

## Herausforderung PCB- und System-Entwurf

# Die Tücken von High-Speed-Systemen

Vor etwa zwanzig Jahren war die Entwicklung von Hochgeschwindigkeits-Leiterplatten und -Systemen dem Bereich der Supercomputer vorbehalten. Dank der heute verfügbaren Bauelemente fällt jedes Produkt, sei es ein Internet-Infrastrukturgerät oder ein System der Unterhaltungselektronik, in die Kategorie «High Speed». Doch die moderne Prozesstechnologie verlangt nach neuen Methoden.

» Lee Ritchey

Der Grund für alle Probleme des modernen High-Speed-Entwurfs liegt in der IC-Prozesstechnologie mit Strukturgrößen von 90 nm und darunter. Zwei der grössten Stolpersteine sind die Anstiegszeiten der Basiskomponenten und die Versorgungsspannungen. Beide Bereiche beeinflussen zwei Aspekte des Designs: Signalübertragungseffekte und Leistungsverteilung. Letzteres erweist sich immer als komplizierter und anspruchsvoller als alles andere. Tatsächlich sind Mängel bei der Strom- und Spannungsverteilung die Hauptgründe für Fehlfunktionen in Produkten.

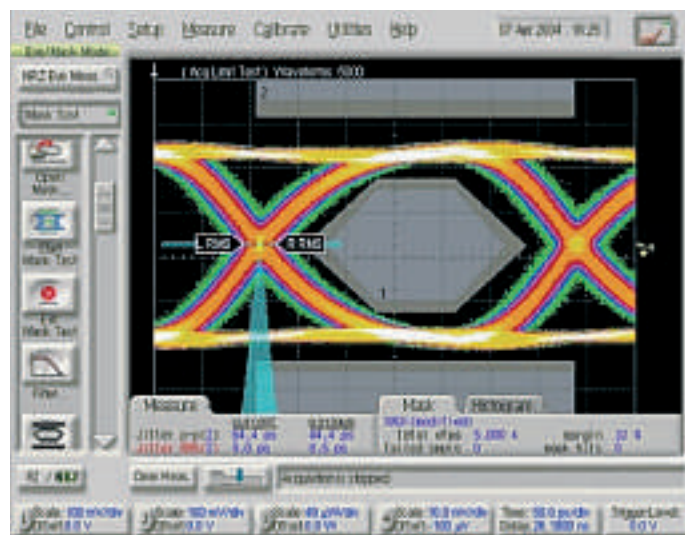
Das Problem des Entwurfs der Leistungsverteilung hat verschiedene Facetten. Zunächst geht es um sehr kleine Spannungen, was bedeutet, dass es keinen Spielraum für Spannungsabfälle gibt, etwa in den Leiterplattenlagen oder Bauelementanschlüssen. Gleichzeitig fließen dabei erstaunlich hohe Ströme – ein IC mit 50 A ist nicht ungewöhnlich, und das ist mehr, als früher an ganzen Platinen anlag. Wenn 50 A Strom an einem IC anliegen, sind nicht viele Milli-Ohm Leitungswiderstand nötig, um einen ernstzunehmenden Spannungsabfall zu verursachen. Dieses Phänomen betrifft das ganze System, denn es hat Auswirkungen auf die Entwicklung der Leiterplatte, der

Leistungsverteilung sowie der Gehäuse. Beide Problemkreise bereiten der Industrie Kopfzerbrechen, da sie althergebrachte Vorgehensweisen beim Entwurf elektronischer Produkte infrage stellen.

### Moderne Technologien versus alte Designverfahren

In den letzten zwanzig Jahren waren Logikschaltkreise sehr tolerant gegenüber Schwankungen der Stromversorgung, auch waren die Signalflanken nicht sehr steil. Erfolgreiche Produktentwicklung bedeutete im Wesentlichen, die Anschlüsse richtig miteinander zu verbinden. Diese Herangehensweise ist so eingefahren, dass viele Ingenieure kaum in der Lage sind, den gegenwärtigen Herausforderungen zu begegnen. Das liegt nicht zuletzt in der Einstellung: «Das haben wir schon immer so gemacht, wieso sollten wir das ändern?» Der Versuch, elektronische Systeme mit modernen Technologien, aber mithilfe überkommener Designverfahren zu entwickeln, führt zu schweren Fehlern.

