

Zur Signalintegrität bei Steckverbindern

Die Charakterisierung des Übertragungspfads zwischen Sender und Empfänger spielt für die Signalintegrität des Systems eine zentrale Rolle. Die Hersteller von High-Speed-Komponenten müssen immer häufiger durch umfangreiche, empirische SI-Prüfdaten nachweisen, dass ihre Lösungen die angegebenen Leistungsmerkmale für die jeweilige Anwendung erfüllen. Was dabei zu beachten ist, lesen Sie in diesem Beitrag.

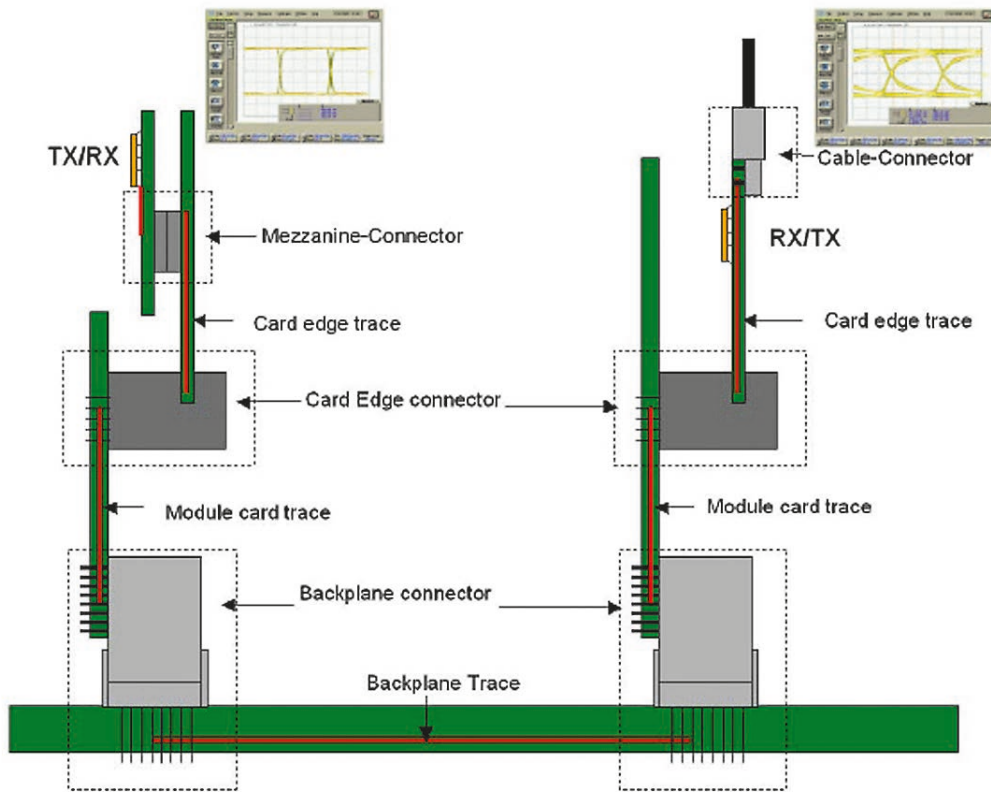


Bild 1: Datenübertragungspfade mit beliebiger Zuordnung verschiedener Steckverbindertypen

Der Ruf nach höherer Datengeschwindigkeit ist allgegenwärtig. Das Internet-Protokoll (IP) hat für die Verbindung von Daten, Sprache und Video in einem gemeinsamen Datenstrom extrem an Bedeutung gewonnen. Verschiedene Netzwerke, wie das Internet Protokoll Multimedia Subsystem (IMS), Voice Over Internet Protokoll (VoIP), Mobile VoIP und andere nutzen das gleiche Protokoll für diese Datenpakete, sie werden daher als „Converging Networks“ bezeichnet. Mobile Datendienste erfordern stetig steigende Datenraten für Netzwerkelemente wie Basisstationen, Netzwerksteuerungen und das Kernnetzwerk, die diesen erhöhten Datenverkehr bewältigen müssen.

