

よく寄せられる質問(FAQ): 特性インピーダンスについて

従来、専門家のアプリケーションであった特性インピーダンス線路はここ数年で一般的に扱われるようになりました。以下は、頻繁に寄せられる質問とそれらへの回答です。

1. なぜ設計者はますます特性インピーダンスを指定するのですか？

テレコミュニケーションやコンピュータ関連設備の動作速度とスイッチング・レートは急激に高速化しており、低周波では無視できた物理学が考慮されなくなりました。高速プリント配線板線路は伝送線路として機能し、電気エネルギーは障害物に遭遇した水の波のように前後に反射します。インピーダンス制御された線路は電氣的反射を最小限に抑えるよう設計され、基板回路内におけるエラーのない伝達を確かなものにします。

2. 差動インピーダンス基板の実測値が予測値よりも 8 ~ 10 程高い場合があります。

FR-4 などの強化ガラス基板上の近接した差動線路において、二線路間には主に樹脂が存在します。樹脂の濃い部分の ϵ_r (比誘電率) は、バルク材の ϵ_r より低くなります。ガラス強化材を使用する際は、二線路間の間隔や材質の合成に応じて、0.4 ~ 0.8 程減少させることで ϵ_r を補償できます。

FR-4 内におけるガラスの ϵ_r は約 6、樹脂の ϵ_r は約 3 であることをお忘れなく。
(不織材やアラミド強化材はこの影響が異なります。詳しくは、AP139 をご参照下さい。)

3. Si6000 のストリップラインの計算で構造を転回させたらインピーダンスが変わってしまいました。

恐らくトレースの厚みを引くのをお忘れていませんか(例、 $H=15$ 、 $H1=5$ 、 $T=1$ の場合転回により $H1$ は $10-5=5$ 等)。正しくは転回した時、 $H1$ は $10-5-1=9$ となります。これらのことを考慮して使用頂ければ Si6000 は高精度な値を導き出します。

4. 特性インピーダンス線路はどのように計算すればいいですか？

IPC-D-317 に基本的な公式が与えられていてインターネット上でも多くの計算ソフトが入手可能です。Polar 社の Si6000 特性インピーダンス設計システムは先端の電磁界解析を採用し、現代の繊細な線路設計において使用可能な寸法範囲に対応するよう設計されています。

5. 900MHz のプリント配線板を測定する要求がありました。TDR ベースの測定器を用いて測定できますか？

もちろんです。TDR 付インピーダンス測定システムは広範囲での周波数の測定に適しています。インピーダンスを決定するパラメータ(基板材質の誘電率 ϵ_r) は 3 ~ 5GHz 以下において殆ど変動しません。(材料メーカーの提示する ϵ_r の資料を用いて、 ϵ_r が Z_0 に与える影響を確認することができます)。ネットワーク・アナライザーを用いて行なう特定の周波数の測定は不必要に高価につき時間のかかるものとなります。

6. 幾つかのインピーダンス測定システムでは異なるインピーダンスを持つプローブが存在しますが、測定するインピーダンスに適合した値を持つプローブが必要なのでしょうか？

TDR を使う場合、測定波形の最も平坦な場所を測定する必要があります。測定範囲を設定する上で平坦な箇所を十分に確保できる長さがある場合は、50 のプローブを使用することが可能です。但し、ショート・トレース(50 のプローブでは、平坦な箇所を確保できるだけの十分な長さがない線路)においてはその被測定物のインピーダンスに合ったプローブを使用してください。

7. なぜ実際の回路でなくクーポンでの測定が重要なのですか？

テスト・クーポンは生産ラインでの品質評価に適しているからです。クーポンには被測定線路の近辺に有効なグラウンド・ポイントを設けられ、ストリップライン構造では特に内部接続した内部層と共に製造されなければなりません。(実際の基板のようにグラウンド層が隔離されていたりすると TDR の読み取りに影響します)。実基板の正確な値の読み取りは、デカップリング・キャパシタが適所に搭載されている時には可能とされます。

