

# 出力マルチプレクス機能を備えた シングル・チャンネル・トランスインピーダンス・アンプ

## 特長

- -3dB 帯域幅: 220MHz (入力容量: 2pF)
- シングルエンド出力
- トランスインピーダンス・ゲイン: 74kΩ
- 200MHz (2pF) での入力電流ノイズ密度: 4.8pA/√Hz
- 200MHz (2pF) を超える積分入力電流ノイズ: 64nARMS
- 線形入力範囲: 0μA~30μA
- 過負荷電流 > ±400mA ピーク
- 過負荷時の回復が迅速: 12ns 以内に 1mA
- 出力のマルチプレクス動作が高速: <50ns
- 5V 単電源
- 消費電力: 90mW
- 100Ω 負荷での出力振幅: 2V<sub>p-p</sub>
- 3mm × 3mm, 16ピン QFN パッケージ
- 出力マルチプレクサにより複数の LTC6560 デバイスを結合

## アプリケーション

- 探知装置レシーバー
- 工業用画像処理

## 概要

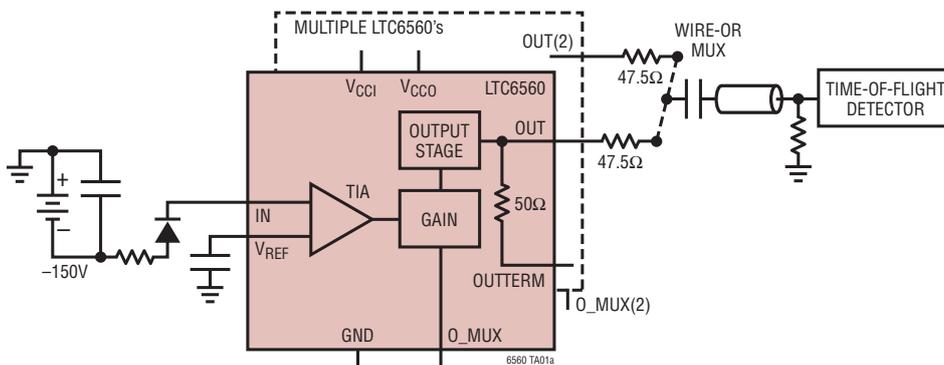
LTC<sup>®</sup>6560 は、帯域幅が 220MHz の低ノイズ、トランスインピーダンス・アンプ (TIA) です。LTC6560 は、低ノイズ、高トランスインピーダンス、低消費電力なので、アバランシェ・フォトダイオード (APD) を使用する探知装置レシーバーに最適です。LTC6560 の特長は、74kΩ のトランスインピーダンス・ゲインと 30μA の線形入力電流範囲です。全入力容量が 2pF の APD を使用した場合、200MHz 時の入力電流ノイズ密度は 4.8pA/√Hz です。容量を小さくすると、ノイズと帯域幅は更に向上します。LTC6560 は 5V 単電源で動作し、消費電力はわずか 90mW です。LTC6560 の出力マルチプレクサを使用して、複数の LTC6560 デバイスを 1 つの出力に結合できます。LTC6560 は過負荷時の回復と出力のマルチプレクス動作が高速なので、複数の APD を備えた探知装置レシーバーに適しています。LTC6560 のシングルエンド出力は、100Ω 負荷のとき 2V<sub>p-p</sub> の振幅が可能です。低インピーダンスのオペアンプ型出力は、50Ω の逆終端ケーブルを駆動するよう設計されました。

LTC6560 は、温度管理と低インダクタンスに対応するため、露出パッドの付いた小型の 3mm × 3mm 16ピン・リードレス QFN パッケージに収容されています。

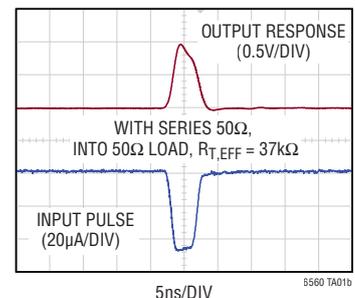
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 代表的なアプリケーション

逆終端ケーブルで接続した時間/デジタル変換器を  
DC カップリング入力で駆動する代表的なアプリケーション



過負荷領域の境界でのパルス応答  
(40μA)



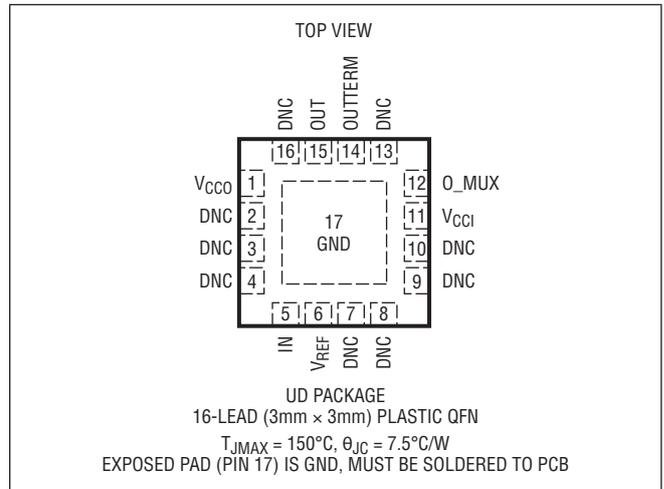
# LTC6560

## 絶対最大定格

(Note 1)

|   |  |
|---|--|
| 全電源電圧 (V <sub>CC1</sub> , V <sub>CC0</sub> - GND 間) ..... | 5.5V   |
| 電圧 (O_MUX) .....  | -0.3V~5.5V                                   |
| アンプのリファレンス電流 (V <sub>REF</sub> ) .....                    | ±10mA  |
| 電圧 (V <sub>REF</sub> ) .....                              | -0.3V~3.5V                                   |
| アンプの入力  |  |
| 電流 (I <sub>IN</sub> ) .....                               | ±400mA <sub>RMS</sub> 、トランジエント (10ns) 時: ±2A |
| アンプの出力電流 (OUT, OUTTERM) .....                             | +80mA  |
| 動作温度範囲  |  |
| LTC6560I (Note 2) .....                                   | -40°C~85°C                                   |
| 保存温度範囲 .....  | -65°C~150°C                                  |
| ジャンクション温度 .....   | 150°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          |
|----------------|------------------|----------|---------------------------------|---------------|
| LTC6560IUD#PBF | LTC6560IUD#TRPBF | LHDV     | 16-Lead (3mm x 3mm) Plastic QFN | -40°C to 85°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。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。

## AC 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC1} = V_{CC0} = 5\text{V}$ 、 $O\_MUX = 0\text{V}$ 、 $\text{GND} = 0\text{V}$ 、 $R_{LOAD} = 100\Omega$ での値。出力はACカップリング。出力はOUTピンから取り出す。

| SYMBOL        | PARAMETER                      | CONDITIONS   | MIN        | TYP | MAX      | UNITS                        |
|---------------|--------------------------------|--|------------|-----|----------|------------------------------|
| BW            | -3dB Bandwidth                 | 200mV <sub>p-p,OUT</sub> and $C_{IN,TOT} = 2\text{pF}$             |            | 220 |          | MHz                          |
| $R_T$         | Small Signal Transimpedance    | $I_{IN} < 2\mu\text{A}_{p-p}$                                      | 63<br>47.7 | 74  | 85<br>93 | k $\Omega$<br>k $\Omega$     |
| $R_{IN}$      | Input Resistance               | $f = 100\text{kHz}$  |            | 236 |          | $\Omega$                     |
| $R_{OUT}$     | Output Resistance              | $f = 100\text{kHz}$  |            | 3   |          | $\Omega$                     |
| $I_N$         | Input Current Noise Density    | $f = 100\text{MHz}$ , $C_{IN,TOT} = 2\text{pF}$                    |            | 4.3 |          | $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
|               |                                | $f = 200\text{MHz}$ , $C_{IN,TOT} = 2\text{pF}$                    |            | 4.8 |          | $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
|               | Integrated Input Current Noise | $f = 0.1\text{MHz}$ to $100\text{MHz}$ , $C_{IN,TOT} = 2\text{pF}$ |            | 43  |          | nA <sub>RMS</sub>            |
|               |                                | $f = 0.1\text{MHz}$ to $200\text{MHz}$ , $C_{IN,TOT} = 2\text{pF}$ |            | 64  |          | nA <sub>RMS</sub>            |
|               | Channel Isolation              | $f = 100\text{MHz}$ ( $O\_MUX = \text{High}$ )                     |            | -65 |          | dB                           |
| $t_{RECOVER}$ | Overload Recovery Time         | Input Pulse = 1mA  |            | 12  |          | ns                           |
| $t_{SWITCH}$  | $O\_MUX$ Switchover Time       |  |            | 50  |          | ns                           |

## DC 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC1} = V_{CC0} = 5\text{V}$ 、 $O\_MUX = 0\text{V}$ 、 $\text{GND} = 0\text{V}$ 、 $R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$ での値。出力はACカップリング。出力はOUTピンから取り出す。

