

# 0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 730MHz、500V/ $\mu\text{s}$ 、 シャットダウン機能付きの 低歪みレールtoレール出力オペアンプ

## 特長

- 超低電圧ノイズ: 0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- 高速での低歪み:  
HD2/HD3 < -100dBc ( $A_V = +1$ , 4V<sub>p-p</sub>, 2MHz,  $R_L = 1\text{k}\Omega$ )
- 高スルー・レート: 500V/ $\mu\text{s}$
- GBW = 890MHz
- -3dBの周波数 ( $A_V = +1$ ): 730MHz
- 入力オフセット電圧: 全温度範囲で最大 250 $\mu\text{V}$
- オフセット・ドリフト: 0.4 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- 負電源レールを含む入力コモンモード電圧範囲
- レールtoレールの出力振幅
- 電源電流: 16mA / チャンネル (代表値)
- シャットダウン電源電流 = 500 $\mu\text{A}$
- 動作電源電圧範囲: 2.8V~11.75V
- 大きな出力電流: 80mA (最小値)
- 非常に高いオープンループ・ゲイン: 5.6V/ $\mu\text{V}$  (135dB)、 $R_L = 1\text{k}\Omega$
- 動作温度範囲: -40 $^\circ\text{C}$ ~125 $^\circ\text{C}$
- パッケージ・オプション: 8ピン SOIC、TSOT-23、DC-6

## アプリケーション

- 光エレクトロニクス: 高速トランスインピーダンス・アンプ
- 高ダイナミック・レンジのA/Dコンバータ(ADC)の駆動
- アクティブ・フィルタ
- ビデオ・アンプ
- 差動信号からシングル・エンド信号への高速変換
- 低電圧 Hi-Fi アンプ

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 概要

LTC<sup>®</sup>6228は、非常に高速で低ノイズのレールtoレール出力、ユニティ・ゲイン安定オペアンプです。ゲイン帯域幅積(GB)は890MHz、スルー・レートは500V/ $\mu\text{s}$ です。わずか0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ の低い入力換算電圧ノイズと、2MHzの高速大信号に対して4V<sub>p-p</sub>で-100dBを上回る低歪み性能を誇るこのアンプは、ADCの駆動など、高ダイナミック・レンジを必要とする高スルー・レートの信号処理アプリケーションに最適です。その他の特長として、シャットダウン機能と、内部バイアス電流キャンセレーションを有効化/無効化してノイズ性能を最適化する機能などがあります。

低オフセット、低オフセット・ドリフト、高ゲイン、および高CMRRを組み合わせたLTC6228は、広ダイナミック・レンジ・アプリケーション用の優れた選択肢となります。

LTC6228ファミリは、2.8V~11.75Vの電源電圧で優れた性能を維持します。これらのデバイスは、3V、5V、および10V(±5V)の電源で仕様規定されています。

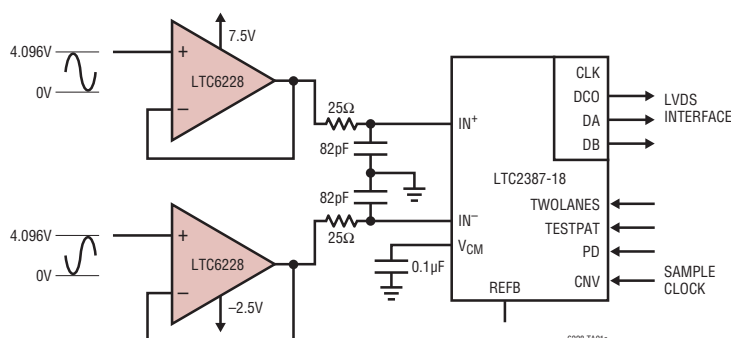
負電源レールを含む入力電圧範囲と、全電源範囲を含む出力電圧範囲を備えたこのオペアンプは、広振幅信号と単電源動作に対応します。

PCBレイアウトのスペースの制約がある場合、LTC6228は2mm×2mm DFNパッケージで利用可能です。従来のリード付きパッケージでも供給されています。

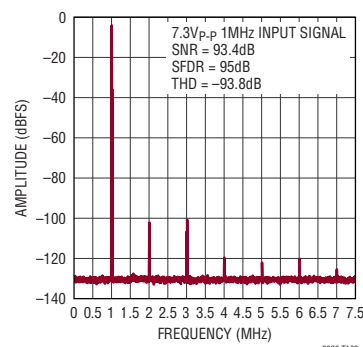
これらのアンプは、多くの高速オペアンプの代替品として使用することができ、速度、ノイズ、歪み、およびダイナミック・レンジを改善できます。

## 標準的応用例

LTC2387-18 SAR ADC用のLTC6228 ベース・ドライバ



システム性能: 2個のLTC6228でLTC2387-18を駆動  
8192ポイントFFT、-1dBFS  
 $f_{\text{SAMPL}} = 15\text{Msps}$ ,  $f_{\text{IN}} = 1\text{MHz}$

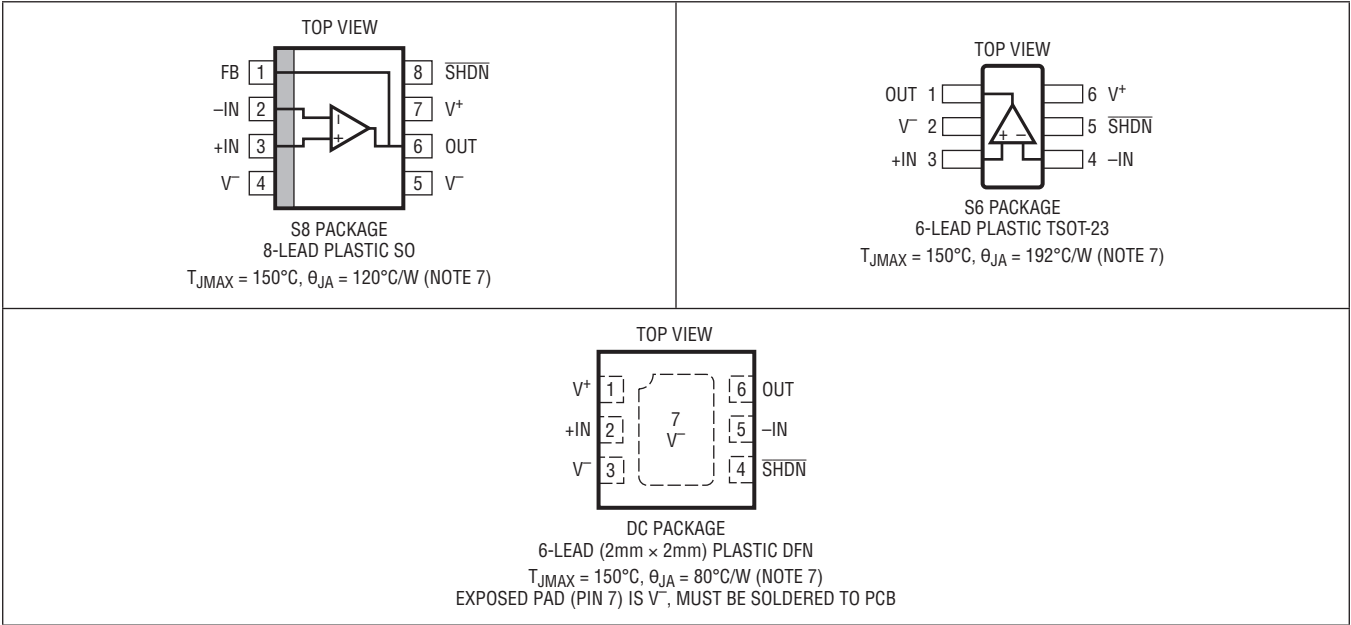


# LTC6228

## 絶対最大定格 (Note 1)

|                                                            |                                                |                         |                                            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
| 全電源電圧 ( $V^- \sim V^+$ )                                   | 12V                                            | 出力電流 (OUT, FB) (Note 3) | $\pm 100\text{mA}$                         |
| 入力電圧 ( $-IN$ , $+IN$ , $\overline{\text{SHDN}}$ )          | $(V^- - 0.3\text{V}) \sim (V^+ + 0.3\text{V})$ | 出力短絡時間                  | 温度により制限                                    |
| 入力電流 ( $-IN$ , $+IN$ , $\overline{\text{SHDN}}$ ) (Note 2) | $\pm 10\text{mA}$                              | 保存温度範囲                  | $-65^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ |
| 動作温度範囲                                                     |                                                | 最大ジャンクション温度             | $150^\circ\text{C}$                        |
| LTC6228I (Note 4)                                          | $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$      | リード温度 (ハンダ処理、10秒)       |                                            |
| LTC6228H (Note 4)                                          | $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$     | (S8/TSOT のみ)            | $300^\circ\text{C}$                        |
| 仕様規定されている温度範囲                                              |                                                |                         |                                            |
| LTC6228I (Note 4)                                          | $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$      |                         |                                            |
| LTC6228H (Note 4)                                          | $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$     |                         |                                            |

## ピン配置



## 発注情報

| 鉛フリー仕上げ           | テープ&リール          | 製品マーキング | パッケージ                | 温度範囲           |
|-------------------|------------------|---------|----------------------|----------------|
| LTC6228IS6#TRMPBF | LTC6228IS6#TRPBF | LTHGB   | 6-Lead TSOT-23       | -40°C to 85°C  |
| LTC6228HS6#TRMPBF | LTC6228HS6#TRPBF | LTHGB   | 6-Lead TSOT-23       | -40°C to 125°C |
| LTC6228IDC#TRMPBF | LTC6228IDC#TRPBF | LHGC    | 6-Lead 2mm × 2mm DFN | -40°C to 85°C  |
| LTC6228HDC#TRMPBF | LTC6228HDC#TRPBF | LHGC    | 6-Lead 2mm × 2mm DFN | -40°C to 125°C |
| LTC6228IS8#TRMPBF | LTC6228IS8#TRPBF | 6228    | 8-Lead SOIC-8        | -40°C to 85°C  |
| LTC6228HS8#TRMPBF | LTC6228HS8#TRPBF | 6228    | 8-Lead SOIC-8        | -40°C to 125°C |

更に広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

テープ&リールの仕様を参照してください。一部のパッケージは、#TRMPBF接尾部の付いた指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

電気的特性 ( $V_S = \pm 5V$ )

●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、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL            | PARAMETER                             | CONDITIONS                                                                                  | MIN           | TYP      | MAX         | UNITS                            |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|-------------|----------------------------------|
| $V_{OS}$          | Input Offset Voltage                  |                                                                                             | -95<br>-250   | 20       | 95<br>250   | $\mu V$<br>$\mu V$               |
| $T_{CVOS}$        | Input Offset Voltage Drift            |                                                                                             |               | 0.4      |             | $\mu V/^\circ\text{C}$           |
| $I_B$             | Input Bias Current (Note 6)           | Bias Cancellation Disabled                                                                  | -40<br>-44    | -16      |             | $\mu A$<br>$\mu A$               |
|                   |                                       | Bias Cancellation Enabled                                                                   | -2.5<br>-4.1  | 0.6      | 2.5<br>4.1  | $\mu A$<br>$\mu A$               |
| $I_{OS}$          | Input Offset Current                  | Bias Cancellation Disabled                                                                  | -0.55<br>-0.8 | 0.1      | 0.55<br>0.8 | $\mu A$<br>$\mu A$               |
|                   |                                       | Bias Cancellation Enabled                                                                   | -0.9<br>-1    | 0.1      | 0.9<br>1    | $\mu A$<br>$\mu A$               |
| $e_n$             | Input Noise Voltage Spectral Density  | $f = 1\text{MHz}$                                                                           |               | 0.88     |             | $nV/\sqrt{Hz}$                   |
|                   | Integrated 1/f Noise                  | 0.1Hz~10Hz                                                                                  |               | 0.94     |             | $\mu V_{P-P}$                    |
| $i_n$             | Input Current Noise Spectral Density  | $f = 1\text{MHz}$ Bias Cancellation Disabled<br>$f = 1\text{MHz}$ Bias Cancellation Enabled |               | 3<br>6.3 |             | $pA/\sqrt{Hz}$<br>$pA/\sqrt{Hz}$ |
| $C_{IN}$          | Input Capacitance                     | Differential Mode                                                                           |               | 3.5      |             | pF                               |
|                   |                                       | Common Mode                                                                                 |               | 1.5      |             | pF                               |
| $R_{IN}$          | Input Resistance                      | Differential Mode                                                                           |               | 2.6      |             | k $\Omega$                       |
|                   |                                       | Common Mode                                                                                 |               | 4        |             | M $\Omega$                       |
| $A_{VOL}$         | Large Signal Voltage Gain             | $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply $V_{OUT} = \pm 4V$                                          | 120<br>113    | 135      |             | dB<br>dB                         |
|                   |                                       | $R_L = 100\Omega$ to Half Supply $V_{OUT} = \pm 3V$                                         | 100<br>92     | 120      |             | V/mV<br>V/mV                     |
| CMRR              | Common Mode Rejection Ratio           | $V_{CM} = V^- - 0.1$ to $V^+ - 1.2V$                                                        | 100<br>94     | 110      |             | dB<br>dB                         |
|                   |                                       |                                                                                             |               |          |             |                                  |
| $V_{CMR}$         | Input Common Mode Range               |                                                                                             | $V^- - 0.1$   |          | $V^+ - 1.2$ | V                                |
| PSRR <sup>+</sup> | Positive Power Supply Rejection Ratio | $V^- = -1V$ , $V^+ = 1.8V$ to $10.75V$                                                      | 100<br>95     | 110      |             | dB<br>dB                         |
|                   |                                       |                                                                                             |               |          |             |                                  |

