

MAXIM

200Mbps SFP限幅放大

概述

MAX3969是一款提供 PECL 数据输出的限幅放大器，非常适合低成本 ATM、高速以太网、FDDI与 ESCON 光接收器等应用。

MAX3969具有 $1\text{mV}_{\text{P-P}}$ 输入灵敏度，集成功率检测器用来检测输入信号功率。它具有接收信号强度指示器 (RSSI)，产生功率等级的模拟指示。信号强度还可以通过互补的 TTL 信号丢失 (LOS) 输出和 PECL 信号检测 (SD) 输出指示，这两个输出表示相对于可编程门限的功率等级。

可以调节门限，检测低至 $2.7\text{mV}_{\text{P-P}}$ 的信号幅值。当信号低于设定门限时，静噪功能可禁止数据输出切换，将信号保持在已知状态。

MAX3969提供裸片和 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的 20 引脚、薄型 QFN 封装。

应用

SFP/SFF收发器

高速以太网 /FDDI收发器

155Mbps LAN ATM收发器

ESCON接收器

FTTx收发器

特性

- ◆ $1\text{mV}_{\text{P-P}}$ 输入灵敏度
- ◆ 门限可编程的信号丢失检测器
- ◆ TTL LOS与 PECL 信号检测
- ◆ 模拟接收信号强度指示器
- ◆ 输出静噪功能
- ◆ 兼容 4B/5B 数据编码

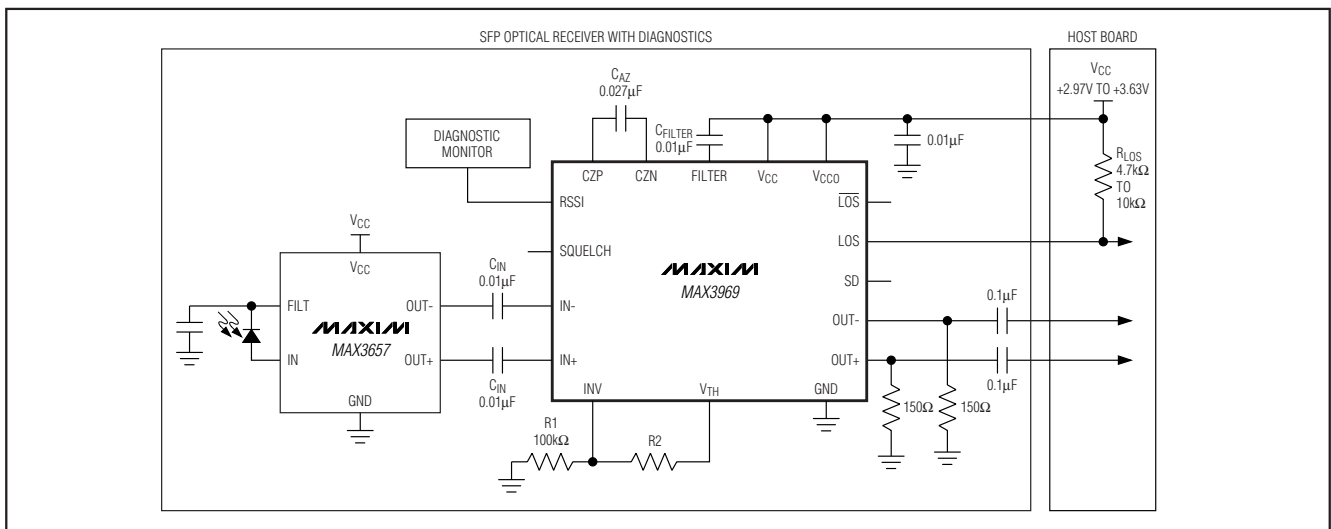
订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	PKG CODE
MAX3969ETP	-40°C to +85°C	20 Thin QFN	T2044-2
MAX3969E/D**	—	Dice*	—

*Dice are designed to operate over a -40°C to +100°C junction temperature (T_J) range, but are tested and guaranteed only at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