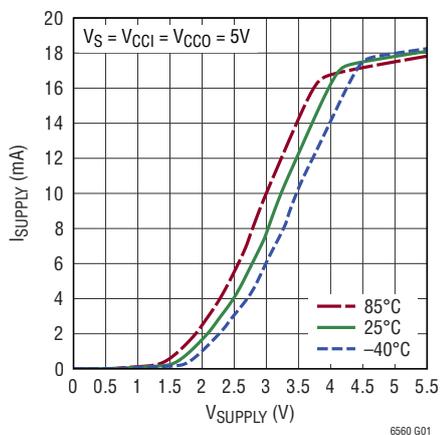
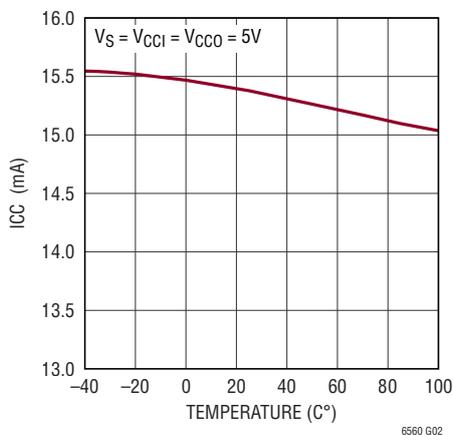
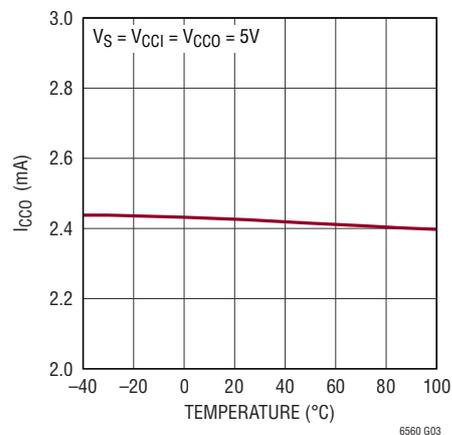
| SYMBOL                          | PARAMETER   | CONDITIONS   | MIN | TYP  | MAX  | UNITS |                  |
|---------------------------------|---|--|-----|------|------|-------|------------------|
| <b>INピンおよびV<sub>REF</sub>ピン</b> |   |  |     |      |      |       |                  |
| V <sub>IN</sub>                 | Input Bias Voltage  | Active Channel   | ●   | 1.42 | 1.55 | 1.64  | V                |
|                                 |   |  |     | 1.32 |      | 1.74  | V                |
|                                 |   | Inactive Channel   | ●   | 0.89 | 0.93 | 0.96  | V                |
|                                 |   |  |     | 0.79 |      | 1.06  | V                |
| V <sub>REF</sub>                | Input Reference Voltage   | Active Channel   |     | 1.43 | 1.55 | 1.63  | V                |
|                                 |   | Inactive Channel   |     | 1.34 | 1.50 | 1.67  | V                |
| Offset                          | V <sub>IN</sub> - V <sub>REF</sub>                                  | Active Channel   |     | -12  | 13.8 | mV    |                  |
| <b>OUTピン</b>                    |   |  |     |      |      |       |                  |
| V <sub>OUT</sub>                | Output Default Voltage  | O_MUX = 0V (Output Enabled)                              | ●   | 0.83 | 1.10 | 1.45  | V                |
|                                 |   |  |     | 0.79 |      | 1.67  | V                |
|                                 |   | O_MUX = 3.3V, Standalone Device                          | ●   | 0.32 | 0.60 | 0.88  | V                |
|                                 |   |  |     | 0.28 |      | 0.92  | V                |
| OVS                             | Output Voltage Swing  | I <sub>IN</sub> Current Range = 0μA to -50μA             | ●   | 1.22 | 1.90 | 2.58  | V <sub>P-P</sub> |
|                                 |   |  |     | 0.98 |      | 2.80  | V <sub>P-P</sub> |
| R <sub>OUTTERM</sub>            | Internal Series Resistor  | Measured at OUTTERM                                      |     | 48.6 | 50   | 70.8  | Ω                |
| <b>プルダウン抵抗内蔵のO_MUXピン</b>        |   |  |     |      |      |       |                  |
| V <sub>IL</sub>                 |   |  |     |      | 0.8  | V     |                  |
| V <sub>IL</sub>                 |   |  |     | 1.5  |      | V     |                  |
| I <sub>IL</sub>                 | Pin Voltage = 0.8V  | ●  |     | 16.9 | 20.7 | 26.0  | μA               |
|                                 |   |  |     | 15.4 |      | 28.0  | μA               |
| I <sub>IH</sub>                 | Pin Voltage = 1.5V  | ●  |     | 39.3 | 44.6 | 50.0  | μA               |
|                                 |   |  |     | 38.0 |      | 55.0  | μA               |
| C <sub>IN</sub>                 | Input Capacitance   |  |     | 1.5  |      | pF    |                  |
| R <sub>IN</sub>                 | Input Resistance  | ●  |     | 25   | 29   | 32    | kΩ               |
|                                 |   |  |     | 23   |      | 34    | kΩ               |
| <b>電源</b>                       |   |  |     |      |      |       |                  |
| V <sub>S</sub>                  | Operating Supply Range  | V <sub>CC1</sub> , V <sub>CC0</sub>                      |     | 4.75 | 5    | 5.25  | V                |
| I <sub>S(VCC1)</sub>            | Input Supply Current  | V <sub>CC1</sub> = 5V                                    | ●   | 12.2 | 15.3 | 18.34 | mA               |
|                                 |   |  |     | 12.0 |      | 18.54 | mA               |
| I <sub>S(VCC0)</sub>            | Output Supply Current   | V <sub>CC0</sub> = 5V                                    | ●   | 1.9  | 2.4  | 2.9   | mA               |
|                                 |   |  |     | 1.7  |      | 3.1   | mA               |
| I <sub>S</sub>                  | Total Supply Current (I <sub>S(VCC1)</sub> + I <sub>S(VCC0)</sub> ) |  | ●   | 14.1 | 17.7 | 21.24 | mA               |
|                                 |   |  |     | 13.7 |      | 21.64 | mA               |
| PSRR(V <sub>CC1</sub> )         | Input Power Supply Rejection Ratio                                  | V <sub>CC1</sub> = 4.75V to 5.25V, V <sub>CC0</sub> = 5V | ●   | 22   | 25   |       | dB               |
|                                 |   |  |     | 15   |      |       | dB               |
| PSRR(V <sub>CC0</sub> )         | Output Power Supply Rejection Ratio                                 | V <sub>CC0</sub> = 4.75V to 5.25V, V <sub>CC1</sub> = 5V | ●   | 34   | 40   |       | dB               |
|                                 |   |  |     | 33   |      |       | dB               |

**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可能性がある。

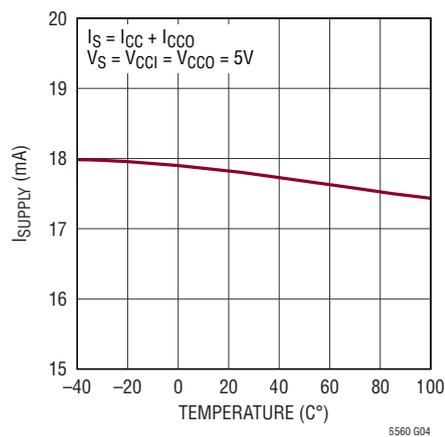
**Note 2:** LTC6560Iは、 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ で性能仕様に適合することが確認されている。

## 代表的な性能特性

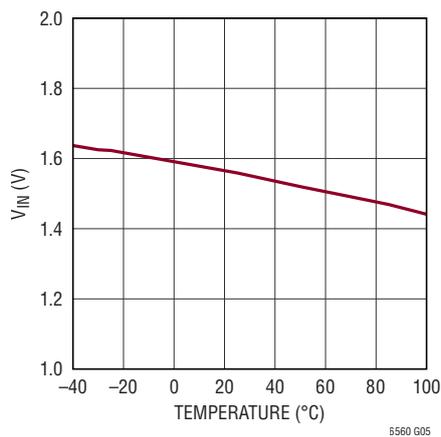
ISUPPLYとVSUPPLY (全温度範囲)

