

製作&実験



USB 接続で使える 1k ~ 1.3GHz までの
低価格ベクトル・ネットワーク・アナライザ

“VNWA2”キットの製作・試用記

西村 芳一
Yoshikazu Nishimura

VNWA2 とは？

■ ベクトル・ネットワーク・アナライザ(VNA)は高嶺の花

ちょっとした高周波回路を試作するとき、ネットワーク・アナライザが手元にあるのとないのとは大違いです。とくにマイクロ波などのインピーダンス・マッチングでは、強力なツールとなります。

しかしながら、ネットワーク・アナライザはとても高価な測定器で、しかもオシロスコープのような稼働率の高い測定器ではありません。そのため、仕事とはいえ簡単に予算計上するわけにもいきません。ましては、個人の楽しみでフィルタやアンテナなどを試作するのに使うことは夢のような存在です。

■ パソコンと USB ケーブル1本でつながる手のひらサイズの VNA!

そんななか2009年2月のアメリカの雑誌“QEX”で興味を惹かれる記事⁽¹⁾が目にとまりました。QEXはARRL(米国のアマチュア無線連盟)が編集・発行している技術誌で、私が個人的に定期購読しているものです。とても簡単なハードウェアとパソコンを組み合わせ、精度の高い測定が可能になるベクトル・ネッ



〈写真1〉手のひらサイズのベクトル・ネットワーク・アナライザ・キット“VNWA2.1”の外観

トワーク・アナライザの製作記事でした。しかも、パソコンとUSBケーブル1本だけでつながり、電源もUSBから供給します。写真1にその外観、パソコンと組み合わせた全体の様子を写真2にそれぞれ示します。

普通のネットワーク・アナライザはとても大きくて重い測定器で、例えば写真3は仕事で使っているアンリツのネットワーク・アナライザですが、気軽に持ち歩くことは不可能です。



〈写真2〉手持ちのノート・パソコンに接続して測定しているようす



〈写真3〉仕事で使っているアンリツのネットワーク・アナライザ MS4670C + MS8602A(100 kHz ~ 8.5 GHz)

本稿で紹介する“VNWA2”は、手のひらに載るほどの軽量な箱です。これくらい持ち運びに便利だと、アンテナなど非測定物のそばでないと測定できないような場合でも、気軽に測定できます。

このままでは、ただ興味ある記事を読んだで終わりですが、文末にこれをキットとして頒布すると書いてあるのが目に留まりました。それで早速注文した次第です。

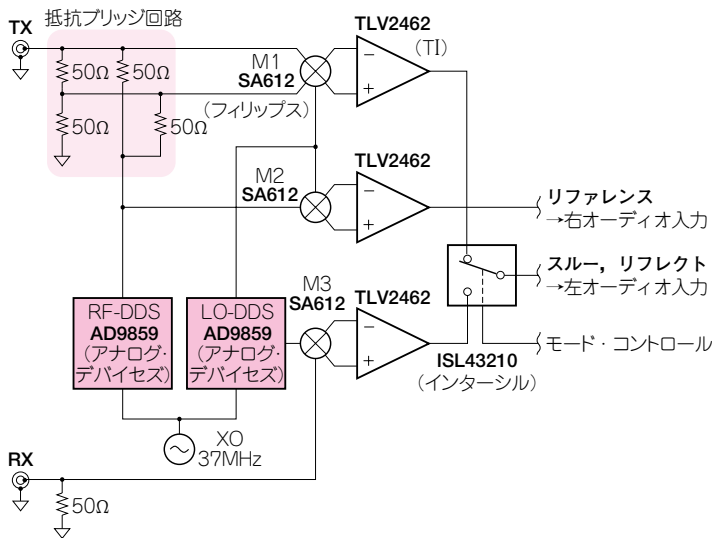
■ VNWA2プロジェクト

QEXの記事を執筆したのはアマチュア無線家で、ドイツの応用科学大学で物理/数学/電子工学などを教えているThomas C. Baier教授(コール・サインDG8SAQ)です。製作にあたって何度か当人とメールのやり取りを行う機会を得ましたが、とても親切に教えていただきました。後述しますが、このキットはかなりの曲者で、完成させるのは大変です。作者と連絡が取れたのは、かなりの助けになりました。

VNWA2のプロジェクトは、Baier教授が中心となって原理的試作を行っています。製作は何人かのハム仲間で行っているようです。キットの頒布係はイギリス人で、以下のホーム・ページの管理者です。

<http://www.sdr-kits.net/>

これ以外にも商売として、いろんなキットや部品を販売しているようです。実際、ドイツで毎年開催されるハムフェアに行ったとき、幸いにもご本人とお話することができました。そのとき「日本人からの初めての注文だったんで、このケースをタダであげる！」といわれて、飛び上がって喜びました。写真1のケースがそれです。



〈図1〉VNWA2のRF部ブロック図

■ 1.3 GHz までだが アマチュアの製作には十分

組み立て後、特性の知れたフィルタの S_{11} と S_{21} を測定してみましたが、アンリツ製ネットワーク・アナライザで測定した結果や、AWR社の“Microwave Office”でシミュレーションした結果とほぼ同じになり、十分実用になるという印象を持ちました。つまり仕事で使えるレベルです。

周波数範囲が1.3 GHzまででちょっと低いですが、とくにアマチュアの製作には十分でしょう。

構成と動作原理

■ RF部の基本的な構成

図1がRF部の基本的なブロック図です。大きな特徴は、2個のクロック400 MHzのDDSDirect Digital Synthesizerを使っていることです。1個は信号源で、もう1個がローカル発振器です。ミキサで作られる二つの周波数の差が、パソコンのサウンド・カードで取り込めるオーディオ周波数になるように決められます。

DDSの原発振は、DDS内部のPLLが使われており、外部の発振器ではありません。リターン・ロスなどを測定するために、送信側には、抵抗ブリッジ回路があります。全体の構成をまとめると、DDSとミキサそれに抵抗ブリッジがあるだけのごくシンプルな構成です。あとの信号処理はすべてパソコンのソフトウェアで行われています。

このブロック図からわかるように、測定は S_{11} と S_{21} をベクトル測定します。 S_{12} と S_{22} はこのままでは測定できませんが、外に切り替えボックスを作れば測定は

〈表1〉図2のスペクトル周波数関係

スペクトル	周波数関係	備考
120 MHz	f_0	基本波
200 MHz	$f_{CLK} - f_0$	高次成分
460 MHz	$f_{CLK} + f_0$	高次成分
520 MHz	$2f_{CLK} - f_0$	高次成分
760 MHz	$2f_{CLK} + f_0$	高次成分
860 MHz	$3f_{CLK} - f_0$	高次成分

注 ▶ f_{CLK} : DDS-ICのクロック周波数,
 f_0 : DDS出力周波数(基本波)