**Future product—contact factory for availability.

典型应用电路



典型应用电路 (续) 在数据手册的最后部分给出。
引脚配置见数据手册的最后部分。

200Mbps SFP 限幅放大

MAX3969

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power-Supply Voltage Range (V_{CC} , V_{CC0})-0.5V to +7.0V
 Voltage at FILTER, RSSI, IN+, IN-, CZP, CZN, SQUELCH, INV, V_{TH}-0.5V to ($V_{CC} + 0.5V$)
 TTL Output Current (LOS, \overline{LOS})±9mA
 PECL Output Current (OUT+, OUT-, SD)±50mA
 Differential Voltage Between CZP and CZN.....-1.5V to +1.5V
 Differential Voltage Between IN+ and IN--1.5V to +1.5V

Continuous Power Dissipation ($T_A = +85^\circ\text{C}$)
 20-Pin Thin QFN (derate 16.9mW/ $^\circ\text{C}$ above +85 $^\circ\text{C}$)1099mW
 Operating Junction Temperature Range (die).....-40 $^\circ\text{C}$ to +150 $^\circ\text{C}$
 Die Attach Temperature.....+400 $^\circ\text{C}$
 Storage Temperature Range-50 $^\circ\text{C}$ to +150 $^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (soldering, 10s)+300 $^\circ\text{C}$

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 +5.5V, PECL outputs terminated with 50 Ω to $V_{CC} - 2V$, $R_1 = 100k\Omega$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values are at $V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^\circ\text{C}$.) (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	PECL outputs open		22	45	mA
LOS Hysteresis	Input = 4.0mV _{p-p} (Note 2)	3.0	5	8.0	dB
Squelch Input Current			27	100	μA
PECL Output-Voltage High	(Note 3)	-1085		-880	mV
PECL Output-Voltage Low	(Note 3)	-1830		-1550	mV
LOS Assert Accuracy	Input = 7mV _{p-p} or 90mV _{p-p} , 0 $^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$	-3.0		+3.0	dB
	Input = 7mV _{p-p} or 90mV _{p-p} , -40 $^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$	-3.6		+3.6	dB
Minimum LOS Assert Input				2.7	mV _{p-p}
Maximum LOS Deassert Input		143			mV _{p-p}
Input Sensitivity	(Note 4)		1	4	mV _{p-p}
Input Overload	(Note 4)	1500			mV _{p-p}
TTL Output High	$R_{LOS} = 4.7k\Omega$ to 10k Ω	2.4	3.0		V
TTL Output Leakage	(Note 5)		1	20	μA
TTL Output Low	$I_{OL} = 800\mu\text{A}$		0.2	0.5	V
Data Output Transition Time	20% to 80%, Input > 4mV _{p-p} (Note 4)	0.35	0.8	1.20	ns
Pulse-Width Distortion	Input > 4mV _{p-p} (Notes 4, 6)		50	250	ps
LOS, SD Assert/Deassert Time	$C_{FILTER} = 0.01\mu\text{F}$		10		μs

Note 1: Dice are tested and guaranteed only at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

Note 2: LOS hysteresis = $20\log(V_{LOS-DEASSERT} / V_{LOS-ASSERT})$.

Note 3: Relative to supply voltage (V_{CC0}).

Note 4: AC characteristics are guaranteed by design and characterization.

Note 5: Input < LOS threshold (LOS = HIGH), $V_{LOS} = 2.4V$.