電氣的特性 ( $V_S = \pm 5V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL            | PARAMETER                                                          | CONDITIONS                                               |   | MIN          | TYP   | MAX          | UNITS              |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---|--------------|-------|--------------|--------------------|
| PSRR <sup>-</sup> | Negative Power Supply Rejection Ratio                              | $V^+ = 1.5V$ , $V^- = -1.3V$ to $-10.25V$                | ● | 101<br>99    | 126   |              | dB<br>dB           |
|                   | Supply Voltage Range ( $V^+ - V^-$ ) (Note 5)                      |                                                          | ● | 2.8          |       | 11.75        | V                  |
| $V_{OL}$          | Output Swing Low ( $V_{OUT} - V^-$ )                               | No Load                                                  | ● |              | 8     | 16<br>20     | mV<br>mV           |
|                   |                                                                    | $I_{SINK} = 5mA$                                         | ● |              | 46.   | 70<br>85     | mV<br>mV           |
|                   |                                                                    | $I_{SINK} = 25mA$                                        | ● |              | 140   | 220<br>280   | mV<br>mV           |
| $V_{OH}$          | Output Swing High ( $V^+ - V_{OUT}$ )                              | No Load                                                  | ● |              | 27    | 50<br>60     | mV<br>mV           |
|                   |                                                                    | $I_{SINK} = 5mA$                                         | ● |              | 90.   | 140<br>180   | mV<br>mV           |
|                   |                                                                    | $I_{SOURCE} = 25mA$                                      | ● |              | 250.  | 340<br>450   | mV<br>mV           |
| $I_{SC}$          | Output Short-Circuit Current                                       | Sourcing                                                 | ● |              | -130  | -80<br>-65   | mA<br>mA           |
|                   |                                                                    | Sinking                                                  | ● | 80<br>60     | 140   |              | mA<br>mA           |
| $I_S$             | Supply Current per Channel                                         |                                                          | ● |              | 16    | 16.9<br>19.8 | mA<br>mA           |
| $I_{SD}$          | Disable Supply Current, Amplifier Off                              | $V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$                                 | ● |              | 500   | 610<br>770   | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| $V_{L\_SHDN}$     | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage Low, Disable Amplifier         |                                                          | ● |              |       | $V^+ - 2.75$ | V                  |
| $V_{H\_SHDN}$     | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage High, Enable Amplifier         |                                                          | ● | $V^+ - 1.6$  |       |              | V                  |
| $V_{L\_IBIAS}$    | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage Low, Disable Bias Cancellation |                                                          | ● |              |       | $V^+ - 1$    | V                  |
| $V_{H\_IBIAS}$    | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage Low, Enable Bias Cancellation  |                                                          | ● | $V^+ - 0.35$ |       |              | V                  |
| $I_{L\_SHDN}$     | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current, Disable Amplifier             | $V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$                                 | ● | -10          | -2.5  | 10           | $\mu A$            |
| $I_{H\_SHDN}$     | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current, Enable Amplifier              | $V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$                                  | ● | -10          | -0.3  | 10           | $\mu A$            |
| $I_{L\_IBIAS}$    | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current Low, Disable Bias Cancellation | $V_{SHDN} = V^+ - 1V$                                    | ● | -10          | 0.265 | 10           | $\mu A$            |
| $I_{H\_IBIAS}$    | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current Low, Enable Bias Cancellation  | $V_{SHDN} = V^+ - 0.35V$                                 | ● | -10          | 1     | 10           | $\mu A$            |
| $I_{OSD}$         | Output Leakage Current in Shutdown                                 | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$ , OUT Shorted to $V^+$ or $V^-$ |   |              | 100   |              | nA                 |
| BW                | -3dB Closed Loop Bandwidth                                         | $A_V = 1$ , $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply              |   |              | 730   |              | MHz                |
| GBW               | Gain-Bandwidth Product                                             | $f = 5MHz$ , $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply             | ● | 700<br>650   | 890   |              | MHz<br>MHz         |
| $t_{ON}$          | Turn-On Time                                                       | $V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$ to $V^+ - 1.6V$                 |   |              | 900   |              | ns                 |
| $t_{OFF}$         | Turn-Off Time                                                      | $V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$ to $V^+ - 2.75V$                 |   |              | 500   |              | ns                 |
| $t_{S\_0.1}$      | Settling Time to 0.1%                                              | $A_V = 1$ , 2V Output Step, $R_L = 1k\Omega$             |   |              | 26    |              | ns                 |
|                   |                                                                    | $A_V = 1$ , 4V Output Step, $R_L = 1k\Omega$             |   |              | 34    |              | ns                 |

電氣的特性 ( $V_S = \pm 5V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL         | PARAMETER                                                         | CONDITIONS                                       | MIN        | TYP       | MAX | UNITS                    |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|-----------|-----|--------------------------|
| SR             | Slew Rate                                                         | $A_V = +4$ , 8V Output Step (Note 8)             | 320<br>250 | 500       |     | V/ $\mu s$<br>V/ $\mu s$ |
| FPBW           | Full Power Bandwidth                                              | $V_{OUT} = 8V_{P-P}$ , $A_V = +2$ , THD < -40dBc |            | 12.5      |     | MHz                      |
| HD2/HD3        | Harmonic Distortion, $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply, $A_V = +1$  | $f_C = 100kHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                |            | -113/-119 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 100kHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                |            | -126/-131 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 1MHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                  |            | -107/-114 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 1MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |            | -119/-132 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 5MHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                  |            | -83/-96   |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 5MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |            | -90/-113  |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 10MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                 |            | -74/-89   |     | dBc                      |
|                | Harmonic Distortion, $R_L = 100\Omega$ to Half Supply, $A_V = +1$ | $f_C = 100kHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                |            | -105/-106 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 100kHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                |            | -118/-124 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 1MHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                  |            | -97/-107  |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 1MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |            | -100/-114 |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 5MHz$ , $V_O = 4V_{P-P}$                  |            | -79/-75   |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 5MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |            | -83/-82   |     | dBc                      |
|                |                                                                   | $f_C = 10MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                 |            | -72/-68   |     | dBc                      |
| $\Delta G$     | Differential Gain (NTSC)                                          | $A_V = 2$ , $R_L = 150\Omega$                    |            | 0.008     |     | %                        |
|                |                                                                   | $A_V = +1$ , $R_L = 1k\Omega$                    |            | 0.001     |     | %                        |
| $\Delta\theta$ | Differential Phase (NTSC)                                         | $A_V = 2$ , $R_L = 150\Omega$                    |            | 0.004     |     | Deg                      |
|                |                                                                   | $A_V = +1$ , $R_L = 1k\Omega$                    |            | 0.09      |     | Deg                      |

電氣的特性 ( $V_S = 5V$ ,  $0V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = 5V$ ,  $0V$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = 2.5V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL     | PARAMETER                            | CONDITIONS                                                 | MIN           | TYP  | MAX         | UNITS              |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------|------|-------------|--------------------|
| $V_{OS}$   | Input Offset Voltage                 |                                                            | -105<br>-290  | 20   | 105<br>290  | $\mu V$<br>$\mu V$ |
| $T_{CVOS}$ | Input Offset Voltage Drift           |                                                            |               | 0.4  |             | $\mu V/^\circ C$   |
| $I_B$      | Input Bias Current (Note 6)          | Bias Cancellation Disabled                                 | -40<br>-44    | -16  |             | $\mu A$<br>$\mu A$ |
|            |                                      | Bias Cancellation Enabled                                  | -3<br>-4.4    | 1    | 3<br>4.4    | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| $I_{OS}$   | Input Offset Current                 | Bias Cancellation Disabled                                 | -0.55<br>-0.8 | 0.1  | 0.55<br>0.8 | $\mu A$<br>$\mu A$ |
|            |                                      | Bias Cancellation Enabled                                  | -0.9<br>-1    | 0.15 | 0.9<br>1    | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| $e_n$      | Input Noise Voltage Spectral Density | $f = 1MHz$                                                 |               | 0.88 |             | $nV/\sqrt{Hz}$     |
|            | Integrated 1/f Noise                 | 0.1Hz~10Hz                                                 |               | 0.94 |             | $\mu V_{P-P}$      |
| $i_n$      | Input Current Noise Spectral Density | $f = 1MHz$ Bias Cancellation Disabled                      |               | 3    |             | $pA/\sqrt{Hz}$     |
|            |                                      | $f = 1MHz$ Bias Cancellation Enabled                       |               | 6.3  |             | $pA/\sqrt{Hz}$     |
| $C_{IN}$   | Input Capacitance                    | Differential Mode                                          |               | 3.5  |             | pF                 |
|            |                                      | Common Mode                                                |               | 1.5  |             | pF                 |
| $R_{IN}$   | Input Resistance                     | Differential Mode                                          |               | 2.6  |             | k $\Omega$         |
|            |                                      | Common Mode                                                |               | 4    |             | M $\Omega$         |
| $A_{VOL}$  | Large Signal Voltage Gain            | $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply, $V_{OUT} = V_{CM} \pm 2$  | 120<br>115    | 140  |             | dB<br>dB           |
|            |                                      | $R_L = 100\Omega$ to Half Supply, $V_{OUT} = V_{CM} \pm 2$ | 106<br>100    | 120  |             | dB<br>dB           |
| CMRR       | Common Mode Rejection Ratio          | $V_{CM} = V^- - 0.1$ to $V^+ - 1.2V$                       | 97<br>92      | 110  |             | dB<br>dB           |

Rev 0

電氣的特性 ( $V_S = 5V, 0V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = 5V, 0V$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = 2.5V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL        | PARAMETER                                                          | CONDITIONS                                               |   | MIN          | TYP   | MAX          | UNITS              |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---|--------------|-------|--------------|--------------------|
| $V_{CMR}$     | Input Common Mode Range                                            |                                                          | ● | $V^- - 0.1$  |       | $V^+ - 1.2$  | V                  |
| $PSRR^+$      | Positive Power Supply Rejection Ratio                              | $V^- = -1V, V^+ = 1.8V \text{ to } 10.75V$               | ● | 100<br>95    | 110   |              | dB<br>dB           |
| $PSRR^-$      | Negative Power Supply Rejection Ratio                              | $V^+ = 1.5V, V^- = -1.3V \text{ to } -10.25V$            | ● | 103<br>100   | 126   |              | dB<br>dB           |
|               | Supply Voltage Range ( $V^+ - V^-$ ) (Note 5)                      |                                                          | ● | 2.8          |       | 11.75        | V                  |
| $V_{OL}$      | Output Swing Low ( $V_{OUT} - V^-$ )                               | No Load                                                  | ● |              | 7     | 18<br>32     | mV<br>mV           |
|               |                                                                    | $I_{SINK} = 5mA$                                         | ● |              | 40.   | 70<br>90     | mV<br>mV           |
|               |                                                                    | $I_{SINK} = 25mA$                                        | ● |              | 150.  | 220<br>300   | mV<br>mV           |
| $V_{OH}$      | Output Swing High ( $V_{CC} - V^+$ )                               | No Load                                                  | ● |              | 26    | 48<br>58     | mV<br>mV           |
|               |                                                                    | $I_{SINK} = 5mA$                                         | ● |              | 93    | 144<br>185   | mV<br>mV           |
|               |                                                                    | $I_{SOURCE} = 25mA$                                      | ● |              | 255.  | 347<br>459   | mV<br>mV           |
| $I_{SC}$      | Output Short-Circuit Current                                       | Sourcing                                                 | ● |              | -110  | -65<br>-52   | mA<br>mA           |
|               |                                                                    | Sinking                                                  | ● | 70<br>45     | 110   |              | mA<br>mA           |
| $I_S$         | Supply Current per Channel                                         |                                                          | ● |              | 16.5  | 17.8<br>19.6 | mA<br>mA           |
| $I_{SD}$      | Disable Supply Current, Amplifier Off                              | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$                                 | ● |              | 300   | 380<br>430   | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| $V_{L\_SHDN}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage Low, Disable Amplifier         |                                                          | ● |              |       | $V^+ - 2.65$ | V                  |
| $V_{H\_SHDN}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage High, Enable Amplifier         |                                                          | ● | $V^+ - 1.6$  |       |              | V                  |
| $V_{L\_BIAS}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage Low, Disable Bias Cancellation |                                                          | ● |              |       | $V^+ - 1$    | V                  |
| $V_{H\_BIAS}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Voltage Low, Enable Bias Cancellation  |                                                          | ● | $V^+ - 0.35$ |       |              | V                  |
| $I_{L\_SHDN}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current, Disable Amplifier             | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$                                 | ● | -10          | -2.5  | 10           | $\mu A$            |
| $I_{H\_SHDN}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current, Enable Amplifier              | $V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$                                  | ● | -10          | -0.3  | 10           | $\mu A$            |
| $I_{L\_BIAS}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current Low, Disable Bias Cancellation | $V_{SHDN} = V^+ - 1V$                                    | ● | -10          | 0.265 | 10           | $\mu A$            |
| $I_{H\_BIAS}$ | $\overline{SHDN}$ Pin Input Current Low, Enable Bias Cancellation  | $V_{SHDN} = V^+ - 0.35V$                                 | ● | -10          | 1     | 10           | $\mu A$            |
| $I_{OSD}$     | Output Leakage Current in Shutdown                                 | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$ , OUT Shorted to $V^+$ or $V^-$ |   |              | 100   |              | nA                 |
| BW            | -3dB Closed Loop Bandwidth                                         | $A_V = 1, R_L = 1k\Omega \text{ to Half Supply}$         |   |              | 800   |              | MHz                |
| GBW           | Gain-Bandwidth Product                                             | $f = 5MHz, R_L = 1k\Omega \text{ to Half Supply}$        | ● | 700<br>600   | 865   |              | MHz<br>MHz         |
| $t_{ON}$      | Turn-On Time                                                       | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V \text{ to } V^+ - 1.6V$          |   |              | 900   |              | ns                 |
| $t_{OFF}$     | Turn-Off Time                                                      | $V_{SHDN} = V^+ - 1.6V \text{ to } V^+ - 2.65V$          |   |              | 500   |              | ns                 |
| $t_{S\_0.1}$  | Settling Time to 0.1%                                              | $A_V = 1, 2V \text{ Output Step}, R_L = 1k\Omega$        |   |              | 26    |              | ns                 |

電氣的特性 ( $V_S = 5V, 0V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = 5V, 0V$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = 2.5V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL         | PARAMETER                                             | CONDITIONS                                       | MIN | TYP       | MAX | UNITS      |
|----------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----|-----------|-----|------------|
| SR             | Slew Rate                                             | $A_V = +4$ , 4V Output Step (Note 8)             |     | 350       |     | V/ $\mu s$ |
| FPBW           | Full Power Bandwidth                                  | $V_{OUT} = 4V_{P-P}$ , $A_V = +2$ , THD < -40dBc |     | 18        |     | MHz        |
| HD2/HD3        | Harmonic Distortion, $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply  | $f_C = 100kHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                |     | -106/-130 |     | dBc        |
|                |                                                       | $f_C = 1MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |     | -95/-105  |     | dBc        |
|                |                                                       | $f_C = 5MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |     | -88/-114  |     | dBc        |
|                |                                                       | $f_C = 10MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                 |     | -78/-90   |     | dBc        |
|                | Harmonic Distortion, $R_L = 100\Omega$ to Half Supply | $f_C = 100kHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                |     | -112/-115 |     | dBc        |
|                |                                                       | $f_C = 1MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |     | -99/-120  |     | dBc        |
|                |                                                       | $f_C = 5MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                  |     | -83/-88   |     | dBc        |
|                |                                                       | $f_C = 10MHz$ , $V_O = 2V_{P-P}$                 |     | -70/-73   |     | dBc        |
| $\Delta G$     | Differential Gain (NTSC)                              | $A_V = 2$ , $R_L = 150\Omega$                    |     | 0.005     |     | %          |
|                |                                                       | $A_V = +1$ , $R_L = 1k\Omega$                    |     | 0.002     |     | %          |
| $\Delta\theta$ | Differential Phase (NTSC)                             | $A_V = 2$ , $R_L = 150\Omega$                    |     | 0.007     |     | Deg        |
|                |                                                       | $A_V = +1$ , $R_L = 1k\Omega$                    |     | 0.018     |     | Deg        |

