

第 6 章

複合アンプ

見
本

Walt Jung / 訳：服部 明

複合アンプ (composite amplifier) という用語は、いろいろな意味で捉えることができます。最も一般的には、OP アンプの入力または出力のどちらかに、追加の回路を組み合わせた場合の回路を、いわゆる複合アンプと呼びます。このような回路の増強によって、複合アンプでは新しい性能レベルが実現されることになり、有用性が高まります。

このようなタイプの OP アンプ性能の向上について、いくつかの回路はこの「OP アンプ大全」の別の章ですでに説明されています。たとえば、本巻の第 1 章にある特定バッファの回路や、本巻第 2 章の「バッファ・アンプ」の節には、複合 OP アンプと呼んでもよい回路があります。

これらの例では、標準的な出力段がバッファとして設計されており、バッファリングされる OP アンプと同じ供給電源で動作するユニティ・ゲイン・バッファを利用しています。このバッファが十分な帯域幅をもつかぎり、これは単純で的確な方法といえます。OP アンプと負荷の間にバッファを挿入し、OP アンプとバッファを加えた回路にフィードバックを接続するだけで完成します。

OP アンプの性能を向上させる非常に有効な手段として、二つの IC の優れた利点を合成する方法と、標準の OP アンプ IC とデスクリート・トランジスタを組み合わせる方法があります。ここでは、このようにして組み合わせられた回路を複合アンプとして取り上げます。特別の状況では、うまく設計された複合アンプのほうが、標準の OP アンプより優れた性能を発揮する場合があります。その理由は、標準の OP アンプでは達成できない (あるいは実用的でない) ことが、複合アンプではユニークな特定の性能に合わせて最適化できるためです。

しかしながら、電圧ゲインを高めるために、OP アンプに入力 (あるいは出力) 回路を追加した場合には必ず、この複合アンプのオープンループ・ゲインと位相特性について、起こりうる安定化の問題のための検証を行う必要があります。複合アンプにたとえユニテ

ィ・ゲインで安定な OP アンプが使われたとしても、このような検証が必要であるということに注意してください。電圧ゲインを増加させるということは、組み合わせたあとの正味のオープンループ・ゲインを増加させることになるためです。このことは、後述の回路例によって理解を深めることができるでしょう。

この章では、以下のカテゴリに分類される複合アンプ回路について説明します。

(1) 複数の OP アンプを使った複合アンプ

(2) 出力電圧を強化する複合アンプ

(3) ゲインを増加する複合アンプ

(4) 「懐かしい」昔の複合アンプ

以下に、それぞれのタイプごとの回路例を紹介します。

6-1 複数の OP アンプを使った複合アンプ

最も単純な複合アンプの形状は、二つ以上の OP アンプを使って単一の OP アンプと等価な複合アンプに合成することです。この方法は通常、オフセットの制御や、ある場合にはゲインの増加やさらなる出力振幅を得るために使われます。

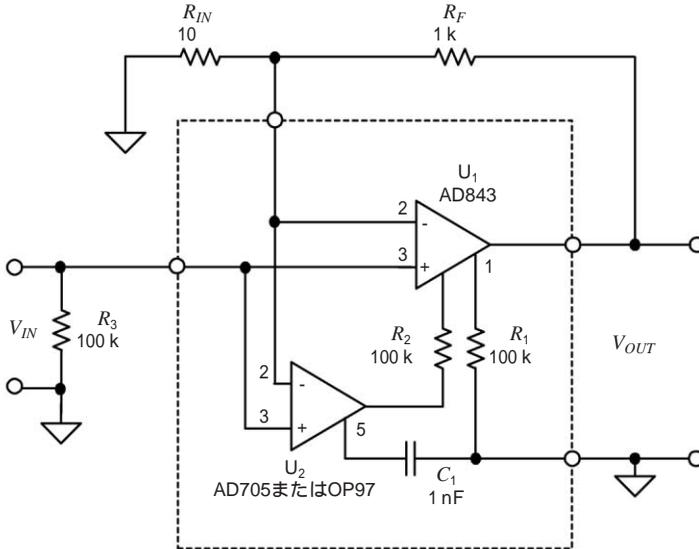
●二つの OP アンプを使った複合アンプ

2 個の OP アンプの組み合わせで最も柔軟な複合アンプの構成は、両方の信号入力(反転入力と非反転入力)が、OP アンプと同様に使えるような形といえます。この例の一つとなる回路を図 6-1 に示します[参考文献(1)参照]。

この回路で、 U_1 は FET 入力的高速 OP アンプ AD843 です。このような FET 入力をもつデバイスは、高速のデータ収集アプリケーションに適しています。一方、これらのアンプのオフセットとドリフトは、優れたバイポーラ型 OP アンプと比較すると比較的大きな値をもっています。この回路構成で、低オフセット/低オフセット・ドリフトのスーパーベータ入力を備えた AD705 を U_2 として組み合わせると、両者の優れた点を総合した性能が達成できます。基本的には、回路全体のオフセットとそのドリフトは U_2 の最大値レベル(OP97E の場合；オフセットが $60 \mu\text{V}$ 、ドリフトが $0.6 \mu\text{V}/$ 、バイアス電流が 100pA)まで減らすことができます。複合アンプは図で破線で囲まれたボックスとなり、4 端子の OP アンプとして使うことができます。