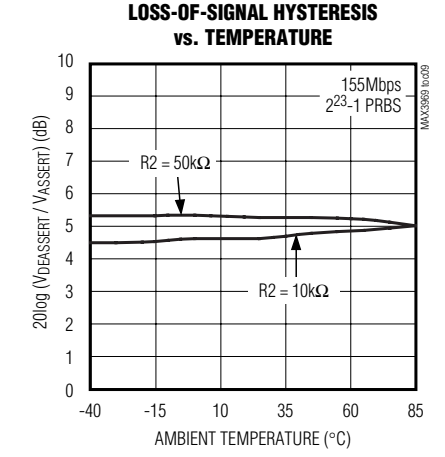
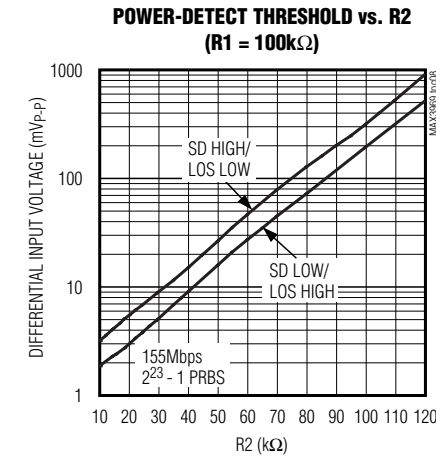
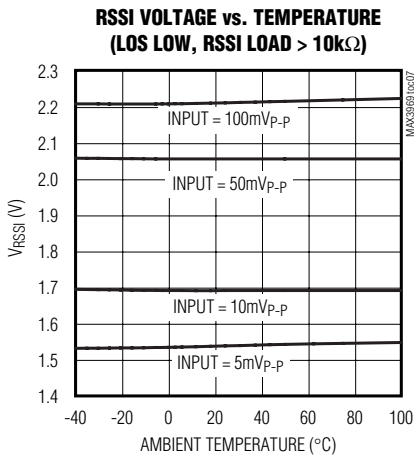
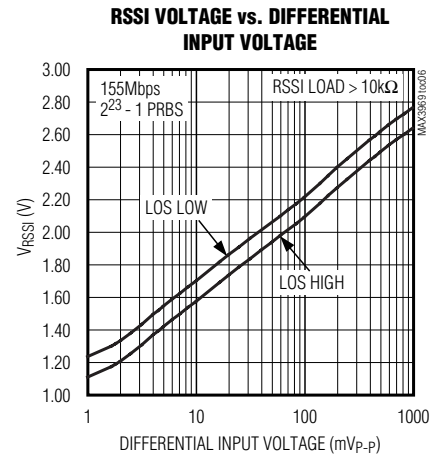
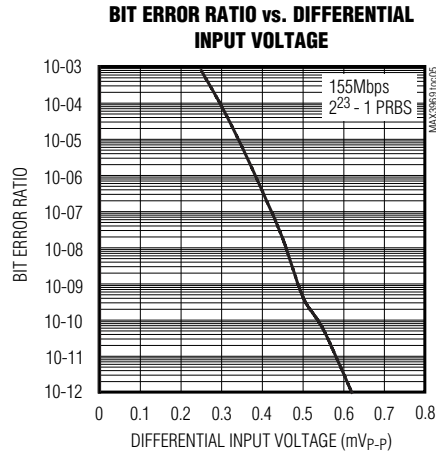
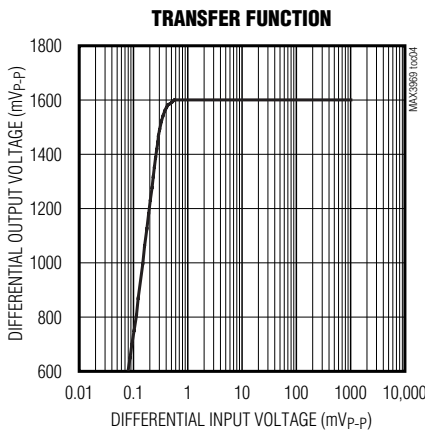
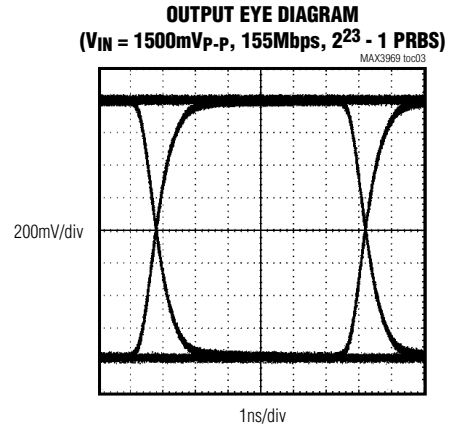
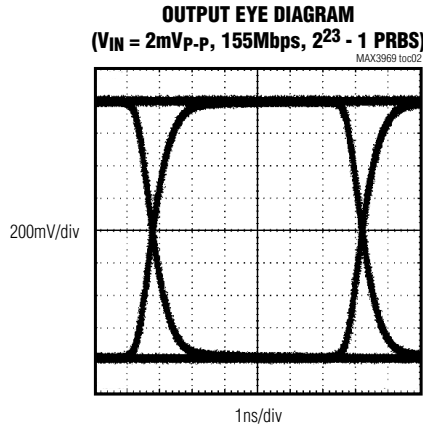
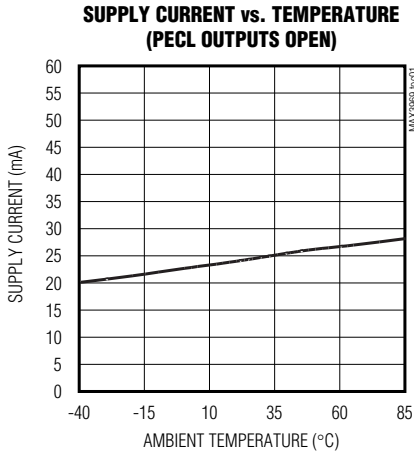
Note 6: Pulse-width distortion = [(width of wider pulse) - (width of narrower pulse)] / 2, measured with 100Mbps 1-0 pattern.

