

# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

## 概要

MAX3970は、10Gbps光レシーバ用に最適化されたコンパクトな低電力トランスインピーダンスアンプ(TIA)です。このTIAは50Ωの差動CML出力でトランスインピーダンス590V/Aを提供します。MAX3970は標準入力換算ノイズが1.1μAで、高速フォトダイオードとカップリングされた場合に感度が-18dBm、入力オーバーロードが+2mAとなっています。受信信号強度インジケータ(RSSI)によって、光学アセンブリが簡易化されます。本回路は+3.3V単一電源で動作し、ジャンクション温度範囲は0 ~+110 です。

## 特長

- ◆ 電力消費：150mW(+3.3V電源)
- ◆ RMSノイズ：1.1μA(感度-18dBm)
- ◆ 帯域幅：9GHz
- ◆ 入力オーバーロード：2mA<sub>P-P</sub>
- ◆ 受信信号強度表示
- ◆ 標準ジッタ発生：8ps<sub>P-P</sub>(入力電流1.3mA<sub>P-P</sub>)
- ◆ トランスインピーダンス：590V/A

## アプリケーション

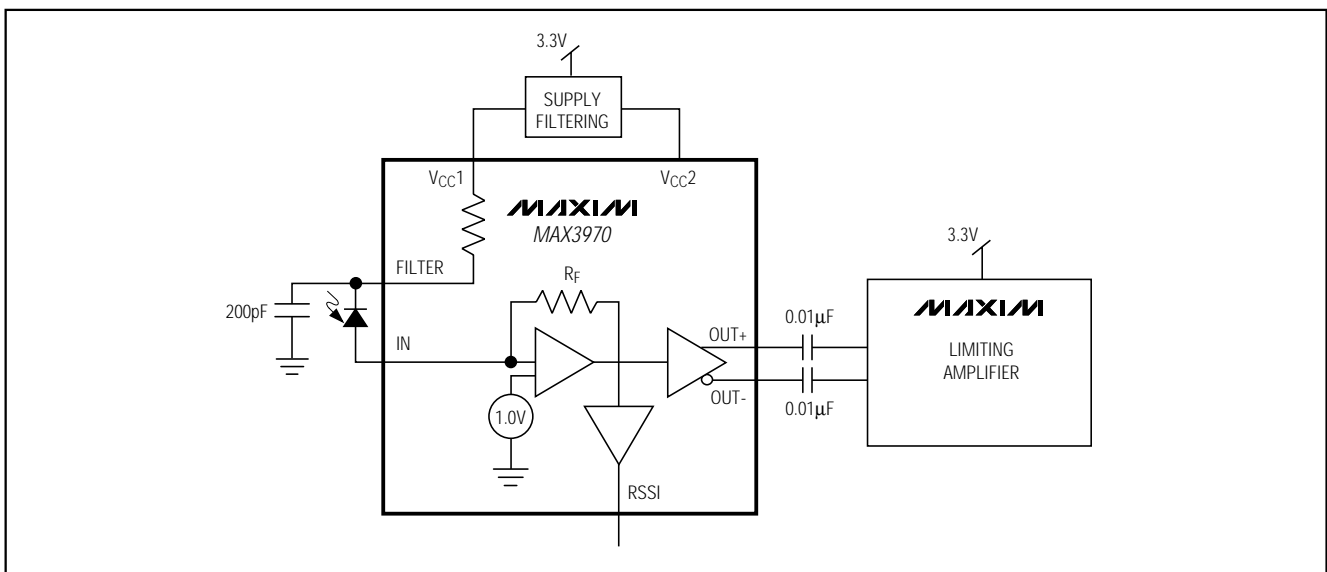
- 10.3Gbpsイーサネット光レシーバ
- OC-192 VSR光レシーバ
- ファイバチャネル光レシーバ

## 型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX3970U/D	0°C to +85°C	Dice

**Note:** Dice are designed to operate over a 0°C to +110°C junction temperature ( $T_J$ ) range, but are tested and guaranteed at  $T_A = +25^\circ\text{C}$ .

## 標準動作回路



# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Terminal Voltage	Operating Junction Temperature Range .....	-40°C to +125°C
Voltage V <sub>CC1</sub> and V <sub>CC2</sub> .....	Storage Temperature Range .....	-60°C to +150°C
Voltage at FILTER .....	Die Attach Process Temperature .....	+400°C
Voltage at OUT+, OUT-, RSSI .....		
Input Current		
IN, TEST .....		-5mA to +5mA

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = +3.0V to +3.6V, output loads = 50Ω to V<sub>CC</sub>, T<sub>J</sub> = 0°C to +110°C. Typical values are at V<sub>CC</sub> = +3.3V, C<sub>IN</sub> = 0.25pF, L<sub>IN</sub> = 1.7nH, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	I <sub>CC</sub>			46	62	mA
Maximum DC Input Current	I <sub>IN-MAX</sub>		1.6			mA
Input Linear Range		0.95 < Linearity < 1.05	100	130		μAp-p
Input Referred RMS Noise	i <sub>n</sub>	f = 7.5GHz (Note 2)		1.1	1.45	μA
		f = 10GHz (Note 2)		1.1	1.45	
Input Referred Noise Density		f = 10GHz (Note 2)		11		pA/ (Hz) <sup>1/2</sup>
Output Resistance (per side)	R <sub>OUT</sub>		43	50	58	Ω
Small Signal Transimpedance	Z <sub>21</sub>	Differential output 10μAp-p < Input < 100μAp-p	340	590	730	Ω
Small Signal Bandwidth	BW		7.4	9	13.2	GHz
Low Frequency Cut-Off				70	150	kHz
Deterministic Jitter	DJ	I <sub>IN</sub> < 1.3mA		8		psp-p
		I <sub>IN</sub> = 2.0mA		16	22	
Input Bias Voltage	V <sub>IN</sub>			0.9	0.96	V
RSSI Gain		I <sub>IN</sub> = 100μA to 1mA	900	1200	1500	V/A
		I <sub>IN</sub> = 10μA to 100μA	1200	1800	3000	
RSSI Bandwidth			10	70		kHz
Photodiode Filter Resistance	R <sub>FILTER</sub>		330	410	500	Ω
Maximum Differential Output Voltage	V <sub>OD-MAX</sub>	Input = 1mAp-p	350	470	700	mVp-p

