

# デュアル/クワッド、低ノイズ、 レール・トゥ・レール高精度オペアンプ

## 特長

- レール・トゥ・レール入出力
- 100%テスト済みの低電圧ノイズ:  
1kHzで $3.9\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (標準)  
1kHzで $5.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (最大)
- 単一電源動作: 2.5V~36V
- オフセット電圧: 100 $\mu\text{V}$ (最大)
- 低い入力バイアス電流: 20nA(最大)
- 高い $A_{\text{VOL}}$ : 3V/ $\mu\text{V}$ (最小)、 $R_L = 10\text{k}$
- 高いCMRR: 100dB(最小)
- 高いPSRR: 106dB(最小)
- 利得帯域幅積: 20MHz
- 動作温度範囲:  $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$
- マッチング仕様
- 位相反転なし
- 8ピンSOパッケージと14ピンSOパッケージ

## アプリケーション

- ストレイン・ゲージ・アンプ
- 携帯マイクロフォン
- バッテリ駆動のレール・トゥ・レール計装機器
- 低ノイズ信号処理
- マイクロボルト精度のスレッシュホールド検出
- 赤外線検出器

## 概要

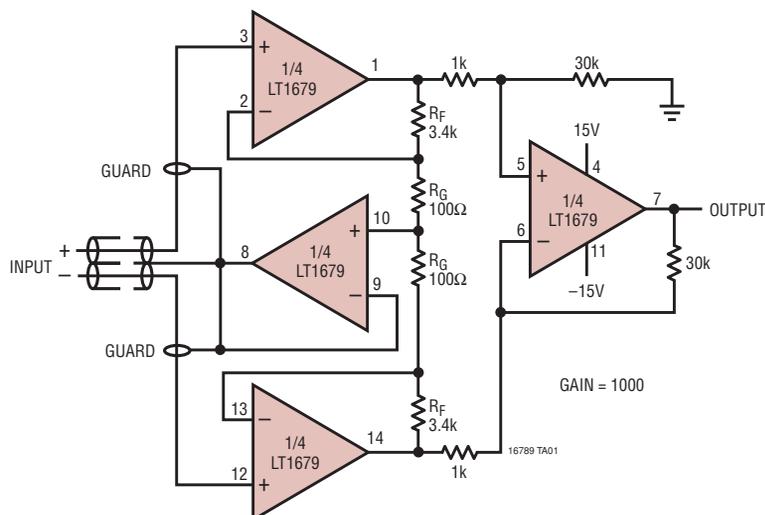
LT<sup>®</sup>1678/LT1679は、低ノイズと高精度を提供するデュアル/クワッド・レール・トゥ・レール・オペアンプです。3.9nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ の広帯域ノイズ、4Hzの1/fコーナー周波数、90nVのピーク・トゥ・ピーク0.1Hz~10Hzノイズといった優れたノイズ性能に加えて、100 $\mu\text{V}$ (最大)のオフセット電圧、100dB以上の同相除去および電源除去、20MHzの利得帯域幅積などの卓越した高精度仕様を実現します。LT1678/LT1679は3Vの低い単一電源アプリケーションでも高精度と低ノイズを達成します。また、位相反転なしに電源レールを100mV超える入力範囲が可能で、出力は両方のレールの170mV以内に振幅可能です。

LT1678/LT1679はSO-8およびSO-14パッケージで供給されます。さらに、完全なマッチング仕様も提供されているので、2オペアンプ計装アンプ設計などのマッチングに依存したアプリケーションで容易に使用可能です。LT1678/LT1679は $\pm 15\text{V}$ 、単一5V、単一3Vの電源電圧で仕様が規定されています。同様の性能を持つシングル・アンプについては、LT1677のデータシートを参照してください。

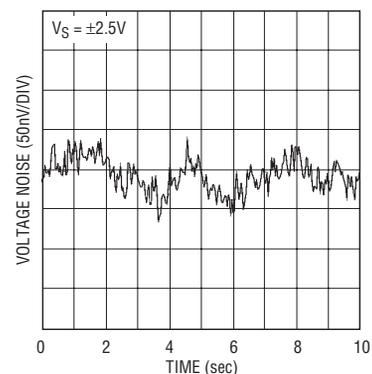
 LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。

## 標準的応用例

シールド・ドライバを使った計装アンプ



0.1Hz~10Hz電圧ノイズ



# LT1678/LT1679

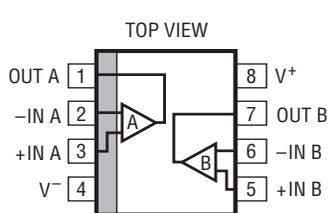
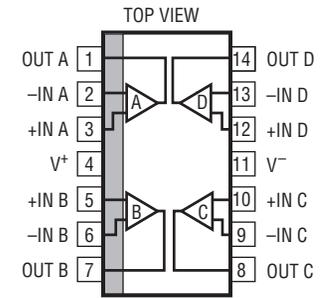
## 絶対最大定格

(Note 1)

電源電圧.....	±18V
入力電圧 (Note 2).....	どちらのレールもそれを超えて0.3V
差動入力電流 (Note 2) .....	±25mA
出力短絡時間 (Note 3).....	無期限
保存温度範囲.....	-65°C~150°C

リード温度 (半田付け、10秒).....	300°C
動作温度範囲	
(Note 4) .....	-40°C~85°C
規定温度範囲	
(Note 5) .....	-40°C~85°C

## パッケージ/発注情報

 <p>S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SO T<sub>JMAX</sub> = 150°C, θ<sub>JA</sub> = 190°C/W</p>	ORDER PART NUMBER	 <p>S PACKAGE 14-LEAD PLASTIC SO T<sub>JMAX</sub> = 150°C, θ<sub>JA</sub> = 160°C/W</p>	ORDER PART NUMBER
	LT1678CS8 LT1678IS8		LT1679CS LT1679IS
	S8 PART MARKING		
	1678 1678I		

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT<sub>A</sub> = 25°Cでの値。注記がない限り、V<sub>S</sub> = 3V、V<sub>CM</sub> = V<sub>O</sub> = 1.7V、V<sub>S</sub> = 5V、V<sub>CM</sub> = V<sub>O</sub> = 2.5V。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS (Note 6)	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>OS</sub>	Input Offset Voltage	(Note 11)		35	100	μV
		0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 70°C	●	55	270	μV
		-40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 85°C	●	75	350	μV
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> + 0.1V		150	550	μV
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> - 0.3V, 0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 70°C	●	180	750	μV
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> - 0.3V, -40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 85°C	●	200	1000	μV
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = -0.1V		1.5	30	mV
V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = 0V, 0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 70°C	●	1.8	45	mV		
V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = 0V, -40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 85°C	●	2.0	50	mV		
$\frac{\Delta V_{OS}}{\Delta Temp}$	Average Input Offset Drift (Note 10)		●	0.40	3	μV/°C
I <sub>B</sub>	Input Bias Current	(Note 11)		±2	±20	nA
		0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 70°C	●	±3	±35	nA
		-40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 85°C	●	±7	±50	nA
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> + 0.1V		0.19	0.40	μA
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> - 0.3V, 0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 70°C	●	0.19	0.60	μA
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> - 0.3V, -40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 85°C	●	0.25	0.75	μA
		V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = -0.1V		-5	-0.41	μA
V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = 0V, 0°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 70°C	●	-8.4	-0.45	μA		
V <sub>S</sub> = 5V, V <sub>CM</sub> = 0V, -40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ 85°C	●	-10	-0.47	μA		