200Mbps SFP 限幅放大

典型工作特性

($V_{CC} = +3.3V$, PECL outputs terminated with 50Ω to $V_{CC} - 2V$, $R1 = 100k\Omega$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

MAX3969

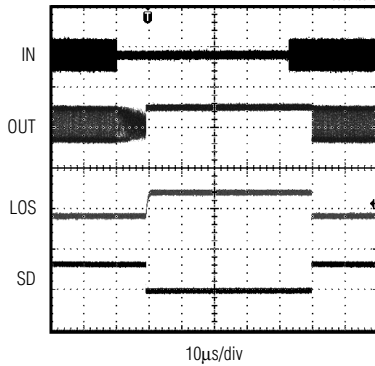


200Mbps SFP限幅放大

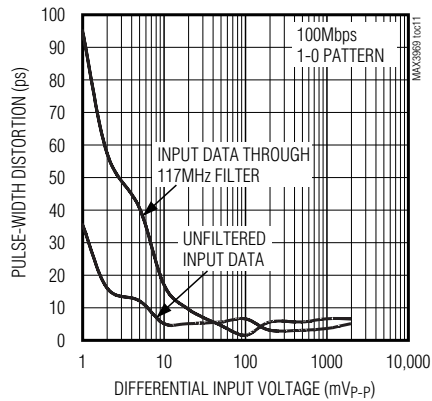
典型工作特性 (续)

($V_{CC} = +3.3V$, PECL outputs terminated with 50Ω to $V_{CC} - 2V$, $R1 = 100k\Omega$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

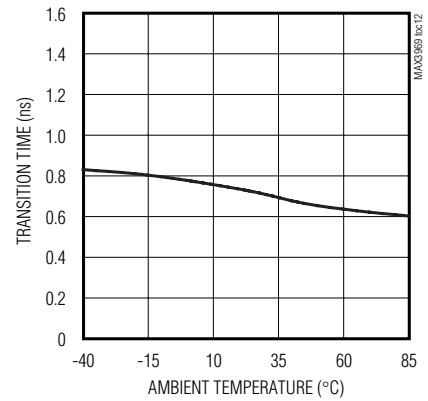
POWER-DETECT TIMING WITH SQUELCH
(INPUT = 12mVp-p, $C_{FILTER} = 0.01\mu F$,
 $R2 = 15k\Omega$, 155Mbps, 2²³ - 1 PRBS)



PULSE-WIDTH DISTORTION vs. DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE



DATA OUTPUT TRANSITION TIME vs. TEMPERATURE



引脚说明

引脚	名称	功能
1	INV	用于设定功率检测门限电压的内部运放反相输入端 (见图 1)。在引脚 V_{TH} 与 INV 之间接电阻 $R2$ ，并在 INV 与地之间接电阻 ($R1 = 100k\Omega$) 来设定需要的门限电压。
2	FILTER	对数全波检波器 (FWD) 滤波输出。FWD 输出在 FILTER 端相加以产生 RSSI 输出。正常工作时需在 FILTER 和 V_{CC} 间接一个电容。
3	RSSI	接收信号强度指示器输出。RSSI 电压表示输入信号功率。LOS 为高电平时，RSSI 的输出电压大约降低 120mV。
4	IN-	反相数据输入
5	IN+	同相数据输入
6, 7, 8	GND	地
9	CZP	自动归零电容输入。在 CZP 与 CZN 之间接一个 $0.027\mu F$ 电容。
10	CZN	自动归零电容输入。在 CZP 与 CZN 之间接一个 $0.027\mu F$ 电容。
11	V_{CCO}	输出缓冲器电源电压。接到与 V_{CC} 相等的电位上。
12	OUT+	同相 PECL 数据输出。用 50Ω 电阻端接至 ($V_{CC} - 2V$)。
13	OUT-	反相 PECL 数据输出。用 50Ω 电阻端接至 ($V_{CC} - 2V$)。
14	SD	信号检测，PECL 输出。输入功率高于功率检测门限时，SD 输出高电平，低于功率检测门限时输出低电平。该引脚信号与 PECL 兼容，应该用一个 50Ω 电阻端接到 ($V_{CC} - 2V$) 或相当的电压上。
15	LOS	信号丢失输出，TTL 集电极开路 (带 ESD 保护)。输入功率低于功率检测门限时，LOS 输出高电平，高于功率检测门限时输出低电平。
16	\overline{LOS}	信号丢失反相输出，TTL 集电极开路 (带 ESD 保护)。输入功率低于功率检测门限时， \overline{LOS} 输出低电平，高于功率检测门限时输出高电平。

引脚	名称	功能
17, 18	VCC	电源电压
19	SQUELCH	静噪输入。当信号功率低于功率检测门限时，静噪功能可禁止数据输出，即强制 OUT-端输出低电平，OUT+端输出高电平。将 SQUELCH引脚接地或悬空禁止静噪功能，接 VCC使能静噪功能。
20	V _{TH}	用于设定功率检测门限电压的内部运放输出端 (见图 1)。在引脚 V _{TH} 与 INV之间接电阻 R2，INV与地之间接电阻 (R1 = 100kΩ)来设定需要的门限电压。
EP	Exposed Pad	地。必须将裸露焊盘焊接到电路板的地上，以获得合适的散热和电气性能。