8. なぜテスト・プローブとクーポンとの接続が重要なのですか？ そしてテスト・ケーブルを使ってより簡単にグラウンドに接続させるのは可能ですか？

特性インピーダンス測定は、測定器からプローブの先端までインピーダンス制御されている時のみ正確とされます。不完全な接続(例えば長いケーブルやワイヤーなど)は反射を発生させ測定しようとしているトラックからの読み取りを無効なものとしてしまいます。標準テスト・クーポンには信号ピンとグラウンド・ピンとのピッチが異なるものがあります。これを補償する効果的な方法として Polar 社製 IP50-V 可変ピッチ・プローブを使用しワンタッチ固定ピッチ調整により優れた RF シグナル・インテグリティへの対応が可能です。

9. 差動構造を使用した基板が急増していますがマイクロストリップ等のシングル・エンド構造とどう異なるのですか？

差動構造はツイストペアなどのテレコム・ケーブル目的にて使われます。差動構造を使用する理由は(過度の増幅への必要性なしに)高い電氣的ノイズが存在する場所にて高品質な信号を保つ為です。ケーブルの始点にて信号(例、プラス信号)は対となる一方を伝搬し、同時にもう一方の逆信号(例、マイナス信号)も伝搬します。信号が対のケーブル(又はトレース)を通ると線路上に発生する電氣的ノイズは両側にて同等です。レシーバーは単に PCB 又はケーブルから受ける信号を差し引きノイズは相殺され、残された信号は元の高品質なものに再現されます。

10. 許容値 $\pm 0.5\%$ の 100 プリント基板の製造は現実的でしょうか？

現実的とはいえません。高周波での測定の実行は直列状態の DMM を使用するもの程易しいものではなく高周波の技術者は数 以内での整合の達成にも苦労しています。一般的な許容値は 50 で $\pm 5\%$ 、75 で $\pm 15\%$ 、100 で 20% です。

11. インピーダンス測定のトレーサビリティについて教えて下さい。

リファレンス・インピーダンス標準はまだあまり知られてないようですが Polar 社では Maury Microwave 社製精密エアライン(機械的に安定した高性能同軸パイプ)を採用しています。これらの精密エアライン標準は(エア・ゲージング技術を用いて正確なインピーダンスを数学的に計算し内部寸法を測定することでインピーダンスを算出する)NAMAS ラボにて定期的に校正されます。

12. CITS のパルスの周波数を教えて下さい。

CITS は、ネットワークアナライザとは異なり、特定の出力周波数で動作しているわけではなく、TDR(タイム・ドメイン・リフレクトメトリ)と呼ばれる高速ステップ・パルスからの電氣的反射を測定する技術を用いています。実際、高速パルスとサンプリングの連続により波形を作り上げています。それぞれのパルスは 25us の長さでパルス間隔は 200us ですが CITS のインピーダンス測定が 1/200us 又は 5kHz で動作しているわけではありません。

高速ステップはある範囲の周波数成分から成るフーリエ解析によって確認できます。よって CITS やその他の装置を用いて TDR 測定を行なう場合特定の周波数にて行われず広範囲の周波数が用いられます。その範囲の最高の周波数成分は装置の帯域幅によって決められ、出力パルスの立ち上がり時間に関係します。CITS500 の場合仕様が 200ps ですから 1.75GHz と同等となります。(帯域幅=0.35 / 立ち上がり時間)

13. CITS での測定時波形に乱れが生じもう一度行なうとそれが消える時がありますが？

測定器の周辺に携帯電話やワイヤレス・デバイスなどがないか確かめて下さい。

マイクロストリップ・テスト・クーポンは携帯電話のアンテナに似た形状を持ちそれらの信号をレシーブする時があります。たとえ携帯電話を使用していない時でも最も近いベース・ステーションに信号が定期的に送られています。これらの原因により CITS やその他の RF 測定器が誤った読み取りをしてしまいます。

14. ストリップライン・トレースを測定するといつも数 高くなります。なぜですか？

クーポン上の Vcc と Gnd 層がショートされているか確認して下さい。クーポン上の層をショートさせることで最終製品としての基板の RF 状態をシミュレートできます。

15. 差動線路の測定時、1 方からの測定読取値がもう 1 方からの読取値とかなり異なることがありますが、何故ですか？

それぞれの線路をシングルエンドとして測定してみてください。インピーダンスが異なっていれば、差動線路とはいえません。差動線路のそれぞれのインピーダンスは整合していなければなりません、ファインピッチの線路においてはかなり難しくなります。CITS500s (V7.90) では、自動的にシングルエンド測定も行っている為、平衡線路の不均衡率も得られます。