16789f

## 電気的特性

 ●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = 3\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_O = 1.7\text{V}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_O = 2.5\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS (Note 6)	MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{OS}$	Input Offset Current	(Note 11)		4	25	nA
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	5	35	nA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	8	55	nA
		$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = V_S + 0.1\text{V}$		6	30	nA
		$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = V_S - 0.3\text{V}$ , $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	10	40	nA
		$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = V_S - 0.3\text{V}$ , $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	15	65	nA
$I_{n}$	Input Noise Current Density	$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = -0.1\text{V}$		0.1	1.6	$\mu\text{A}$
		$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = 0\text{V}$ , $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	0.1	2.0	$\mu\text{A}$
		$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = 0\text{V}$ , $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	0.15	2.4	$\mu\text{A}$
$e_n$	Input Noise Voltage	0.1Hz to 10Hz (Note 7)		90		nV <sub>p-p</sub>
		$V_{CM} = V_S$		180		nV <sub>p-p</sub>
		$V_{CM} = 0\text{V}$		1600		nV <sub>p-p</sub>
$i_n$	Input Noise Voltage Density (Note 8)	$f_0 = 10\text{Hz}$		4.4		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$V_{CM} = V_S$ , $f_0 = 10\text{Hz}$		6.6		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$V_{CM} = 0\text{V}$ , $f_0 = 10\text{Hz}$		19		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{kHz}$		3.9	5.5	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$V_{CM} = V_S$ , $f_0 = 1\text{kHz}$		5.3		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
$i_n$	Input Noise Current Density	$f_0 = 10\text{Hz}$		1.2		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{kHz}$		0.3		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
$V_{CM}$	Input Voltage Range		-0.1	$V_S + 0.1\text{V}$		V
			0	$V_S - 0.3\text{V}$		V
$R_{IN}$	Input Resistance	Common Mode		2		G $\Omega$
$C_{IN}$	Input Capacitance			4.2		pF
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = 1.9\text{V}$ to $3.9\text{V}$		98	120	dB
		$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = 1.9\text{V}$ to $3.9\text{V}$	●	92	120	dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 2.7\text{V}$ to $36\text{V}$ , $V_{CM} = V_O = 1.7\text{V}$		100	125	dB
		$V_S = 3.1\text{V}$ to $36\text{V}$ , $V_{CM} = V_O = 1.7\text{V}$	●	98	120	dB
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_S = 3\text{V}$ , $R_L = 10\text{k}$ , $V_O = 2.5\text{V}$ to $0.7\text{V}$		0.6	3	V/ $\mu\text{V}$
			●	0.3	2	V/ $\mu\text{V}$
		$V_S = 3\text{V}$ , $R_L = 2\text{k}$ , $V_O = 2.2\text{V}$ to $0.7\text{V}$		0.5	3	V/ $\mu\text{V}$
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	0.4	0.9	V/ $\mu\text{V}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	0.4	0.8	V/ $\mu\text{V}$
		$V_S = 3\text{V}$ , $R_L = 600$ , $V_O = 2.2\text{V}$ to $0.7\text{V}$		0.20	0.43	V/ $\mu\text{V}$
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	0.15	0.40	V/ $\mu\text{V}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	0.10	0.35	V/ $\mu\text{V}$
		$V_S = 5\text{V}$ , $R_L = 10\text{k}$ , $V_O = 4.5\text{V}$ to $0.7\text{V}$		1	3.8	V/ $\mu\text{V}$
		$0^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$	●	0.6	2	V/ $\mu\text{V}$
$-40 < T_A < 85^\circ\text{C}$	●	0.3	2	V/ $\mu\text{V}$		
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_S = 5\text{V}$ , $R_L = 2\text{k}$ , $V_O = 4.2\text{V}$ to $0.7\text{V}$		0.7	3.5	V/ $\mu\text{V}$
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	0.6	3.2	V/ $\mu\text{V}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	0.5	3.0	V/ $\mu\text{V}$
		$V_S = 5\text{V}$ , $R_L = 600$ , $V_O = 4.2\text{V}$ to $0.7\text{V}$		0.6	3.0	V/ $\mu\text{V}$
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	0.5	2.8	V/ $\mu\text{V}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	0.4	2.5	V/ $\mu\text{V}$
$V_{OL}$	Output Voltage Swing Low (Note 11)	Above GND				
		$I_{SINK} = 0.1\text{mA}$		80	170	mV
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	125	200	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	130	250	mV

# LT1678/LT1679

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = 3\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_O = 1.7\text{V}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_O = 2.5\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS (Note 6)	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OL}$	Output Voltage Swing Low (Note 11)	Above GND $I_{SINK} = 2.5\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	170	250	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	195	320	mV
		Above GND $I_{SINK} = 10\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	370	600	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	440	720	mV
$V_{OH}$	Output Voltage Swing High (Note 11)	Below $V_S$ $I_{SOURCE} = 0.1\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	75	150	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	85	200	mV
		Below $V_S$ $I_{SOURCE} = 2.5\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	110	250	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	195	350	mV
		Below $V_S$ $I_{SOURCE} = 10\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	205	375	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	230	550	mV
$I_{SC}$	Output Short-Circuit Current (Note 3)	$V_S = 3\text{V}$	●	15	22	mA
			●	13	19	mA
		$V_S = 5\text{V}$	●	18	29	mA
		●	14	25	mA	
SR	Slew Rate (Note 13)	$A_V = -1$ , $R_L = 10\text{k}$	●	4	6	V/ $\mu\text{s}$
		$R_L = 10\text{k}$ , $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	3.5	5.8	V/ $\mu\text{s}$
		$R_L = 10\text{k}$ , $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	3	5.5	V/ $\mu\text{s}$
GBW	Gain Bandwidth Product (Note 11)	$f_0 = 100\text{kHz}$	●	13	20	MHz
		$f_0 = 100\text{kHz}$	●	12.5	19	MHz
$t_s$	Settling Time	2V Step 0.1%, $A_V = +1$		1.4		$\mu\text{s}$
		2V Step 0.01%, $A_V = +1$		2.4		$\mu\text{s}$
$R_O$	Open-Loop Output Resistance	$I_{OUT} = 0$		100		$\Omega$
	Closed-Loop Output Resistance	$A_V = 100$ , $f = 10\text{kHz}$		1		$\Omega$
$I_S$	Supply Current per Amplifier (Note 12)		●	2	3.4	mA
			●	2.5	3.8	mA
$\Delta V_{OS}$	Offset Voltage Match (Notes 11, 15)	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	35	150	$\mu\text{V}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	55	400	$\mu\text{V}$
			●	75	525	$\mu\text{V}$
$\Delta I_{B+}$	Noninverting Bias Current Match (Notes 11, 15)	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	$\pm 2$	$\pm 30$	nA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	$\pm 3$	$\pm 55$	nA
			●	$\pm 7$	$\pm 75$	nA
$\Delta\text{CMRR}$	Common Mode Rejection Match (Notes 11, 14, 15)	$V_S = 5\text{V}$ , $V_{CM} = 1.9\text{V}$ to $3.9\text{V}$	●	94	110	dB
			●	88	110	dB
$\Delta\text{PSRR}$	Power Supply Rejection Match (Notes 11, 14, 15)	$V_S = 2.7\text{V}$ to $36\text{V}$ , $V_{CM} = V_O = 1.7\text{V}$	●	96	120	dB
		$V_S = 3.1\text{V}$ to $36\text{V}$ , $V_{CM} = V_O = 1.7\text{V}$	●	94	120	dB

## 電気的特性

 ●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = \pm 15\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_O = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS (Note 6)	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{OS}$	Input Offset Voltage	$0^\circ\text{C} / T_A / 870^\circ\text{C}$		20	150	$\mu\text{V}$	
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	I	30	350	$\mu\text{V}$	
			●	45	420	$\mu\text{V}$	
$\frac{\Delta V_{OS}}{\Delta \text{Temp}}$	Average Input Offset Drift (Note 10)		●	0.40	3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_B$	Input Bias Current	$0^\circ\text{C} / T_A / 80^\circ\text{C}$		$\pm 2$	$\pm 20$	nA	
		$-40^\circ\text{C} / T_A / 885^\circ\text{C}$	I	$\pm 3$	$\pm 35$	nA	
			I	$\pm 7$	$\pm 50$	nA	
$I_{OS}$	Input Offset Current	$0^\circ\text{C} / T_A / 870^\circ\text{C}$		3	25	nA	
		$-40^\circ\text{C} / T_A / 885^\circ\text{C}$	I	5	35	nA	
			I	8	55	nA	
$e_n$	Input Noise Voltage	0.1Hz to 10Hz (Note 7)		90		nV <sub>p-p</sub>	
		$V_{CM} = 15\text{V}$		180		nV <sub>p-p</sub>	
		$V_{CM} = -15\text{V}$		1600		nV <sub>p-p</sub>	
	Input Noise Voltage Density	$f_0 = 10\text{Hz}$			4.4		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$V_{CM} = 15\text{V}, f_0 = 10\text{Hz}$			6.6		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$V_{CM} = -15\text{V}, f_0 = 10\text{Hz}$			19		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current Density	$f_0 = 1\text{kHz}$			3.9	5.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
	$V_{CM} = 15\text{V}, f_0 = 1\text{kHz}$			5.3		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
	$V_{CM} = -15\text{V}, f_0 = 1\text{kHz}$			9		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
$i_n$	Input Noise Current Density	$f_0 = 10\text{Hz}$		1.2		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	
		$f_0 = 1\text{kHz}$		0.3		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	
$V_{CM}$	Input Voltage Range (Note 16)		●	-13.3	14	V	
$R_{IN}$	Input Resistance	Common Mode		2		$\text{G}\Omega$	
$C_{IN}$	Input Capacitance			4.2		pF	
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = -13.3\text{V to } 14\text{V}$		100	130	dB	
			●	96	124	dB	
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = \pm 1.7\text{V to } \pm 18\text{V}$		106	130	dB	
			●	100	125	dB	
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$R_L = 10\text{k}, V_O = \pm 14\text{V}$		3	7	$\text{V}/\mu\text{V}$	
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	2	6	$\text{V}/\mu\text{V}$	
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	1	4	$\text{V}/\mu\text{V}$	
		$R_L = 2\text{k}, V_O = \pm 13.5\text{V}$		0.8	1.7	$\text{V}/\mu\text{V}$	
		$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	0.5	1.4	$\text{V}/\mu\text{V}$	
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	0.4	1.1	$\text{V}/\mu\text{V}$	

