

StudentZone — 2018 年 3 月

「ADALM1000」で、SMU の基本を学ぶ

トピック 3: テブナンの定理、最大電力伝送定理

著者: Antoniu Miclaus、Doug Mercer

Share on   

アナログ・ダイアログの 2017 年 12 月号から、アクティブ・ラーニング・モジュール「ADALM1000」について紹介しています。今回も、引き続き同モジュールを使用して、小規模かつ基本的な測定を行う方法を説明します。ADALM1000 に関する以前の記事は、[こちら](#)からご覧になれます。

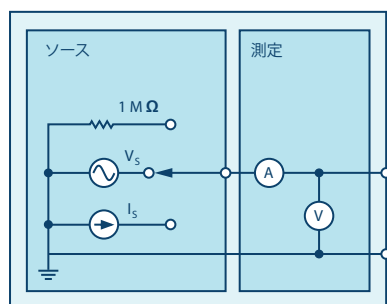


図 1. ADALM1000 のブロック図

それでは、実験を始めましょう。

目的

この実験では、与えられた回路のテブナン等価電圧 V_{TH} とテブナン等価抵抗 R_{TH} を求めることにより、テブナンの定理が正しいことを確認します。加えて、最大電力伝送定理についても実際に検証してみます。

背景

テブナンの定理を利用すれば、複雑な回路を、1 つの抵抗 R_{TH} と直列に接続された 1 つの電圧源 V_{TH} 、負荷抵抗 R_L で構成される等価回路に変形することができます。そのテブナン等価回路を使用すれば、負荷電圧 V_L や負荷電流 I_L を容易に求められます。

テブナンの定理の主な活用法は、回路において、複雑なだけでおもしろみのない多くの部分を簡単な等価回路に置き換えるというものになります。出来上がった等価回路は簡素化されているので、元の複雑な回路を使用する場合と比べて、負荷にかかる電圧、電流、電力を迅速に算出することができます。また、この定理は最大電力を伝達するために最適な負荷（抵抗）の値を選択する際にも利用できます。

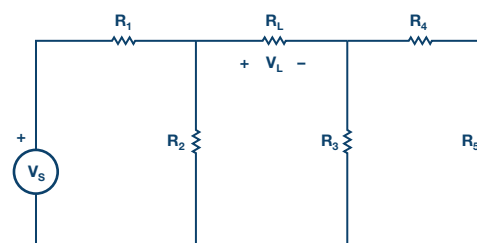


図 2. テブナンの定理を確認するための回路

最大電力伝送定理は、抵抗 R_S と直列に接続された独立した電圧源、または抵抗 R_S と並列に接続された独立した電流源は、負荷抵抗 R_L の値が R_S の値と等しいときに、 R_L に対して最大の電力を供給できるというものです。

テブナン等価回路については、負荷抵抗 R_L が同回路のテブナン等価抵抗 R_{TH} と等しいとき、 R_L に対して最大の電力を供給することができます。

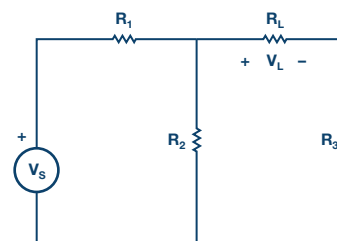


図 3. 最大電力伝送定理を確認するための回路

準備するもの

- ▶ ADALM1000
- ▶ いくつかの抵抗: 100 Ω 、330 Ω 、470 Ω 、1 k Ω 、1.5 k Ω

手順

1. テブナンの定理を確認します:

- ▶ a) 以下に示す値の部品を使って図 2 の回路を構成します。
 - $R_1 = 330 \Omega$
 - $R_2 = 470 \Omega$
 - $R_3 = 470 \Omega$
 - $R_4 = 330 \Omega$
 - $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$
 - $R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$
 - $V_S = 5 \text{ V}$
- ▶ b) ALM1000 の電圧計ツールを使い、負荷抵抗の両端の電圧 V_L を正確に測定します。チャンネル CA に V_L のプラス側、チャンネル CB にマイナス側を接続して電圧計ツールを使用します。 V_L は CA の電圧と CB の電圧の差になります。この値を、後でテブナン等価回路を使って求めた値と比較します。
- ▶ c) V_{TH} を求めます。負荷抵抗 R_L を取り除き、オープン・サーキットの両端子間の電圧 V_{OC} を測定します。チャンネル CA に V_{OC} のプラス側、チャンネル CB にマイナス側を接続して電圧計ツールを使用します。 V_{OC} は CA の電圧と CB の電圧の差になります。その値は V_{TH} の値と等しくなります。図 4 を参照してください。

