	
<b>Diod</b>	Epcos	ZnO	1314-13-2	94,0	keramik
		Ag	7440-22-4	1,0	Terminering
		Ni	7440-02-0	0,3	Terminering
		Sn	7440-31-5	0,5	Terminering
		Glas frit (varav PbO<10%)	7440-22-4	4,2	Glas
<b>D2-PAK</b>	IR	Si	7440-21-3	1,3	Halvledare
		SiO2	7631-86-9	31,0	Fyllmedel
		Epoxy	90598-46-2	3,8	Kapsling
		Cu	7440-50-8	62,4	Benram
		Pb	9439-92-1	0,7	Lod
		In	7440-74-6	<0,1	Lod
		Ag	7440-22-4	<0,1	Lod
		Al	7429-90-5	0,4	Bondtråd
		Sn	7440-31-5	0,3	Benram, terminering, ytskydd
Ni	7440-31-5	<0,1	Terminering, ytskydd		
<b>Schottky diod</b>	ON semiconductor	Silica	60676-86-0	33,4	Kapsling, fyllmedel
		Epoxy + Phenol Resin	hemligt	3,9	Kapsling
		Cu	7440-50-8	59,8	Benram
		Ni	7440-02-0	0,2	Benram
		Pb	7439-92-1	0,8	Die attach, lod
		Sn	7440-31-5	1,9	Terminering, ytskydd & Die attach, lod
		Si	7440-21-3	<0,1	Halvledare
		Al	7429-90-5	<0,1	Bondtråd

## Integrerade kretsar

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	
<b>Processor BGA kåpa</b>	Freescale	Proprietary Material-Other Epoxy resins	hemligt	<0,1	Kapsling
		Crosslinked acrylate polymer	25767-43-5	<0,1	Kapsling
		Other polymers	hemligt	<0,1	Kapsling
		Proprietary Material-Other polymers	hemligt	<0,1	Kapsling
		Copper, metal and alloys	7440-50-8	<0,1	terminering (Iodbollar)
		Lead, metallic lead and lead alloys	7439-92-1	<0,1	terminering (Iodbollar)
		Silver, metal and alloys	7440-22-4	0,1	terminering (Iodbollar)
		Tin, metal and alloys	7440-31-5	13,6	terminering (Iodbollar)
		Other Epoxy resins	hemligt	3,0	Kapsling kiselchip
		Carbon Black	1333-86-4	0,5	färgämne
		Other inorganic compounds	hemligt	1,0	Kapsling kiselchip
		Other phenolic resins	hemligt	2,5	Kapsling kiselchip
		Silica, vitreous	0676-86-0	42,5	glas
		Gold, metal and alloys	7440-57-5	0,7	bondtråd
		Other miscellaneous substances (less than 5%)	hemligt	<0,1	additiv
		Silicon, doped	hemligt	2,5	halvledare
		Barium sulfate	7727-43-7	2,6	bärare
		Copper, metal and alloys	7440-50-8	7,9	bärare
		Epikote 862	28064-14-4	3,0	bärare
		Epoxy Resin	115254-47-2	4,0	bärare
		Gold, metal and alloys	7440-57-5	0,2	ledare (UBM)
		Nickel, metal and alloys	7440-02-0	1,2	ledare (UBM)
		Phenol, polymer with formaldehyde	9003-35-4	1,6	bärare
		Fibrous-glass-wool	65997-17-3	10,0	bärare
		Silicon dioxide	7631-86-9	0,9	bärare
		Other Aromatic carbonyl compounds		0,4	bärare
		Aluminum Hydroxide	21645-51-2	4,9	flamskydd
<b>Integrerad krets QFN kåpa</b>	Linear	Kisel (Si)	7440-21-3	2,2	halvledare
		Copper (Cu)	7440-50-8	44,7	benram
		Iron (Fe)	7439-89-6	1,1	benram
		Phosporus (P)	7723-14-0	<0,1	benram
		Zinc (Zn)	7440-66-6	<0,1	benram
		Sn	7440-31-5	2,2	terminering (yttskydd)
		Ag	7440-22-4	1,0	terminering (yttskydd)
		Silver (Ag)	7440-22-4	1,1	ledande lim
		Resin (EP)	hemligt	0,4	ledande lim