# LT1678/LT1679

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_S = \pm 15\text{V}$ 、 $V_{CM} = V_O = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS (Note 6)	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OL}$	Output Voltage Swing Low	Above $-V_S$ $I_{SINK} = 0.1\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	110	200	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	125	230	mV
				130	260	mV
		Above $-V_S$ $I_{SINK} = 2.5\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	170	280	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	195	350	mV
				205	380	mV
		Above $-V_S$ $I_{SINK} = 10\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	370	600	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	440	700	mV
				450	750	mV
$V_{OH}$	Output Voltage Swing High	Below $+V_S$ $I_{SOURCE} = 0.1\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	80	150	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	90	200	mV
				100	250	mV
		Below $+V_S$ $I_{SOURCE} = 2.5\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	110	200	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	120	300	mV
				120	350	mV
		Below $+V_S$ $I_{SOURCE} = 10\text{mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	200	450	mV
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	250	500	mV
				250	550	mV
$I_{SC}$	Output Short-Circuit Current (Note 3)		●	20	35	mA
				15	28	mA
SR	Slew Rate	$R_L = 10\text{k}$ (Note 9)	●	4	6	V/ $\mu\text{s}$
		$R_L = 10\text{k}$ (Note 9) $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	3.5	5.8	V/ $\mu\text{s}$
		$R_L = 10\text{k}$ (Note 9) $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	3	5.5	V/ $\mu\text{s}$
GBW	Gain Bandwidth Product	$f_0 = 100\text{kHz}$	●	13	20	MHz
		$f_0 = 100\text{kHz}$		12.5	19	MHz
THD	Total Harmonic Distortion	$R_L = 2\text{k}$ , $A_V = 1$ , $f_0 = 1\text{kHz}$ , $V_O = 20\text{V}_{P-P}$		0.00025		%
$t_s$	Settling Time	10V Step 0.1%, $A_V = +1$		2.7		$\mu\text{s}$
		10V Step 0.01%, $A_V = +1$		3.9		$\mu\text{s}$
$R_O$	Open-Loop Output Resistance	$I_{OUT} = 0$		100		$\Omega$
	Closed-Loop Output Resistance	$A_V = 100$ , $f = 10\text{kHz}$		1		$\Omega$
$I_S$	Supply Current per Amplifier		●	2.5	3.5	mA
				3	4.5	mA
	Channel Separation	$f = 10\text{Hz}$ , $V_O = \pm 10\text{V}$ , $R_L = 10\text{k}$		132		dB
$\Delta V_{OS}$	Offset Voltage Match (Note 15)	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	5	225	$\mu\text{V}$
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	30	525	$\mu\text{V}$
				45	630	$\mu\text{V}$
$\Delta I_{B+}$	Noninverting Bias Current Match (Note 15)	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$	●	$\pm 2$	$\pm 30$	nA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	●	$\pm 3$	$\pm 55$	nA
			●	$\pm 7$	$\pm 75$	nA
$\Delta\text{CMRR}$	Common Mode Rejection Match (Notes 14, 15)	$V_{CM} = -13.3\text{V}$ to $14\text{V}$	●	96	120	dB
				92	115	dB
$\Delta\text{PSRR}$	Power Supply Rejection Match (Notes 14, 15)	$V_S = \pm 1.7\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$	●	100	123	dB
				96	120	dB

## 電気的特性

**Note 1:** 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

**Note 2:** 入力にはバック・トゥ・バック・ダイオードにより保護されている。低ノイズを達成するため、電流制限抵抗は使われていない。差動入力電圧が±1.4Vを超える場合、入力電流は25mAに制限すること。同相電圧がどちらかのレールを超える場合、入力電流を10mAに制限する。

**Note 3:** 接合部温度を絶対最大定格以下に抑えるためにヒートシンクが必要な場合がある。

**Note 4:** LT1678C/LT1679CとLT1678I/LT1679Iは-40°C~85°Cの動作温度範囲で動作することが保証されている。

**Note 5:** LT1678C/LT1679Cは0°C~70°Cの温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。LT1678C/LT1679Cは-40°C~85°Cの拡張温度範囲で性能仕様に適合するように設計され、特性が評価されており、性能仕様に適合すると予想されるが、これらの温度ではテストされないし、QAサンプリングも行われない。LT1678I/LT1679Iは-40°C~85°Cの温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。

**Note 6:** 標準パラメータは個々のアンプのパラメータ分布の60%の歩留りとして定義されている。つまり、100個のLT1678/LT1679のうち標準で60個のオペアンプは示されている仕様よりも良い。

**Note 7:** 「アプリケーション情報」セクションの0.1Hz~10Hzのテスターのテスト回路と周波数応答曲線を参照。

**Note 8:** ノイズは±15V電源で全数テストされている。

**Note 9:** スルーレートは $A_V = -1$ で測定される。入力信号は±10V、出力は±5Vで測定される。

**Note 10:** このパラメータに対しては全数テストは実施されない。

**Note 11:**  $V_S = 5V$ でのリミット値は $V_S = 3V$ と $V_S = ±15V$ でのテストとの相関によって保証されている。

**Note 12:**  $V_S = 3V$ でのリミット値は $V_S = 5V$ と $V_S = ±15V$ でのテストとの相関によって保証されている。

**Note 13:**  $V_S = ±15V$ でのスルーレートのテストおよび $V_S = 3V$ と $V_S = ±15V$ でのGBWのテストとの相関によって保証されている。

**Note 14:**  $\Delta CMRR$ と $\Delta PSRR$ は次のように定義されている。

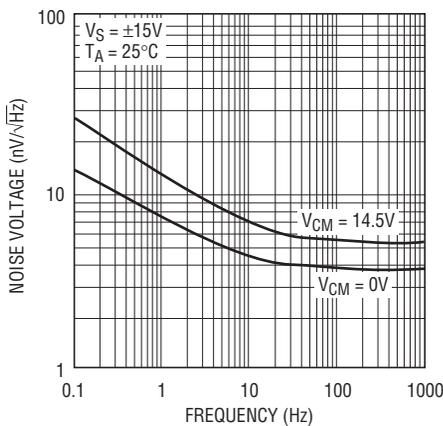
1. CMRRとPSRRは個別のアンプに対して $\mu V/V$ で測られる。
2. この差は対をなしている両者の間で $\mu V/V$ 単位で計算される。
3. 結果はdBに換算される。

