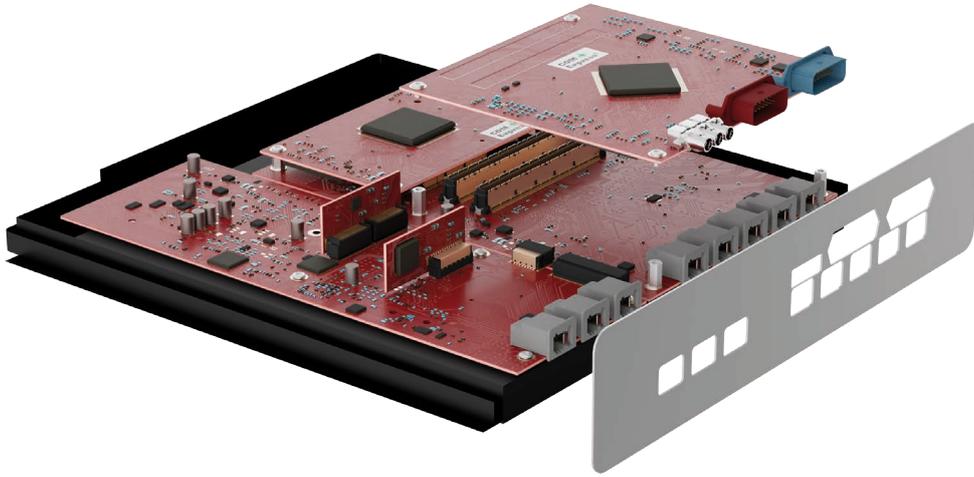


Der Wandel im Automobil-Bordnetz

So meistert ein Steckverbinder diese Herausforderung



Erhöhter elektrischer Aufwand, bedingt durch den Wandel zu E-Mobility, Autonomem Fahren und Infotainment-Systemen mit 4K-HD-Auflösung, erfordert neue Bordnetzarchitekturen im Automobilbau. Die klassische dezentrale Bordnetz-Architektur stößt aufgrund ihrer Komplexität und der geforderten Highspeed-Eigenschaften an ihre Grenzen. ept bietet für die Herausforderungen die passenden Board-to-Board-Steckverbinder.

Definition Bordnetz

Dezentrale Steuerung, Domänen und Zonen-Architektur: Die klassische dezentrale Architektur im Automobil besteht aus bis zu 100 Steuergeräten, wobei jedem Steuergerät eine definierte Funktion zugeordnet wird: Motorsteuerung, Airbag, ABS / ESP, Sitzverstellung, Klimatisierung, ... Jede Steuerung arbeitet autark und kommuniziert über Gateways mit anderen Steuergeräten.

Im Laufe der vergangenen Jahrzehnte unterlag die dezentrale Architektur einem historischen Wachstum, jede neue Funktionali-

tät wurde um ein weiteres Steuergerät ergänzt. Heute jedoch stößt sie an ihre Grenzen: Zunehmende Funktionalitäten erhöhen den Installations- und Verdrahtungsaufwand innerhalb des Fahrzeuges deutlich.

Domänen-Architektur

Bei der Domänen-Architektur werden die Steuergeräte in verschiedene Funktionsbereiche zusammengefasst. Jede Domäne ist für einen bestimmten Bereich des Fahrzeuges zuständig, wie zum Beispiel Antrieb, Infotainment oder Sicherheit. Die übergeordnete Steuerung einer Domäne, wird durch einen eigenständigen High-Performance-Computer (HPC) ausgeführt. Dieser koordiniert die Steuergeräte innerhalb seiner Domäne. Für den Funktionsbereich Sicherheit wären das beispielsweise Steuergeräte für Fahrerassistenzsysteme, ABS/ESP und Lenksysteme.

Kosten- und Gewichtsreduktion

Im Vergleich zur dezentralen Architektur verringert sich durch die kleinere Anzahl der verbauten Steuerge-

räte der Verdrahtungs- und Installationsaufwand. Die Domänen-Architektur kann somit im Vergleich zur dezentralen Architektur auch effektiv zur Kosten- und Gewichtsreduktion beitragen. Zusätzliche Funktionen können darüber hinaus mit geringem Aufwand nachträglich integriert werden.

