

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

概述

MAX3793 互阻放大器为 1Gbps 至 4.25Gbps 应用提供紧凑的低功耗解决方案。

MAX3793 具有 195nA 输入参考噪声、3.5k Ω 互阻增益, 2.9GHz 带宽($C_{IN} = 0.3pF$)和 2.8mA_{P-P} 输入过载。MAX3793 工作于 +3.3V 电源, 功耗仅为 106mW。集成滤波电阻为光电二极管提供正向偏置。以上特性以及微小的裸片尺寸, 使其能够轻松与光电二极管装配在一个 TO-46 探头内。MAX3793 还内置一个平均光电流监视器。

在 4.25Gbps, MAX3793 典型光检测灵敏度为 -20dBm (0.55A/W)。典型光过载点为 4dBm。MAX3793 和 MAX3748A 限幅放大器为多速率接收器应用提供了完整的解决方案。

特性

- ◆ 4.7pSP-P 确定性抖动(DJ)
- ◆ 195nA_{RMS} 输入参考噪声
- ◆ 2.9GHz 小信号带宽
- ◆ 2.8mA_{P-P} AC 过载
- ◆ 光电流输出监视器
- ◆ 3.5k Ω 差分增益
- ◆ 紧凑的裸片尺寸(30mil x 50mil)

应用

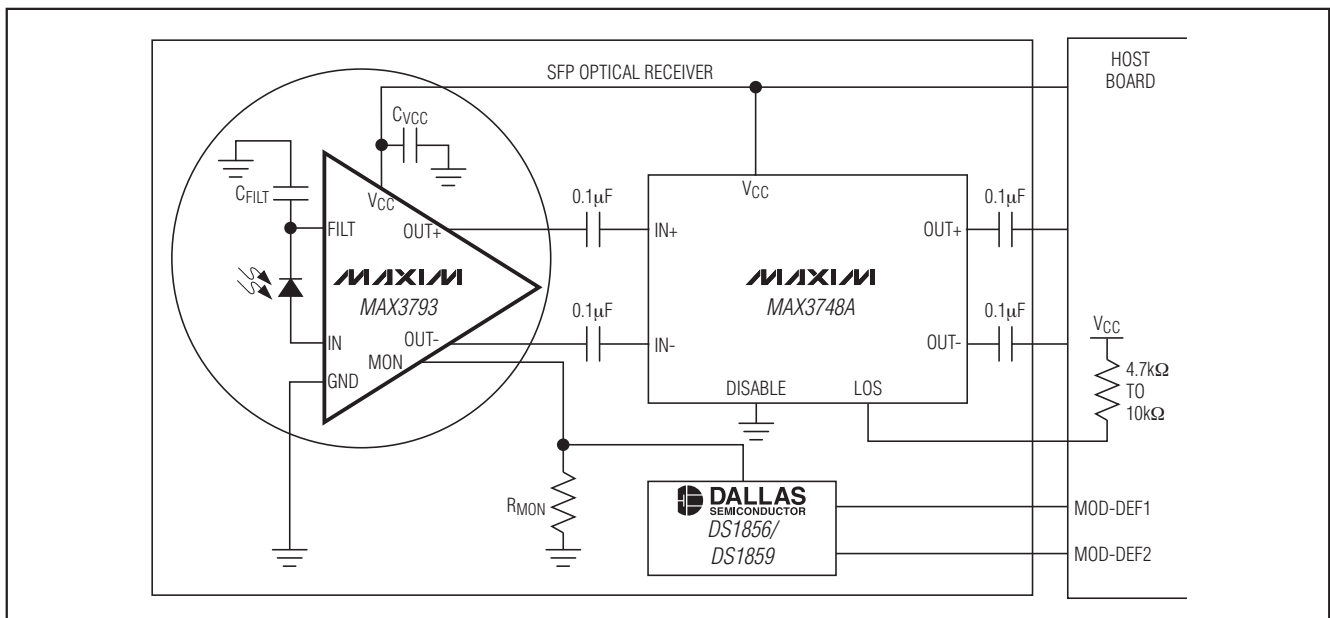
1Gbps 至 4.25Gbps 的 SFF/SFP 收发器模块
千兆以太网光接收器
多速率光纤通道光接收器

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX3793E/D	-40°C to +85°C	Dice*

*裸片设计工作在 -40°C 至 +85°C 温度范围内, 但仅在 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 时进行了测试, 保证指标。

典型应用电路



带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power-Supply Voltage (V _{CC})	-0.5V to +4.5V	Continuous Input Current (FILTER)	-8mA to +8mA
Continuous CML Output Current (OUT+, OUT-)	-25mA to +25mA	Operating Junction Temperature Range (T _J)	-55°C to +150°C
Continuous Input Current (I _N)	-4mA to +4mA	Storage Ambient Temperature Range (T _{STG})	-55°C to +150°C
		Die Attach Temperature	+400°C