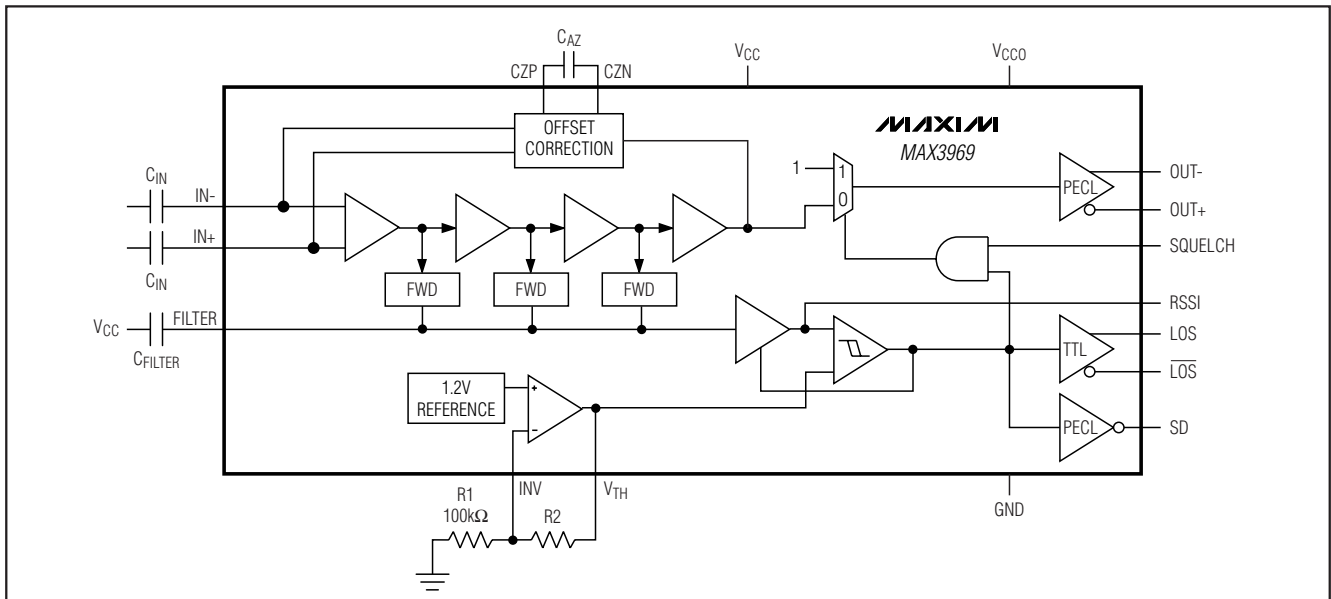


图 1. 功能框图

详细说明

MAX3969包含一系列限幅放大器、功率检测器、失调校准、数据静噪电路、用于LOS输出的TTL缓冲器、以及用于信号检测(SD)和数据输出的PECL输出缓冲器等。功能框图见图1所示。

增益级和失调校准

多级限幅放大器能够获得大约65dB的小信号组合增益。这个较大的增益使放大器容易受到信号通道上小直流失调的影响。为了校准直流失调，放大器使用一个内部反

馈回路进行直流自动归零。对直流失调进行校准，能够改善限幅放大器的接收灵敏度和功率检测器精度。

失调校准针对占空比为50%的数据流进行了优化。其它的平均占空比会导致信号脉宽失真增加以及灵敏度降低。当输入信号低于30mV_{p-p}时，失调校准电路对输入信号占空比的变化不大敏感(例如在4B/5B编码中出现的40%至60%的占空比)。

为了保证失调校准回路正常工作，数据输入必须采用交流耦合。差分输入阻抗 > 5kΩ。

200Mbps SFP限幅放大

功率检测器

每一级放大器都有一个对数 FWD，表示输入信号功率的 RMS。所有的 FWD 输出在 FILTER 引脚累加，此引脚信号通过一个外接于 FILTER 和 V_{CC} 引脚之间的电容 (C_{FILTER}) 进行滤波。FILTER 信号产生 RSSI 输出电压 (V_{RSSI})，该输出电压与用分贝表示的输入信号功率成正比。当 LOS 为低电平时，V_{RSSI} 可用下面的公式近似计算：

$$V_{RSSI} (V) = 1.2V + 0.5 \log (V_{IN})$$

其中 V_{IN} 为用 mV_{P-P} 表示的数据输入电压。利用该式可计算出 V_{IN} 每增加 1dB，RSSI 增加 25mV。当 LOS 为高电平时 RSSI 输出大约降低 120mV。

RSSI 输出通常接一个 A/D 转换器以实现诊断监视。如不需要此功能，则该引脚可以悬空。RSSI 输出的设计驱动能力为对地最小 10kΩ 的负载电阻和最大 10pF 的电容。需串联一个 10kΩ 电阻缓冲大于 10pF 的负载电容。

信号强度比较器

用一个比较器来指示输入信号强度与用户设定门限的比较结果。比较器一个输入端接 RSSI 输出，另一输入端接门限电压 (V_{TH})，该值由外部设定，作为信号强度指示的门限电压。当输入信号强度高于门限时，SD 输出高电平，LOS 输出低电平。同样，当信号强度低于门限时，SD 输出低电平，LOS 输出高电平。为了消除抖动，比较器设计了约 5dB 的滞回。

