

StudentZone—2019年12月

ツェナー・ダイオードで構成したレギュレータをADALM2000で評価する

著者：Doug Mercer、コンサルティング・フェロー
Antoniu Miclaus、システム・アプリケーション・エンジニア

目的

電圧レギュレータは、負荷に供給する電流量の変化に依存することなく、一定の出力電圧を保ちたいケースで使われます。負荷の一例としては、マイクロコントローラをベースとするシステムが挙げられます。そうしたシステムは、その動作に応じて消費電流量が変化した場合でも、一定の電源電圧を必要とするはずで、図1に、ツェナー・ダイオードを使って構成した電圧レギュレータの例を示しました。負荷抵抗 R_L の値が、ある値よりも常に大きいのであれば、このような非常に簡素な電圧レギュレータを使用できます。この回路では、負荷電圧 V_L は、ツェナー・ダイオードの降伏電圧（ツェナー電圧）と同じ値に保たれます。電圧源 V_{IN} と抵抗 R_S は、ある種の回路のテブナン抵抗を形成します。ある種の回路とは、120VのAC主電源のような高い電圧を、レギュレーションが行われず、フィルタ処理も伴わない低電圧のDC電圧源に変換する回路です。

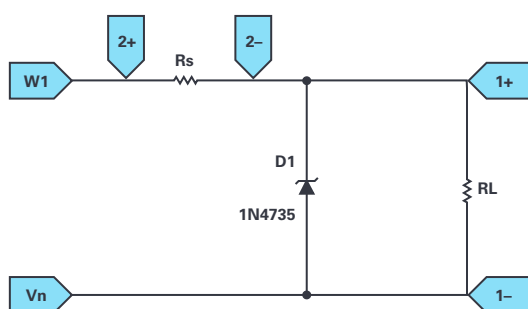


図1. ツェナー・ダイオードを使って構成したレギュレータ

準備するもの

- ▶ アクティブ・ラーニング・モジュール [ADALM2000]
- ▶ ソルダレス・ブレッドボード
- ▶ 抵抗 (R_S 用) : 1k Ω (1 個)
- ▶ 抵抗 (R_L 用) : 1k Ω (1 個)、10k Ω (1 個)、100 Ω (1 個)
- ▶ 可変抵抗またはポテンショメータ (R_L 用) : 5k Ω (1 個)
- ▶ ツェナー・ダイオード : 「1N4735」 またはその類似品 (1 個)

説明

1N4735は、降伏電圧が6.2Vのツェナー・ダイオードです。これを使用し、ソルダレス・ブレッドボード上に図1の回路を構成します（図2）。また、アクティブ・ラーニング・モジュール「ADALM2000」が備える任意波形ジェネレータAWG1（5Vで固定）とユーザ用の電源 V_n （-5V）を使って、DC電源 V_{IN} を実現します。 R_L としては、値の異なる固定抵抗や可変抵抗を使用します。

