

USB 接続型の簡易ベクトルネットワークアナライザの構築

Developing a simple vector network analyzer with USB connection

金尾 俊宏[†]

岸原 充佳[†]

大久保 賢祐[†]

Toshihiro Kanao[†]

Mitsuyoshi Kishihara[†]

Kensuke Okubo[†]

[†]岡山県立大学 情報工学部

1 序論

近年マイクロ波回路技術は社会を支える技術として注目されている。その中でマイクロ波回路の周波数特性を測定するにはベクトルネットワークアナライザ (VNA) という測定装置が必要となるが、この装置は非常に高価である。

そこで既存の製品より安価で、PC と接続して用いることのできる測定装置が利用できれば、マイクロ波回路開発や教育用途に非常に便利である。本論文は安価で PC から制御やデータ受け渡しを簡単に行える簡易的な VNA の構築を行っている。

2 VNA の構築

測定したい回路 (DUT) にはポートが 2 個あるとする。今回構築する VNA ではポート 1 からポート 2、もしくはポート 2 からポート 1 への透過特性の測定を行うものとする[1]。構築に必要なものは高周波信号を出力する発振器、DUT からの信号を受信し、振幅比と位相差を求める検波器、それらとコンピュータをつなぐ回路とプログラム、PC 上の GUI プログラムの作成である。それらを組み合わせた構築概要図を図 1 に示す。

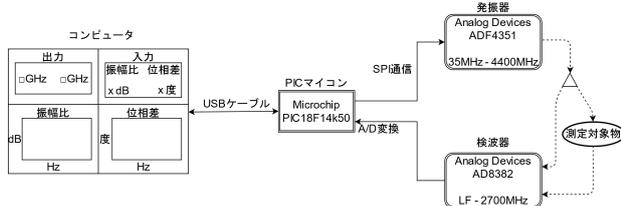
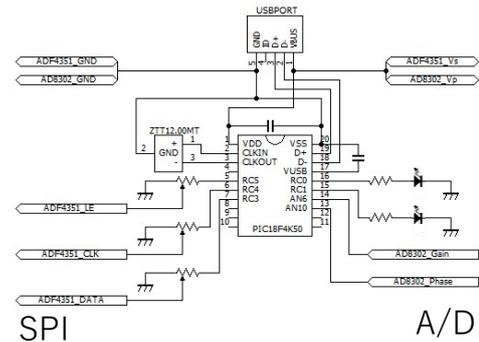


図 1 構築概要図

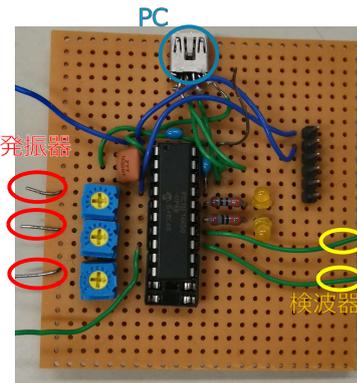
発振器は Analog Devices の ADF4351 が搭載された評価ボードを用いる [2]。ADF4351 は指定された 35MHz~4400MHz、振幅 -4dBm~+5dBm の高周波信号を出力する装置である。この発振器の制御を行うには、SPI 通信を行い、ADF4351 内の 6 個の 32bit レジスタに値を書き込むことで可能となる。検波器は Analog Device の AD8302 が搭載された評価ボードを用いる [3]。AD8302 は入力 A と入力 B の端子があり、入力 B の信号を基準として、振幅比と位相差

を出力する装置である。それぞれの入力に対応する周波数は 2.7GHz、振幅 -60dBm~0dBm の信号である。求めた振幅、位相差はそれぞれ 0V から 1.8V の電圧として出力される。

発振器、検波器からの情報を PC へ受け渡す回路の製作を行う。この回路は、PC と接続して制御を行いたいため、回路のマイコンは USB コントローラ内蔵の PIC18F14K50 を用いる [4]。回路図を図 2(a) に示す。この回路図に合わせて、各部品や線のハンダ付けを行い、図 2(b)の回路を製作した。



(a)



(b)

図 2 中継を行う USB マイコン回路。
(a)回路図, (b)回路写真

作成した回路の PIC に必要な命令は、SPI 通信で発振器のレジスタへの値の書き込み、検波器からの信号を A/D 変換をして入力、PC との接続がある。PC の GUI プログラムに必要な処理は、PIC との接続、

発振器のレジスタの値の計算, 検波器が読み取った値の表示, 記録, グラフの生成が挙げられる. プログラムは Visual C++ 2010 express のフォームアプリケーションとして作成した.

3 構築した VNA での測定

製作した VNA を評価するため, 2GHz 帯域阻止フィルタ回路を準備した. 製作した回路と各機器を図 1 のように接続し, 回路特性の測定を行った. 実際の接続を図 3 に示す. 接続後, PC 上のプログラムから各機器の制御を行った. そのときのプログラムの画面を図 4 に示す. 図 4 の左側には VNA の制御パネルが示されている. また右側には測定結果 S21 の振幅比と位相差が示されている.