電氣的特性 ( $V_S = 3V, 0V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = 3V, 0V$ 、 $V_{CM} = 1.5V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL     | PARAMETER                            | CONDITIONS                                                         | MIN           | TYP  | MAX         | UNITS              |
|------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|------|-------------|--------------------|
| $V_{OS}$   | Input Offset Voltage                 |                                                                    | -110<br>-300  | 24   | 110<br>300  | $\mu V$<br>$\mu V$ |
| $T_{CVOS}$ | Input Offset Voltage Drift           |                                                                    |               | 0.4  |             | $\mu V/^\circ C$   |
| $I_B$      | Input Bias Current (Note 6)          | Bias Cancellation Disabled                                         | -38<br>-44    | -16  |             | $\mu A$<br>$\mu A$ |
|            |                                      | Bias Cancellation Enabled                                          | -3.5<br>-4.3  | 1.5  | 3.5<br>4.1  | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| $I_{OS}$   | Input Offset Current                 | Bias Cancellation Disabled                                         | -0.55<br>-0.8 | 0.1  | 0.55<br>0.8 | $\mu A$<br>$\mu A$ |
|            |                                      | Bias Cancellation Enabled                                          | -0.9<br>-1    | 0.15 | 0.9<br>1    | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| $e_n$      | Input Noise Voltage Spectral Density | $f = 1MHz$                                                         |               | 0.88 |             | $nV/\sqrt{Hz}$     |
|            | Integrated 1/f Noise                 | 0.1Hz~10Hz                                                         |               | 0.94 |             | $\mu V_{P-P}$      |
| $i_n$      | Input Current Noise Spectral Density | $f = 1MHz$ Bias Cancellation Disabled                              |               | 3    |             | $pA/\sqrt{Hz}$     |
|            |                                      | $f = 1MHz$ Bias Cancellation Enabled                               |               | 6.3  |             | $pA/\sqrt{Hz}$     |
| $C_{IN}$   | Input Capacitance                    | Differential Mode                                                  |               | 3.5  |             | pF                 |
|            |                                      | Common Mode                                                        |               | 1.5  |             | pF                 |
| $R_{IN}$   | Input Resistance                     | Differential Mode                                                  |               | 2.6  |             | k $\Omega$         |
|            |                                      | Common Mode                                                        |               | 4    |             | M $\Omega$         |
| $A_{VOL}$  | Large Signal Voltage Gain            | $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply,<br>( $V_{OUT} = V_{CM} \pm 1V$ )  | 118<br>113    | 130  |             | dB<br>dB           |
|            |                                      | $R_L = 100\Omega$ to Half Supply,<br>( $V_{OUT} = V_{CM} \pm 1V$ ) |               | 120  |             | dB                 |
| CMRR       | Common Mode Rejection Ratio          | $V_{CM} = V^-$ to $V^+ - 1.2V$                                     | 95<br>91      | 110  |             | dB<br>dB           |
| $V_{CMR}$  | Input Common Mode Range              |                                                                    | $V^- - 0.1$   |      | $V^+ - 1.2$ | V                  |

電氣的特性 ( $V_S = 3V$ 、 $0V$ )

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ C$  での値。注記がない限り、 $V_S = 3V$ 、 $0V$ 、 $V_{CM} = 1.5V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL               | PARAMETER                                             | CONDITIONS                                                   |   | MIN          | TYP   | MAX          | UNITS              |
|----------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---|--------------|-------|--------------|--------------------|
| PSRR <sup>+</sup>    | Positive Power Supply Rejection Ratio                 | $V^- = -1V$ , $V^+ = 1.8V$ to $10.75V$                       | ● | 100<br>95    | 110   |              | dB<br>dB           |
| PSRR <sup>-</sup>    | Negative Power Supply Rejection Ratio                 | $V^+ = 1.5V$ , $V^- = -1.3V$ to $-10.25V$                    | ● | 101<br>99    | 126   |              | dB<br>dB           |
|                      | Supply Voltage Range ( $V^+ - V^-$ ) (Note 5)         |                                                              | ● | 2.8          |       | 11.75        | V                  |
| VOL                  | Output Swing Low ( $V_{OUT} - V^-$ )                  | No Load                                                      | ● |              | 7     | 10<br>18     | mV<br>mV           |
|                      |                                                       | $I_{SINK} = 5mA$                                             | ● |              | 48.   | 74<br>100    | mV<br>mV           |
|                      |                                                       | $I_{SINK} = 25mA$                                            | ● |              | 165.  | 320<br>430   | mV<br>mV           |
| VOH                  | Output Swing High ( $V_{CC} - V^+$ )                  | No Load                                                      | ● |              | 27    | 49<br>59     | mV<br>mV           |
|                      |                                                       | $I_{SINK} = 5mA$                                             | ● |              | 106   | 166<br>213   | mV<br>mV           |
|                      |                                                       | $I_{SOURCE} = 25mA$                                          | ● |              | 290.  | 520<br>580   | mV<br>mV           |
| I <sub>SC</sub>      | Output Short-Circuit Current                          | Sourcing                                                     |   |              | -67   |              | mA                 |
|                      |                                                       | Sinking                                                      |   |              | 84    |              | mA                 |
| I <sub>S</sub>       | Supply Current per Channel                            |                                                              | ● |              | 16.4  | 17.6<br>19   | mA<br>mA           |
| I <sub>SD</sub>      | Disable Supply Current, Amplifier Off                 | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$                                     | ● |              | 260   | 305<br>350   | $\mu A$<br>$\mu A$ |
| V <sub>L_SHDN</sub>  | SHDN Pin Input Voltage Low, Disable Amplifier         |                                                              | ● |              |       | $V^+ - 2.65$ | V                  |
| V <sub>H_SHDN</sub>  | SHDN Pin Input Voltage High, Enable Amplifier         |                                                              | ● | $V^+ - 1.6$  |       |              | V                  |
| V <sub>L_IBIAS</sub> | SHDN Pin Input Voltage Low, Disable Bias Cancellation |                                                              | ● |              |       | $V^+ - 1$    | V                  |
| V <sub>H_IBIAS</sub> | SHDN Pin Input Voltage Low, Enable Bias Cancellation  |                                                              | ● | $V^+ - 0.35$ |       |              | V                  |
| I <sub>L_SHDN</sub>  | SHDN Pin Input Current, Disable Amplifier             | $V_{SHDN} = V^+ - 2.5V$                                      | ● | -10          | -2.5  | 10           | $\mu A$            |
| I <sub>H_SHDN</sub>  | SHDN Pin Input Current, Enable Amplifier              | $V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$                                      | ● | -10          | -0.3  | 10           | $\mu A$            |
| I <sub>L_IBIAS</sub> | SHDN Pin Input Current Low, Disable Bias Cancellation | $V_{SHDN} = V^+ - 1V$                                        | ● | -10          | 0.265 | 10           | $\mu A$            |
| I <sub>H_IBIAS</sub> | SHDN Pin Input Current Low, Enable Bias Cancellation  | $V_{SHDN} = V^+ - 0.4V$                                      | ● | -10          | 1     | 10           | $\mu A$            |
| I <sub>OSD</sub>     | Output Leakage Current in Shutdown                    | $V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$ , OUT Shorted to $V^+$ or $V^-$     |   |              | 100   |              | nA                 |
| BW                   | -3dB Closed Loop Bandwidth                            | $A_V = 1$ , $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply                  |   |              | 763   |              | MHz                |
| GBW                  | Gain-Bandwidth Product                                | $f = 5MHz$ , $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply                 | ● | 700<br>560   | 845   |              | MHz<br>MHz         |
| t <sub>ON</sub>      | Turn-On Time                                          | $V_{SHDN} = V^+ - 2.5V$ to $V^+ - 1.6V$                      |   |              | 900   |              | ns                 |
| t <sub>OFF</sub>     | Turn-Off Time                                         | $V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$ to $V^+ - 2.5V$                      |   |              | 500   |              | ns                 |
| t <sub>S_0.1</sub>   | Settling Time to 0.1%                                 | $A_V = 1$ , $V_{CM} = 1V$ , 1V Output Step, $R_L = 1k\Omega$ |   |              | 31    |              | ns                 |



電氣的特性 ( $V_S = 3V, 0V$ )

●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、 $V_S = 3V, 0V$ 、 $V_{CM} = 1.5V$ 、 $V_{SHDN} = \text{フローティング}$ 。

| SYMBOL  | PARAMETER                                                                                      | CONDITIONS                                                       | MIN | TYP       | MAX | UNITS            |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----|-----------|-----|------------------|
| SR      | Slew Rate                                                                                      | $A_V = +4$ , 2V Output Step                                      |     | 200       |     | V/ $\mu\text{s}$ |
| FPBW    | Full Power Bandwidth                                                                           | $V_{OUT} = 2V_{P-P}$ , $V_{CM} = 1V$ , $A_V = -1$ , THD < -40dBc |     | 22        |     | MHz              |
| HD2/HD3 | Harmonic Distortion, $R_L = 1k\Omega$ to Half Supply, $V_{OUT} = 1V_{P-P}$ , $V_{CM} = 1.25V$  | $f_C = 100\text{kHz}$                                            |     | -106/-127 |     | dBc              |
|         |                                                                                                | $f_C = 1\text{MHz}$                                              |     | -110/-128 |     | dBc              |
|         |                                                                                                | $f_C = 5\text{MHz}$                                              |     | -82/-105  |     | dBc              |
|         |                                                                                                | $f_C = 10\text{MHz}$                                             |     | -77/-96   |     | dBc              |
|         | Harmonic Distortion, $R_L = 100\Omega$ to Half Supply, $V_{OUT} = 1V_{P-P}$ , $V_{CM} = 1.25V$ | $f_C = 100\text{kHz}$                                            |     | -116/-123 |     | dBc              |
|         |                                                                                                | $f_C = 1\text{MHz}$                                              |     | -105/-132 |     | dBc              |
|         |                                                                                                | $f_C = 5\text{MHz}$                                              |     | -89/-98   |     | dBc              |
|         |                                                                                                | $f_C = 10\text{MHz}$                                             |     | -77/-86   |     | dBc              |

**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

**Note 2:** 入力にはバック・ツー・バック・ダイオードによって保護される。入力ピンまたはシャットダウン・ピンの電圧が正の電源電圧 + 300mV より高くなるか、負の電源電圧 - 300mV より低くなるか、または差動入力電圧が 0.7V を超える場合は、入力電流を 10mA 未満に制限する必要がある。

**Note 3:** 出力電流が大きい場合は、ジャンクション温度を絶対最大定格より低く抑えるためにヒートシンクが必要になることがある。

**Note 4:** LTC6228I は、 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の温度範囲で仕様規定され、この範囲で機能することが確認されている。LTC6228H は、 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$  の温度範囲で仕様規定され、この範囲で機能することが確認されている。

**Note 5:** 電源電圧範囲は電源電圧変動除去比 (PSRR) テストによって確認されている。

**Note 6:** 入力バイアス電流は非反転および反転入力ピンに流れ込む電流の平均。

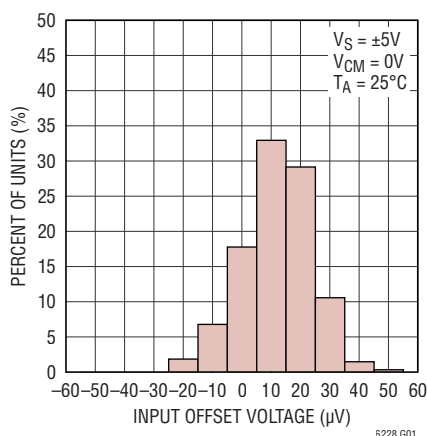
**Note 7:** 熱抵抗は、パッケージに接続した PC 基板の金属の量によって異なる。規定値は最小限の金属面積でピンに接続された短いパターンに対する値。

**Note 8:** 出力波形の中央 2/3 が観察される。中間電源で  $R_L = 1k\Omega$ 。

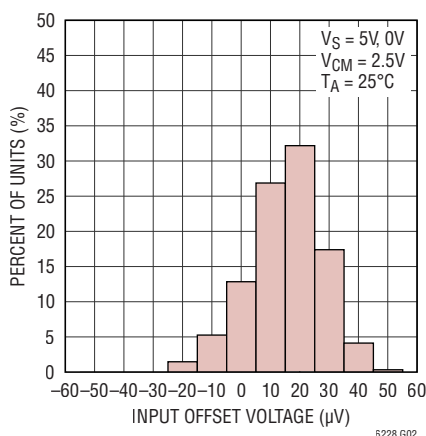
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

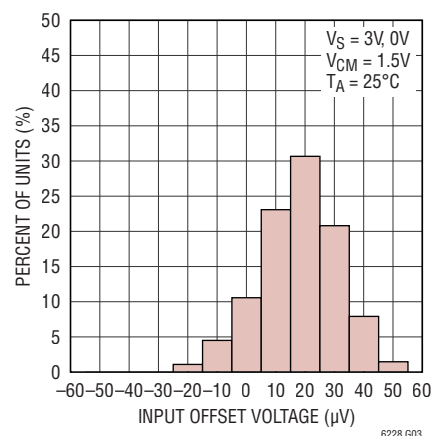
オフセットの分布



オフセットの分布



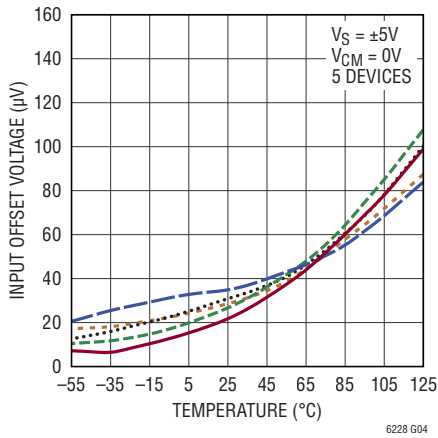
オフセットの分布



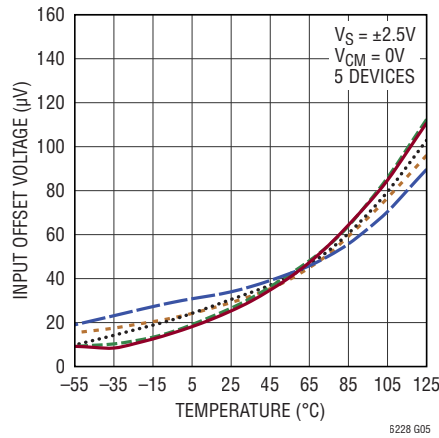
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

