

タイムドメイン反射率測定 (TDR) を使用した PCB インピーダンスの測定

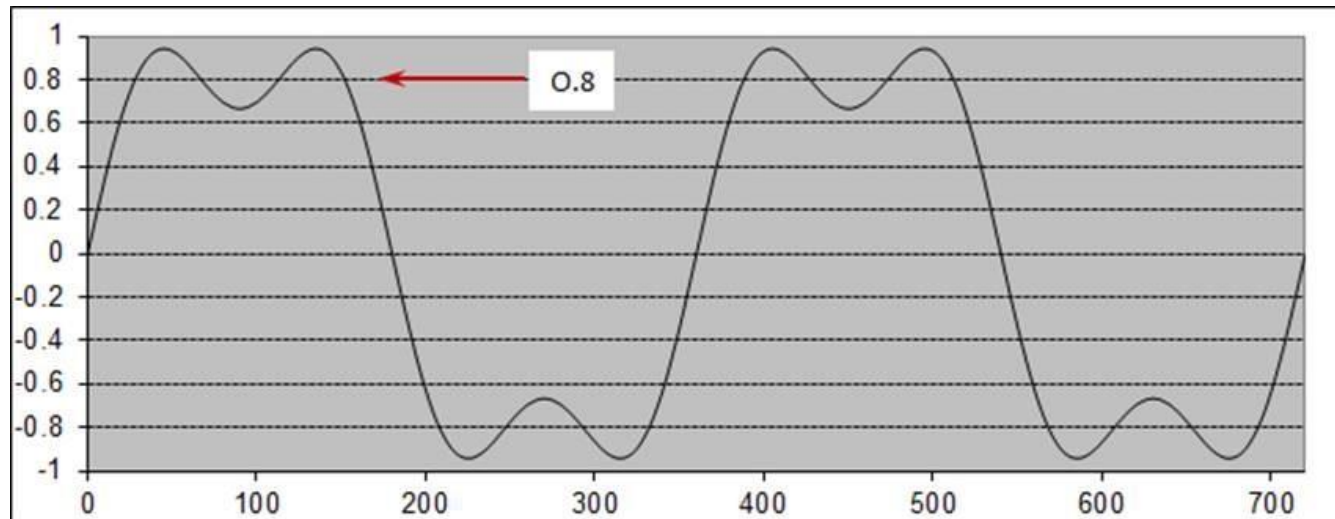
基板伝送線路の特性インピーダンスの TDR を利用した計算では、ステップパルスが伝送線路 (通常は実基板自体ではなく、基板と同時に同じパネルで製造されたテストクーポン上にある伝送線路) に発射されます。伝送線路の特性インピーダンスは、伝送線路と TDR のインターフェースで反射されたパルスの振幅から計算されます。

おそらく驚かれると思いますが、基板伝送線路の特性インピーダンスは周波数によってほとんど変化しません、これは伝送線路構造の本質的な特性です。TDR (時間領域反射率測定) を使用した基板伝送線路のインピーダンス測定は、この事象を踏まえてサポートしています。

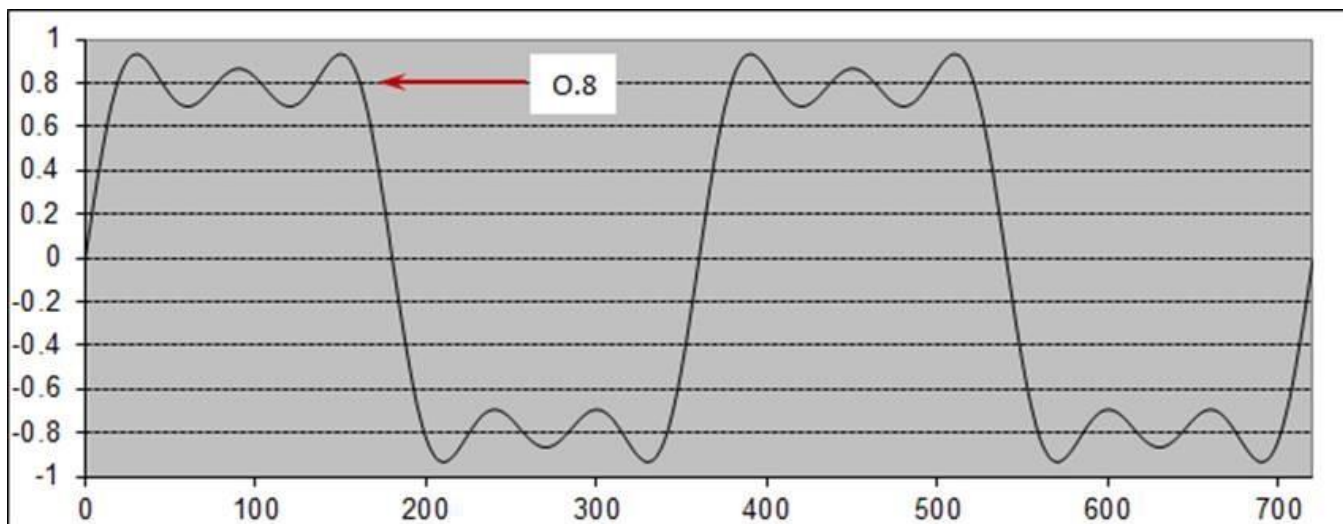
立ち上がり時間が速いパルスの場合、そのフーリエ変換は立ち上がり時間が遅いパルスよりも高い周波数の高調波を示しますが、タイムドメインでテストすると、パルスのすべての高調波が一緒に反射され、反射はすべての周波数を複合したものになります。 *高調波 (ハーモニクス) とは、ある周波数成分をもつ波動に対して、その整数倍の高次の周波数成分のことである

