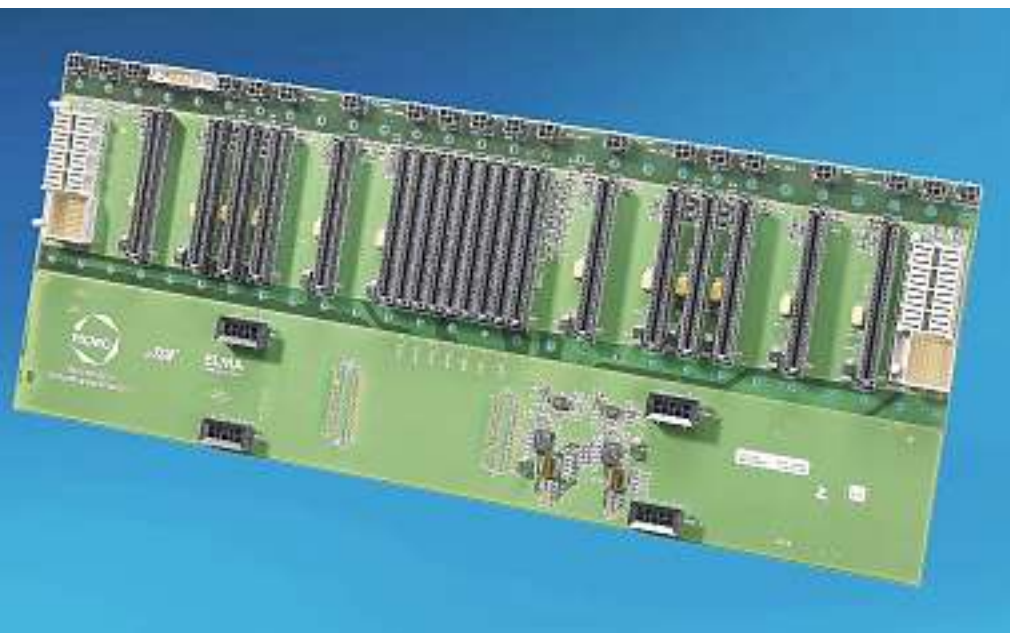


Hohe Datentransferraten

Der Signalintegrität drohen viele Gefahren

Die Realisierung von Echtzeitanwendungen setzt eine leistungsfähige Infrastruktur für die Datenkommunikation voraus. Stichworte sind grosse Übertragungsbandbreiten, geringe Verzögerungszeiten, minimales Verlustrisiko. Vor allem der MicroTCA-Standard kann dank seiner hohen Modularität hier eine zentrale Rolle spielen.



Die blu!box von Elma ist ein neues MicroTCA-Shelf mit optimierter Backplane für intensive Praxiserprobungen

Hohe Datentransferraten werden vor allem von den modernen Telekommunikationsanwendungen gefordert. In zunehmendem Masse dehnt sich dieser Bereich in Richtung anspruchsvoller Multimediaanwendungen sowie auf komplexe industrielle Einsatzfelder aus, die beispielsweise in der Maschinen-, Prozess- und Verfahrenssteuerung zu finden sind. Vor allem der MicroTCA-Standard mit seiner hohen Modularität hat daran entscheidenden Anteil. Dabei kommt jedoch der Signalintegrität hohe Bedeutung zu. Dabei sind für 3-GHz-Systeme Betrachtungen anzustellen, die das Signalverhalten bis zu 15 GHz berücksichtigen.

Ausgangspunkt ist die serielle Datenübertragung

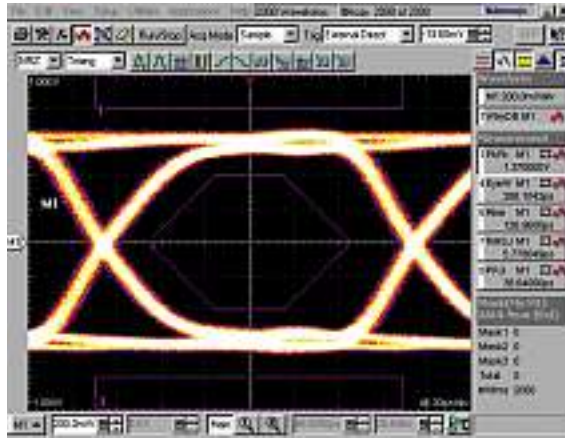
Schon früh haben die Standardisierungskomitees bei PICMG und VITA erkannt, dass man sich für Highspeed-Anwendungen von den klassischen Busstrukturen verabschieden und auf Point-to-Point-Verbindungen mit differenziellen Leitungspaaren umsteigen muss. Um zu verhindern, dass sich auf den seriell übertragenen Datenpaketen lange Folgen von Nullen oder Einsen bilden, welche die Taktgenerierung und Datenregenerierung erschweren, hat sich für derartige Anwendungen die 8B/10B-Codierung durchgesetzt. Dabei werden die 8-Bit-Wörter auf 10-Bit-Wörtern ab-

gebildet, um die gewünschten Vorteile des häufigen Null-Eins-Wechsels nutzen zu können.