Zonenarchitektur

Bei der Zonenarchitektur erfolgt die Strukturierung nicht anhand der Domänen, sondern nach lokalen Zonen. So werden beispielsweise innerhalb einer Zone im Automobil mehrere Funktionalitäten gebündelt. Demnach können durchaus auch Funktionen wie Antrieb und Infotainment in einem Zonencontroller zusammengefasst und verarbeitet werden. Die übergeordnete Steuerung der verschiedenen Zonencontroller erfolgt dabei durch einen zentralen HPC. Der Vorteil liegt auf der Hand: Eine Reduktion der Steuergeräte sowie ihrer Verkabelung um bis zu 50 Prozent. Bild 1 zeigt die verschiedenen Bordnetz-Architekturen.

Anforderungen an den HPC und seine Steckverbinder

Die Anforderungen, die sich daraus an einen HPC ergeben, sind groß: Nicht zuletzt erfordern die Verarbeitung der bildgebenden Daten im Infotainment-Bereich oder der Kamerasysteme für Autonomes Fahren eine sichere Highspeed-Datenübertragung bei kurzen Latenzzeiten. Zugleich darf es unter keinen Umständen zum Ausfall der Signalübertragung kommen – ihre Zuverlässigkeit muss zu jeder Zeit sichergestellt sein. Hohe Leistungsfähigkeit, schnelle und vor allem zuverlässige Datenübertragung – mitunter unter widrigen Umweltbedingungen

Autor

Martin Adamczyk

Leiter Produktmanagement

ept GmbH

www.ept.de

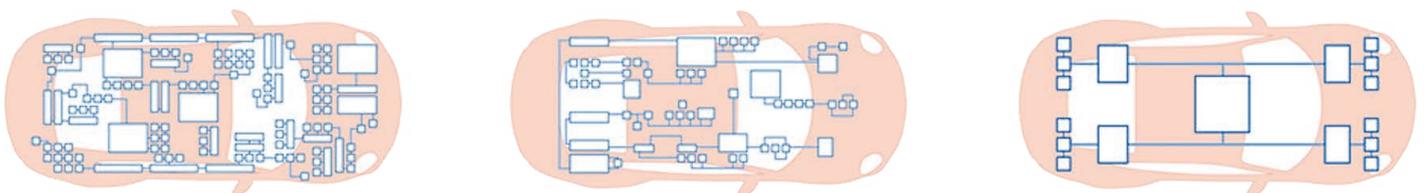


Bild 1: Schematische Darstellung der verschiedenen Bordnetz-Architekturen. Alle Bilder © ept GmbH

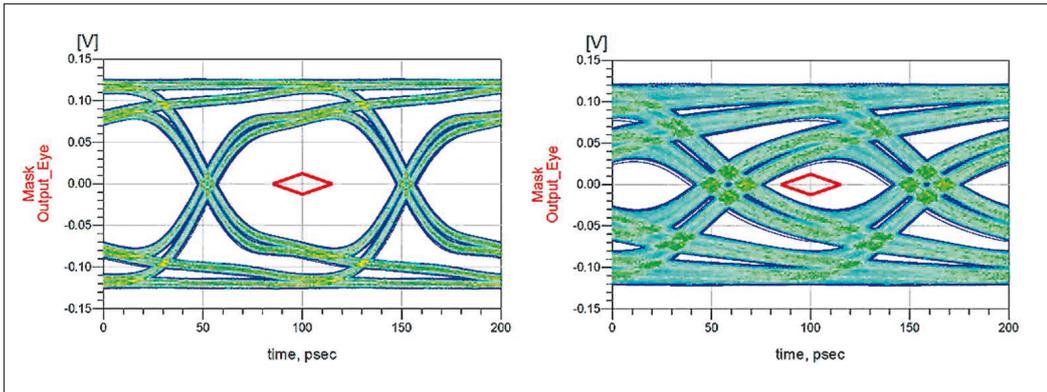


Bild 2: Das Augendiagramm ermöglicht die Bewertung der Signalqualität einer digitalen Datenübertragung.

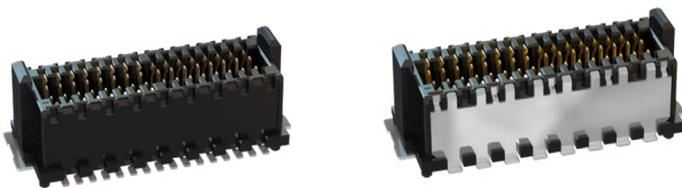


Bild 3: Steckverbinder in ungeschirmter (links) und geschirmter (rechts) Ausführung.