Die dritte Schwierigkeit bei der Produktentwicklung sind Signalverluste in den Leiterplattenmaterialien. Dazu zählen Verluste im Basismaterial, in den Leiterbahnen und Verluste aufgrund des Skin-Effekts. Grund dafür sind Signalflanken mit 200 bis 300 ps. Es



Augendiagramm für 3,125 GBit/s

ist heute üblich, Bauelemente mit Datenraten über 3 GBit/s miteinander zu verbinden.

Zusätzlich ersetzt man die breiten parallelen Datenbusse durch serielle Verbindungen mit hohen Datenraten wie der PCI-Bus, ein breiter Parallel-Bus, der bis zu 100 MBit/s überträgt. Das genügt natürlich nicht für alle Dinge, die wir mit modernen Hochleistungsprozessoren anstellen, sodass wir PCI-Express eingeführt haben. Diese differenziellen seriellen Verbindungen laufen mit 3,125 GBit/s oder sogar dem Doppelten. PCI-Express ist in aktuellen PCs bereits üblich. Diese Datenraten zwingen uns, uns Gedanken über Skin-Effektverluste und andere Phänomene zu machen.

### Fachkompetenz der Ingenieure hinkt hinterher

Da High-Speed-Bauelemente allgegenwärtig sind, muss man jedes neue Produkt auf →

#### Autor

Lee Ritchey ist Gründer und Präsident von Speeding Edge, einem Trainings- und Beratungsunternehmen, das auf High-Speed-PCB- und Systementwicklung spezialisiert ist. Bislang haben mehr als 7000 Ingenieure die Kurse des Unternehmens besucht.



Basis von entsprechenden Entwurfsregeln entwickeln. Leider entwickelt sich die Fachkompetenz der Ingenieure nicht mit derselben Geschwindigkeit wie die Fertigungstechnologie, sodass auch hier Fehler unvermeidlich sind. Entwicklungsingenieure verlassen sich im Allgemeinen auf die Application Notes des Herstellers. In einer perfekten Welt sollte das alle Probleme lösen, doch berücksichtigen diese Tipps selten die aktuellen Designherausforderungen und es fehlen bei fast allen entscheidenden Informationen. Wenn man bei der Produktentwicklung nur den Application Notes folgt, funktioniert das Endprodukt sehr wahrscheinlich nicht richtig.

Oft sind die Bauelemente auch nicht angemessen charakterisiert, bevor sie auf den Markt kommen. In vielen Datenblättern sind bestimmte Parameter als «noch nicht festgelegt» (TBD, to be determined) eingetragen. Damit wird die Produktentwicklung zum Glücksspiel, bei dem der Käufer des Bauteils das Risiko trägt. Wer ein nicht angemessen charakterisiertes Bauteil nimmt, muss selbst mit nicht funktionierenden Produkten und den entstehenden Folgekosten fertig werden.

Häufig beschäftigen sich Ingenieure auch schlicht mit den falschen Problemen. Vor einigen Jahren zahlten wir noch viel Geld, um sehr schnelle Takt-ICs für steile Taktflanken zu bekommen. Das Taktsignal war also praktisch das einzig bedeutende schnelle Signal. Dank der neuen Prozesstechnologien sind alle Signalflanken steil, doch entscheidet häufig immer noch der Blick auf die Taktzyklen, ob ein Design schnell oder langsam ist – und das stimmt so nicht mehr. Wenn ich Firmen berate, ist fast immer nicht die Taktrate das Problem, sondern es sind die Signalflanken.

### Grundlagen der Elektrotechnik werden nicht mehr vermittelt

Immer wieder versuchen Beratungskunden auch, Altsysteme mit neuen Bauelementen auf den neuesten Stand zu migrieren. Hier besteht ein Zusammenhang zum erwähnten Problem mit den Application Notes. Alle zurzeit erhältlichen Anwendungshinweise wurzeln in TTL (Transistor-Transistor-Logic). Aber TTL gibt es schon lange nicht mehr, sie wurde von CMOS-Logik abgelöst, doch war sie viele Jahre lang die Technologie schlechthin.

Einige Anbieter verkaufen CMOS-Bauteile mit der TTL-Teilenummer. Sie sind nur in der Hinsicht TTL-kompatibel, dass sie dieselben Pins aufweisen und dieselbe Logikfunktion ausführen. Wer denkt, es sei nur TTL, geht in die Falle. Leider teilen die IC-Hersteller nicht mit, dass der Chip zwar wie TTL aussieht, aber um Faktoren schneller ist. Moderne schnelle IC und FPGA kann man nicht einfach in vorhandene Designs einbauen. Das Altsystem muss komplett neu entworfen werden.

