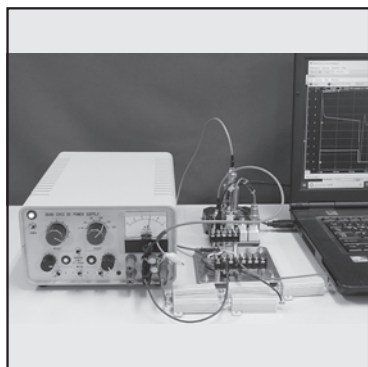


連載



センサ計測/電源から
モータ制御/オーディオ/AI・IoT組み込みマシンまで
USBマルチ測定器 Analog Discoveryで作る

Research Development

私のR&Dセンタ

第13回 インピーダンス・アナライザの製作とSPICEモデリング

[後編]10 MHzまで使える! 実際の部品の等価回路を求める

遠坂 俊昭 Toshiaki Enzaka

今回は、インピーダンス計測用のアダプタを製作しました。今回は、そのアダプタを利用して、代表的な受動部品「抵抗/コンデンサ/インダクタ/トランス/水晶振動子」の等価回路モデルを作ります。

電子部品メーカーは、新規または所望のシミュレーション・モデルを公開していないことがあります。本テクニックをマスターすると、自宅が自分だけのシミュレーション・モデル研究所になり、いち早く回路製作に活用できます。

〈編集部〉

等価回路の作り方① 抵抗

● 現実の抵抗には浮遊容量と浮遊インダクタンスが存在する

受動素子には、抵抗、コンデンサ、コイルの3種があります。そのなかで一番特性が安定していて小型なのが抵抗です。

現実の抵抗には、リード線や抵抗の構造により浮遊インダクタンスや浮遊容量が含まれます。抵抗の種類によって、それらの値が異なります。そのため、使用

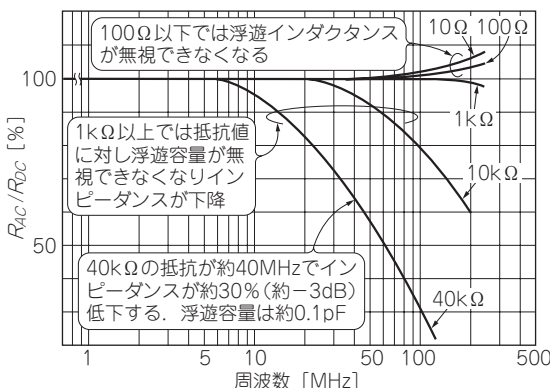


図1 現実の抵抗器には、浮遊インダクタンスや浮遊容量が含まれるので、抵抗値によって周波数特性の形が異なる
樹脂コーティング精密抵抗器FLB(アルファエレクトロニクス)のインピーダンス周波数特性。100Ω以下では、抵抗値に対し浮遊インダクタンスが無視できなくなり、インピーダンスが上昇する

目的によって、抵抗の種類や実装方法を慎重に検討します。

シミュレーションを実行するときは、浮遊成分が回路特性に影響を与えるかどうか確認する必要があります。影響があるときは、それらをモデリングしてシミュレーション回路に反映させます。

図1に示すのは、樹脂コーティング精密抵抗器FLB(アルファエレクトロニクス社)のインピーダンス周波数特性です。抵抗値により周波数特性の形が異なります。同じシリーズの抵抗の場合、浮遊容量や浮遊インダクタンスの値が同程度なので、抵抗値が異なるとそれらの影響が異なります。

図2に浮遊成分を考慮した抵抗の等価回路を示します。浮遊インダクタンスは直列に、浮遊容量は並列に接続されています。

● 周波数が高くなると、浮遊容量と浮遊インダクタンスの影響でインピーダンスが変化する

ここではプリント基板に実装したときの影響も含めます。図3(a)にシミュレーション回路を示します。浮遊容量が1 pF、浮遊インダクタンスが3 nHで、1 mΩから10 MΩまでステップ解析してシミュレーションを実行します。定電流を加えることにより発生した電圧をインピーダンスとして読むことができます。

周波数が1 MHzのときのインピーダンスは、図2に示した式(1)、(2)より1 pFでは約160 kΩ、3 nHでは約19 mΩです。このため図3(b)に示したように周波数

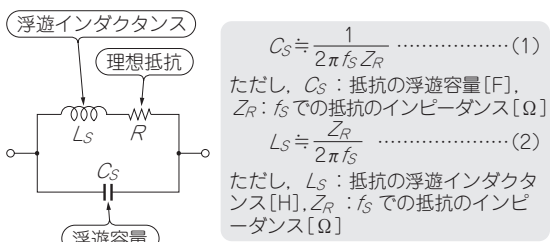


図2 現実の抵抗器の基本等価回路
浮遊インダクタンスは直列に、浮遊容量は並列に接続される

【セミナー案内】 [ビギナ向け] [実習セミナー] [KIT付き] 実習・GNU Radioで始めるSDR入門 [教材付き]
— スペアナ、FMラジオ、TVの自作とキーレスエントリの解析で学ぶ
【講師】 小林 真氏、8/31(土) 25,000円(税込み) <https://seminar.cqpub.co.jp/>