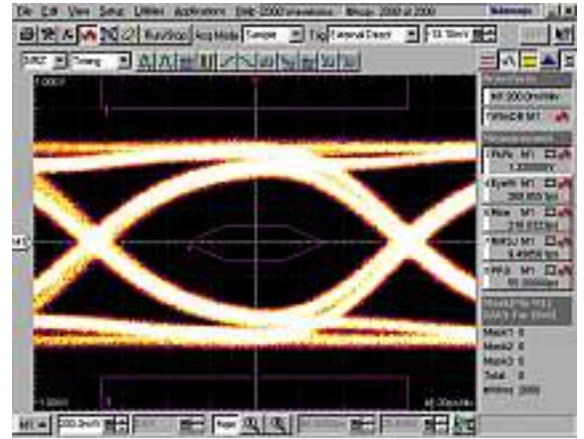
Bei 8-Bit-Wörtern ergeben sich 256 (2⁸) Bitkombinationen, bei einer 10-Bit-Folge hingegen 1024. Bei der 8B/10B-Codierung nutzt man für die Darstellung der 8-Bit-Worte nur die Bitkombinationen, die viele Pegelwechsel aufweisen. Das sind solche, die maximal fünf aufeinanderfolgende Nullen oder fünf aufeinanderfolgende Einsen enthalten. Dadurch kann aus dem codierten Signal, das hinreichend viele Pegelwechsel aufweist, das für die Synchronisation benötigte Taktsignal sicher abgeleitet werden. Wegen dieser Vorteile kommt die 8B/10B-Codierung im GBit-Ethernet, im 10-GBit-Ethernet, bei Fibre-Channel, StarFabric sowie bei den ATM-Übertragungsschnittstellen (Asynchronous Transfer Mode) zum Einsatz.

Flankensteilheit der Signale bestimmt Bandbreite

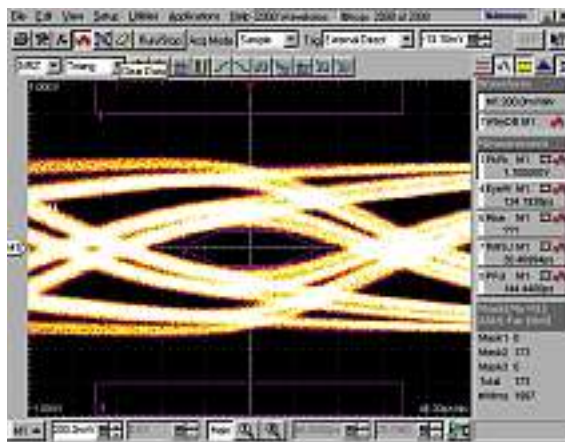
Als besonders erfolgversprechendes jüngstes Kind des AdvancedTCA-Standards bietet MicroTCA die Möglichkeit, Daten per GBit-Ethernet, PCI-Express, Serial-Rapid-I/O, Serial-Attached-SCSI oder Advanced-Switching zu übertragen. Dabei stellt sich zunächst die Frage, warum hochkritische Betrachtungen der Signalintegrität angestellt werden. Schliesslich handelt es sich hier um eine XAUI-Übertragung mittels eines NRZ-Signals mit einer Datenrate von «nur» 3,125 GBit/s (XAUI = X-Attachment-Unit-Interface, das beim 10-GiBit-Ethernet verwendet wird; NRZ = Non-Return-to-Zero-Signal, das nicht in regelmässigen Intervallen auf Nullpotenzial zurückfällt). Fakt ist jedoch, →



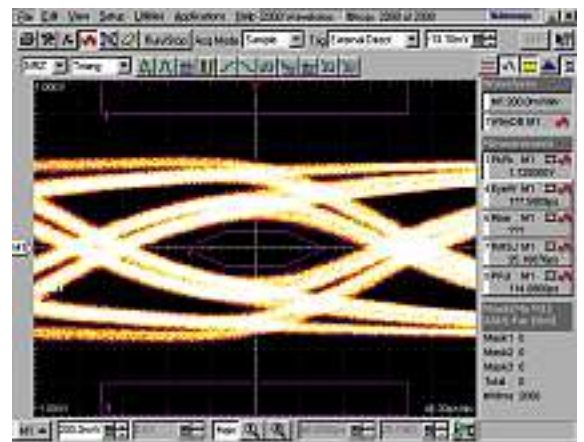
Das Referenzsignal: Das Augendiagramm im Ein-speisungspunkt