Alle diese Schwierigkeiten stellen Ingenieure vor grosse Herausforderungen. Doch

### Besuch der High-Speed-Conference

Lee Ritchey's Kurs ist Teil der vom 19. bis zum 23. April stattfindenden «High-Speed-Conference» im Dorint Resort in Bitburg, die Leonardy Electronics anbietet. Die Konferenz strukturiert sich in mehreren Modulen und umfasst eine Auswahl aus drei, vier oder fünf Seminartagen. Für eine bequeme Anreise aus der Schweiz hat Leonardy einen speziellen Shuttle-Service eingerichtet. Das Programm und Infos zur Teilnahme: [www.leonardy.com](http://www.leonardy.com).

## Schlagen Sie ein neues Erfolgskapitel auf!



### Der Business-Katalog 2010/11

Das ultimative Technik-Nachschlagewerk wurde grundlegend überarbeitet und optimiert! Erleben Sie auf über 2'000 Seiten das Gesamtsortiment der Bereiche Bauelemente, Messtechnik, Automation, Werkstatt und Kabel, sowie auf über 350 Seiten die aktuellsten Neuheiten aus den Warengruppen Gebäudetechnik, Computer, Kommunikation, Unterhaltung und Auto – viele gute Gründe, den neuen Businesskatalog 2010/2011 gratis anzufordern:

#### Gesamtsortiment:

Bauelemente  
Messtechnik  
Netzgeräte  
Automation  
Werkzeug  
Kabel  
Akkus und Batterien

#### Neuheiten:

Gebäudetechnik  
Computer  
Kommunikation  
Unterhaltung  
Auto und Navigation

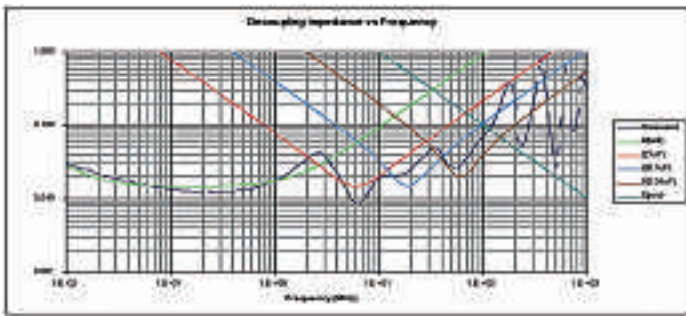
Jetzt den neuen Business-Katalog 2010/11 gratis anfordern!

Per Tel. 0848 80 12 80  
Per Fax 0848 80 12 81

[www.business.conrad.ch](http://www.business.conrad.ch)

Vor Ort in unseren Filialen Emmenbrücke und Dietlikon.

**CONRAD**  
Voller Ideen



Impedanz in  
Abhängigkeit von der  
Frequenz in einem  
PDS

Entwickler müssen jene Fähigkeiten lernen, die High-Speed-Design braucht. Sie müssen Signalwege verstehen, sie müssen lernen, wie man passende Leistungsverteilungssysteme (PDS, Power Delivery System) entwirft und sie müssen sich mit Materialeigenschaften auskennen. Unglücklicherweise kommen fast alle diese Dinge während der Aus- und Weiterbildung zu kurz. Als die Technik noch langsamer war, spielten diese Dinge noch keine Rolle. Es ist aber sehr traurig, dass die Grundlagen der Elektrotechnik nicht mehr vermittelt werden. In den letzten zwanzig Jahren gewann die Informationstechnik gegenüber der Elektrotechnik immer mehr an Bedeutung. Die Industrie muss nun den Preis dafür zahlen; es gilt nämlich, quasi mit «Warp»-Geschwindigkeit das Ingenieurs-Know-how aufzubauen, das für High-Speed-Design erforderlich ist.

### Es ist nötig, sich auf die Grundlagen der Elektronik zu besinnen

Dies braucht einen grundlegenden Bewusstseinswandel in Bezug auf die Produktentwicklung. Man muss sich auf die Grundlagen der Elektronik besinnen, um Signalwege und Leistungsverteilungssysteme korrekt zu erstellen. Es geht also darum, analytische Werkzeuge – Simulatoren – zu verstehen und analytische Fähigkeiten zu erwerben, denn die Entwicklungsarbeit muss am Anfang stehen.

