



第4章 パソコンをネットワーク・アナライザとして利用する

ゲインや位相の周波数特性解析

岩田 利王
Toshio Iwata

第2章でFFTについて説明しましたが、FFTによって得られるスペクトルを解析することにより、簡単に周波数特性を求めることができ、そのシステムの周波数特性を解析できます。これをネットワーク解析と呼びます。

この章では、SoftOscillo2をネットワーク・アナライザとして使用する方法、スペクトルからゲインと位相の周波数特性を導き出す方法を説明します。

サウンド・カードでネットワーク解析

SoftOscillo2はオシロスコープ、FFTアナライザ、ジェネレータの機能のほかに、ネットワーク・アナライザ機能ももっています。

- ネットワーク・アナライザでLPFの周波数特性を見る
第2章で作成したCRフィルタ(LPF)を写真2-2(p.134)のように接続しましょう。SoftOscillo2を実行

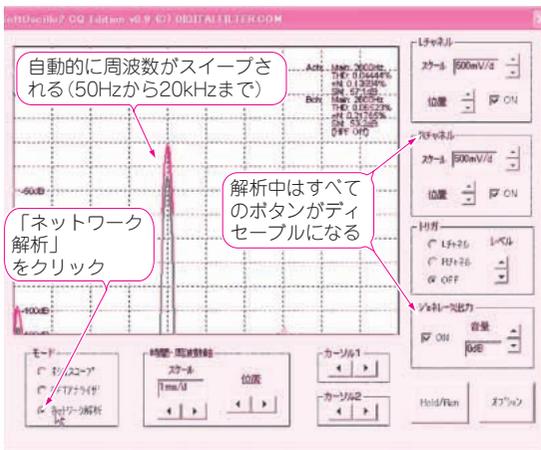


図4-1 SoftOscillo2でネットワーク解析を実行中のようす

後、ラジオ・ボタンを「ネットワーク解析」にしてみましよう。すると図4-1のように画面表示がFFTに切り替わり、約1秒ごとに自動的にジェネレータの周波数が上がっていきます。そして最終的には、図4-2のような**振幅と位相の周波数特性**が表示されます。このように周波数をスイープして、システムのゲインや位相の周波数特性を調べる手段を「ネットワーク解析」、それをする装置を「ネットワーク・アナライザ」と呼びます。

周波数特性を測定するには、このように低い周波数から高い周波数までいろいろな周波数で「入力対出力」を調べなければなりません。Waveファイルを手動で逐一切り替えてスペクトルを測っても良いのですが、SoftOscillo2では自動的にWaveファイルを切り替えてスペクトルを測定する機能ももっています。

ただし、正確なネットワーク解析を行うためにはRチャンネルの時間軸の調整が必要ですので、コラム「RチャンネルとLチャンネルのタイミングずれを解消する方

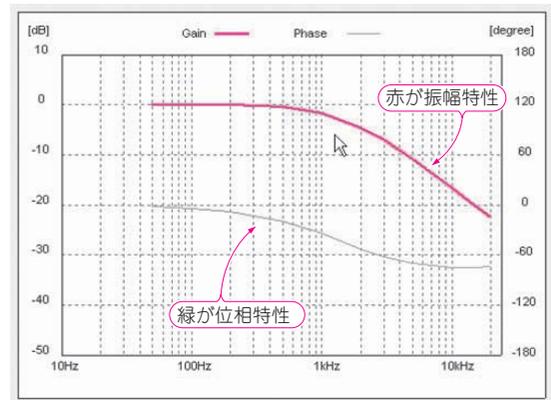


図4-2 ネットワーク解析が終了した画面
再度「ネットワーク解析」をクリックすると再測定できる

Keywords

ネットワーク解析, 周波数特性, 振幅特性, 位相特性, ラプラス演算子, 伝達関数, ゼロクロス, 内積, 位相進み/遅れの判定式

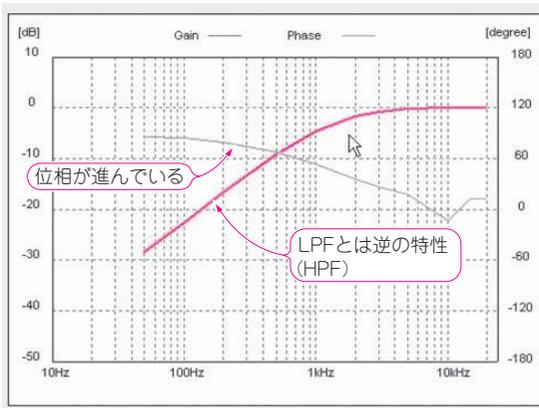


図4-3 HPFの周波数特性を測定した結果

法(p.159)」も参考にしてください。

● 次はHPFのネットワーク解析

次に、HPFをネットワーク解析してみましょう。さきほどの測定対象(DUT)をひっくり返して、RとCを逆にしてみましょう(写真2-3, p.135)。こうするとHPFになります。

