

Technical Note

ELSENA

特性インピーダンスとは

文書管理番号: ELS5012_S000_10

2006 年 4 月

株式会社エルセナ

特性インピーダンスとは

目次

1 はじめに.....	3
2 線路を伝わる信号	3
2-1 電圧と電流	3
2-2 電圧と電流の向き	3
3 特性インピーダンス.....	3
3-1 線路定数と特性インピーダンス	3
3-2 伝搬遅延.....	4
3-3 特性インピーダンスの測定.....	4
3-4 特性インピーダンスの値.....	4
改版履歴.....	5
参考文献.....	5

1 はじめに

配線パターンは、回路図では線として描かれているだけですが、実際の基板では幅や厚み、グラウンドからの距離など物理的な形状を持ちます。それら線路定数によって特性インピーダンスが決まります。年々高速化する信号により、反射などのノイズの影響が顕在化してきていますが、対策のために講じるダンピング抵抗の値1つをとってみても、この特性インピーダンスを正しく理解することは重要です。

この資料では、特性インピーダンスについて解説します。

2 線路を伝わる信号

2-1 電圧と電流

プリント配線板(以下ボードといいます)のパターンやケーブルなどの導線(線路と呼びます)を電気信号が進む場合に、電圧と電流とが対になって伝わります。電圧を加えると電流も一緒に伝わり、電流が伝わると電圧が発生します。この電圧と電流との比は線路定数によって決まる一定の値で、特性インピーダンス(characteristic impedance: Z_0)といいます。その単位は、電圧÷電流、すなわち Ω (オーム)です。

2-2 電圧と電流の向き

回路図は習慣的に左から右に信号が伝わるように書きます。図1において、線路上の左の端A点をドライバ端(近端=near end)、右の端B点をレシーバ端(遠端 far end)として信号が伝わる場合を考えます。最初にA点から発した信号は、特性インピーダンスで関係づけられた電圧と電流とがB点に向かって進みます。この信号(波)を右行波といいます。多くの場合、B点で一部が反射します。反射によって信号の向きが右から左に変わります。すなわち右行波が左行波に変化します。これ以降、線路上では右行波と左行波とが混在します。線路上の点の電圧は、右行波と左行波との和になります。一方、線路上の電流には向きがあるので、右行波と左行波との差となります。

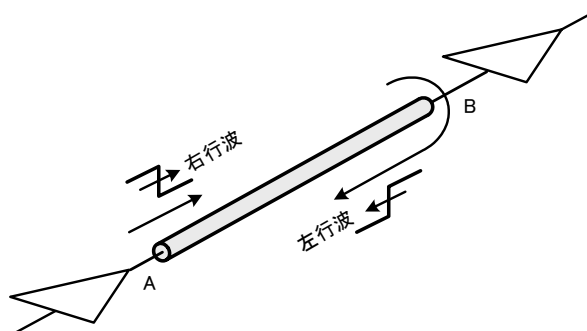


図 1. 右行波と左行波

3 特性インピーダンス

3-1 線路定数と特性インピーダンス

特性インピーダンス Z_0 は、線路定数 C と L とによって下式のように求まります。

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots (1)$$

たとえば、 $L=325\text{nH/m}$ 、 $C=130\text{pF/m}$ のとき、 $Z_0=50\Omega$ となります。

特性インピーダンスは、均一の線路なら場所や周波数(厳密には材料の周波数特性によりわずかに変化する)によらずに一定の値です。

3-2 伝搬遅延

伝搬遅延 t_d も、線路定数から下式により求められます。

$$t_d = \sqrt{LC} \quad \dots\dots\dots (2)$$

上記定数の場合、 $t_d=6.5\text{ns/m}$ となります。

3-3 特性インピーダンスの測定

特性インピーダンスの測定は、TDR(Time Domain Reflectometry)による方法が一般的です。

3-4 特性インピーダンスの値

ボードの特性インピーダンスは、主に、パターンのグラウンドからの距離(高さ) h とパターン幅 W とに依存します。 h が大きいほど低く、 W が大きいほど低くなります。このほかにボードの誘電率とパターン厚にも依存します。

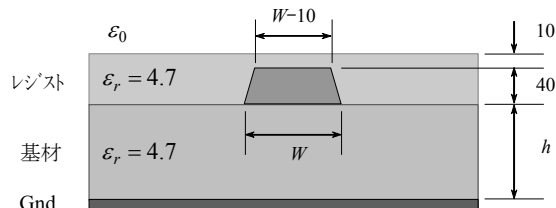


図 2. パターン断面

図 2 の断面図において、 W と h とを変えたときのボードの特性インピーダンス Z_0 を図 3 に計算して示します。通常のボードの Z_0 は 40Ω から 70Ω 程度に選ばれます。一般に用いられる CMOS の場合は、 Z_0 を低く選ぶと反射やクロストークに有利になり、消費電力には不利になります。ケーブルは、オーディオ・ビデオ系が 75Ω 、その他は 50Ω が一般的です。