TDR を使用すると、反射の平均高さが観察されます。次のモデルを見てください。高周波成分が追加されるにつれて、平均波高はどうなりますか。

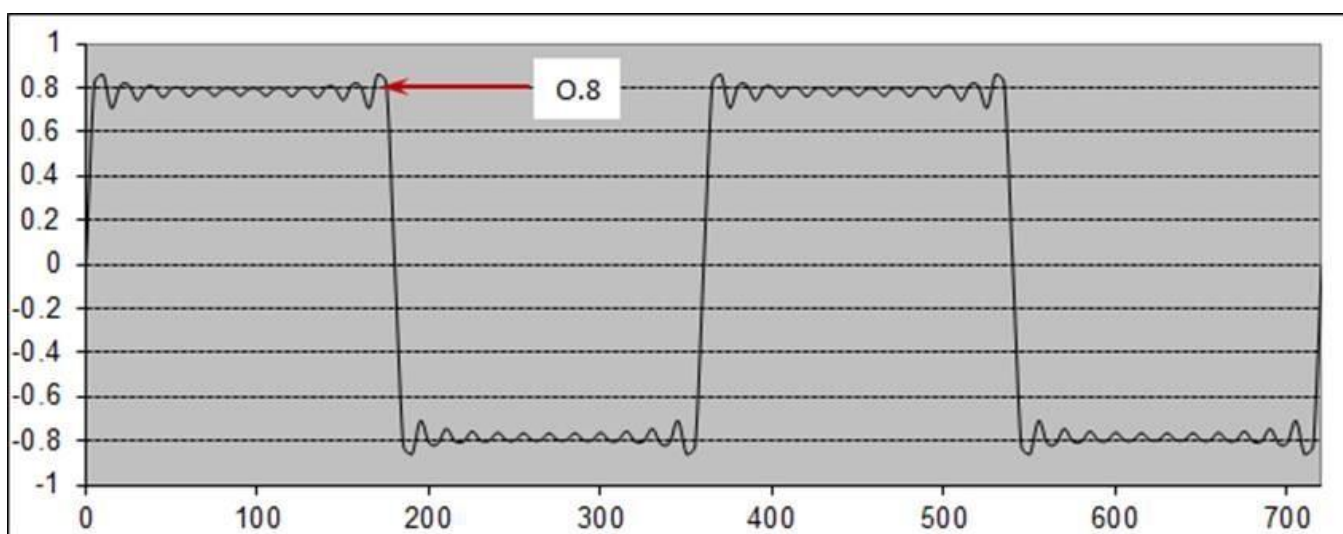
以下の図は、基本波とその 3 次高調波の加えた波形を示しています。



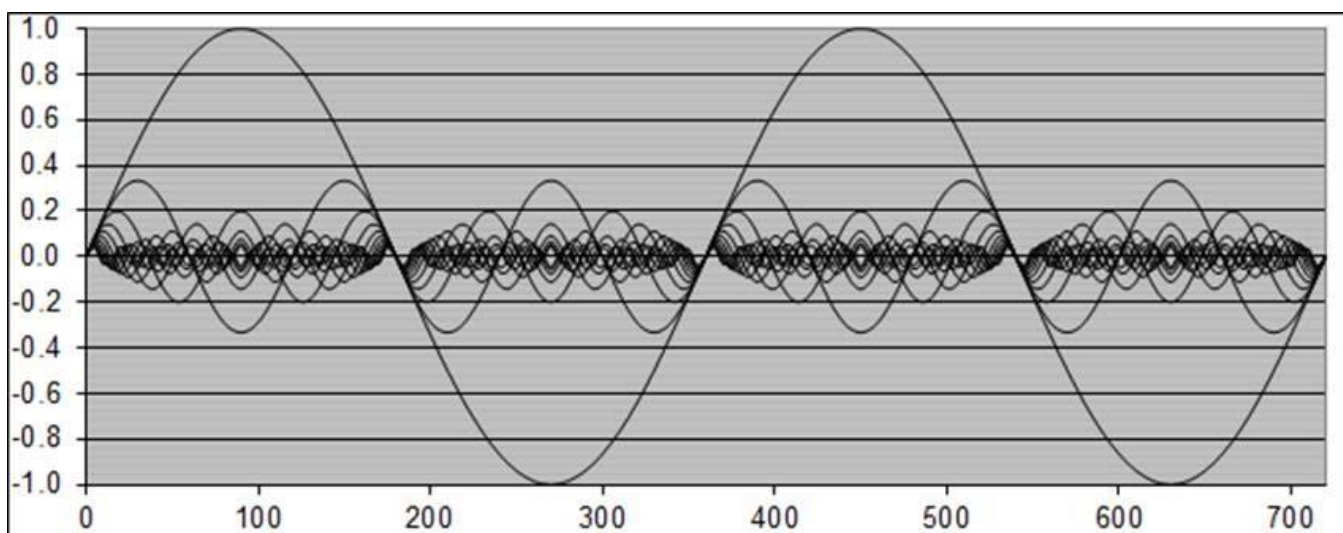
5 次高調波を加えると:



23 次高長波を加えると:

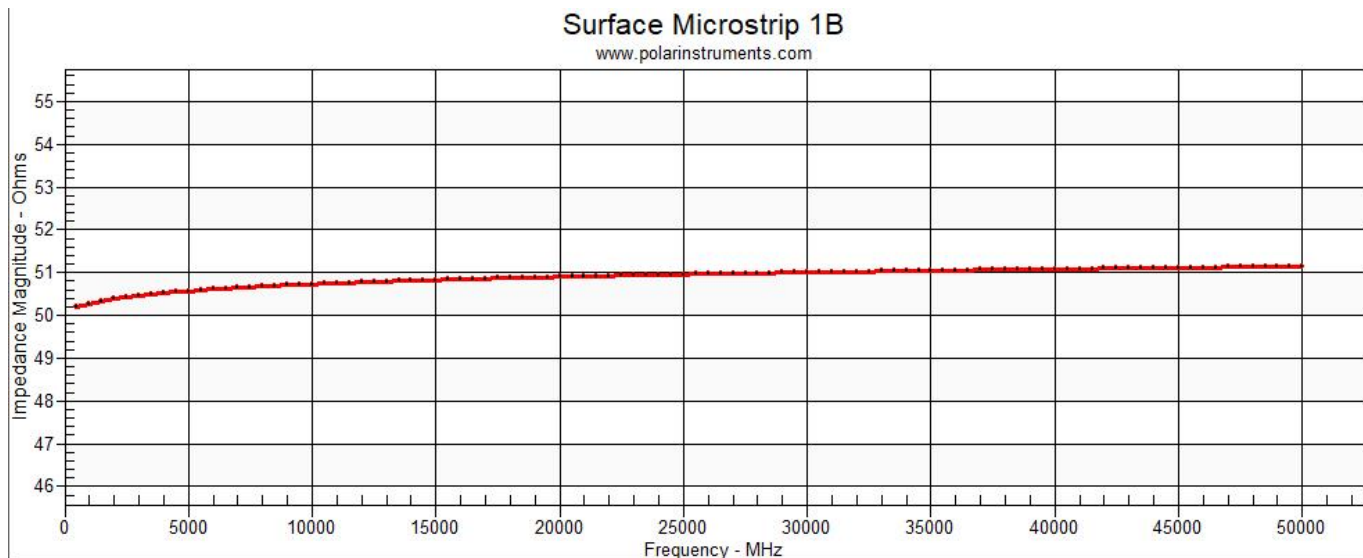


23 次高調波までのすべてのコンポーネントの正弦波を見ると…



高調波が高いほど反射は平坦になりますが、反射の振幅は変わりません。

以下の Polar Si9000e の計算結果グラフは、500 MHz から 50GHz までの特性インピーダンスをモデル化しています



このモデルでは、誘電体と表皮効果が考慮されます - 周波数変化によるモデル化された変化が 1Ω 以下であることがわかります - これは通常の製造工程による変動よりも小さいです。詳細については、[AP8190 Impedance variation with frequency can be counter intuitive](#) を参照してください。

