

高速デジタル信号のための プリント基板設計法

—パターン設計の考えかたと伝送線路解析

山本泰平, 辻 寿一

ここでは、Gbpsの帯域で動作するシステムのためのプリント基板設計法について解説する。数百MHzのクロック・タイミングで動作する信号のためのパターン設計で起こりうる問題や解決策を紹介する。こうした信号を扱う場合、分布定数回路の考えかたが重要になる。反射、クロストーク・ノイズ、グラウンド・バウンスに重点を置く必要がある。実際のプリント基板設計では、伝送線路解析が必須である。 (編集部)

デジタル・システムの高速化には目を見張るものがあります。例えばパソコンでおなじみのPCIバスの場合、当初、33MHz、32ビット・バスで133Mバイト/sの最大データ転送速度であったものが、133MHz、64ビットのPCI-X/Mode2-1066では、なんと8.53Gバイト/sにもなっています。また、DDR SDRAMインターフェースを見ると、PC3200対応では、最大データ転送速度が3.2Gバイト/s(200MHzクロック、64ビット幅、両クロック・エッジ)となります。JEDECのロードマップでは、バス・クロックが400MHzまで示されています。

こうした高速なデジタル・システムのプリント基板設

計では、信号波形自体がアナログ的なふるまいをしているので、反射やクロストークについても考慮する必要があります。また、高速に動作するシステム自身がノイズ発生源になったり、ノイズの影響を受けたりするので、それらにも配慮する必要があります。もちろん、配線長による信号遅延の問題もあります。

回路が高速化したときに考えること

ここでは、高速に動作するシステムのためのプリント基板設計で考えておく必要がある基礎事項について解説します。

● 時間的要素

回路の高速化に伴って、プリント基板上で許容される信号の遅延が小さくなってきています。

回路の動作には、図1のように、ドライバ/レシーバ間のクロック・スキュー、ジッタ、ドライバ側の出力遅延、レシーバ側のセットアップ時間があります。システム・クロック1周期の時間から、これらの時間を差し引いた分だけ

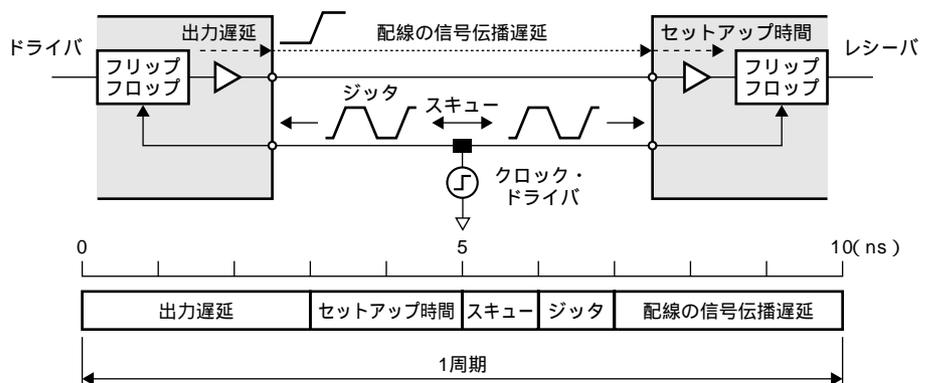


図1
回路動作の時間要素

100MHzの周波数で動作させるためには、出力遅延、セットアップ時間、スキュー、ジッタ、配線の信号伝播遅延を1周期である10ns以内に収める必要がある。

が、プリント基板のパターンによる信号伝播遅延として許される時間になります。

● 集中定数回路と分布定数回路の違い

回路が高速に動作するようになってくると、プリント基板のパターンの長さや信号の波長により、集中定数回路として扱うのか、分布定数回路である伝送線路として扱う必要があるのかを考慮しなければならないとよく言われます。集中定数回路として扱うか、分布定数回路として扱うかの目安を図2に示します。例えば、100MHzの信号を扱う場合、パターンの長さが1.8cm以上になると分布定数回路として扱ったほうがよいということになります。