I<sub>CC1</sub>と温度I<sub>CC0</sub>と温度

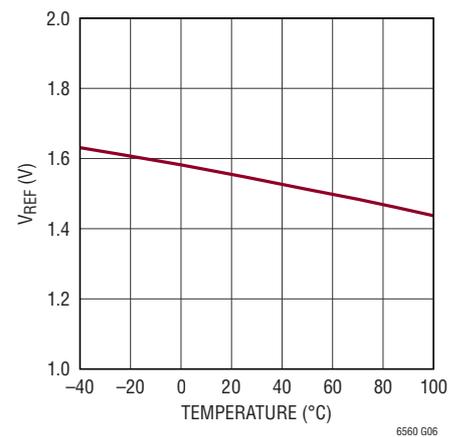
ISUPPLYと温度



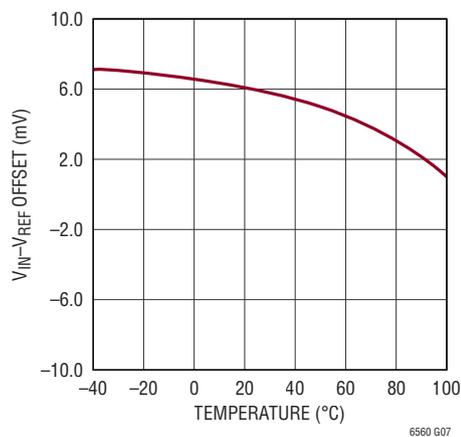
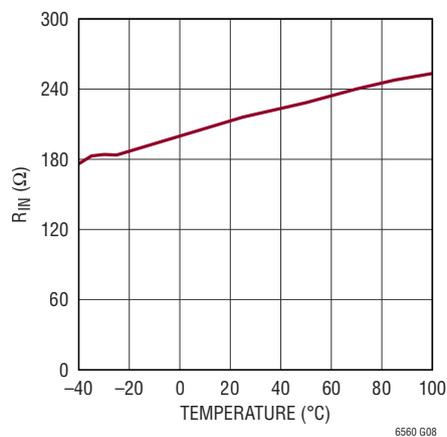
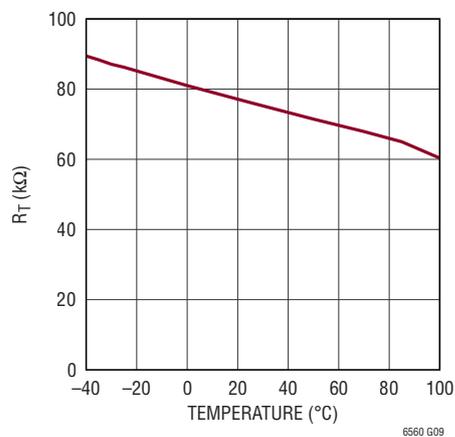
VINと温度



VREFと温度

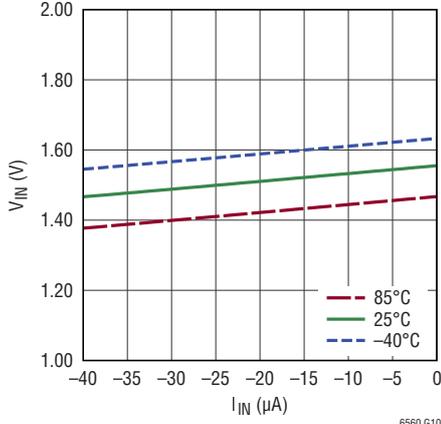


VIN - VREF間のオフセットと温度

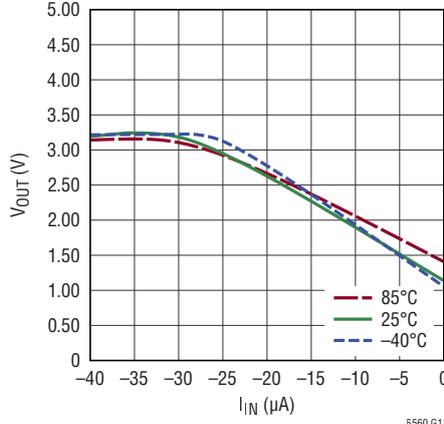
R<sub>IN</sub>と温度R<sub>T</sub>のトランスインピーダンスと温度

## 代表的な性能特性

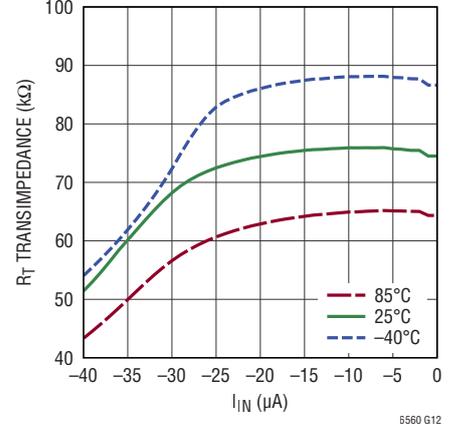
**$V_{IN}$  と  $I_{IN}$  (全温度範囲)**



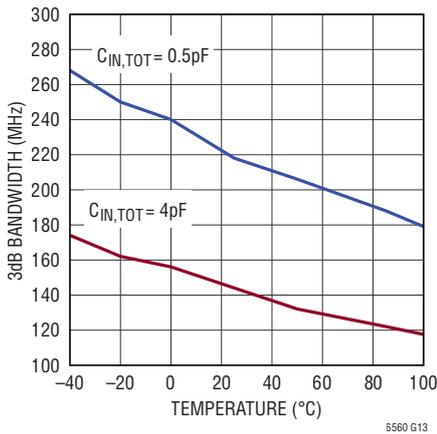
**$V_{OUT}$  と  $I_{IN}$  (全温度範囲)**



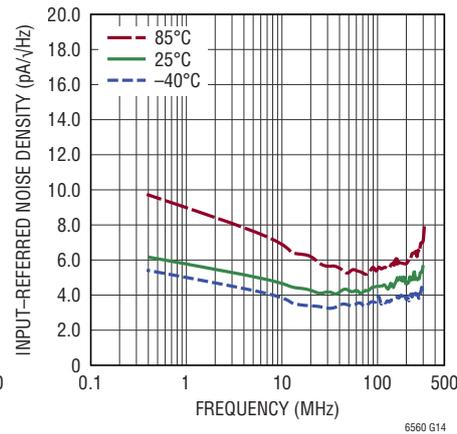
**$R_T$  のトランスインピーダンスと  $I_{IN}$  (全温度範囲)**



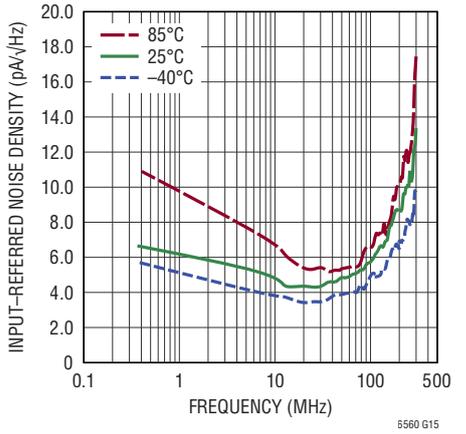
**3dB 帯域幅と温度 ( $C_{IN,TOT}$  の全範囲)**



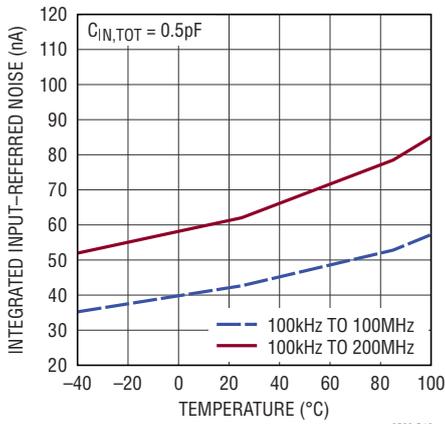
**$C_{IN,TOT} = 0.5pF$  での入力換算ノイズ密度**



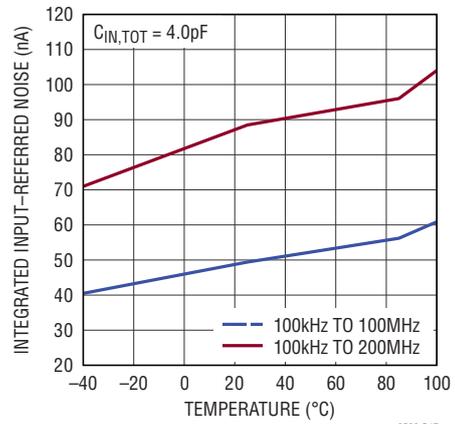
**$C_{IN,TOT} = 4.0pF$  での入力換算ノイズ密度**



**$C_{IN,TOT} = 0.5pF$  での積分入力換算ノイズと温度**

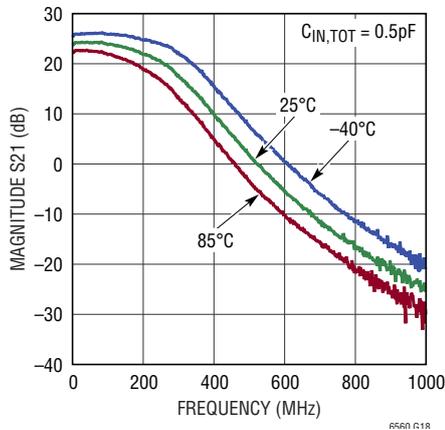


**$C_{IN,TOT} = 4.0pF$  での積分入力換算ノイズと温度**

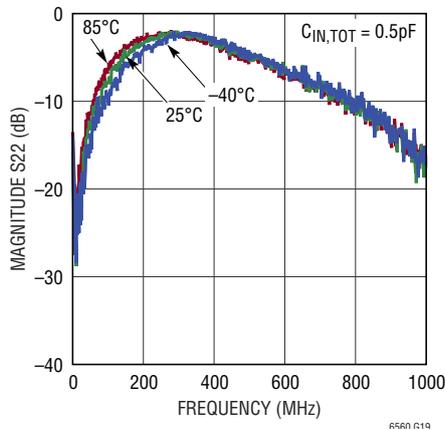


代表的な性能特性

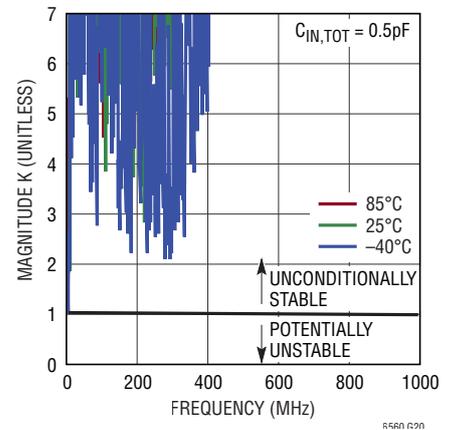
S21 (ゲイン)と周波数  
(全温度範囲)