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_{CC} = +2.97V to +3.63V, T_A = -40°C to +85°C. Typical values are at V_{CC} = +3.3V, source capacitance C_{IN} = 0.60pF, T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Power-Supply Current	I _{CC}	Measured with AC-coupled output		32	46	mA
Input Bias Voltage					1.0	V
Input Overload	I _{OL}	(Note 3)	2.2	2.8		mAp-p
Optical Input Sensitivity (850nm, r _e = 10dB, Responsiveness = 0.55A/W)		BER = 10 ⁻¹² , K28.5, at 1.0625Gbps		-23.5		dBm
		BER = 10 ⁻¹² , K28.5, at 2.125Gbps		-23		
		BER = 10 ⁻¹² , K28.5, at 4.25Gbps		-20		
Input-Referred Noise (Notes 3, 4)		BW = 933MHz, 4th-order Bessel filter		195	264	nARMS
		BW = 2000MHz, 4th-order Bessel filter		377	420	
		Unfiltered output		449	615	
Differential Transimpedance		I _{IN} = 20μA _{AVE}	2.8	3.5	4.5	kΩ
Small-Signal Bandwidth	BW	-3dB, C _{IN} = 0.6pF (Note 3)	1.9	2.5	3.2	GHz
		-3dB, C _{IN} = 0.3pF (Note 5)	2.36	2.9	3.56	
Gain Peaking		(Note 3)		0		dB
Low-Frequency Cutoff		-3dB, I _{IN} = 20μA _{AVE} (Note 3)			70	kHz
Deterministic Jitter (Notes 3, 6)	DJ	I _{IN} = 20μAp-p, K28.5, at 4.25Gbps		4.7	11	psp-p
		20μAp-p < I _{IN} < 100μAp-p, K28.5, at 4.25Gbps		6	16	
		100μAp-p < I _{IN} < 2.2mAp-p, K28.5, at 4.25Gbps	T _A = +100°C	10	27	
		T _A = +100°C, 100μAp-p < I _{IN} < 2.2mAp-p, K28.5, at 4.25Gbps		10		
Photodiode Resistor	R _{FILT}		600	750	930	Ω
Differential Output Resistance	R _{OUT}		85	100	115	Ω
Maximum Differential Output Voltage	V _{OD(MAX)}	Outputs terminated by 50Ω to V _{CC} , I _{IN} > 100μAp-p	220		480	mVp-p
Output Edge Transition Time		Outputs terminated by 50Ω to V _{CC} 20% to 80%, I _{IN} > 200μAp-p (Note 3)		73	95	ps
			T _A = +100°C	90		

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

MAX3793

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +2.97V to +3.63V, T_A = -40°C to +85°C. Typical values are at V_{CC} = +3.3V, source capacitance C_{IN} = 0.60pF, T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Differential Output Return Loss		Frequency ≤ 1GHz		18		dB
		1GHz < frequency ≤ 4GHz		9		
Single-Ended Output Return Loss		Frequency ≤ 1GHz		14		dB
		1GHz < frequency ≤ 4GHz		11		
Power-Supply Noise Rejection (Note 7)	PSNR	I _{IN} = 0, f < 1MHz		47		dB
		I _{IN} = 0, 1MHz ≤ f < 10MHz		22		
Minimum Photocurrent to be Detected	I _{AVGMIN}				2	μA
Maximum Photocurrent to be Detected	I _{AVGMAX}		1			mA
Maximum Photocurrent Monitor Output Offset	I _{MON} (OFFSET)	I _{IN} = 0μA _{P-P}			10	μA
Photocurrent Monitor Output Offset Temperature Dependency	ΔI _{MON} (OFFSET)	I _{IN} = 0μA _{P-P} ΔI _{MON} (OFFSET) = ABS (I _{MON} (OFFSET) (-40°C) - I _{MON} (OFFSET) (+100°C))		0.21		μA
Monitor Output Compliance Voltage	V _{MON}		0		2	V
Photocurrent Monitor Gain	A _{MON}	2μA ≤ I _{AVG} ≤ 1.0mA		1		A/A
Photocurrent Monitor Gain Stability		2μA ≤ I _{AVG} ≤ 1.0mA (Notes 3, 8)	-10		+10	%
Photocurrent Monitor Gain Bandwidth		2μA ≤ I _{AVG} ≤ 1.0mA		7		MHz

Note 1: Die parameters are production tested at room temperature only, but are guaranteed by design and characterization from -40°C to +85°C.

Note 2: Source capacitance represents the total external capacitance at the IN pad during characterization of the noise and bandwidth parameters.

Note 3: Guaranteed by design and characterization.

Note 4: Input-referred noise is:

$$\left(\frac{\text{RMS Output Noise}}{\text{Gain at } f = 100\text{MHz}} \right)$$

Note 5: Values are derived by calculation from the C_{IN} = 0.6pF measurements.

Note 6: DJ is the sum of pulse-width distortion (PWD) and pattern-dependent jitter (PDJ). DJ is measured using a 3.2GHz 4th-order Bessel filter on the input.

Note 7: Power-supply noise rejection PSNR = -20log(ΔV_{OUT} / ΔV_{CC}), where ΔV_{OUT} is the change in differential output voltage and ΔV_{CC} is the noise on V_{CC}.