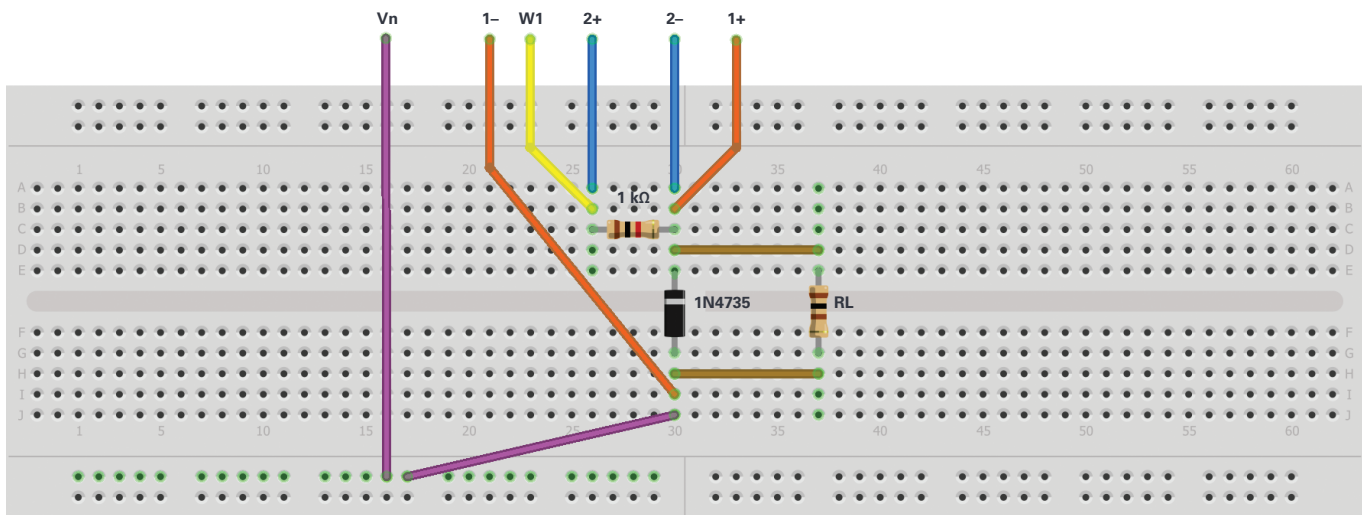


図2. 図1の回路を実装したブレッドボード

手順

続いて、具体的な手順を説明します。

ステップ1

ソフトウェア・パッケージ「Scopy」の電圧計機能を使用し、 R_L が以下の各値である場合の V_L を測定して記録します。

- ▶ オープン・サーキット (図3)
- ▶ 10k Ω (図4)
- ▶ 1k Ω (図5)
- ▶ 100 Ω (図6)



図5. R_L が1k Ω の場合のレギュレータ出力

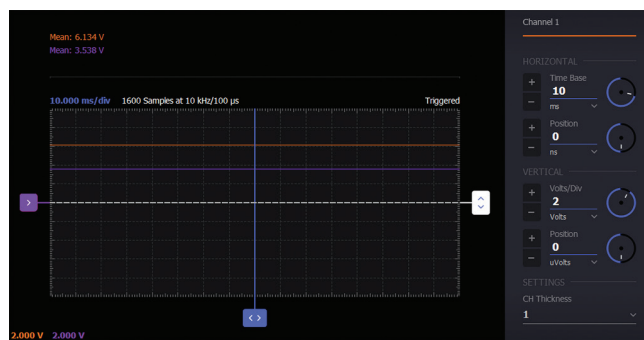


図3. オープン・サーキットの場合のレギュレータ出力

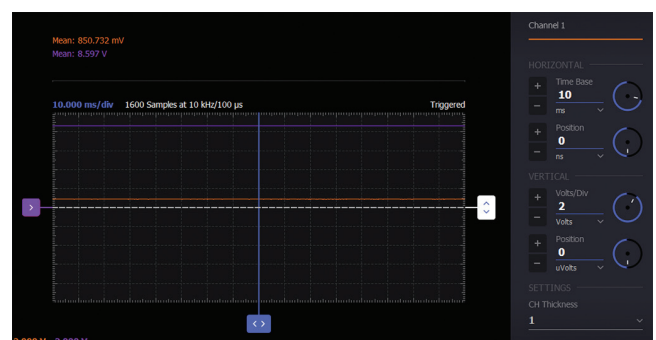


図6. R_L が100 Ω の場合のレギュレータ出力

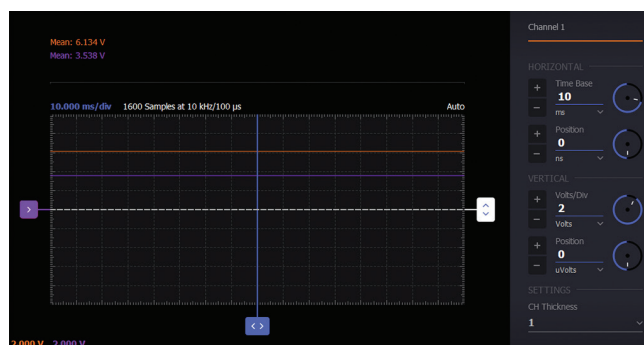


図4. R_L が10k Ω の場合のレギュレータ出力

ステップ2

次に、負荷 R_L として5k Ω のポテンショメータを接続します。その値を調整し、 V_L が降伏電圧 V_Z の10%以内になる R_L の最小値を調べます。得られた値は記録しておいてください。その値は、 R_S の値とどのような関係にあるでしょうか。

