

Design von Slipstream übernimmt Steckverbinder von Samtec

Modernste Steckverbinder für bessere HF-Eigenschaften von SDR

Diese Fallstudie geht darauf ein, wie Entwickler bei Slipstream Engineering Design Ltd. (Slipstream) mithilfe der SEARAY™-Steckverbinder von Samtec mit einem maßgeschneiderten Übergang von Steckverbinder auf die Leiterplatte (PCB Launch) die geforderte HF-Leistung für deren modulare ASTROT™-Kartenlösung für SDR erreichen konnten. Bei Samtec wird dieses technologische Konzept als Analog over Array bezeichnet.

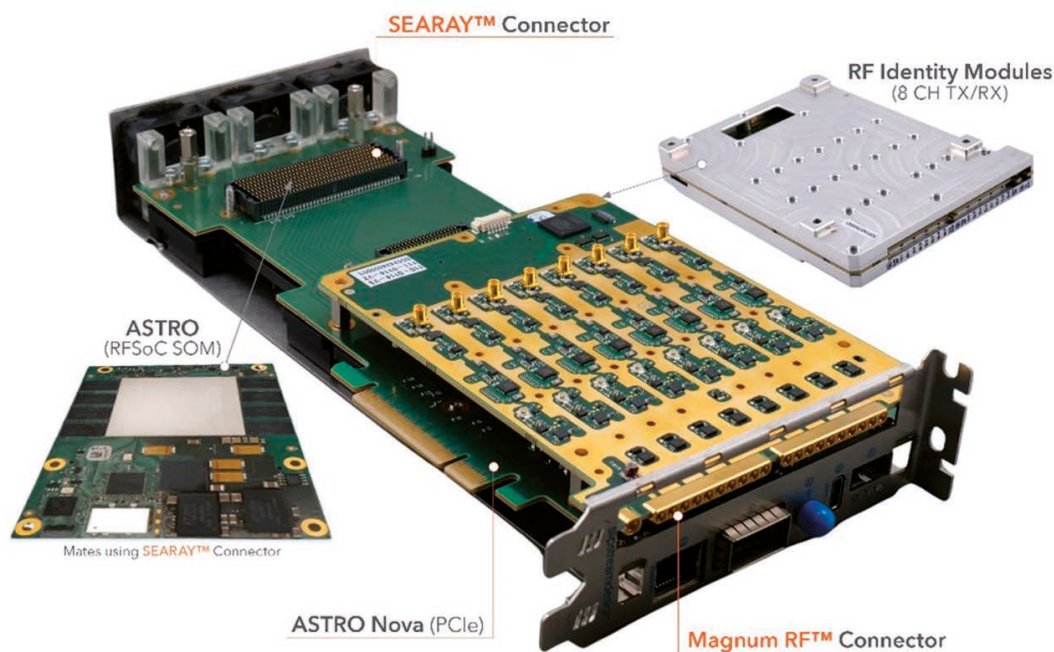


Bild 1: SDR-Plattform von Slipstream mit ASTRO-Karte, auf der ein RFSoc Gen 3 und ein 8T8R-Kanal-RFFE im PCIe-Dual Slot-Formfaktor installiert sind. Die ASTRO-Karte ist mit den SEARAY-Steckverbindern und die Trägerkarte mit den Magnum-RF-Gruppensteckverbindern von Samtec ausgestattet.

Die Anforderungen an softwaredefinierte Funkgeräte (SDR) übersteigen immer häufiger die Leistungsfähigkeit vieler herkömmlicher HF-Bauelemente.

Diese Herausforderung verleitet die Architekten von HF-Systemen dazu, Steckverbinder zu wählen, die ursprünglich entwickelt wurden, um die anspruchsvollen Spezifikationen digitaler Hochgeschwindigkeits-Anwendungen in punkto Signalintegrität zu erfüllen.