Note 8: Gain stability is defined as

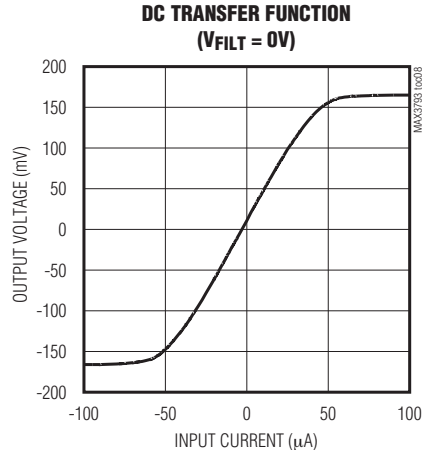
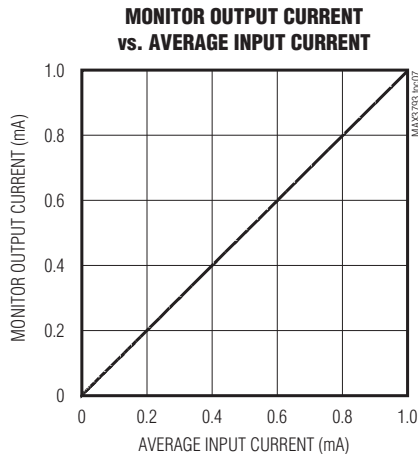
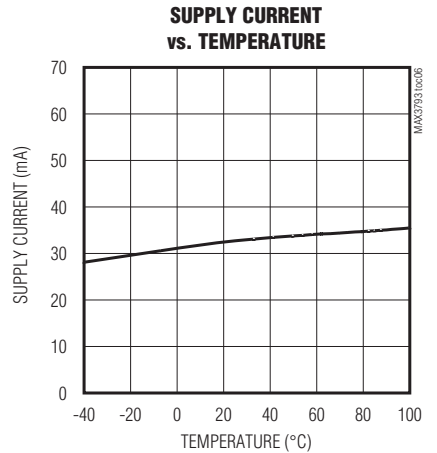
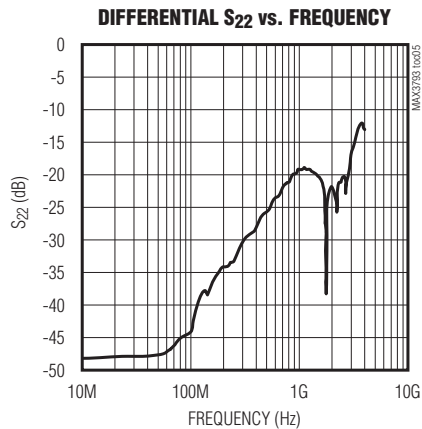
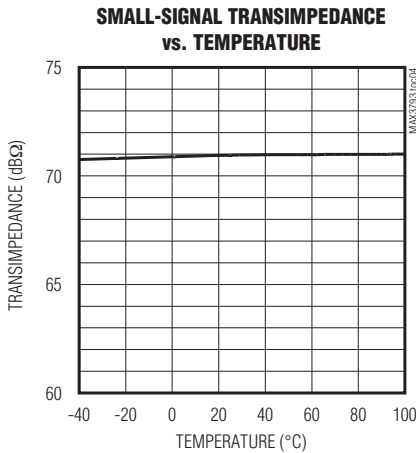
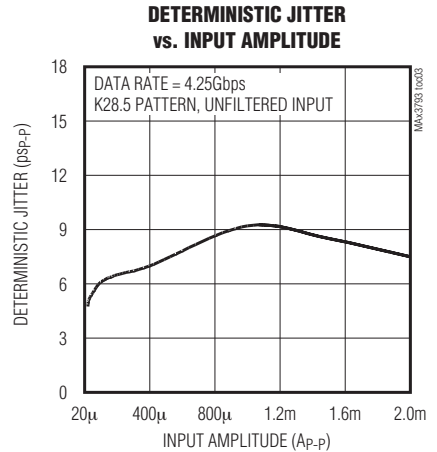
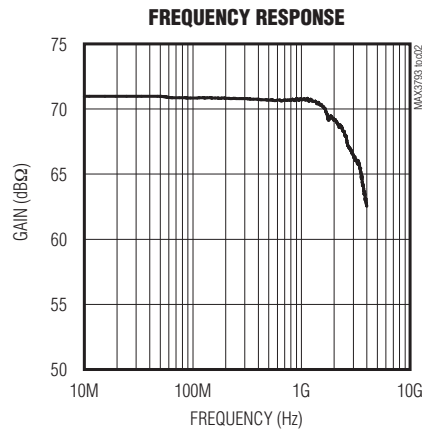
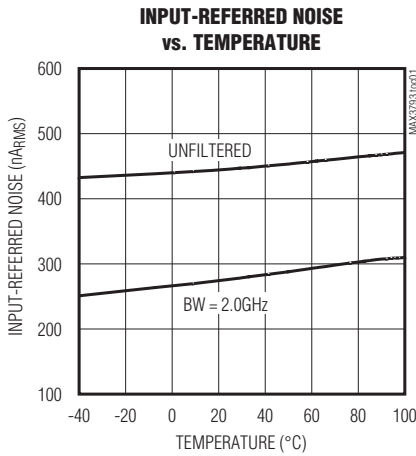
$$(A_{\text{MON}} - A_{\text{MON-NOM}}) / (A_{\text{MON-NOM}})$$

over the listed current range, temperature, and supply variation. Nominal gain is measured at V_{CC} = +3.3V and +25°C.

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

典型工作特性

($V_{CC} = +3.3V$, $C_{IN} = 0.6pF$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



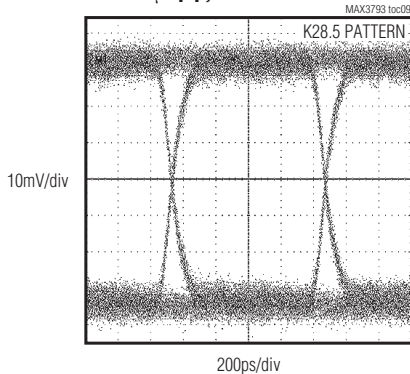
带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

典型工作特性(续)

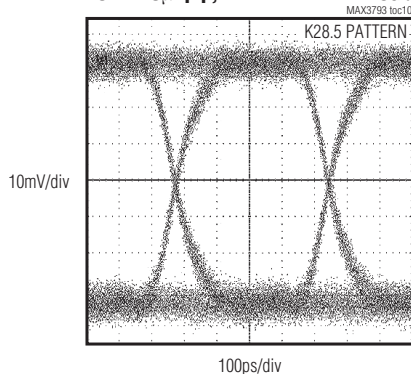
($V_{CC} = +3.3V$, $C_{IN} = 0.6pF$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