Von parallelen zu seriellen Busstrukturen

Was ursprünglich als schrittweiser Trend zu höheren Bitraten begann, wurde im Jahr 2004 mit der Einführung des Standards PCI Express durch Intel drastisch beschleunigt. Bei den meisten Chip-to-Chip-Verbindungsstandards erfolgte daraufhin ein Wechsel der Architektur von parallelen Bus- hin zu seriellen Verbindungen: SERIALIZER/DESERIALIZER (SERDES).

Ausgehend von der IP-basierten Infrastruktur entwickelten sich neue Standards wie IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.3ap für „Ethernet über Backplanes“ für höhere Datenraten bis 10,3125 GBaud/s

pro Übertragungspfad. Aber auch andere Standards, wie RapidIO und PCI Express, ermöglichen höhere Datenraten. Für den Datenverkehr werden verschiedene Protokolle verwendet, und jede Verbindungstechnik stellt andere Anforderungen an den Übertragungskanal. Einige Grenzwerte und elektrische Anforderungen sind jedoch in den jeweiligen Spezifikationen festgelegt.

Standards und Subspezifikationen

So adaptiert z.B. AdvancedTCA (Advanced Telecommunication Computing Architecture) diese Standards für deren Sub-Spezifikationen, um den Bedarf von datenhungrigen Kommunikationssystemen der nächsten Generation abzudecken. Diese Spezifikationen umfassen die aktuellen Trends und Anforderungen in der Verbindungstechnik und Chip-Technologien der nächsten Generation.

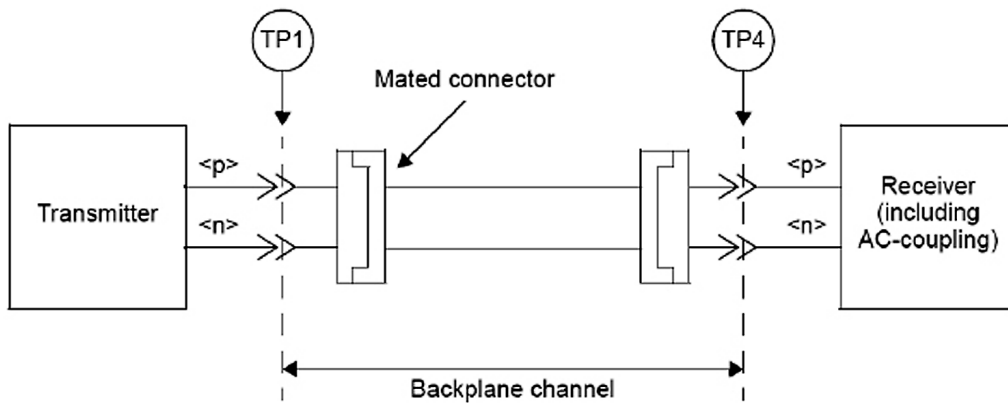
Während die Anforderungen gemäß der IEEE 802.3ap für viele neue Entwicklungen und Standards übernommen werden, arbeitet die Ethernet Task-Force bereits an IEEE 802.3ba mit dem Ziel, 40 und 100 GBit/s Ethernet für künftige Datennetze zu erreichen.

Signalintegrität ist nicht immer gewährleistet

Die höheren Bitraten haben jedoch auch ihren Preis. Bei Datenraten im Bereich von mehreren GBit/s mit sehr kurzen Übergangszeiten innerhalb einer Bitperiode ist die Signalintegrität nicht immer gewährleistet. Geringe Störeinflüsse können

Quelle: Whitepaper
„Signalintegrität bei
Steckverbindern“

HARTING Technologiegruppe
info@harting.com
www.harting.com



NOTE—<p> and <n> represent the positive and negative traces of the differential pair

Bild 2: Referenz-Modellschaltung nach IEEE802.3ap: Der Backplane-Kanal ist zwischen den Sender- und Empfänger-Prüfpunkten TP1 und TP4 festgelegt

die Signalqualität beeinträchtigen und eine schlechtere Bitfehlerrate (BER) verursachen.

Für die optimale Leistung von Steckverbindern werden umfangreiche und empirische Simulationen und Charakterisierungsanalysen benötigt, um die Einhaltung der jeweiligen Übertragungsstandards zu gewährleisten.

