



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25回 最小分解能0.00001%! 1kHzひずみ率計

[中編] ひずみ0.00001%以下の1kHz発振器の製作

遠坂 俊昭 Toshiaki Enzaka

前回は、ひずみ計測に使用する1kHzノッチ・フィルタを製作しました。Analog Discoveryと組み合わせることで分解能が約0.00001%の性能が得られました。この特性を生かすには、0.00001%を切る低ひずみの発振器が必要になります。

Analog Discoveryの信号源W1出力にアクティブ型バンドパス・フィルタを挿入すると0.0006%程度の低ひずみになりました。真空管アンプなどのひずみを計測するにはこれで十分ですが、半導体アンプやコンデンサなどの部品のひずみを計測するには少し不足しています。この問題を解決するために、本稿ではさらに低ひずみが得られる1kHzステート・バリャブル発振器を製作しました。

図1に示すのが、製作した発振器のひずみを前回製作したノッチ・フィルタとAnalog Discoveryで計測した結果です。発振器の0°と90°出力には高調波のピークが見られます[図1(b)と(c)]。バンドパス・フィルタの出力からは高調波がノイズに埋もれているのがわかります[図1(a)]。

発振回路の検討

● 2つの発振方式

発振器の方式を大別すると、緩張(しちょう)発振器と帰還発振器の2つがあります。前者はコンデンサの

充放電を利用したマルチバイブレータなどがあります。後者はアンプに周波数選択性を持ったフィルタ回路で帰還して発振させる方式で、低ひずみの特徴です。

帰還発振器の発振条件は、発振周波数でのループ・ゲインが1倍、位相が0°の2つです。ただし、ごく僅かでもループ・ゲインが1倍よりも大きくなると、振幅が増大し続けて波形がクリップします。ごく僅かでも1倍よりも小さいと、振幅が減少し続けて発振が停止します。このため、特定の振幅で発振し続けるための工夫が必要になります。この工夫には、クリップ方式とAGC(Auto Gain Control)方式があります。

● クリップ方式のウィーン・ブリッジ発振回路

図2(a)の C_1 , C_2 , R_1 , R_2 の素子で構成される回路は、発明者の名前から「ウィーン・ブリッジ」と呼ばれています。この回路はバンドパス・フィルタの周波数特性を持ち、次の式で示される周波数でゲインが最大になり、その値は1/3倍で入出力位相が0°になります。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1C_2R_1R_2}} \dots\dots\dots (1)$$

そのため U_1 の+入力からのゲインが3倍のとき、この周波数で発振します[図2(b)]。

▶クリップ回路で振幅を10V一定にする

図3に示すのは、+入力からの入出力特性のシミュレーションです。振幅が小さいときには D_5 がオーブ

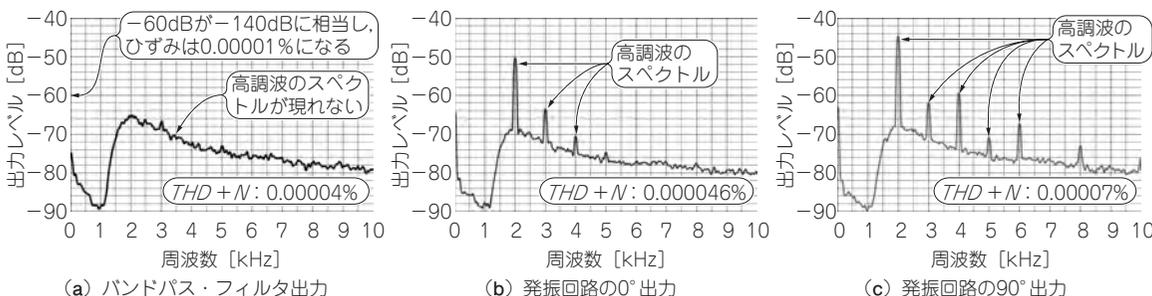


図1 製作した1kHz発振器のひずみスペクトラム。バンドパス・フィルタの出力では高調波成分がノイズに埋もれている。Analog Discoveryのスペクトラム計測で、レンジ100k~122.1Hz、アペラージュ100回、ノッチ・フィルタのレンジが+60dB、CAL電圧は10Vに設定した。グラフの+60dBが-140dBで、0.00001%のひずみ率に相当する