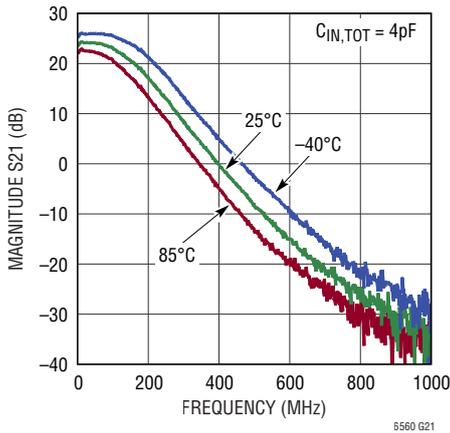
S22と周波数(全温度範囲)



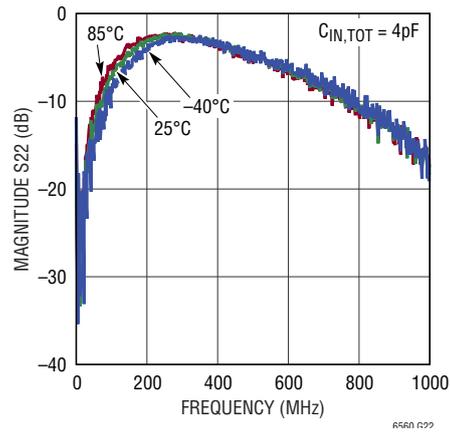
安定性係数Kと周波数  
(全温度範囲)



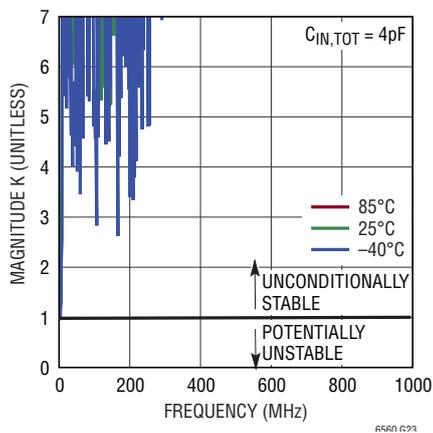
S21 (ゲイン)と周波数  
(全温度範囲)



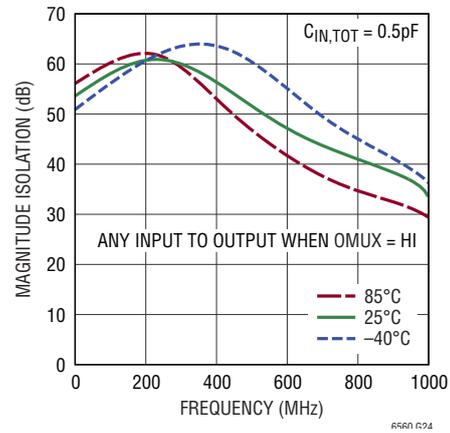
S22と周波数(全温度範囲)



安定性係数Kと周波数  
(全温度範囲)

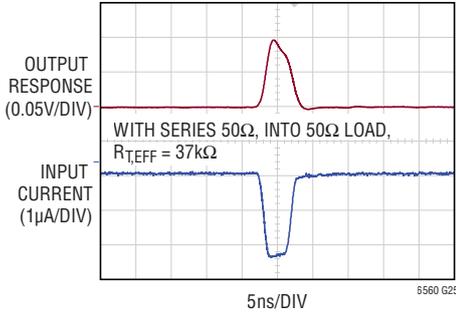


O\_MUXアイソレーションと周波数  
(全温度範囲)

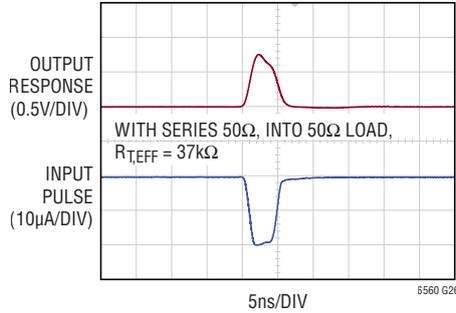


## 代表的な性能特性

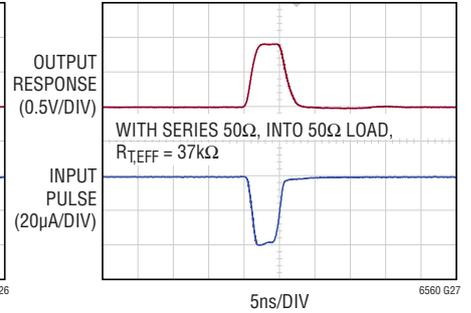
線形範囲 (2.5 $\mu$ A) でのパルス応答



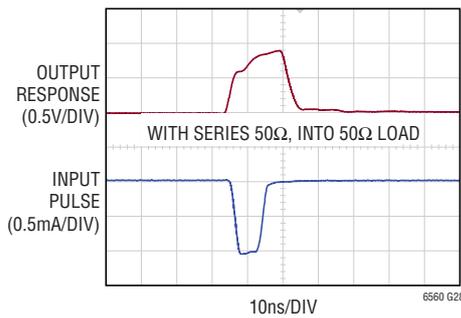
線形範囲 (20 $\mu$ A) でのパルス応答



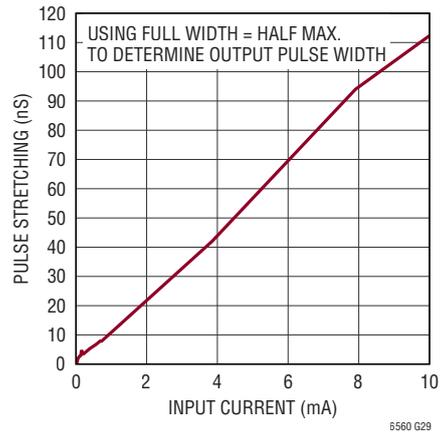
過負荷領域 (40 $\mu$ A) でのパルス応答



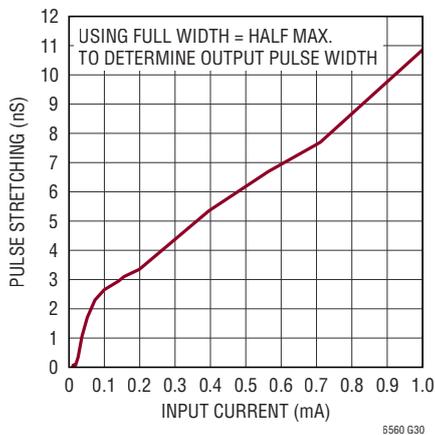
過負荷領域 (1mA) でのパルス応答



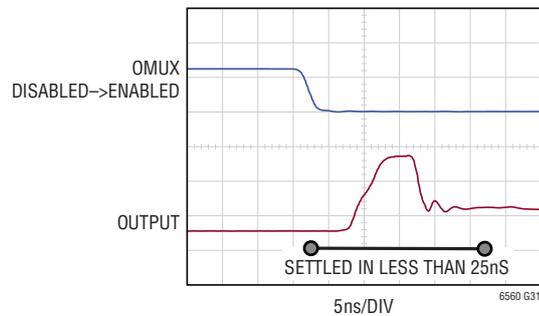
パルス・ストレッチ  
( $T = 25^{\circ}\text{C}$ , FWHM 使用)



パルス・ストレッチの詳細  
( $T = 25^{\circ}\text{C}$ , FWHM 使用)



O\_MUXの切替え時間



## ピン機能

**V<sub>CCO</sub> (ピン1)** : 出力段の正電源。通常は5V。単電源動作の場合は、V<sub>CCO</sub>をV<sub>CCI</sub>に接続できます。1000pFおよび0.1μFのバイパス・コンデンサは、できるだけ近づけてV<sub>CCO</sub>とグラウンドの間に接続してください。

**DNC (ピン2~4、7~10、13、16)** : これらのピンには接続しないでください。これらのピンはフロート状態でかまいません。

**IN (ピン5)** : トランスインピーダンス・アンプの入力ピン。チャンネルが動作状態のとき、このピンは内部で1.55Vにバイアスされています。具体的な推奨事項についてはアプリケーション情報のセクションを参照してください。

**V<sub>REF</sub> (ピン6)** : TIAのリファレンス電圧ピン。このピンはTIAの入力DC電圧を設定します。各V<sub>REF</sub>ピンは、0.1μF以上の高品質セラミック・バイパス・コンデンサを接続してバイパスします。バイパス・コンデンサは、V<sub>REF</sub>ピンの近くに配置します。V<sub>REF</sub>ピンには約1.4kの等価抵抗があり、外部電圧によってオーバードライブできます。動作状態のときにV<sub>REF</sub>に電圧をかけなかった場合、5V電源では約1.55Vのデフォルト電圧でフロート状態になります。

