

# LMC6001

*LMC6001 Ultra Ultra-Low Input Current Amplifier*



Literature Number: JAJ796

ご注意：この日本語データシートは参考資料として提供しており、内容が最新でない場合があります。製品のご検討およびご採用に際しては、必ず最新の英文データシートをご確認ください。



2003年12月

## LMC6001

### 超低入力電流アンプ

#### 概要

LMC6001の特長は、入力電流が25fA (max) で100%テストされること、低電力動作、2000VのESD耐圧です。超低入力電流オペアンプの新しい業界標準となっています。モールド・コンパウンドの緻密な管理技術により、ナショナル・セミコンダクター社は、この超低入力電流を低コストのモールド・パッケージで提供できます。

他の超低入力電流オペアンプによく見られる長いターンオン・セトリング時間をなくすため、LMC6001Aは、動作の最初の1分間に3回テストされます。25fAのリミット値を合格しても、ドリフトすれば不合格となります。

LMC6001では、 $0.13\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ の超低入力電流ノイズを実現しているため、高抵抗値信号源をほぼノイズレスで増幅できます。LMC6001は、100k 時に1dB、1M 時に0.1dB、10M ~ 2,000M 時に0.01dB以下のノイズが増すだけのほぼノイズレスのアンプです。

LMC6001は、高感度のフォト検出トランスインピーダンス・アンプやセンサ・アンプなどのような超低入力リーク電流が要求されるエレクトロメータ・アプリケーションに最適です。基準入力ノイズはわ

ずか $22\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ なので、JFET入力タイプのエレクトロメータ・アンプより高いSN比を得られます。LMC6001の他のアプリケーションとしては、長間隔の積分器、超高入力インピーダンス計測用アンプ、高感度の電界測定回路などがあります。

#### 特長

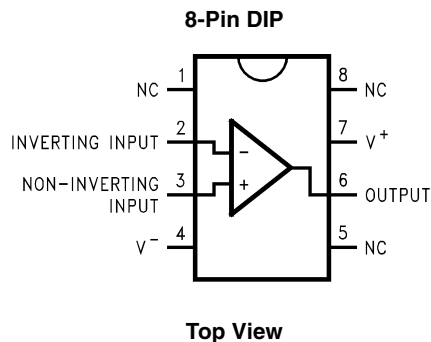
(特記のない限り $T_A = 25$  のリミット値です)

|                          |  |
|--------------------------|--|
| 入力電流 (100%テスト済み)         | 25fA                                       |
| 全温度範囲 (-40 ~ +85 ) の入力電流 | 2pA  |
| 消費電流                     | 750 $\mu$ A                                |
| 低 $V_{OS}$               | 350 $\mu$ V                                |
| 低ノイズ                     | $22\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ @1kHz (代表値) |

#### アプリケーション

エレクトロメータ・アンプ  
 フォトダイオード・プリアンプ  
 イオン検出器  
 A.T.E. リーク試験

#### ピン配置図



#### 製品情報

| Package             | Industrial Temperature Range<br>- 40 to + 85 | NSC Package<br>Drawing |
|---------------------|--|------------------------|
| 8-Pin<br>Molded DIP | LMC6001AIN, LMC6001BIN,<br>LMC6001CIN        | N08E                   |

**絶対最大定格** (Note 1)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。関連する電気的信頼性試験方法の規格を参照ください。

|   |   |
|---|---|
| 差動入力電圧                                  | ±電源電圧   |
| 入出力ピン電圧                                 | (V <sup>+</sup> ) + 0.3V、(V <sup>-</sup> ) - 0.3V |
| 電源電圧 (V <sup>+</sup> - V <sup>-</sup> ) | - 0.3V ~ + 16V                                    |
| V <sup>+</sup> への出力短絡                   | (Note 2、10)                                       |
| V <sup>-</sup> への出力短絡                   | (Note 2)  |
| リード温度 (ハンダ付け、10秒)                       | 260   |
| 保存温度範囲                                  | - 65 ~ + 150                                      |
| 接合部温度                                   | 150   |
| 入力ピン電流                                  | ± 10 mA   |
| 出力ピン電流                                  | ± 30 mA   |
| 電源ピン電流                                  | 40 mA   |

|                 |          |
|-----------------|----------|
| 消費電力            | (Note 9) |
| ESD 耐圧 (Note 9) | 2 kV     |

**動作定格** (Note 1)

|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| 温度範囲                    | LMC6001AI、LMC6001BI、LMC6001CI |
|                         | - 40 T <sub>J</sub> + 85      |
| 電源電圧                    | 4.5V V <sup>+</sup> 15.5V     |
| 熱抵抗 (Note 11)           |                               |
| J <sub>A</sub> 、N パッケージ | 100 /W                        |
| 消費電力                    | (Note 8)                      |

**DC 電気的特性**

標準文字表記のリミット値は T<sub>J</sub> = 25 で保証され、太字のリミット値は全動作温度範囲に適用します。特記のない限り、V<sup>+</sup> = 5V、V<sup>-</sup> = 0V、V<sub>CM</sub> = 1.5V、R<sub>L</sub> > 1M が適用されます。