ラジオ・ボタンを「ネットワーク解析」にすると自動的に周波数がスイープされ、最終的には図4-3のように、先ほどのLPFの場合とは逆のゲイン特性になることがわかります。

ネットワーク解析の方法

第1章ではサウンド・カードからデータを取り込む手法、第2章では取り込んだデータにFFTを施す手法、第3章ではWaveファイルを同時再生する手法を説明しました。この章では、ネットワーク解析(周波数特性の解析)の手法を説明します。

● スペクトルから周波数特性を得る

周波数特性とは、主に振幅特性と位相特性のことです。それらを求めるには、システムの入力にいろいろな周波数のサイン波を入力して出力と比較します。

オシロスコープでサイン波の振幅と位相差を測って特性を得ても良いのですが、せっかくFFTを行うのですから、スペクトルを基にして周波数特性を得てみましょう。

▶ スペクトルは複素数である

FFTで得られるスペクトルは複素数です。SoftOscillo2では、その複素数の絶対値を取ってグラフ表示していますが、正確にいうとスペクトルは実数部と虚数部、2本のグラフで表現されるべきなのです。

▶ スペクトルと振幅特性

スペクトルの絶対値は、その周波数成分の強さを表

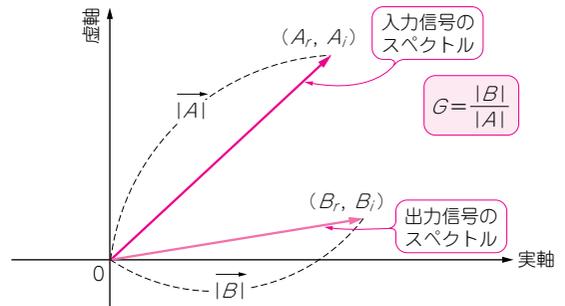


図4-4 2信号の絶対値の比率が振幅特性を示す

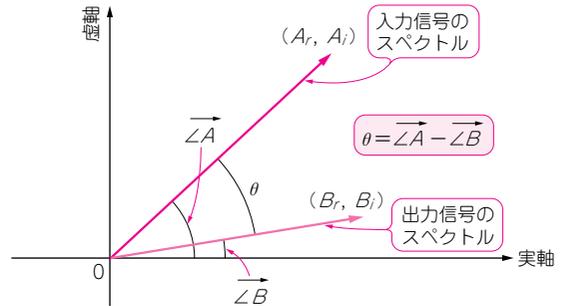


図4-5 2信号の角度の差が位相特性を示す

します。すなわち、**入力と出力のスペクトルの絶対値の比率が、その周波数における振幅特性の値**となります。入力Aと出力Bのスペクトルが図4-4のようなときのゲインGは式(4-1)のように、通常デシベルで表現されます。

$$G \text{ [dB]} = 20 \log \frac{| \dot{B} |}{| \dot{A} |}$$

$$= 20 \log \frac{\sqrt{B_r^2 + B_i^2}}{\sqrt{A_r^2 + A_i^2}} \dots\dots(4-1)$$

このゲインの値をいろいろな周波数において求めたものが、そのシステムの**振幅特性**となります。

▶ スペクトルと位相特性

スペクトルの角度はその周波数成分の位相を表します。すなわち、**入力と出力のスペクトルの角度の差が、その周波数における位相特性の値**となります。その角度差は、複素数を2次元のベクトルと考えて、入力と出力のベクトルの絶対値と内積により導き出せます。入力Aと出力Bのスペクトルが図4-5のようなときの位相差thetaは式(4-2)のように求めます。

$$\theta = \angle \dot{A} - \angle \dot{B}$$

$$= \cos^{-1} \frac{\dot{A} \dot{B}}{| \dot{A} | | \dot{B} |}$$

$$= \cos^{-1} \frac{A_r B_r + A_i B_i}{\sqrt{(A_r^2 + A_i^2)(B_r^2 + B_i^2)}} \dots\dots(4-2)$$

この値をいろいろな周波数において調べると、そのシステムの**位相特性**が得られます。