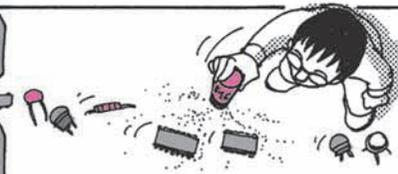


SPICE

実用電子回路講座



第1回 OP アンプ回路の直流出力変動への対応

遠坂 俊昭
Toshiaki Enzaka

● 現代の電子回路設計にシミュレータは必須

真空管が誕生し、電子回路技術はその進化の速度が上がりました。そして、トランジスタやIC、LSIなどが次々と誕生し、高機能、高性能な電子機器が実現されるようになりました。

現在でも、進化のスピードは上がるばかりです。分野も低周波、高周波、アナログ、デジタル、ソフトウェアというふうに広がってきており、競争の激化した電子業界では、新製品開発のスピードが生き残りの鍵になっています。

一方、小型化の要求から電子部品の多くは表面実装化されて、基板ができあがってしまった後に、回路を変更したり、定数をチューニングするといった作業が容易ではなくなりました。このため現場では、できるだけ完成度の高い試作を行うために、前段階の回路設計の際に、しっかりとした検証を行うことが重視されており、SPICEなどの電子回路シミュレータの使いこなしが、技術者に必須のスキルになっています。

● 理屈は抜きにしてみよう！それが今のスタイル

電子回路の設計技術を身に付けていくやり方には二つあると思います。

一つ目は、理屈をじっくり理解してから試作・実験をし、電子回路を一つ一つ確実に身につけていく方法です。もう一つは、細かい理屈は抜きにして、実績ある電子回路を真似しながら、思い切って試作と実験を繰り返し、知っている定石回路の数をどんどん増やしていく方法です。

両者には一長一短がありますが、現代の電子回路の応用分野はとても広く、使用する部品の種類も膨大ですから、基礎から一つ一ついねいに理解してから進めるやり方では、ゴールが見えなくなるばかりか、各種の技術テーマの重要度や優先順位をつけることができなくなります。これでは、効率良く技術を身に付けることができません。

現代のやり方としては、後者が適していると思いま

す。自分の取得したい分野を大枠で理解し、それから各部の動作を細かく定量的に分析し、理解していくほうが効率的です。このような目的には、シミュレータはとても有効です。

● PSpice 評価版を使って実用的な電子回路の作りかたを紹介する

本連載の目的は、電子回路シミュレータ PSpice の評価版(OrCAD Family Release 9.2 Lite Edition, ケイデンス社)を正しく使いこなしながら、実用的な電子回路の設計方法を理解していただくことです。

初めて電子回路を設計するという方には、いきなり本格的なシミュレータを使って大規模な回路を解析するのは勧められません。最初は、手軽な評価版のシミュレータなどを利用して、小規模な電子回路を解析しながら、シミュレータの基本的な使いこなし方を一つずつ身に付けていくべきでしょう。

PSpice 評価版は、稿末の参考文献(2)を購入すると入手できます。同書には、インストール方法や基本的な使い方がわかりやすく書いてあります。なお、連載で取り上げたシミュレーションの解析用データは、トランジスタ技術のホームページ(<http://www.cqpub.co.jp/toragi/>)からダウンロードできます。もちろん、シミュレータをもっていない人でも、本連載を通じて、OPアンプ回路をはじめとするアナログ回路の設計に関する情報を得ることができでしょう。

*

今回は、OPアンプの入力オフセット電圧を低減したり、入力バイアス電流の影響を低減するテクニックを紹介します。

OPアンプの入力オフセット電圧への対応

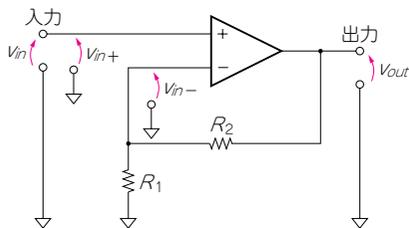
● 復習… OPアンプを使った二つの増幅回路

OPアンプを使った増幅回路は、さまざまな分野で使われています。

OPアンプICに必要とされるスペックは用途によっ

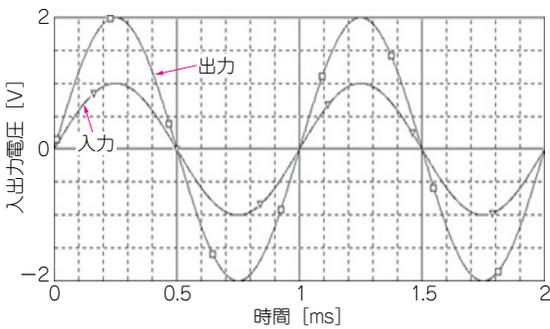
て、周波数範囲、ゲイン、最大電圧、最大電流などさまざまです。一般的なOPアンプは、 $\pm 5V \sim \pm 15V$ 程度の電源電圧で使われ、現在では直流から数十MHz程度の周波数まで使用できます。

