

伝送線路の見方・考え方

大塚寛治

パソコンの中のCPUを見たことがあるだろうか。現在のデスクトップ・パソコンに入っているCPUは、たとえばPentium IIIであるが、Pentium IIIの銘が入っているパッケージは1個のチップではない。複数のチップを内蔵するカートリッジ・モジュールである。米国Intel社は、チップではなくモジュールを供給し、高速バスをできるだけモジュール内部に取り込もうとしている。ノート・パソコンに至っては、チップセットまで取り込んだモジュールとなっている。これは、ボード上の高速信号の取り扱いが非常にやさしいためである。

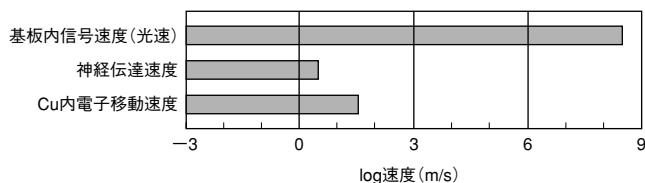
そこで、少しでもその本質を理解しやすいように物理的なアナログ(比喩)にもとづくモデル化を展開してみた。概念的な把握の手助けになればと思い紹介する。

1. 電子の速度と信号の速度の区別

◆信号は光速で伝達するが、電子は光速で移動しない！

まず、信号速度について少し勉強しよう。いろいろな媒体の速度だけを取り出すと図1のようになる。光の速度は、いうまでもなく圧倒的に速い。しかし、Cuの中の電子の速度はかなり遅い。神経細胞の伝達速度よりたった1桁速いだけである。

Cuの中には“周波数依存性”という伏魔殿があるような気がする。Cu原子1個は自由電子を1個か2個もつので、Cu原子1モルの中に自由電子がアボガドロ数以上存在することになる。図2の上図に示すように 1mm^3 の容積に対して約 8.5×10^{19} 個である。これで13.6C(クーロン)という大きな電荷量となる。このすべての電子が 1mm/s で 1mm だけ移動したとすると(断面 1mm^2 の電線全体で 1mm 移動したと仮定)。



〔図1〕信号の速度比較

13.6Aもの電流が流れたことになる。電子の速度は 30m/s もあれば十分である。

◆電線をトコロテン式に電子は流れる

このように電線には電子が詰まっているため(図2の下図)、電線の一端から電子を注入すると、トコロテン式に他端から瞬時に注入量だけ放出される。

電子は光の速度で走るのではなく、トコロテン式に作用の伝わる速度が光の速度となる。5Vで上記の13.6Cもの電荷量をためるコンデンサを用意するとなると、 2.72F というとても大きく大容量のコンデンサが必要となる。

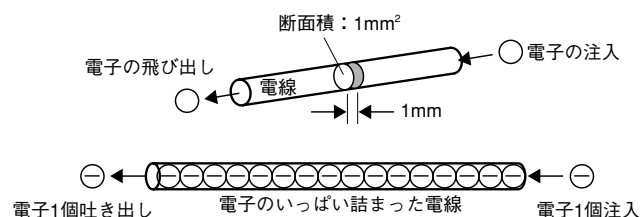
電線は、電荷のソースとなり、シンクとなり得る。逆にいうと、電磁波の変化に対して、電線は即、反応できる能力がある。これが悪の元凶となる。電磁界の変化の中に置かれた電線は、その変化のエネルギーを最小にするように反応(電荷の移動、すなわち電流電圧の発生)する。

2. 線路の特性インピーダンスと信号伝播モデル ～負荷容量のみを考慮した場合～

◆CMOSドライバ・レシーバ回路

理解を深めるため、単純なモデルで考えてみよう。図3(a)は、チップとチップをつなぐ典型的なドライバ・レシーバ回路である。

真ん中の配線はLSIパッケージとボード上に実装されたパ



トコロテン作用の伝達：光速

〔図2〕電線中の電子の動きと作用