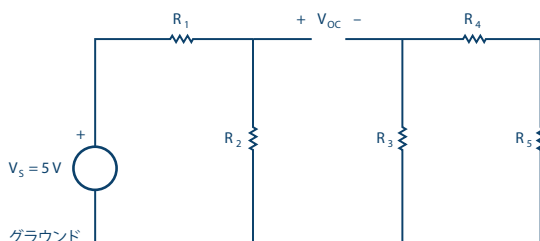


図 4. テブナン電圧の測定

- ▶ d) R_{TH} を求めます。電源電圧 V_S を取り除き、図 5 に示すような回路を構成します。ALM1000 の抵抗計ツールを使って、 R_L が接続されていた開放部の抵抗を測定します。それによって R_{TH} が求められます。なお、抵抗計で測定を実施する前には、回路に電力が供給されていないこと、グラウンドの接続が図のように移動していることを確認してください。

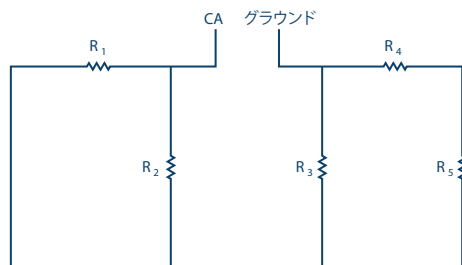


図 5. テブナン抵抗 R_{TH} の測定

- ▶ e) 得られた V_{TH} と R_{TH} を使って図 2 の回路を構成します。パーツ・キットに含まれている抵抗を直列や並列に接続して R_{TH} の値を実現します。メーター・ソース・ツールを使用し、 V_{TH} のソース用にチャンネル CA を接続して、ステップ c) で測定した V_{TH} の値を設定します。

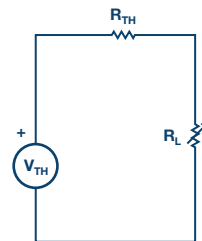


図 6. テブナンの定理によって得た等価構成

- ▶ f) R_L をステップ b) で使用した 1.5 k Ω に設定し、等価回路の V_L を測定します。そして、その結果をステップ b) で得た V_L と比較します。それにより、テブナンの定理が成り立っていることを確認します。
- ▶ g) オプションの課題として、 R_L を 2.2 k Ω に設定し、ステップ 1-b) からステップ 1-f) を繰り返してみてください。

2. 最大電力伝送定理を確認します:

- ▶ a) 次の値を使って図 7 のような回路を構成します。
 - $V_S = 5 \text{ V}$
 - $R_1 = R_2 = 470 \Omega$
 - $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
 - R_L は図 8 に示すように 1 k Ω と 100 Ω の抵抗を組み合わせて構成する

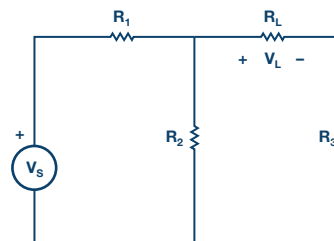


図 7. 最大電力伝送定理について確認するための回路

- ▶ b) R_L の両端に対し、電圧計ツールを適用します。具体的には、チャンネル CA に V_L のプラス側、チャンネル CB にマイナス側を接続します。CA の電圧と CB の電圧の差が V_L になります。
- ▶ c) 負荷抵抗 R_L の値がいくつのときに最大電力が伝達されるのかを確認するために R_L の値を変化させます。図 8 に示すように 1 k Ω と 100 Ω の抵抗を直列／並列に組み合わせて、500 Ω ~ 1400 Ω の範囲において 100 Ω ステップの R_L を構成します。各 R_L の値に対する V_L の値を記録します。

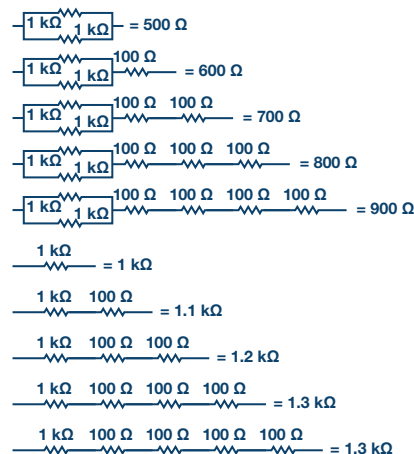


図 8. R_L の構成方法

- ▶ $d) P_L = V_L^2 / R_L$ の関係を使って各負荷抵抗の値に対する電力を算出します。次に、測定値に対して補間処理を行い、最大電力 P_{L-max} が得られる負荷抵抗の値を算出します。その値は、図 7 に示した回路の負荷端子に関連する R_{TH} の値と等しくなるはずです。