U_1 と U_2 の両方の OP アンプは、それぞれの入力が並列に接続されており、両者が信号を増幅します。デバイス U_1 は負荷を駆動し、フィードバック・ループが直接つながっています。一方、 U_2 の出力は、 100k の抵抗 R_2 で U_1 の 8 番ピンに接続され、 U_1 のオフセット・ゼロ調整端子を駆動しています。 R_1 は反対側のオフセット入力端子(1 番ピン)に

図6-1 OPアンプ2個で構成する低ノイズ/低ドリフト複合アンプ



同じ値の抵抗でつながれています。C₁はU₂の5番ピンにつないで過補償を行っています。ここで、これら3本の端子はAD843とAD705/OP97に独特の端子であることに注意してください。U₁/U₂の信号入力、出力、電源電圧ピンはすべて標準で、この回路は通常の±15V電源で動作します。

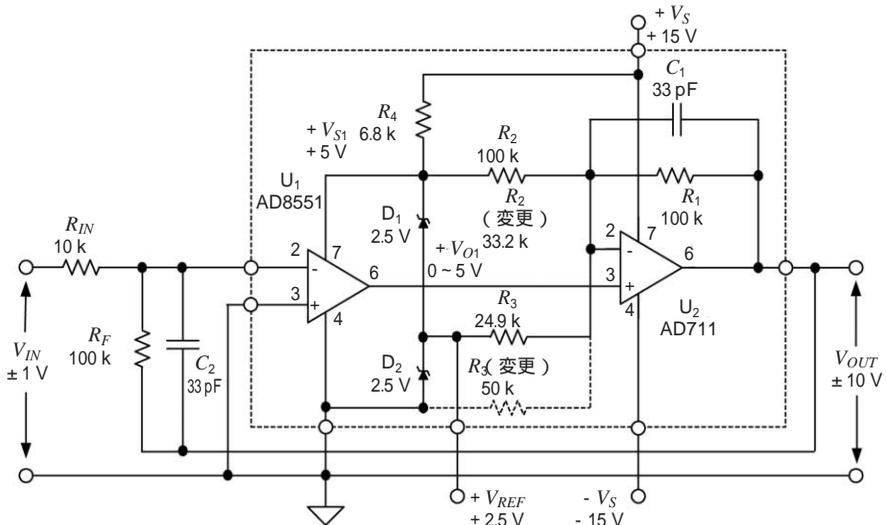
この回路は図に示されているように、R_FとR_{IN}によって決定される101倍のゲインをもった非反転増幅回路です。しかしながら、この回路は反転/非反転増幅回路による利用も可能です。この回路の詳細な技術的解析については参考文献(2)に紹介されています。

●低電圧/単一電源回路を高出力電圧にインターフェースする

低電圧(あるいは単一電源)で動作するように設計されたOPアンプを、高電圧または両電源で動作するシステムへ接続しなければならない場合があります。低電圧/単一電源動作のOPアンプの例として、数多くのチョッパ安定型OPアンプがあります。このようなOPアンプは、何らかの接続手段を使うことなしに、高電圧供給で簡単に使うことはできません。

図6-2の回路は、低電圧/単一電源供給のチョッパ安定型OPアンプAD8551を、高電圧±15Vを供給するシステム上で使用する方法を示しています。

図6-2 低電圧/単一電源チョッパ安定型 OP アンプを使った 160 dB ゲインをもつ高電圧出力複合アンプ



この回路では、 U_1 の AD8551 が、リファレンス・ダイオード D_1 、 D_2 によってメインの $+15\text{V}$ のレールから作られたローカルな $+5\text{V}$ 電源で動作し、複合アンプの高精度入力段として動作します。これは、必要な電流を供給するために選択された R_4 の値とともに、 U_1 段が必要とする供給電圧条件を満たします。

U_1 の $0 \sim 5\text{V}$ の出力振幅を $\pm 10\text{V}$ の範囲にインターフェースするために、出力段の U_2 はレベル・シフトとゲイン段という両方の役割を担って動作します。公称ゲインは 6 倍となり、DC オフセットで必要なレベル・シフトを提供しています。 $R_1 \sim R_3$ の抵抗器と、リファレンスとして使われている 5V によって、ゲインとレベル・シフトが達成されています。ゲイン 6 倍を逆算すると、 U_1 の正側出力振幅は、たとえばレール・ツー・レール出力でないような OP アンプの場合では $0.833\text{V} \sim 4.167\text{V}$ ほどになります。

この回路の長所は、 U_1 の出力がほとんど負荷をもっていないということです。したがって、このアンプはそれ自体が持っている特有のゲイン(オープンループ・ゲイン)で動作します。AD8551 では、この値は標準値で 145dB となっています。さらに、 15.6dB が U_2 段で加えられるため、この複合アンプの正味のオープンループ・ゲインは 160dB を越える値をもっています。さらに、この高いゲインは、 U_2 では標準的なエミッタ・フォロワ・タイプの出力ステージが使われていることから、比較的到低い出力インピーダンスが