**V<sub>CCI</sub> (ピン11)** : 入力段の正電源。通常は5V。1000pFおよび0.1μFのバイパス・コンデンサは、できるだけ近づけてV<sub>CCI</sub>とグラウンドの間に接続してください。

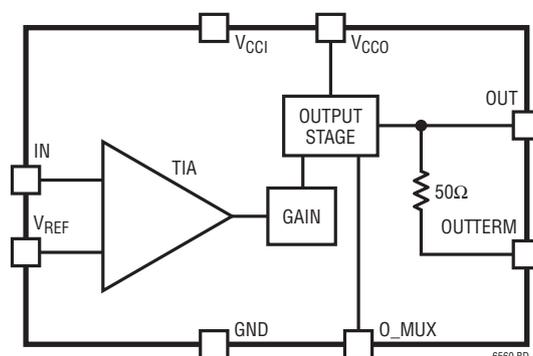
**O\_MUX (ピン12)** : O\_MUXは、出力マルチプレクサ機能を制御するデジタル入力です。O\_MUXピンが機能するのは、複数のLTC6560を出力で結合する場合です。O\_MUXがローの場合、出力はイネーブルされます。O\_MUXがハイの場合、出力は出力から切り離されます。デフォルト値は0Vです。2番目のLTC6560を出力でDCカップリングしない限り、このMUXピンは無効です。O\_MUXを使用し、複数のLTC6560と接続してチャンネル数を増やす方法については、アプリケーションのセクションを参照してください。O\_MUXピンは29kΩのプルダウン抵抗を内蔵しています。

**OUTTERM (ピン14)** : 内部に50Ωの直列抵抗があるTIA出力。

**OUT (ピン15)** : 内部に50Ωの直列抵抗がないTIA出力。

**GND (露出パッド・ピン17)** : 負電源。通常は接地します。露出パッド(ピン17)は、インダクタンスの低減と適切な熱伝達のために、複数のビア・ホールによって基板内層のグラウンド・プレーンに接続してください。

## ブロック図



## 動作

LTC6560は、出力マルチプレクサ機能を備えたトランスインピーダンス・アンプです。トランスインピーダンス・アンプは、入力電流を出力電圧に変換します。出力マルチプレクサ機能(O\_MUX)により、複数のシングル・チャンネルLTC6560デバイスを結合できます。例えば、2、4、6、または8チャンネルの電流入力を単一の電圧出力にマルチプレクスするのは容易です。

代表的な探知装置アプリケーションでは、LTC6560アンプはAPDの出力電流を増幅します。動作中、大電流ゲインを達成するため、APDにはブレークダウン電圧付近のバイアスがかかります。強い光照射の下では、APDは大電流を流すことが可能であり、多くの場合は1Aを超えます。LTC6560はこの大きさの大量の過負荷電流に耐えて、素早く回復します。探知装置アプリケーションでは、過負荷からの迅速な回復が不可欠です。回復中は、どのTIAもその後のパルスから遮断されます。LTC6560は、1mAの飽和事象から位相を反転させずに12ns以内に回復して、この種のデータ損失

を最小限に抑えます。入力電流のレベルが直線範囲を超えると、出力のパルス幅は広がります。ただし、回復時間は数10ns台に留まります。図6および図7に示す、パルス・ストレッチ対入力電流のグラフを参照してください。

LTC6560の内部は多段構成になっています。初段はトランスインピーダンス・アンプです。2段目の電圧ゲイン段は、100Ω負荷で2V<sub>P-P</sub>の振幅を駆動できる最終出力バッファに通じています。

探知装置の空間分解能を高めるため、数多くのAPDが、多くの場合はアレイで配置されます。C<sub>IN</sub>を増やすと帯域幅が狭まるので、帯域幅を最大限に広げるには、APDの各画素に専用のTIAが必要です。LTC6560の出力マルチプレクサ機能により、外部マルチプレクサを接続しない小型の多チャンネル・デザインが可能になります。複数のLTC6560を使用すると、複数のシングルAPDとうまく連携させてパターン容量、コスト、およびソリューション・サイズを最小限に抑えることができます。

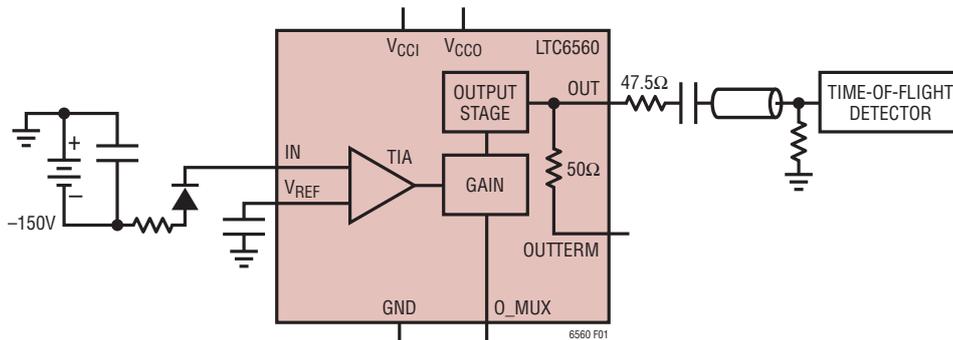


図1. DCカップリング入力 of LTC6560 により、逆終端ケーブルを接続した TDC を駆動

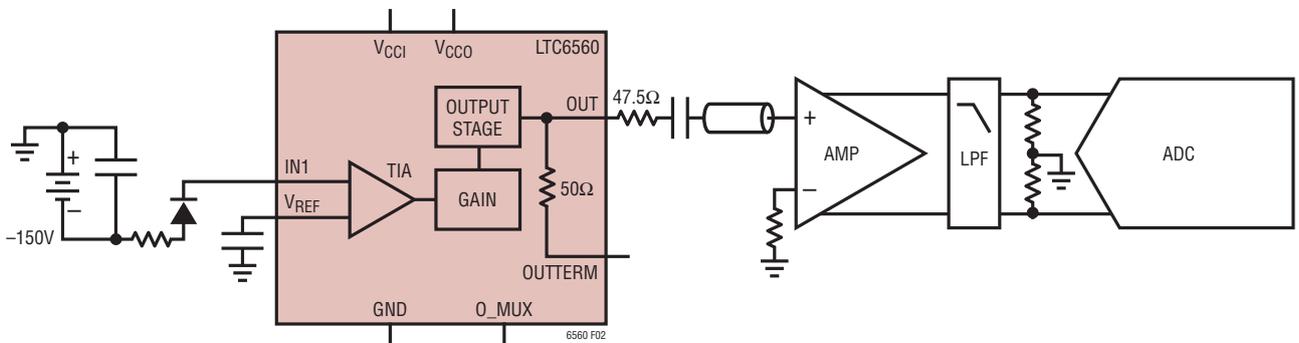


図2. 出力を ADC に接続した代表的なアプリケーション

## アプリケーション情報

### PCB レイアウト

LTC6560の電源ピンは入力用( $V_{CCI}$ )と出力用( $V_{CCO}$ )に分かれています。両方の電源ピンに1000pFと0.1 $\mu$ Fのコンデンサを接続してグラウンドにバイパスします。最善の動作を得るには、出力電源と入力電源を同じ電圧に設定します。

低入力ノイズを確保するため、LTC6560の $V_{REF}$ ピンとグラウンドとの間に小さなバイパス・コンデンサを内蔵しています。入力ノイズを可能な限り低くするため、高品質の0.1 $\mu$ Fセラミック・コンデンサを外付けして、 $V_{REF}$ ピンをグラウンドにバイパスします。このバイパス・コンデンサは、物理的に $V_{REF}$ ピンの近くに配置します。

### 入力に関する考慮事項: ACカップリングまたはDCカップリング

ダイナミック・レンジを最大限に広げるため、LTC6560の入力は負電流パルス(LTC6560から流れ出す電流)に制限されています。負電圧でバイアスされたAPDを使用する場合は、TIAの入力をカソードから直接取り出すことができます。正電圧でバイアスされたAPDを使用する場合、入力はAPDのカソードからACカップリングする必要があります。ACカップリングはO\_MUXの切替え時間が長くなるので推奨しません。LTC6560を選択しなかった場合(O\_MUXをハイに設定した場合)、入力電圧は0.9Vまで低下します。選択した場合、LTC6560は入力電圧が1.5Vに達するまで動作状態になりません。ACカップリング・コンデンサを使用すると、充電時間によってマルチプレクス動作の速度が低下します。これらの現象が起こるため、1000pF前後の小容量ACカップリング・コンデンサを推奨します。

標準的なSi APDは、正のバイアス時より負のバイアスの方が低容量になります。これに対してDCカップリングは、ダイナミック・レンジを縮小させる可能性がある周辺光またはAPDの暗電流に起因するDC電流が流れます。入力ネットワークを設計する場合には、これらの相反関係を検討してください。

### 出力に関する考慮事項

LTC6560の出力段は低インピーダンスのドライバです。50 $\Omega$ の環境でOUTピンを使用するときは、47.5 $\Omega$ の直列抵抗を追加して、50 $\Omega$ の伝送線路および機器に整合させる必要があります。OUTTERMピンを使用する場合は、47.5 $\Omega$ の抵抗が内蔵されているので、外付け部品は必要ありません。同時に使用するはいずれか一方の出力のみにしてください。シ