Das Design

Eine SDR-Plattform bietet funktionale Flexibilität und Anpassbarkeit durch rekonfigurierbare Hardware. Das Konzept von Slipstream sieht RFSoc-Bauelemente vor, die mehrere HF-Kanäle in einen kompakten PCIe- und VPX-Formfaktor integrieren. Das modulare Konzept von Slipstream für das Systemdesign baut auf anwendungs- und frequenzspezifische HF-Karten auf. Diese Karten können in die digitale Hardwareplattform eingesteckt werden,

um eine kundenspezifische SDR-Plattform zu schaffen. Die kompakte SDR-Plattform mit mehreren Platinen ist mit Dual Slot-PCIe-Steckplätzen und einem HDI-Anschluss ausgestattet.

Bild 1 zeigt die typische SDR-Plattform ASTRO mit einer PCIe x8-Trägerkarte. Die anwendungsspezifische RFFE-Karte (RF Front End) umfasst 8 Send- und 8 Empfangskanäle (8T8R) und ist für Betrieb in den 5G NR-Frequenzbändern N78 und N77u (3,4 bis 4,2 GHz) konzipiert. Die SDR-Plattform ASTRO ermöglicht die Auslegung der RFFE-Platine als Plug&Play-Modul, die in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungszwecks ausgetauscht werden kann. Neben den SEARAY-Steckverbindern werden für die Plattform auch die Magnum RF-Steckverbinder von Samtec für die Führung der 8 Tx/Rx-Signale und einiger Taktsignale zum Front Panel verwendet. Die Ingenieure von Slipstream haben sich aufgrund der konstruktiv Gruppierung und Miniaturisierung für die Magnum RF-Steckverbinder entschieden, was besonders für sehr kleine Formfaktoren sowie für die Trennung zwischen den Kanälen vorteilhaft ist.

Herausforderungen meistern

Die Führung der HF-Signale vom RFSoc-Bauelement zur RFFE-Platine über mehrere Steckverbinder bei möglichst optimalem Rückflussdämpfungs- und Übersprechverhalten war in Bezug auf das Design die große Herausforderung.

Autoren:
Dr. Rucha Smith
Slipstream Engineering
Design Ltd.
<https://slipstream-design.co.uk>

Janine Love
Samtec, Inc.
www.samtec.com

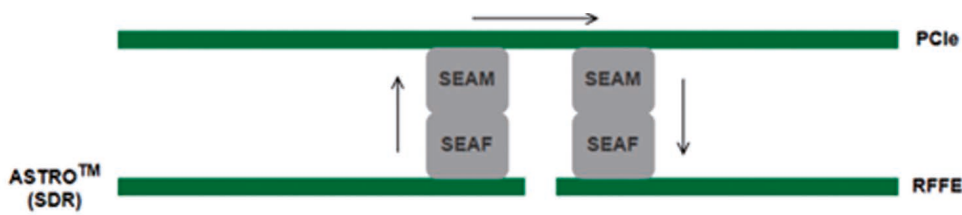


Bild 2: Verbindung mehrerer Leiterplatten mit den SEARAY-Steckverbindern von Samtec

Um die gewünschte Funktionalität erreichen zu können, war eine viellagige Leiterplatte mit schmalen Bahnbreiten und Mikrovias erforderlich. Für die Übergänge zwischen mehreren Platinen wurden die SEARAY-Steckverbinder in Open Pin Field Array Technik mit hoher Kontaktdichte genutzt. Diese Samtec-Steckverbinder werden sonst für schnelle digitale Signalverbindungen verwendet, aber in dieser Umsetzung sollen sie das Routing von HF-Signalen bis zu 6 GHz übernehmen.

Die differentiellen Bahnen vom Steckverbinder wurden auf Innenlagen geführt, um strahlungsbedingte Verluste und das Übersprechen zwischen den Kanälen auf ein Minimum zu reduzieren (s. Bild 2). Die Übergänge zu den Innenlagen werden mithilfe von differentiellen Übertragungsstrukturen aus Durchkontaktierungen und Microvias realisiert. Da diese differentiellen Via-Übergänge Teil des Steckverbinder-zu-Leiterplatte-Übergangs sind, war ein sorgfältiges Design des Bereichs erforderlich, um die Auswirkung durch Änderung der Leitungseigenschaften zu minimieren und die Signalintegrität zu erhalten.