| Symbol            | Parameter                             | Conditions  | Typical<br>(Note 4)  | Limits (Note 5)                                    |  |  | Units       |
|-------------------|---------------------------------------|---|----------------------|--|--|--|-------------|
|                   |                                       |   |                      | LMC6001AI  | LMC6001BI  | LMC6001CI  |             |
| I <sub>B</sub>    | Input Current                         | Either Input, V <sub>CM</sub> = 0V,<br>V <sub>S</sub> = ±5V | 10                   | 25<br><b>2000</b>                                  | 100<br><b>4000</b>                                 | 1000<br><b>4000</b>                                | fA          |
| I <sub>OS</sub>   | Input Offset Current                  |   | 5                    | <b>1000</b>  | <b>2000</b>  | <b>2000</b>  |             |
| V <sub>OS</sub>   | Input Offset Voltage                  |   |                      | 0.35<br><b>1.0</b>                                 | 1.0<br><b>1.7</b>                                  | 1.0<br><b>2.0</b>                                  | mV          |
|                   |                                       | V <sub>S</sub> = ±5V, V <sub>CM</sub> = 0V                  |                      | 0.7<br><b>1.35</b>                                 | 1.35<br><b>2.0</b>                                 | 1.35   |             |
| TCV <sub>OS</sub> | Input Offset Voltage Drift            |   | 2.5                  | 10   | 10   |  | µV/°C       |
| R <sub>IN</sub>   | Input Resistance                      |   | >1                   |  |  |  | Tera Ω      |
| CMRR              | Common Mode Rejection Ratio           | 0V ≤ V <sub>CM</sub> ≤ 7.5V<br>V <sup>+</sup> = 10V         | 83                   | 75<br><b>72</b>                                    | 72<br><b>68</b>                                    | 66<br><b>63</b>                                    | dB<br>min   |
| +PSRR             | Positive Power Supply Rejection Ratio | 5V ≤ V <sup>+</sup> ≤ 15V                                   | 83                   | 73<br><b>70</b>                                    | 66<br><b>63</b>                                    | 66<br><b>63</b>                                    |             |
| -PSRR             | Negative Power Supply Rejection Ratio | 0V ≥ V <sup>-</sup> ≥ -10V                                  | 94                   | 80<br><b>77</b>                                    | 74<br><b>71</b>                                    | 74<br><b>71</b>                                    |             |
| A <sub>V</sub>    | Large Signal Voltage Gain             | Sourcing, R <sub>L</sub> = 2 kΩ<br>(Note 6)                 | 1400                 | 400<br><b>300</b>                                  | 300<br><b>200</b>                                  | 300<br><b>200</b>                                  | V/mV<br>min |
|                   |                                       | Sinking, R <sub>L</sub> = 2 kΩ<br>(Note 6)                  | 350                  | 180<br><b>100</b>                                  | 90<br><b>60</b>                                    | 90<br><b>60</b>                                    |             |
| V <sub>CM</sub>   | Input Common-Mode Voltage             | V <sup>+</sup> = 5V and 15V<br>For CMRR ≥ 60 dB             | -0.4                 | -0.1<br><b>0</b>                                   | -0.1<br><b>0</b>                                   | -0.1<br><b>0</b>                                   | V<br>max    |
|                   |                                       |   | V <sup>+</sup> - 1.9 | V <sup>+</sup> - 2.3<br><b>V<sup>+</sup> - 2.5</b> | V <sup>+</sup> - 2.3<br><b>V<sup>+</sup> - 2.5</b> | V <sup>+</sup> - 2.3<br><b>V<sup>+</sup> - 2.5</b> | V<br>min    |

## DC 電気的特性 (つづき)

標準文字表記のリミット値は  $T_J = 25$  で保証され、太字のリミット値は全動作温度範囲に適用します。特記のない限り、 $V^+ = 5V$ 、 $V^- = 0V$ 、 $V_{CM} = 1.5V$ 、 $R_L > 1M$  が適用されます。

| Symbol | Parameter      | Conditions  | Typical<br>(Note 4) | Limits (Note 5) |           |           | Units          |
|--------|----------------|---|---------------------|-----------------|-----------|-----------|----------------|
|        |                |   |                     | LMC6001AI       | LMC6001BI | LMC6001CI |                |
| $V_O$  | Output Swing   | $V^+ = 5V$<br>$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to $2.5V$  | 4.87                | 4.80            | 4.75      | 4.75      | V              |
|        |                |   | 0.10                | 0.14            | 0.20      | 0.20      | V              |
|        |                | $V^+ = 15V$<br>$R_L = 2\text{ k}\Omega$ to $7.5V$ | 14.63               | 14.50           | 14.37     | 14.37     | V              |
|        |                |   | 0.26                | 0.35            | 0.44      | 0.44      | V              |
| $I_O$  | Output Current | Sourcing, $V^+ = 5V$ ,<br>$V_O = 0V$              | 22                  | 16              | 13        | 13        | mA<br>min      |
|        |                | Sinking, $V^+ = 5V$ ,<br>$V_O = 5V$               | 21                  | 16              | 13        | 13        |                |
|        |                | Sourcing, $V^+ = 15V$ ,<br>$V_O = 0V$             | 30                  | 28              | 23        | 23        |                |
|        |                | Sinking, $V^+ = 15V$ ,<br>$V_O = 13V$ (Note 10)   | 34                  | 28              | 23        | 23        |                |
| $I_S$  | Supply Current | $V^+ = 5V$ , $V_O = 1.5V$                         | 450                 | 750             | 750       | 750       | $\mu A$<br>max |
|        |                | $V^+ = 15V$ , $V_O = 7.5V$                        | 550                 | 850             | 850       | 850       |                |

## AC 電気的特性

標準文字表記のリミット値は  $T_J = 25$  で保証され、太字のリミット値は全動作温度範囲に適用します。特記のない限り、 $V^+ = 5V$ 、 $V^- = 0V$ 、 $V_{CM} = 1.5V$ 、 $R_L > 1M$  が適用されます。

| Symbol       | Parameter                    | Conditions   | Typical<br>(Note 4) | Limits (Note 5)   |                   |                   | Units             |
|--------------|------------------------------|--|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|              |                              |  |                     | LM6001AI          | LM6001BI          | LM6001CI          |                   |
| SR           | Slew Rate                    | (Note 7)   | 1.5                 | 0.8<br><b>0.6</b> | 0.8<br><b>0.6</b> | 0.8<br><b>0.6</b> | V/ $\mu$ s<br>min |
| GBW          | Gain-Bandwidth Product       |  | 1.3                 |                   |                   |                   | MHz               |
| $\phi_{f_m}$ | Phase Margin                 |  | 50                  |                   |                   |                   | Deg               |
| $G_M$        | Gain Margin                  |  | 17                  |                   |                   |                   | dB                |
| $e_n$        | Input-Referred Voltage Noise | F = 1 kHz  | 22                  |                   |                   |                   | nV/ $\sqrt{Hz}$   |
| $i_n$        | Input-Referred Current Noise | F = 1 kHz  | 0.13                |                   |                   |                   | fA/ $\sqrt{Hz}$   |
| THD          | Total Harmonic Distortion    | F = 10 kHz, $A_V = -10$ ,<br>$R_L = 100 k\Omega$ ,<br>$V_O = 8 V_{PP}$ | 0.01                |                   |                   |                   | %                 |

**Note 1:** 「絶対最大定格」とは、デバイスが破壊する可能性のある規格値をいいます。「動作定格」とはデバイスが機能する条件をいいますが、特定の性能規格値を保証するものではありません。仕様および試験条件の保証値に関しては「電気的特性」を参照してください。保証する仕様は記載の試験条件でのみ適用します。

