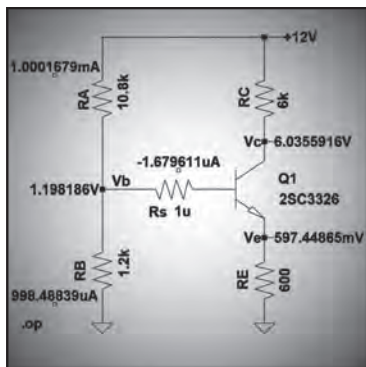


連載



産業分野の主要センサ活用と
高精度なアナログ回路設計プロセスを学ぶ

新人技術者のための アナログ回路設計スタディ

第3回 OPアンプの基礎知識習得(後編 差動アンプの解析)

中村 黄三 Kozo Nakamura

本文中の*印がある語句には
p.150に用語解説があります。

前号ではOPアンプの応用として、反転アンプから両入力アンプまでの入出力関係を表す伝達式の導出方法を紹介しました。今月はその続きとして、差動アンプおよび計装アンプの動作と伝達式、そして計装アンプの肝とも言えるCMRR: Common Mode Rejection Ratio(同相電圧除去比)の導出方法を解説します。

差動アンプと計装アンプの伝達式は抵抗の変数が一般のOPアンプ回路よりずっと多く、式も複雑です。簡素な形に式を変形するコツも併せて紹介します。

差動アンプの特徴と伝達式の導出

● 差動アンプはレベル・シフト回路に最適な構成

図1に示すのは、5V単電源動作A-Dコンバータの前段にあって、正負に振れる入力信号を扱うためのレベル・シフト回路です。このレベル・シフト回路は差動アンプによって構成されています。

差動アンプは反転側の入力電圧 V_{IM} 、非反転側の入力電圧 V_{IP} 、および差動アンプ出力 V_O の中心電位を決める V_{REF} の3つの入力ピンをもつOPアンプ回路です。この回路は、前月紹介した加減算回路(図9の(f))として考案されましたが、現在はその利便性からいろいろな目的で使用されています。図1に示す用法は、代表的な利用の一つです。

差動入力成分であるノーマル・モード電圧 V_D (V_{IP} と V_{IM} の差)を増幅し、出力 V_O を入力電圧 V_{REF} を基

準とした電位で振らせる使い方です。 V_{REF} によってグラウンド基準で正と負に振れるAC信号を0V以上にシフトして、たとえば5V単電源で駆動するA-Dコンバータの入力レンジにフィットさせることができます。

● 差動アンプは両入力アンプの発展型

前月紹介した両入力アンプも、 V_{REF} のような基準電圧の上に信号出力を乗せることができます。しかし、差動アンプのようなレベル・シフトができないことと、基本的にはシングル・エンド形式のアンプ回路であるため、同相で入ってくる外部ノイズを除去することはできません。理由は図2に示すように、入力信号に対するゲイン式が図(a)の反転入力側 G_M と、(b)の非反転入力側 G_P とで異なるためです。

なお、ここでいうゲイン式とは伝達式から入出力電圧を除去し、複数の抵抗比による倍率(ゲイン G)を表した式を指します。ゲイン設定に関わる複数の抵抗群を、略してたんにゲイン・ブロックと呼ぶことがあります。

式(3)と式(4)を見比べると非反転入力側 G_P のほうが、 R_1 同士の比(=1)だけ大きくなっています。そこで同図(c)のように抵抗アッテネータ(日本語では減衰器と呼ぶ。以後はATTと記述)を非反転側に入れ、絶対値ベースで式(5b)のように、反転側と同じゲインになるように調整したものが差動アンプです。二つ

図1 A-Dコンバータの入力範囲にフィットさせるため、差動アンプで信号レベル・シフトを行う例

差動アンプは V_{IM} と V_{IP} 、および V_{REF} の3つの入力をもつOPアンプ回路。 $(V_{IP}-V_{IM})$ の差動入力成分(ノーマル・モード電圧 V_D)を増幅し、 V_{REF} 入力を電圧基準とした電位で振幅させている。加減算回路の原理で出力 V_O をグラウンドから2.5Vシフトさせ、その電位を中心に信号電圧を振らせ、A-Dコンバータの入力レンジにフィットさせている

