

SPICE

実用電子回路講座

第17回 低雑音 OP アンプの実力と評価法

遠坂 俊昭
Toshiaki Enzaka

前回まで OP アンプで生じる雑音について説明しました。今回はそのまとめとして、市販されている代表的な低雑音 OP アンプの特性を実測し、その実力を調べます。

定番の低雑音 OP アンプの雑音特性

● 代表的な低雑音 OP アンプ

初めて入力換算雑音電圧 $1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ を切ったモノリシック OP アンプは、LT1028(リニアテクノロジー)です。LT1028の発売後しばらくして、AD797(アナログ・デバイゼズ)も $1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ をクリアしました。

FET 入力モノリシック OP アンプでは、まだ $1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ をクリアしたものはありません。現状では、AD743やAD745(いずれもアナログ・デバイゼズ)が一番低雑音(約 $3 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$)な FET 入力 OP アンプです。

モノリシック OP アンプでは、入力換算雑音電圧は $1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 程度が最小ですが、写真17-1に示す SA-230F5は、入力換算雑音電圧 $0.25 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}_{\text{typ}}$ 、ノイズ・フィギュアも $0.6 \text{ dB}_{\text{typ}} @ 50 \Omega$ という低雑音性能をもつ増幅器モジュールです。FET 入力タイプの SA-220F5の入力換算雑音電圧は $0.5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}_{\text{typ}}$ です。

● 雑音特性の評価回路

図17-1に示すのは、OP アンプの雑音特性を評価する回路で、ゲイン約100倍の一般的な非反転増幅回路です。信号源抵抗を変えながら、LT1028, AD797, AD743の出力雑音電圧密度を実測してみました。

写真17-2に示すように、OP アンプは、アルミ・ダイキャスト製の TD4-6-3N(タカチ)に収めてシールドを嚴重にしました。TD4-6-3Nは、価格も手ごろで材料に粘りがなく、穴あけが気もちよく行えます。



写真17-1 低雑音増幅器モジュール SA-230F5(入力換算雑音電圧 $0.25 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}_{\text{typ}}$ 、ノイズ・フィギュア $0.6 \text{ dB}_{\text{typ}} @ 50 \Omega$ 、NF 回路設計ブロック)

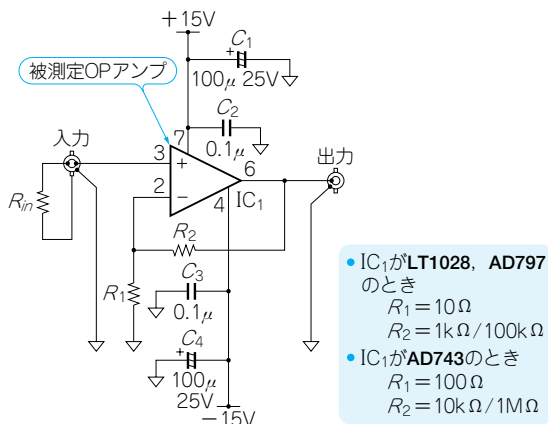


図17-1 低雑音 OP アンプの評価用回路

Keywords

低雑音 OP アンプ, LT1028, AD743, AD745, TD4-6-3N, 出力雑音電圧密度, フルーク 8920A, AD8099

● 出力雑音電圧密度の測定結果

▶ LT1028

図17-2(a) (次頁)に示します。稿末の参考文献(1)にあるように、100 k~1 MHzにかけて出力雑音電圧密度に持ち上がりが見られます。入力抵抗を10 kΩ以上にすると発振したので、10 kΩと100 kΩのデータはありません。

▶ AD797

図17-2(b)に示します。素直な出力雑音電圧密度特性です。入力短絡の0 Ωのときは、ほとんど10 Hzまで1/fノイズが見られません。入力抵抗を大きくしていくと、入力雑音電流の影響が大きくなり、100 Hz程度から1/f雑音が現れます。

LT1028も含めてトランジスタ入力の低雑音OPアンプは、100 Ω以下の低インピーダンスのとき、その低雑音の真価を発揮します。信号源抵抗が10 kΩ以上になる場合には使用しません。