**Note 15:** 整合パラメータは、LT1678ではアンプAとBの間の差、LT1679ではアンプAとDの間の差およびBとCの間の差である。

**Note 16:** 入力範囲は同相除去比のテストによって保証されている。

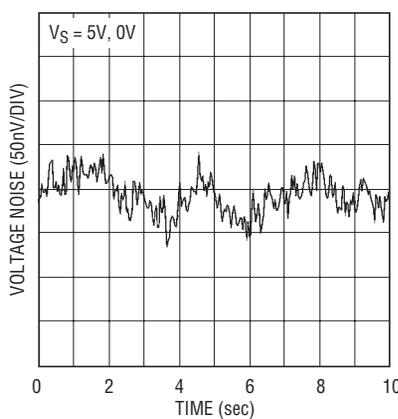
## 標準的性能特性

電圧ノイズと周波数



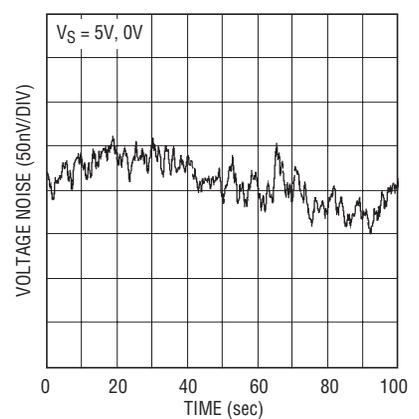
16789 G01

0.1Hz~10Hz電圧ノイズ



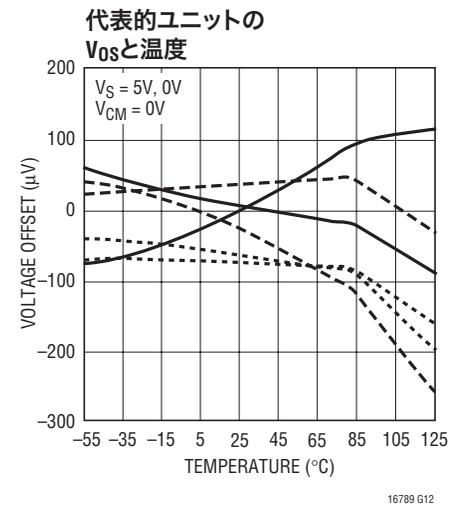
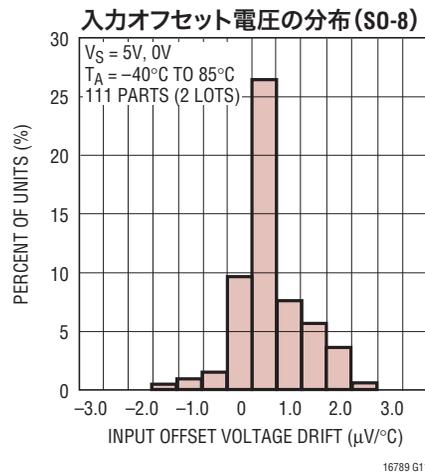
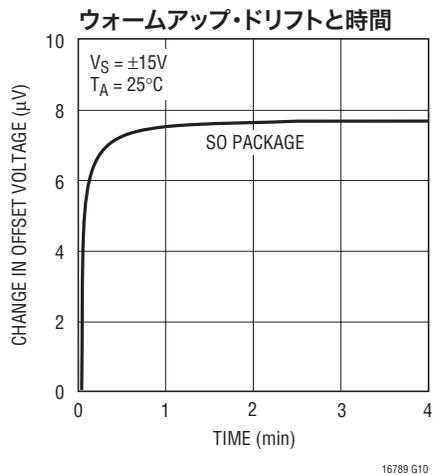
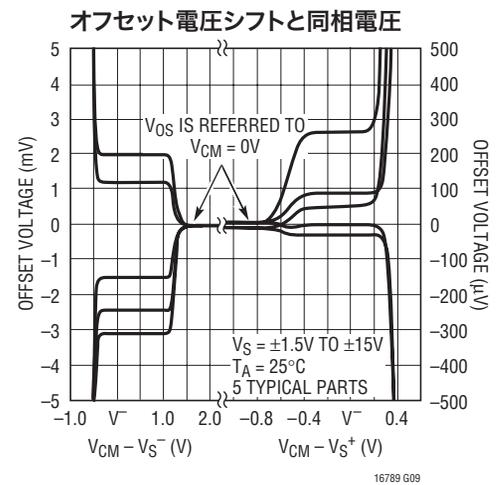
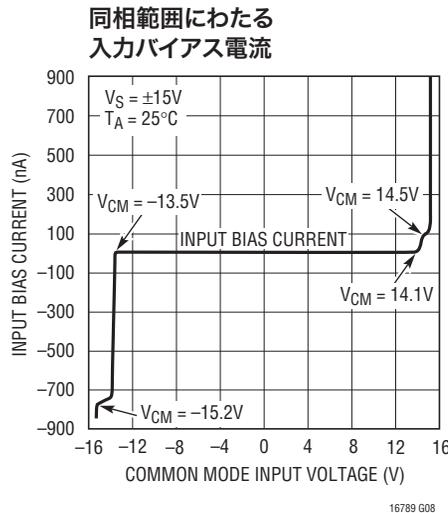
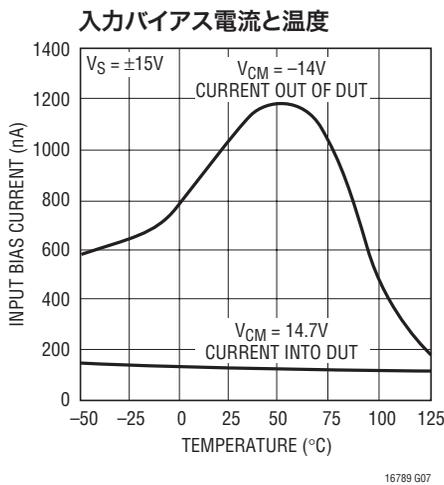
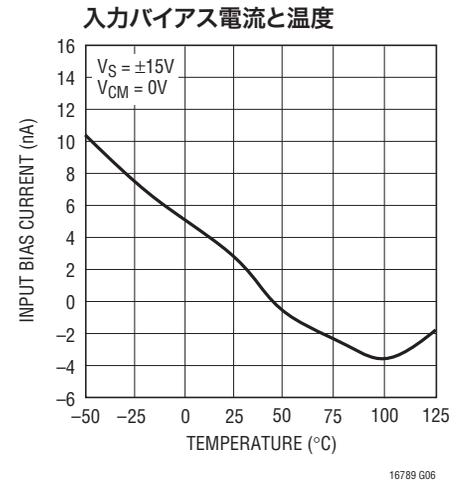
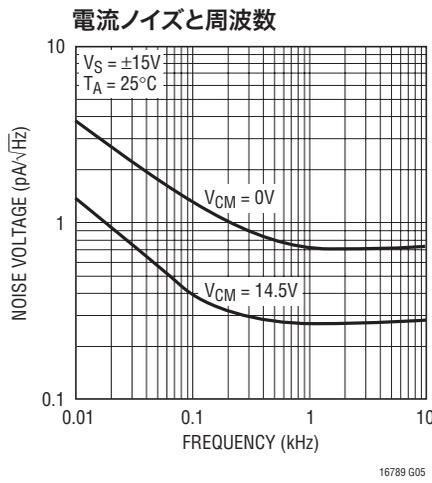
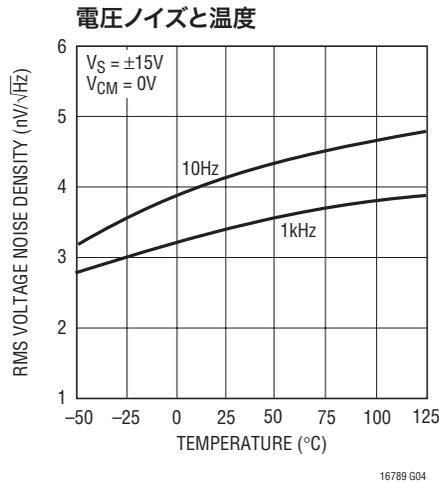
16789 G02

