



第7章

ブラックボックス・オープン! 発生のしくみをトランジスタ回路で解析

プロでもハマる!

OPアンプの2大トラブル「オフセットと発振」の原因と対策

佐藤 尚一 Hisakazu Satou

現在は、さまざまなOPアンプICが販売されています。負帰還をかけたOPアンプでは、下記2点のいやらしいトラブルがあります。

- (1) オフセット電圧
- (2) 発振

OPアンプICはブラックボックスとなっており、外付け部品でやみくもに対策を行い、真の原因が迷宮入りしてしまうことも、少なくないのではないのでしょうか。

ここでは、ディスクリートのトランジスタを使ってOPアンプを作り、オフセットと発振のメカニズムを解説します。対策方法を身に付け、アナログ・センスをアップしましょう。

〈編集部〉

ディスクリートのOPアンプで丸見え解析

● OPアンプはブラックボックス…ディスクリート回路で原因を徹底解剖

リニア・アンプの実現には、OPアンプICを使うことが代表的です。IC内部の定数の誤差などは、負帰還によって理想とみなせるレベルまで抑制されるため、ICの外側から見た応用回路全体の特性は、ほとんど計算通りになります。

入力オフセット電圧は負帰還によって改善不可能な問題です。また負帰還の安定性を保ち、いかに発振させないかが、理想的な動作の前提条件となります。

これら二点の大部分は、IC内部の回路特性で決まります。

適当なOPアンプICが存在しない場合は、ディスクリートで同様な回路を構成することもあります。その場合、ICと同様な設計作業が必要です。

ここではOPアンプと同じ回路構成の簡単なディスクリートOPアンプを例に、入力オフセット電圧と負帰還の安定性を解析し、その原因解明と対策をします。

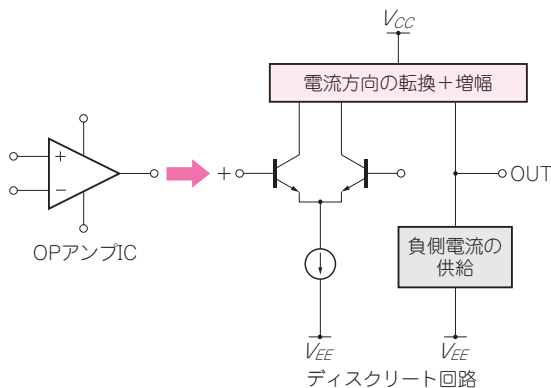


図1 OPアンプIC内の基本回路
OPアンプICをディスクリートに置き換える

● OPアンプICの回路をディスクリートに置き換える
電源電圧±5Vで50Ωの信号ラインなど重めの負荷に対し、1V_{RMS}(≒1.4V_{P-P})程度の信号を扱えるようなアンプを製作してみます。

回路設計は既存の回路例をひな形として、定数を置き換えるところから始めると簡単です。

汎用リニア・アンプのひな形として、もっとも現実的なのはOPアンプICの等価回路だと思います。半導体のばらつきと温度特性に由来する調整要素を素子の相対的なバランスと負帰還によって解消してくれるからです。

基本要素をまとめて簡素化すると図1のようになります。これはトランジスタを3石使って図2のような回路で実現できます。多少複雑に見えますが、都合4本の抵抗値を決めればとりあえず動作します。

R_{C2}とR_{E2}は適当な抵抗1kΩ、100Ωを使い、そこから決まるV_{B2}を算出します。R_{C1}とI_{EE}は、I_{C1a}を1mAとして算出しています。トランジスタのV_{BE}は品種によらず0.7Vと仮定し、h_{FE}を十分大きいものとしてI_Bを無視しています。電源電圧はレギュレータで正確な電圧を供給することを前提としています。