Saubere Signale sind der Schlüssel

Signalintegrität betrifft das High-Speed-Design des Signalübertragungspaths zwischen Sender und Empfänger und die Möglichkeit, Signale über die Leitungen möglichst störungsarm zu übertragen. Die Entwicklung eines Systems, in dem jeder beliebige Kanal die

serielle Signalübertragung mit 10 GBit/s unterstützen kann, birgt viele Herausforderungen. Bei Datenraten im Bereich von mehreren GBit/s muss der Entwickler Reflexionen bei Impedanzfehlanpassungen, Störungen durch dichtgepackte benachbarte Verbindungen (Nebensprechen), Hochfrequenzdämpfung und weitere Störeinflüsse berücksichtigen.

Tests zur Signalintegrität bei Steckverbindern und Normen

Harting hat umfangreiche Tests bezüglich der Signalintegrität bei Steckverbindern in Backplane-Anwendungen durchgeführt und unterstützt Standardisierungsgremien innerhalb von PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group) und in der Open Base Station Architecture Initiative (OBSAI).

Die Festlegung normativer Parameter, vor allem für Übertragungsraten über 3125 GBit/s, ist wegen der Notwendigkeit der Signalaufbereitung schwierig. Die Aufteilung des Übertragungskanals mit definierten Referenzpunkten hilft bei der Betrachtung spezieller Bereiche des Übertragungswegs. Die spätere Kaskadierung der Signalelemente erfordert jedoch eine sorgfältige Kalibrierung und Fehlerkorrekturtechniken, vor allem an den Übergängen zwischen Referenzpunkten.

Das PICMG Interconnect Channel Characterization Committee (ICCC) arbeitet an einem Dokument mit Grundregeln