0.01Hz~1Hz電圧ノイズ



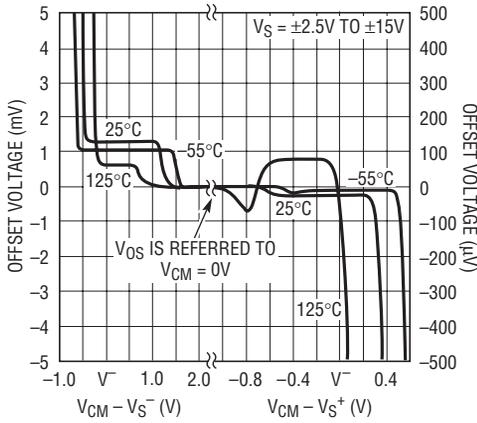
16789 G03

## 標準的性能特性



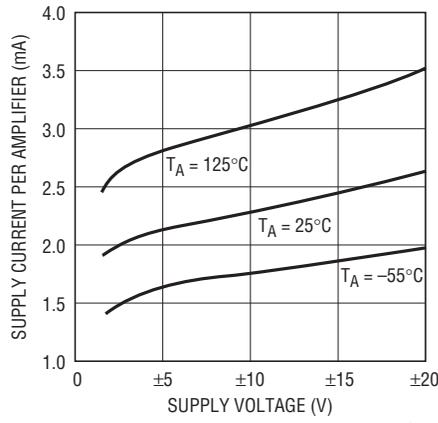
標準的性能特性

同相範囲と温度



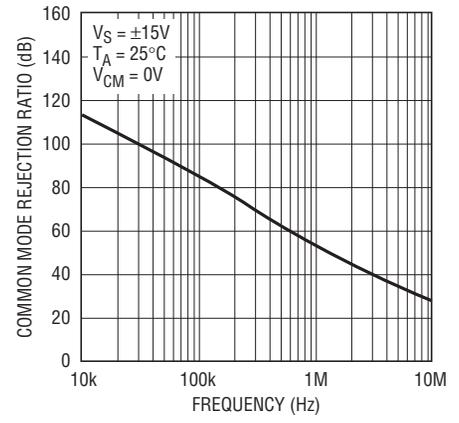
16789 G09

消費電流と電源電圧



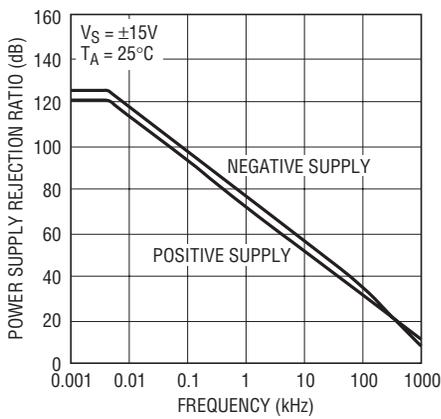
16789 G14

同相除去比と周波数



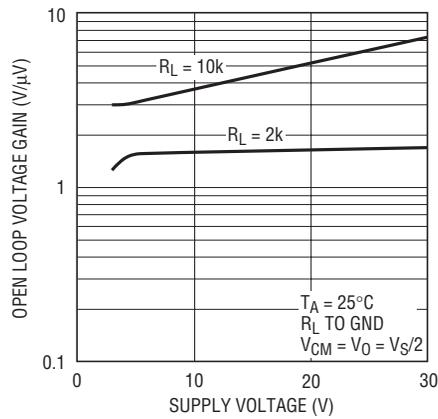
16789 G15

電源除去比と周波数



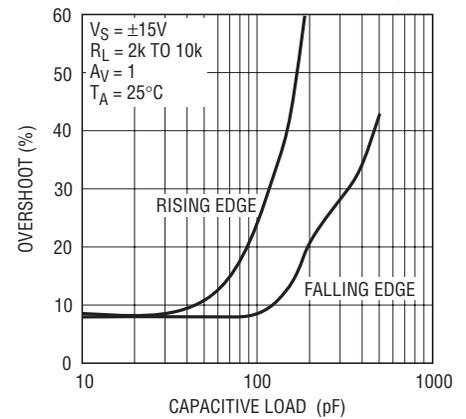
16789 G16

電圧利得と電源電圧



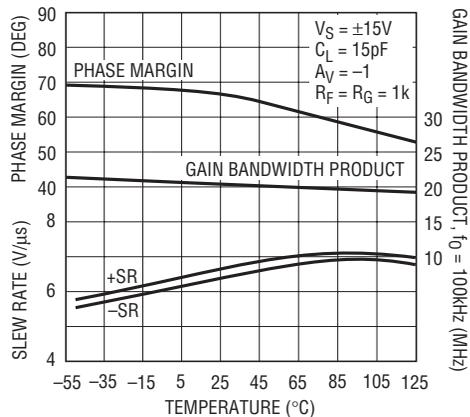
16789 G17

%オーバーシュートと容量性負荷



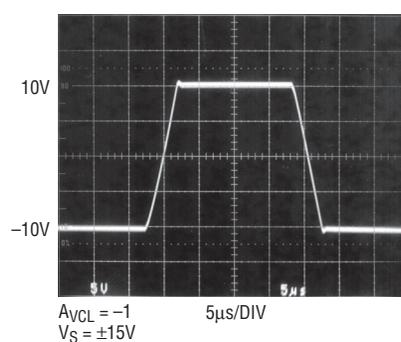
16789 G18

位相マージン、利得帯域幅積およびスルーレートと温度



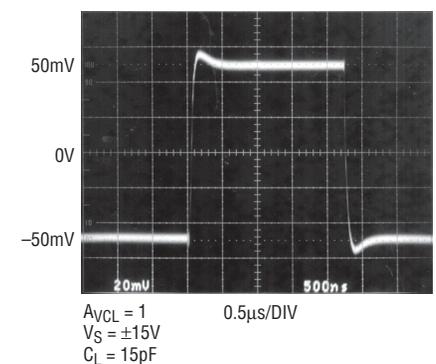
16789 G19

大信号過渡応答



16789 G20

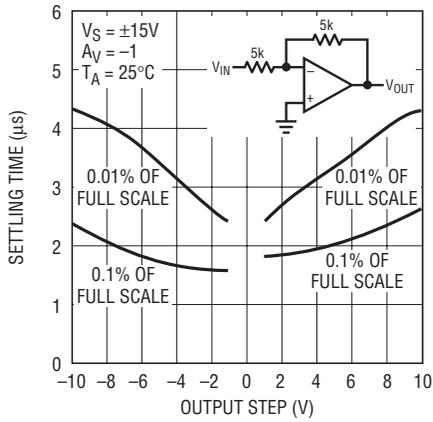
小信号過渡応答



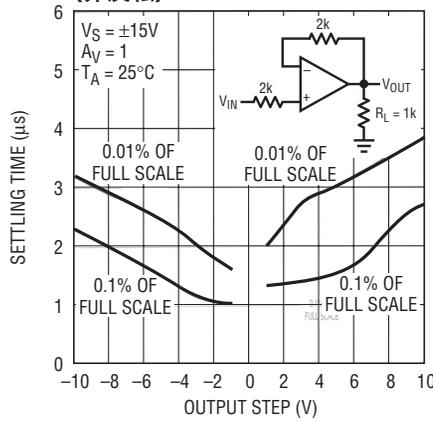
16789 G21

## 標準的性能特性

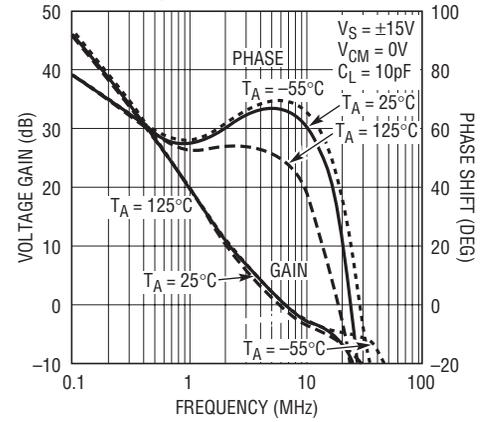
セトリング時間と出力ステップ  
(反転)



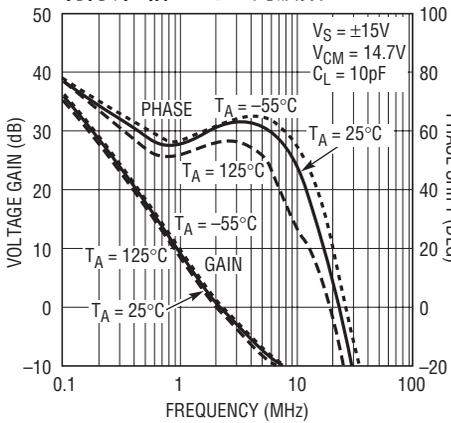
セトリング時間と出力ステップ  
(非反転)



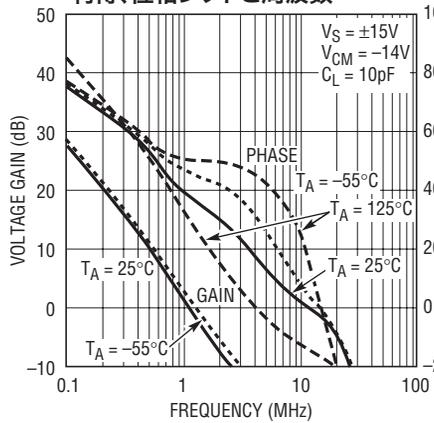
利得、位相シフトと周波数



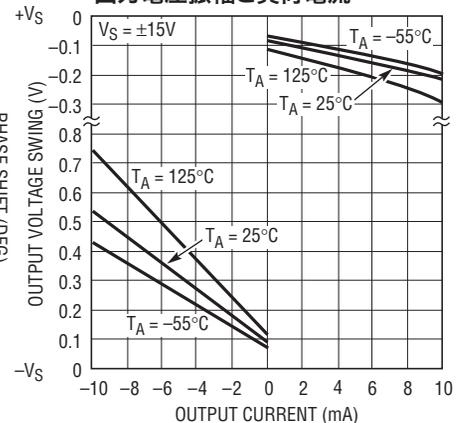
利得、位相シフトと周波数



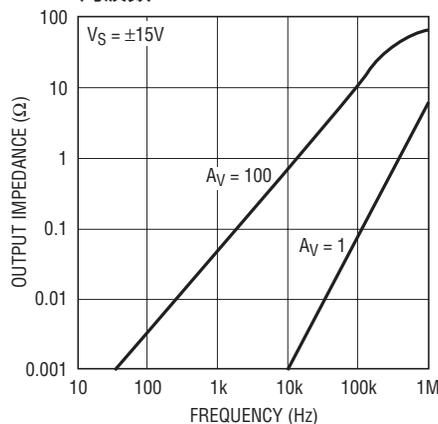
利得、位相シフトと周波数



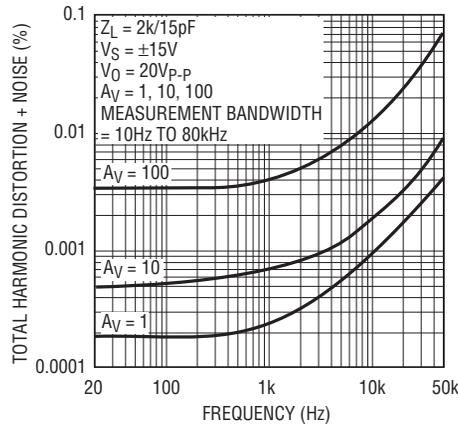
出力電圧振幅と負荷電流



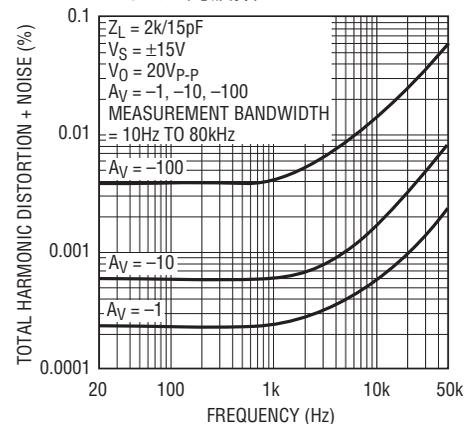
閉ループ出力インピーダンスと  
周波数



非反転利得の全高調波歪み+  
ノイズと周波数



反転利得の全高調波歪み+  
ノイズと周波数



## アプリケーション情報

### レール・トゥ・レール動作

電源を超えることができる入力範囲の利点を十分活かすため、LT1678/LT1679は位相反転が起きないように設計されています。図1に示されている写真を参照すると、LT1678/LT1679は単一3V電源でフォロワ・モード ( $A_V = +1$ ) で動作しています。LT1678/LT1679の出力はクリーンにクリップされており、位相の反転なしに回復しています。これは、サーボシステムでロックアップを 방지、歪み成分を最小に抑えるという利点があります。