MAX3793

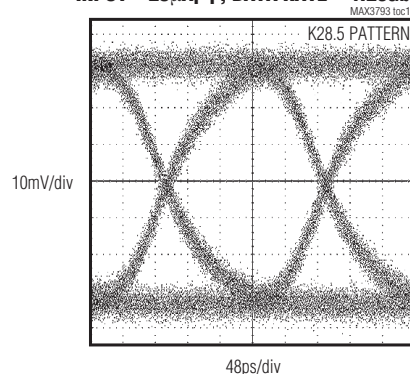
EYE DIAGRAM
INPUT = 20 μ A_{p-p}, DATA RATE = 1.0625Gbps



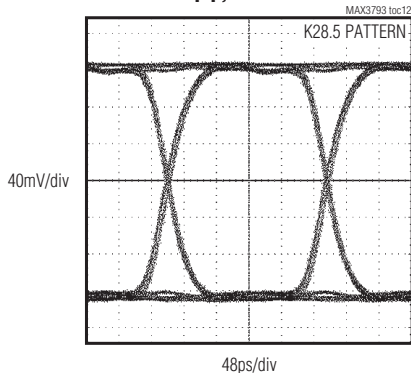
EYE DIAGRAM
INPUT = 20 μ A_{p-p}, DATA RATE = 2.125Gbps



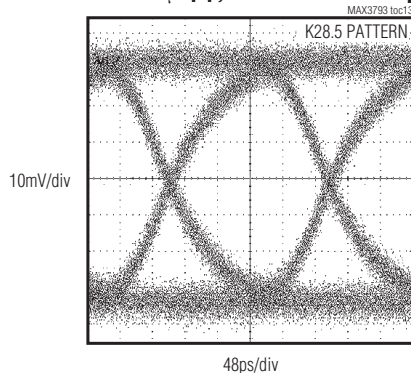
EYE DIAGRAM
INPUT = 20 μ A_{p-p}, DATA RATE = 4.25Gbps



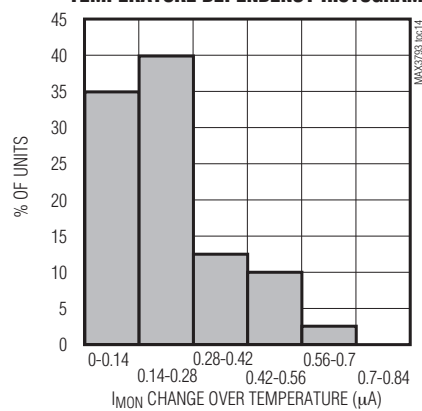
EYE DIAGRAM
INPUT = 2.2mA_{p-p}, DATA RATE = 4.25Gbps



EYE DIAGRAM $T_A = +100^{\circ}C$
INPUT = 20 μ A_{p-p}, DATA RATE = 4.25Gbps



**PHOTOCURRENT MONITOR OFFSET
TEMPERATURE DEPENDENCY HISTOGRAM**



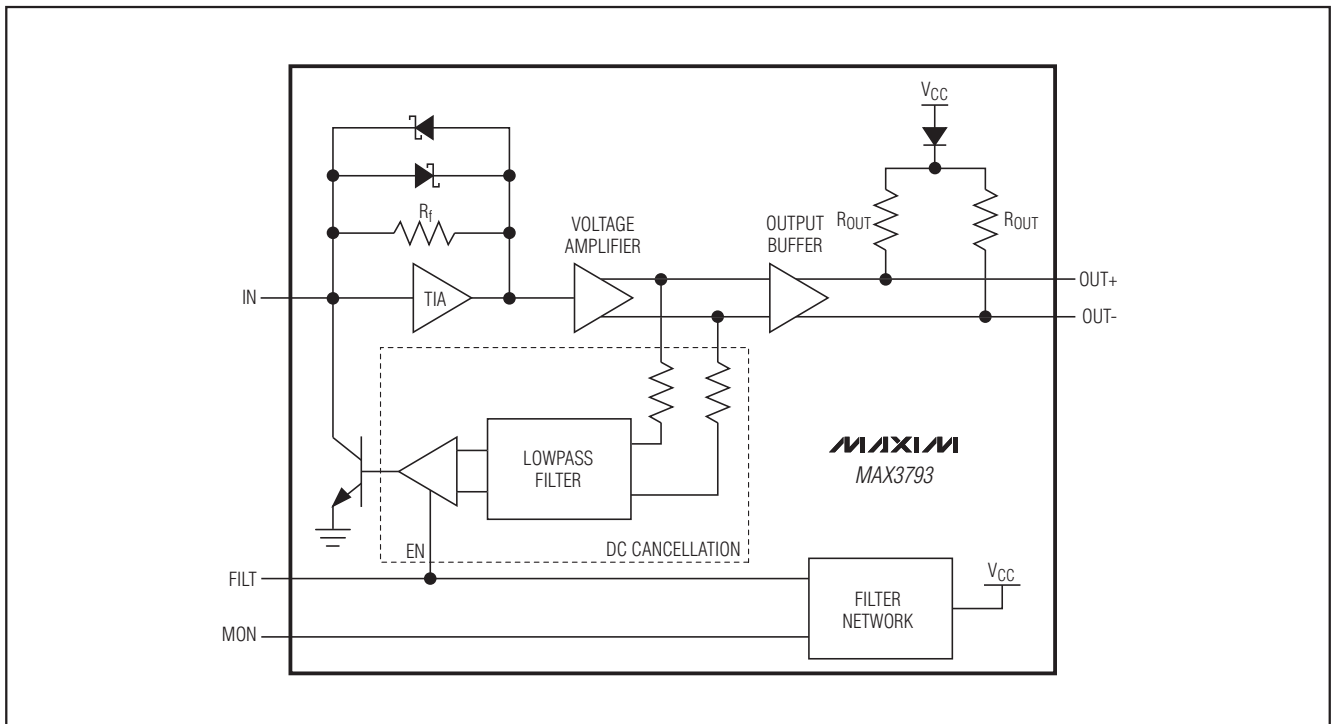
带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