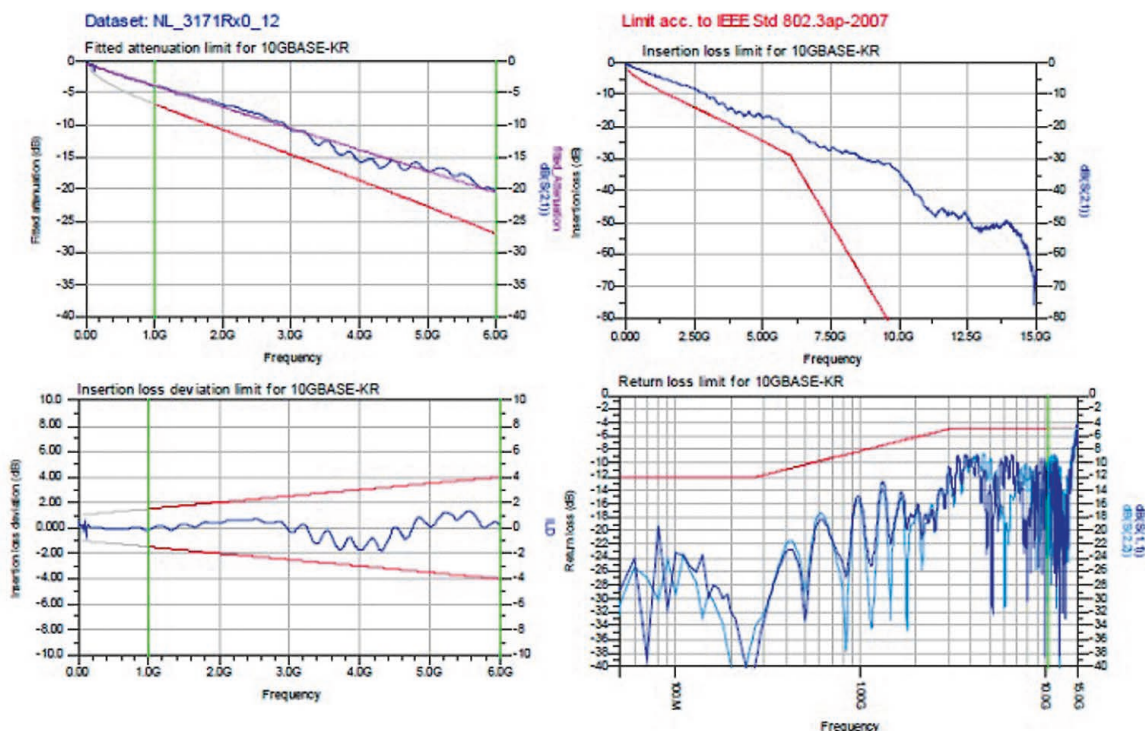


Bild 3: Signalübertragungsgrenzwerte einer gemessenen Backplane

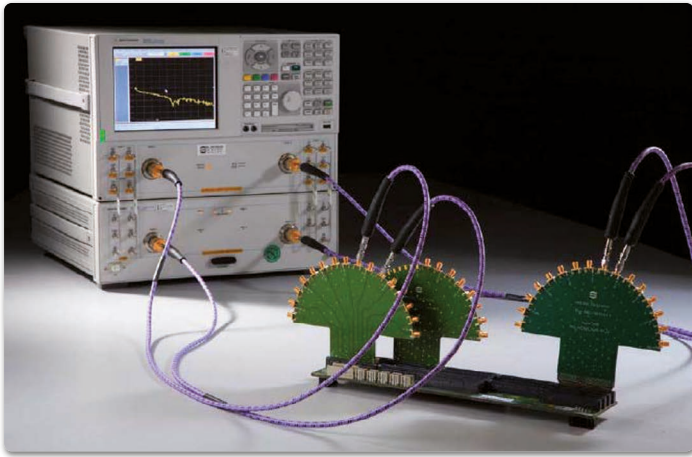


Bild 4: Stateeye-Kurve für Compliance-Tests

und Definitionen für die Charakterisierung des Übertragungskanals.

Datenübertragungsweg bei verschiedenen Steckverbindertypen

Betrachtet man hauptsächlich die physikalische Ebene in der Kommunikationstechnik, so kann die Signalübertragung zwischen Sender und Empfänger über eine oder mehreren Leiterkarten oder andere Übertragungsmedien, wie Kabel, erfolgen. Bild 1 zeigt einen Datenübertragungsweg mit beliebiger Zuordnung verschiedener Steckverbindertypen. Um den Effekt von Verkopplungen zu unterdrücken, müssen Entwickler von Schaltungsträgern nicht nur auf den gewünschten Signalweg, sondern auch auf den Rückstromweg und Einflüsse zwischen benachbarten Signalen achten.

Die Messung des Signals zwischen den Chips ist nicht einfach, und sowohl der Prüfaufbau als auch das Messverfahren beeinflussen die Ergebnisse. Für Auswertung, Reproduzierbarkeit und Ergebnisvergleich ist eine umfangreiche Dokumentation mit allen Details zu Prüfaufbau und Geräteeinstellungen erforderlich.

Der Backplane-Kanal in IEEE 802.3ap ist zwischen den Sender- und Empfänger-Prüfpunkten TP1 und TP4 festgelegt (s. IEEE 802.3ap Referenz-Modellschaltung in Bild 2).

Signalübertragungsgrenzwerte und Prüfparameter

TP1 und TP4 sind Referenzpunkte in der IEEE 802.3ap. Grenzwerte und Prüfparameter zwischen diesen Referenzpunkten sind für 1000BASE-KX bei 1,25 GBaud, 10GBASE-KX4 bei 3,125 GBaud und 10GBASE-KR bei 10,3125 GBaud festgelegt. Bild 3 zeigt die Signalübertragungsgrenzwerte einer gemessenen Backplane.

In Anhang 69B des IEEE 802.3ap-Standards sind Grenzwerte für den Übertragungskanal festgelegt, die aber weder normativ noch eine Garantie dafür sind, dass der Kanal ohne BER-Fehler funktioniert. Andere Standards, wie RapidIO oder OIF-CEI02.0, nutzen Tools wie z.B. Stateeye für Compliance-Tests; Bild 4 zeigt eine Stateeye-Kurve. Die exakte Messung der Daten ist jedoch ein wichtiges Thema bei der Bewertung.