**Note 2:** 単一電源および±両電源での動作に適用します。周囲温度上昇時に連続短絡状態になると、150 の最大許容接合部温度を超える場合があります。±30mA を超える出力電流で長時間動作させると、信頼性が低下する場合があります。

**Note 3:** 最大許容消費電力  $P_D$  は、 $T_{J(max)}$ 、 $J_A$ 、 $T_A$  の関数です。任意の周囲温度での最大許容消費電力は、 $P_D = (T_{J(max)} - T_A) / J_A$  で表されます。

**Note 4:** Typ 値は最も標準的な数値です。

**Note 5:** すべてのリミット値は、試験または統計解析により保証されています。

**Note 6:**  $V^+ = 15V$ 、 $V_{CM} = 7.5V$ 、 $R_L$  は 7.5V に接続します。ソース試験では 7.5V  $V_O$  11.5V、シンク試験では 2.5V  $V_O$  7.5V を適用します。

**Note 7:**  $V^+ = 15V$ 、10V のステップ入力を持つボルテージ・フォロワとして接続します。規定の数値は、正と負のスルーレートのうちのいずれかが低い方です。

**Note 8:** 高温時動作の場合、熱抵抗  $J_A$ 、 $P_D = (T_J - T_A) / J_A$  に基づいて定格を下げる必要があります。

**Note 9:** 試験回路は、人体モデルに基づき直列抵抗 1.5k と 100pF のコンデンサからなる回路を使用しています。

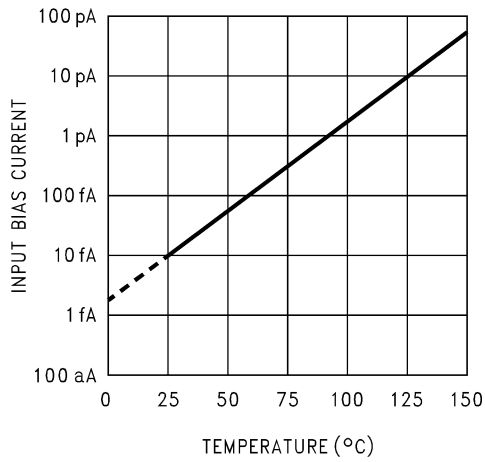
**Note 10:** 13V を超える  $V^+$  に出力を短絡すると信頼性が低下するため避けてください。

**Note 11:** すべての数値は、プリント基板に直接ハンダ付けするパッケージに適用します。

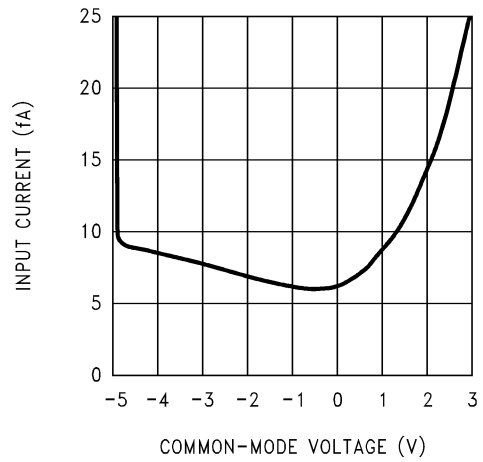
代表的な性能特性

特記のない限り、 $V_S = \pm 7.5V$ 、 $T_A = 25$

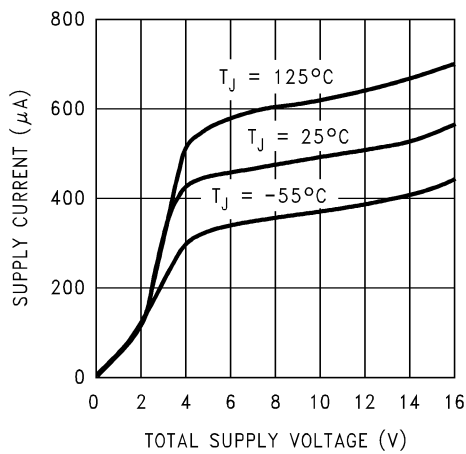
Input Current vs. Temperature



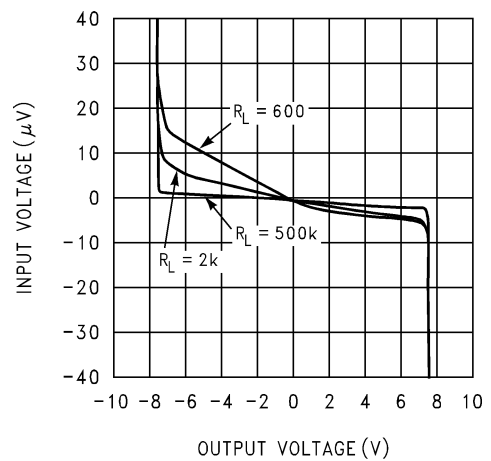
Input Current vs.  $V_{CM}$   $V_S = \pm 5V$



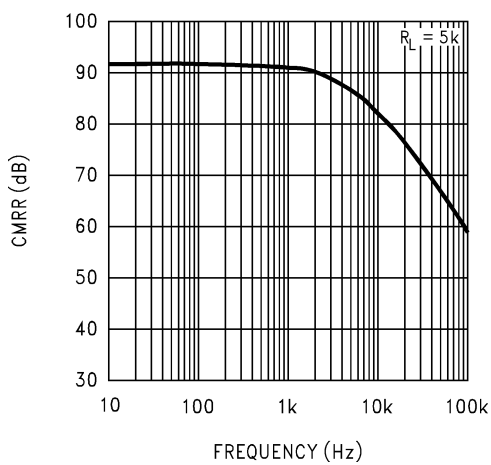
Supply Current vs. Supply Voltage



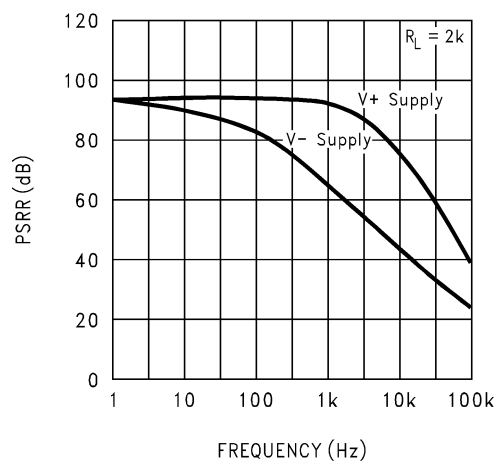
Input Voltage vs. Output Voltage



Common Mode Rejection Ratio vs. Frequency



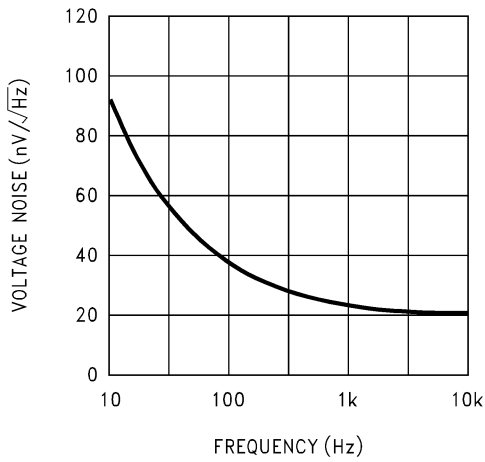
Power Supply Rejection Ratio vs. Frequency