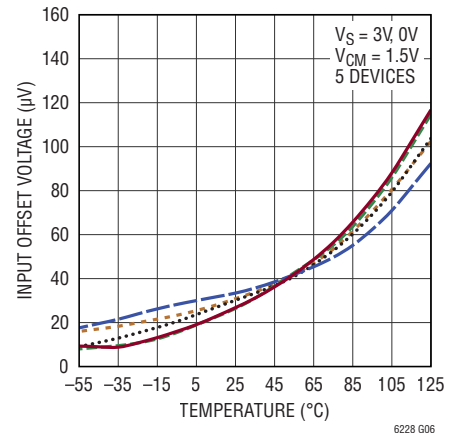
$V_{OS}$ と温度、10V 電源



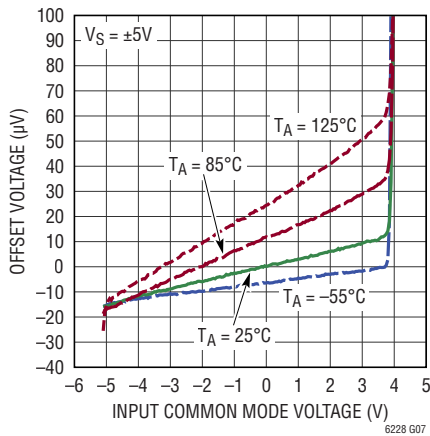
$V_{OS}$ と温度、5V 電源



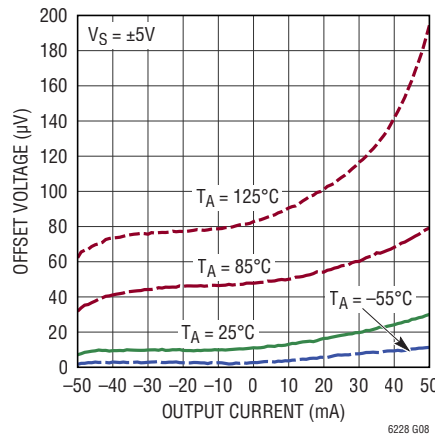
$V_{OS}$ と温度、3V 電源



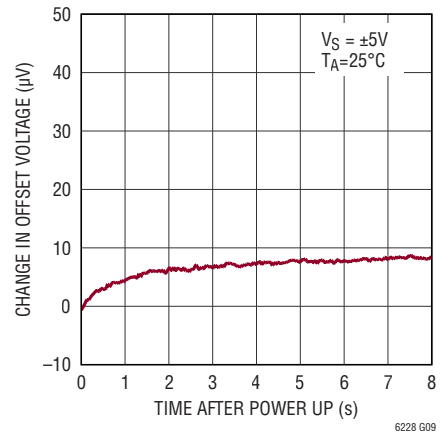
オフセット電圧と入力コモンモード電圧



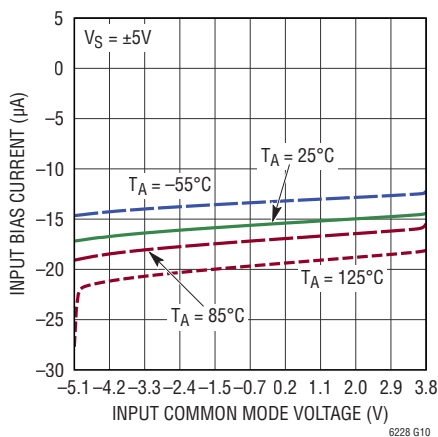
オフセット電圧と出力電流



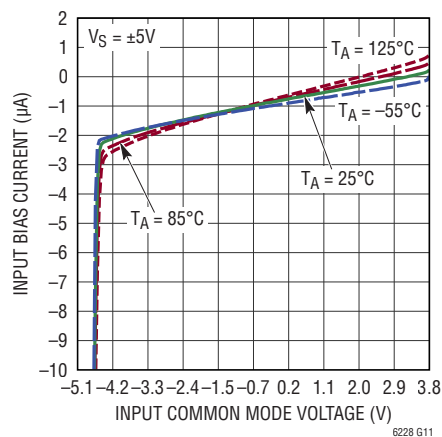
ウォームアップ・ドリフトと時間



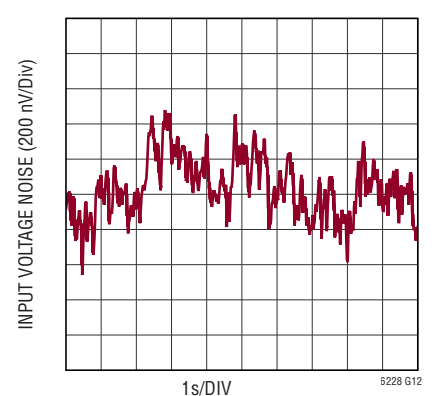
入力バイアス電流と入力コモンモード電圧、バイアス・キャンセレーション無効



入力バイアス電流と入力コモンモード電圧、バイアス・キャンセレーション有効



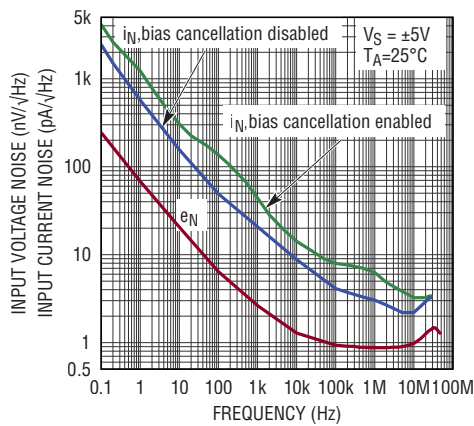
0.1Hz~10Hz 電圧ノイズ



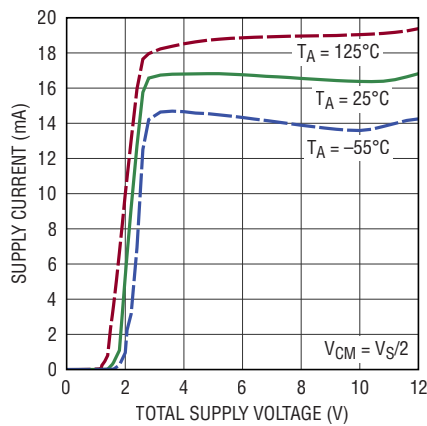
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

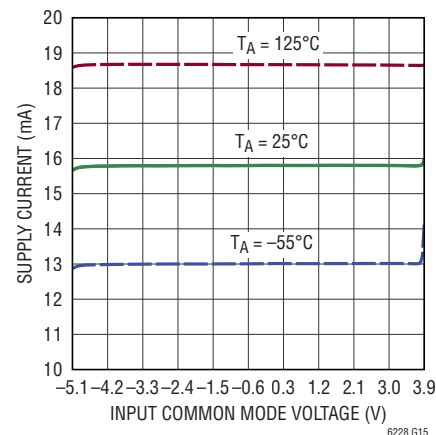
入力電圧ノイズおよび電流ノイズの  
スペクトラム密度と周波数



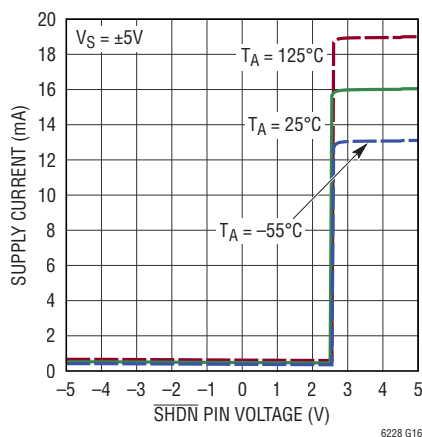
電源電流と電源電圧



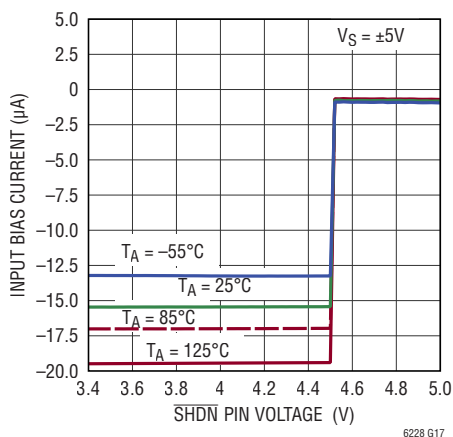
電源電流と入力コモンモード電圧



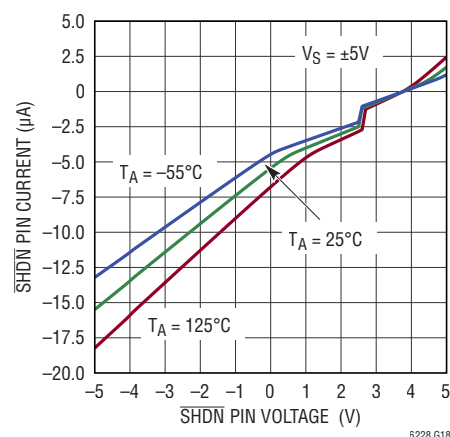
電源電流とSHDNピンの電圧



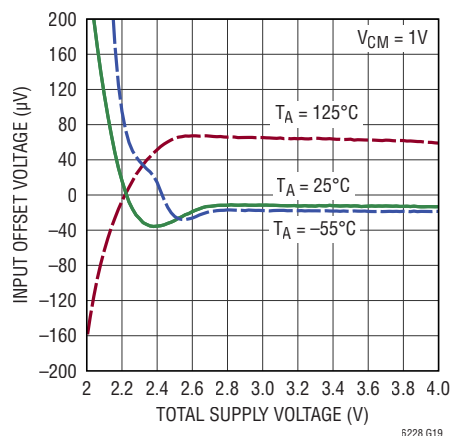
入力バイアス電流とSHDNピンの  
電圧



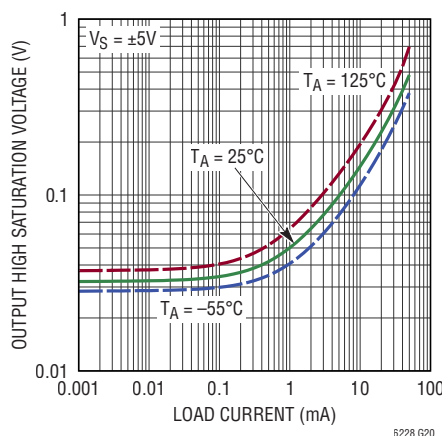
SHDNピンの電流とSHDNピンの  
電圧



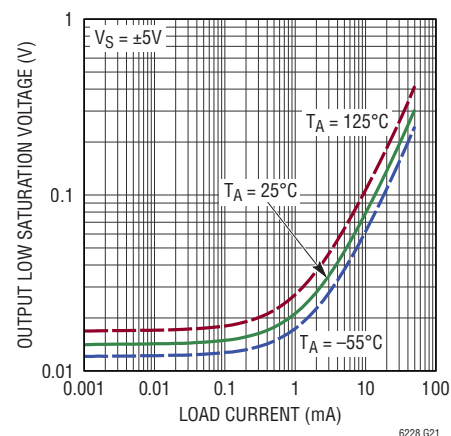
最小電源電圧



出力飽和電圧と負荷電流  
(出力ハイ)



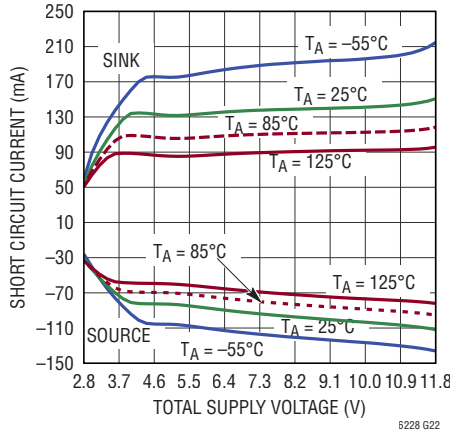
出力飽和電圧と負荷電流  
(出力ロー)



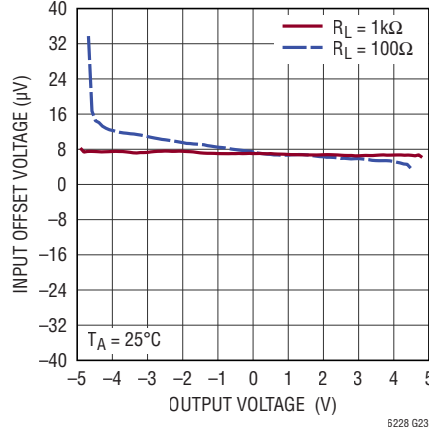
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