Das Team von Slipstream entwarf eine Testplatine für die Evaluation dieser Steckverbindergruppe. Des Weiteren simulierten sie anhand eines von Samtec bereitgestellten 3D-Komponentenmodells in Ansys HFSS eine SEARAY-Stecker-Buchse-Gruppe (SEAM/SEAF) mit 11 mm Stapelhöhe. Die differentiellen Übertragungsstrukturen aus Durchkontaktierungen und Microvias wurden erst einzeln simuliert und dann mit den Anschluss pads der Steckverbinder integriert, um

einen optimierten Steckverbinderübergang zur Leiterplatte für den gewählten Lagenaufbau zu entwerfen. Die beiden Modelle wurden zusammen simuliert, um das gesamte Leiterplatte-zu-Leiterplatte-Verhalten abbilden zu können. Die Sollspezifikationen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

In diesem Design wurden die angestrebten hochdichten Verbindungen durch den Einsatz von Microvias realisiert. (Microvias sind lasergebohrte Vias, die in der Regel kleiner sind als durchkontaktierte Vias, die für die Verbindung benachbarter Leiterplattenlagen verwendet werden). Vertikal übereinliegende Microvias werden stacked oder gestapelte Microvias genannt und sind in dieser Arbeit ausgiebig betrachtet wurden.

Eine feinbearbeitete Durchkontaktierung mit 0,15 mm Durchmesser und 0,50 mm Padgröße und ein Microvia mit 0,15 mm Durchmesser und 0,30 mm Padgröße wurden in diesem Design verwendet. Die Microvias wurden mit Kupfer gefüllt und die beschichteten Durchkontaktierungen wurden mit Epoxidharz verfüllt. Als Substrat wurde

Isola I-Tera MT40 gewählt, da es ein auf FR4 basierender und mit mehrlagigen Prozessen kompatibler Prepreg ist. Darüber hinaus verfügt es über eine äußerst stabile Dielektrizitätskonstante und einen niedrigen Verlustfaktor, wodurch es sich für HF-Anwendungen eignet.

Bedeutung der Simulation von Stapel- und Lagenaufbau

Der Übergang von Steckverbinder zu Leiterplatte muss die Pads für die Steckerstifte mit einem Durchmesser von 0,64 mm bei einem Rastermaß von 1,27 mm integrieren. Durch Integration dieser Pads mit den differentiellen Via-Übergängen wird eine zusätzliche Kapazität in den

Maximum frequency of interest	6 GHz
Target impedance for the differential traces	100 Ω
Worst-case return loss	-20 dB
Maximum insertion loss	-0.5 dB
Crosstalk between channels	-60 dBc

Tabelle 1: Sollspezifikationen für den Steckverbinder-auf-Leiterplatte-Übergang

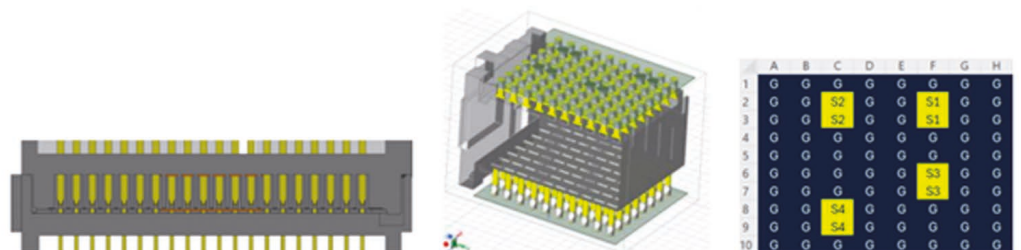


Bild 3: Ansicht einer gesteckten SEAX-Steckverbindergruppe, eines verschlüsselten 3D-EM-Modells der SEAX-Steckverbindergruppe und die entsprechende Kontaktbelegung. Signalpaare sind nach den Portnamen in der Simulation bezeichnet. Die Bezeichnungen für die Steckverbinderanschlüsse für die Simulation entsprechen der obigen Kontaktbelegung.