**Note 1:** AC characteristics are guaranteed by design and characterization.

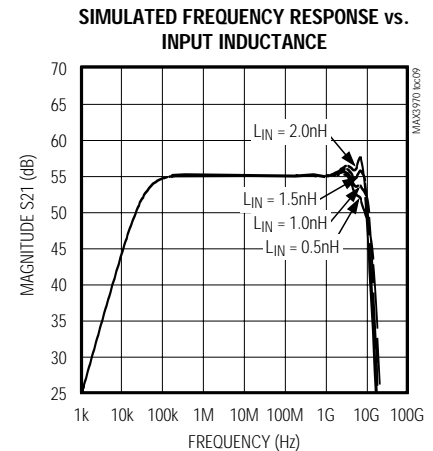
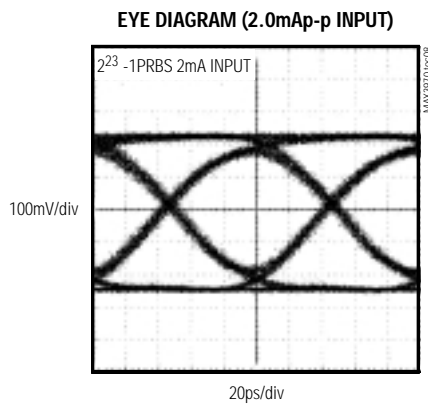
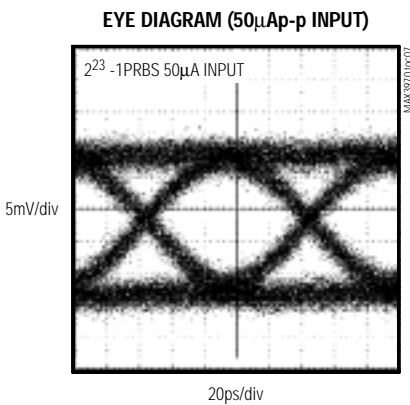
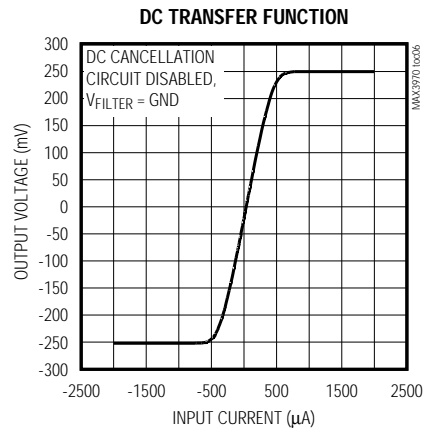
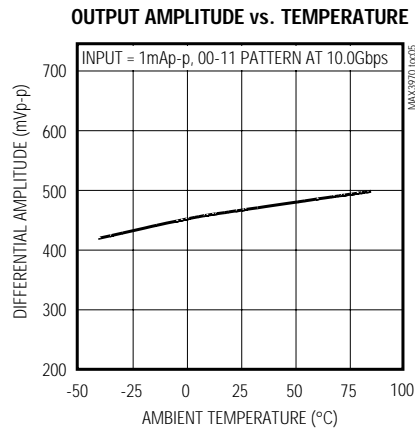
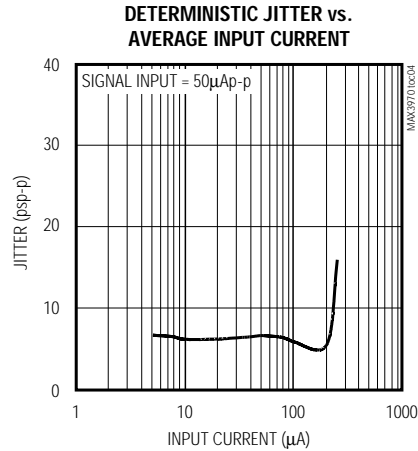
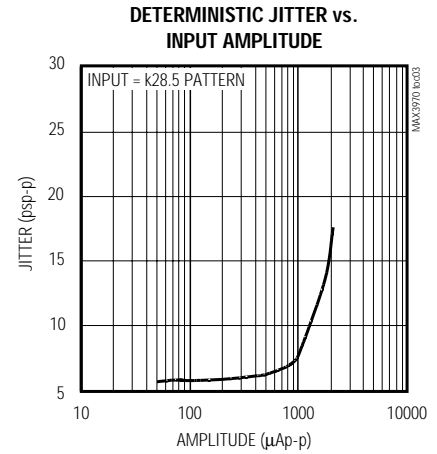
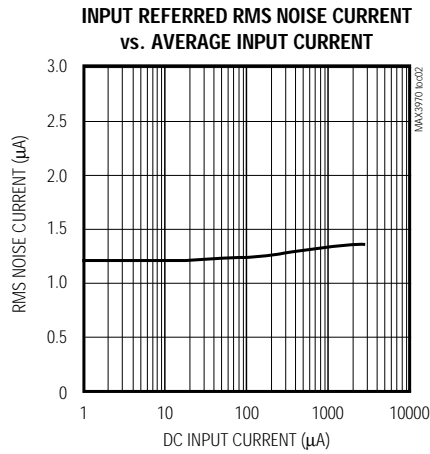
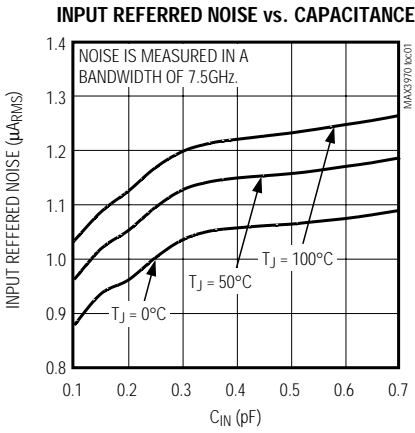
**Note 2:** Input Referred Noise is calculated as RMS Output Noise / (Gain at f = 10MHz). Noise Density is (Input-Referred Noise) / √bandwidth. Noise measurements are made using 4-pole Bessel filters.

# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

## 標準動作特性

( $V_{CC} = +3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , input bondwire inductance = 1.0nH, unless otherwise noted.  $C_{IN}$  is total source capacitance to die. All measurements made on MAX3970 EV Kit.)



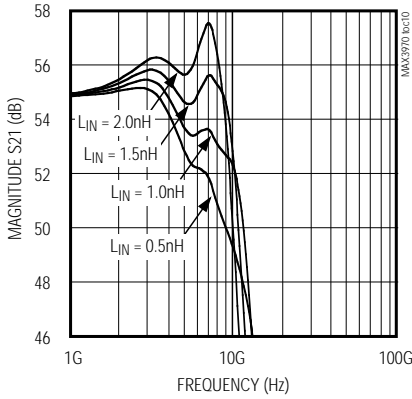
# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

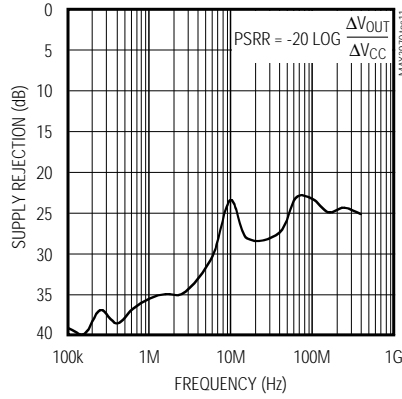
## 標準動作特性(続き)

( $V_{CC} = +3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , input bondwire inductance = 1.0nH, unless otherwise noted.  $C_{IN}$  is total source capacitance to die. All measurements made on MAX3970 EV Kit.)

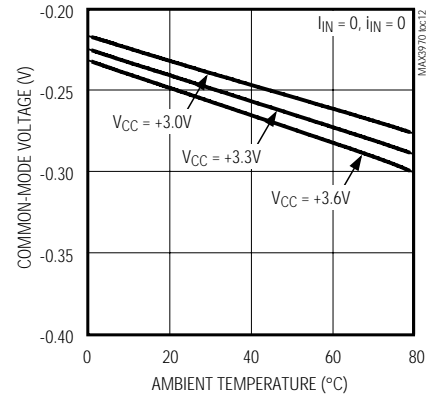
**SIMULATED FREQUENCY RESPONSE vs. INPUT INDUCTANCE**



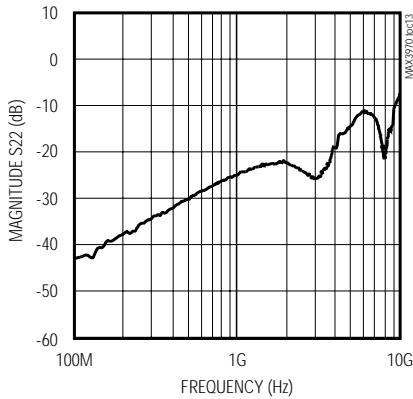
**POWER SUPPLY REJECTION RATIO vs. FREQUENCY**



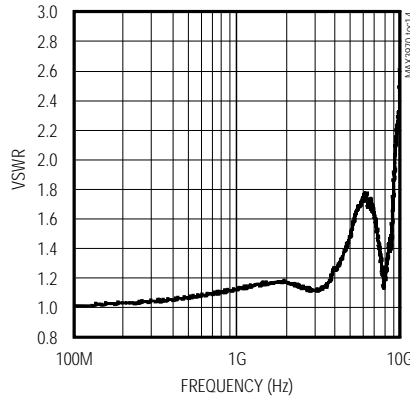
**OUTPUT COMMON-MODE VOLTAGE (REFERENCED TO  $V_{CC}$ ) vs. TEMPERATURE**