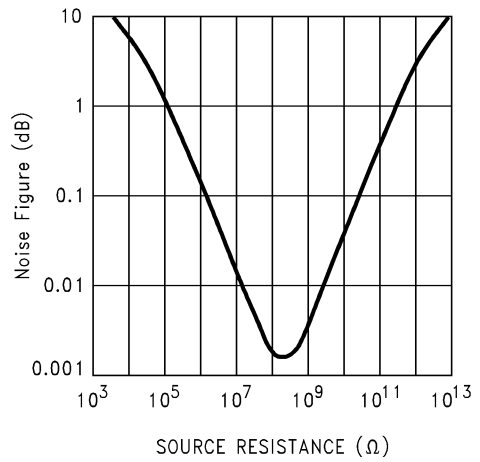
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、 $V_S = \pm 7.5V$ 、 $T_A = 25$

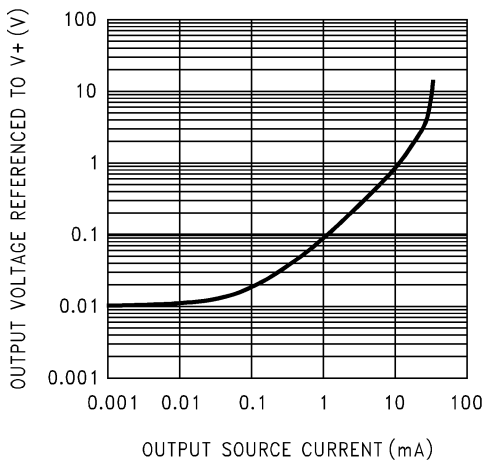
Input Voltage Noise vs. Frequency



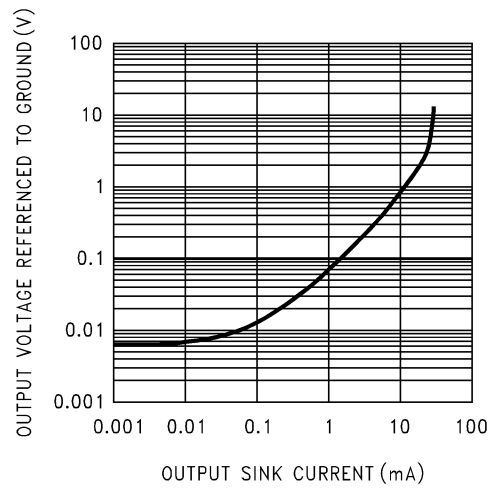
Noise Figure vs. Source Resistance



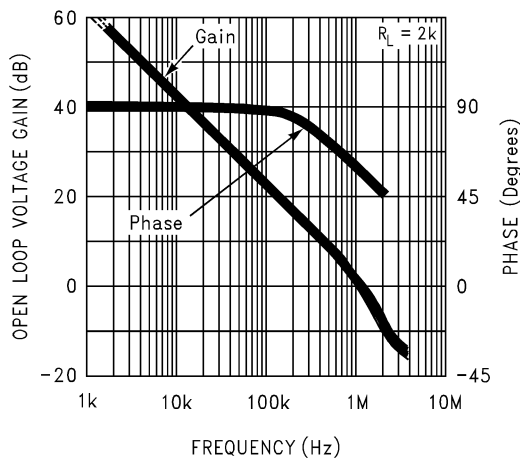
Output Characteristics Sourcing Current



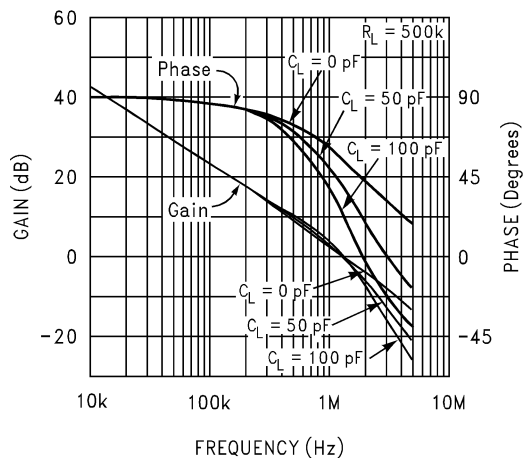
Output Characteristics Sinking Current



Gain and Phase Response vs. Temperature  
( - 55 to + 125 )



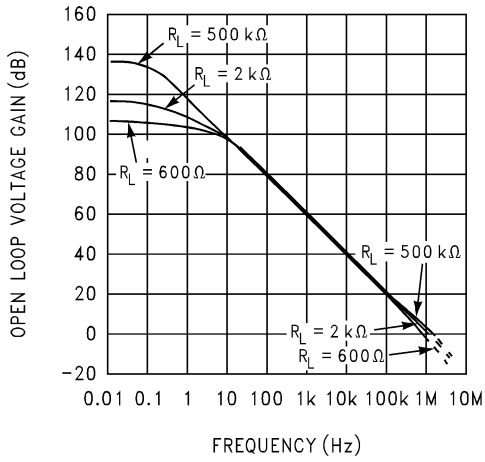
Gain and Phase Response vs. Capacitive Load  
with  $R_L = 500k$



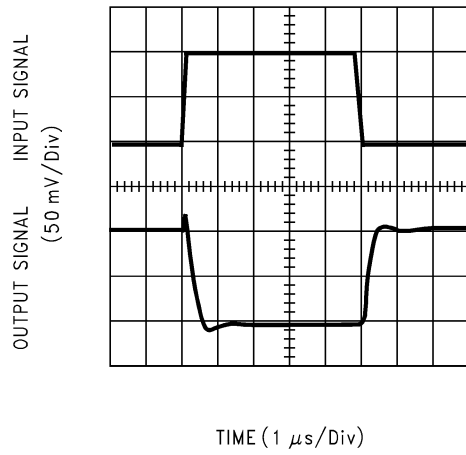
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、 $V_S = \pm 7.5V$ 、 $T_A = 25$

