

第4章 高周波回路はインピーダンスを合わせながらつないでいく

電力を100%伝える「インピーダンス整合」のテクニック

市川 裕一
Yuichi Ichikawa

低周波回路やデジタル回路は、電圧や電流の大きさを伝えることに重点を置いています。一方高周波回路は、信号のエネルギーを伝えることに重きを置きます。

本章ではこれらの違いをしっかりと押さえ、電力を効率良く伝える方法「インピーダンス・マッチング」のテクニックをしっかりとマスターしましょう。

高周波では電圧や電流は扱わない

● 回路の特性は電力で表す

同じアナログ回路でも低周波では、図1(a)のような増幅回路のゲインなどの特性は、電圧や電流を使って表現します。電力で回路の特性を考えることはあまりありません。気にするとすれば、回路の消費電力ぐらいでしょう。

しかし高周波では、図1(b)に示すように電力を使ってゲインなどを表現します。回路の中で電圧や電流を考慮するのは、半導体などを動作させるための直流

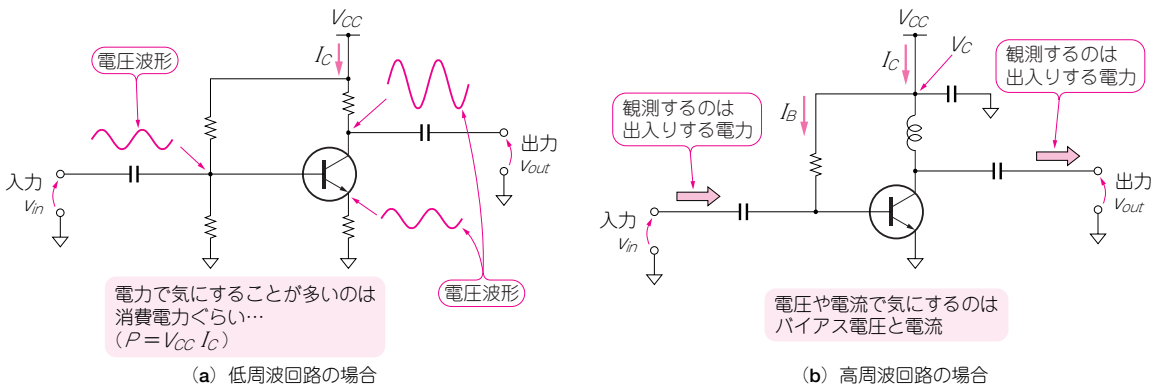
バイアスと制御信号ぐらいです。

交流の電圧や電流を測定するときにまず思い浮かべる測定器は、デジタル・マルチメータかオシロスコープでしょう。しかしデジタル・マルチメータは、数百kHz程度までしか測れないので、高周波の測定はとても無理です。オシロスコープも、普段使用しているものはせいぜい数百MHz程度です。確かにオシロスコープでもGHzの信号を扱えるものがあります。しかし、精度良く、再現性良く高周波の信号を測定することはとても難しいでしょう。

ここで第1章の「その1」を思い出してください。高周波ではプリント・パターンが部品のようにふるまいます。そのプリント・パターンに、図2に示すようにオシロスコープのプロブを接触させたらどうなるでしょう？高周波では、**プロブも立派な部品として機能します**から、特性が変化することが容易に想像できます。

仮に、回路に影響を与えない高性能なプロブがあ

〈図1〉低周波アンプでは電圧や電流を測定することが多いが高周波では電力を観測する



Keywords

インピーダンス・マッチング, 検波器, Sパラメータ, Zパラメータ, Yパラメータ, hパラメータ, Sマトリクス, 反射係数, 順方向伝達係数, 逆方向伝達係数, 整合, イミタンス・チャート, リアクタンス, アドミタンス, サセブタンス, コンダクタンス.