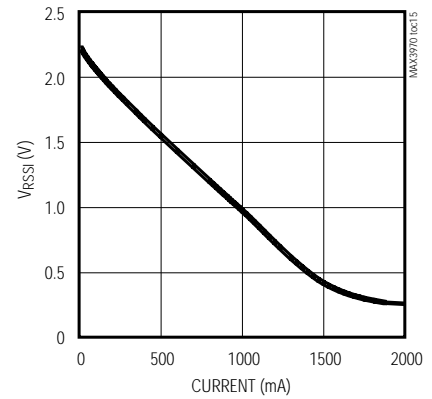
**S22 vs. FREQUENCY**



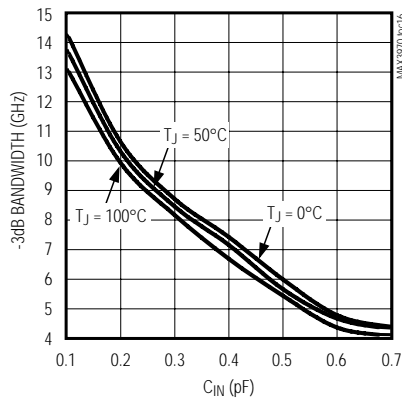
**OUTPUT VSWR (DIFFERENTIAL)**



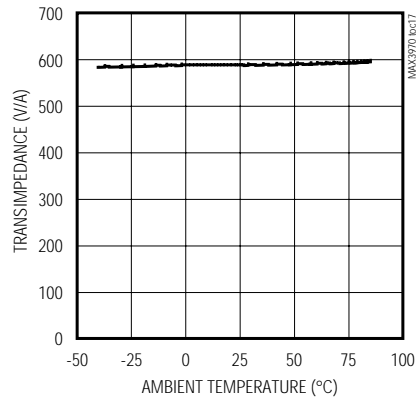
**RSSI OUTPUT VOLTAGE vs. AVERAGE INPUT CURRENT**



**SIMULATED SMALL SIGNAL BANDWIDTH vs. CAPACITANCE**



**SMALL SIGNAL TRANSIMPEDANCE vs. TEMPERATURE**



# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

## 端子説明

端子	名称	機能
BP1, BP2, BP18	V <sub>CC1</sub>	電源。入力回路に電源電圧を供給し、内部410Ω抵抗を通じてフォトダイオードにバイアスを提供します。
BP3	FILTER	V <sub>CC1</sub> に410Ω抵抗を通じて接続することにより、フォトダイオードのバイアス電圧を提供します。このピンが接地されると、DCキャンセル回路がディセーブルされて、テスト用にINからOUT+及びOUT-へのDC経路が形成されます。
BP4	TEST	テストパッド。このパッドは1kΩ抵抗を通じてINに接続されています。
BP5	IN	アンプ入力。フォトダイオード入力電流を受け取ります。
BP6, BP7	GND1	グランド
BP8, BP9	GND2	グランド
BP10, BP13	GND3	グランド
BP11	OUT-	負CML出力。INに流れ込む電流により、OUT-が減少します。
BP12	OUT+	正CML出力。INに流れ込む電流により、OUT+が増加します。
BP14, BP15, BP16	V <sub>CC2</sub>	電源。出力バッファの電源電圧を供給します。
BP17	RSSI	受信信号強度インジケータ。このピンはDC入力電流に比例する電圧を提供します。アッセンブリ中にこの出力を監視することにより、フォトダイオードと光学系の相対位置を最適化することができます。

## 詳細

MAX3970トランスインピーダンスアンプは、10Gbps光ファイバレーザ用に最適化されています。図1にMAX3970のファンクションダイアグラムを示します。MAX3970はトランスインピーダンスアンプ、電圧アンプ、出力バッファ、受信信号強度インジケータ及びDCキャンセル回路から成っています。

### トランスインピーダンスアンプ

フォトダイオードの信号電流は高利得アンプのサミングノードに流れ込みます。R<sub>F</sub>を通じたシャントフィードバックにより、この電流が電圧に変換されます。この時の利得は約400Ωです。入力電流が大きい場合は、ショットキダイオードが出力電圧をクランプします(図2を参照)。

### 電圧アンプ

電圧アンプはシングルエンド信号を差動信号に変換し、約4dBの電圧利得を与えます。

### 出力バッファ

出力バッファはOUT+とOUT-の間で100Ωの差動負荷を駆動するように設計されています。短絡保護回路はありますが、この段はグランドへの50Ω負荷を駆動しません。適正動作のためには、負荷をACカップリングする必要があります。大信号に対しては、出力バッファが制限された500mV<sub>p-p</sub>の差動出力電圧を生成します。

電源ノイズを最大限に除去するため、MAX3970は差動で終端処理して下さい。シングルエンド出力の

場合は、使用する出力と使用しない出力を同様に終端処理して下さい。

### DCキャンセル回路

DCキャンセル回路は入力信号をトランスインピーダンスアンプのリニア範囲にセンタリングします(図3)。低周波フィードバックをかけることによって、入力信号のDC成分を除去します。

DCキャンセル回路は内部で補償されているため、外付コンデンサを必要としません。この回路はデータシーケンスのマーク密度が50%の時、パルス幅歪みを最小限に抑えます。マーク密度が50%から大きくずれている場合には、MAX3970はパルス幅歪みを発生します。

### 受信信号強度インジケータ

受信信号強度インジケータ(RSSI)はDC入力電流に比例する電圧を提供します。RSSI回路は10kΩ負荷を駆動するように設計されており、アッセンブリ工程でフォトダイオードのアラインメントを最適化するために使用されます。RSSI回路の応答時間はDCキャンセル回路内のローパスフィルタによって決まります。