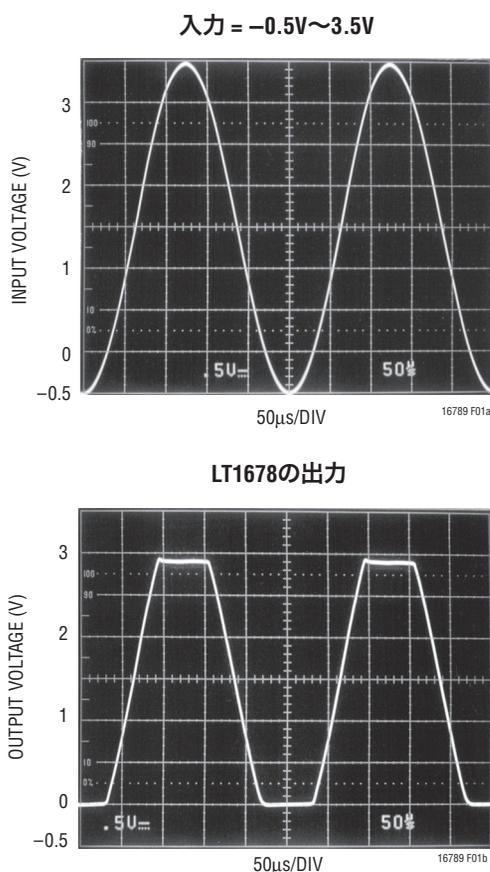


図1. 入力が電源電圧を超えている電圧フォロワ ( $V_S = 3V$ )

### ユニティゲインのバッファ・アプリケーション

$R_F$ が $100\Omega$ 以下では、高速の大信号パルス ( $>1V$ ) で入力がドライブされると、出力波形はパルスに対する動作の図に示されているように見えます (図2)。

出力の高速フィードスルーのような部分の間、入力保護ダイオードが実効的に出力を入力に短絡し、出力短絡保護によ

りだけ制限される電流が信号発生器に流れます。 $R_F$ が $500\Omega$ 以上では、出力が電流要件 ( $10V$ で $I_L \leq 20mA$ ) を処理することができ、アンプはアクティブ・モードに留まってスムーズに遷移します。

$R_F$ が $2k$ より大きいとき、全てのオペアンプと同様、 $R_F$ とアンプの入力容量によってポールが生じ、追加の位相シフトが生じて位相マージンが減少します。 $R_F$ に並列に小さなコンデンサ ( $20pF \sim 50pF$ ) を追加するとこの問題がなくなります。

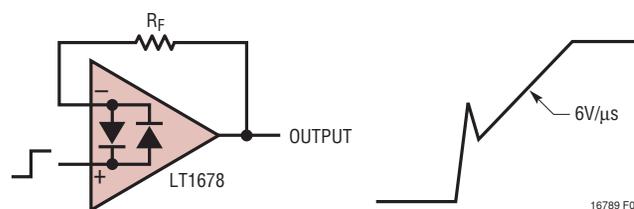


図2. パルスに対する動作

### ノイズ・テスト

LT1678/LT1679の $0.1Hz \sim 10Hz$ ピーク・トゥ・ピーク・ノイズは示されているテスト回路 (図3) で測定されます。このノイズ・テスターの周波数応答 (図4) は、1つだけのゼロで $0.1Hz$ のコーナーが定まっていることを示しています。 $0.1Hz \sim 10Hz$ ノイズのテスト時間は10秒を超えないようにします。この時間制限は $0.1Hz$ より下の周波数帯からのノイズの寄与を除去する追加のゼロとして機能するからです。

LT1678/LT1679の標準 $90nV$ のピーク・トゥ・ピーク・ノイズ性能を測定するには、テストに関して特殊な注意事項が必要です。

1. デバイスを少なくとも5分間ウォームアップします。オペアンプが温まるにつれ、電源をオンした時点からデバイス温度が $10^\circ C \sim 20^\circ C$ ほど上昇するのでオフセット電圧が標準で $3\mu V$ 変化します。10秒の測定時間内に、これらの温度による影響が簡単に数10ナノボルトを超えることがあります。
2. 同様の理由で、デバイスを気流から十分遮蔽して、測定を無効にする数ナノボルトを超える熱電効果を除去する必要があります。

## アプリケーション情報

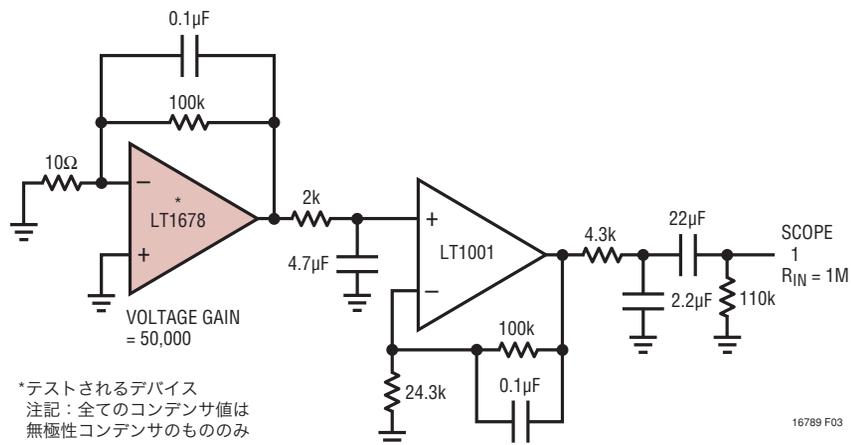


図3. 0.1Hz~10Hzノイズのテスト回路

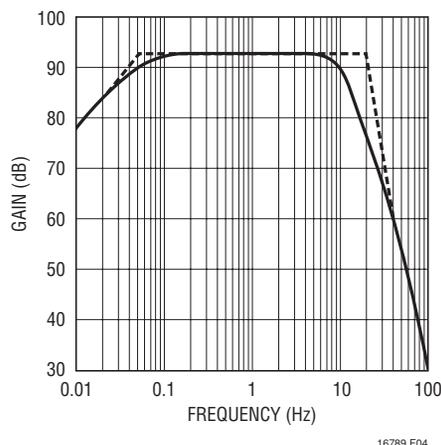


図4. 0.1Hz~10Hzピーク・トゥ・ピーク・ノイズのテスターの周波数応答

3. デバイスの近くでの突然の動きも「フィードスルー」して、観測されるノイズが増加することがあります。

図5に示されている回路で電流ノイズが測定され、次式で計算されます。

$$i_n = \frac{\left[ (e_{no})^2 - (130\text{nV} \cdot 101)^2 \right]^{1/2}}{(1\text{M}\Omega)(101)}$$

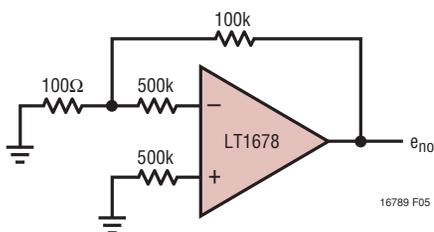


図5.

LT1678/LT1679は、部分的には、100µAで入力段を動作させることにより低ノイズを達成します。これに対して、他のほとんどのオペアンプは普通10µAで入力段を動作させます。電圧ノイズは反比例しますが、電流ノイズは入力段の電流の平方根に直接比例します。したがって、LT1678/LT1679の電流ノイズは比較的高くなります。低い周波数では、1/f電流ノイズの低コーナー周波数(約200Hz)により電流ノイズがいくらか減少します。

ただし、実際のアプリケーションのほとんどでは、電流ノイズはシステムの性能を制限しません。これは「全ノイズとソース抵抗」のプロット(図6)に示されています。ここで、

$$\text{全ノイズ} = \left[ (\text{オペアンプの電圧ノイズ})^2 + (\text{抵抗のノイズ})^2 + (\text{電流ノイズ}R_S)^2 \right]^{1/2}$$

ソース抵抗の関数として3つの領域を識別することができます。

- (i)  $R_S \leq 400\Omega$ . 電圧ノイズが支配的
- (ii)  $1\text{kHz}$ で  $400\Omega \leq R_S \leq 50\text{k}$  } 抵抗のノイズが支配的
- $10\text{Hz}$ で  $400\Omega \leq R_S \leq 8\text{k}$  }
- (iii)  $1\text{kHz}$ で  $R_S > 50\text{k}$  } 電流ノイズが支配的
- $10\text{Hz}$ で  $R_S > 8\text{k}$  }

明らかにLT1678/LT1679を領域(iii)で使うべきではなく、ここでは全システム・ノイズはオペアンプの電圧ノイズより少なくとも6倍高くなります。つまり、低電圧ノイズの仕様は完全に無駄になってしまいます。この領域では、LT1113またはLT1169が適しています。