ったとしても、別の大きな問題があります。図3に示すように、プリント・パターン上では、第1章「その2」で説明した反射が発生します。その結果、観測される電圧波形は進行波と反射波の合成したもので、とても複雑な形をしています。

● 高周波では安定している電力を測定する

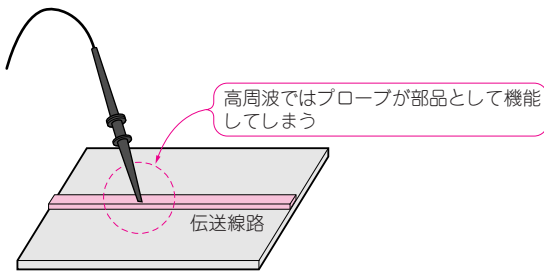
電力は、伝送線路上に損失がなければ、1本の伝送線路上のどこでも同じ値です。電圧や電流のように複雑な信号ではないので、安定した値が測定できます。

電力は、抵抗などを接続して熱などの別のエネルギーに変換すれば簡単に測定できます。しかし、熱の測定システムは大掛かりなので、もっと簡単に使えて電力

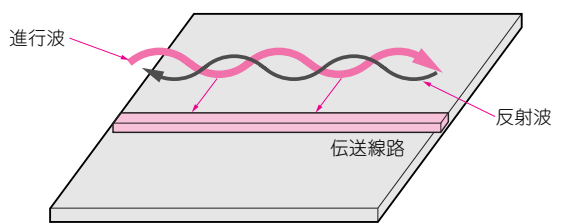
をリアルタイムに測定できる検波器が考え出されました。検波器を使えば、図4に示すように、高周波電力をそれに比例する直流電圧に直接変換して測定できます。実際の検波器の外観を写真1に示します。

図5(a)に示すように、低周波回路では回路と回路の間(点A)の電圧などを観測するときは、プローブをその箇所当てただけで、そこそこ精度良く測定できます。しかし高周波では、測定したいポイント(点B)で回路を切り離し、電力の流れをいったん断ち切って測定器に呼び込まなければ、回路①の出力電力は測定できません。

〈図2〉高周波信号を観測しようと電圧プローブを当てると動作が変わってしまう

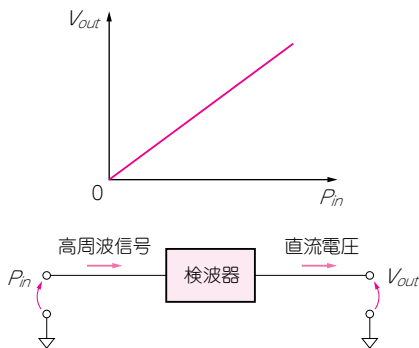


〈図3〉反射の影響で伝送線路上で観測される高周波信号の電圧波形と電流波形はとても複雑



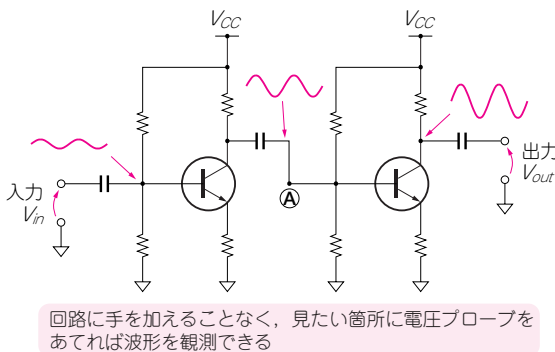
進行波と反射波が合成された波形はどんな形になる？

〈図4〉検波器は入力される高周波電力に比例する直流電圧を出力する

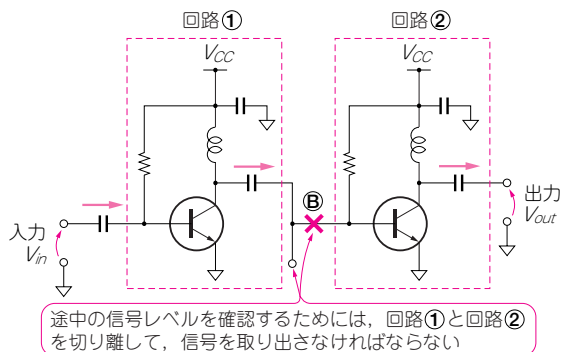


〈写真1〉検波器の外観 [85037B, アジレント・テクノロジー(株), 10 M ~ 26.5 GHz]

〈図5〉高周波信号の電力は信号経路を切断しなければ観測できない



(a) 低周波回路の場合



(b) 高周波回路の場合