## 設計手順

### 電源

MAX3970は広帯域電源デカップリングを必要とします。50kHz~10GHzの周波数範囲にわたってV<sub>CC</sub>とグランドの間に低インピーダンスを提供する電源バイパスが必要

# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

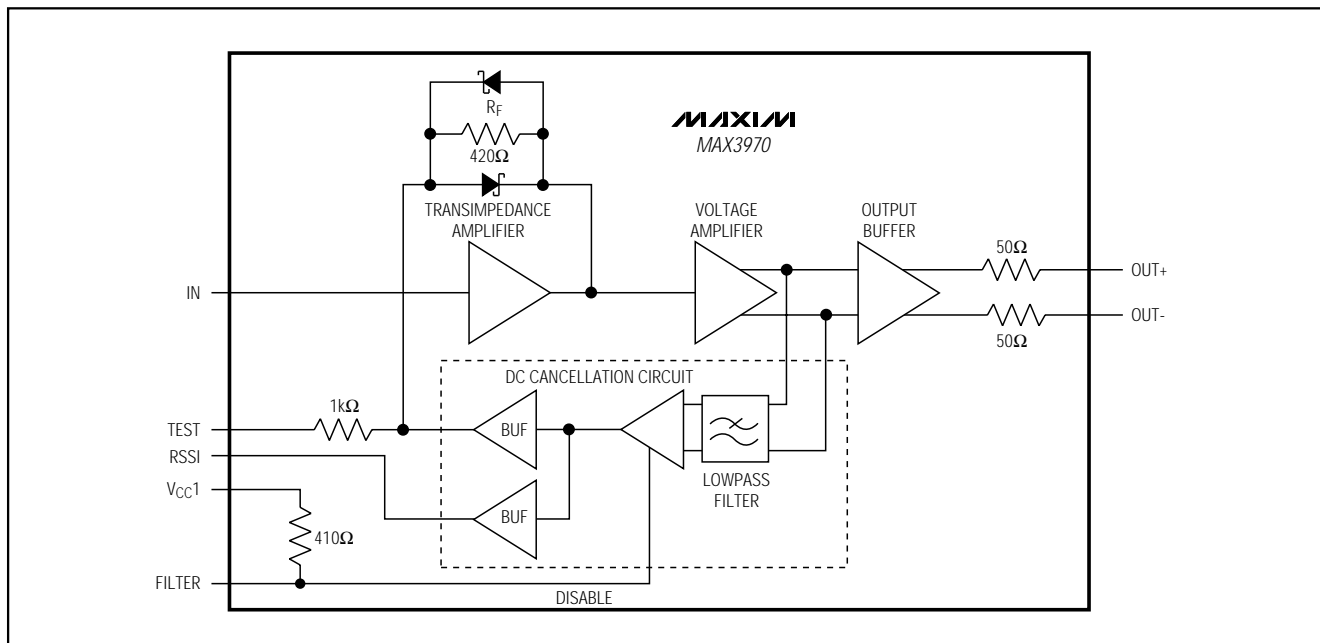


図1. ファンクションダイアグラム

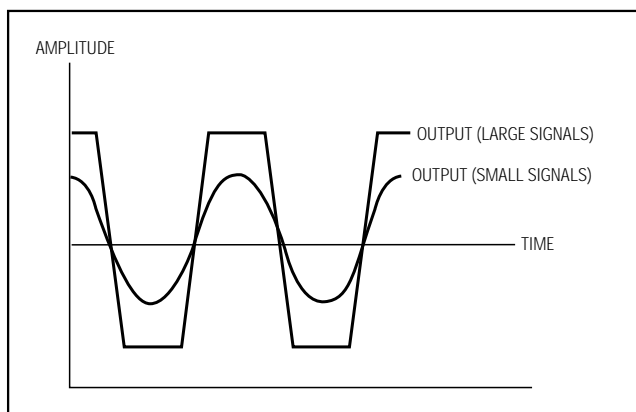


図2. MAX3970の制限付出力

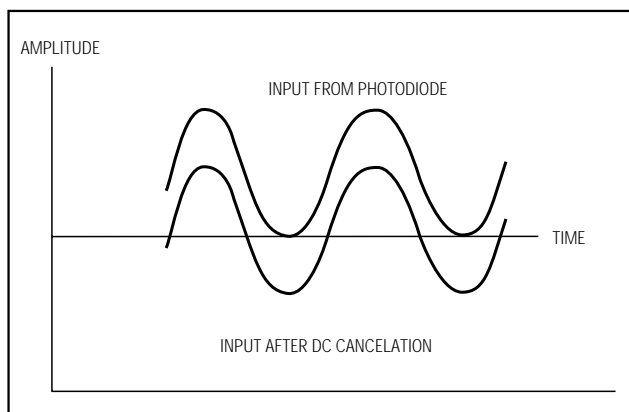


図3. DCキャンセルが入力信号に与える効果

です。主電源端子においてLCフィルタリングを行い、チップの直近にデカップリングコンデンサを取付けて下さい。

## フォトダイオードフィルタ

フォトダイオードのカソードにおける電源ノイズが  $I = C_{PD} \cdot V / t$  を生成してレシーバ感度を低下させます ( $C_{PD}$ はフォトダイオードの容量です)。MAX3970はフォトダイオードのノイズ電流を低減し、レシーバ感度を高めるためにローパスフィルタを内蔵しています。