静噪功能

当输入信号功率低于设定门限时，静噪功能能够禁止数据输出，强制 OUT- 端输出低电平，OUT+ 端输出高电平。在信号丢失时，这一功能保证了限幅放大器和所有的后续电路不会对输入噪声作出反应。将 SQUELCH 引脚接地或悬空禁止静噪功能，接 V_{CC} 则使能静噪功能。

PECL 输出

数据输出 (OUT+, OUT-) 和信号检测输出 (SD) 均为参考于电源的 PECL 输出，图 2 为输出等效电路。

要实现正常工作，两个数据输出必须端接，但 SD 输出如果不用可以悬空。正确的 PECL 输出端接是通过一个 50Ω 电阻接到 (V_{CC}-2V)，但也可使用其它的标准端接技术。关于 PECL 端接以及如何与其它逻辑电平接口的更多信息请参考 Maxim 应用笔记 HFAN-01.0: Introduction to LVDS, PECL, and CML。

TTL 输出

LOS 输出 (LOS, \overline{LOS}) 采用集电极开路、肖特基箝位、ESD 保护、TTL 兼容输出。等效输出电路如图 3 所示。正常工作时 LOS 输出端需外接上拉电阻。推荐使用 4.7kΩ 至 10kΩ 的电阻。

如不需要 LOS 输出，则该引脚可以悬空。

设计步骤

设置功率检测器门限

设置功率检测器门限建议采用如下步骤，并可参考图 4。

- 1) 首先确定以 dBm 表示的最大接收灵敏度 (RX_MAX) 和以 V/W 表示的 PIN-TIA 响应度 (G)。
- 2) 计算工作在该灵敏度时 MAX3969 输入端的差分电压摆幅 (V_{IN_SEN})

$$V_{IN_SEN} = 10(RX_MAX / 10) \times 2 \times G$$
- 3) 允许功率检测器精度留有 3.6dB 裕量 (光强 1.8dB)，并计算 LOS 为低电平 (SD 为高电平) 时的门限电压 (V_{IN_TH})。

$$V_{IN_TH} = V_{IN_SEN} \times 0.66$$
- 4) 利用 V_{IN_TH} 和典型工作特性中的 “Power-Detect Threshold vs. R2 (功率检测门限与 R2)” 曲线图 (标记为 SD HIGH / LOS LOW 的曲线) 确定 R2 的值。选择 R1 = 100kΩ。

