

## Hoogfrequent printlayout ontwerp

### Analoge aspecten bij het ontwerpen van printlayouts voor digitale schakelingen

door  
Ir. R.F.M. van den Brink

#### Samenvatting

De toename van complexiteit en schakelsnelheid van vele elektronische schakelingen brengt met zich mee dat de wijze waarop deze gebouwd worden grote invloed heeft op het functioneren ervan. Een onzorgvuldig ontworpen printlayout kan grote problemen veroorzaken, waardoor de schakeling in zijn geheel niet goed werkt. Ook kan het voorkomen dat het stralingsniveau zodanig hoog is dat de printschakeling niet aan EMC keuringseisen blijkt te kunnen voldoen. Vanuit een microgolf invalshoek wordt inzicht verschaft in het ontwerpen van analoge en digitale printen (PCB's: printed circuit boards) waarin een zogeheten *microstrip* en een *stripline* structuur is toegepast. Deze tekst heeft primair als doel het geven van inzicht, en bevat daarom hoofdzakelijk praktisch toepasbare vuistregels en ontwerpinzichten. Aan de hand van vele goed/fout voorbeelden zal verhelderd worden waarom hoogfrequent (HF) problemen kunnen optreden. De voorbeelden zijn kwalitatief en er wordt geen uitspraak gedaan over hoe riskant een compromis precies is.

De meeste problemen ontstaan doordat elektromagnetische velden (EM) aan hun lot overgelaten worden. Uiteengezet zal worden hoe elektromagnetische velden zonder afscherming opgesloten kunnen worden in het glas-epoxy van enkel- en meermalenprinten. Door het opsluiten van het elektromagnetische veld in een langwerpige volume vermindert de uitstraling en wordt de schakeling ook ongevoeliger voor instraling en overspraak. Tevens kunnen snelle schakelingen gemakkelijker geïmplementeerd worden en zijn ze beter reproduceerbaar omdat pulsvervorming ten gevolge van ongecontroleerde reflecties voorkomen kan worden.



## 1. Probleemstelling

De begrippen *snelle schakeling* en *hoogfrequent* zijn subjectief. Een algemeen bruikbare definitie is daarom niet goed te geven, en daarom wordt hier volstaan met een aantal voorbeelden. Onder hoogfrequent problemen worden in dit verhaal problemen aangeduid van de volgende soort:

- Schakelingen die goed functioneren totdat printsporen door vingers worden genaderd.
- Schakelingen die slecht functioneren maar het ineens goed blijken te doen zodra printsporen met vingers worden aangeraakt.
- Digitale schakelingen waarvan sommige exemplaren fouten blijken te maken, die nauwelijks reproduceerbaar zijn. Meestal blijken deze fouten niet altijd op te treden.
- Schakelingen die goed functioneren totdat oude 'trage' chips vervangen worden door snellere moderne chips.
- Schakelingen die niet meer goed functioneren zodra de klokfrequentie wordt verhoogd.
- Schakelingen die zoveel straling produceren dat naburige printkaarten erdoor gestoord worden.
- Schakelingen die meer straling veroorzaken dan EMC-keuringsnormen toestaan.
- Een processorkaart van een PC die goed kan samenwerken met een interfacekaart zolang die maar vlak ernaast in een busprint is gestoken, doch waarbij de samenwerking het laat afweten zodra een andere plaats in de busprint wordt gekozen.

Hoogfrequente problemen zullen in het algemeen groter worden indien de complexiteit van de schakelingen toeneemt. Bij complexe digitale schakelingen kunnen daarom al bij kloksnelheden vanaf 1 MHz hoogfrequent problemen optreden. In tegenstelling tot analoge schakelingen kan een digitale poort een vervormd inkomend signaal herstellen zodat weer een redelijk schoon uitgaand digitaal signaal ontstaat. Hierdoor kunnen in digitale printen vele ernstige hoogfrequent fouten getolereerd worden.

Het verraderlijke zit hem in de situaties waarin het net niet meer goed werkt. Het geheel kan dan soms al zo grondig mis zijn dat 'goede' oplossingen averechts werken terwijl een 'slechte' oplossing het geheel weer net aan de praat weet te krijgen. Dit wekt vaak de indruk dat hoogfrequent ontwerpen een zeer 'mistig' vakgebied is dat alleen beheerst wordt door goeroes en orakels.

Dit verhaal heeft als doel om het tegendeel aan te tonen door inzicht te verschaffen in wat er zich in werkelijkheid afspeelt. Ingewikkelde wiskundige formules, zoals kringintegralen en Maxwell vergelijkingen, worden niet gebruikt.

## 2. Punt-punt verbindingen

De meeste hoogfrequent problemen komen voort uit het feit dat het elektromagnetisch veld aan zijn lot wordt overgelaten. Dit probleem doet zich al voor bij eenvoudige printsporen die een signaal van een IC naar een ander IC transporteren. In deze paragraaf wordt de basis gelegd voor het opsluiten van het elektromagnetisch veld in het glas-epoxy van de printplaat.