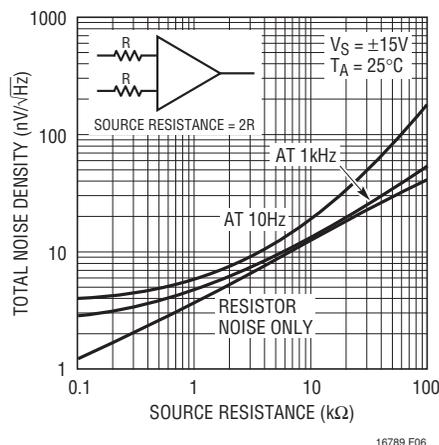


図6. 全ノイズとソース抵抗

## アプリケーション情報

### レール・トゥ・レール入力

LT1678/LT1679の入力同相範囲は電源を少なくとも100mV超えることができます。同相電圧が正電源に近づくと(+VS -0.7V)、入力対(Q1、Q2)のテール電流が減少し、入力対が飽和するのを防ぎます(簡略回路図を参照)。負荷抵抗(RC1、RC2)両端の電圧降下は200mV以下に減少し、スルーレート、帯域幅、電圧ノイズ、オフセット電圧および入力バイアス電流が劣化します(キャンセレーションはオフします)。

入力同相範囲が負電源の1.5V上より下になると、NPN入力対(Q1、Q2)がオフし、PNP入力対(Q8、Q9)がオンします。オフセット電圧、入力バイアス電流、電圧ノイズおよび帯域幅が劣化します。「オフセット電圧シフトと同相電圧」のグラフは、オフセット電圧の変化によってどこで降伏が生じるかを示しています。転換点は温度に依存します。「同相範囲と温度」を参照してください。

### レール・トゥ・レール出力

レール・トゥ・レール出力振幅は、従来のクラスA-Bエミッタフォロワではなくトランジスタのコレクタ(簡略回路図のQ28、Q29)を出力段に使用して実現されます。出力のNPNトランジスタ(Q29)は出力を負方向に動かすのに必要な電流をシンクします。Q29のベース-エミッタ電圧の変化は利得ノードに直接反映されます(Q20とQ16のコレクタ)。大きなシンク電流では、Q29のデルタVBEが利得を支配することがあります。両電源間に接続された異なる負荷抵抗に対する出力電圧の変化に対する入力電圧の変化を図7に示します。Q28のベース-エミッタ電圧の変化は出力段のPNP部分の利得によって減衰するので、グランドより上の出力電圧(Q28のソース電流)の利得ははるかに高くなります。したがって、正出力振幅(出力ソース電流)では、どんな負荷抵抗でも入力電圧はほとんど変化しません。最高の利得と最良の直線性は出力が電流をソースしているときに達成されます。これは負荷がグランドを基準にしている単一電源動作の場合です。600Ωのワーストケース負荷のシンクとソースの両方の負荷電流の利得を図8に示します。

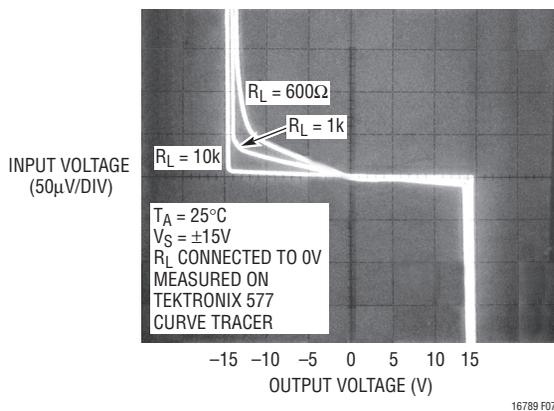


図7. 両電源の電圧利得

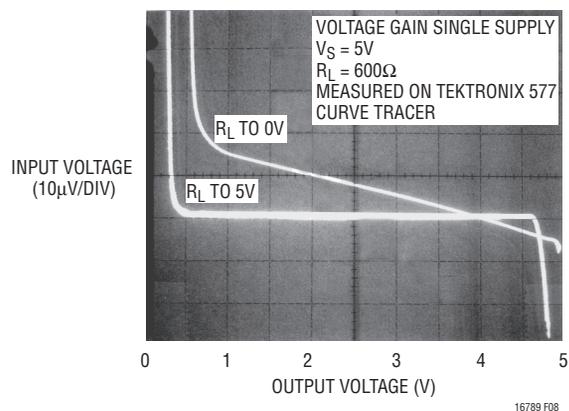
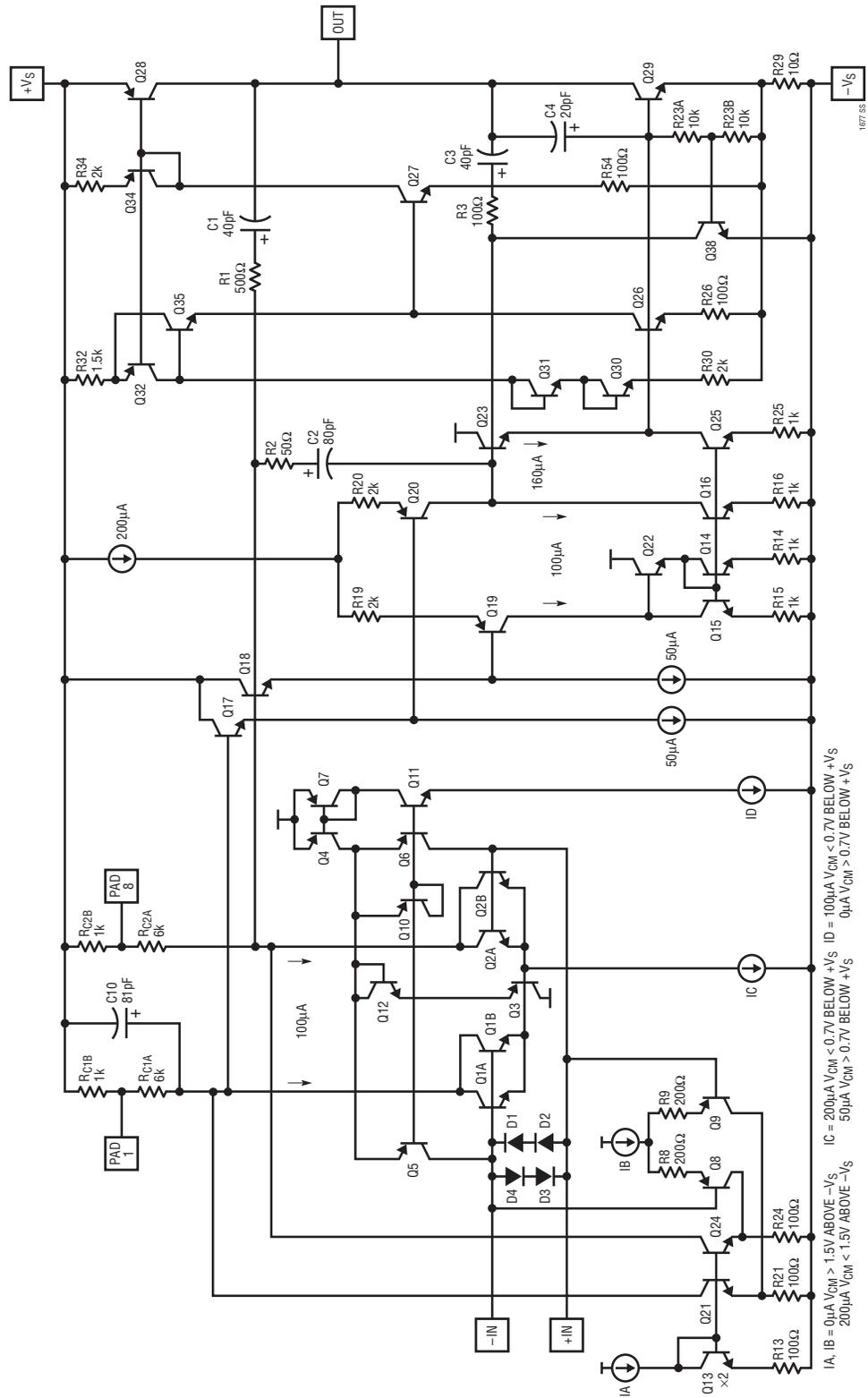