## Integrerade kretsar

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	
		Resin (EP)	hemligt	6,1	kapsling
		Silica (SiO <sub>2</sub> )	60676-86-0	40,5	yllmedel
		Carbon Black (C)	1333-86-4	0,5	färgämne
		Gold (Au)	7440-57-5	0,2	bondtråd
<b>Magnetic sensor</b>	Freescale	Tin, metal and alloys	7440-31-5	1,5	terminering (yttskydd)
		Gold, metal and alloys	7440-57-5	1,5	bondtråd
		Copper, metal and alloys	7440-50-8	12,9	benram
		Silicon	7440-21-3	0,1	benram
		Manganese, metal and alloys	7439-96-5	<0,1	benram
		Nickel, metal and alloys	7440-02-0	0,3	benram
		Silver, metal and alloys	7440-22-4	<0,1	benram
		Zinc, metal and alloys	7440-66-6	0,1	benram
		Bisphenol A	1980-05-07	<0,1	Kapsling
		Epikote 862	28064-14-4	0,4	Kapsling
		4,4'-Isopropylidenediphenol-1-chloro-2,3-epoxypropane concentrate	25068-38-6	<0,1	Kapsling
		Phenol, polymer with formaldehyde	9003-35-4	0,4	Kapsling
		Other silica compounds	hemligt	0,1	Kapsling
		Other Non-halogenated Epoxy resins	hemligt	3,0	Kapsling
		4,4'-Diaminodiphenylsulfone	80-08-0	0,4	Kapsling
		Other bismuth compounds		0,7	Inkapsling
		Carbon Black	1333-86-4	0,7	Färgämne
		Other phenolic resins		2,6	Inkapsling
		Silica, vitreous	60676-86-0	57,1	Inkapsling, fyllmedel
		Other Non-halogenated Epoxy resins		4,6	
		Polytetrafluoroethylene	9002-84-0	1,5	
		Other miscellaneous substances	hemligt	0,2	
		Other Non-halogenated Epoxy resins	hemligt	2,8	
		Tin, metal and alloys	7440-31-5	0,4	
		Other miscellaneous substances (less than 5%)		<0,1	
		Silicon, doped		8,4	Halvledare
		Other miscellaneous substances (less than 5%)		0,1	Glas
<b>QFP-64</b>	IR	Si	7440-21-3	3,0	Halvledare
		SiO <sub>2</sub>	60676-86-0	48,4	Kapsling, fyllmedel
		Epoxy	85954-11-6	2,8	Kapsling, lim
		Phenol	26834-02-6	2,2	Kapsling

## Integrerade kretsar

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	
		Phosphate	139189-30-3	0,8	Flamskyddsmedel
		Cu	7440-50-8	37,5	Benram
		Ni	7440-02-0	1,2	Benram
		Si	7440-21-3	0,3	Benram
		Ag	7440-22-4	0,5	Lim
		Au	7440-57-5	0,3	Bondtråd
		Sn	7440-31-5	3,0	terminering, ytskydd
<b>Crystal oscillator</b>	ON semiconductor	Silica	60676-86-0	35,5	Kapsling, fyllmedel
		Epoxy + Phenol Resin	hemligt	4,2	Kapsling
		Cu	7440-50-8	49,7	Benram
		Fe	7439-89-6	1,3	Benram
		Zn	7440-66-6	0,1	Benram
		Ag	7440-22-4	2,5	Benram, ledande lim
		Epoxy	129915-35-1	0,8	ledande lim
		Sn	7440-31-5	<0,1	terminering, ytskydd
		Si	7440-21-3	<0,1	halvledare
		Au	7440-57-5	<0,1	Bondtråd
<b>TSSOP</b>	Texas Instruments	Si	7440-21-3	4,8	Halvledare
		Gold	7440-57-5	0,3	Bondtråd
		Copper	7440-50-8	31,5	Benram
		Silicon	7440-21-3	0,2	Benram
		Nickel	7440-02-0	1,0	Benram
		Magnesium	7439-95-4	0,0	Benram
		Silver	7440-22-4	0,3	Benram
		Si fused	60676-86-0	48,3	Kapsling, fyllmedel
		Epoxy & Phenol resin	hemlig	7,1	Kapsling
		Carbon Black	1333-86-4	0,2	Färgämne
		Silver	7440-22-4	2,7	Ledande lim
		Epoxy Resin	hemlig	0,4	Ledande lim
		Gamma Butyrolactone	96-48-0	0,2	Ledande lim
		Amine	hemlig	0,2	Ledande lim
		Metal Oxide	hemlig	0,2	Ledande lim
		Sn	7440-31-5	2,7	terminering, ytskydd