ングルエンド出力では、静止DC電圧は約1.0Vです。負荷が100 $\Omega$ 以上の場合、出力は3Vまで振ることができます。これは2V<sub>P-P</sub>の振幅と等価です。50 $\Omega$ の逆終端負荷を駆動する場合は、電圧の半分が直列の出力抵抗両端で降下するため、可能な振幅はわずか1V<sub>P-P</sub>です(図3)。50 $\Omega$ 以外の環境では、出力は400 $\Omega$ 未満の低インピーダンス負荷で終端する必要があります。出力を高インピーダンスのオシロスコープで直接測定すると、LTC6560のシンク電流能力には限りがあるので、出力の立下がりエッジが歪みます。出力をモニターする場合は、オシロスコープの入力終端抵抗を必ず50 $\Omega$ に設定してください。

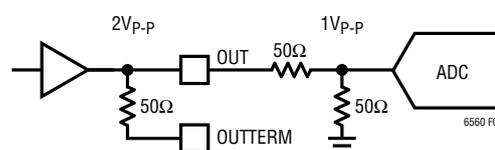


図3. 出力電圧振幅

### 出力のマルチプレクス動作

出力マルチプレクサ(O\_MUX)には、マスタ/スレーブ関係で動作する追加のLTC6560デバイスが1つ以上必要です。複数のLTC6560をマルチプレクスするには、出力でDC接続を共有する必要があります。O\_MUXピンをローにアサートすることで、1つのLTC6560出力を常に選択する必要があります。残りの出力をディスエーブルするには、他のO\_MUXピンをハイにします。選択されたLTC6560が実質的に他のLTC6560に命令します。40~50 $\Omega$ の直列抵抗の後に出力をDCカップリングすることを推奨します。こうすると、未選択の出力からの反射が制限されるからです。常に1つ以上のLTC6560出力が選択されている必要があります。

デフォルト・モードではO\_MUXはローであり、LTC6560の出力はイネーブルされています。1つのLTC6560しか存在しない場合は、O\_MUXピンをハイに設定してもマルチプレクス動作は実行されませんが、出力は入力から切り離されます。

### 入力容量

ほとんどのTIAと同様に、出力パルスの帯域幅と立上がり時間は入力容量と強い相関があります。狭いパルスを受け取るには、低容量のAPDセンサーを推奨します。同様に、入力ではパターン容量と寄生パッド容量を最小限に抑えてください。LTC6560の全てのグラフで、APDセンサー、パターン配線、寄生素子を含む全入力容量である $C_{IN,TOT}$ を参照し

## アプリケーション情報

ています。個々のLTC6560は、個々のAPDへの入力カップリングを短くすることやAPDアレイのソリューション・サイズを縮小することができます。

各TIA入力の内蔵保護回路は、強いオーバードライブ条件下でもLTC6560を保護できます。ほとんどのアプリケーション回路では、外付け保護ダイオードは必要ありません。保護ダイオードがあると、全入力容量が増加して、立上がり時間が長くなります。出力の立上がり時間は、次の関係を使用し、アンプの帯域幅から概算できます。

$$\text{Rise Time} = \frac{0.35}{\text{BW}}$$

全入力容量が0.5pFのAPDでは、立上がり時間の計算値が1.5nsになるので、幅が4nsより広いパルスに適しています。

全入力容量が4pFのAPDでは、立上がり時間の計算値が2.3nsになるので、幅が6nsより広いパルスに適しています。

### APDのバイアス供給

忠実度の高い出力を生成して、APDとTIAの両方を保護するためには、APDに適切なバイアスを印加することが鍵となります。前述したように、負電圧でバイアスされたAPDは、通常、入力容量が最小限に抑えられ、APDをTIAにDCカップリングすることができます。光学利得を安定状態に維持するには、APDのバイアスを温度補償します。最大電流を制限し、それによってAPDとTIAを損傷から保護するには、直列のクエンチング抵抗が必要です。標準的なAPDバイアス・ネットワークの例を図8に示します。負のバイアス入力から起動するので、物理的に大きな2つの10kΩ抵抗が消費するパルス電力が最大になります。これらは1nFのコンデンサでデカップリングされています。APDの近くでは、第2の小クエンチング抵抗50Ωが2つの0.047μFコンデンサによってデカップリングされています。この小クエンチング抵抗は、大きな光入力パルスに起因する高スルー・レート時にリングングを特に減衰する役割を果たします。APDのバイアス電圧は200Vを超えることがあるので、全てのコンデンサの定格は高電圧対応である必要があります。

### LTC6560のダイナミック・レンジの劇的な向上

LTC6560は、出力振幅をモニタリングしているとき、30μAの線形入力範囲を備えています。パルス幅をモニタリングすることにより、入力電流を正確に測定できる範囲を劇的に向上できます。測定範囲を30μAから3mA以上に増やすことができます。電流測定範囲にして100倍の向上です。入力電流が直線範囲を超えるのに伴って、出力パルスの振幅は飽和します。飽和状態では、パルス幅の広がり方は予測可能で単調なものになります(図5)。

パルス幅の単調増加性は、DC2807評価用ボードを使用して実証できます。高速の電流パルス・ジェネレータは入手が困難なので、この評価用ボードでは、2kの直列抵抗を使用して電圧パルスを電流パルスに変換しています。電圧源を使用して、TIAの入力で既知数の電流パルスが生成されるように、入力を50Ωで終端しています(図4)。TIAのパルス入力電流を2.8μAから3mAまで掃引することにより、電流が30μAの線形入力範囲を超えるとパルスの幅が広がることが分かります(図5)。

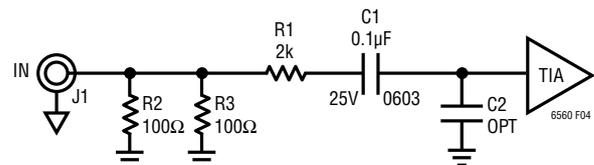


図4.

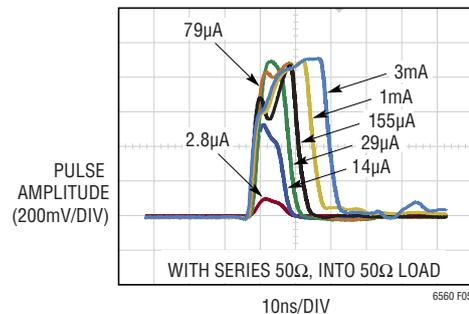


図5. 全入力電流範囲での出力パルス

## アプリケーション情報

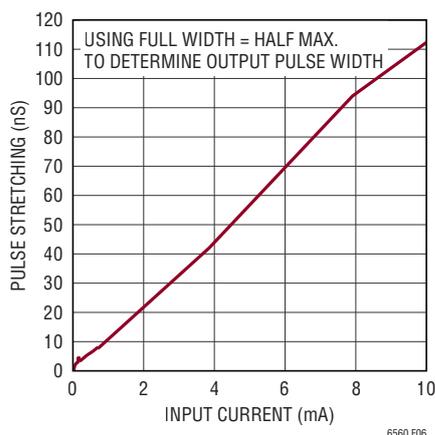


図6. パルス・ストレッチ (T = 25°C、FWHM 使用)

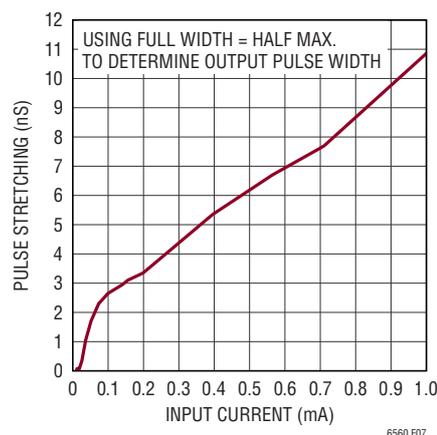


図7. パルス・ストレッチの詳細 (T = 25°C、FWHM 使用)

図6にパルス幅ストレッチ(出力応答のパルス幅 – 入力パルス幅)を示します。ストレッチの値は入力電流に正比例することが分かります。30 $\mu$ Aの飽和点より低くなると、パルス・ストレッチの値は0まで低下します。ここでは、単純なFWHM(半値全幅)基準を使用してパルス幅を規定しました。パルス幅は最大振幅の半分、通常は0.45V前後になります。パルス・エッジがADCまたはTDCによって正確に取り込まれることを前提に、より高度なアルゴリズムを使用して精度を高めることができます。低入力電流範囲を詳しく描写したパルス・ストレッチ対入力電流のグラフを図7に示します。

前の例では、電気的な励起を使用しました。理由は、目的のパルスを乱さずにAPDの入力パルス電流を測定するのが困難なためです。また、LTC6560のパルス・ストレッチは、光入力レベルが低レベルから中レベルのときは、DC2803光評価用ボードを使用して実証されています。光パルスがAPDに当たっている間に発生した電流を独立して測定するのはかなり困難です。測定装置に寄生素子があると、実際のパルス入力には悪化します。図8を参照すると、APDに電力を供給している直列抵抗R48の両端にバランを使用すれば、レーザー入力パワーが中程度の場合はTIAに流れ込むAPD電流を単独で測定できます。このAPD電流をパルス・ストレッチに