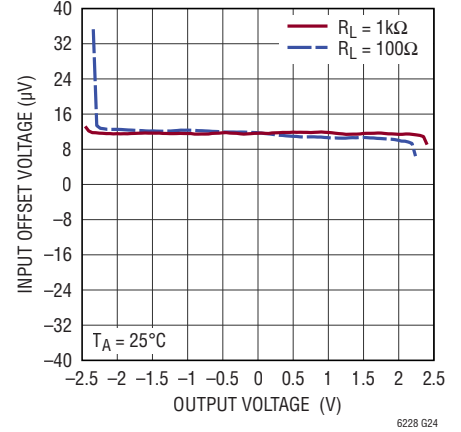
出力短絡電流と電源電圧



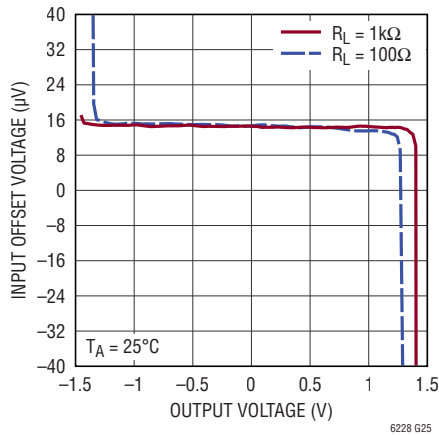
オープンループ・ゲイン、 $V_S = \pm 5V$



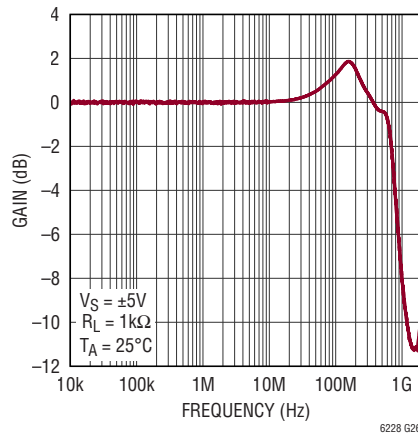
オープンループ・ゲイン、 $V_S = \pm 2.5V$



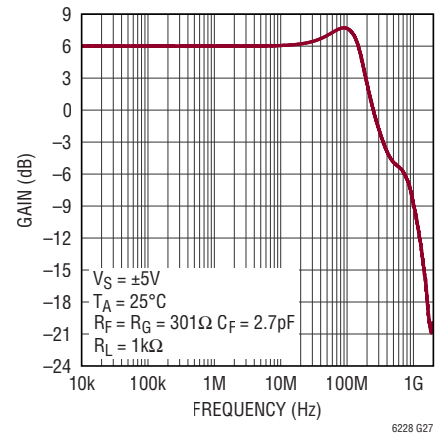
オープンループ・ゲイン、 $V_S = \pm 1.5V$



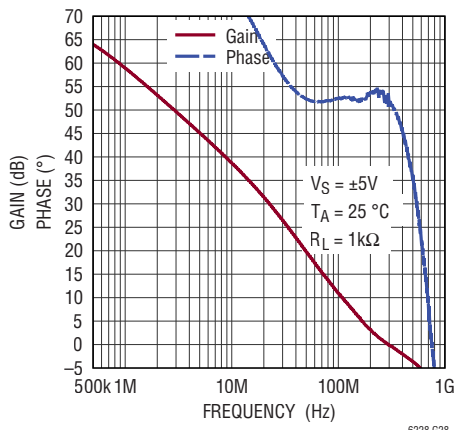
ゲインと周波数、 $A_V = 1$



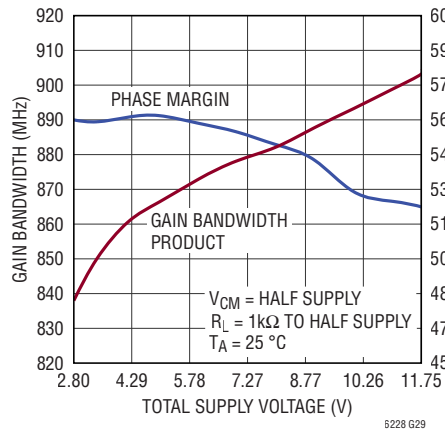
ゲインと周波数、 $A_V = 2$



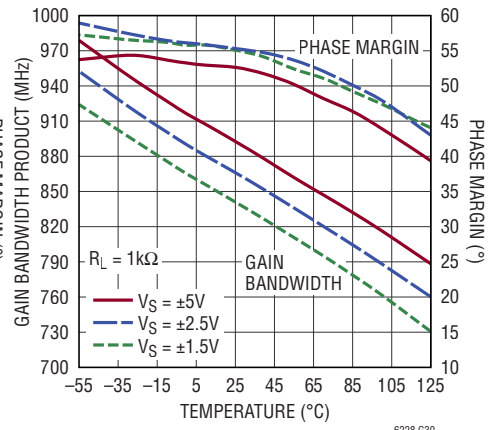
オープンループ・ゲインおよび位相と周波数



ゲイン帯域幅および位相余裕と電源電圧



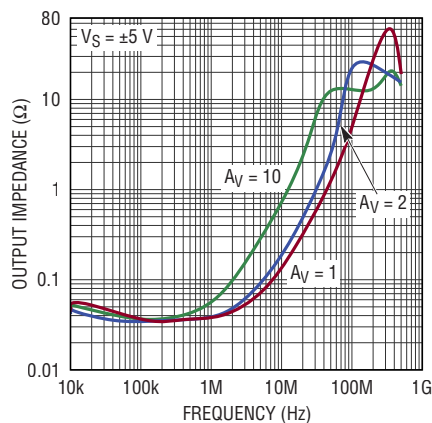
ゲイン帯域幅および位相余裕と温度



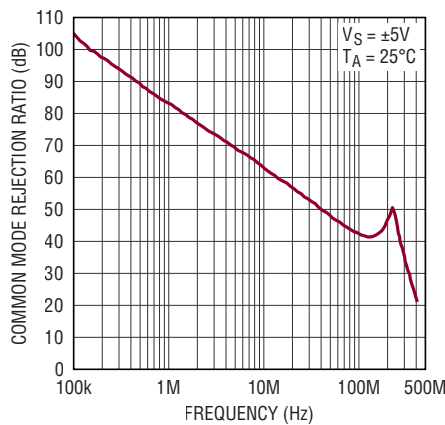
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

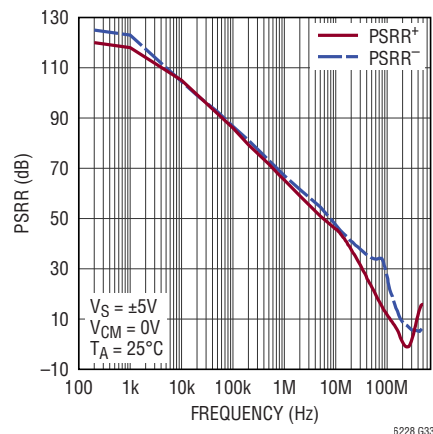
出力インピーダンスと周波数



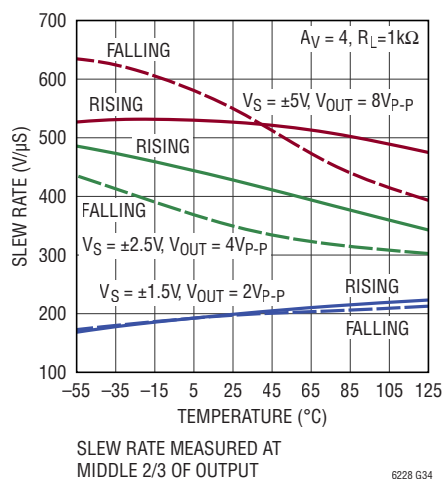
同相ノイズ除去比と周波数



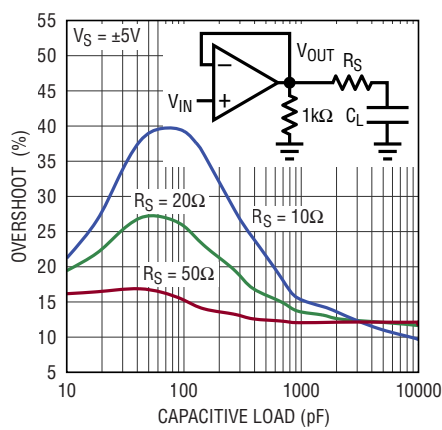
電源電圧変動除去比 (PSRR) と周波数



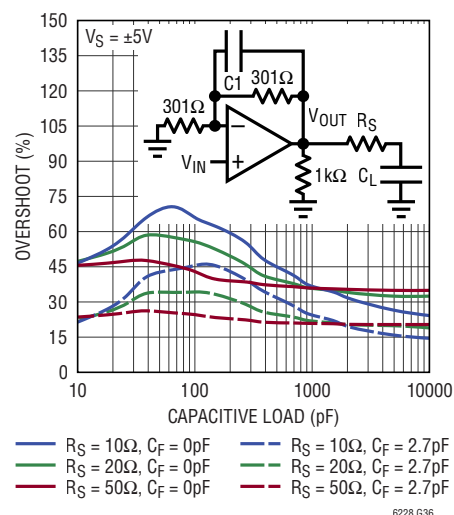
スルー・レートと温度



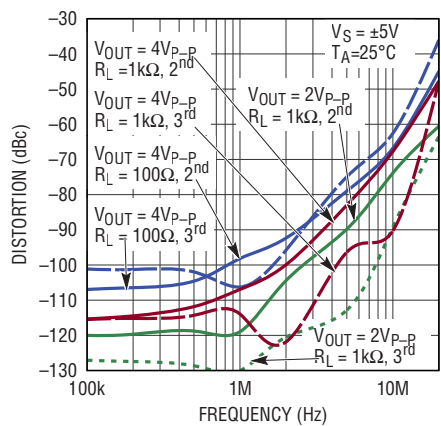
直列出力抵抗と容量性負荷、 $A_V = 1$



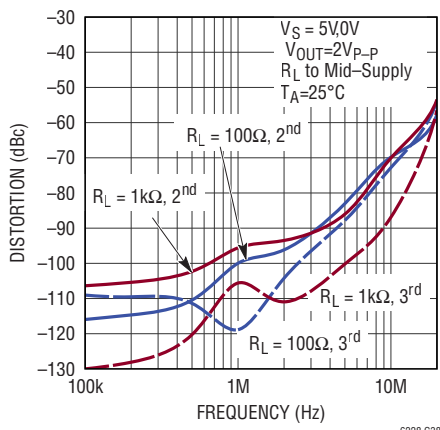
直列出力抵抗と容量性負荷、 $A_V = 2$



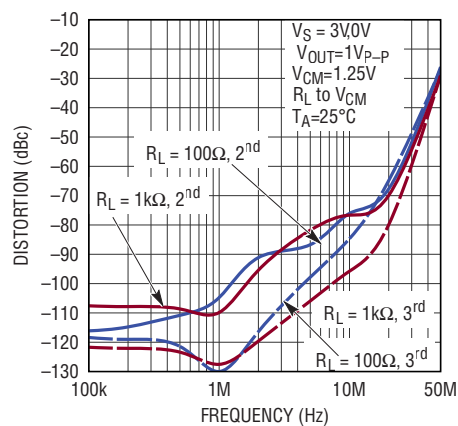
歪みと周波数、 $A_V = 1$ 、 $\pm 5V$  電源



歪みと周波数、 $A_V = 1$ 、5V 電源



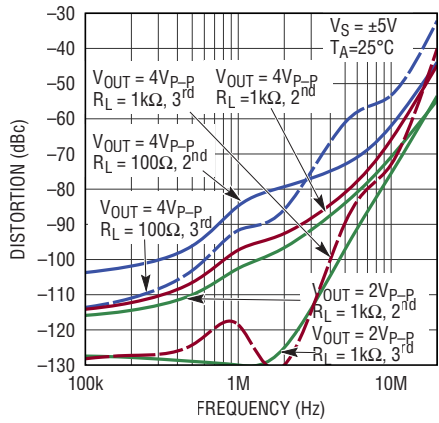
歪みと周波数、 $A_V = 1$ 、3V 電源



## 代表的な性能特性

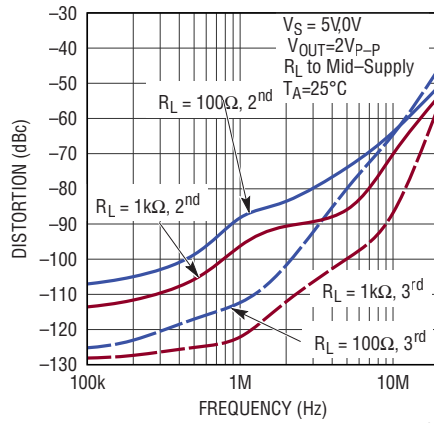
特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

歪みと周波数、 $A_V = 2$ 、 $\pm 5V$  電源



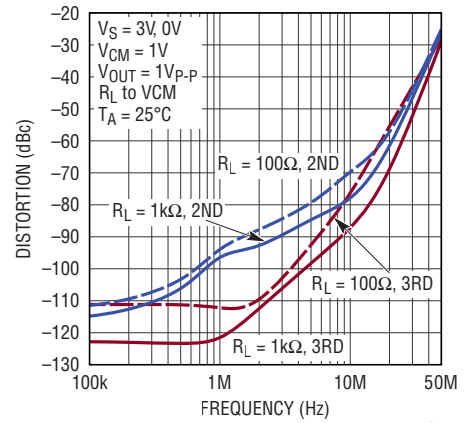
6228 G40

歪みと周波数、 $A_V = 2$ 、5V 電源



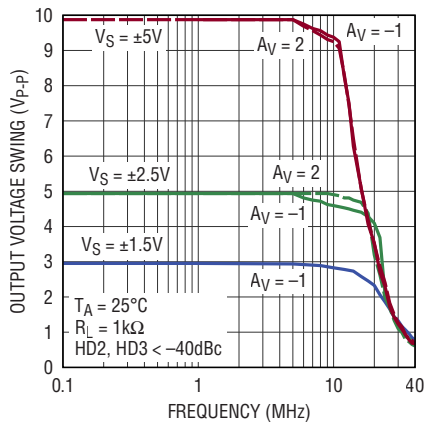
6228 G41

歪みと周波数、 $A_V = 2$ 、3V 電源



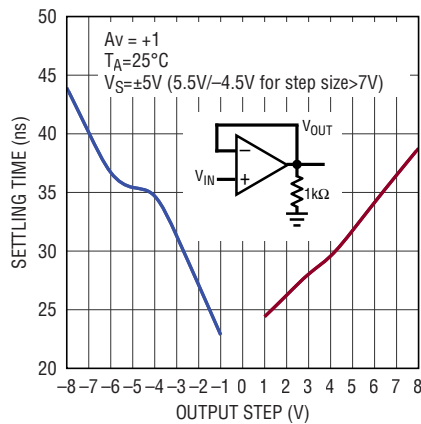
6228 G42

歪みのない最大出力信号と周波数



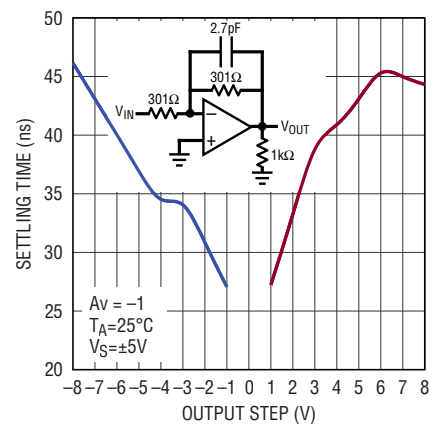
6228 G43

0.1%セトリング時間と出力ステップ  
(非反転)



6228 G44

0.1%セトリング時間と出力ステップ  
(反転)