引脚说明

连接焊盘	名称	功能
1	OUT+	同相数据输出。电流流入IN, OUT+电压升高。
2, 3	VCC	+3.3V 电源。焊盘没有在内部连接。需在外部连接。
4	FILT	为光电二极管提供偏置电压, 通过 750Ω 电阻连接 VCC。接地时, 此引脚禁止消直流放大器功能, 提供从 IN 到 OUT+ 和 OUT- 的 DC 通道, 用于测试。
5	IN	TIA 输入。来自光电二极管的信号电流流入此引脚。
6	MON	光电流监视器, MON 的输出电流与 R _{FILT} 的平均电流成正比。可在 MON 和地之间连接一个电阻来监视平均光电流。
7, 11	GND	电路地。焊盘没有在内部连接。需在外部连接。
8, 10	N.C.	无连接。
9	OUT-	反相数据输出。电流流入IN, OUT- 电压降低。

参见线绑定一节了解推荐的绑定顺序, 图4。

功能框图



带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

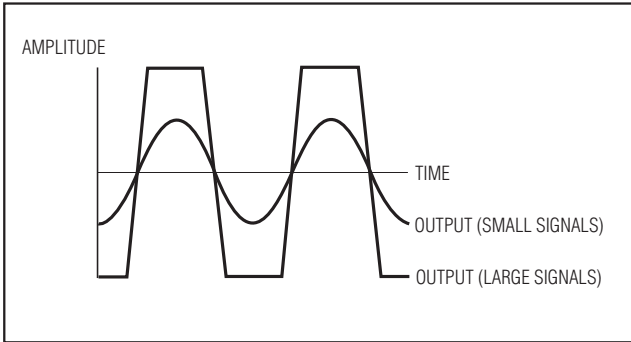


图1. MAX3793 限幅输出

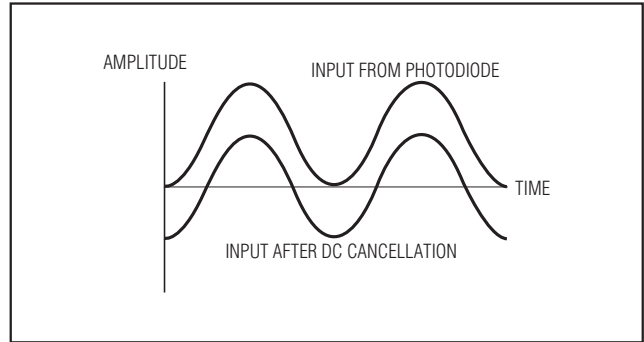


图2. 输入的消直流效应

详细说明

MAX3793 互阻放大器为 1Gbps 至 4.25Gbps 光纤应用设计。MAX3793 由互阻放大器、电压放大器、输出缓冲、消直流电路、光电二极管偏置电阻和光电流监视器构成(参见功能框图)。

互阻放大器

输入信号电流流入高增益放大器求和节点。通过电阻 R_F 并联反馈将电流转换为电压。肖特基二极管用来钳位大电流输入的输出信号(图 1)。

电压放大器

电压放大器提供附加增益，并将互阻放大器单端输出转换为差分信号。

输出缓冲

输出缓冲用于驱动 OUT_+ 和 OUT_- 之间的 100Ω 差分负载。为实现最佳电源噪声抑制，MAX3793 应使用匹配负载端接。MAX3793 输出不能驱动直流耦合的接地负载，应采用交流耦合。关于选择交流耦合电容的详细信息请参考应用笔记 HFAN-01.1: *Choosing AC-Coupling Capacitors*。如需单端输出，所有使用和未使用的输出引脚都应以相同的方式端接。参见图 6。

消直流电路

消直流电路采用低频反馈来消除输入信号的直流成分(图 2)。此功能使输入信号位于互阻放大器线性范围内，从而减小脉宽失真。

消直流电路进行内部补偿，无需外部电容。此电路将符号密度为 50% 的数据序列脉宽失真降到最小。符号密度明显偏离 50% 的数据序列将使 MAX3793 产生脉宽失真。FILT 引脚接地将禁止消直流电路功能。正常工作时必须使能消直流电路。

光电流监视器

MAX3793 内含一个平均光电流监视器。MON 对地电流与 R_{FILT} 平均电流成正比(参见典型工作特性)。 R_{FILT} 用来对光电二极管进行偏置，参见图 7。

R_{FILT} 是芯片内部 V_{CC} 和 FILT 之间的 750Ω 电阻。该电阻与外部 C_{FILT} 共同对光电二极管进行偏置。监视该电阻上的电流，产生光电流监视输出。测试过程中，将 FILT 驱动至低于 $0.5V$ 时，禁止消直流电路功能。