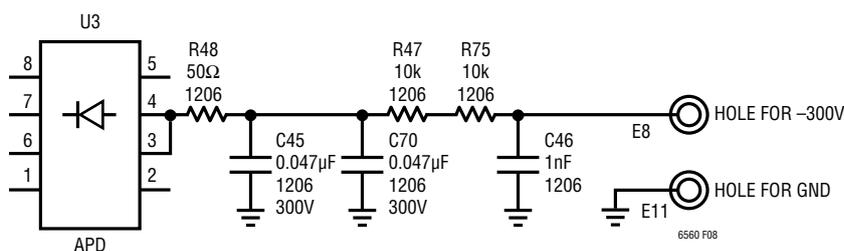


図8. 標準的なAPDバイアス回路

## アプリケーション情報

対してプロットすると、この場合も中程度の照度ではほぼ直線の関係があることが分かります。

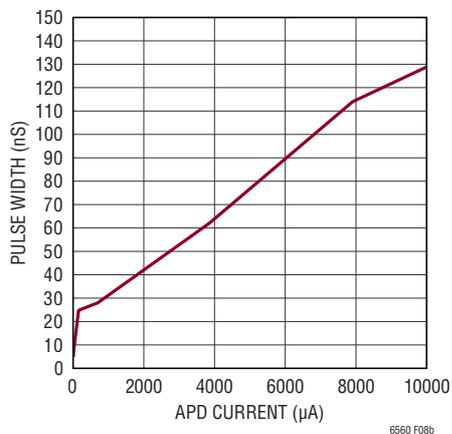


図9. パルス幅とAPD電流(光学的測定)

光入力パワー・レベルが高い場合は、バランによってAPD入力電流パルスが劣化します。光入力が高い環境では、DC2803光評価用回路にバランを接続しないで特性評価を行いました。補正済みのレーザー発生源を使用した場合は、レーザーの電力レベルが極めて高い50Wであってもパルス・ス

トレッチが続くことが分かります。照度レベルが高くなると、入力電流とパルス・ストレッチの関係が完全には直線になりませんが(図10)、これらの高い光パワー・レベルを測定できる可能性はあります。光学利得はAPD逆方向バイアス、温度、およびAPDの選択と強い相関があるので、パルス・ストレッチに対する光入力パワーのキャリブレーションを実行してください。

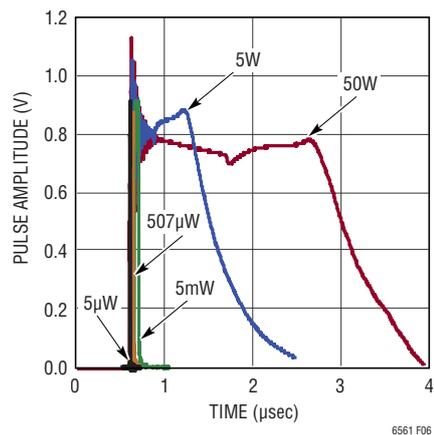


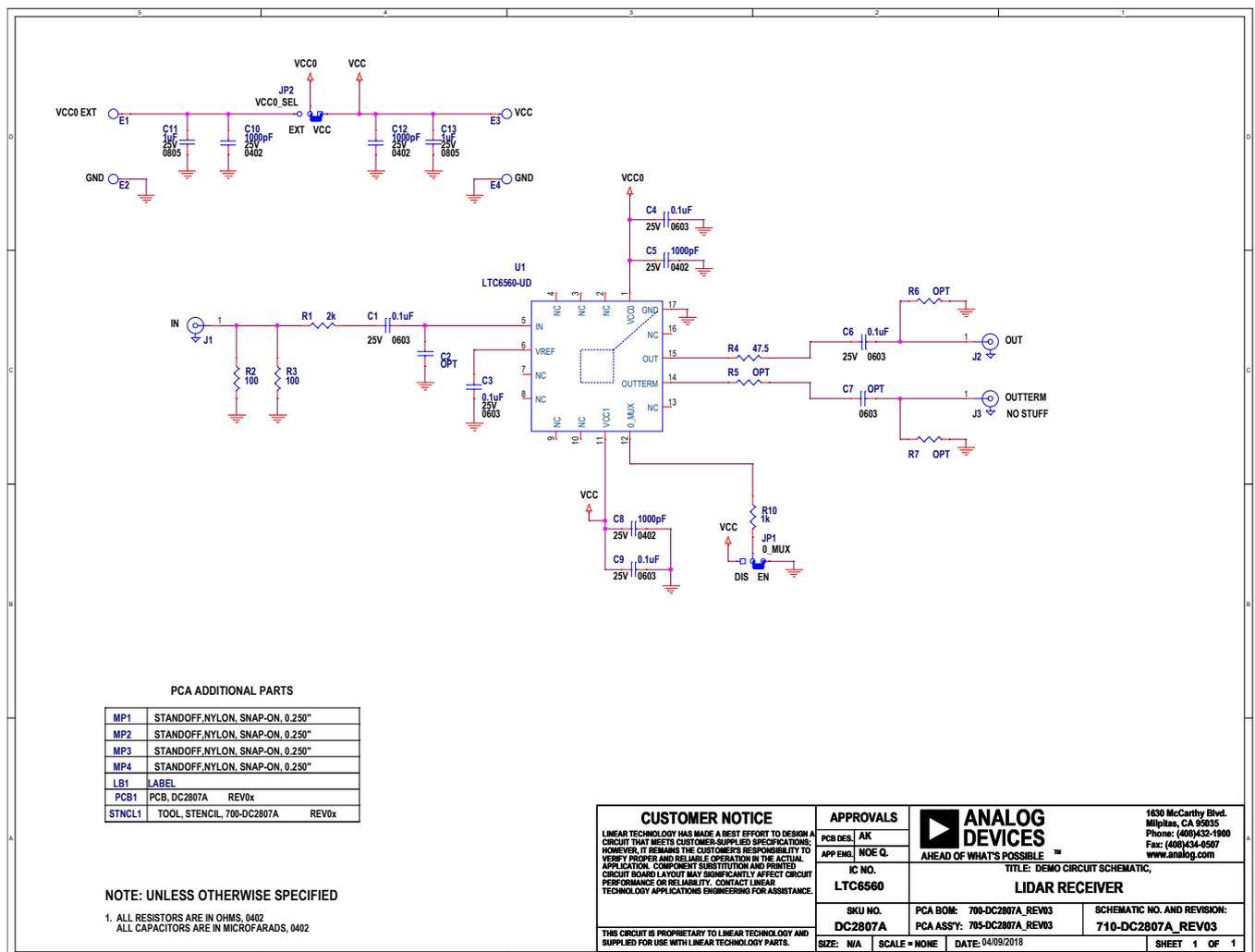
図10. パルス幅と高い光パワー入力

## アプリケーション情報

評価用ボードDC2807Aでは、TIAへの電流入力を発生する電圧源を使用して電気的評価を行うことができます。2kの直列抵抗が、電圧パルス発生器からの電圧をTIAの入力で電流パルスに変換します。また、このボードは50Ωのテスト装置とも互換性があります。



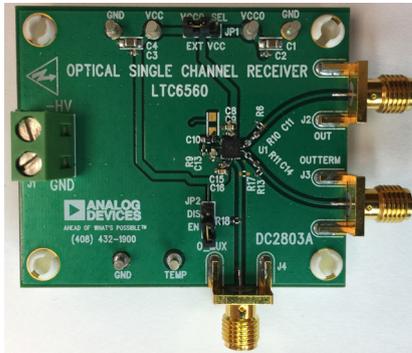
図11. DC2807Aシングル・チャンネル電気的評価用ボード



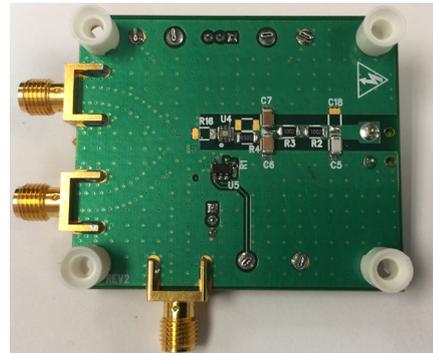
## アプリケーション情報

評価用ボードDC2803Aでは、レーザ発生源を使用して電氣的評価を行うことができます。基板に実装されたAPDが光パルスを電流パルスに変換し、更にLTC6560が出力電圧に