FILTERパッドとグラウンドの間に外付コンデンサを接続することで、このノイズを更に低減することができます(「標準アプリケーション回路」を参照)。電源ノイズ電圧によって生成された電流はフィルタ容量とフォトダイオード容量の間で分割されます。フィルタ容量の方がフォトダイオードの容量よりもずっと大きいと仮定すると、電源ノイズに起因する入力ノイズ電流は次式で与えられます。

$$I_{NOISE} = (V_{NOISE})(C_{PD}) / (R_{FILTER})(C_{FILTER})$$

# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

ここで、 $C_{FILTER}$ は外付容量と内部22pFコンデンサの和です。ノイズの許容度が分かっている場合は、フィルタコンデンサを簡単に選択することができます。

$$C_{FILTER} = (V_{NOISE})(C_{PD}) / (R_{FILTER})(I_{NOISE})$$

例えば、最大ノイズ電圧 = 100mV<sub>p-p</sub>、 $C_{PD} = 0.25\text{pF}$  及び  $R_{FILTER} = 410\Omega$  とし、 $I_{NOISE}$  には 300nA (MAX3970の入力ノイズの1/4)を選択した場合、以下ようになります。

$C_{FILTER} = (100\text{mV})(0.25\text{pF}) / (410\Omega)(300\text{nA}) \approx 200\text{pF}$   
従って、必要な外付フィルタ容量は  $200\text{pF} - 22\text{pF} = 178\text{pF}$  です。

## ワイヤボンディング

MAX3970は電流密度及び信頼性を高めるために金メタライゼーションを行っています。チップへの接続は金ワイヤでのみ行って下さい。アルミボンディングは推奨されていません。チップの厚さは標準0.203mm (8mil)です。最高の性能を得るために、フォトダイオードとINパッドの間のボンドワイヤインダクタンスを最適化することができます。インダクタンスが大きければ場合は帯域幅が向上し、ボンドワイヤインダクタンスが小さい場合は時間領域のリングングが低減します。「標準動作特性」の「Frequency Response vs. Input Inductance」の図を参照して下さい。最高の性能を発揮させるため、その他全てのパッドのボンドワイヤは出来る限り短く (< 0.76mm (30mil))して下さい。

MAX3970は電源接続部を2つ( $V_{CC1}$ 及び $V_{CC2}$ )及びグランド接続を3つ(GND1、GND2及びGND3)持っています。マキシム社は全ての電源及びグランドパッドを

接続することを推奨しています。各部分から少なくとも1つのパッドに接続して下さい。MAX3970チップの裏側は完全に絶縁されているため、 $V_{CC}$ やグランドに接続するか、あるいはフローティングのまま残しても構いません。

## 入力容量

「標準動作回路」の「Input Referred Noise vs. Capacitance」及び「Small Signal Bandwidth vs. Capacitance」に示されているように、MAX3970の入力ノードの容量はノイズ及び帯域幅に悪影響を与えます。適切な技法で入力容量を最小限に抑えるようにして下さい。

## 出力カップリングコンデンサ

出力カップリングコンデンサは50kHz～10GHzの周波数範囲で低インピーダンスになるようにして下さい。カップリングコンデンサの選択の詳細については、マキシム社のホームページのHFAN1.1、「Choosing AC-Coupling Capacitors」にリンクして下さい。