図1-1と図1-2に示すのは、OPアンプを使った二つの増幅回路の動作を見るシミュレーションです。それぞれ「非反転増幅回路」、「反転増幅回路」と呼びます。反転増幅回路は、1以下のゲインでも実現でき、ゲイン1でも発振防止対策が容易です。非反転増幅回路は、ゲインは必ず1以上で、ゲイン1での発振防止対策が困難です。



- ゲイン $G = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$
- 入力インピーダンスがとても大きい
- OPアンプのプラス端子とマイナス端子の電位 (V_{in+} と V_{in-}) が入力信号の電位 (V_{in}) と等しい

(a) 回路の基本形



(b) 入出力波形

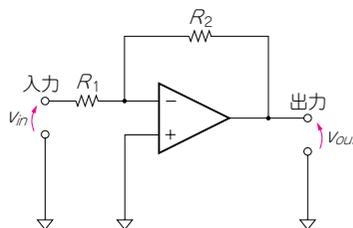
図1-1 OPアンプを使った非反転型の増幅回路

● 入力オフセット電圧を見る

周囲温度や入力に接続するセンサなどの信号源の種類によって、OPアンプを使った直流増幅回路の出力の直流値が変動するようでは不都合です。入力が0Vのときは、出力も0Vにならないではありません。この出力直流変動の原因の一つが、入力オフセット電圧です。

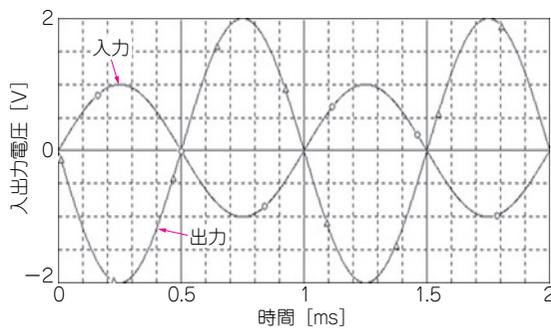
早速、OPアンプの入力オフセット電圧の影響をシミュレーションで見てみましょう。

PSpice評価版に登録されているOPアンプのモデル $\mu A741$ を利用します。 $\mu A741$ は、30年以上も前に開



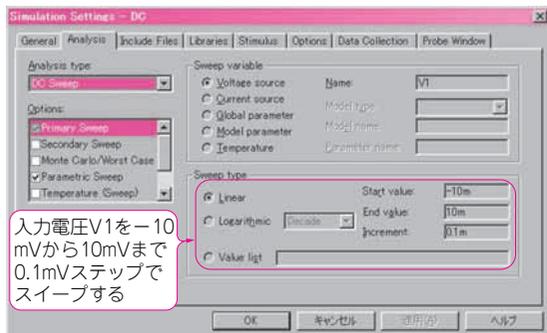
- ゲイン $G = \frac{R_2}{R_1}$
- 入力インピーダンスがほぼ R_1 に等しい
- OPアンプのプラス端子とマイナス端子の電位 (V_{in+} と V_{in-}) はほぼグラウンド電位 (0V) に等しく、変動しない

(a) 回路の基本形



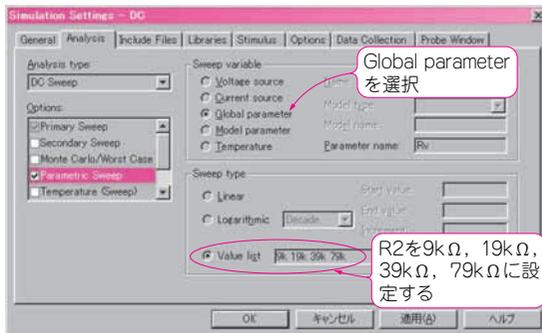
(b) 入出力波形

図1-2 OPアンプを使った反転型の増幅回路



入力電圧V1を-10mVから10mVまで0.1mVステップでスイープする

(a) 入力電圧の設定



Global parameter を選択

R2を9k Ω 、19k Ω 、39k Ω 、79k Ω に設定する

(b) パラメトリック解析の設定

図1-3 図1-4の解析のための設定