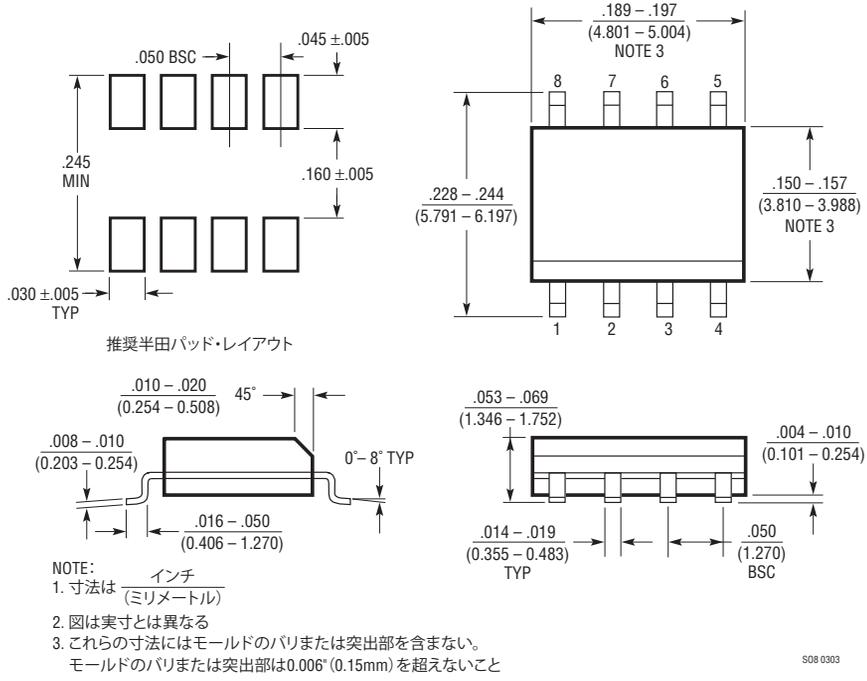
図8. 単一電源の電圧利得

## 簡略回路図

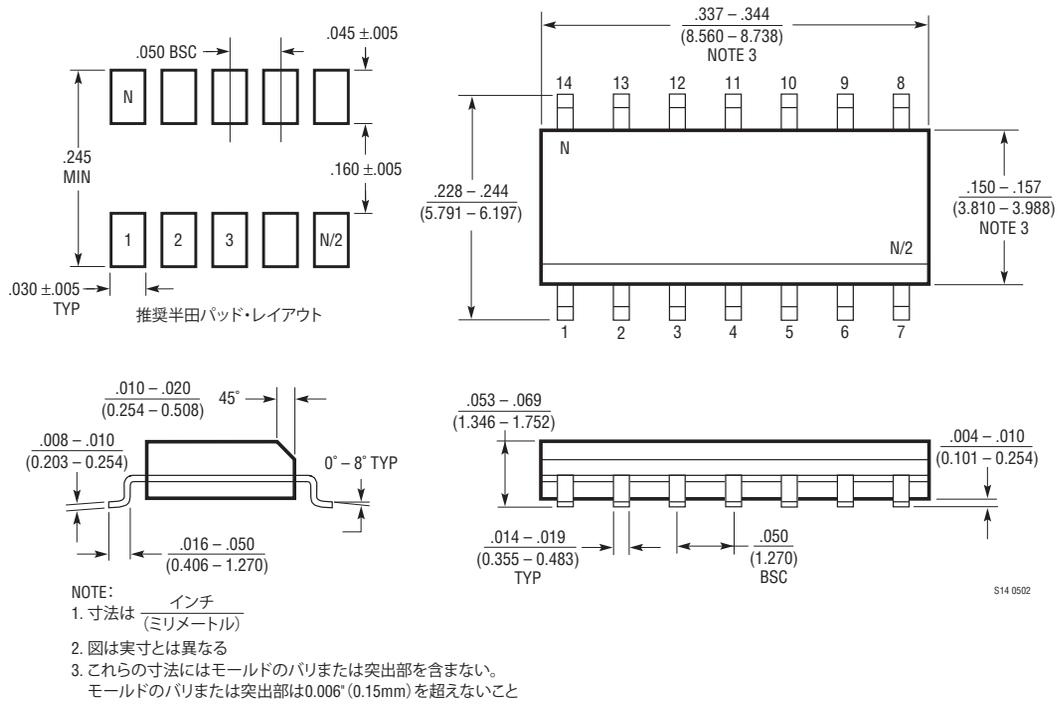


パッケージ

**S8パッケージ**  
**8ピン・プラスチック・スモール・アウトライン (細型0.150インチ)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1610)

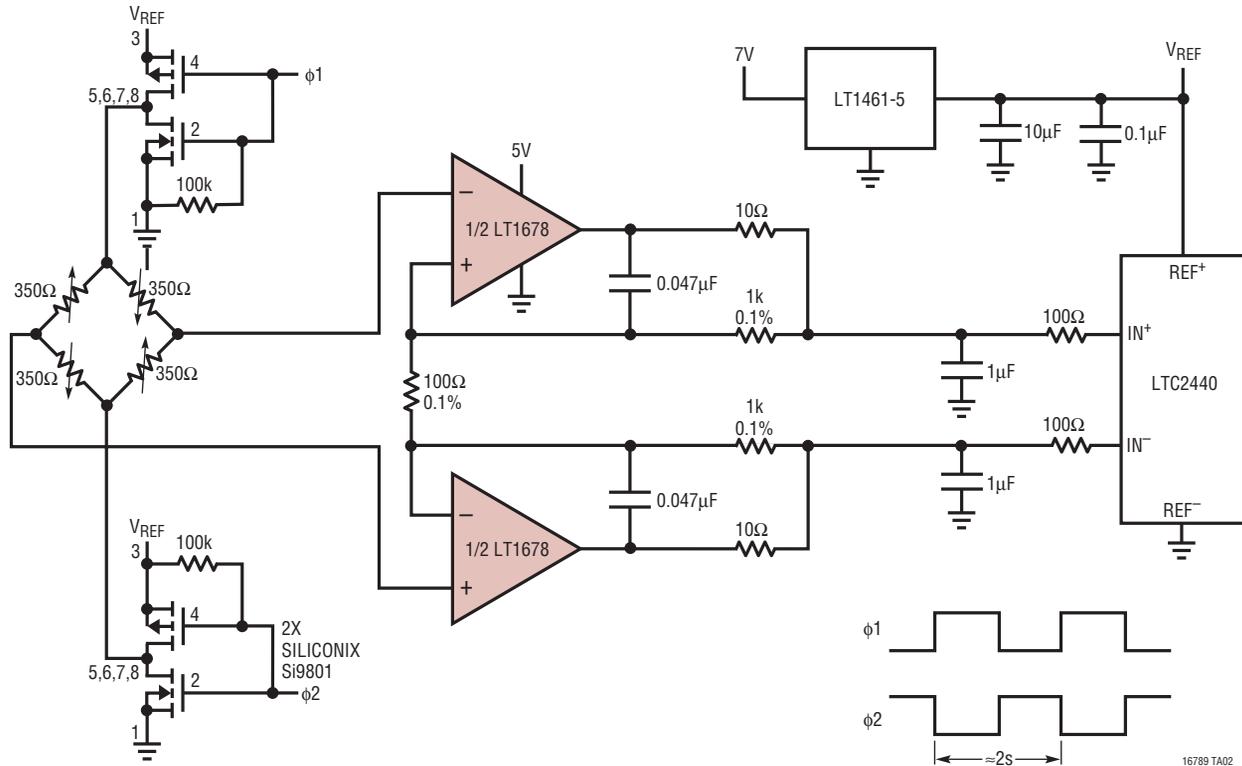


**Sパッケージ**  
**14ピン・プラスチック・スモール・アウトライン (細型0.150インチ)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1610)



## 標準的応用例

自動ゼロ調整なしの低ノイズ・バイポーラ・アンプの1/fノイズとオフセット・ドリフトを除去するブリッジ反転。  
回路は14nVのノイズレベル、つまり10mVのスパンに対して19実効ビットを与える



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1028/LT1128	超低ノイズ高精度オペアンプ	最低ノイズ: $0.85\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
LT1115	超低ノイズ、低歪みオーディオ用オペアンプ	THD: 0.002%、最大ノイズ: $1.2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
LT1124/LT1125	デュアル/クワッド低ノイズ、高速、高精度オペアンプ	LT1007に類似
LT1126/LT1127	デュアル/クワッド非補償、低ノイズ、高速、高精度オペアンプ	LT1037に類似
LT1226	低ノイズ、超高速オペアンプ	1GHz、 $2.6\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、25の利得で安定
LT1498/LT1499	10MHz、5V/μs、デュアル/クワッドのレール・トゥ・レール入力/出力のオペアンプ	高精度C-Load™で安定
LT1677	LT1678/LT1679のシングル・バージョン	レール・トゥ・レール、 $3.2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
LT1792	低ノイズ、高精度JFET入力オペアンプ	$4.2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、 $10\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
LT1793	低ノイズ、ピコアンペア・バイアス電流オペアンプ	$6\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、 $1\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、 $I_B = \text{最大}10\text{pA}$
LT1806	低ノイズ、325MHzレール・トゥ・レール入出力のオペアンプ	$3.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
LT1881/LT1882	デュアル/クワッド、レール・トゥ・レール出力、ピコアンペア入力の高精度オペアンプ	$C_{\text{LOAD}}$ : 最大1000pF、 $I_B = \text{最大}200\text{pA}$
LT1884/LT1885	デュアル/クワッド、レール・トゥ・レール出力、ピコアンペア入力の高精度オペアンプ	帯域幅: 2.2MHz、SR: 1.2V/μs

C-Loadはリニアテクノロジー社の商標です。

16789f