## アプリケーション情報

### インタフェース方式

図4～7にMAX3970のインタフェースパッドを示します。内蔵50Ωプルアップ抵抗により、逆終端処理が提供されています。

### 光パワーの関係式

MAX3970の仕様の多くは入力信号振幅に関係しています。光ファイバレシーバを使用している場合、入力

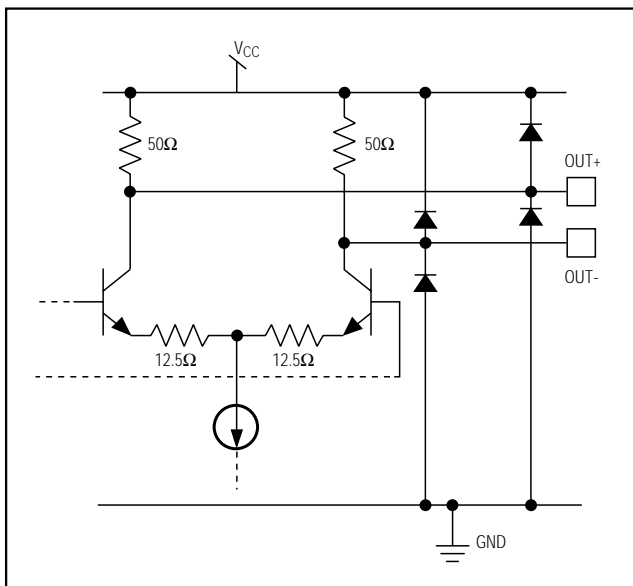


図4. OUTパッド

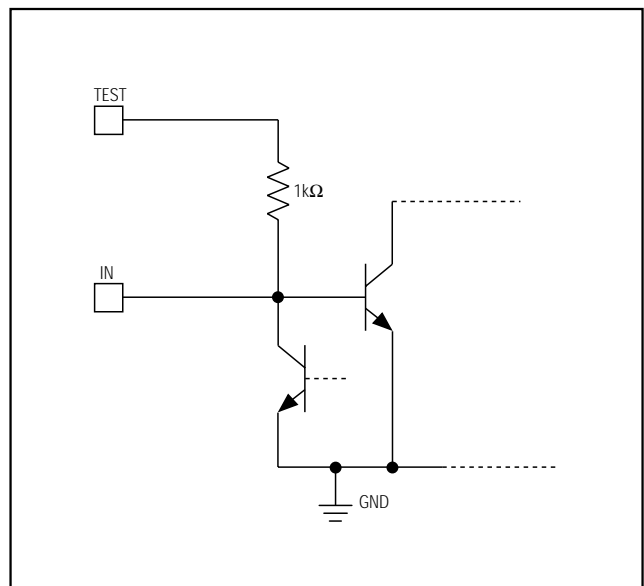


図5. IN及びTESTパッド

# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

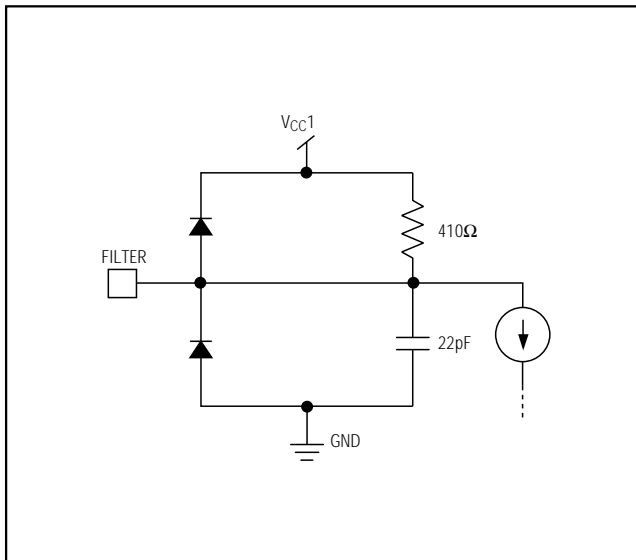


図6. FILTERパッド

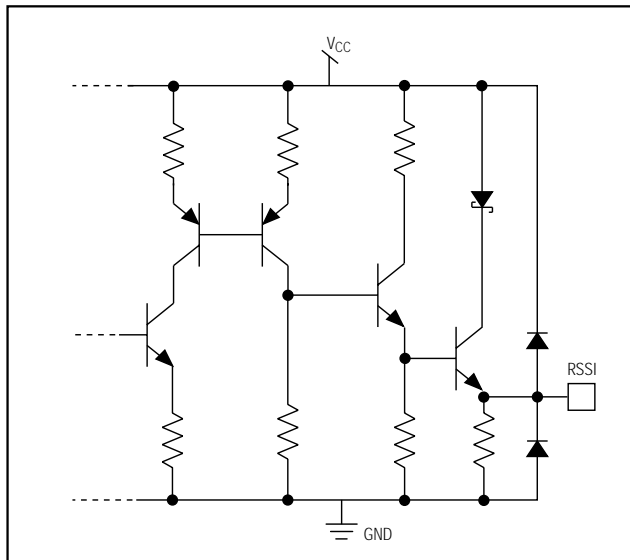


図7. RSSIパッド

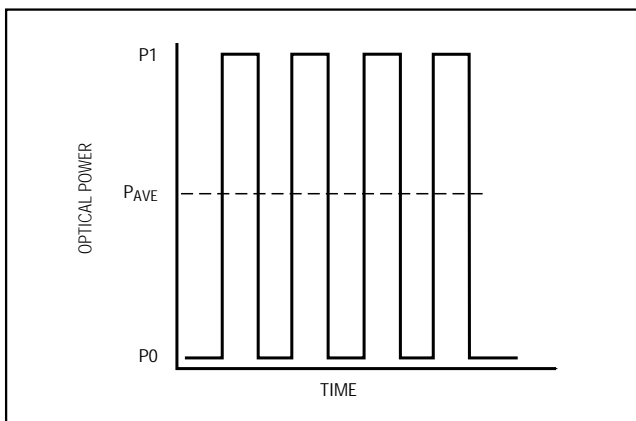


図8. 光パワーの関係

は通常平均光パワー及び消光比によって表現されます。MAX3970を使用する設計を行う場合には、図8に示す関係を使用して光パワーを光変調振幅に変換することができます。

平均マーク密度50%、平均デューティサイクル50%の時の光パワーの関係式を表1に示します。

## 光感度の計算

MAX3970の入力換算RMSノイズ電流( $i_n$ )がレシーバの感度をほぼ決定します。システムのビットエラーレート(BER)として $10^{-12}$ を達成するには、信号対雑音比が常に14.1を超えている必要があります。平均パワーとして表現された入力感度の推定値は次式で与えられます。

$$\text{感度} = 10 \log \left( \frac{14.1 \times i_n \times (r_e + 1)}{2 \times \rho \times (r_e - 1)} \times 1000 \right) \text{dBm}$$

ここで $\rho$ はフォトダイオードの受光感度(A/W単位)です。

## 入力光オーバーロード

オーバーロードとは、MAX3970が仕様を満たすことができる最大の入力のことです。光オーバーロードは平均パワーとして次式で計算されます。

$$\text{オーバーロード} = 10 \log \left( \frac{2 \text{mA}}{2 \times \rho} \times 1000 \right) \text{dBm}$$

## 光リニア範囲

MAX3970は利得が高く、次式を超えない入力に対してリニア範囲で動作します。

$$\text{リニア範囲} = 10 \log \left( \frac{60 \mu\text{A} (r_e + 1)}{2 \times \rho \times (r_e - 1)} \times 1000 \right) \text{dBm}$$



# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

表1. 光パワーの関係式\*

PARAMETER	SYMBOL	RELATION
Average Power	$P_{AVG}$	$P_{AVG} = (P_0 + P_1) / 2$
Extinction Ratio	$r_e$	$r_e = P_1 / P_0$
Optical Power of a "1"	$P_1$	$P_1 = 2P_{AVG} \frac{r_e}{r_e + 1}$
Optical Power of a "0"	$P_0$	$P_0 = 2P_{AVG} / (r_e + 1)$
Optical Modulation Amplitude	$P_{IN}$	$P_{IN} = P_1 - P_0 = 2P_{AVG} \frac{r_e - 1}{r_e + 1}$

\*Assuming a 50% average mark density.

表2. MAX3970のボンドパッド情報

PAD	NAME	COORDINATES	
		X	Y
BP1	VCC1	0	799.4
BP2	VCC1	0	673.4
BP3	FILTER	0	547.4
BP4	TEST	0	421.4
BP5	IN	0	295.4
BP6	GND1	0	169.4
BP7	GND1	129.8	0
BP8	GND2	255.8	0
BP9	GND2	381.8	0
BP10	GND3	512	170.8
BP11	OUT-	512	296.8
BP12	OUT+	512	422.8
BP13	GND3	512	548.8
BP14	VCC2	512	674.8
BP15	VCC2	512	800.8
BP16	VCC2	381.8	971.6
BP17	RSSI	255.8	971.6
BP18	VCC1	129.8	971.6

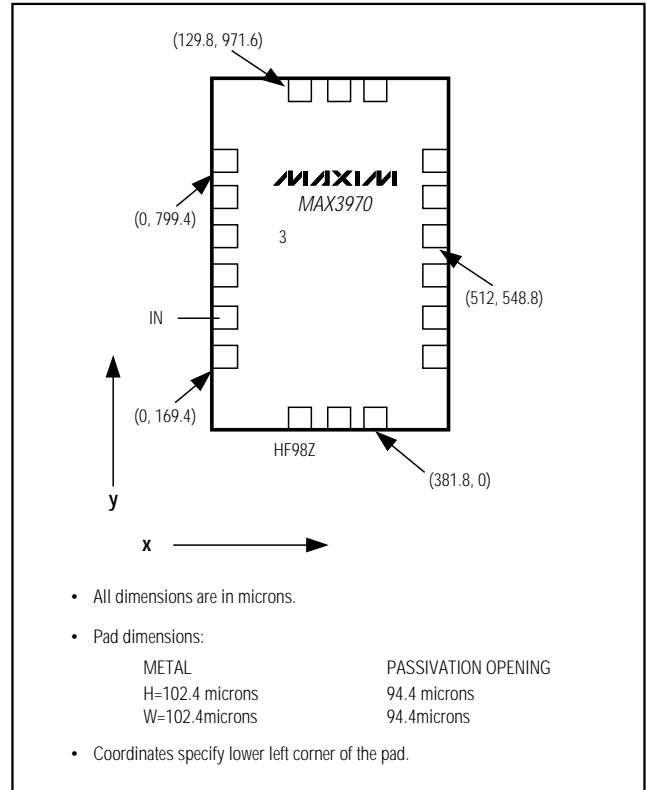
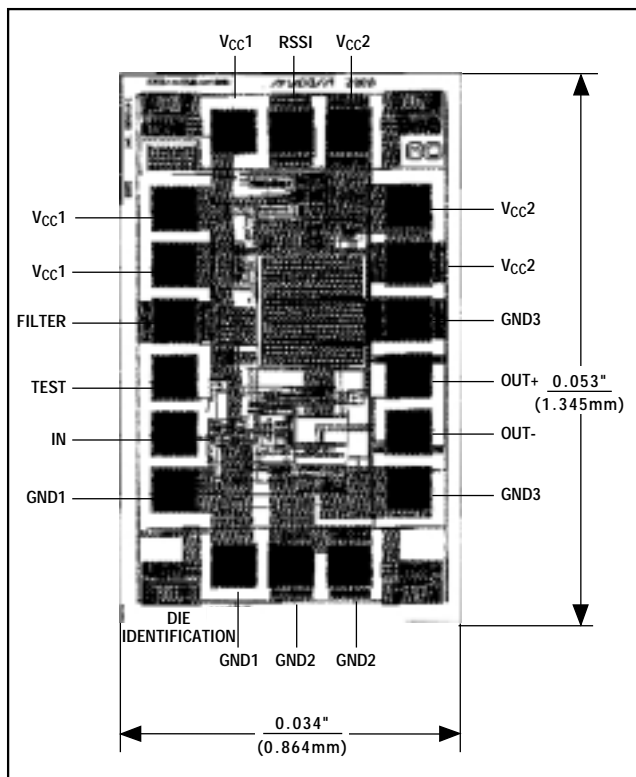


図9. ボンドパッド図

# RSSI付の10Gbps、3.3V低電力 トランスインピーダンスアンプ

MAX3970

チップ構成図



## チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 125

PROCESS: SILICON GERMANIUM BIPOLAR

販売代理店

## マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)  
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシム社では全体がマキシム社製品で実現されている回路以外の回路の使用については責任を持ちません。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシム社は随時予告なしに回路及び仕様を変更する権利を保留します。

10 \_\_\_\_\_ Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600