

StudentZone——2021年2月

ADALM2000による実習：ソース型／シンク型のフローティング電流源

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

今回は ΔV_{BE} の概念について検討します。 ΔV_{BE} は、入力電圧が変動しても安定した出力電流が得られるようにしたい場合に使用されます。今回の実験では、帰還を使用することにより、電源電圧の範囲内で一定またはレギュレートされた出力電流を生成する回路を例にとります。

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：500Ω の可変抵抗またはポテンショメータ (1 個)
- ▶ 抵抗：100Ω (1 個)
- ▶ 小信号 NPN トランジスタ：「2N3904」(3 個)
- ▶ 小信号 PNP トランジスタ：「2N3906」(3 個)

説明

図1に示した回路をソルダレス・ブレッドボードに実装してください。青色の四角は、ADALM2000をどこに接続するかを表します。PNPトランジスタQ1、Q2、Q3は、ゲインが2のカレント・ミラーを構成しています。つまり、入力電流の2倍の出力電流が得られます。NPNトランジスタQ4、Q5、Q6と可変抵抗R1により、この回路の ΔV_{BE} が決まります。抵抗R2は、この回路に流れる電流の測定に使用します。その測定には、オシロスコープのチャンネル2を使用します。また、オシロスコープのチャンネル1により、回路における電圧の変化を測定します。

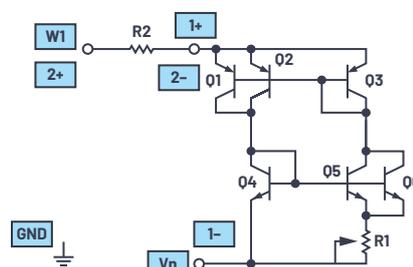


図1. フローティング電流源 (その1)。
 負電源に接続されたシンク型の電流源として機能します。

出力電流はR1によって設定します。R1の両端には、Q4の V_{BE} と、並列に接続されたQ5/Q6の V_{BE} の差(ΔV_{BE})が現れます。Q1、Q2、Q3で構成されるカレント・ミラーでは、3つのトランジスタのサイズが等しければ得られるゲインは2になります。したがって、Q4を流れる電流は、Q5とQ6の電流の合計値の2倍になります。

ここで、Q4、Q5、Q6のサイズが等しいとすると、電流密度の比は4となり、 ΔV_{BE} は次式のように表されます。

$$\Delta V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln 4 \quad (1)$$

この式には絶対温度の項が含まれており、電流は絶対温度に比例します。この特性は、有利に働くケースもあれば不利に働くケースもあります。

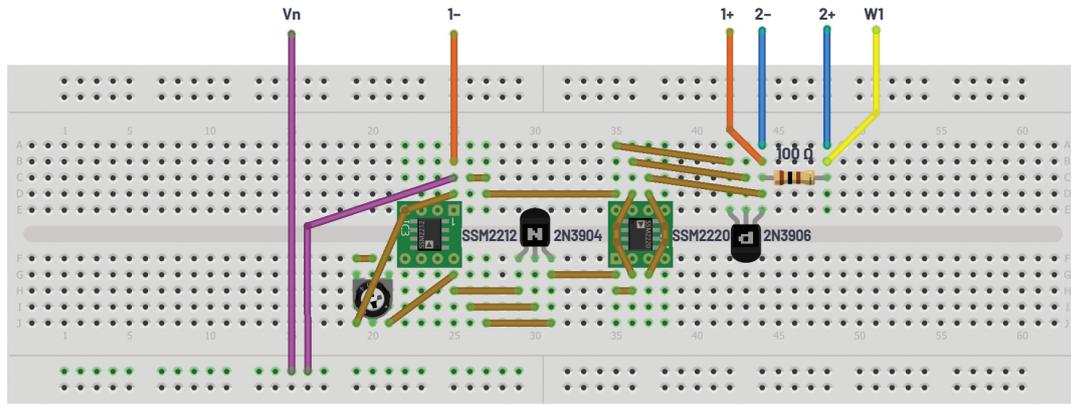


図2. 図1の回路を実装したブレッドボード

ハードウェアの設定

図2に、図1の回路を実装したブレッドボードを示しました。

手順

任意波形ジェネレータ (AWG) は、ピークtoピークの振幅が10V、オフセットが0V、周波数が100Hzの三角波を生成するように設定します。オシロスコープは、電圧と時間の関係が表示されるように設定します。また、横軸がチャンネル1、縦軸がチャンネル2となるXYモードの設定も行ってください。なお、オシロスコープによる波形の表示には、ソフトウェア・パッケージ「Scopy」を使用します (図3)。回路の電源は、確実に接続されていることを再確認してから投入してください。