Charakterisierung als Herausforderung

Die Charakterisierung des passiven Kanals ist nicht einfach. Der Datenübertragungskanal (vgl. Bild 1) ist teilweise sehr komplex. Die Kabel der Messgeräte sind mit Koax-Steckverbindern, typischerweise 2,4 mm/2,92 mm/3,5 mm abgeschlossen. Die Anschlusspunkte der Bauteile und Referenzpunkte sind schwer zugänglich und erfordern entsprechende Mess- und Adaptiereinrichtungen, die

wiederum großen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Um die Messdaten von diesen Einflüssen zu bereinigen, ist eine Fehlerkorrektur erforderlich. Um ein Verschleifen der Anstiegszeit und Reflexionen durch den Übergang zum eingekoppelten Steckverbinder zu vermeiden, wird beispielsweise eine Probestation (Bild 4) empfohlen.

Testkarten sind besonders kritisch

Die Einkopplung der Steckverbinder der Messgeräte (meist SMA-Abschluss) an der Leiterplatte muss möglichst störungsfrei sein. Bild 5 zeigt einen Steckverbinder mit SMA-Abschluss. Ein 3D-Simulationsprogramm optimiert den Übergang vom Koax-Steckverbinder zur Leiterkarte. Die Herstellung der Testkarten ist sehr kritisch, und es muss besonders darauf geachtet werden, dass die Impedanz der Messeinrichtung, einschließlich des Übergangs zum Steckverbinder, sehr exakt bemessen ist. Ferner müssen Nachbarleitungen gut isoliert sein, und der Aufbau sollte möglichst wenig Leitungsverluste und Reflexionen haben, damit die Anstiegszeit am Prüfling nicht zu sehr verringert wird.

S-Parameter messen

Die Streu- oder S-Parameter werden zum Beispiel mit einem Multiport Vector Network Analyzer gemessen. S-Parameter können die Übertragungs-

parameter sehr exakt repräsentieren. Die Daten können auch mit einem Zeitbereichsmessgerät erfasst und in S-Parameter umgerechnet werden und umgekehrt. Zwar ist die Auswahl der geeigneten Software-Tools und Messgeräte für die Durchführung der Kanalcharakterisierung wichtig, das Geschick des Bedieners im Umgang mit der Software und den Messgeräten ist jedoch vor allem ausschlaggebend für genaue Ergebnisse.

Anforderungen an High-Speed-Verbindungen

Die Entwicklung von Systemen, die ständig immer höhere Datenraten unterstützen müssen, bedingt auch immer strengere Anforderungen an Design, Simulation, Messung und Analyse von Steckverbindern zur Optimierung der Signalintegrität.

Die Ansprüche an Hochfrequenz- und High-Speed-Verbindungen sind hoch. Sie müssen kompakt sein, robust gegen mechanische Stöße und sie müssen Toleranzen zwischen Einschubkarte und Backplane ausgleichen. Außerdem dürfen sie keine signifikante Signalreflexion oder -dämpfung verursachen und müssen mindestens 15 Jahre lang den zuverlässigen Kontakt gewährleisten. Nur so kann ein wirkliches funktionales Multi-Gigabit-System, das Rechnerleistung, Speicherung, Steuerung, Medien und Pakete unterstützt, auch tatsächlich funktionieren. ◀

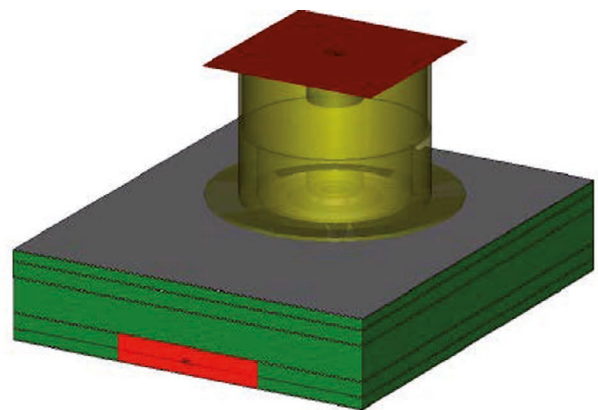


Bild 5: 3D-Simulation eines Steckverbinders mit SMA-Anschluss. Hierbei wird der Übergang vom Koax-Steckverbinder zur Leiterplatte optimiert