

Meer verwerkingscapaciteit in digitale systemen vergt steeds meer bandbreedte. In het Gigahertz-gebied moet rekening worden gehouden met enkele fundamentele elektrische randvoorwaarden.

# De Gigahertz-race

## Hoge datasnelheden vereisen aangepaste ontwerptechnieken

**S**ynchronisatieproblemen tussen parallelle, elektrische signalen op printboards kunnen worden vermeden met seriële transmissie. Op niet al te lange termijn zal deze transmissie zelfs met optische verbindingen op de printboards worden uitgevoerd.

Om gegevens te kunnen verwerken moeten er bits getransporteerd worden, op chip-, board-, en systeemniveau. Snellere netwerkverbindingen, zowel vast als draadloos, meer rekenkracht voor dataverwerking en embedded toepassingen, snelle dataopslag en hogere transportsnelheden zijn allemaal drijvende factoren achter de noodzaak van steeds hogere datasnelheden. Ging het enkele jaren geleden nog om 1 Mbps (megabit/sec.), nu is 1 Gbps (gigabit/sec.) de norm en wordt de lat al op 10 Gbps en hoger gelegd.

**Bepaalde natuurkundige grenzen op zowel chip-, board-, als systeemniveau komen echter in zicht.**

Bepaalde natuurkundige grenzen op zowel chip-, board-, als systeemniveau komen echter in zicht. Steeds grotere snelheden van de processorklok en andere controlsignalen vereisen een steeds nauwkeurigere synchronisatie. Echter, de snelheid van elektrische signalen is eindig. Bij de huidige stand van techniek zijn de lengten van geleidende verbindingen absoluut niet meer te verwaarlozen. Dit geldt ook voor de interne verbindingen op alle chips voor vaste en programmeerbare logica.

Des te sterker is dit van toepassing voor de langere verbindingen op de printplaat. Bovendien worden de fysisch-elektrische effecten van de geometrische lay-out van de gedrukte bedradingen (printboards) steeds belangrijker. Een bitstroom is immers, in de natuurkundige werkelijkheid, een overgang van het ene elektrische spanningsniveau naar het andere en weer terug.

Het is, met andere woorden, een elektrisch signaal met een bepaalde basisfrequentie en hoe hoger die frequentie is, hoe meer bits er per seconde getransporteerd kunnen worden.

### Signaalintegriteit

Overdracht van elektrische signalen berust op verbindinglijnen van geleidende materialen en

die hebben elektrische eigenschappen, zoals impedantie (weerstand, capaciteit en inductie). Bij frequenties onder de 1 MHz zijn die effecten voor het printontwerp te verwaarlozen, maar hierboven kunnen zij een rol gaan spelen en bij 1 GHz of meer worden de elektrische eigenschappen beperkende randvoorwaarden.

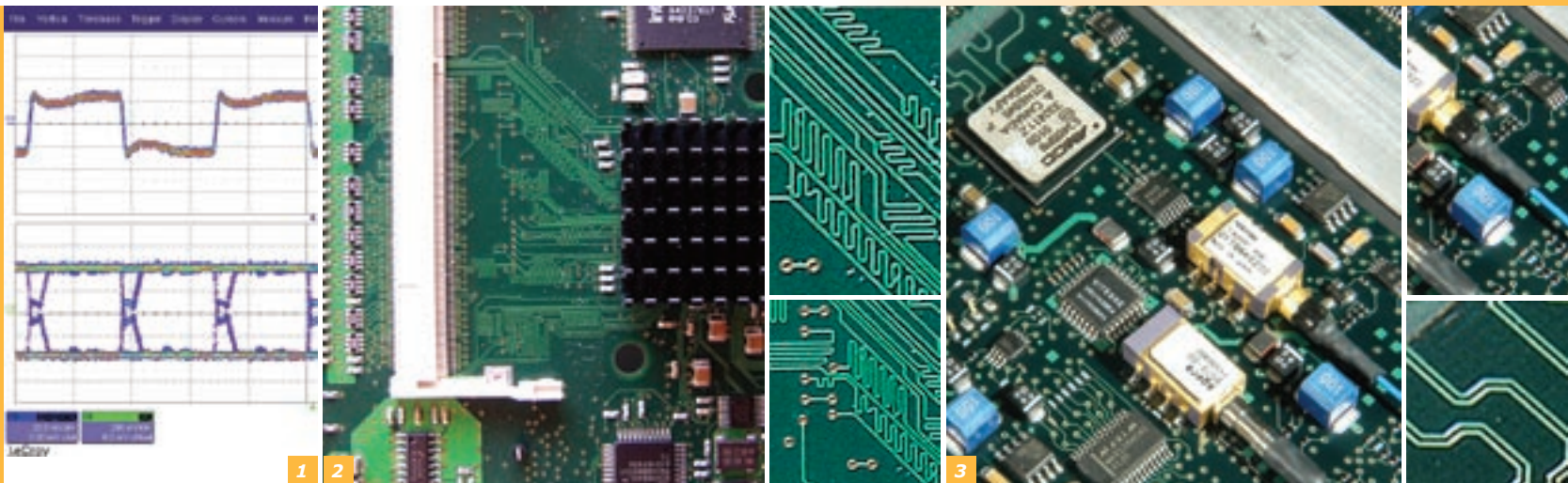
In dit hoogfrequentgebied moet dus rekening worden gehouden met mogelijke interferenties van signalen met elkaar, en met zichzelf, die veroorzaakt worden door de fysisch-elektrische kenmerken van het ontwerp. Bij het ontwerpen van de print-layout gaat het nu om veel meer dan alleen geometrische optimalisatie en positioneringen van componenten. Het ontwerpen van printboards is als gevolg van de Gigahertz-race dan ook een aparte expertise geworden.

