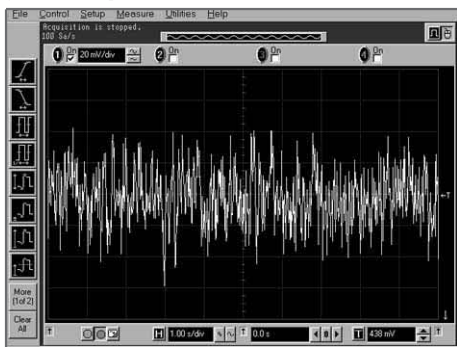


ICレビュー 実験室

2 低オフセット OP アンプの評価実験

川田 章弘
Akihiro Kawata



今回は、低オフセット OP アンプの使い方を紹介しました。使い方がわかると、今度は、実際にどんな OP アンプがあるのか、そしてその性能はどの程度なのか気がになります。

そこで今回は、現在市販されている低オフセット OP アンプの性能を調べてみます。オープン・ループ・ゲインや位相特性、オフセット電圧などを測定します。

評価する OP アンプは前回(2004年1月号)紹介したとおり8種類あり、定番品から最新のものまでさまざまです。

OP07CP は、元祖、低オフセット OP アンプです。

OP177FP は、OP07CP の直流性能を改善したものです。

OP27EP は、OP07CP の交流性能 (GBW など) を改

善したものです。入力換算雑音電圧が小さいため、PLL 回路のループ・フィルタによく使われているようです。

OP27GS は、OP27EP のランクおよびパッケージ違いです。

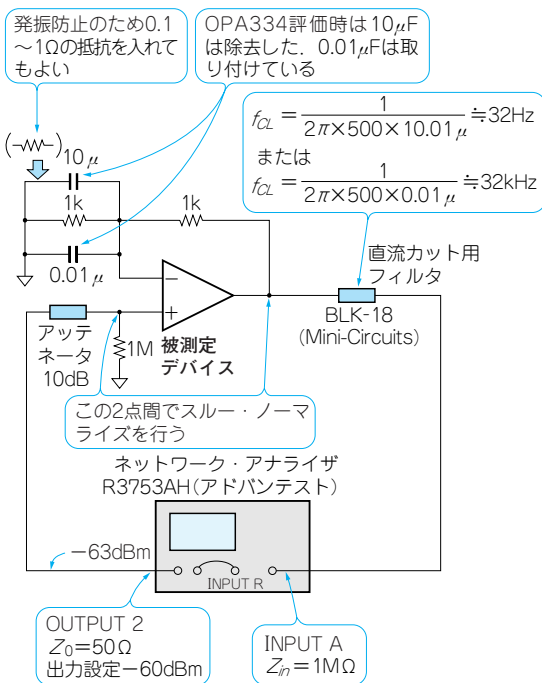
OPA27U は、テキサス・インスツルメンツ社の OP27 型 OP アンプです。

AD8610BR は、JFET 入力の低オフセット OP アンプです。バイアス電流がとても小さいうえに、GBW は 25 MHz_{typ} と比較的大きい OP アンプです。

AD8628AR は、チョップ周波数 15 kHz のチョップ型 OP アンプです。チョップ型だけあってとても低ドリフトです。雑音もチョップ型のわりには小さくなっています。

OPA334 は、チョップ周波数 10 kHz の CMOS チョップ型 OP アンプです。CMOS だけあって、消費電流が 285 μA_{typ} ととても小さくなっています。

〈図2-1〉オープン・ループ・ゲインと位相の周波数特性を測定するシステム



評価項目とその方法

低オフセット OP アンプの主な用途は、高精度直流回路です。そのような回路では、周波数特性やひずみといった交流性能ではなく、ゲイン誤差やオフセット電圧、温度ドリフトなどの直流精度が重要です。そこで、今回は OP アンプの性能のうち、精度に関係するものを中心に調べてみます。

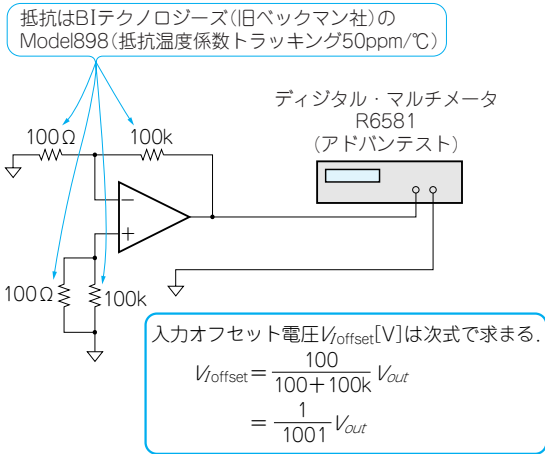
● オープン・ループ・ゲインと位相特性

図2-1に、オープン・ループ時、つまり無帰還時のゲインと位相特性を評価する回路を示します。この評価回路は、稿末の文献(1)で紹介されていたものです。

オープン・ループ・ゲインと位相特性を調べると、発振に対する安定度の指標である位相余裕を知ることができます。位相余裕は、できれば60°くらいは欲しいところです。最低でも45°は必要です。