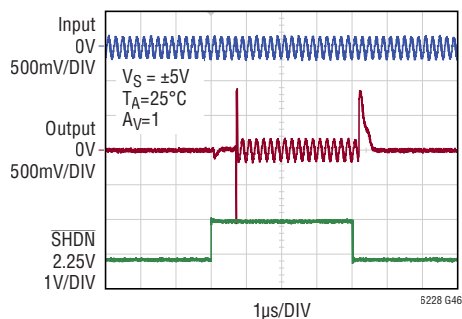


6228 G45

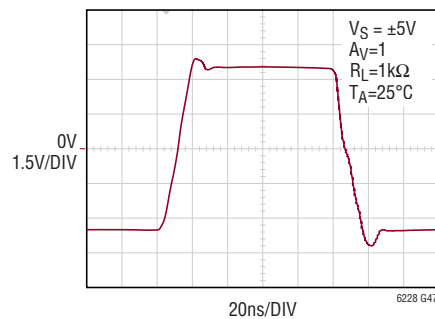
## 代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

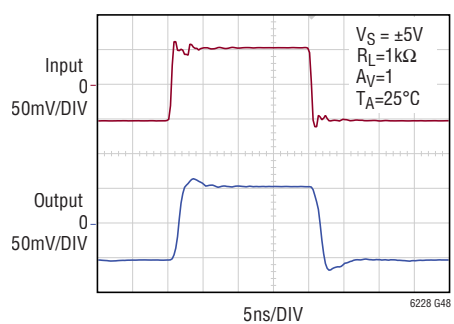
### SHDN ピンの応答時間



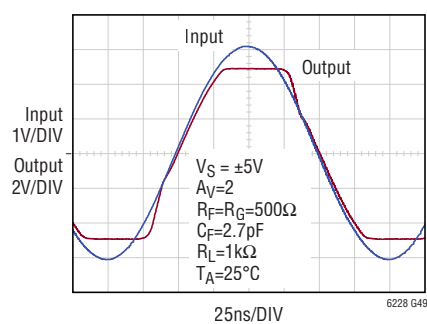
### 大信号応答



### 小信号応答



### 出力オーバードライブの回復特性





## ピン機能

**FB (SOIC-8のみ):** 帰還ピン。内部でOUTに接続します。

**+IN:** アンプの非反転入力。

有効な入力範囲は  $V^- \sim (V^+ - 1.25V)$  です。

**-IN:** アンプの反転入力。

有効な入力範囲は  $V^- \sim (V^+ - 1.25V)$  です。

**OUT:** アンプの出力。レールtoレールで振幅し、通常90mAを超える電流をソース/シンクできます。

**SHDN:** シャットダウン・ピン(アクティブ・ロー)。 $V^+$ を基準とします。このピンの電圧が  $V^+$  より2.75V 低くなると、アンプ

はシャットダウンされて低消費電力モードに移行し、出力は高インピーダンス状態になります。このピンの電圧が  $V^+$  から400mV 以内になると、バイアス電流キャンセレーションが有効になります。このピンをフロート状態のままにすると、アンプはオンになりますが、バイアス・キャンセレーションは有効になりません。

**$V^+$ :** アンプの正電源。 $V^-$  が0Vの場合、有効な範囲は2.8V ~ 11.75V です。

**$V^-$ :** アンプの負電源。通常は0V。  $2.8V \leq (V^+ - V^-) \leq 11.75V$  である限り、負の電圧にすることができます。

## アプリケーション情報

### 回路の説明

LTC6228の入力信号範囲は、負の電源電圧から正の電源電圧より1.25V 低い電圧までの範囲にわたります。アンプの簡略回路図を図1に示します。入力段はPNPトランジスタQ1およびQ2で構成されています。バイアス・キャンセレーションが有効になっている場合、入力段では、トランジスタQ18およびQ19が入力対のバイアス電流を打ち消すように動作します。ブートストラップ・トランジスタQ13とR5は、Q11およびQ12のコレクタ電圧およびエミッタ電圧と整合しているため、出力インピーダンスが改善されることでゲインが大きくなります。Q13のコレクタ電流をQ11およびQ12のコレクタ電流

の2倍にすることにより、Q11およびQ12のベース電流がQ9およびQ8のコレクタ電流間の不整合の原因にならないようにします。これにより、DC精度が向上します。1対の相補的な共通エミッタ段(Q15およびQ14)により、出力振幅をレールtoレールにすることができます。SHDNインターフェース・ブロックは、SHDN信号をpwr\_dnとdisable\_biasの2つの信号に変換します。pwr\_dnは、(電流ソースI1~I4を非アクティブ化することにより) デバイスをパワーダウンし、(M2およびM1を介してQ15/Q14のベースを電源に短絡させることにより) 出力を高インピーダンス状態にします。disable\_biasは、M3を介してQ19のベースを  $V^-$  に短絡させることにより、入力バイアス・キャンセレーション回路を無効にします。

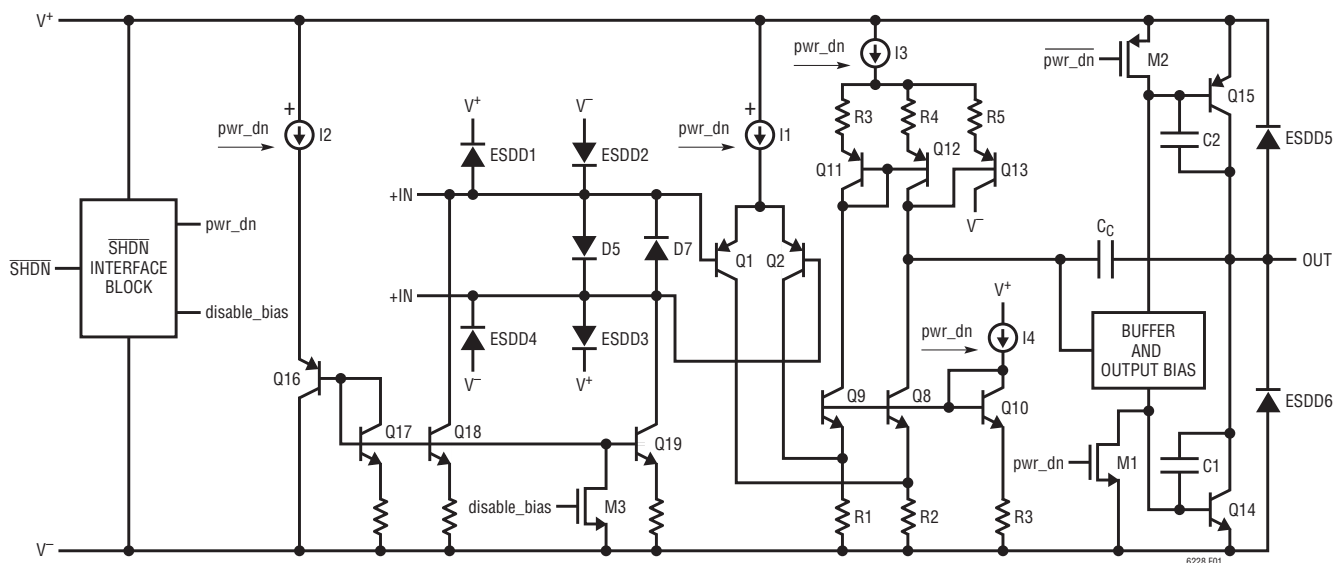


図1. LTC6228の簡略回路図



## アプリケーション情報

### 入力バイアス電流

LTC6228ファミリの入力バイアス電流は約16 $\mu$ Aです。LTC6228は、 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンの電圧が正の電源電圧から350mV以内になったとき、室温で2.5 $\mu$ A未満まで入力バイアス電流を小さくすることができます。この機能は入力バイアス電流キャンセレーション機能を有効にして、ソース・インピーダンスに関連するDCアプリケーションにこのアンプを使用できるようにします。

入力バイアス電流キャンセレーションが有効なときに入力コモンモード電圧がV<sup>-</sup>から約500mV以内になると、図1のQ18およびQ19が飽和状態になるため、バイアス・キャンセレーションは無効になります。この場合、入力バイアス電流が50 $\mu$ Aを超えることがあります。これは入力バイアス・キャンセレーション不使用時の入力バイアス電流より大きい値です。また、入力バイアス電流キャンセレーションを有効にすると、電流ノイズが増加します。入力バイアス・キャンセレーションを使用するかどうかは、最終アプリケーションの仕様と条件を考慮に入れて決める必要があります。

$\overline{\text{SHDN}}$ ピンをフロート状態のままにすると、入力バイアス・キャンセレーションは有効になりません。この設定は多くのアプリケーションに適しています。

### 出力

LTC6228ファミリは出力駆動能力に優れています。このアンプは、通常は10Vの全電源電圧で90mAを超える出力電流を供給することができ、通常は25mAの負荷電流で電源電圧から320mV以内の振幅を実現します。アンプの電源電圧が下がるにつれて、出力電流も小さくなります。出力が短絡し続けている場合は、デバイスのジャンクション温度を150°C未満（消費電力のセクションを参照）に抑えるように注意する必要があります。アンプの出力と各電源との間には、逆バイアスされたダイオードが接続されています。出力がいずれかの電源を超えると、極めて大きい電流がこれらのダイオードを流れ、デバイスが損傷することがあります。

### 入力保護

LTC6228は、入力トランジスタのエミッタとベース間のブレークダウンを防ぎ、差動入力を $\pm 700$ mVまでに制限する、1対のバック・ツー・バック・ダイオード(D5およびD7)を備え

ています。他の多くの高性能アンプとは異なり、入力ペア・トランジスタQ1およびQ2のベースとピンの間に、入力電流制限用の内部抵抗は接続されていません。これは抵抗を接続するとノイズが増えるからです。例えば、各入力に対して直列に1個の100 $\Omega$ 抵抗を接続すると、1.8nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ のノイズが発生し、アンプの総ノイズ電圧は0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ から2nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ に上昇します。入力差動電圧が $\pm 0.7$ Vを超える場合は、保護ダイオードD5およびD7に流れる電流を10mA未満に制限する必要があります。これは、 $\pm 0.7$ Vを1/4V (250mV) 超えるごとに25 $\Omega$ の保護抵抗が必要になることを意味します。また、入力ピンおよびシャットダウン・ピンと電源の間には、逆バイアスされたダイオードが接続されています。これらのダイオードに流れる電流は、10mA未満に制限する必要があります。このアンプをコンパレータやその他のオープンループ・アプリケーションに使用することはできません。

### ESD

図1に示すように、LTC6228ファミリの全ての入力には、逆バイアスされたESD保護ダイオードがあります。正電源と負電源の間には、ESD放電時にデバイスを更に保護する追加クランプがあります。

通電しているソケットへこのデバイスを挿入すると、クランプがトリガされて電源ピン間に大きな電流が流れることがあるため、ホット・プラグ操作は行わないでください。

### 容量性負荷

LTC6228は高帯域幅アプリケーション用に設計されているため、出力は容量性負荷を直接駆動するように設計されていません。出力に負荷容量が接続されると、オープンループ周波数応答内にノンドミナント・ポールが発生し、位相余裕が小さくなります。容量性負荷を駆動する場合は、リングングや発振を防ぐために、アンプの出力と容量性負荷の間に10 $\Omega$ ~100 $\Omega$ の抵抗を接続する必要があります。帰還信号はアンプの出力から直接取る必要があります。電圧ゲインが大きい構成では、クローズドループ帯域幅が狭くなるため、ゲインが小さい構成よりも容量性負荷の駆動能力が高くなる傾向があります。「直列出力抵抗と容量性負荷」のグラフは、各種の直列抵抗を使用して容量性負荷を駆動したときのアンプの過渡応答を示しています。

## アプリケーション情報

## 帰還部品

帰還抵抗を使用してゲインを設定する場合は、反転入力（-）の寄生容量と帰還抵抗によって生じるノンドミナント・ポールが安定性を低下させないように注意する必要があります。例えば、1kΩの利得抵抗および帰還抵抗を使用した+2のゲイン構成でアンプをセットアップした場合、アンプの反転入力（-）の7pFの寄生容量（デバイス + プリント基板）が、（45MHzに生じるポールが原因で）デバイスを発振させます。図2に示すように、帰還抵抗の両端に7pFのコンデンサを追加すると、リングングや発振を防ぐことができます。一般的に、抵抗性帰還回路網で生じるポールの周波数がアンプのクローズドループ帯域幅の範囲内にある場合は、帰還抵抗に対して並列にコンデンサを追加し、ポールの周波数に近いゼロ点周波数を導入することにより、安定性を向上させることができます。

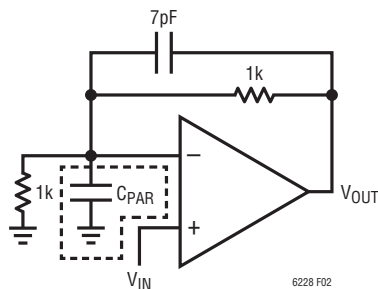


図2. 7pFの帰還コンデンサが寄生ポールを打ち消す

高速設計では、寄生インダクタンスを最小限に抑えることが重要です。そのためには、短い側ではなく長い側で電極が終端されているコンデンサ（例えば、0603の代わりに0306コンデンサ）を使用すると効果的です。

## シャットダウン

LTC6228にはシャットダウン・ピン（ $\overline{\text{SHDN}}$ ）があり、アンプをディセーブルにして自己消費電流を約500mAまで減らすことができます。アンプの動作を無効にするには、 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを、 $V^+$ より少なくとも2.75V低い電圧にする必要があります。全電源電圧が5V以下であれば、ピン電圧を $V^+ - 2.65\text{V}$ に下げることによってアンプをディセーブルにできます。シャットダウン中は、図1の出力トランジスタQ15およびQ14は高インピーダンス状態になります。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンをフロート状態のま

まにすると、このピンは内部で正の電源より1.2V低い電圧にバイアスされ、アンプはオンのままになります。

## 消費電力

ダイのジャンクション温度が150°Cを超えないように注意する必要があります。

ジャンクション温度（ $T_J$ ）は、周囲温度（ $T_A$ ）、消費電力（ $P_D$ ）、および熱抵抗（ $\theta_{JA}$ ）から次式に従って計算されます。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

ICの消費電力は、電源電圧、出力電圧、および負荷抵抗と相関関係があります。指定の電源動作で、出力負荷がこの電源の中間値へ設置されている場合、消費電力 $P_D$ の最悪値（最大値）は、自己消費電流が最大でなおかつ出力電圧が指定の付加抵抗端で電源電圧の1/2の値の場合です。 $P_{D(\text{MAX})}$ のおおよその値は（実際には $I_S$ は出力負荷電流と共に変化するため）次式で計算されます。

$$P_{D(\text{MAX})} = (2 \cdot V_S \cdot I_{S(\text{MAX})}) + (V_S/2)^2/R_L$$

例：6ピンDCパッケージに収容されたLTC6228が±5V電源で動作し、500Ωの負荷をグラウンドに対して駆動する場合、最も厳しい消費電力は、 $P_{D(\text{MAX})}/\text{Amp} = (10 \cdot 19\text{mA}) + (5)^2/500 = 240\text{mW}$ で概算されます。