## Lysdioder

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
Lysdiod (LED)	Everlight	Galliumarsenid (GaAs)	1303-00-0	<0,1	Aktiv del, halvledare
		Galliumarsenidfosfid (GaAsP) = Galliumarsenid (GaAs) + Galliumfosfid (GaP)	12063-98-8, 12063-98-8		Aktiv del, halvledare
		Galliumfosfid (GaP)	12063-98-8		Aktiv del, halvledare
		Gallium(III)nitrid (GaN)	25617-97-4		Aktiv del, halvledare
		Indiumgalliumnitrid (InGaN/YAG) = Gallium(III)nitrid (GaN) + Indiumnitrid (InN)	25617-97-4, 25617-98-5		Aktiv del, halvledare
		Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs) = Aluminiumarsenid (AlAs) + Galliumarsenid (GaAs)	22831-42-1, 1303-00-0		Aktiv del, halvledare
		Aluminiumgalliumindiumfosfid (AlGaInP)			Aktiv del, halvledare
		Aluminiumgalliumfosfid (AlGaP) = Aluminiumfosfid (AlP) + Galliumfosfid (GaP)	20859-73-8, 12063-98-8		Aktiv del, halvledare
		Zinkselenid	1315-09-9		Aktiv del, halvledare
		Aluminiumnitrid	24304-00-5		Aktiv del, halvledare
		Aluminiumgalliumnitrid (AlGaN) = aluminiumnitrid (AlN) + galliumnitrid (GaN)	24304-00-5, 25617-97-4		Aktiv del, halvledare
		Aluminiumgalliumindiumnitrid (AlGaInN)			Aktiv del, halvledare
		Kiselkarbid	409-21-2		Substrat
		Kisel	7440-21-3		Substrat
		Bornitrid	10043-11-5		Substrat?
		Ag		<0,1	ledande lim
		Formaldehyde, polymer with 2-(chloromethyl)oxirane and 2-methylphenol	29690-82-2	<0,1	ledande lim
		Gold		<0,1	bondtråd
		Fe		7,2	benram
		Mn		3,4	benram
		P		1,5	benram
		S		0,8	benram
		C		0,4	benram
		Ag		<0,1	benram
		Cu		<0,1	benram
		Ni		<0,1	benram
		Sn		<0,1	benram
		Formulated bisphenol-A Type Epoxy resin	25068-38-6	6,5	kapsling
		Formulated cyclicaliphatic anhydride	25550-51-0	6,5	kapsling
		polybutylene terephthalate (PBT)	30965-26-5	50,3	bärare
		Epoxy resin	68928-70-1	0,6	bärare
Antimony(III)oxide	1309-64-4	0,7	bärare		
Fiber glass	65997-17-3	22,1	bärare		