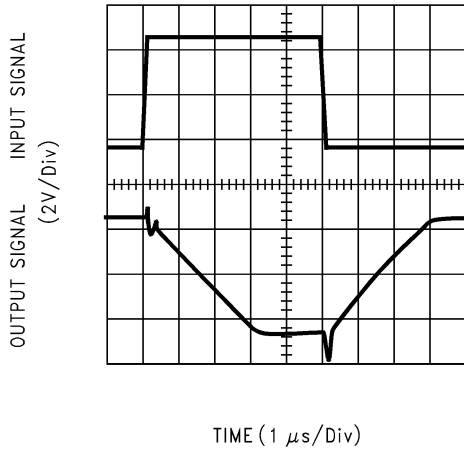
Open Loop Frequency Response



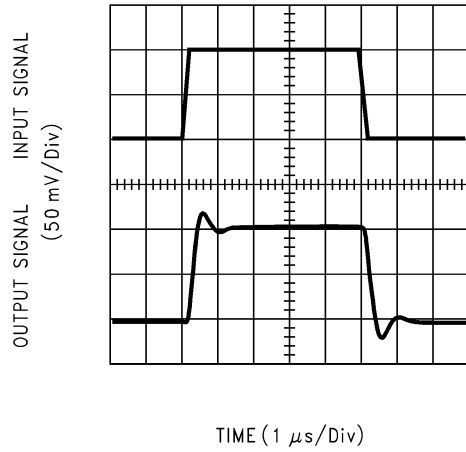
Inverting Small Signal Pulse Response



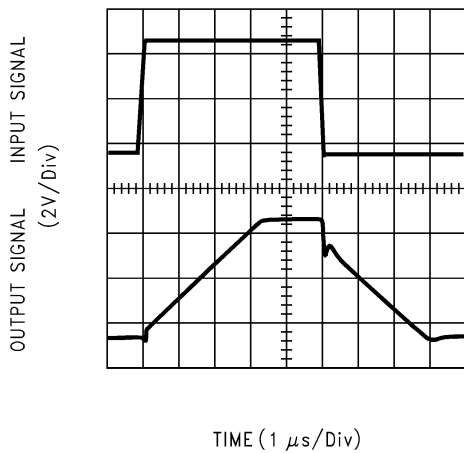
Inverting Large Signal Pulse Response



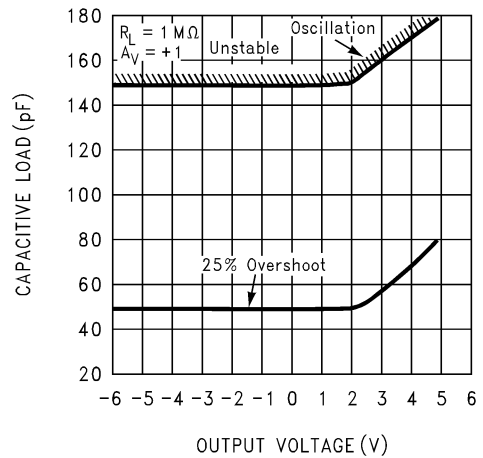
Non-Inverting Small Signal Pulse Response



Non-Inverting Large Signal Pulse Response



Stability vs. Capacitive Load





## アプリケーション・ヒント

### アンプ回路の形態

LMC6001 では、斬新なオペアンプ回路設計を採用しており、大きな負荷をドライブする場合でも電源電圧 GND 間の出力振幅を維持できます。出力段は、内部積分器から直接取り込むため、プッシュプル型ユニティ・ゲインの出力バッファ段に頼らずに、低出力インピーダンスと高利得の両方が得られます。また、独自のフィード・フォワード補償設計手法の採用により、従来のオペアンプより広範囲の動作条件で安定動作を実現しています。これらの特長により、LMC6001 は、低消費電力クラスの一般製品に比べて設計が容易になり、高速化を実現しています。

### 入力容量の補償

LMC6001 のような超低入力電流アンプでは、大きな値のフィードバック抵抗がよく使われます。

LMC6001 は広範囲の動作条件で非常に安定していますが、大きな値のフィードバック抵抗を用いる場合は、必要なパルス応答を得るために特別な注意が必要です。大きな値のフィードバック抵抗を使うと、トランスデューサ、フォトダイオード、回路基板の寄生容量によって小さな値の入力容量が発生し、位相マージンが減少します。

高入力インピーダンスが必要な場合は、LMC6001 の入力ラインのガードを推奨します。これにより、リークだけでなく浮遊入力容量も低減します（「高インピーダンス・ワーク用プリント基板レイアウト」の項参照）。

入力容量の影響は、コンデンサを付加すると補償できます。下記の条件を満たすコンデンサ  $C_f$  をフィードバック抵抗まわりに付加してください (Figure 1 参照)。

$$\frac{1}{2\pi R_1 C_{IN}} \geq \frac{1}{2\pi R_2 C_f}$$

または

$$R_1 C_{IN} \leq R_2 C_f$$

一般に、 $C_{IN}$  の値を正確に決定することは容易でないで、必要なパルス応答が得られるまで、 $C_f$  の値を実験的に変えるのが必要です。入力容量の補償についての詳細は、LMC660 と LMC662 のデータシートを参照ください。

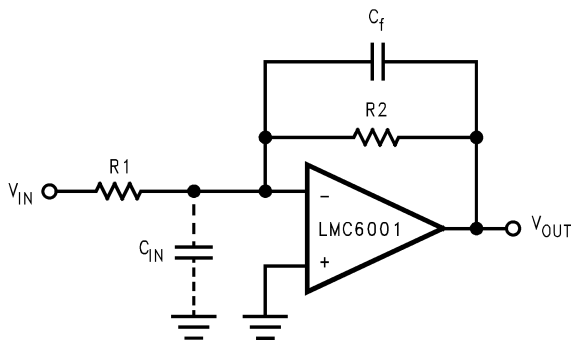


FIGURE 1. Cancelling the Effect of Input Capacitance

### 容量性負荷の許容誤差

電源電圧 GND 間出力振幅を持つオペアンプでは、必ず出力段に電圧利得があり、通常、積分段には補償コンデンサが付加されています。主極の周波数位置は、アンプの抵抗性負荷によって影響されます。適切な抵抗性負荷を容量性負荷に並列接続すると、容量性負荷のドライブ能力を最大限に高められます（「代表的な性能特性」の曲線グラフ参照）。