絶対最大定格の周囲温度で動作する場合、これらの条件下でのジャンクション温度は次のようになります。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}) = 125 + 0.24 \cdot 80 = 144.2^\circ\text{C}$$

これはLTC6228の絶対最大定格ジャンクション温度より多少低い値です。

各種パッケージの熱抵抗については、ピン配置のセクションを参照してください。

## ボード・レイアウトとバイパス・コンデンサ

信号の速度が非常に高速なので、高速RFボードのレイアウト手法を使用する必要があります。LTC6228のSOIC-8パッケージ・オプションを使用する場合は、帰還信号を出力ピンからではなくFBピンから取り、信号パターン長を短くします。

安定性の低下を防ぐために、 $-IN$ および $+IN$ ピンの浮遊容量はできるだけ小さくする必要があります。例えば、基板上のグラウンド・プレーンや電源プレーンが入力ピンの直下の領域を含まないようにします。

## アプリケーション情報

単電源アプリケーションでは、高品質の0.1μF||1000pFセラミック・バイパス・コンデンサを各V<sup>+</sup>ピンと最も近いV<sup>-</sup>ピンの間に短い配線で直接配置することを推奨します。V<sup>-</sup>ピン(露出パッドを含む)は、低インピーダンスのグラウンド・プレーンに最小限の配線で直接接続する必要があります。デュアル(スプリット)電源の場合は、追加の高品質の0.1μF||1000pFセラミック・コンデンサを使用して、最小限の配線でV<sup>+</sup>ピンとV<sup>-</sup>ピンをそれぞれグラウンドにバイパスすることを推奨します。

### ノイズに関する考慮事項

入力換算電圧ノイズは0.88nV/√Hzと極めて小さく、室温での47Ω抵抗の入力換算電圧ノイズと等価です。全てのBJT入力アンプと同様に、このアンプは入力差動ペアのコレクタ電流を増やすことによって入力換算電圧ノイズを減らしています。これにより入力換算電流ノイズは大きくなります。

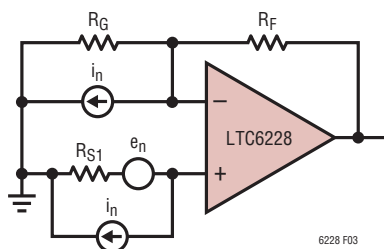


図 3.

図3に、標準的なゲイン構成のLTC6228を示します。

この図からわかるように、ゲイン段の入力換算ノイズのスペクトラム密度( $e_T$ )は、次式で計算できます。

$$e_T^2 = \underbrace{e_n^2}_{\text{オペアンプの電圧ノイズ}} + \underbrace{i_n^2 R_{EQ}^2}_{\text{オペアンプの電流ノイズ}} + \underbrace{4KT R_{EQ}}_{\text{抵抗の熱ノイズ}}$$

ここで、

$$R_{EQ} = R_{S1} + R_G || R_F$$

次の条件では、オペアンプの入力換算ノイズによってゲイン段の入力換算ノイズが決まります。

$$R_{EQ} \ll e_n^2 / 4KT$$

次の条件では、抵抗ノイズによってゲイン段の入力換算ノイズが決まります。

$$R_{EQ} \gg e_n^2 / 4KT \text{ かつ } R_{EQ} \ll 4KT / i_n^2$$

次の条件では、オペアンプの入力換算電流ノイズによって入力換算ノイズが決まります。

$$R_{EQ} \gg 4KT / i_n^2$$

まとめると、抵抗値が小さいうちは、 $e_n$ が大きな影響力を持ちます。抵抗が増えるにつれて抵抗ノイズが大きな影響を持ち始め、更に抵抗が増えると、電流ノイズが大きな影響を与えます。

入力換算電圧ノイズのスペクトラム密度は0.88nV/√Hzで、入力換算電流ノイズは3pA/√Hz(バイアス・キャンセレーション無効)であるため、ゲイン段の入力換算ノイズは、 $R_{EQ} \ll 47\Omega$ のときはオペアンプの電圧ノイズによって決まり、 $55\Omega \ll R_{EQ} \ll 1.8k\Omega$ のときは抵抗ノイズによって決まることがわかります。

$R_{EQ}$ が1.8kΩを超えると、入力換算電流ノイズが大きな影響を持ちます。

### 歪み/ノイズのトレードオフ

前のセクションから明らかなように、 $R_{EQ}$ を小さくすることによってゲイン段のノイズを減らすことができます。ただし、( $R_F$ および $R_G$ を小さくすることによって) $R_{EQ}$ を小さくする手法には問題があります。大きな出力信号があると消費電力が増えること以外にも、指定のゲインで小さい抵抗を使用すると、負荷電流が大きくなってオペアンプ内部の直線性が低下するため、歪みが増加します。また、抵抗を小さくすると、オペアンプのゲインが小さくなり、帯域幅に影響を与えることがあります。一方、抵抗が大きすぎると、高周波数で寄生容量がゲインに影響を与え始めるという問題があります。したがって、LTC6228を使用するシステムを設計する際は、想定される帯域幅より下でインピーダンス寄生容量がゲインに影響を与えないように注意しながら、システム・ノイズの条件によって抵抗値を制限することを推奨します。例えば、帰還抵抗が5kΩの場合、400fFの寄生容量は79MHzより高い周波数でゲインに影響を与えます。

## 標準的応用例

## 18ビット高速ADCドライバ

超低ノイズおよび超低歪み性能を誇るLTC6228は、高速の大振幅信号を処理する高速、高分解能ADCに最適です。図4に、差動入力で動作するLTC6228のペアがLTC2387-18 (15Msps、18ビットADC)を駆動する回路図を示します。図5に、-1dBFS、1MHz入力信号で得られるFFTを示します。得られるS/N比は93.4dBで、LTC2387-18の確認されているS/N比(93dB)より高く、95.7dBの代表値に近い値です。スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ(SFDR)は95dBで、LTC2387-18の確認されているSFDR(97dB)に近い値です。

## 高速、低電圧、低ノイズの計装アンプ

図6に、幅広い電源電圧で動作する、ゲインが41V/Vの3つのオペアンプの計装アンプを示します。30Ωのゲイン設定抵

抗のコモン端子にRCスナバを使用して、ボード・レイアウトによる1つのアンプの出力から他のアンプの負の入力への誘導性結合の影響を減らしています。図7に、1kΩの負荷において測定した計装アンプの周波数応答を示します。図8に、計装アンプのCMRRの測定値を示します。図9に、負の入力をグラウンドに接続して正の入力に50mV<sub>p-p</sub>入力方形波を印加したときの過渡応答を示します。全電源電圧は3.3Vです。LTC6228の入力はオフセット電圧が極めて低く1/fノイズが少ないため、DCまでの広帯域計装アンプとして動作できます。LTC6228のバイアス電流は、従来の低速計装アンプに見られるバイアス電流より大きいことに注意してください。図6のような高速計装アンプは、それに応じた十分に低いインピーダンスの励起を前提としています。

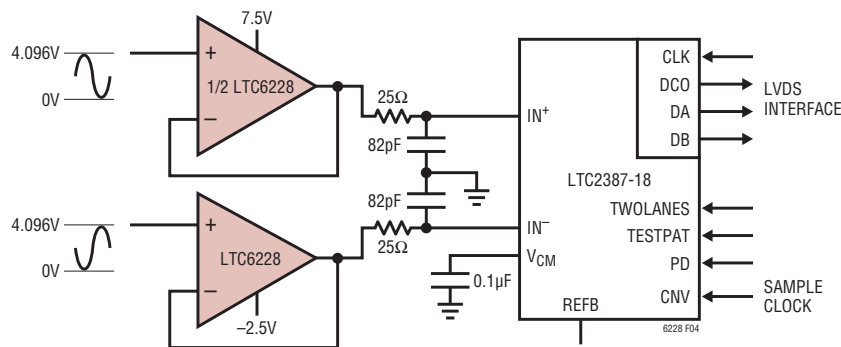


図4. 18ビットADCの高速ドライバ

8192ポイントFFT、-1dBFS  
 $f_{\text{SAMPL}} = 15\text{Msps}$ 、 $f_{\text{IN}} = 1\text{MHz}$

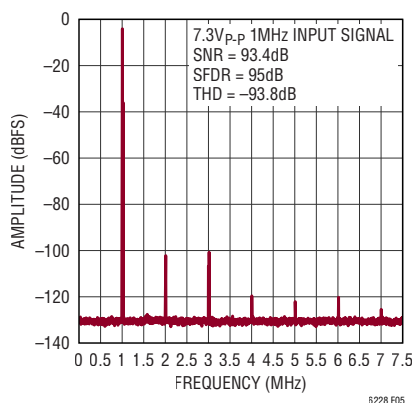


図5. LTC2387-18を駆動するLTC6228ベースのドライバの測定された性能



## 標準的応用例

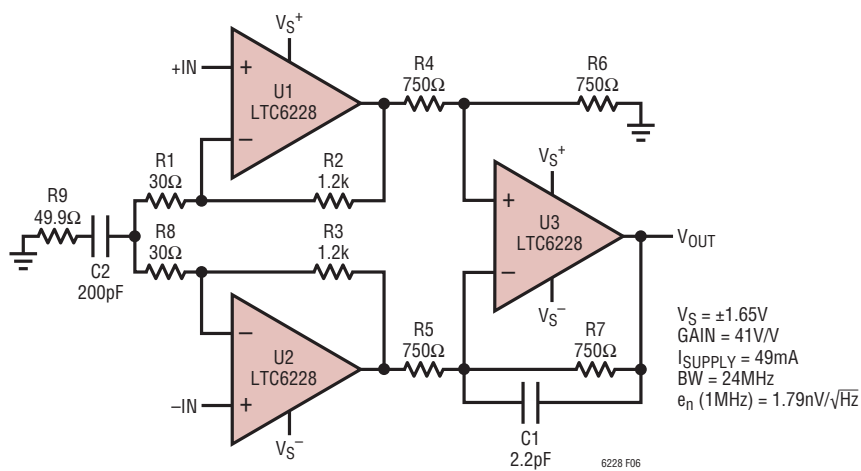


図6. 高速、低電圧、低ノイズの計装アンプ

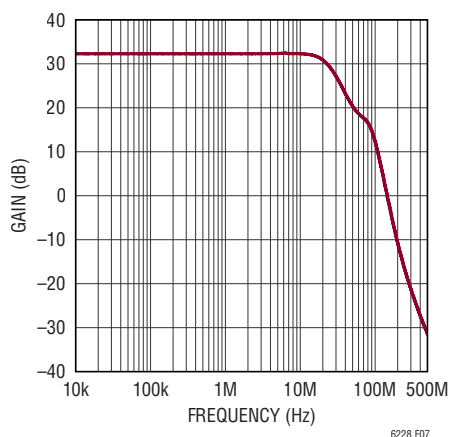


図7. 計装アンプの周波数応答

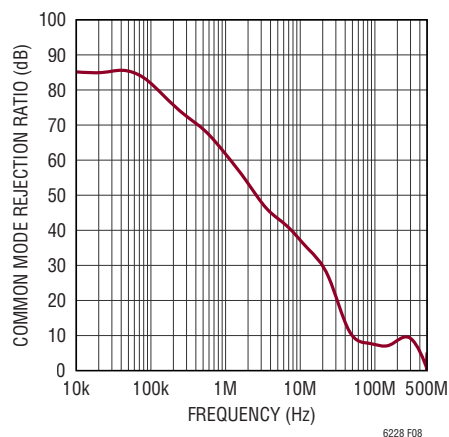


図8. 計装アンプのCMRR

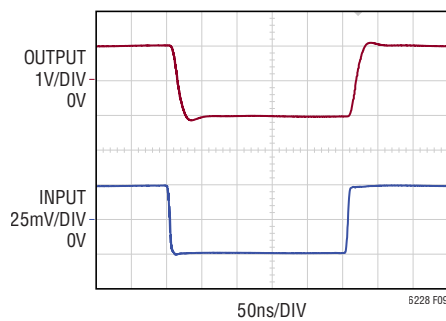


図9. 過渡応答

## 標準的応用例

### 差動信号からシングル・エンド信号への広帯域コンバータ

高スルー・レートと高帯域幅を組み合わせたLTC6228は、高周波数での大信号変換用コンバータとして使用できます。

図10に、LTC6228を1つだけ使用した、差動信号からシングル・エンド信号への広帯域コンバータ(-6dBのゲイン)の実

装を示します。図11に、2V<sub>P-P</sub>の差動入力に対するこの回路の周波数応答を示します。得られる帯域幅は50MHzです。このドライバの同相利得を図12に示します。このゲインは回路内の抵抗間のマッチングによって制限されます。図13に、1V<sub>P-P</sub>の差動方形波信号に対するこのドライバの応答を示します。