▶ AD743

図17-2(c)に示します。入力短絡では出力雑音密度が約300 nV/√Hz(入力換算約3 nV/√Hz)です。

さすがにFET入力OPアンプだけのことはあり、入力抵抗100 kΩのときは、ほとんど熱雑音だけ(約4 μV/√Hz)になっています。

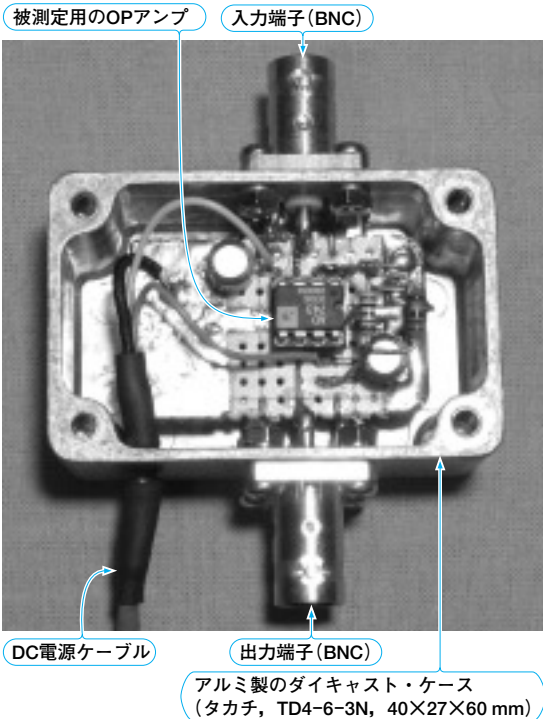


写真17-2 低雑音OPアンプの評価装置
OPアンプをアルミ・ダイキャスト製のケースに取めてシールドする

広帯域低雑音 OP アンプ AD8099 を使ったプリアンプの試作

● 汎用の交流電圧計で低雑音 OP アンプを評価するには

上記のOPアンプは、いずれも出力雑音電圧が1 mV以下なので、通常の交流電圧計では計測できません。計測するためには、プリアンプで出力雑音を増幅する必要があります。

ここでは、AD8099という広帯域の低雑音OPアンプを使ってプリアンプを試作し、交流電圧計フルーク8920A(帯域幅 20 MHz)を使って、上記のOPアンプの雑音特性を計測してみます。

図17-3にプリアンプの回路を示します。ゲインは約100倍と高く設定しています。

● AD8099の扱いかた

AD8099(アナログ・デバイセズ)は、低雑音で広帯域のOPアンプです。入力換算雑音電圧はAD797と同程度ですが、GBWが3.8 GHzととても広帯域でスルー・レートも1 kV/μs程度あります。

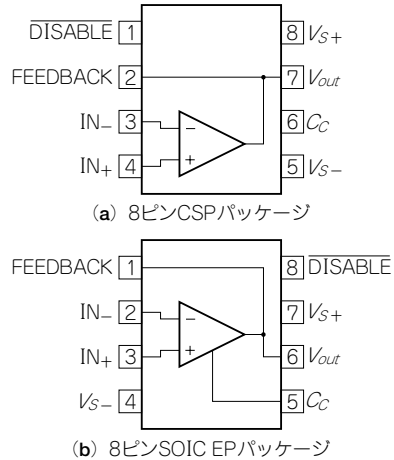


図17-3 広帯域低雑音 OP アンプ AD8099 のピン配置

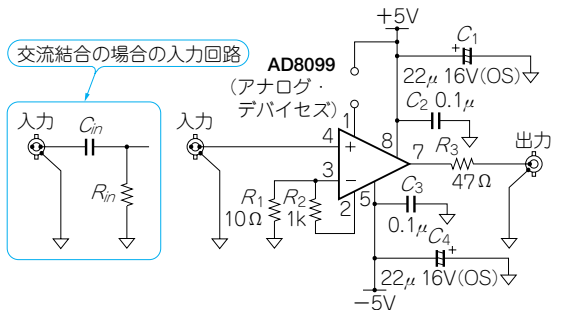


図17-4 広帯域低雑音 OP アンプ AD8099 を使ったプリアンプ