多くの場合、容量性負荷を直接ドライブすると、オペアンプの位相マージンが低減します。オペアンプの出力インピーダンスと容量性負荷が組み合わさると、フィードバック・ループに極性が生じます。この極性は、アンプのユニティ・ゲイン・クロスオーバー周波数における位相遅れを引き起こし、発振やアンダーダンプ・パルス応答の原因となります。オペアンプは、2、3 の外付け部品を付加するだけで、容易に容量性負荷を間接的にドライブできます (Figure 2 参照)。

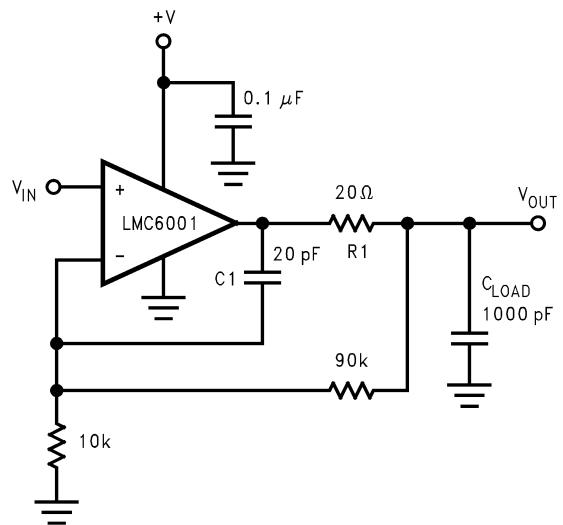


FIGURE 2. LMC6001 Noninverting Gain of 10 Amplifier, Compensated to Handle Capacitive Loads

Figure 2 の回路の  $R_1$  と  $C_1$  は、出力信号の高周波成分をアンプの反転入力にフィードバックすると、位相マージンの損失を防ぐように作用して、フィードバック・ループ全体の位相マージンを確保します。

容量性負荷のドライブ機能を高めるには、 $V^+$  に対してプルアップ抵抗を用います (Figure 3 参照)。通常、 $500\mu A$  以上を伝導するプルアップ抵抗を用いると、容量負荷応答が大幅に高まります。プルアップ抵抗の数値は、所望の出力振幅に対するアンプの電流シンク機能に基づき決定します。アンプのオープン・ループ利得もプルアップ抵抗の影響を受ける場合があります（「電気的特性」参照）。

## アプリケーション・ヒント(つづき)

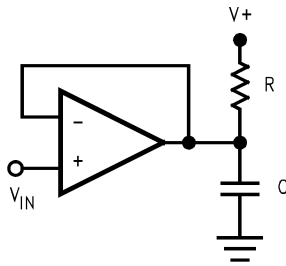


FIGURE 3. Compensating for Large Capacitive Loads with a Pullup Resistor

## 高インピーダンス・ワーク用プリント基板レイアウト

一般に知られているように、リーク電流を 1000pA 未満にして動作させる回路では、PC 基板のレイアウトに特別な注意が必要です。また、LMC6001 の超低入力バイアス電流 (通常 10fA 未満) を利用する場合には、優れたレイアウトが不可欠です。幸いにも、リーク電流を少なくする手法は極めて簡単です。まず、許容できるほど低いと思われる場合でも、PC 基板の表面リーク電流を無視しないことです。これは、高湿度、ほこり、汚染の状態では、表面リークがかなりの量になるためです。

表面リークの影響を最小限に抑えるには、LMC6001 の入力部のまわり、オペアンプ入力部に接続するコンデンサ、ダイオード、導線、抵抗、リレーなどピンのまわりを完全にガードリング箔で囲みます (Figure 4 参照)。ただし、さらに効果を上げるには、PC 基板の両面にガードリングを取り付け、この PC 箔をアンプの入力部と同じ電圧に接続します (同じ電位の 2 ポイント間にはリーク電流は流れません)。たとえば、PC 基板のパターン - パッド間抵抗が  $10^{12}$  (一般に非常に大きな抵抗値とみなされる) の場合、パターンが入力部パッドに隣接する 5V バスであれば、5pA のリーク電流が発生します。

この結果、LMC6001 の性能が 500 分の 1 に低下します。ただし、ガードリングを使って入力との電位差を 1mV 以内に保てば、 $10^{12}$  の抵抗でもリーク電流は 10fA にすぎません。このような少量のリークでも、LMC6001 のような超低入力電流アンプの性能は低下します。標準オペアンプ構成におけるガードリングの代表的な接続方法については、Figure 5 を参照ください。

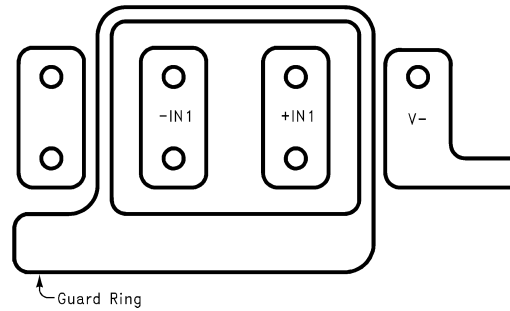
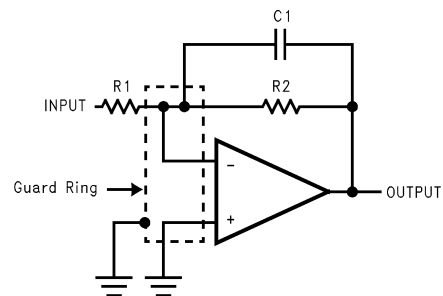
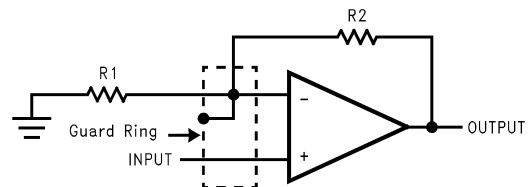


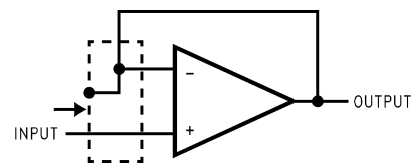
FIGURE 4. Examples of Guard Ring in PC Board Layout