## Mönsterkort

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	massa	enhet
Mönsterkort		Cu		48,0% Kopparfolie	8,54E-08	g/mm <sup>2</sup> /µm i höjd
		Zinc		47,9% Kopparfolie	8,52E-08	g/mm <sup>2</sup> /µm i höjd
		Arsenic		3,1% Kopparfolie	5,59E-09	g/mm <sup>2</sup> /µm i höjd
		Chromium(III)Oxide		0,9% Kopparfolie	1,55E-09	g/mm <sup>2</sup> /µm i höjd
		Silicone Dioxide		27,1% Laminat	4,89E-04	g/mm <sup>3</sup>
		Calcium Oxide		10,0% Laminat	1,81E-04	g/mm <sup>3</sup>
		Aluminium Oxide		7,0% Laminat	1,27E-04	g/mm <sup>3</sup>
		Boron Oxide		3,5% Laminat	6,34E-05	g/mm <sup>3</sup>
		Magnesium Oxide		1,4% Laminat	2,60E-05	g/mm <sup>3</sup>
		Iron Oxide		0,1% Laminat	2,04E-06	g/mm <sup>3</sup>
		Titanium Oxide		0,2% Laminat	3,62E-06	g/mm <sup>3</sup>
		Fluorides		0,3% Laminat	4,57E-06	g/mm <sup>3</sup>
		Organic Epoxy Polymer		41,2% Laminat	7,42E-04	g/mm <sup>3</sup>
		TBBPA	129915-35-1	7,5% Flamskyddsmedel	1,35E-04	g/mm <sup>3</sup>
		Dicyandiamide		1,6% Laminat	2,89E-05	g/mm <sup>3</sup>
		Epoxy acrylates		52,8% Lödmask	2,81E-05	g/mm <sup>2</sup>
		Inorganic		24,2% Lödmask	1,29E-05	g/mm <sup>2</sup>
		Acrylates		12,4% Lödmask	6,58E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Photoinitiator		5,5% Lödmask	2,92E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Epoxy		3,3% Lödmask	1,74E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Green colour	1328-53-6	0,7% Färgpigment	3,81E-07	g/mm <sup>2</sup>
		Levelling degassing agents		0,7% Lödmask	3,81E-07	g/mm <sup>2</sup>
		Propylene-glycoether-ester		0,2% Lödmask	1,07E-07	g/mm <sup>2</sup>
		Br,Cl		0,3% Lödmask	1,56E-07	g/mm <sup>2</sup>
		Bi-hydroxidmetylmetacrylates		22,0% Komponenttryck	5,72E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Epoxyacrylates		22,0% Komponenttryck	5,72E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Polyesteracrylates		22,0% Komponenttryck	5,72E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Trimetylolipropantriacrylates		34,0% Komponenttryck	8,84E-06	g/mm <sup>2</sup>
	Cu		0,7% Ytskydd varmförtening SN100C			
	Sn		99,2% Ytskydd varmförtening SN100C			
	Ni		0,05% Ytskydd varmförtening SN100C			
	Ge		0,01% Ytskydd varmförtening SN100C			
	Au		4,0% Ytskydd ENIG		1,93E-06 g/mm <sup>2</sup>	

## Mönsterkort

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	massa	enhet
		Ni		92,3% Ytskydd ENIG	4,45E-05	g/mm <sup>2</sup>
		P		3,7% Ytskydd ENIG	1,78E-06	g/mm <sup>2</sup>
		Au		35,0% Ytskydd elektropläterad Ni/Au		
		Ni		64,8% Ytskydd elektropläterad Ni/Au		
		Co		0,2% Ytskydd elektropläterad Ni/Au		
Lödmask		Talc containing no asbestiform fibers	14807-96-6	4,0 Lödmask, fyllmedel		
		Solvent Naphtha	64742-94-5	12,1 Lödmask		
		Naphthalene	91-20-3	1,9 Lödmask		
		Morpholine derivative	hemligt	3,8 Lödmask		
		Silica Amorphous	7631-86-9	1,0 Lödmask		
		Barium Sulfate	7727-43-7	37,1 Lödmask		
		Dipropylene glycol monomethyl ether	7631-86-9	16,0 Lödmask		
		Epoxy Resin	hemligt	15,0 Lödmask		
		Epoxy Resin	85954-11-6	9,0 Lödmask		
Flamskyddsmedel		Aluminiumhydroxid Al(OH) <sub>3</sub>	21645-51-2	Halogenfria flamskyddsmedel		
		Polyfosfater		Halogenfria flamskyddsmedel		
		Di(acryloyloxyethyl) benzenephosphonate (DABP)		Halogenfria flamskyddsmedel		
		Trialkylphosphine oxide (TRPO)		Halogenfria flamskyddsmedel		
		Dihydrooxaphosphaphenantreneoxide (DOPO)	35948-25-5	Halogenfria flamskyddsmedel		

## Displayer

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)
Display		Indium(III) oxide (In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1312-43-2	90 ITO, Elektroder
		tin(IV) oxide (SnO <sub>2</sub> )	18282-10-5	10 ITO, Elektroder
		N-(4-Metoxybensyliden)-4-butylanilin	97402-82-9	LCD