– sind somit auch Anforderungen, die sich an den verbauten Steckverbinder ergeben.

Das Augendiagramm

Die „Lesbarkeit“ eines Signals kann mithilfe des sogenannten Augendiagramms veranschaulicht werden. Dieses gibt an, ob ein übertragenes Signal im Empfänger eindeutig den digitalen Zuständen 1 oder 0 zugeordnet werden kann.

Hierfür durchläuft ein Signal eine definierte Übertragungsstrecke, wobei es von einem Oszilloskop aufgenommen, überlagert und dargestellt wird. So können sämtliche möglichen Signalverläufe „übereinander“

abgebildet werden. In der Theorie sind die Übergänge der logischen Zustände dabei unendlich steil und die Signallinien verlaufen exakt übereinander. Durch externe Störfaktoren und interne Beeinträchtigung der Signallaure flacht der Signalanstieg ab, und die Amplitudenhöhe verändert sich. Es entsteht die namensgebende Form eines Auges.

In der Mitte des Diagramms erkennt man die sogenannte Eye Mask. Eine eindeutige Zuordnung des Signals ist in diesem Bereich nicht möglich. Die beiden Augendiagramme zeigen die Einflüsse von Leitungslänge und Impedanz

am Beispiel der ept Colibri-Steckverbinder in den Ausführungen 16 + Gbit/s und 10 Gbit/s. Das Beispiel veranschaulicht, wie durch die Weiterentwicklung des Kontaktdesigns eine deutliche Steigerung der Signalintegrität erzielt werden konnte (Bild 2). Durch eine kürzere Leitungslänge und 100 Ω Impedanz kann sich das Auge der 16+ Gbit/s-Variante des Colibri klarer ausbilden als bei der Vorgängervariante des Colibri mit 10 Gbit/s – die Signalaare sind eindeutig interpretierbar.

Signalschutz mittels Schirmblech

Da Highspeed-Signale besonders anfällig für elektromagnetische Einflüsse sind, benötigen sie einen besonderen Signalschutz. Ein Steckverbinder kann dabei sowohl als Störquelle, als auch als Senke fungieren. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein Signalschutz mittels Schirmblech (Bild 3), um die sensiblen Signale vor externem Einfluss zu schützen.

Dass schon ein kleiner elektrischer Impuls das Nutzsignal verfälschen kann, geht aus Bild 4 hervor. Der Empfänger kann die digitalen Zustände des HDMI Signales bereits nach einem kurzen Burst-Impuls von 0,5 kV nicht mehr eindeutig interpretieren, wohingegen die Signalübertragung des geschirmten Steckverbinders selbst bei 4,4 kV noch stabil verläuft.

Koppelinduktivität

Mit der Koppelinduktivität L_K als EMV-Parameter kann der Stecker durch die Betrachtung der elektrischen Verhältnisse in beiden Funktionen – Quelle und Senke – beschrieben werden. Hierzu wird die Einheit Henry herangezogen. Dies gilt sowohl für die Störfestigkeit als auch für die Störaussendung. Sind die induzierte Spannung (U_{ind}), die Spannung des Generators (U_{Gen}) sowie die Generatorkonstante (k_{Gen}) bekannt, kann für eine Anwendung die jeweils spezifische maximal zulässige Koppelinduktivität (L) anhand folgender Formel bestimmt werden:

$$L_K = U_{ind} / (U_{Gen} * k_{Gen})$$

Die Koppelinduktivität hilft dem Anwender außerdem dabei, den passenden Steckverbinder bezüglich seiner elektromagnetischen Verträglichkeit zu definieren und kosten- sowie zeitintensive Trial-and-Error-Prüfungen im EMV-Labor zu umgehen. Hierzu ein Beispiel: Für ein HDMI-Signal wurde bei einer Spannung von 4,4 kV eine fallspezifisch maximale Koppelinduktivität von 47 picoHenry (pH) ermittelt. Liegt