Augendiagramm des Signals bei einem Slotabstand von 15 mm



Augendiagramm des durch den ISI-Effekt verformten Signals nach 396 mm. Durch sub-optimale Layoutstrategie ergeben sich 173 Maskenverletzungen



Im Vergleich das Augendiagramm bei 396 mm und optimaler Layoutstrategie: Keine Maskenverletzungen

dass die Flankensteilheit der Signale die Bandbreite bestimmt. Bei einer Basisfrequenz von 3,125 GHz muss also die Signalintegrität für eine Bandbreite von mindestens 15,625 GHz gewährleistet sein. Das liegt an den hochfrequenten und pegelschwachen Oberwellen, genauer gesagt an der 5. Harmonischen nach Fourier.

Bei MicroTCA sind als kleinste modulare Funktionsgruppen die Advanced-Mezzanine-Cards (AMC) definiert. Diese Technologie nutzt aus Kostengründen die Kontaktierung über Stecker auf der Backplane und Goldpads direkt auf der AMC-Steckkarte. Durch deren kleine mechanische Bauform müssen auf einer Breite von 73,5 mm 170 Kontakte über diese Steckverbinder geführt werden. Um die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Leiterbahngeometrien zu untersuchen, hat die Elma Renew Electronic GmbH, als erfahrener Backplane- und Grundsystemspezialist, grundlegende messtechnische Untersuchungen durchgeführt.

Der grösste Feind der Signalintegrität ist der ISI-Effekt

Aus den Messungen ergab sich, dass der ISI-Effekt (Inter-Symbol-Interference) auf die Signalintegrität entscheidenden Einfluss hat. Dieser beschreibt, wie impulsförmige Signale durch Dispersion, Skineffekt, dielektrische Verluste und Reflexionen im Vergleich zum Ausgangssignal verbreitert werden. Darüber hinaus tragen auch die induktiven Stub-Effekte (bei THT-Steckverbindern) oder die Knocheneffekte von bis zu 1,2 nH, die bei der Anbindung vom SMT-Steckverbindern an die Innenlagen der Backplane auftreten, ihren Anteil zum ISI-Effekt bei. Da die Impulse durch ISI über mehrere Perioden hinweg verbreitert werden können, begrenzt dieser Effekt die tatsächlich nutzbare Übertragungsbandbreite.

Jede Kupferleiterbahn weist – je nach Layout-Geometrie, dielektrischer Isolation und Frequenz – unterschiedliche Leitungskapazitäten und -induktivitäten auf. Dadurch werden impulsförmige Signale verbreitert.

blu!box made by Elma

Damit dies für potenzielle Nutzer der zukunftssträchtigen MicroTCA-Technologie keine graue Theorie bleibt, unterstützt Elma dieses Marktsegment von Anfang an. Mit der blu!box made by Elma steht ein sofort lauffähiges MicroTCA-Shelf für Formfaktor-kontrollen und intensive Kartenerprobungen bereit. Das vollständig verkleidete 19"-Subrack hat eine Höhe von 5 HE und eine Tiefe von 200 mm. Das geprüfte Grundsystem ist vollständig redundant durch 2 x MCH (MicroTCA-Carrier-Hub), zwei Power-Module für -48 V/-60 V und zwei Kühleinheiten. Verwendet werden darin High-Performance-Lüfter, deren Drehzahl über PWM gesteuert wird. Dazu können im Shelf bis zu 20 Temperatursensoren platziert werden. Ausbaubar ist das System mit max. 12 AMC, wovon 8 Full- und 4 Half-Height sein können. Alle Komponenten sind Hot-Swap-fähig und werden über IPMI gesteuert.

SERIE 38.21

6.2mm schmales Zeitrelais



SCHLANK UND FLEXIBEL!

Die neuen Interface-Timer der Serie 38.21 ergänzen die bewährte und platzsparende Serie 38. Für die speditiven Verdrahtungs- und Servicearbeiten sorgen die optionalen Federzugklemmen und der integrierte sowie komfortable Auswurfhebel zum einfachen Austausch des Schaltelementes.

Eigenschaften:

- **Schaltleistung:**
 - Relais: 6A / 250VAC
 - SSR: 2A / 24VDC
 - 0.1A / 48VDC
 - 2A / 240VAC
- **Funktionen:**
 - Ansprechverzögerung
 - Einschaltwischer
 - Blinker
 - Impulsgeber
- **Zeitbereiche:**
 - 0.1...3s
 - 3...60s
 - 1...20min
 - 0.3...6h
- **Ansteuerung:**
 - 12...24 VAC/DC
- **Schraub- oder Federzugklemmen**
- **16-polige Kammbrücke**

Angebot und
Muster
verlangen!