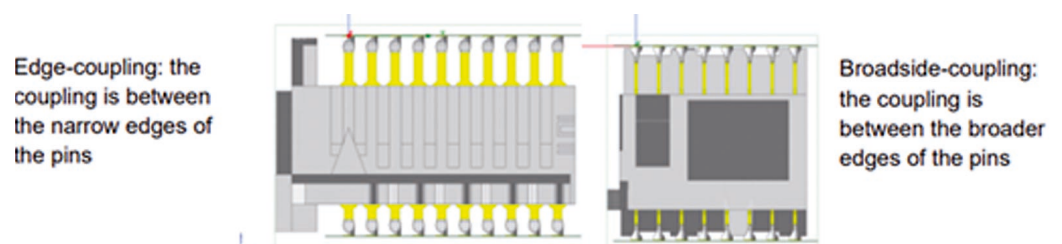


Bild 4: Kopplung über die schmale und breite Seite der SEARAY-Steckverbinderstifte

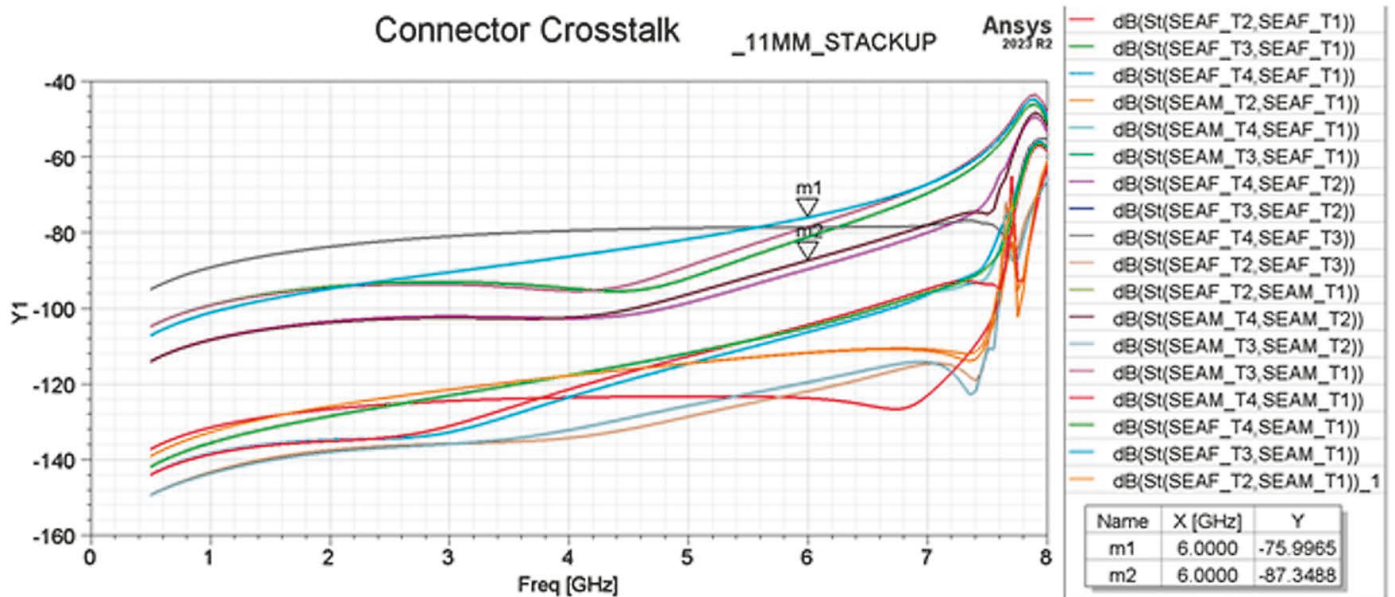


Bild 5: Simuliertes Übersprechverhalten der SEAX-Steckverbindergruppe

Anschlussbereich eingebracht. Daher wird beim Übergang von Steckverbinder zu Leiterplatte durch einen Via-Abstand mit erhöhter induktiver Kopplung die zusätzliche Kapazität der Steckverbinderpads ausgeglichen. Als Anfangswert für die Auslegung des Übergangs von Steckverbinder zur Leiterplatte wurde ein Abstand von 0,85 mm für die Durchkontaktierungen festgelegt.

Samtec stellt hilfreiche Modelle, Bemaßungen und Messwerte für Testsimulationen bereit, mit denen die Eignung ihrer Steckverbinder ermittelt werden kann.