#### Firmenprofil

Die von Joachim Leonardy gegründete Leonardy Electronics GmbH ist seit zehn Jahren ein führender Anbieter von Seminaren der Elektronikbranche und offizielles «Altium Training Center» für die Schweiz, Österreich und Deutschland. Die Firma veranstaltet Schulungen in Bitburg, Lübeck und Laufenburg (Hochrhein). Laufenburg eignet sich ideal für Teilnehmer aus der Schweiz. Neben Sch-PCB-Basis-Master-, Sim- und FPGA-Kursen, die nur Altium Designer behandeln, führen wir

auch Grundlagen-Technologie-Seminare zum Thema Leiterplatten, Layout-Techniken und High Speed Design durch. Zu den Dozenten zählen u.a. Jennifer Vincenz, Arnold Wiemers, Rainer Schirmer und Lee Ritchey.



Das Beispiel zeigt diesen Bewusstseinswandel bei einem PDS-Design. Im ersten Schritt gilt es festzustellen, welcher Art die elektrischen Lasten sind. Das ist sicherlich der schwierigste Teil, da es darüber generell keine ernstzunehmenden Angaben gibt. Die Lasten zu charakterisieren ist entscheidend, erst dann kann man das PDS so entwickeln, dass die Lasten stabil sind. Wenn diese Faktoren nicht stimmen, führt das zu fehlerhaften Produkten. Letztes Jahr basierten alle mir gezeigten Entwurfsprobleme auf Schwierigkeiten mit der Leistungsverteilung.

Die Leistungsverteilung wird auch weiterhin die größte Herausforderung in der Entwicklung bleiben. Als Beispiel sei ein Terabit-Router auf einer einzigen Leiterplatte angeführt, mit Hunderten Signalpfaden mit 3 bis 6 GBit/s. Es dauerte etwa zwei Tage, die Signalintegrität auf den Signalpfaden sicherzustellen, und zwei Wochen, um die elektrische Leistung richtig zu verteilen.

### Hundert Forschungsarbeiten für den Entwurf moderner Produkte

Aufgrund der Schwierigkeiten, die die moderne Bauelemententechnologie mit sich bringt, ist der grösste Teil meines Kurses dem Entwurf der Leistungsverteilung gewidmet, gefolgt von Signalpfad-Management. Da ich den Löwenanteil meiner Zeit mit Beratungstätigkeiten für neue Designprojekte verbringe, überarbeite ich den Kurs alle drei bis vier Monate, um die neuesten Informationen unterzubringen. Unser Kurs beruht auf echten Erfahrungen aus der Praxis, sodass die Teilnehmer ihr neu erworbenes Wissen sofort in ihre Designumgebungen einbringen können. Zusätzlich zum Unterrichtsmaterial stellen wir auch hundert Forschungsarbeiten und andere Dokumente zur Verfügung, die wichtig sind, um sich jene Fähigkeiten anzueignen, die für den Entwurf moderner Produkte unabdingbar sind. <<

#### Infoservice

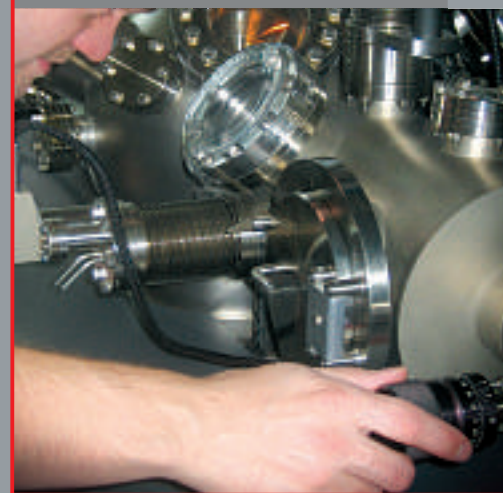
Leonardy Electronics GmbH  
Altium Training Center  
Westpark 2C, DE-54634 Bitburg  
Tel. 0049 6561 94 03 67, Fax 0049 6561 43 13  
joe@leonardy.de, www.leonardy.com

# fischer connectors

## instrumentation



- Über 10.000 verfügbare Standardbauformen
- Kundenspezifische Steckverbinder und Kabelsysteme
- Robustes Design für raue Einsatz- und Umweltbedingungen
- Schnell, einfach und zuverlässig selbstverriegelnd
- IP 68 bzw. hermetisch dicht lieferbar
- 360° EMV Abschirmung
- Hochpräzise, kompakte Bauweise bei geringstem Gewicht
- Vielseitige Kontaktkonfigurationen



[www.fischerconnectors.ch](http://www.fischerconnectors.ch)

Headquarters  
Fischer Connectors SA  
Saint-Prex – Switzerland  
Phone +41 21 800 95 95  
mail@fischerconnectors.ch

**fischer**  
CONNECTORS