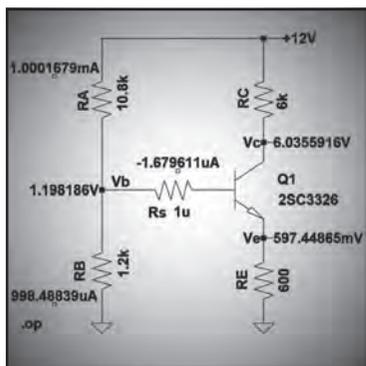


連載



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5回 OPアンプのノイズとAC誤差

中村 黄三 Kozo Nakamura

4月号では、OPアンプのもつ静的なDC誤差に対する対処の仕方を解説しましたが、今回はダイナミックに変化するノイズに関するAC誤差について触れます。

工業計測と言っても、温度センサなどの直流を扱うケースだけではなく、振動計測や配電盤における漏電分析(パワー・モニタ)など可聴範囲のAC信号を扱うケースはたくさんあります。そこで今回は、図1の表に記載した★マークの付いたOPアンプの入力ノイズ電圧/電流について、その定量的な把握の仕方や軽減方法について解説します。併せて適切なOPアンプの選択方法も紹介します。

ランダム変動するノイズを 定量的に求める方法

すぐにでもOPアンプのノイズ特性の解説に進みたいところですが、その前に「ノイズ」と言うやっかいな代物の正体や定量的な扱いを知っておくことが重要です。さもないとOPアンプのノイズ特性を理解し、適切なデバイスの選定や回路設計を行うことはできません。

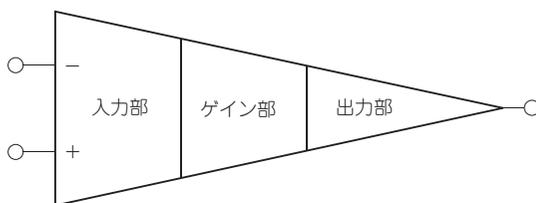
● ランダム変動するノイズの定量的な表し方

図2に実際のOPアンプ…High Precision, Low Noise：高精度・低ノイズと表記されているOPA227(TI社)の入力電圧ノイズを示します。

そもそもノイズと言うものは…、図2(a)に示すように、瞬時値(ピーク値)がランダムに変化してつかみどころがない誤差要因です。よって、ノイズの大きさを定量的に表すには、図(b)のようにノイズの生データを処理して、点線で示すDC値に変換して表します。

ちなみに左側のノイズ波形は、OPA227の入力ノイズ電圧を24ビットA-Dコンバータ(以下、ADC)によって1m秒間隔で10秒間記録し、それより得た瞬時データ(以下、pk値と呼ぶ)1万個をグラフ化したものです。ノイズ波形の測定回路と、グラフの元データおよび処理内容はAppendix AとBに掲載しています。同じような実験をする場合の参考としてください。

データ処理の内容を具体的に説明すると、図2中の



部位	誤差(特性)の名称	記号	単位
入力部	4 入力オフセット電圧	V_{OS}	μV
	4 入力オフセット電圧ドリフト	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$\mu V/^\circ C$
	★ 入力雑音電圧(密度)	e_n	nV/\sqrt{Hz}
	4 入力バイアス電流	I_B	nA, pA
	4 入力オフセット電流	I_{OS}	nA, pA
	★ 入力雑音電流(密度)	i_n	nA, pA
	(同相)入力電圧範囲	V_{CM}	V
	4 同相モード除去	$CMR(CMRR)$	dB
	入力抵抗	R_{IN}	MΩ, GΩ
	入力容量	C_{IN}	pF
ゲイン部	4 オープン・ループ・ゲイン	A_{OL}	dB, V/mV
	ゲイン・バンド幅	GBW	MHz
	電源変動除去比	$PSRR$	$\mu V/V$
出力部	スルーレート	SR	$V/\mu s$
	セトリング時間	t_s	μs
	出力振幅	V_{OH}, V_{OL}	V
	出力インピーダンス	Z_O	Ω

図1 OPアンプの代表的な誤差特性
表は代表的なOPアンプの誤差項目。4とあるのは4月号で説明済み、今回は主にノイズ関連要因で★のついた特性を解説

式(2)に示すように、一つ一つのpk値を自乗して(1万個の)総和を求め、その総和の値をデータ数(1万)で割って平均値を求めます。最後に求めた平均値の平方根を求めれば、右のグラフ内に点線で示した1万個のpk値のDC成分が求まります。

ここで自乗して平方根を求めることは、同グラフで示すようにAC値の絶対値をとることであり、つねに正極性をもつ脈流(DC値)となります。さらにこの脈流の平均値を取ることで、時間と共に値の変化しないDC値(点線)となります。