## Kontakter

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
<b>Kontaktdon RJ45 Ethernet</b>	Amphenol	High temperature thermoplastic			kåpa
		Phosphor bronze			kontakt
		Gold	7440-57-5		kontakt
		Nickel			kontakt
		Copper allpoy			skärmning
		Nickel			skärmning
<b>Box Header &amp; IDC</b>	Würth	PolyButyleneTerephtalate Resin (PBT)	26062-94-2	77,5	isolering
		Polyamid 6T	25038-54-4		isolering
		Polyamid 9T	169284-22-4		isolering
		Gold	7440-57-5	0,1	kontakt
		Brass	12597-71-6	22,4	kontakt
		Gold			
<b>Communication Connector</b>	Würth	PolyButyleneTerephtalate Resin (PBT)	26062-94-2	30,4	isolering
		Gold	7440-57-5	<0,1	kontakt
		Brass Ni plated	7440-02-0	61,4	skärmning
		Brass	12597-71-6	8,2	kontakt
<b>Communication Connector</b>	Würth	PolyButyleneTerephtalate Resin (PBT)	26062-94-2	12,1	kåpa
		Glass fiber		7,7	kåpa
		TBBPA	68928-70-1	2,3	Flamskyddsmedel
		Antimony compound	1309-64-4	0,8	Flamskyddsmedel
		Polyhexamethylene Adipamide	32131-17-2	5,6	Basmaterial
		Flame Retardant not to declare	hemligt	5,4	Flamskyddsmedel
		Fiber Glass(Filament)	hemligt	4,5	Basmaterial
		Antimony Trioxide	1309-64-4	1,8	Flamskyddsmedel
		Additives not to declare	hemligt	0,9	Basmaterial
		Carbon black	1333-86-4	0,8	Färgämne
		Polyamid 6,6	32131-17-2	13,3	brytare (aktuator)
		Calcium distearate	1592-23-0	0,2	brytare (aktuator)
		Glass Fiber		6,6	brytare (aktuator)

## Kontakter

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
		PolyButyleneTerephtalate Resin (PBT)	26062-94-2	2,0	Bärare
		Flame Retardant not to declare	hemligt	1,9	flamskyddsmedel
		Fiber Glass(Filament)	hemligt	1,6	Bärare
		Antimony Trioxide	1309-64-4	0,6	flamskyddsmedel
		Additives not to declare	hemligt	0,3	Bärare
		Carbon black	1333-86-4	0,3	färgämne
		Zinc (Zn)	7440-66-6	9,8	benram
		Copper (Cu)	7440-50-8	18,2	benram
		Iron (Fe)	7439-89-6	<0,1	benram
		Nickel(Ni)		0,5	terminering
		Tin(Sn)	7440-31-5	1,7	terminering
		Chrom(Cr)	7440-47-3	<0,1	terminering
		Gold	7440-57-5	0,9	terminering (hårdguld)
		Cobalt (Co)	7440-48-4	<0,1	terminering (hårdguld)
<b>Receptacle</b>	Elpress	Brass (CuZn)		70-90	
		Tin plated		0,5-0,75	
		Polycarbonate		9-28	
<b>Ring Terminals</b>	Elpress	Brass (CuZn)		70-84	
		Tin plated		0,9-1	
		Polycarbonate		15-30	
<b>Receptacles box type</b>	Elpress	Brass (CuZn)		88,0	
		Tin plated		0,7	
		Polycarbonate		11,0	
<b>Fork Terminals</b>	Elpress	Brass (CuZn)		82,4	
		Tin plated		0,9	
		Polycarbonate		16,7	



## Kabel o dyl

### Kraft-, styr- och installationskablar (SS 424 17 01)

Första bokstaven Ledare

A - Aluminium  
B - Aluminiumlegering  
E - Koppar, entrådig (klass 1)  
F - Koppar, fåtrådig (klass 2)  
J - Ståltråd  
R - Koppar, mångtrådig (klass 5)  
S - Koppar, fintrådig (klass 6)

Optisk eller elektrisk ledare

### Telekablar (SS 424 16 75)

A - Aluminium, obelagd  
B - Aluminiumlegering  
C - Brons  
D - Glas/plast, fiber  
E - Koppar, entrådig  
F - Koppar, fåtrådig  
G - Glas/glas, fiber  
H - Fiberknippe  
J - Kopparklädd ståltråd  
K - Koaxialpar (koaxialtub)  
L - Ledande plast  
M - Koppar, mångtrådig  
P - Plast/plast, fiber  
R - Koppar, extra mångtrådig  
S - Koppar, fintrådig  
T - Koppar, extra fintrådig  
Z - Spinnsledare

