

FR4基板による3.125Gbps 通信システムの設計事例

—Gbpsシステム設計の考えかた

相澤正幸

本稿では、3.125Gbpsのカード間接続システムの設計事例をもとに、Gbps帯の信号を扱うシステム設計の考えかたを説明します。設計者はシステム・インターコネクต์全体と、トランスミッタ、レシーバ、チャンネルの間の相乗的な役割をよく認識して設計を進める必要があります。こうすることで、バックプレーン(基板間の接続を目的とする専用基板)では、FR4基板を用いて870mm以上を、また、ケーブル接続では、パッシブ・イコライゼーション技術によって8mの伝送を実現しました。

(筆者)

高速シリアル伝送技術の発展により、ルータやスイッチなどの通信機器の広帯域化が求められています。プリント基板上のチップ間接続やバックプレーン実装におけるカード間接続、機器間のケーブル接続など、アプリケーションによって形態はさまざまですが、システム間の接続(システム・インターコネクต์)という点では、みな共通です。図1のように、いずれもプリント基板やコネクタ、ケーブルなどの電気接続媒体(チャンネル)、トランスミッタ、レシーバから構成されます。

高速で信頼性の高いデータ伝送を実現するシステムの設計では、チャンネルを構成する各部品は、トータル・システムの性能からではなく個別の特性に基づいて選択されます。

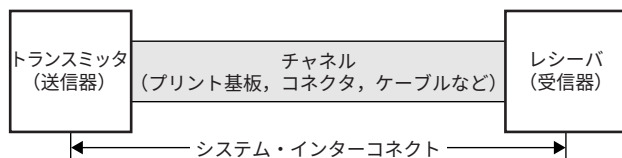


図1 システム・インターコネクット

プリント基板やコネクタ、ケーブルなどの電気接続媒体(チャンネル)、トランスミッタ、レシーバから構成される。

例えば、プリント基板であれば、材料の比誘電率、ロス・タンジェント(損失正接)を見直し、コネクタであれば特性インピーダンス、クロストーク、信号密度などを比較して選択します。LSIなどの電子部品は、与えられたチャンネルを駆動するのに十分なパワーを持ち、入力・出力インピーダンスがチャンネルに合ったものを選択します。しかし、この方法では、システム・インターコネクットの能力を限定的にしか発揮できません。伝送可能な信号速度と距離を延ばすためには、チャンネルを最適化する必要があります(図2の①)。

その後、システム・インターコネクットはパッシブからアクティブへと移行しました(図2の②)。チャンネルによる信号の減衰を補正する機能をLSIが備え、今までよりもさらに高速で、より長い距離を伝送できるようになったのです。そして、低誘電材料など、特性の良い高価な伝送媒体の必要性は低下しました。

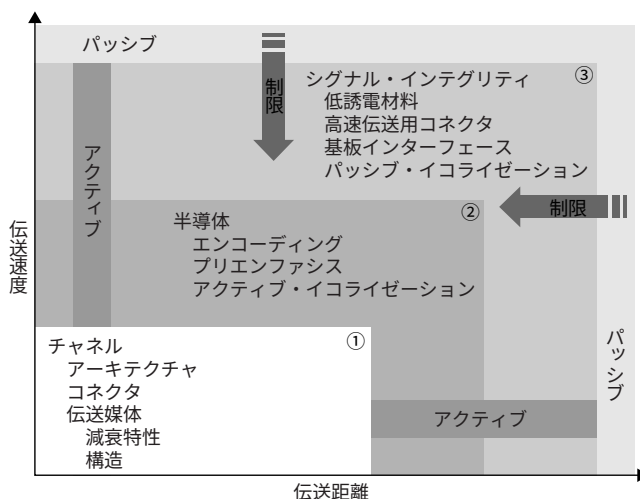


図2 インターコネクット技術の発展

一方、伝送速度が上がればチャンネルを構成する各要素間の相乗的な影響は大きくなり、無視できなくなってきました。LSIの補正機能を最大限に引き出すためには、パッシブ・チャンネルのシグナル・インテグリティが重要になります(図2の③)。これは、実現可能な伝送速度と伝送距離を最終的に制限するファクタになります。

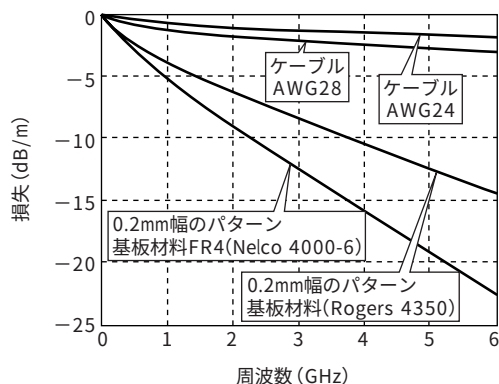


図3 伝送媒体の減衰特性

ケーブルとプリント基板の間には著しい差が見られる。プリント基板は、材料によって減衰特性が大きく異なる。一般的な基板材料であるFR4の特性は、Gbpsの伝送速度において、バックプレーン・システムで必要とされる距離を伝送するためには大きな障害になる。