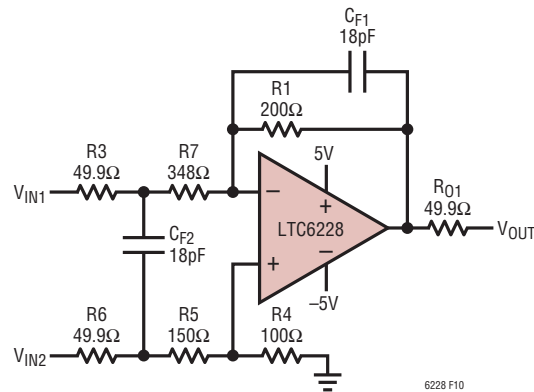


図10. 差動信号からシングル・エンド信号への広帯域コンバータ

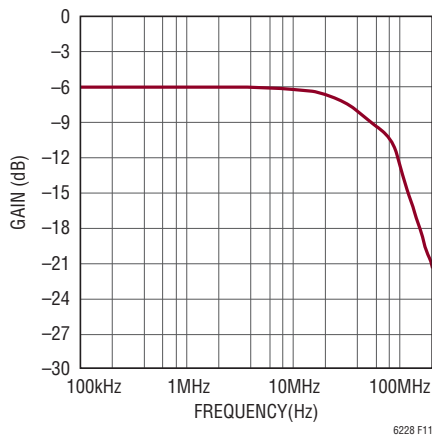


図11. 差動信号からシングル・エンド信号へのコンバータの周波数応答

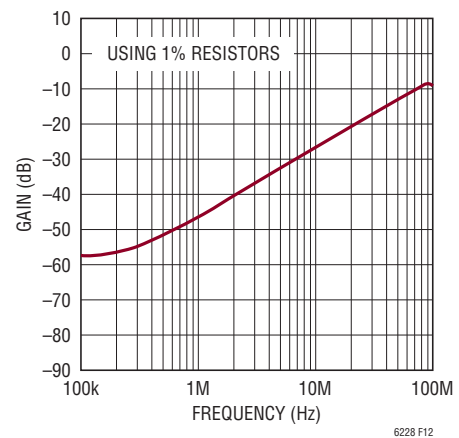


図12. 同相利得と周波数

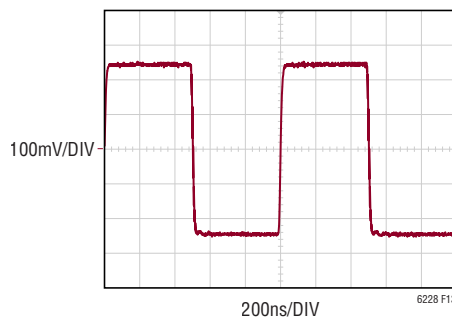
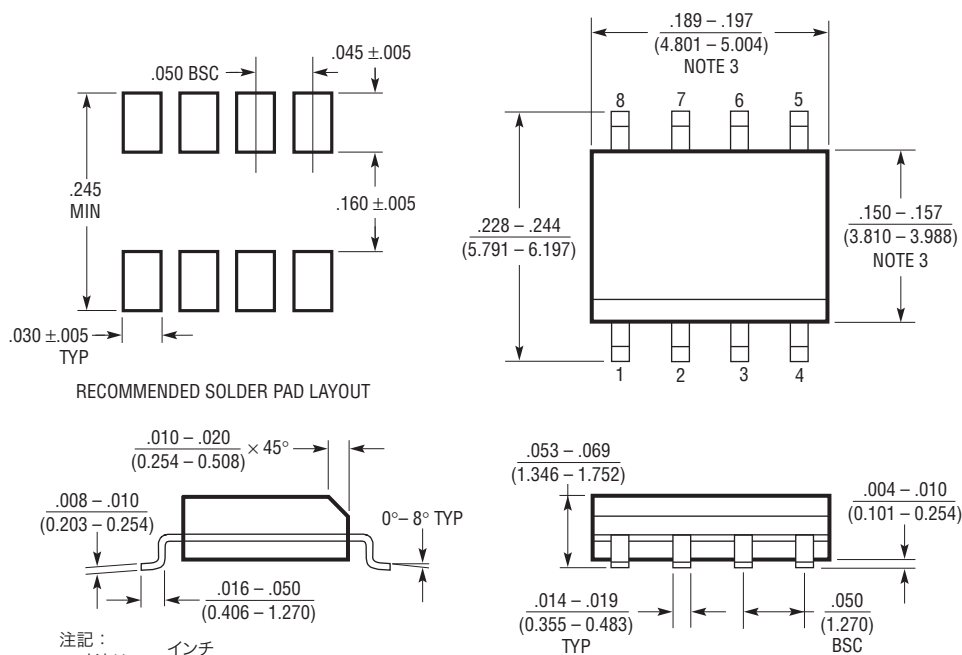


図13. 差動信号からシングル・エンド信号へのコンバータのパルス応答

## パッケージ

**S8 Package**  
**8-Lead Plastic Small Outline (Narrow .150 Inch)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1610 Rev G)



注記:

1. 寸法は  $\frac{\text{インチ}}{\text{ミリメートル}}$

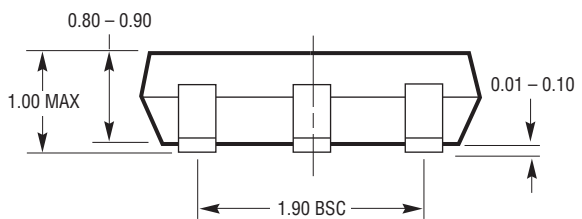
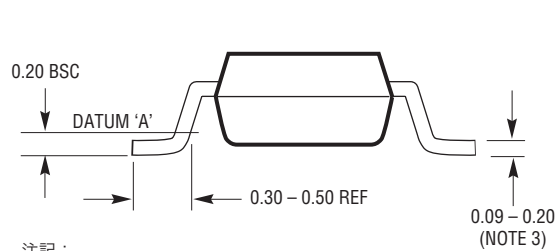
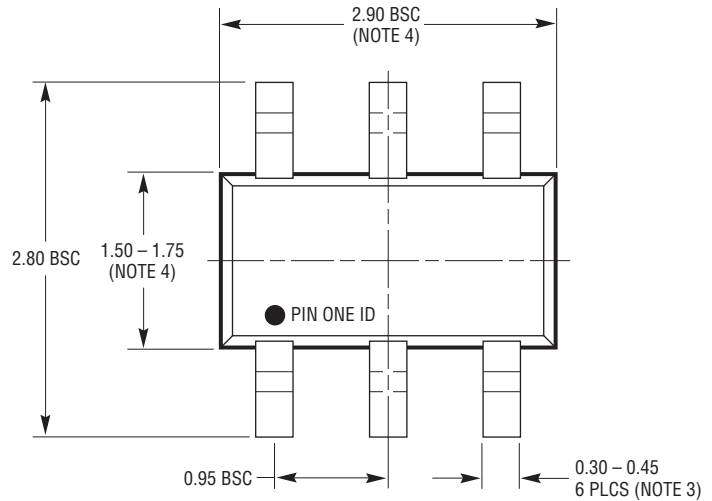
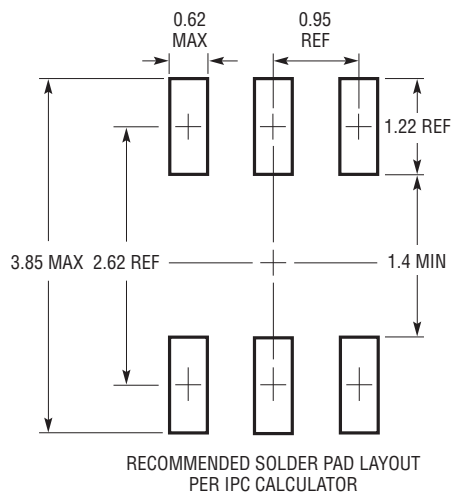
2. 図は実寸とは異なる

3. 寸法には、モールドのバリまたは突出部を含まない。  
 モールドのバリまたは突出部は、0.006 インチ (0.15mm) を超えないこと

4. 1 番ピンはベベル・エッジでもディンプルでもかまわない

S08 REV G 0212

**S6 Package**  
**6-Lead Plastic TSOT-23**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1636)



注記:

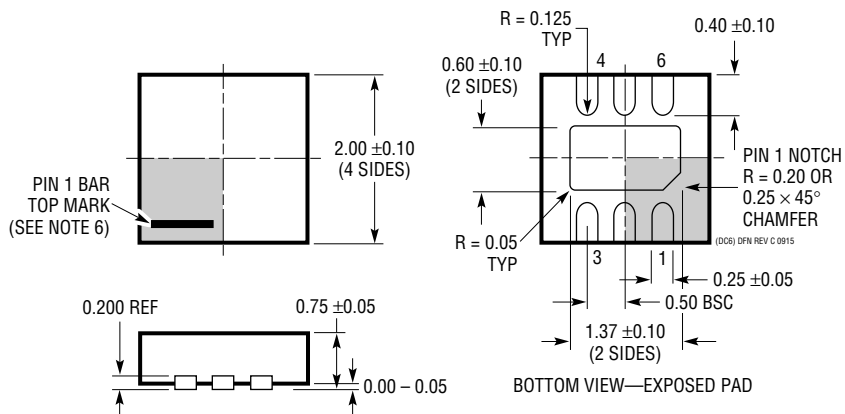
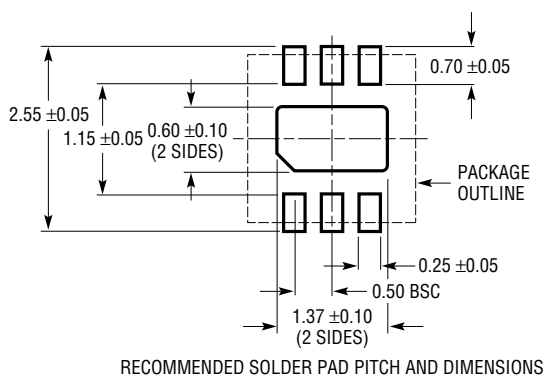
1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法はめっきを含む
4. 寸法はモールドのバリおよび金属のバリを含まない
5. モールドのバリは、0.254mm を超えないこと
6. JEDEC パッケージ参照番号は MO-193

S6 TSOT-23 0302



## パッケージ

**DC6 Package**  
**6-Lead Plastic DFN (2mm × 2mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1703 Rev C)

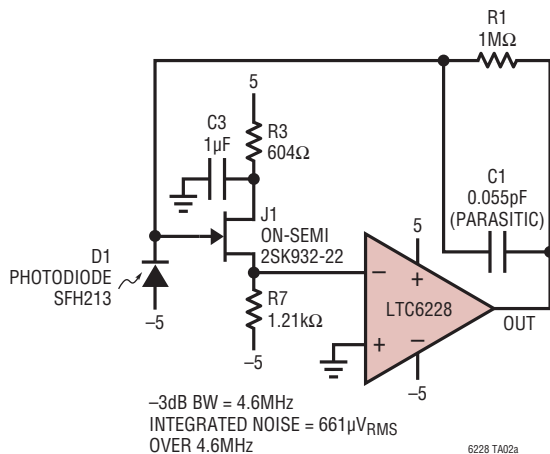


## 注記:

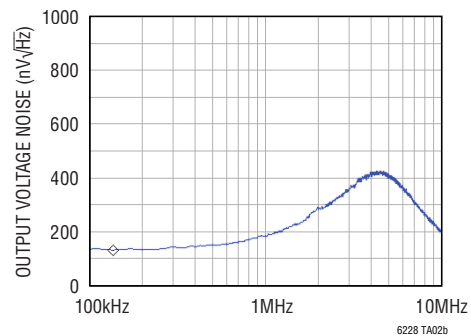
1. 図は JEDEC のパッケージ外形 M0-229 のバリエーション (WCCD-2) に含めるよう提案されている
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含めない。  
モールドのバリは (もしあれば) 各サイドで  $0.15\text{mm}$  を超えないこと
5. 露出パッドはハンダ・メッキとする
6. 灰色の部分はパッケージの上面と底面の 1 番ピンの位置の参考に過ぎない

## 標準的応用例

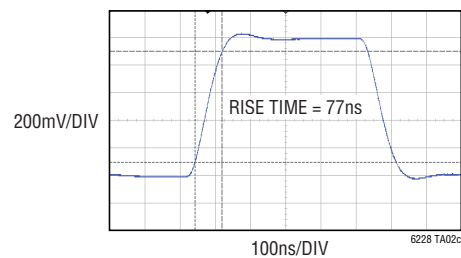
## 高速、高ダイナミック・レンジのフォトダイオード・アンプ



## フォトダイオード・アンプのノイズ・スペクトラム



## フォトダイオード・アンプの過渡応答



## 関連製品

| 製品番号                                    | 説明                                 | 注釈                                                         |
|-----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>オペアンプ</b>                            |                                    |                                                            |
| <a href="#">LTC6252/LTC6253/LTC6254</a> | シングル/デュアル/クワッド高速レールtoレール入出力オペアンプ   | 720MHz、3.5mA、2.75nV/√Hz、280V/μs、0.35mV、ユニティ・ゲイン安定          |
| <a href="#">LTC6268-10/LTC6269-10</a>   | シングル/デュアル高速FET入力オペアンプ              | 4GHz、4nV/√Hz、入力バイアス電流: ±3fA                                |
| <a href="#">ADA4897-1</a>               | 1nV/√Hz、低消費電力レールtoレール出力            | 230MHz、120V/μs                                             |
| <a href="#">LT1806/LT1807</a>           | シングル/デュアル低ノイズ、レールtoレール入出力オペアンプ     | 325MHz、13mA、3.5nV/√Hz、140V/μs、550μV、85mAの出力駆動能力            |
| <a href="#">LTC6246/LTC6247/LTC6248</a> | シングル/デュアル/クワッド高速レールtoレール入出力オペアンプ   | 180MHz、1mA、4.2nV/√Hz、90V/μs、0.5mV                          |
| <a href="#">LT6238/LT6237/LT6232</a>    | シングル/デュアル/クワッド低ノイズ、レールtoレール出力オペアンプ | 215MHz、3.5mA、1.1nV/√Hz、70V/μs、350μV                        |
| <a href="#">LT6200/LT6201</a>           | シングル/デュアル超低ノイズ、レールtoレール入出力オペアンプ    | 165MHz、20mA、0.95nV/√Hz、44V/μs、1mV                          |
| <a href="#">AD8099</a>                  | 超低歪み、低ノイズ、高速オペアンプ                  | 0.95nV/√Hz、3.8GHz GBW                                      |
| <a href="#">LT1468</a>                  | 16ビットの高精度、高速オペアンプ                  | 90MHz、3.9mA、5nV/√Hz、22V/μs、175μV、10Vp-pで-96.5dB THD、100kHz |
| <a href="#">ADA4899-1</a>               | ユニティ・ゲイン安定、超低歪み 1nV/√Hz            | 600MHz、310V/μs、4.5V~10V動作                                  |
| <a href="#">LT1028/LT1128</a>           | 超低ノイズ、高精度、高速オペアンプ                  | 75MHz、9.5mA、0.85nV/√Hz、11V/μs、40μV                         |
| <b>ADC</b>                              |                                    |                                                            |
| <a href="#">LTC2387-18</a>              | 18ビット、15MspsのSAR-ADC               | S/N比: 95.7dB                                               |
| <a href="#">LTC2393-16</a>              | 1Msps、16ビットのSAR-ADC                | S/N比: 94dB                                                 |
| <a href="#">LTC2378-20</a>              | 20ビット、1Mspsの低消費電力SAR-ADC           | 100kHzでのS/N比: 104dB、THD: 105dB                             |
| <a href="#">AD7625</a>                  | 16ビット、6Msps PulSAR® ADC            | S/N比: 93dB                                                 |
| <a href="#">AD4020</a>                  | 20ビット、1.8Msps高精度SAR-ADC            | 100kHzでのS/N比: 99dB、THD: 100dB                              |