それでは集中定数回路と分布定数回路では、回路の動作に対する影響がどのように異なるのでしょうか？

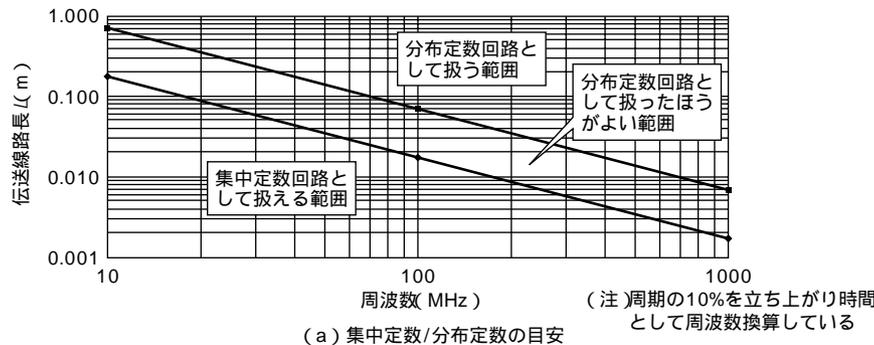
図3は、集中定数回路において、ドライバの出力回路と負荷の関係を等価回路として表したものです。この等価回路では、ドライバの出力抵抗 R と負荷の静電容量 C の積分

回路となっているので、駆動電流が小さいほど波形の立ち上がりが緩やかになっています。これが遅延の一つの要素となるというわけです。したがって、集中定数回路として扱える回路では、ドライバ側の駆動能力が大きいほうが信号伝播遅延を少なくできます。

図4は、分布定数回路における伝送線路の等価回路です。分布定数回路では、伝送線路の特性インピーダンス Z_0 とドライバ側の出力インピーダンス Z_s 、レシーバ側の入力インピーダンス Z_L を整合させて信号を送り渡すことが基本となり、これらにからむ問題が重要になってきます。



分布定数回路において、負荷インピーダンスと特性インピーダンスの整合がとれていないと、その接続点では反射が起こり問題となります。反射の大きさは、図5(a)のような反射係数によって決まります。



集中定数回路として扱える伝送線路長	$l = t/8$
分布定数回路として扱ったほうがよい伝送線路長	$t/8 < l < t/2$
分布定数回路として扱う必要がある伝送線路長	$l > t/2$

は線長1m当たりの伝播遅延時間(s)、 l は線路長(m)、 t は台形波の立ち上がり時間(s)である。

(b) 集中定数回路と分布定数回路の使い分け

図2 集中定数回路と分布定数回路の分かれ目

プリント基板のパターンの長さや信号の波長によって決まる。100MHzの信号を扱う場合、パターンの長さが1.8cm以上になると分布定数回路として扱ったほうがよい。

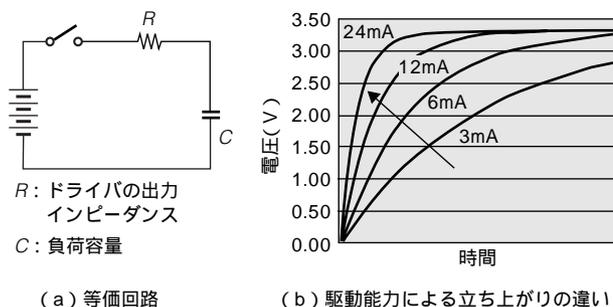
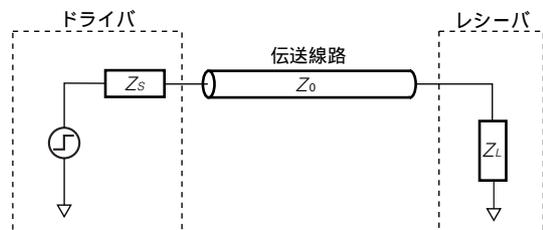


図3 ドライバの出力回路と負荷の関係

波形の立ち上がりが緩やかになり、これが遅延となる。ドライバ側の駆動能力の大きいほうが伝播遅延を少なくできる。



Z_s : ドライバの出力インピーダンス
 Z_0 : 線路の特性インピーダンス
 Z_L : 負荷インピーダンス

図4 分布定数回路における伝送線路

分布定数回路では、伝送線路の特性インピーダンス Z_0 とドライバ側の出力インピーダンス Z_s 、レシーバ側の入力インピーダンス Z_L を整合させることが基本。