問題

- ▶ 1. 図 2 の回路について、分圧の考え方を適用して V_L を算出し、測定値と比較してください。両者に現れる違いについて説明してください。
- ▶ 2. 図 3 の回路の負荷 R_L に伝達される最大電力の値を算出してください。

答えは StudentZone で確認できます。

注記

アクティブ・ラーニング・モジュールを使用する記事では、本稿と同様に、ADALM1000 に対するコネクタの接続やハードウェアの設定を行う際、以下のような用語を使用することにします。まず、緑色の影が付いた長方形は、ADALM1000 が備えるアナログ I/O のコネクタに対する接続を表します。アナログ I/O チャンネルのピンは「CA」または「CB」と呼びます。電圧を印加して電流の測定を行うための設定を行う場合には、「CA-V」のように「-V」を付加します。また、電流を印加して電圧を測定するための設定を行う場合には、「CA-I」のように「-I」を付加します。1 つのチャンネルをハイ・インピーダンス・モードに設定して電圧の測定のみを行う場合、「CA-H」のように「-H」を付加して表します。

同様に、表示する波形についても、電圧の波形は「CA-V」と「CB-V」、電流の波形は「CA-I」と「CB-I」のように、チャンネル名と V (電圧)、I (電流) を組み合わせて表します。

本稿の例では、ALICE (Active Learning Interface for Circuits and Electronics) の Rev 1.1 を使用しています。

同ツール (ファイル名は `alice-desktop-1.1-setup.zip`) は、こちらからダウンロードすることができます。

ALICE は、次のような機能を提供します。

- ▶ 電圧／電流波形の時間領域での表示、解析を行うための 2 チャンネルのオシロスコープ
- ▶ 2 チャンネルの AWG (任意信号発生器) の制御
- ▶ 電圧と電流のデータの X/Y 軸プロットや電圧波形のヒストグラムの表示
- ▶ 2 チャンネルのスペクトル・アナライザによる電圧信号の周波数領域での表示、解析
- ▶ スイープ・ジェネレータを内蔵したボーデ・プロッタとネットワーク・アナライザ
- ▶ インピーダンス・アナライザによる複雑な RLC 回路網の解析、RLC メーター機能、ベクトル電圧計機能
- ▶ 既知の外付け抵抗または 50 Ω の内部抵抗に関連する未知の抵抗の値を測定するための DC 抵抗計
- ▶ 2.5 V の高精度リファレンス「AD584」を利用して行うボードの自己キャリブレーション。同リファレンスはアナログ・パーツ・キット「ADALP2000」に含まれている
- ▶ ALICE M1K の電圧計
- ▶ ALICE M1K のメーター・ソース
- ▶ ALICE M1K のデスクトップ・ツール

詳細についてはこちらをご覧ください。

注) このソフトウェアを使用するには、PC に ADALM1000 を接続する必要があります。

著者:

Antoniu Miclaus (antoniu.miclaus@analog.com) は、アナログ・デバイセズのシステム・アプリケーション・エンジニアです。アカデミック・プログラムや、Circuits from the Lab® 向けの組み込みソフトウェア、QA プロセス・マネジメントなどに携わっています。2017 年 2 月から、ルーマニアのクルジュナポカで勤務しています。現在、バベシュボイ大学においてソフトウェア・エンジニアリングに関する修士課程にも取り組んでいます。また、クルジュナポカ技術大学で電子工学と通信工学の学士号を取得しています。



Antoniu Miclaus

著者:

Doug Mercer (doug.mercer@analog.com) は、1977 年にレンセラー工科大学で電気電子工学の学士号を取得しました。同年にアナログ・デバイセズに入社して以来、直接または間接的に 30 種以上のデータ・コンバータ製品の開発に携わりました。また、13 件の特許を保有しています。1995 年にアナログ・デバイセズのフェローに任命されました。2009 年にフルタイム勤務からは退きましたが、名誉フェローとして仕事を続けており、Active Learning Program にもかかわっています。2016 年に、レンセラー工科大学 電気／コンピュータ／システム・エンジニアリング学部の Engineer in Residence に指名されました。



Doug Mercer

この著者が執筆した他の技術文書

StudentZone —
2018 年 1 月
「ADALM1000」で、
SMU の基本を学ぶ —
トピック 2: 線形性／
重ね合わせの理

[Analog Dialogue 52-02](#)