追加の実習

ステップ2と同じ方法により、オシロスコープのチャンネル2を使って R_S に流れる電流を測定します。オシロスコープのXYモードにより、ツェナー・ダイオードの両端の電圧と電流をプロットすることにより、ツェナー・ダイオードの電流 - 電圧特性を取得します。その際には、6.2Vの降伏電圧が含まれるように水平軸の電圧レンジとオフセットを調整します。結果が得られたら、特にツェナー・ダイオードと通常のダイオードの類似点と相違点について考察してみてください。

より多くの負荷電流を駆動する

図1に示したシンプルなレギュレータでは、最大負荷電流は抵抗 R_S によって決まります。また、この回路は、負荷電流が少ないときには効率が非常に悪くなります。これは、負荷に電流が流れないときにツェナー・ダイオードに流れる過電流の最大値に関連する現象です。図7に示すように、エミッタ・フォロワやダーリントン接続のエミッタ・フォロワといった電流アンプを組み合わせることで、ツェナー・ダイオードをベースとするレギュレータ回路の効率を大幅に改善することができます。

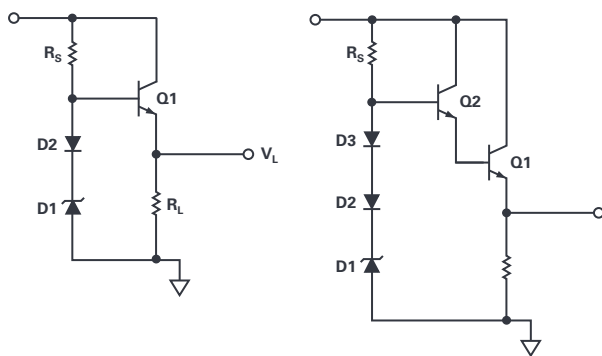


図7. 電流アンプを追加したレギュレータ回路

追加で準備するもの

- ▶ NPN トランジスタ: 「2N3904」と「TIP31」(2 個)
- ▶ 小信号ダイオード: 「1N914」またはその類似品 (2 個)

説明

引き続き、図7のD1としては、降伏電圧が6.2Vのツェナー・ダイオードである1N4735を使用します。また、パワー・トランジスタQ1としては、2N3904またはTIP31を使用します。ソルダーレス・ブレッドボードを使用し、図7に示す2つの回路のうちいずれかを構成してください。Q2としては2N3904、D2とD3としては1N914を使用するとよいでしょう。

ツェナー・ダイオードD1と直列に接続したダイオードD2は、エミッタ・フォロワQ1によって生じる電圧降下 V_{BE} をキャンセルするためのものです。同様に、図7の右に示した回路では、ダイオードD2、D3を追加することで、ダーリントン接続された2つのトランジスタの V_{BE} をキャンセルしています。

問題

図1の回路を使用し、 V_L の値が降伏電圧 V_Z の20%になる抵抗 R_L の値を調べてください。

答えは [StudentZone](#) で確認できます。



著者について

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年にはアナログ・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。



著者について

Antoni Miclaus (antoni.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、バベシュボヨ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。



想像を超える可能性を
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

VISIT [ANALOG.COM/JP](https://analog.com/jp)

アナログ・デバイス株式会社

©2020 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。
Ahead of What's Possibleはアナログ・デバイスの商標です。

AD5312-0-12/19

お住いの地域の本社、販売代理店などの情報は、analog.com/jp/contact をご覧ください。

オンラインサポートコミュニティ[EngineerZone](https://analog.com/jp/engineerzone)では、アナログ・デバイスのエキスパートへの質問、FAQの閲覧ができます。