

## Impedans & dielektricitetskonstant

I årets första tekniska nyhetsbrev förklarar vi varför dielektricitetskonstanten varierar beroende på hur ledarna ligger i mönsterkortet och vilken betydelse det har för impedansberäkningar.

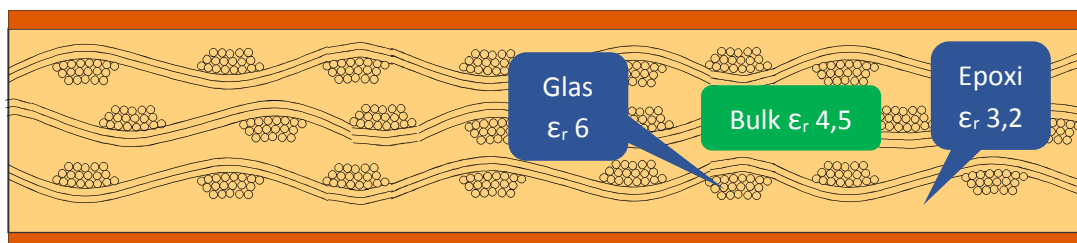
Har du någon gång designat med impedansanpassade ledare 50 Ohm single end eller 100 Ohm differentialpar, så kanske du sett att dielektricitetskonstanten  $\epsilon_r$  ofta är förinställd på 4,2 till 4,6. I de flesta fall fungerar värdet bra som riktvärde för single end och stripline.

Men differentialpar uppför sig lite annorlunda och adderar man alla feltoleranser i beräkningarna kan impedansvärdet avvika en hel del.

### Mönsterkorts laminatet

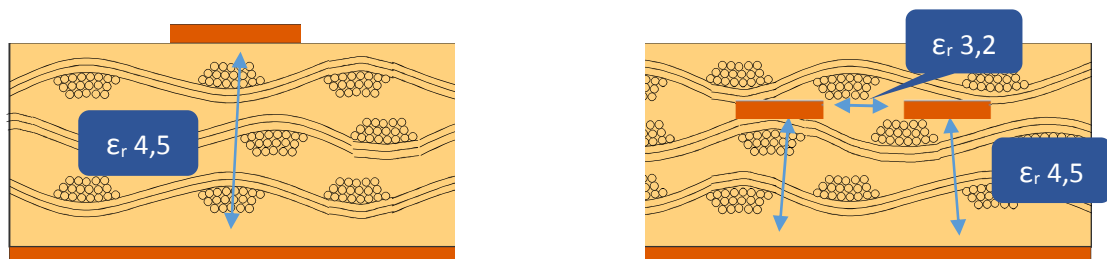
Ett flerlagerkort byggs upp med flera lager hartsimpregnerad glasfiberväv, så kallad prepreg. Hartsimpregneringen i FR-4 material består i huvudsak av epoxi.

Vid hartsimpregnering av glasfiberväven kommer mängden harts och därmed också tjockleken variera mellan olika vävtjocklekar och fabrikat. Tjockleken hos prepreg avgörs av antal lager, avstånd mellan lagren och mönsterkortets totala tjocklek. Tunna material innehåller mer epoxi, dvs förhållandet mellan epoxi och glas varierar alltså, vilket betyder att även  $\epsilon_r$  varierar.



Glasväven har ett  $\epsilon_r$  på ca 6 och epoxi ca 3,2. Förhållandet glas och epoxi i ett vanligt dubbelsidigt mönsterkort är ungefär lika delar och den blandningen utgör den så kallade bulk  $\epsilon_r$  som därför bör hamna på ca 4,5.

Det är rimligt att räkna med ca 4,5 för 50 Ohm single end med reflekterande plan på innerlager som du ser i vänstra bilden. Men ett 100 Ohm differentialpar i högra bilden har signaler som även färdas mellan ledarna och i den delen av mönsterkortet finns normalt ingen glasväv och då sjunker  $\epsilon_r$



Mellan differentialparets ledare finns alltså antingen epoxi med  $\epsilon_r$  på ca 3,2 om de är inbäddade i mönsterkortet, eller ledarpar på ytterlager täckta med lödmask som i sig har ett  $\epsilon_r$  på ca 3,5.

Om signalfördelningen är ungefär lika mellan ledarna i sig samt ledarparet och jordplan så bör vi alltså räkna på ca 3,8 för differentialpar. Med andra ord blir det några % fel på impedansvärdet om man utgår från standardvärdet 4,2-4,6 vid beräkning av impedans för differentialpar.

### Olika hartshalter

För att göra det hela ännu krångligare så påminner vi igen om att olika prepreg består av olika mängder harts, dvs fördelningen mellan epoxi och glasväv varierar beroende på vävtyp och dess tjocklek. Mängden harts kan variera från 40% upp till 80%. Ett mycket tunt lager i ett 12-lagerskort eller mikroialager kan alltså bestå av en stor andel harts, vilket sänker  $\epsilon_r$ , medan ett vanligt dubbelsidigt kort består av grov väv med låg andel harts, vilket höjer  $\epsilon_r$ . För kritiska konstruktioner i flerlagerkort där impedansvärdet måste hållas inom snäva toleranser kan det alltså vara värt att räkna även på bulk  $\epsilon_r$  med olika hartshalt. Några exempel i nedan tabell:

Tjocklek	Hartshalt	$\epsilon_r$
1,52 mm laminat	42%	4,6
0,2 mm prepreg	48%	4,1
0,1 mm prepreg	55%	4,0
0,05 mm prepreg	70%	3,6

Mer information om våra produkter och tekniskt stöd hittar du på [www.mmab-pcb.se](http://www.mmab-pcb.se)

Förslag eller frågor kring våra Tekniska nyhetsbrev? Kontakta [esbjorn.johansson@mmab-pcb.se](mailto:esbjorn.johansson@mmab-pcb.se)

Malmö Mönsterkort AB, Box 16086, 200 25 Malmö, 040-64 24 600, [sales@mmab-pcb.se](mailto:sales@mmab-pcb.se)