

最適なノイズ特性のための最新オペアンプ選択ガイド

Design Note 140

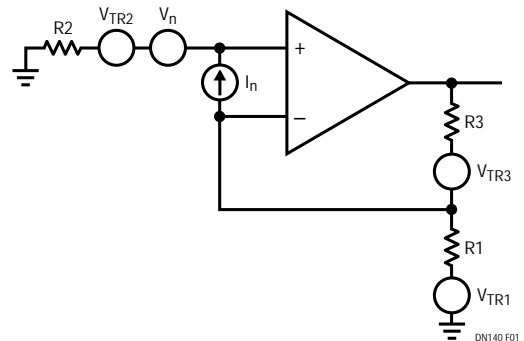
Frank Cox

8年前George Erdilは、最適なノイズ特性を得るためのオペアンプの選定を援助する情報が、図と表によって提供された大変有用なデザインノート、DN6を書きました。このデザインノート140はDN6の更新です。これには新しいローノイズ・オペアンプといくつかの高速オペアンプを含んでいます。特にエレクトロニクス分野に関してはこの8年で多くの変化がありましたが、ノイズはオペアンプ回路の設計においてまだ重要な問題点で、いまだにLT[®]1028はソース・インピーダンスの低いアプリケーションに対して最もノイズの小さいオペアンプです。

オペアンプ回路で発生するノイズの量は、使用されるデバイス、回路内の合計抵抗値、帯域の広さ、回路を使用する温度、回路の利得によって決定されます。オペアンプのノイズ特性に関する便利な指標は、スペクトル密度とスポット・ノイズです。これは帯域の広さを正規化することによって得られます。単位は1Hzでノイズは「nV/√Hz」として報告されています。特定の帯域でのノイズはその帯域の平方根にスポット・ノイズをかけることによって計算されます。

比較を容易にするためにいくつかの要素を簡素化します。例えばノイズは入力回路に関連付け、アプリケーションによって変化する回路の利得に影響されないようにします。また、計算は27°Cから300°Kの温度を仮定します。

スポット・ノイズの計算に使う公式と回路図を図1に示します。図2～4は選択されたオペアンプの、ノイズと等価ソース抵抗のグラフです。最初の二つのグラフは高精度オペアンプで特に低周波数のアプリケーション向けで、最後のグラフは高速電圧帰還オペアンプの例を示しています。低周波数用オペアンプに関して二つのグラフがあるのは、非常に低い周波数においては(200Hz以下)周波数に反比例する追加のノイズのメカニズムが重要になるからです。これは1/fまたはフリッカー・ノイズと呼ばれています。図2はそれに起因するわずかに高いレベルのノイズを示しています。



同様の情報が表になって表1に提供されています。

$$R_{eq} = R2 + \frac{(R1)(R3)}{R1 + R3}$$

$$4kT = (16.56)(10)^{-21} J$$

V_{TR1} 、 V_{TR2} 、 V_{TR3} は抵抗からの熱ノイズとすると：

$$V = \sqrt{(4kT)R_{eq} + V_n^2 + I_n^2(R_{eq}^2)}$$

そして V_n は特定点の電圧ノイズで I_n は特定点の電流ノイズで、オペアンプのデータシートによる。

式は1Hz帯域での入力関連のスポット・ノイズを示す。

図1

この公式とグラフの検討は、いくつかの考察を導き出します。使用する抵抗の値はノイズを最小にするために可能な限り小さくするべきです。しかし、帰還抵抗はオペアンプの出力の負荷になるので小さすぎるとはいけません。小さな等価ソース抵抗に対しては、電圧ノイズが支配的になります。抵抗値が増加すれば、抵抗ノイズが最も重要になります。ソース抵抗が100kより大きいときには、抵抗ノイズが R_{eq} に比例するのに対して、電流ノイズの寄与は R_{eq} に比例するので電流ノイズが支配します。

低周波数でソース抵抗が100kより大きいアプリケーションには、JFET入力オペアンプLT1169、が最良の選択です。LT1169は電流ノイズが0.8fA/√Hzと非常に低だけでなく、電圧ノイズも6nV/√Hzと非常に低くなっています。LT1169は直流仕様に関しても良好で、全同相入力範囲で維持される3pA(標準値)の非常に低い入力バイアス電流と120dBの高利得が得られます。