Dit vergt eveneens van de elektronicaontwerper, naast kennis van digitale technieken, ook grondige kennis van analoge elektronica. De ontwerper heeft ontwerptools nodig om de fysisch-elektrische eigenschappen te kunnen berekenen en het ontwerp in dat opzicht te optimaliseren. Mogelijke interferenties kunnen elkaar zelfs, afhankelijk van het ontwerp, versterken of verzwakken en dat laatste is natuurlijk wat de ontwerper beoogt.

Een tweede factor die een rol speelt bij zeer hoge datasnelheden is een mogelijk onaanvaardbaar tijdsverschil bij de aankomst van verstuurd bits. Dit kan al binnen een chip een rol gaan spelen, maar zeker op een printplaat van 10 tot 20 cm kunnen verschillen in afstanden de synchronisatie van bitstromen verstoren.

Immers, hoe meer bits per seconde door een lijn gaan, hoe korter de tijdsduur van een enkel bit en hoe sneller de volgende arriveert.

Als een klok en een ander controlsignaal, dat voor synchronisatie wordt gebruikt, op verschillende tijdstippen arriveren, is er een probleem met de data-integriteit. Bovendien moeten ook alle signalen op de lijnen van een parallelle bus op hetzelfde tijdstip aankomen. Dit vergt echter weer een gelijkheid, in elektrisch opzicht, van alle naast elkaar liggende verbindingen, zie figuur 2.



1. Uit dit oscilloscoopbeeld is de kwaliteit van het signaal af te lezen. 2. Voorbeeld van het op gelijke lengte brengen van elektrische signalen van een parallelle bus. 3. Voorbeeld van een snelle optische seriële verbinding. De elektrische signalen voldoen aan alle eisen om een bandbreedte van een aantal Gigabit per seconde te bereiken.

Als de een wat korter is dan de ander of ergens een versmalling heeft dan kan dit al een verstoring tot gevolg hebben.

Uiteraard geldt hierbij hoe hoger de snelheden, hoe nauwer de toleranties, waarbij het kan gaan om ordergroottes als miljoenste van een microseconde. Voor het meten en testen van dergelijke signalen is dan ook zeer geavanceerde meetapparatuur noodzakelijk die een aanzienlijke investering vergt.

## Oplossingen

Parallele bussen worden steeds meer vervangen door seriële verbindingen. Het bekendste voorbeeld is de opvolging van de PCI bus voor computers door PCI Express. Het lijkt tegenstrijdig om een aantal naast elkaar liggende lijnen te vervangen door een enkele (en meestal zullen er dan ook meerdere seriële verbindingen tegelijkertijd worden gebruikt), maar een seriële datalijn is dé oplossing voor het synchronisatieprobleem.

Een dergelijke lijn kan door een speciale codering behalve de databits ook zijn eigen klok met zich meedragen en, hoewel dat wel een verlies aan efficiëntie tot gevolg heeft, zijn er dan toch veel hogere datasnelheden mogelijk. Er worden dan eigenlijk geen bits meer parallel verstuurd, maar hele datablokken. Vanzelfsprekend heeft dit ook consequenties voor de componenten (chips) die op het printboard zullen worden toegepast. Op de langere termijn wordt echter gekeken naar optische verbindingen.

Licht maakt eenvoudiger een hogere bandbreedte mogelijk met zeer hoge datasnelheden. Glasvezelverbindingen worden behalve voor lange afstands-

verbindingen ook steeds meer gebruikt voor connecties binnen systemen (bijvoorbeeld Gigabit Ethernet). Voor hogere bandbreedtes zal steeds vaker een optische verbinding worden toegepast, zie figuur 3.

Een nadeel is wel dat er een aparte interface nodig is voor de componenten en hun behuizingen. Ook de prijs van optische verbindingen is nog vrij hoog. Maar door licht als transportmiddel te gebruiken worden de bovengenoemde fysisch-elektrische beperkingen van de elektrische geleiders verminderd. Het resulterende systeem staat elektromagnetisch volledig los van invloeden van buitenaf en veroorzaakt zelf ook geen elektrische interferentie.

Omdat het soldeerproces vanwege milieu-eisen moet worden geminimaliseerd biedt optoelektronica mede een oplossing. Voor verbindingen kunnen dan allerlei lijntechnieken worden gebruikt.

## Conclusie

De conclusie is dat de hoge datasnelheden in het GHz-bereik allereerst vereisen dat de elektronica- en boardontwerper theoretisch en praktisch uitvoerig rekening houden met fysisch-elektrische parameters. Daaronder valt ook het testen en meten met zeer nauwkeurige en geavanceerde elektronische meetapparatuur.

Synchronisatieproblemen kunnen worden vermeden door de vervanging van parallelle, geklokte bussen door (meerdere) seriële datalijnen. De volgende stap is de overgang naar een andere techniek met een ander transmissiemedium: de optoelektronica. Dit laatste wordt door Technolution in sommige grensverleggende ontwerpen momenteel al gerealiseerd.

**Een seriële datalijn is dé oplossing voor het synchronisatieprobleem.**