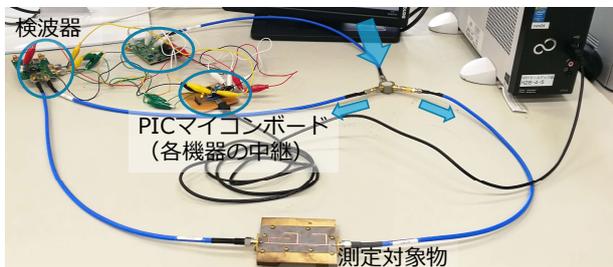


図 3 実際に構築した VNA

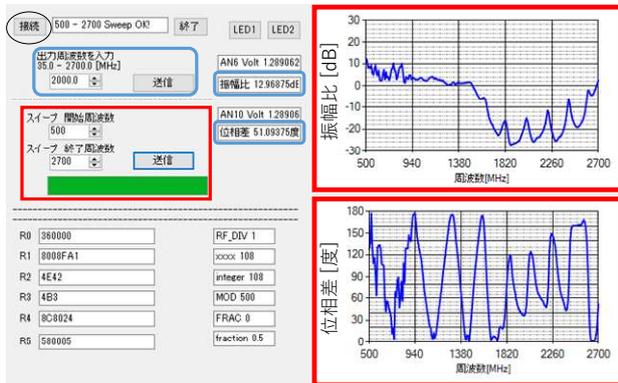


図 4 測定中の PC のプログラム画面

本論文で構築した VNA の測定結果を既製品 VNA の測定結果と比較した. 図 5(a), (b) に既製品と自作 VNA の S21 振幅比の比較を示している. この両者を比較すると, 自作 VNA の結果において, 2GHz 帯域阻止フィルタの振幅特性がおおまかではあるが確認できる. 図 6(a), (b) に位相差の比較を示している. 位相差については, 周波数により大きく変動しており, 両者には違いがみられる. 妥当性は今後の検討課題である.

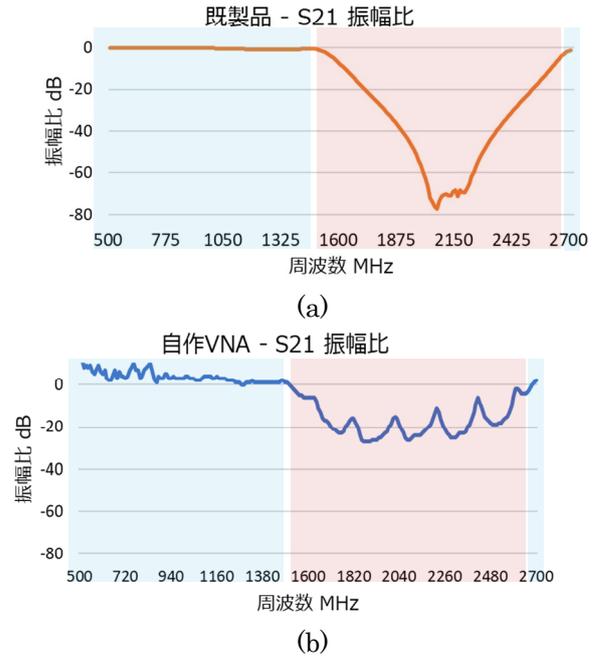


図 5 振幅比の比較
(a) 既製品 (b) 自作

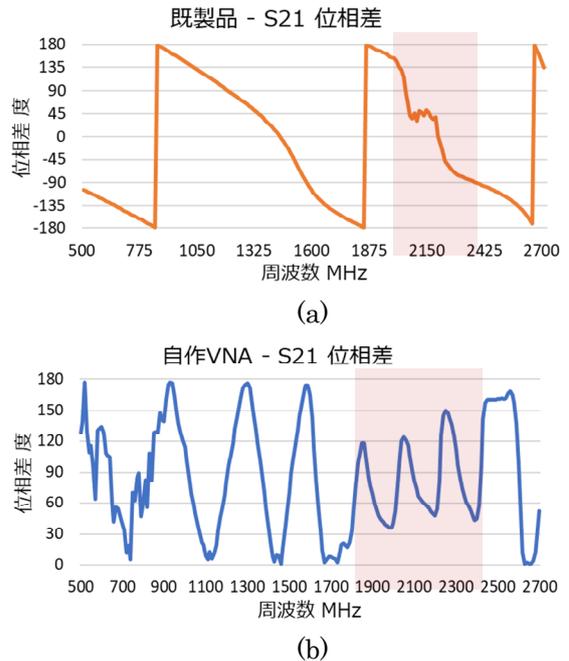


図 6 位相差の比較
(a) 既製品 (b) 自作

4 結論

本論文では安価で簡易的な VNA の構築を試みた. 構築した VNA は大体の周波数特性を求められることを確認したが, より精度を上げるためにはキャリブレーション処理などが必要であると考えている.

参考文献

[1] Keysight, “ネットワークアナライザの基礎”,
https://www.keysight.com/upload/cmc_upload/All/Network_Analyzer_Foundation_for_WEB_Seminar.pdf, 2017.

[2] AnalogDevices, “広帯域シンセサイザ データシート ADF4351”,
http://www.analog.com/media/jp/technical-documentation/data-sheets/ADF4351_jp.pdf, 2017.

[3] AnalogDevices, “LF~2.7GHz の RF/IF ゲインおよび位相検出器 AD8302”,
http://www.analog.com/media/jp/technical-documentation/data-sheets/ADF4351_jp.pdf, 2017.

[4] 後閑哲也, PIC で楽しむ USB 機器自作のすすめ, 技術評論社, 2011.