设计步骤

选择光电二极管

TIA 输入节点电容对噪声性能和带宽的影响相反。选择小电容光电二极管可降低此引脚上的总输入电容。MAX3793 针对 $0.6pF$ 输入电容进行了优化。

选择 C_{FILT}

MAX3793 滤波电阻与外部电容用于减小噪声影响(参见典型应用电路)。电源噪声电压产生的电流在 C_{FILT} 和 C_{IN} 之间分配。假设滤波电容比光电二极管电容大很多，由电源噪声引起的输入噪声电流为：

$$I_{NOISE} = (V_{NOISE} \times C_{IN}) / (R_{FILT} \times C_{FILT})$$

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

如果噪声容限已知，滤波电容可选为：

$$C_{FILT} = (V_{NOISE} \times C_{IN}) / (R_{FILT} \times I_{NOISE})$$

例如，最大噪声电压 = 100mV_{P-P}，C_{IN} = 0.6pF，R_{FILT} = 750Ω，I_{NOISE} 为 350nA 时，滤波电容为：

$$C_{FILT} = (100mV \times 0.6pF) / (750\Omega \times 350nA) = 229pF$$

选择 R_{MON}

如果需要光电流监视功能，可在 MON 和地之间接一个电阻监视平均光电流。选择尽量大的 R_{MON}：

$$R_{MON} = \frac{2.0V}{I_{MONMAX}}$$

其中，I_{MONMAX} 是观察到的最大平均输入电流。也可用电流表监视 MON 引脚输出电流。

布局考虑

图 3 是 4 引脚和 5 引脚 TO 管座的建议布局。

线绑定

为实现大电流密度和可靠操作，MAX3793 采用金金属化技术。为达到最佳结果，应采用金丝球压焊。如采用楔形焊，应当小心操作。裸片尺寸为 30mil x 50mil (0.762mm x 1.27mm)，裸片厚度为 15mil (380μm)。V_{CC}、GND、OUT+ 和 OUT- 焊盘尺寸为 94μm x 94μm。FILT、IN 和 MON 焊盘尺寸为 79μm x 79μm；所有焊盘金属厚度为 1.2μm。焊盘坐标详细信息请参考 Maxim 应用笔记 HFAN-08.0.1: *Understanding Bonding Coordinates and Physical Die Size*。推荐绑定顺序如图 4 所示。

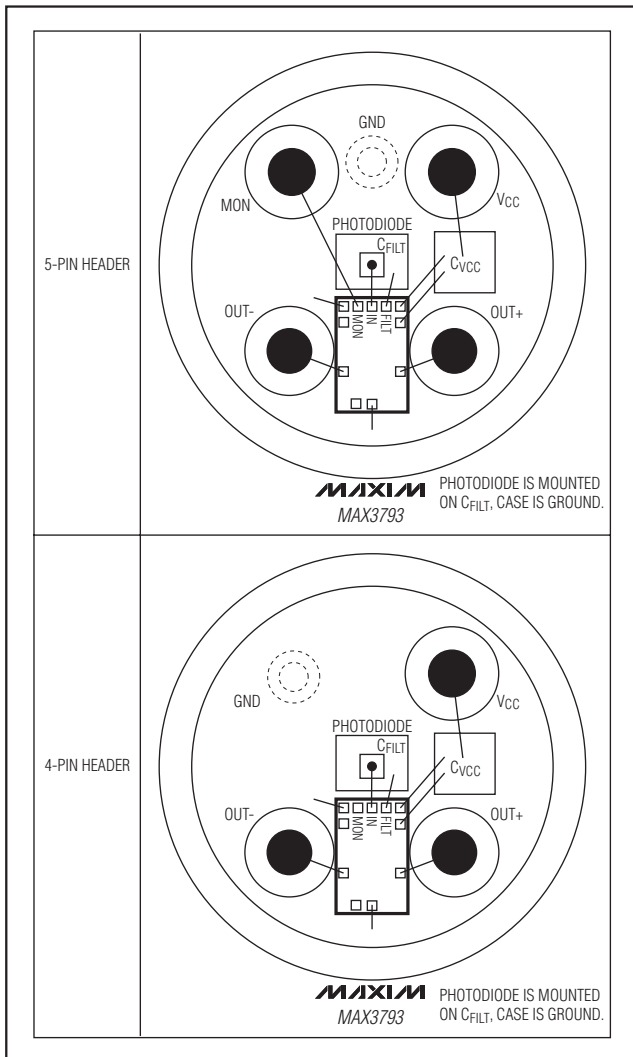


图3. 建议 TO 探头布局

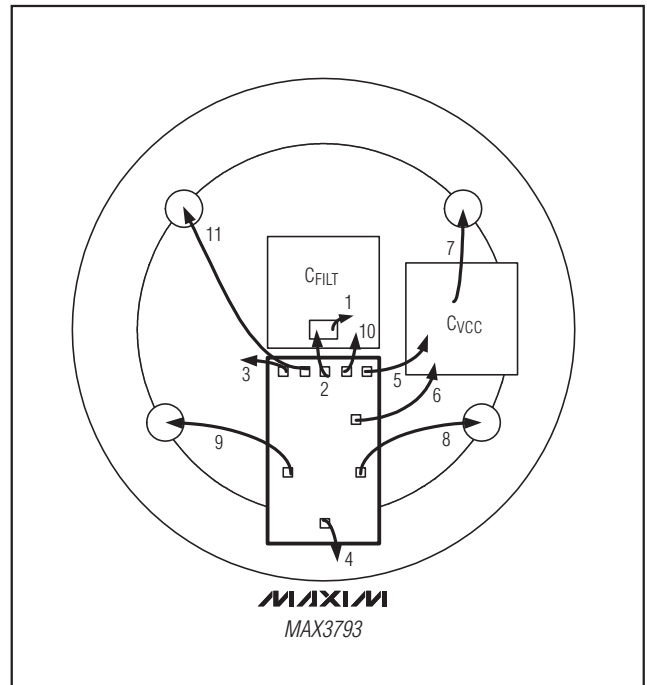


图4. 推荐MAX3793 绑定方案

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

应用信息

光功率关系

MAX3793 的许多规范涉及到输入信号幅度。对于光接收器，输入有时以平均光功率和消光比来表示。采用 MAX3793 进行设计时，图 5 和表 1 所示的关系有助于将光功率转换为输入信号。