Inverting Amplifier



Non-Inverting Amplifier

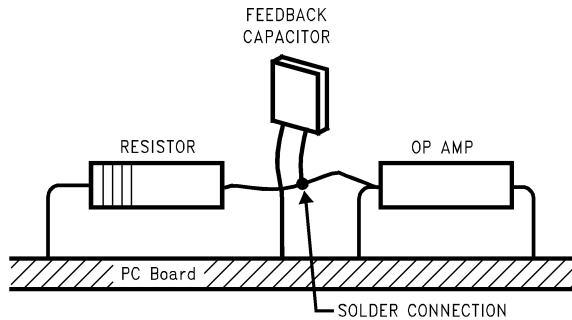


Follower

FIGURE 5. Typical Connections of Guard Rings

2 ~ 3 の回路のために PC 基板のレイアウトを行わなくても、PC 基板上のガードリングよりさらに優れた別の手法があります。基板上のアンプの入力ピンを挿入せずに、空中で折り曲げて、空気を絶縁体として利用することです。空気は優れた絶縁体です。この場合、PC 基板構成での利点のいくつかを放棄しなければなりません、時にはポイント・ツー・ポイントの空中結線を用いる価値は十分にあります (Figure 6 参照)。

## アプリケーション・ヒント(つづき)



(入力ピンは PC 基板から持ち上げ、構成素子に直接ハンダ付けします。他のピンは、すべて PC 基板に接続します)。

FIGURE 6. Air Wiring

もう一つの潜在的なリーク源として見落としがちなのは、デバイス・パッケージです。LMC6001 の製造時に、デバイスは必ず導伝性指サックで取り扱われます。これは塩分と皮脂でパッケージの表面にリーク経路ができないようにするためです。検査、試験、組立のあらゆる段階でも、これと同じ注意事項を守ることを推奨します。

## ラッチアップ

CMOS デバイスは、内部の寄生 SCR 効果のため、ラッチアップを起こしやすい傾向があります。これは入出力 (I/O) ピンが SCR のゲート・ピンと同じように機能し、最小電流でも SCR のゲート・ピンがトリガされるためです。LMC6001 では、I/O ピンの許容サージ電流は 100mA です。容量からリーク電流が I/O ピンに流れ込まないように、抵抗を付加する必要があります。また、SCR と同様、ラッチアップ・モードの保持電流も最小にしてください。電源ピンに電流リミッタを付加することもラッチアップ対策に有効です。

## 代表的なアプリケーション

LMC6001 は、極めて高い入力抵抗と低消費電力により、バッテリー駆動の計測用アンプを必要とするアプリケーションに最適です。このタイプのアプリケーション例には、ハンドヘルド pH プローブ、分析医療計器、静電界検出器、ガス・クロマトグラフがあります。

## オペアンプ 2 個使いの温度補償 pH プローブアンプ

pH プローブから出る信号の代表的な抵抗値は、 $10M \sim 1000M$  です。このような高い値のため、アンプの入力電流をできるだけ小さくすることが非常に重要です。LMC6001 は、入力電流が 25fA 未満になっているため、このアプリケーションに最適です。

標準 Ag/AgCl pH プローブの理論出力は、25 時で 59.16mV/pH、pH7.00 時に 0V です。この出力は、絶対温度に比例します。これを補償するには、温度補償抵抗 R1 をフィードバック・ループに配置します。これにより、プローブは温度に左右されなくなります。この抵抗は、測定する液体と同じ温度になるように実装する必要があります。

LMC6001 は、プローブ出力を増幅して、電圧を pH7 から  $\pm 100mV/pH$  にスケールします。第 2 のオペアンプであるマイクロパワー LMC6041 は、出力がプローブの全範囲で pH に正比例するように、位相反転とオフセットを行います。これで、pH 測定値が低コスト、低消費電流のデジタル・パネル・メータに直接表示されます。総消費電流は、システム全体で約 1mA です。

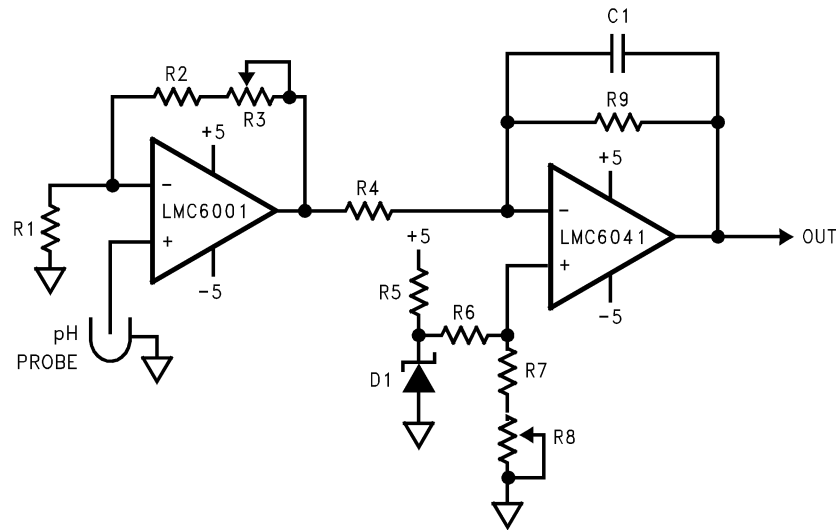
マイクロパワー・デュアル・オペアンプの LMC6042 は、消費電流では最適ですが、次のような利点はありません。

1. LMC6001A は、入力電流のリミット値 25fA (25 時) を保証します。
2. LMC6042 の入力ダイオードの ESD 保護の定格はわずか 500V ですが、LMC6001 の定格は 2000V であるため、はるかに堅牢な保護を行います。

セットアップとキャリブレーションは簡単に行え、相互作用による問題の発生もありません。

1. pH プローブを切り離し、R3 をほぼ中域にセットし、LMC6001 の非反転入力接地し、R8 を調整して出力を 700mV にします。
2. LMC6001 の非反転入力に -414.1mV を印加します。R3 を調整して出力を 1400mV にします。これでキャリブレーションが完了しました。実際には、pH プローブは理論通りに動作しない場合があるので、精密緩衝液を測定しながらトリミングして、利得とオフセットの微調整を行います。