Andra bokstaven Isolering

B - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök)  
C - Impregnerat papper  
D - Gummi med yttre gummimantel  
E - Etenpropengummi  
H - Silikongummi  
I - Uretanplast  
K - PVC  
L - Polyeten (PE)  
O – Kloroprengummi  
Q - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök)  
T - Fluorplast  
V - Gummi utan yttermantel  
X - Tvärbunden polyeten (PEX)  
Z - Flamskyddad tvärbunden polyolefin (halogenfri, låg rök)

Ledarisolering eller sekundärskydd

A - Akrylatbelagt fiberband  
C - Kombinerad cell- och homogen polyolefin  
I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU)  
J - Fiber utan sekundärskydd  
K - PVC  
L - Polyeten (PE)  
M - PP  
N - PA  
O - Termoplastisk elastomer  
P - Papper, oimpregnerat  
Q - Halogenfritt, flamskyddat material  
R - Polyester  
S - Spårkärna  
T - Fluoretenplast PTFE, FEP m.fl.  
U - Cellpolyolefin

Tredje bokstaven Mantel eller annan konstruktionsdetalj

A - Skärm av aluminiumfolie  
B - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök)  
C - Koncentrisk koppartråd  
F - Fläta av koppartråd  
I - Mantel av uretanplast  
J - Armering av stålband  
K - PVC  
L - Skärm av plastbelagt aluminiumband  
O - Kloroprengummi  
P - Armering av förzinkat stålband  
Q - Flamskyddad termoplastisk polyolefin (halogenfri, låg rök)  
R - Armering av plastbelagt aluminiumband  
T - Armering av ståltråd  
U - Saknar yttre mantel  
V - Etenpropengummi  
X - PVC, ovalt tvärsnitt  
Z - Flamskyddad tvärbunden polyolefin (halogenfri, låg rök)

Hölje eller annan konstruktionsdetalj

A - Skärm av aluminiumband  
B - Blymantel  
C - Kombinerad cell- och homogen polyolefin  
D - Kabel av endast dielektriskt material  
E - Individuellt skärmade parter eller tvinngupper  
F - Metalltrådsfläta, metalltrådsomspinning eller dragavlastare i metall  
G - Metallfri förstärkning av fläta, omspinning eller dragavlastare  
H - Parter lagda kring en dragavlastare  
I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU)  
J - Armering av stålband  
K - PVC  
L - Polyeten (PE)  
M - Metallmantel, orillad  
N - PA  
O - Termoplastisk elastomer  
P - Armering av förzinkade stålband  
Q - Halogenfritt, flamskyddat material  
R - Polyester

## Kabel o dyl

### Kraft-, styr- och installationskablar (SS 424 17 01)

Fjärde bokstaven    Konstruktionsdetalj eller användning

B - Förbindningsstråd  
E - Förstärkt utförande  
F - Fläta av koppar eller ståltråd  
H - Hisskabel  
J - Förläggning i mark  
K - PVC  
P - Armering av förzinkat stålband  
R - Styrkabel  
S - Självbärande  
T - Tung anslutningskabel  
V - Förläggning i vatten  
Z - Kabel för neonanläggning

Konstruktionsdetalj eller egenskap

### Telekablar (SS 424 16 75)

S - Spårkärna  
T - Armering av förzinkad ståltråd  
U - Utan hölje  
W - Metallmantel, rillad  
X - Ovalt tvärsnitt  
Z - Skärm av kopparband

A - Skärm av aluminiumband  
B - Förbindningsstråd  
C - Kabel med i manteln ingjuten bärlina  
D - Kabel av endast dielektriskt material  
E - Förstärkt utförande eller lågkapacitanskabel  
F - Metalltrådsfläta, metalltrådsomspinning eller dragavlastare i metall  
G - Metallfri förstärkning av fläta, omspinning eller dragavlastare  
H - Parter lagda kring en dragavlastare  
I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU)  
J - Armering av stålband  
K - PVC  
L - Polyeten (PE)  
M - Metallmantel, orillad  
N - PA  
O - Termoplastisk elastomer  
P - Armering av förzinkade stålband  
Q - Halogenfritt, flamskyddat material  
R - Signalkabel  
S - Självbärande kabel  
T - Armering av förzinkad ståltråd  
U - Brandhärdig kabel  
W - Metallmantel, rillad  
X - Icke väderbeständig kabel  
Y - Väderbeständig kabel  
Z - Skärm av kopparband

