



# Impedansanpassade

*Detaljerna som påverkar impedansen*

Impedansanpassade ledare på monstercort är snarare regel än undantag idag. Typiskt är 50 Ohm single-ended och differentialpar på 90 Ohm eller 100 Ohm (figur 1 och 2) och de kan ligga på inner- eller ytterlager.

För impedansberäkning finns gratis beräkningsprogram som bygger på enklare formler som inte tar hänsyn till alla parametrar. Påkostade CAD-program har mer avancerade verktyg för flerlageruppbyggnad och impedansberäkning som ger riktigt bra resultat.

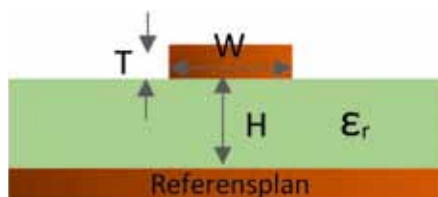
Men varför kommer monstercortstillverkaren fram till andra beräkningar och ändringar av lageruppbyggnaden? Varför stämmer inte beräkningarna bättre och varför kan olika tillverkare komma fram till olika resultat?

**EN ANLEDNING** kan givetvis bero på att beräkningsprogrammen, beräkningsmodellerna och teorierna ser lite olika ut. Men främst

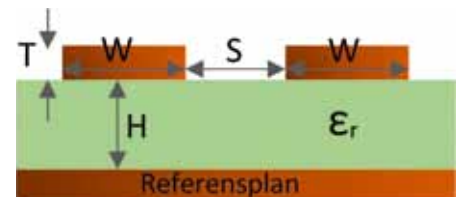


## Av Esbjörn Johansson, Malmö Monstercort

**Esbjörn Johansson** är teknikchef på Malmö Monstercort där fokus är process- och kvalitetsutveckling. Han har översatt IPC-standarder och är författare till två böcker inom monstercortsteknik. Esbjörn brinner för utbildning och att sprida kunskap inom elektronikbranschen.



Figur 1. Ledare, single-ended.



Figur 2. Ledare, differentialpar.

beror avvikelserna på material- och processoleranser. Monstercortet består av flera lager med glasfiberväv, epoxi med fyllnads-material samt koppar och lödmask. När man kombinerar dessa får man oförutsägbara värden och toleranser som är svåra att beräkna med exakthet eftersom varje monstercortdesign är unik. Därför bör en räkna med  $\pm 10$  procent tolerans på impedansvärdet, 50 Ohm kan bli 45–55 Ohm.

En vanlig beräkning i CAD-program utgår ofta från branschtypiska värdena, där dielektricitetskonstanten ofta utgår från bulk er typiskt 4,2. Lageruppbyggnader kanske

görs med dielektriska avstånd i jämna 0,1 mm steg, materialtjocklekar som ibland inte finns på marknaden.

Koppartjockleken anges ofta som nominellt värde 35  $\mu\text{m}$  (figur 3) eller 17  $\mu\text{m}$  på inner- och ytterlager.

**DIELEKTRISKT MATERIAL** i form av laminat och prepreg (isolationsark som binder samman lagren) är det som orsakar störst avvikelse från beräkningarna. En till synes identisk lageruppbyggnad kan ge helt olika impedansvärden beroende på tillverkare. Monstercortstillverkarna använder sina egna fab-

**FAKTA**

## PREPREG – VÄV OCH HARTSHALT

Laminat och prepreg (isolationsarken) består av glasfiberväv och epoxi. Det finns ingen teknisk skillnad på materialen förutom att laminaten till innerlager redan är uthärdade och styva, medan prepreg består av halvt uthärdad epoxi med ett enda lager glasfiberväv. Vid pressning av flerlagerkortet binds innerlager samman med prepreg genom värme och tryck i en flerlagerpress. Pressprocessen får epoxin i prepreg att flyta ut och in mellan ledningsmönster på innerlager, just därför ger glesa ledningsmönster en större tjockleksminskning och variation i tjockleken.

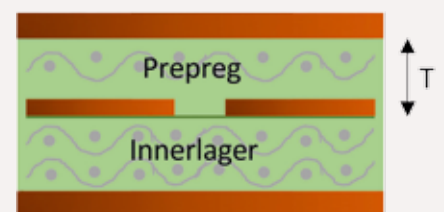


Figur 5. Ett gles ledarmönster ger ett tunnare prepreg efter pressning.

Stabilast impedansvärden kan följaktligen uppnås genom att placera ledare och referensplan (jord) på ett innerlager eftersom dessa är stabilast i tjocklek, då det inte påverkas i samma utsträckning av pressning och layout.