## 代表的なアプリケーション (つづき)



R1 100k + 3500 ppm/ (Note 12)  
 R2 68.1k  
 R3, 8 5k  
 R4, 9 100k  
 R5 36.5k  
 R6 619k  
 R7 97.6k  
 D1 LM4040D1Z-2.5  
 C1 2.2  $\mu$ F

**Note 12:** \* (144 $\mu$  または同等値)

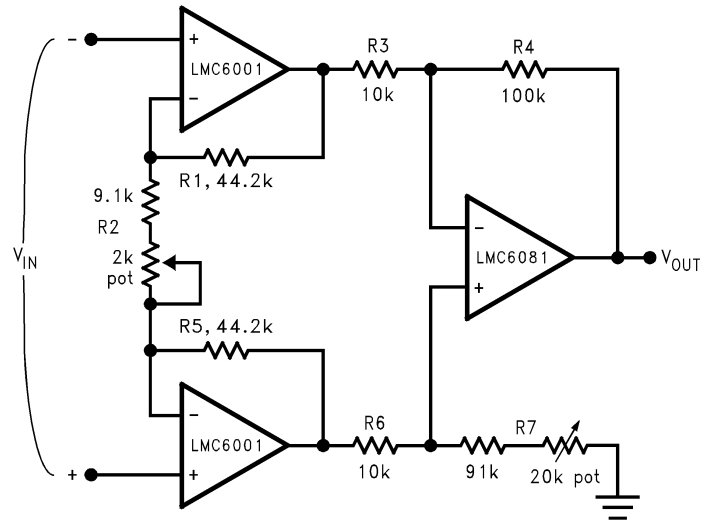
**FIGURE 7. pH Probe Amplifier**

## 超低入力電流計測用アンプ

Figure 8 に計測用アンプを示しました。このアンプは、差動入力と同相入力の高い抵抗値 ( $> 10^{14}$ ), 利得精度 0.01% ( $A_V = 1000$  時), ソース抵抗の不均衡 1M の優れた CMRR を特長としています。入力電流は 20fA 未満、オフセット・ドリフトは 2.5 $\mu$ V/ 未

満です。R<sub>2</sub> は CMRR を低下させずに全範囲で利得を調整する簡単な手段を備えています。R<sub>7</sub> は超高精度マッチング抵抗を使わずに CMRR を最大限に高めるための初期トリムです。CMRR が全温度範囲で良好であるためには、低ドリフトの抵抗を使う必要があります。

代表的なアプリケーション (つぎ)



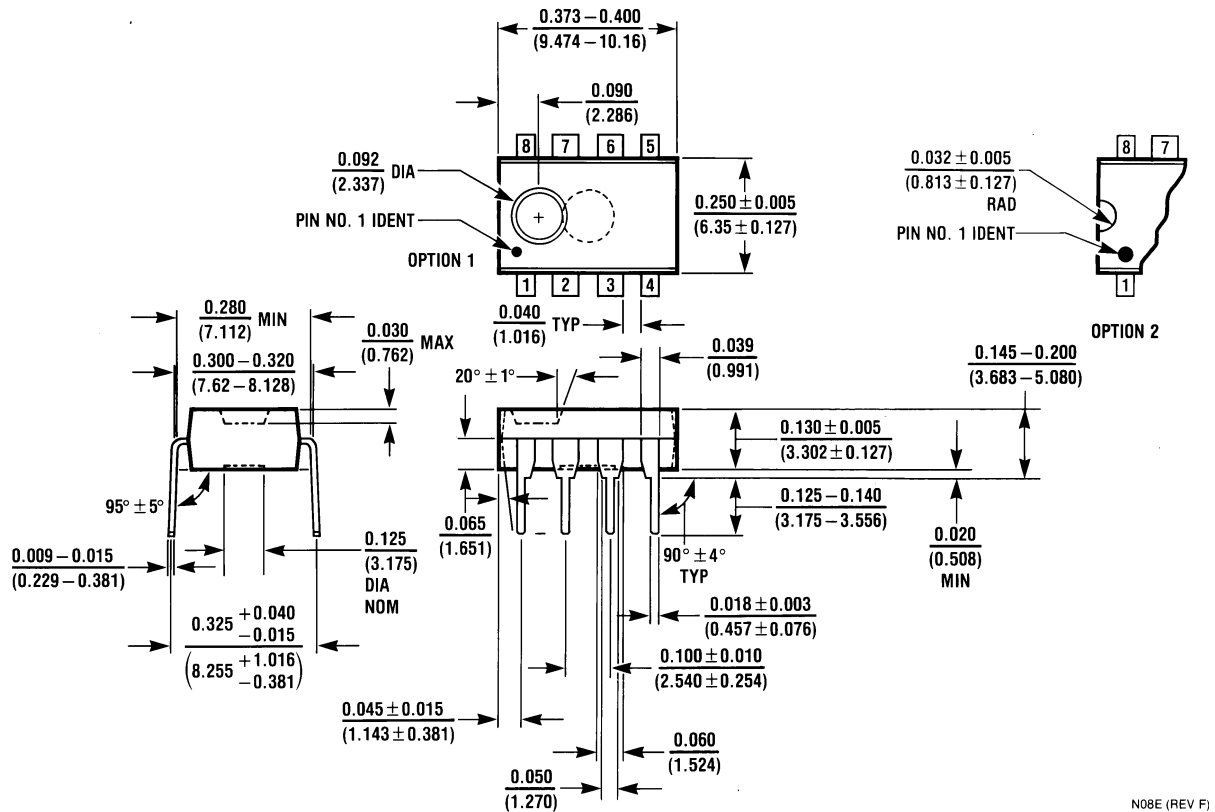
If  $R_1 = R_5$ ,  $R_3 = R_6$ , and  $R_4 = R_7$ ; then

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R_2 + 2R_1}{R_2} \times \frac{R_4}{R_3}$$

$A_V \approx 100$  for circuit shown ( $R_2 = 9.85k$ ).

FIGURE 8. Instrumentation Amplifier

## 外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



8-Pin Molded Dual-In-Line Package  
NS Package Number N08E

## 生命維持装置への使用について

弊社の製品はナショナル セミコンダクター社の書面による許可なくしては、生命維持用の装置またはシステム内の重要な部品として使用することはできません。

1. 生命維持用の装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。
2. 重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

## ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

[www.national.com/jpn/](http://www.national.com/jpn/)

その他のお問い合わせはフリーダイヤルをご利用ください。



0120-666-116

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated (TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは是認するということの意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータブックもしくはデータシートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されておられません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されておられません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしているとして特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2012, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上