Femte bokstaven    --

--

Konstruktionsdetalj eller egenskap

B - Halogenfri flamskyddad kabel  
C - Kabel med i manteln ingjuten bärlina  
D - Kabel av endast dielektriskt material  
E - Förstärkt utförande eller lågkapacitanskabel  
F - Metalltrådsfläta, metalltrådsomspinning eller dragavlastare i metall  
G - Metallfri förstärkning av fläta, omspinning eller dragavlastare  
H - Parter lagda kring en dragavlastare  
I - Termoplastisk polyuretanelastomer (TPU)  
J - Armering av stålband  
K - PVC  
L - Polyeten (PE)  
N - PA  
P - Armering av förzinkade stålband  
Q - Halogenfritt, flamskyddat material  
R - Signalkabel  
T - Armering av förzinkad ståltråd  
U - Brandhärdig kabel  
V - Vattenblockering  
W - Metallmantel, rillad

## Kabel o dyl

### Kraft-, styr- och installationskablar (SS 424 17 01)

Efter-följande --  
bokstäver

--

Egenskaper

### Telekablar (SS 424 16 75)

- X - Icke väderbeständig kabel
- Y - Väderbeständig kabel
- B - Halogenfri, flamskyddad kabel
- C - Kabel med i manteln ingjuten bärlina
- D - Kabel bestående av endast dielektriskt material
- E - Förstärkt utförande eller lågkapacitanskabel
- H - Parter lagda kring dragavlastare
- S - Självbärande kabel
- U - Brandhärdig kabel
- V - Vattenblockering
- X - Icke väderbeständig kabel
- Y - Väderbeständig kabel

## Övrigt

Komponent	Tillverkare	Ämne	CAS-nr	Typisk halt (vikt-%)	Funktion
Resettable PPTC	Littlefuse	Polyetylen	9002-88-4	7,4	Aktiv del
		Carbon Black	1333-86-4	6,4	Färgämne
		Nickelfolie	7440-02-0	3,8	Aktiv del
		Koppar	7440-50-8	34,5	Terminering
		Tenn	7440-31-5	22,0	Terminering
		Järn	7439-89-6	8,4	Terminering
		Vismut	7440-69-9	2,1	Terminering
		Epoxi	250636-25-3	15,9	Lack
PTC	Littlefuse	Polyethylene	9002-88-4	10,4	Aktiv del
		Carbon Black	1333-86-4	8,9	Färgämne
		Copper	7440-50-8	43,5	Terminering
		Nickel	7440-02-0	1,7	Terminering
		Tenn	7440-31-5	32,0	Terminering
		Vismut	7440-69-9	3,3	Terminering
PPTC	Littlefuse	Polyethylene	9002-88-4	9,2	Aktiv del
		Carbon Black	1333-86-4	10,0	Färgämne
		Copper	7440-50-8	16,2	Terminering
		Nickel	7440-02-0	38,1	Terminering
		Tenn	7440-31-5	11,9	Terminering
		Ink (Acrylic-White)	9003-01-04	1,9	
		Silica	60676-86-0	12,7	Bärare
Surface Mount Fuse	Schurter	Glass		37,4	Glastub
		Glass		1,8	Glasfiber
		Silver Ag		1,9	
		Gold Au		0,1	
		Copper Cu		16,8	
		Nickel Ni		1,3	
		Lead Pb		33,4	
		Tin Sn		2,5	
		Zinc Zn		9,1	
		Epoxy resin		0,3	



**[www.kemikalieinspektionen.se](http://www.kemikalieinspektionen.se)**

**Kemikalieinspektionen, Box 2, 172 13 Sundbyberg. Besöksadress: Esplanaden 3A  
Tel: 08-519 41 100, Fax: 08-735 76 98, E-post: kemi@kemi.se**