FINDER (SCHWEIZ) AG
 Industriestrasse 1a
 8157 Dielsdorf
 Tel. 044 885 30 10
 Fax 044 885 30 20
finder.ch@finder-relais.ch

www.finder-relais.ch

Diese Verbreiterung ist umso grösser, je länger die Übertragungsleitung physikalisch ist. Dies führt für jeden einzelnen Leiter zu entsprechend unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten und damit zu Laufzeitverzerrungen, die im Augendiagramm als Jitter sichtbar werden. Bei Leitungspaaren sind diese auf wenige Picosekunden genau aufeinander abzustimmen (entsprechend weniger als 1 mm physikalischer Weg). Besonders für breitbandige Signale muss durch die richtige Wahl des vorgesehenen Basismaterials und durch eine kluge Layoutstrategie eine Optimierung durchgeführt werden. Dies erfolgt oft in mehreren iterativen Schritten, da sich die einzelnen Parameter gegenseitig beeinflussen. Fundierte Erfahrung beim Backplane-Entwickler hilft dabei, einen sorgfältig gewählten Kompromiss zu finden, bei dem alle Einflussfaktoren gegeneinander abgewogen und in der Summe minimiert werden.

Datenübertragung findet im Feld statt

Mit steigender Frequenz sinkt die Bedeutung des ohmschen elektrischen Leiters, während die Effekte, die sich im elektrischen Feld abspielen, immer dominanter werden. So haben auch im vorliegenden Fall die Messungen bewiesen, dass die Datenübertragung nicht im Leiter, sondern überwiegend im Feld stattfindet. Es müssen also nicht nur die Leiterbahn und die Steckverbinderkontakte, sondern das Feld, in dem sich die Datenübertragung als Ganzes abspielt, betrachtet werden. Dazu gilt es, die Einflussgrößen Dispersion, Skineffekt, dielektrische Verluste, Stub- und Knocheneffekt mittels entsprechender Steckverbinder- und Layoutgeometrien abzuschwächen und damit die Signalintegrität positiv zu beeinflussen. Dies erfolgt immer mit Blick auf wirtschaftliche Lösungen unter Verwendung möglichst günstiger Basismaterialien.

Ein Störfaktor kommt selten allein. So ist neben den oben beschriebenen Punkten ein weiterer wichtiger Faktor zu nennen: Das Übersprechen zwischen den differenziellen Paaren. Ideal wäre, wenn benachbarte Paare weitestmöglich (im physikalischen Sinn) voneinander getrennt und zudem durch Ground-Planes geschirmt werden; denn dann könnten nur wenige «Aggressoren» auf das einzelne Paar einwirken. Dagegen spricht in der Praxis die hohe Lagenzahl der Leiterplatte, die dafür erforderlich wäre – und die damit verbundenen hohen Kosten sowie die Fertigungsproblematik. Zudem gewinnt mit

der Dicke der Leiterplatte der Stub-Effekt an Bedeutung.

Wie die Versuche ebenfalls zeigten, wird in der Backplane das Signal massgeblich durch Dämpfungen und Verluste verfälscht. X-Talk (Crosstalk, Nebensprechen) dagegen dominiert im Steckverbinder. Aus diesem Grund ist auch der relevante Parameter bei den X-Talk-Messungen der NEXT (Near-Ended-Crosstalk). Der FEXT (Far-Ended-Crosstalk) profitiert kurioserweise von der Dämpfung in der Leiterplatte und kann, nachdem man diesen Einfluss kennt, vernachlässigt werden.

Die praktische Bedeutung

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Durch umfassende Versuche bei Elma zum Signalverhalten auf dem Übertragungsweg gelang es, die Layoutstrategie für MicroTCA-Backplanes zu optimieren. Dadurch können in der Leiterplatte Lagen eingespart und trotzdem die X-Talk-Grenzwerte nach MicroTCA-Spezifikation in allen Punkten mindestens erfüllt bzw. sogar unterschritten werden.

Die gemessenen S-Parameter dienen nicht nur der einmaligen Bestimmung der wirtschaftlich und technisch optimalen Layoutstrategie. Vielmehr können diese in künftige Simulationen eingebracht werden. Damit kann zukünftig schon vor Layoutbeginn das Komplettpaket Steckverbinder plus Leiterplatte in HSPICE-Simulationen bezüglich seiner Anforderungen an die Signalintegrität untersucht werden (HSPICE ist ein Industriestandard für die hochgenaue Simulation von Systemen per komplexem Analysealgorithmus). Das kürzt den Entwicklungsprozess entscheidend ab und verhilft Anwendern zu einer schnelleren Time-to-Market. <<

Infoservice

Elma Electronic AG, Hofstrasse 93, 8620 Wetzikon
 Tel. 044 933 41 11, Fax 044 933 42 55
sales@elma.ch, www.elma.com