光接收灵敏度计算

通常 MAX3793 的输入参考 RMS 噪声电流 (I_N) 决定了接收器灵敏度。为保证系统达到 $1E-12$ 的误码率 (BER)，信

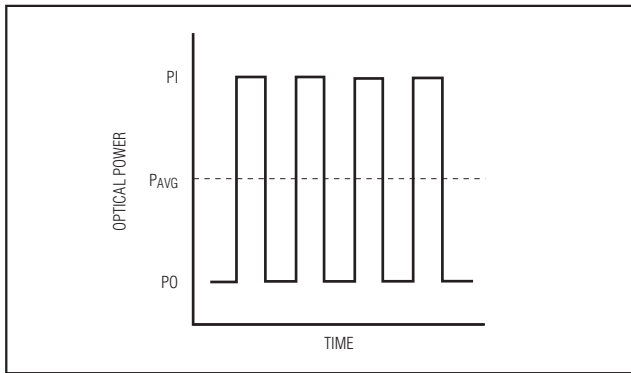


图5. 光功率关系

表 1. 光功率关系*

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}	$P_{IN} = P_1 - P_0 = 2P_{AVG} \frac{r_e - 1}{r_e + 1}$

*假设平均符号密度为 50%

噪比必须保持大于 14:1。输入灵敏度以平均功率表示，可以估算为：

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

其中， ρ 是以 A/W 表示的光电二极管响应度， I_N 是以安培表示的 RMS 噪声电流。

光功率过载

过载点是 MAX3793 在符合 DJ 要求时所能接收的最大输入光功率。光功率过载点平均功率可用下面的公式估算：

$$\text{过载} = 10 \log \left(\frac{I_{OL}}{2 \times \rho} \times 1000 \right) \text{ dBm}$$

光线性范围

MAX3793 具有高增益特性，当输入信号超过 $50 \mu A_{P-P}$ 时，输出将被限幅。当输入不超过以下范围时，MAX3793 工作在线性区：

$$\text{线性范围} = 10 \log \left(\frac{50 \mu A \times (r_e + 1)}{2 \times \rho \times (r_e - 1)} \times 1000 \right) \text{ dBm}$$

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

接口电路

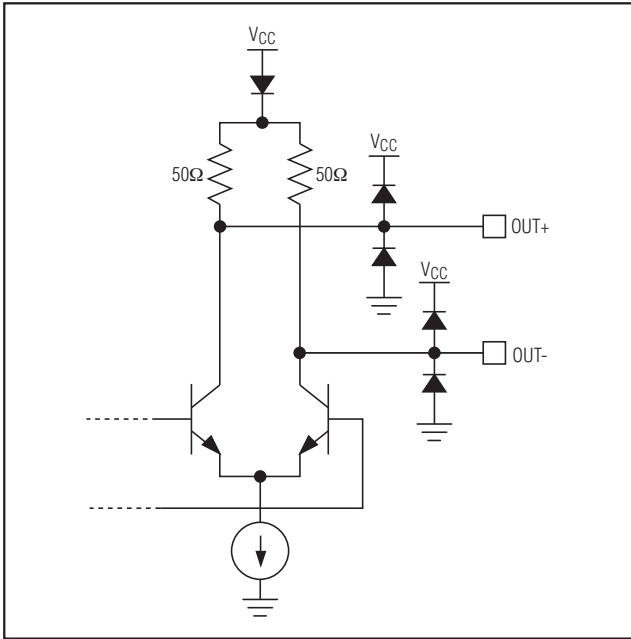


图6. 等效输出

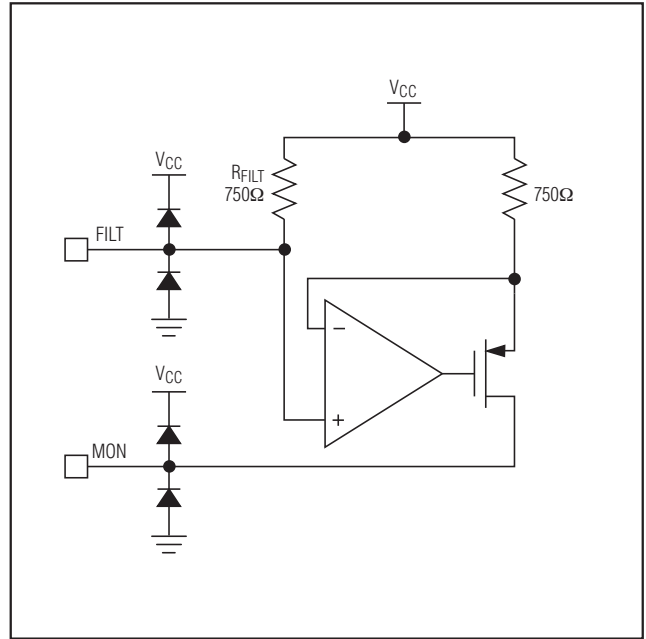


图7. FILT 和 MON 接口

表 2. 焊盘坐标

PAD	NAME	COORDINATES (μm)	
		X	Y
BP1	OUT+	40.2	650.6
BP2	VCC	40.2	391.6
BP3	VCC	47.2	47.2
BP4	FILT	166.2	40.2
BP5	IN	278.2	40.2
BP6	MON	390.2	40.2
BP7	GND	509.2	47.2
BP8	N.C.	516.2	289.2
BP9	OUT-	509.2	650.6
BP10	N.C.	393.0	1032.8
BP11	GND	274.0	1025.8

