

第1章

高周波信号と上手につきあう術 センスアップ!



周波数が高くなってくると、知らなかったさまざまな現象が見えてきます。

低周波では影響がないので無視されていた基本的な現象が、

周波数が高くなることによって浮かび上がってくるからです。

本章では、交流回路の基本に立ち返り、高周波信号を扱うための基礎体力を付けます。

皆さんがこれまで作ってきた回路に対する理解もより深まることでしょう。



1 配線は短く!...30 MHz 以上では 10 cm が影響する

高周波回路の世界は特別なものと思われているかもしれませんが、そんなことはありません。部品がもつ特性の多くを無視している低周波回路の世界のほうが特別なのです。

ところで、低周波回路設計では、なぜ無視しても問題がないのでしょうか。

電波は真空中を 299792 km/s の速度で伝わります。交流の 1 秒間での繰り返しの回数が周波数ですから、1 周期の長さ、真空中での波長は次式で表されます。

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (1.1)$$

ただし、 λ : 波長 [m], c : 光速 [3×10^8] m/s , f : 周波数 [Hz]

例えば、低周波の 3 kHz の波長は 100 km にもおよびます。この周波数で動作する回路を作り、10 cm の配線をして、それは 100 km の 1/1000000 に相当し、十分短いために無視することができます。実際に、動作への影響はほとんどありません。

ところが、この十分短いと思われる配線長でも、周波数が 3 GHz の信号では 10 cm は 1 波長分に相当します。つまり、10 cm 配線の両端では、信号の位相がまったく違ってきます。後で述べますが、配線や基板上のパターンでは電気信号が伝

第2章

高周波信号の伝送技術 センスアップ!

高周波回路では、回路と回路や回路と伝送線路どうしを単に接続しただけでは、信号が伝わりません。信号を伝えるためには、両者のインピーダンスが等しくなるように、整合回路を挿入したり、定数を調整することが必要です。また、高周波回路では電圧や電流ではなく、エネルギーを伝えることが重要です。本章では、高周波ならではの信号エネルギーの伝送テクニック「インピーダンス整合」をマスターします。

11

信号源から効率良く電力を取り出すテクニック

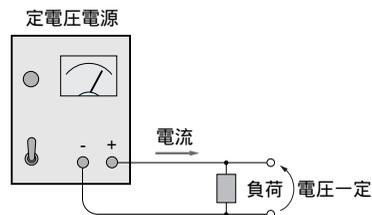
● 直流回路の場合

▶ 定電圧による電力供給

図2・1に示すのは、直流の定電圧電源から負荷に直流電流を供給するシステムです。この定電圧電源には、内部抵抗(インピーダンス)ができるだけ低く、変動しない直流電圧を出力できることが要求されます。このとき負荷が消費する電力は、電源電圧と負荷インピーダンスによってほぼ決まり、それは定電圧電源が出力する電力と一致します。

低周波回路においても、例えばOTL(Output Transformer・Less 型)のパワー・アンプなどは、出力インピーダンスが低く設計されています。例えば、パワー・ア

[図2・1] 定電圧電源による電力の供給



3

第3章

インピーダンス変換技術 センスアップ!



高周波では、回路と部品、回路と伝送線路、回路と回路などを接続するとき、インピーダンスを合わせるのが基本です。

合っていないと信号のエネルギーは伝わりません。

お互いにインピーダンスが合っていない場合は、間にインピーダンス変換回路を挿入してつじつまを合わせる必要があります。

第4章では、インダクタンスとコンデンサを使って

虚数成分だけを整合させる方法を紹介しています。

本章では、実数成分を含めてインピーダンスを変換するテクニックを紹介します。



26

インピーダンス変換の役割

● どんなくいインピーダンス変換が必要?

▶ フィルタや増幅回路の性能を引き出す

帯域フィルタなどの特性を引き出すには入出力部における整合が必要です。

トランジスタやFETを使ったアンプの場合は、そのゲインは入力回路での昇圧ゲインと出力側の負荷インピーダンス、順方向伝達アドミタンスで決まります。したがって、VHF帯程度までの周波数の信号を高ゲインで増幅するには、インピーダンス変換回路を利用して、その周波数における入力インピーダンスと負荷インピーダンスが高くなるようにします。

▶ 受動部品の特性が良い周波数で使う

1 pF以下の小容量のコンデンサは誤差が大きく、インダクタも周波数が高くなると必要な定数が小さくなり実現が難しくなります。使用する周波数において、インダクタンスやコンデンサの定数が適切な値になるようにするときにも、インピーダンス変換回路が必要になります。

第4章

スミス・チャート活用術 センスアップ!



高周波回路では、素子や伝送線路の特性をインピーダンスやアドミタンスで表現しますが、それらは複素数で表されるため計算がとても複雑です。そこで、軌跡から回路や伝送線路の状態などが直感的にわかるチャートを利用する方法が考え出されました。高周波回路では、厳密な計算結果が必要になることは少ないため、このような方法が有効なわけです。高周波回路の設計はもとより、高速のデジタル回路の設計やノイズ対策にも役に立つ大切なテクニックです。



33

高周波でのインピーダンスは反射係数に変換して考える

● 反射係数で表すと有利なこと…半径1の円グラフにすべてのインピーダンスをプロットできる

第2章で、接続された二つのインピーダンスの関係から、反射係数が計算できることを示しました。この逆の計算も可能です。つまり、反射係数と元になった特性インピーダンスがわかれば、接続された負荷のインピーダンスは求まります。当然、アドミタンスも計算できます。

高周波では、回路や素子の特性をインピーダンスで表さないで、 S パラメータ(反射係数)で表すことがあります。例えば、入力インピーダンスを S_{11} 、伝達特性を S_{21} などと表します。

インピーダンスを反射係数で表すことの利点は、すべてのインピーダンスを半径1の円内に表現できることです。

第2章で説明した電圧反射係数と負荷インピーダンス Z_{load} との間の関係式を展開すると、次のようになります。

5

第5章

高周波パラメータの操作術 センスアップ!



低周波回路、例えばエミッタ共通回路のゲインを決める場合は、負荷抵抗と伝達コンダクタンス g_m がわかれば設計できます。ところが周波数が高くなってくると、寄生する容量などによって、トランジスタの入出力抵抗が下がり、インピーダンスが低下してゲインが小さくなります。

高周波は、低周波では使われない別のパラメータでその特性を表現する必要があります。高周波回路では、半導体や受動部品そのものの特性を表現するデバイス・パラメータと、入出力特性を表す回路パラメータの二つを利用します。



43

トランジスタの高周波での動作は デバイス・パラメータで表現できる

● 高周波トランジスタのデバイス・パラメータ

トランジスタなどの半導体素子は、抵抗、コンデンサ、インダクタ、そして電流源と電圧源を組み合わせた等価回路で表現できます。この等価回路を構成する抵抗値やコンデンサの容量値、増幅された電圧源や電流源などをデバイス・パラメータ

【図5・1】デバイス・パラメータで表したトランジスタの等価回路(エミッタ共通)