位相余裕が小さいと、容量負荷によって発振しやすくなります。オープン・ループ・ゲインを測定しないで使うことも多いのですが、発振などのトラブルに見

〈図2-2〉 入力オフセット電圧の測定システム



舞われたときは、確認してみると良いでしょう。

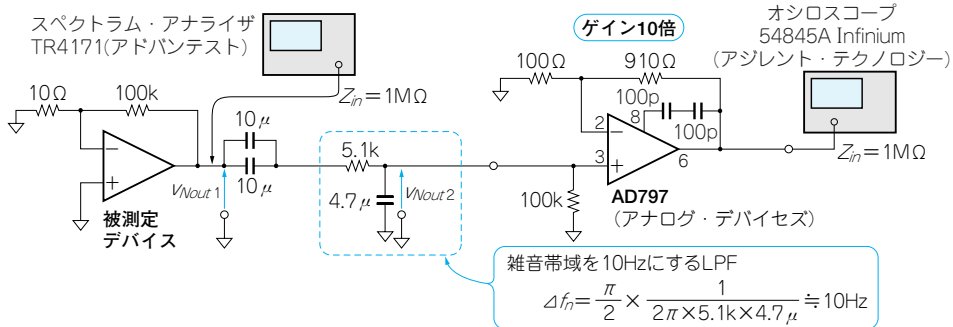
評価回路は微分回路なので、OPアンプによっては発振することがあります。実際、今回評価するOPアンプの一つ(OPA334)が発振したため、10μFのコンデンサをつけずに測定しました。このコンデンサがないと低域の特性を測定できません。低域から特性が見たい場合は、10μFに直列に0.1~1Ω程度の抵抗を入れると良いでしょう。

なお、OPアンプを無帰還で動作させると、オフセット電圧によって出力が飽和するので、何も測定することができません。出力が飽和したときの出力電圧値は、OPアンプの最大出力電圧によって決まります。レール・ツー・レールOPアンプでは、ほぼ電源電圧に等しい値になります。

● 入力オフセット電圧

図2-2に入力オフセット電圧の評価回路を示します。

〈図2-3〉 OPアンプの入力換算雑音電圧の測定システム



周波数帯域10Hzの出力雑音電圧 V_{Nout} [VRMS] は次のとおり。

$$V_{Nout} = \sqrt{\{(G-1)\sqrt{4kTR_S}\}^2 + 4kTR_F + (e_N G)^2 + (i_N - R_F)^2} \times \sqrt{10} \dots\dots\dots (2-1)$$

$G = 1 + R_F / R_S$

ただし、 e_N : OPアンプの入力換算雑音電圧密度 [VRMS/√Hz], k : ボルツマン定数 [J/K] (1.38×10^{-23}), T : 絶対温度 [K]

ここで、 $G = 1 + R_F / R_S$ を式(2-1)に代入して整理すると、

$$V_{Nout} = \sqrt{\frac{(R_S + R_F)^2}{R_S^2} e_N^2 + \left(\frac{R_S R_F}{R_S + R_F} i_N\right)^2 \frac{(R_S + R_F)^2}{R_S^2} + 4kT \frac{R_S R_F}{R_S + R_F} \frac{(R_S + R_F)^2}{R_S^2} \times \sqrt{10}}$$

$$= \sqrt{e_N^2 + \{(R_S // R_F) i_N\}^2 + 4kT (R_S // R_F) \times \frac{R_S + R_F}{R_S} \times \sqrt{10}}$$

したがって、周波数帯域10Hzの入力換算雑音電圧 V_{Nin} [VRMS] は次のとおり。

$$V_{Nin} = \frac{R_S}{R_S + R_F} V_{Nout} = \sqrt{e_N^2 + \{(R_S // R_F) i_N\}^2 + 4kT (R_S // R_F) \times \sqrt{10}}$$

ここで、

$$i_N \approx 0.2pA_{RMS} / \sqrt{Hz}, R_S = 10\Omega, R_F = 100k\Omega, T = 300K$$

とすると、 V_{Nin} は次のようになる。

$$V_{Nin} = \sqrt{e_N^2 + (2 \times 10^{-12})^2 + (0.407 \times 10^{-9})^2} \times \sqrt{10} \approx \sqrt{10} e_N$$

このように V_{Nin} は、ほぼOPアンプの入力換算雑音電圧(周波数帯域10Hz)に等しくなる。したがって、オシロスコープによる観測電圧(出力雑音電圧) V_{Nosc} [Vp-p] から、OPアンプの入力換算雑音電圧 V_{Nin} [Vp-p] を求めるには、リアンプのゲインを10倍とすると、次のようになる。

$$V_{Nin} \approx \frac{1}{10001} \times \frac{1}{10} V_{Nosc} \approx \frac{1}{100000} V_{Nosc}$$