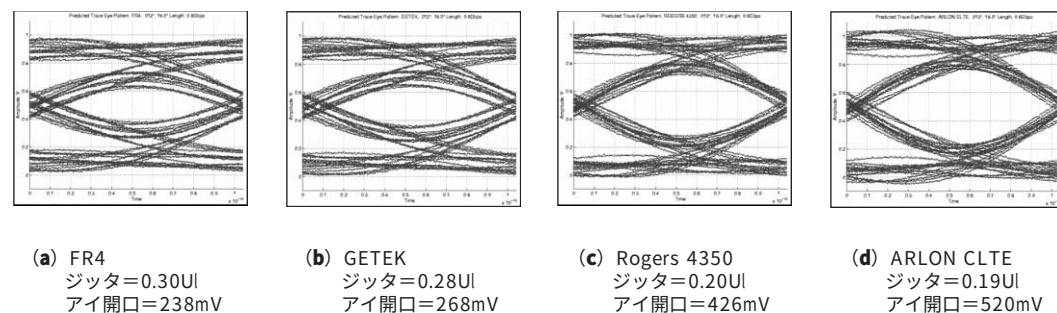


図4 プリント基板のパターンの実力

信号発生器から1V_{pp}、9.6Gbpsの信号(k28.5標準信号パターン)を出力する。0.3mm幅、457mmの50Ωストリップ線路を通過させた後の波形を観測した。

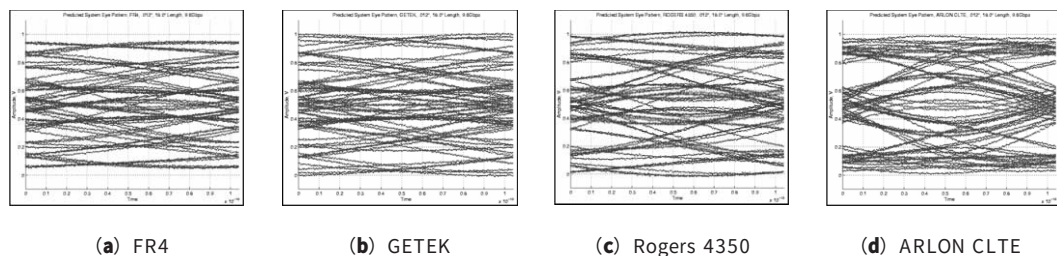


図5 基板接続部の影響

信号発生器から1V_{pp}、9.6Gbpsの信号(k28.5標準信号パターン)を出力する。二つのコネクタ(米国Tyco Electronics社のHS3)と四つのスルー・ホール・ビア(貫通ビア)がある。0.3mm幅、457mmの50Ωストリップ線路を通過させた後の波形を観測した。アイ開口はなく、ジッタも判別不能になってしまった。



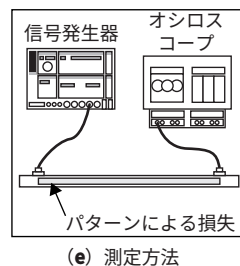
チャンネルの検討

プリント基板とケーブルは、代表的な伝送媒体です。またコネクタやビアは、伝送媒体の各セグメントをつなぐ接続手段であると言えます。

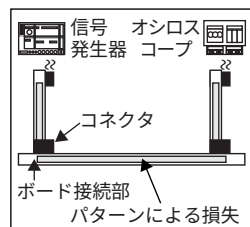
● プリント基板の特性

まず、各伝送媒体とその特性について考えてみます。図3は種類の異なるケーブルとプリント基板の減衰特性を比較したものです。ケーブルとプリント基板の間には著しい差があります。プリント基板は、材料によって減衰特性が大きく異なることがわかります。一般的な基板材料であるFR4の特性は、Gbpsの伝送速度において、バックプレーン・システムで必要とされる距離を伝送するためには大きな障害となりそうです。

しかし、測定時の基板接続部の影響を排除し、プリント基板のみの伝送能力を正しく評価してみると、当初考えていたよりもはるかに大容量のデータを伝送できることがわかりました。図4に示すように、FR4によるプリント基板は、9.6Gbpsの信号を450mm伝送した場合でも、まだ23.8



(e) 測定方法



(e) 測定方法