焊盘坐标

表 2 给出了 MAX3793 焊盘中心位置坐标。了解焊盘坐标详细信息请参考应用笔记 HFAN-08.0.1: *Understanding Bonding Coordinates and Physical Die Size*。

芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 475

PROCESS: SiGe Bipolar

封装信息

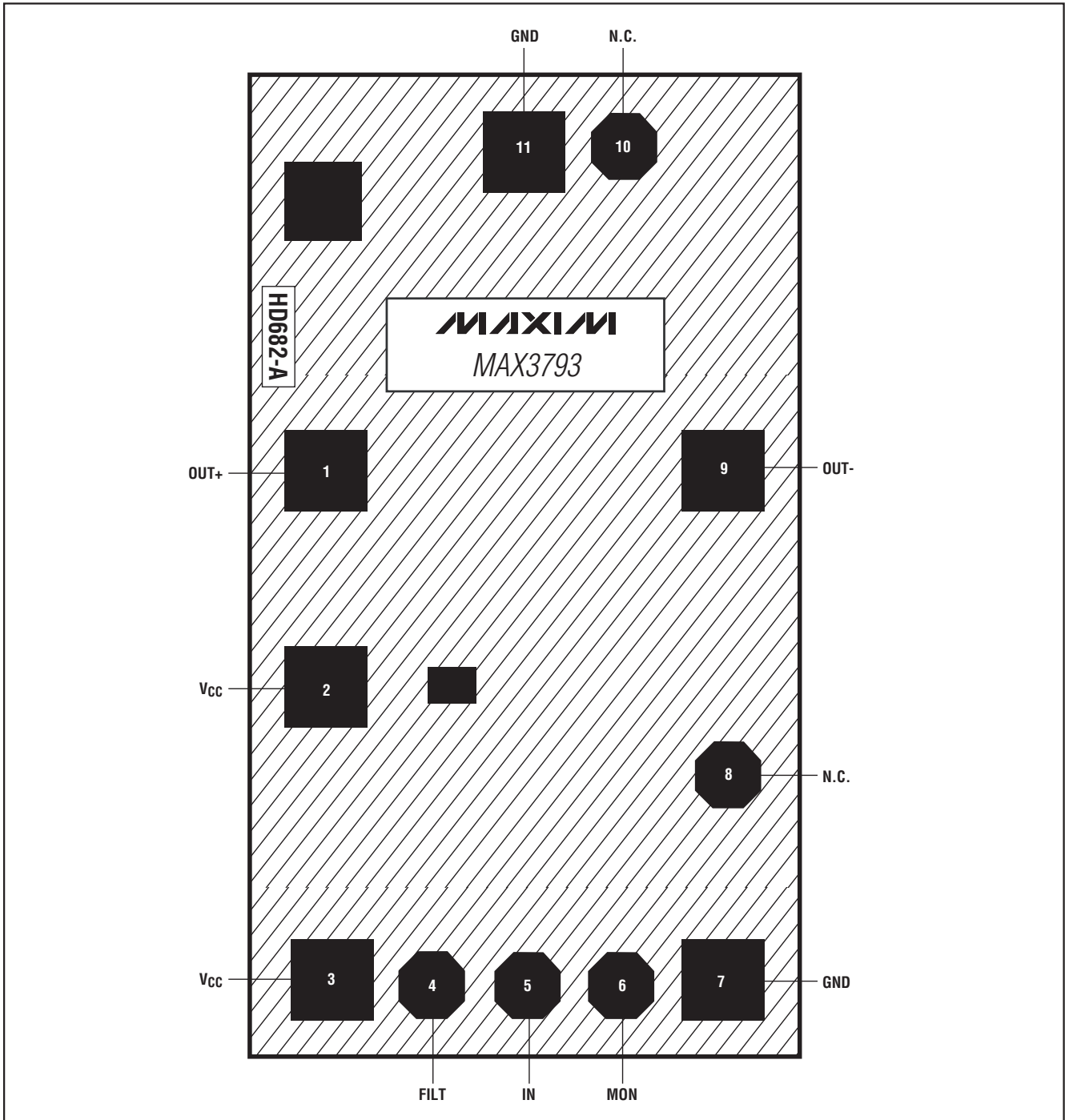
最新的封装外形信息，请访问

www.maxim-ic.com.cn/packages。

带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

引脚配置/芯片拓扑

MAX3793



带光电流监视的 1Gbps 至 4.25Gbps 多速率互阻放大器

修订历史

Rev 0； 10/04：首次发布数据资料。

Rev 1； 11/05：更改图 3 (第 8 页)。

Rev 2； 12/06：删除 MAX3794，替代为 MAX3784A (第 1 页)。

Maxim 北京办事处

北京 8328 信箱 邮政编码 100083

免费电话：800 810 0310

电话：010-6211 5199

传真：010-6211 5299

Maxim 不对 Maxim 产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim 保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

12 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**

© 2006 Maxim Integrated Products

MAXIM 是 Maxim Integrated Products, Inc. 的注册商标。