変換します。DC2803を使用すると、探知装置やその他の光駆動アプリケーションと非常によく似てきます。

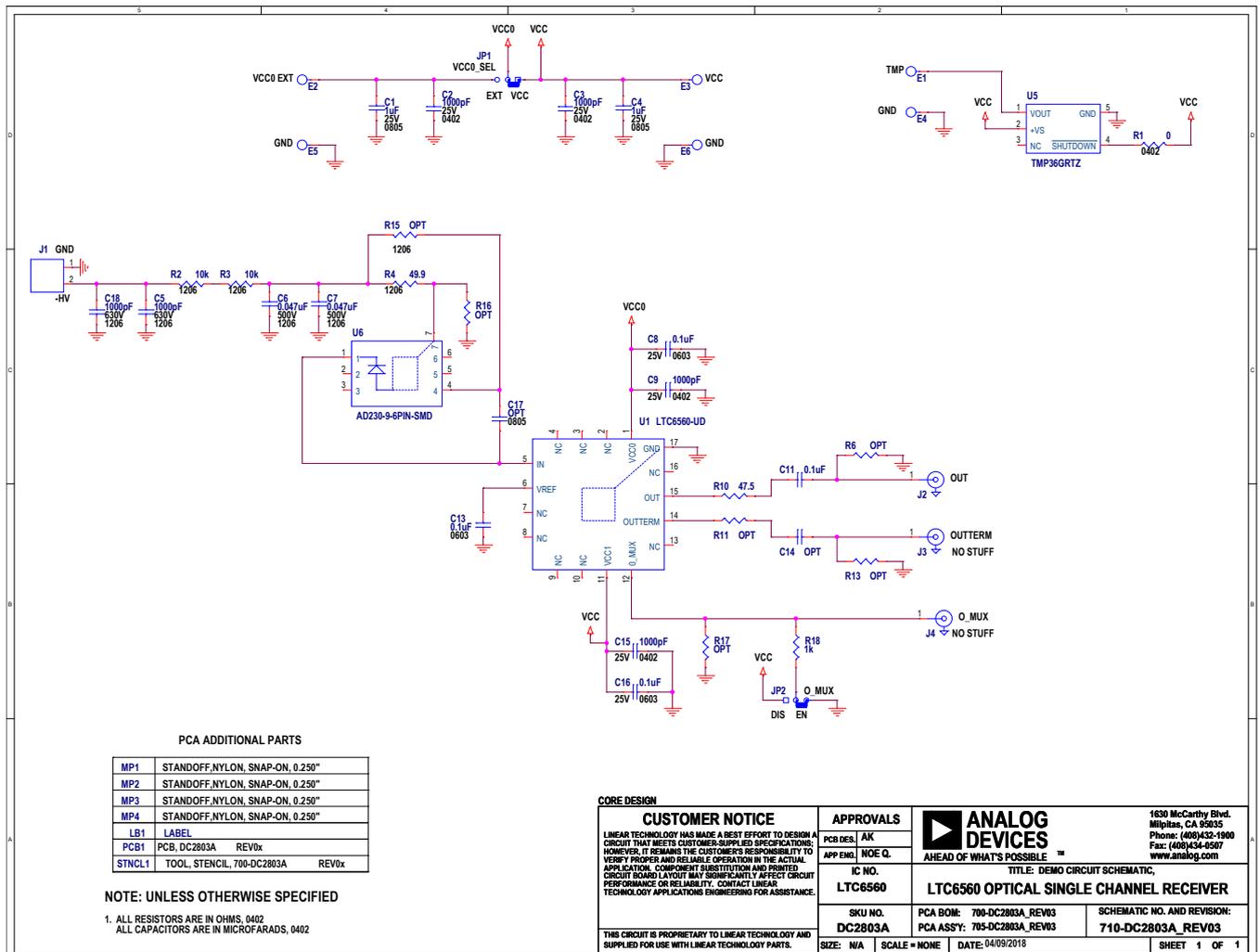


DC2803A 正面



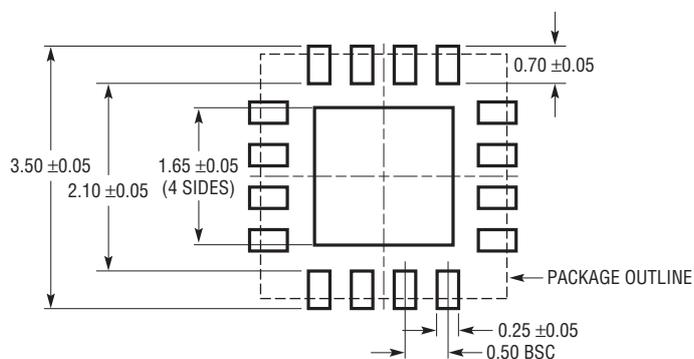
DC2803A 裏面

図 12. DC2803A: 光学的評価用のシングル・チャンネル・デモ回路

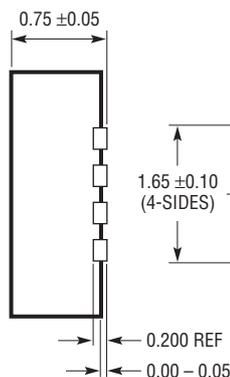
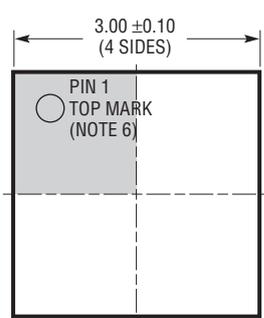


## パッケージ

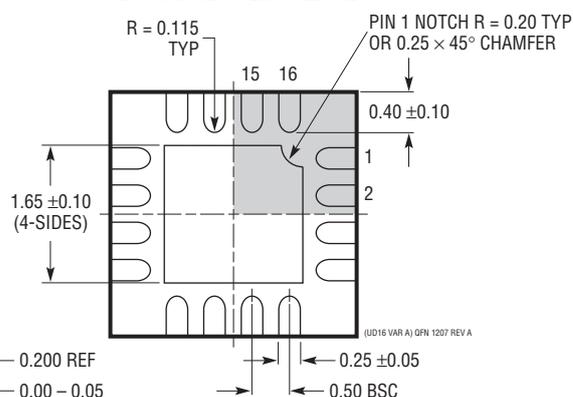
**UD Package**  
**16-Lead Plastic QFN (3mm × 3mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1700 Rev A)  
**Exposed Pad Variation AA**



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



BOTTOM VIEW—EXPOSED PAD

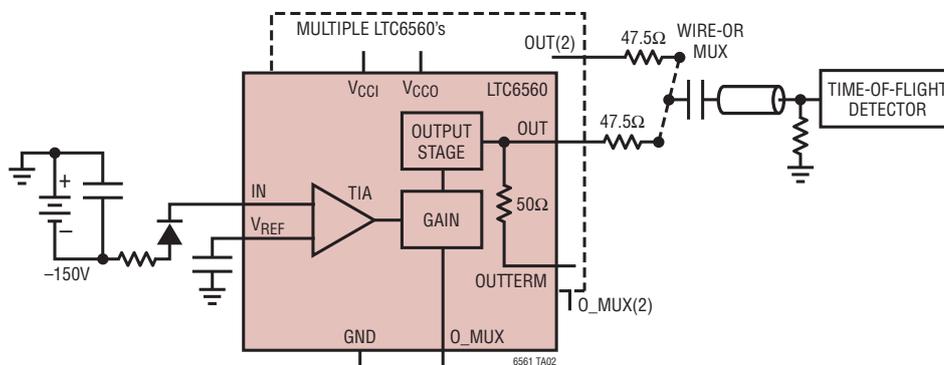


## 注記:

1. 図面は JEDEC のパッケージ外形 MO-220 のバリエーション (WEED-4) に適合
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まない。  
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

## 代表的なアプリケーション

## マルチプレクスされた出力を使用する代表的なアプリケーション



## 関連製品

| 製品番号   | 説明   | 注釈                           |
|--|--|------------------------------|
| <a href="#">LTC6561</a>                      | 出力マルチプレクサ機能を備えた4チャンネル、220MHz、74kのTIA                     | LTC6560の4チャンネル・バージョン         |
| <a href="#">LTC6268</a>                      | 超低バイアス電流の500MHz FET入力オペアンプ                               |                              |
| <a href="#">LTC6268-10</a>                   | 超低バイアス電流の4GHz FET入力オペアンプ                                 | LTC6268の非補償バージョン             |
| <a href="#">LTC6244</a>                      | デュアル50MHz、低ノイズ、レールtoレールCMOSオペアンプ                         |                              |
| <a href="#">LTC6240/<br/>LTC6241/LTC6242</a> | シングル/デュアル/クワッド18MHz、低ノイズ、レールtoレール出力CMOSオペアンプ             |                              |
| <a href="#">LTC6409</a>                      | 帯域幅10GHz、 $1.1\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ の差動アンプ/ADCドライバ |                              |
| <a href="#">ADA4930-1</a>                    | 低電圧ADC用超低ノイズ・ドライバ  | スルー・レート:2800V/ $\mu\text{s}$ |
| <a href="#">ADA4938-1</a>                    | 超低歪み差動ADCドライバ  | スルー・レート:4700V/ $\mu\text{s}$ |
| <a href="#">ADA4939-1</a>                    | 超低歪み差動ADCドライバ  | スルー・レート:6800V/ $\mu\text{s}$ |
| <a href="#">AD9694</a>                       | クワッド、14ビット、500MSPS、1.2V/2.5V ADC                         | JESD204B                     |
| <a href="#">AD9695-625</a>                   | 14ビット、1300MSPS/625MSPS、JESD204B対応のデュアルADC                | JESD204B                     |
| <a href="#">HMCAD1511</a>                    | 高速マルチモード8ビット1GSPS A/Dコンバータ                               | シリアル低電圧差動伝送                  |
| <a href="#">LT8331</a>                       | DC/DC昇圧コンバータ   | 140Vスイッチ内蔵                   |
| <a href="#">LT3757</a>                       | DC/DC昇圧コントローラ  | 入力電圧2.9V~40V                 |