LT、LTC、LTはリアテクノロジー社の登録商標です。

ここではスルーレートが100V/ms以上と定義している高速オペアンプが、図4にプロットされています。これらのオペアンプは図2と3にプロットされた高精度オペアンプより広範な速度に入ります。より高速なものは一般的にスポット・ノイズがわずかに大きくなっていますが、それらはほとんどの場合は速度を基本に選択されますので問題ありません。部品の選択がプロットされています。例えば、LT1354~LT1363(これらはシングル・オペアンプ。デュアル、クワッドも有り。)はノイズ性能は似かよっており、したがってプロット上では近く密集していますが、12MHzから70MHzの速度範囲を持っています。

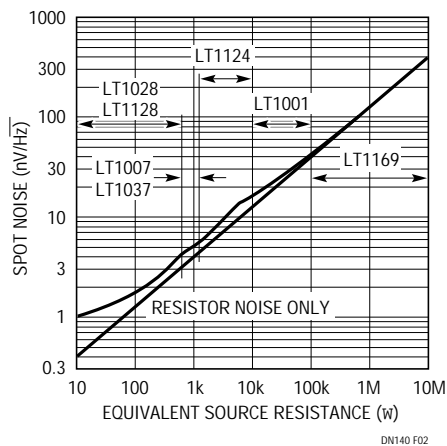


図2. 10Hzのスポット・ノイズと等価ソース抵抗

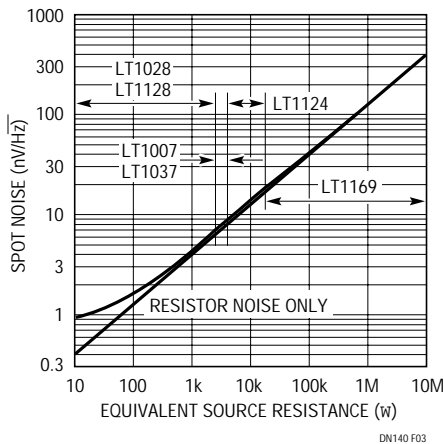


図3. 1kHzのスポット・ノイズと等価ソース抵抗

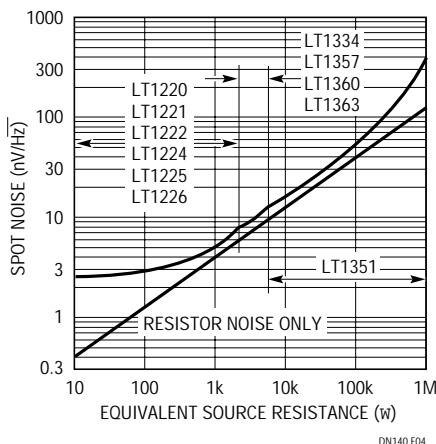


図4. 10kHzのスポット・ノイズと等価ソース抵抗 (高速アンプ)

表1. 最低ノイズとソース抵抗に対する最良のオペアンプ

SOURCE R (R_{eq})	BEST OP AMP		
	10Hz PRECISION	1000Hz PRECISION	10kHz HIGH SPEED
0Ω to 500Ω	LT1028, LT1115, LT1128	LT1028, LT1115, LT1128	LT1220/21/22/24/25/26
500Ω to 1.5k	LT1007, LT1037	LT1028, LT1115, LT1128	LT1220/21/22/24/25/26
1.5k to 3k	LT1124/25/26/27	LT1028, LT1115, LT1128	LT1220/21/22/24/25/26
3k to 5k	LT1124/25/26/27	LT1007, LT1037	LT1220/21/22/24/25/26
5k to 10k	LT1124/25/26/27	LT1124/25/26/27	LT1354/57/60/63
10k to 20k	LT1001/02	LT1113, LT1124/25/26/27	LT1354/57/60/63
20k to 100k	LT1001/02	LT1055/56/57/58, LT1113, LT1169	LT1351
100k to 1M	LT1022, LT1055/56/57/58, LT1113, LT1122, LT1169	LT1022, LT1055/56/57/58, LT1113, LT1122, LT1169, LT1457	LT1351
1M to 10M	LT1022, LT1055/56/57/58, LT1113, LT1122, LT1169	LT1022, LT1055/56/57/58, LT1113, LT1122, LT1169, LT1457	