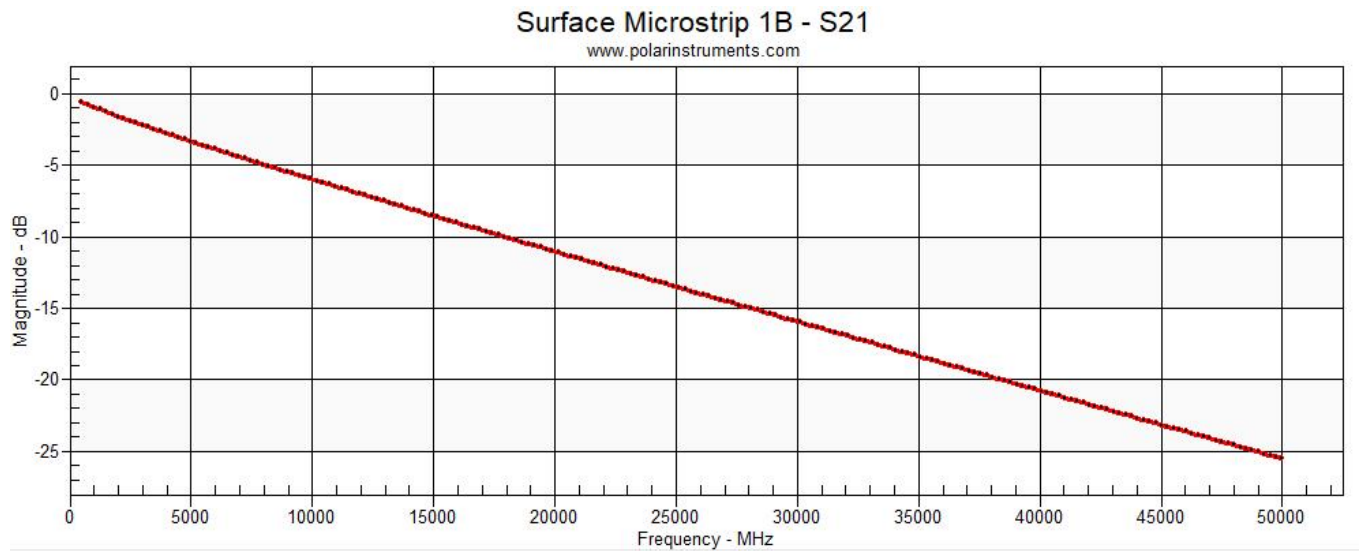
より高い周波数でのインピーダンステストの必要性はありますか？

ではなぜ、より高い周波数でテストする必要があるのでしょうか？ 答えは、挿入損失は周波数によって変化するということです。特性インピーダンスのテストのみが目的の場合は、立ち上がり時間が速くてもインピーダンス値にほとんど違いがありません。

ただし、TDR の立ち上がり時間が速いほど、解像度（波形の変化）が高くなり、ファイバーウィーブパターンやガラス/樹脂の比率によって引き起こされる E_r 値の変動などによって引き起こされる、それぞれの位置のインピーダンスの変動や不連続性を明らかにするのに役立ちます。

したがって、挿入損失のテストには、より速い立ち上がり時間の TDR と、挿入損失を抽出するソフトウェアが必要です。Polar は、Tektronix DSA8300 TDR と組み合わせた ATLAS システムと、特別に設計されたクーポンとプロービングソリューションを組み合わせることで、これを実現しています。

以下の図は、Polar Si9000e での挿入損失を周波数ドメインで表示したものです



周波数が高くなるにつれて挿入損失は徐々に増加するため、設計者はこれらの伝送線路を短く保つか、より高価格な高周波材料を使用するか選択する必要があります。

これは、アプリケーションノート AP168 の、立ち上がり時間のインピーダンス TDR 測定への影響でも実証されています。これは、35ps の立ち上がり時間のパルスと 200ps の立ち上がり時間のパルスの両方で Tektronix TDR での測定インピーダンスで証明しています。測定値は双方の立ち上がり時間で同じ結果です。