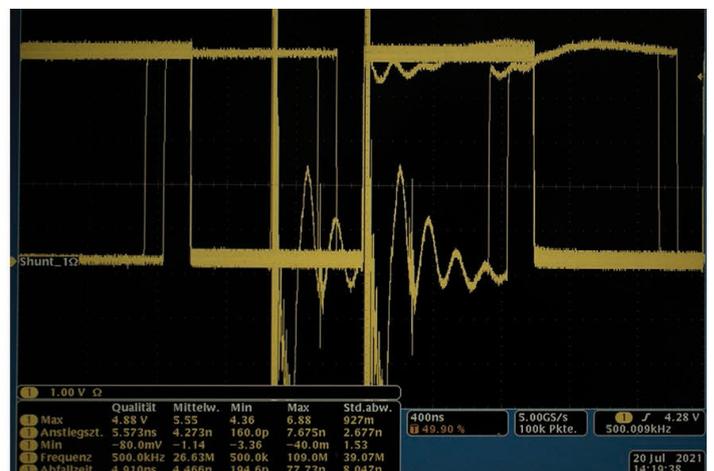
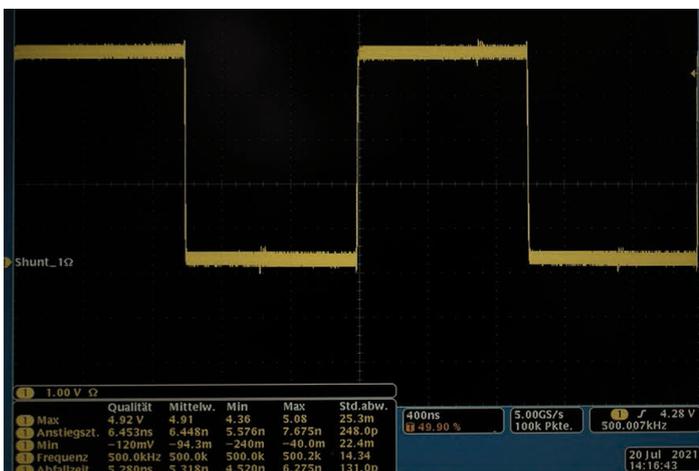


Bild 4: Störungen auf dem Signal beim geschirmten (links) und ungeschirmten (rechts) Steckverbinder.



Bild 5: doppelseitiger Federkontakt ohne (links) und mit Schockeinwirkung (rechts)

der Wert darüber, kann das Signal demnach nicht mehr störungsfrei übertragen werden.

Vibration und Schock

Doch nicht nur elektromagnetische Einflüsse gefährden die Übertragung der Highspeed-Signale. Speziell im Automotive-Einsatz sind Steckverbinder auch wiederholt extremen Umweltbedingungen wie Vibration und Schock ausgesetzt. Damit die Signalübertragung auch im rauen Umfeld unterbrechungsfrei abläuft, muss der Steckverbinder besonders robust sein. Hierbei spielen in erster Linie Kontaktdesign, Kontaktsystem und Anschluss Technik eine entscheidende Rolle.

Einflussfaktor Kontaktsystem

Klassische zweiteilige Steckverbinder verfügen über einen Messer- und einen Federkontakt. Im Falle starker Schockeinwirkung kann die Messerleiste jedoch von der Federleiste abheben. Damit es nicht zu einer solchen Kontaktunterbrechung kommt, kann mit

hilfe einer doppelseitigen Federleiste für Redundanz und somit für Kontaktsicherheit gesorgt werden, denn durch die zweite Feder ist die Signalübertragung zu jeder Zeit mindestens über einen Kontaktpunkt sichergestellt (Bild 5).

„Genderneutrales“ Kontaktsystem

Noch robuster sind dagegen Steckverbinder mit sogenanntem „genderneutralem“ Kontaktsystem. Die Besonderheit besteht dabei in den identischen Kontaktgeometrien von den Steckerpärchen, Plug und Socket. Beide verfügen demnach sowohl über eine Feder, als auch ein Messer. So wird jeder Pin von zwei Federn kontaktiert, Plug und Socket sind dabei ineinander verschränkt und können nicht voneinander abheben. Während eine doppelseitige Federleiste unter mechanischer Belastung immer mindestens einen Kontaktpunkt sicherstellt, gewährleisten die verschränkten Geometrien bei genderneutralen Kontaktsystemen, dass die Signalübertragung immer über zwei Kon-



Bild 6: Ein Schnitt durch den Zero8-Steckverbinder zeigt das genderneutrale Kontaktsystem

taktpunkte läuft. Diese hohe Redundanz ermöglicht somit maximale Kontaktsicherheit (Bild 6).