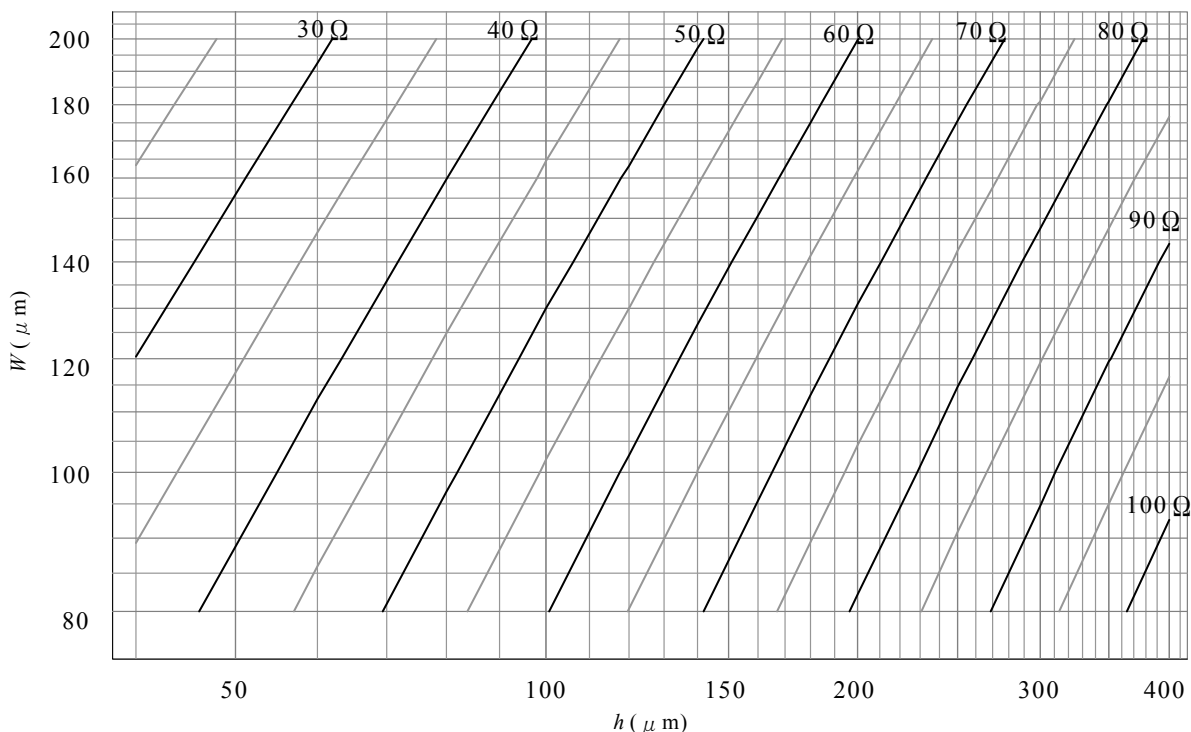


図 2. 特性インピーダンス

改版履歴

Version	改定日	改定内容
1.0	2006 年 04 月	・新規作成

参考文献

- 碓井 有三「ボード設計者のための分布定数回路のすべて(改訂版)」自費出版

<http://home.wondernet.ne.jp/~usuivy/>, 2005.10

免責、及び、ご利用上の注意

弊社より資料を入手されましたお客様におかれましては、下記の使用上の注意を一読いただいた上でご使用ください。

1. 本資料は非売品です。許可無く転売することや無断複製することを禁じます。
2. 本資料は予告なく変更することがあります。
3. 本資料の作成には万全を期していますが、万一ご不審な点や誤り、記載漏れなどお気づきの点がありましたら、弊社までご一報いただければ幸いです。
4. 本資料で取り扱っている回路、技術、プログラムに関して運用した結果の影響については、責任を負いかねますのであらかじめご了承ください。
5. 本資料は製品を利用する際の補助的なものとしてかかれたものです。製品をご使用になる場合は、英語版の資料もあわせてご利用ください。

本社

〒163-0928 東京都新宿区西新宿 2 丁目 3 番 1 号 新宿モノリス 28F TEL 03-3345-6205 FAX 03-3345-6209

松本営業所

〒390-0815 長野県松本市深志 1-1-15 朝日生命松本深志ビル 1F TEL 0263-39-6134 FAX 0263-39-6135

大阪営業所

〒532-0003 大阪市淀川区宮原 3 丁目 4 番 30 号 ニッセイ新大阪ビル 17F TEL06-6397-1090 FAX06-6397-1091

名古屋営業所

〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3 丁目 11 番 22 号 IT名駅ビル 4F TEL 052-566-2513 FAX 052-566-2514