Genom att fylla ut mönsterplan med koppar minskar utflytningen hos prepreg och det blir lättare att förutse den slutliga pressade tjockleken. Ytterligare en vinst med kopparutfyllning är jämnare plättering på ytterlager och mindre risk för buktning och vridning. Men tänk på att kopparbalansering måste ha tillräcklig frigång till impedansanpassade ledare för att inte ge upphov till ofrivillig koppling.

Även om vi tar hänsyn till tjockleksminskningen hos prepreg efter pressning, så återstår det faktum att en monstercortstillverkare kan välja ett prepreg från leverantör A med en viss hartshalt (epoximängd), medan en annan tillverkare väljer ett till synes nästan identiskt prepreg från leverantör B som har en annan hartshalt. Även om glasfiberväven är av samma typ så kommer slutlig tjocklek och utflytning skilja sig åt, likaså dielektricitetskonstanten er som avgörs av förhållandet mellan glasfiberväv och epoxi.



Figur 6. Med utfyllnads-mönster minskar epoxiutflytningen som ger tjockare prepreg.

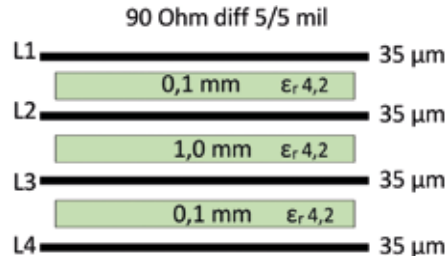
Givetvis finns det fler parametrar som påverkar impedansvärdena, men dessa kräver minst lika många artiklar för att förklara. Design och layout i sig kan påverka impedansen mer än man tror, speciellt vid höga frekvenser och snabba stig/falltider, till exempel lokal avsaknad av referensplan, variationer i ledarbredd, passage genom vior eller passage runt vior där isolationsavståndet i ett diffpar varierar. Underetsning, plätteringsvariationer, vävvariationer och lödmasktjocklek är ytterligare processparametrar i monstercortet som påverkar impedansen i mindre skala.

# mönsterkort

rikat och prepreg med olika epoxihalt, vilket påverkar dielektricitetskonstanten.

Bulk er på 4,2 stämmer bra på ett dubbelsidigt kort. Men flerlagerkort med flera tunna dielektriska avstånd har lägre  $\epsilon_r$  runt 3,8–4,0 eftersom tunn prepreg innehåller mer epoxi. Materialens tjocklek minskar även efter flerlagerpressning och minskningen beror bland annat på layouten. Ett glest signallager ger tunnare dielektriskt avstånd, medan ett jordplan gör att pressad tjocklek hamnar närmare teoretiskt värde.

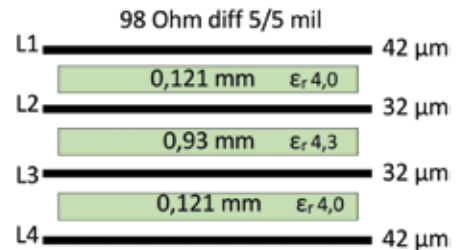
**ETS- OCH PLÄTERINGSTOLERANSER** hos ledningsmönster påverkar också mer eller mindre beroende på dielektriskt avstånd och på vilket lager ledarna ligger. Lika stor påverkan på impedansen kan koppertjockleken ha. Koppertjockleken på innerlager minskar från 35  $\mu\text{m}$  ned till 30–32  $\mu\text{m}$  genom slipning och kemiska behandlingar. På yterlager ökar istället koppertjockleken genom pläteringsprocessen, där 35  $\mu\text{m}$  snarare hamnar på 40–45  $\mu\text{m}$  (figur 4).



Figur 3. Beräknad uppbyggnad och impedans.

Jag rekommenderar trots allt att göra beräkningar och uppbyggnad med nominella värden eftersom varje tillverkare har sina egna material- och processtoleranser. Visserligen kan man få mer exakta impedansvärden genom att räkna med mönsterkortstillverkarens värden, men det kan också låsa konstruktionen till allt för snäva tillverkningsparametrar och laminat.

Lämpligast är att ta fram en önskad lageruppbyggnad med impedansberäkningar och sedan låta mönsterkortstillverkaren



Figur 4. Verkligt resultat med avvikande impedans.

justera lageruppbyggd ledarbredd och isolation för att möta önskade impedansvärden.

**DU KAN OCKSÅ BE** mönsterkortstillverkaren att ge förslag på lageruppbyggnad baserad på önskade impedansvärden och ledarbredd/isolation. Genom att redan vid designstadiet ta kontakt med mönsterkortstillverkaren och tillåta justeringar i samband med produktion kan impedansvärdena hamna riktigt nära beräkningarna. ■