Surface-Mount-Technologie

Als Anschluss Technik für eine haltbare Verbindung zwischen Leiterplatte und Steckverbinder empfiehlt sich die Surface-Mount-Technologie (SMT). Mittels Lotpaste werden dabei die Steckverbinder auf definierte Anschlussflächen der Leiterplatte, den Löt pads, gelötet. Erst in einem sogenannten Reflow-Ofen wird das Löt mittel zum Aufschmelzen und anschließend zum Aushärten gebracht. Durch SMT lassen sich stabile Verbindungen zwischen Stecker und Leiterplatte realisieren. Dazu müssen jedoch einige Kriterien erfüllt sein: Zunächst ist für eine normkonforme IPC-A-610-Lötstelle das richtige Verhältnis von Lötfuß, Löt pad und Lotpaste einzuhalten. Nur so wird eine qualitativ hochwertige Verbindung hergestellt, die einen Anschluss nach IPC-Klasse 3 ermöglicht, sich also für den Einsatz in der Hochleistungselektronik eignet. Ausfälle in der Signalübertragung

müssen in dieser Klasse zu jeder Zeit ausgeschlossen sein. Eine optimale Lötverbindung erkennt man an der gleichmäßigen Meniskusausbildung. Der Kontakt muss umlaufend mit Lötmetall umschlossen sein, um die besten Haltekräfte auf der Leiterplatte zu erreichen (Bild 7).

Die Koplanarität der Kontaktfüße ist dabei Voraussetzung für eine hervorragende Verbindung, diese wird prozessbegleitend einer 100 % automatisierten Inspektion unterzogen.

Fazit

Aktuelle Entwicklungen in der Automotive-Branche stellen immer neue Anforderungen an die verbauten Steckverbinder. Zunächst scheint die Rolle der verbauten Stecker aufgrund der reduzierten Anzahl an Steuergeräten in den Hintergrund zu rücken. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass ihre Rolle gerade durch diesen Wandel zu einer zentralen Datenverarbeitung mittels HPC an Bedeutung gewinnt: Zuverlässigkeit in der Signalübertragung war noch nie so wichtig wie heute. ◀

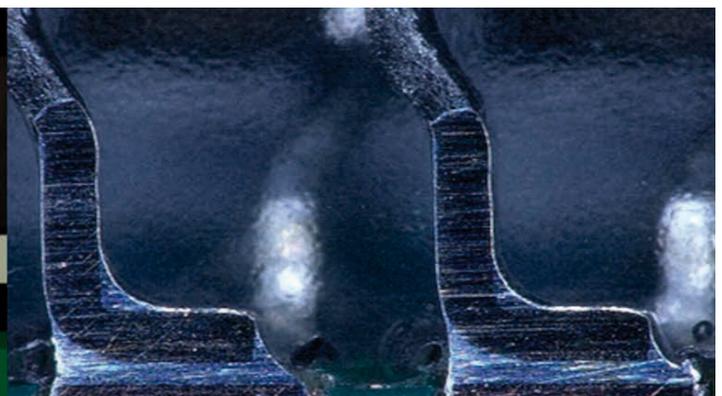
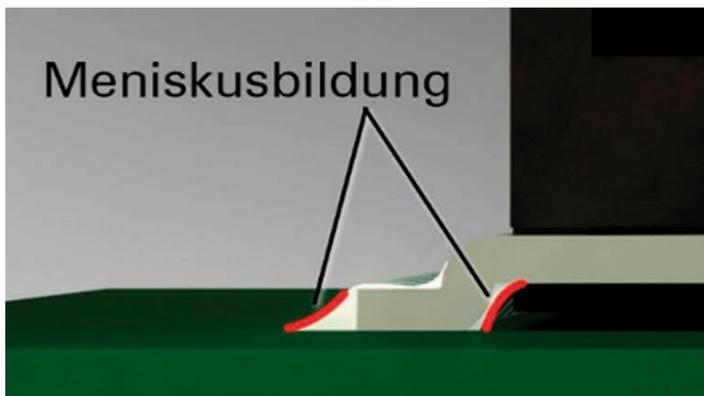


Bild 7: Gleichmäßige Meniskusausbildung um den Lötfuß