In Bild 3 ist ein 3D-Komponentenmodell einer Stapelung von SEARAY-Steckverbindern von Samtec mit 8 Reihen und 10 Spalten in Ansys HFSS dargestellt. Die aufeinander gesteckten Steckverbinder wurden isoliert simuliert, um die Kontaktbelegung bestimmen zu können, die für das Erreichen der gewünschten Isolierung zwischen den Kanälen erforderlich ist. Die differentiellen Signalkontaktpaare wurden entlang der Spalte (Column) angeordnet, um eher eine Kopplung über die schmale als über die breite Seite (s. Bild 4) zu erreichen, da erste Simulationen bei der

Kopplung über die schmale Seite bessere Rückflussschwächungswerte gezeigt haben.

Mithilfe der Kontaktbelegung des Steckverbinder sollte das Übersprechverhalten untersucht werden, das mit zwei oder mit vier Massekontakten zwischen zwei differentiellen Signalkontaktpaaren erreicht werden konnte. Je mehr Massekontaktpaare zwischen zwei Signalkontaktpaaren, je besser das Übersprechverhalten. Dies bedeutet aber auch größere Steckverbinderabmessungen und damit mehr Platzbedarf auf der Leiterplatte.

Die ungünstigsten Werte bei Rückflussschwächung von 17 dB und Einfügungsdämpfung von 0,27 dB konnten bei 6 GHz beobachtet werden.

Die Rückflussschwächung des weiblichen Steckverbinders (SEAF) ist etwa 1,8 dB höher als die des Gegensteckverbinders (SEAM), was möglicherweise auf die längeren SEAF-Kontakte zurückzuführen ist. Die Stapelhöhe der gesteckten Verbindung sollte möglichst verringert werden, um so die Einfügungsdämpfung und das Übersprechen zu begrenzen.

Das Übersprechverhalten der Steckverbinder für die gewählte Kontaktbelegung ist in Abbildung 5 dargestellt. Mit der Erhöhung der Massekontaktpaare von 2 auf 4 konnte die Trennung zwischen den Kanälen um ca. 11,5 dB verbessert werden. Es muss allerdings beachtet werden, dass sich

bei zunehmender Anzahl von Störquellen (andere Signalkontaktpaare) um eine Störsenke (der betrachtete Kanal) herum deren Übersprecheigenschaften verschlechtern.

Die Simulation in Bild 6 zeigt, dass sich die Übersprecheigenschaften zwischen Leiterplatten und denen von Steckverbindern ähnlich verhalten, woraus sich schließen lässt, dass das erreichte Übersprechverhalten vor allem durch die steckverbinderbedingte Kontaktbelegung bestimmt wird. Dabei ist zu beachten, dass diese Steckverbinder in der Regel in digitalen Anwendungen eingesetzt werden, bei denen Übersprechen kein wesentlicher Parameter der Spezifikation ist. ◀

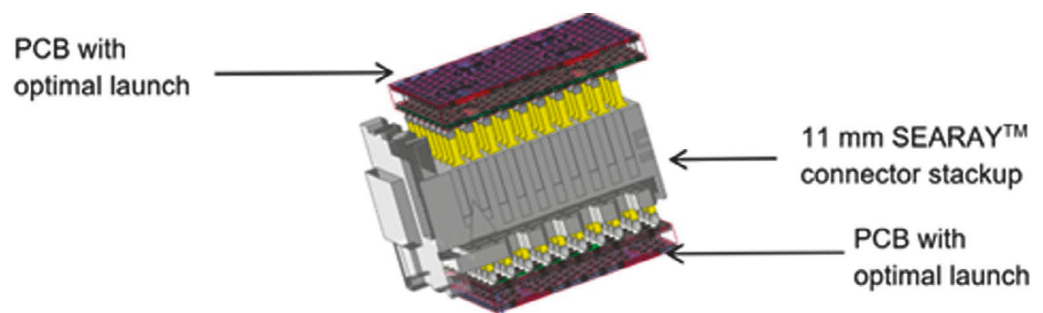


Bild 6: 3D-EM-Modell der SEARAY-Steckverbindergruppe zwischen zwei Leiterplatten und der entsprechenden Übersprechsimulation