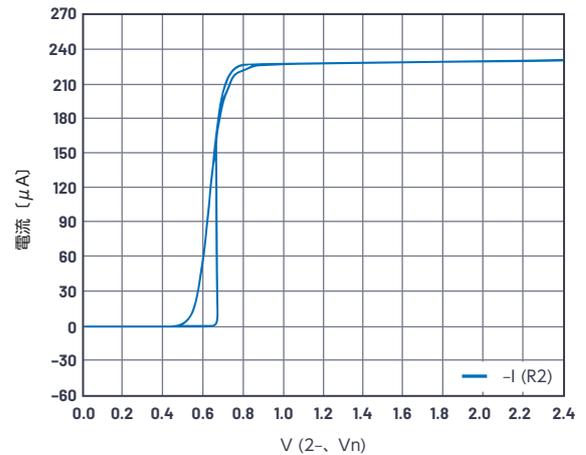


図4. シミュレーションで取得したXYプロットの例。理想的なコンポーネントを使用してフローティング電流源 (負電源に接続されたシンク型) を構成し、LTspiceによってシミュレーションを実施した結果です。



図3. フローティング電流源 (その1) のXYプロットの例

回路のフローティング特性を確認する

図1の回路では、負の端子のリファレンスとして負の電源を使用しました。続いては、この回路が真にフローティング電流源であることを確認するために、ブレッドボードを図5のように実装直すことにします。その上で、再度測定を実施しましょう。

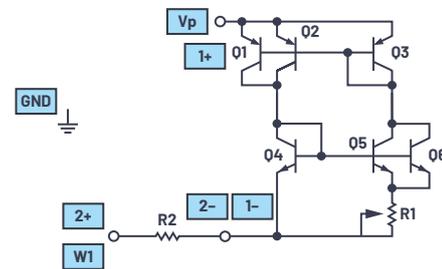


図5. フローティング電流源 (その2)。正電源に接続されたソース型の電流源として機能します。

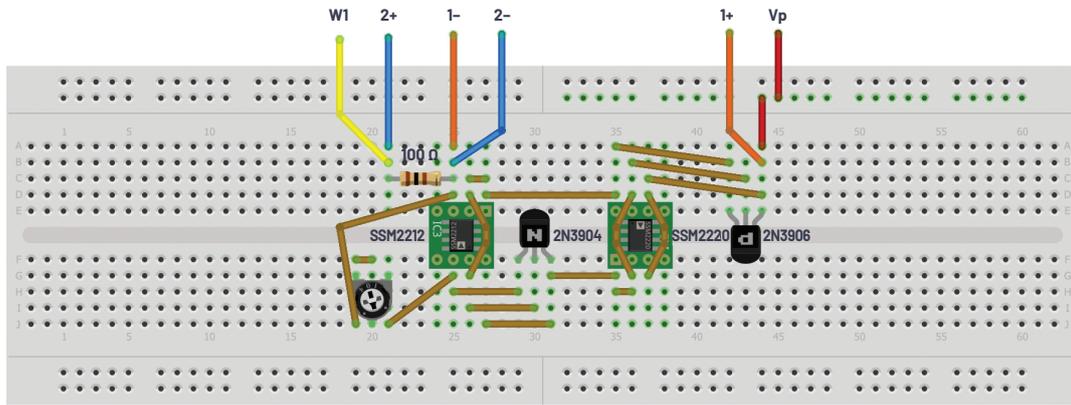


図6. 図5の回路を実装したブレッドボード

ハードウェアの設定

図6に、図5の回路を実装したブレッドボードを示しました。

手順

AWGのW1は、ピークtoピークの振幅が10V、オフセットが0V、周波数が100Hzの三角波を生成するように設定します。オシロスコープは、電圧と時間の関係が表示されるように設定します。また、横軸がチャンネル1、縦軸がチャンネル2となるXYモードの設定も行ってください。回路の電源は、確実に接続されていることを再確認してから投入してください。



図7. フローティング電流源 (その2) のXYプロットの例

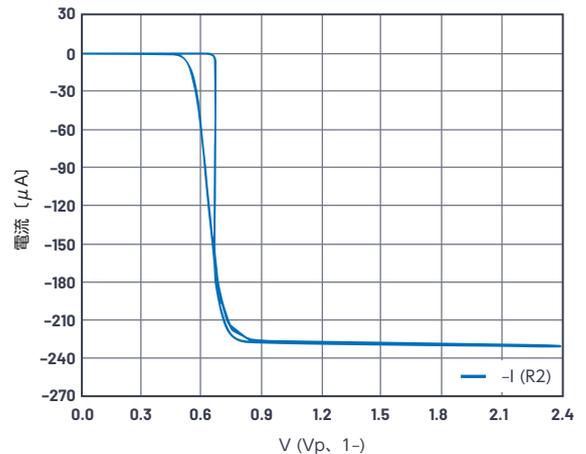


図8. シミュレーションで取得したXYプロットの例。理想的なコンポーネントを使用してフローティング電流源 (正電源に接続されたソース型) を構成し、LTspice®によってシミュレーションを実施した結果です。

問題：

電流源がほぼ一定の電流を維持するためには、その両端において、少なくともどれだけの電圧が必要になりますか。LTspice®によるシミュレーション結果を基に解析を行うことで、必要な最小電圧を求めてください。

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

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。