200Mbps SFP限幅放大

MAX3969

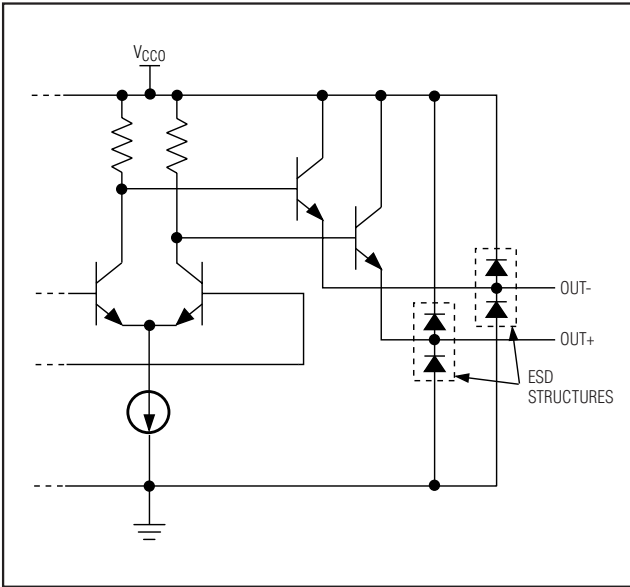


图2. 等效PECL输出电路

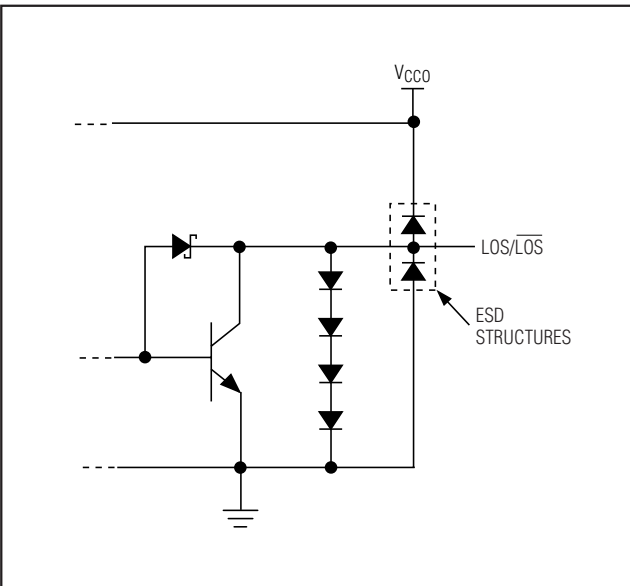


图3. 等效TTL输出电路

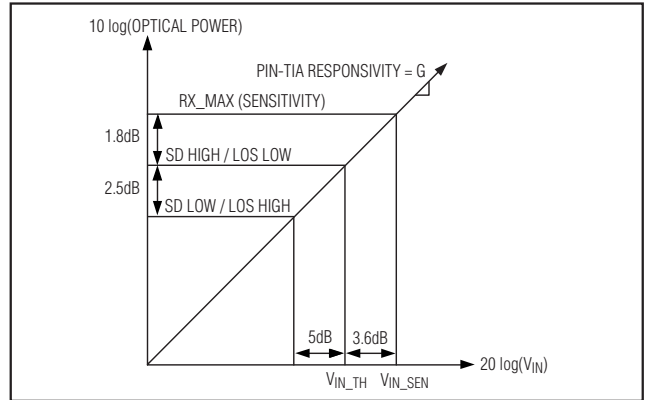


图4. 功率检测门限的信号等级

选择 C_{FILTER}

对于 SFP/SFF、FDDI、155Mbps ATM LAN、高速以太网和 ESCON 接收器等应用，MAXIM 推荐使用 $0.01\mu F$ 的 C_{FILTER} 。该值能够保证 LOS/SD 无抖动，并且提供一个典型的 $10\mu s$ 报警/解除报警时间。对于其它应用， C_{FILTER} 值可通过下面的公式计算：

$$C_{FILTER} = \tau / 825\Omega$$

式中 τ 为 功率检测器要求的时间常数。

选择 C_{AZ} 和 C_{IN}

要求在数据输入端外接耦合电容 (C_{IN})，以保证失调校准回路能够正常工作。失调校准回路的带宽由接在 CZP 与 CZN 引脚之间的电容 C_{AZ} 决定。与电容 C_{IN} 和 C_{AZ} 相关的极点须共同作用，以保证在较低的 -3dB 转角频率时获得平坦的频响。对于 SFP/SFF、FDDI、155Mbps ATM LAN、快速以太网和 ESCON 接收器等应用，Maxim 推荐以下取值：

$$C_{IN} = 0.01\mu F$$

$$C_{AZ} = 0.027\mu F$$

200Mbps SFP限幅放大

应用信息：

线绑定

为实现高电流密度和可靠工作，MAX3969采用金金属化。为了达到最好效果，应采用金线球绑定技术。如试图采用楔形绑定要非常谨慎。裸片焊盘尺寸为 4 mil x 4mil，裸片厚度为 16mil。

表1列出了 MAX3969的绑定盘坐标，坐标原点定义为左侧底部焊盘的左下方顶点。所有焊盘位置均参考坐标原点，并指明了绑定线应该连接的焊盘中心位置。要获取详细信息，可参考 Maxim应用笔记 HFAN-08.0.1: *Understanding Bonding-Coordinates and Physical Die Size*。

引脚配置

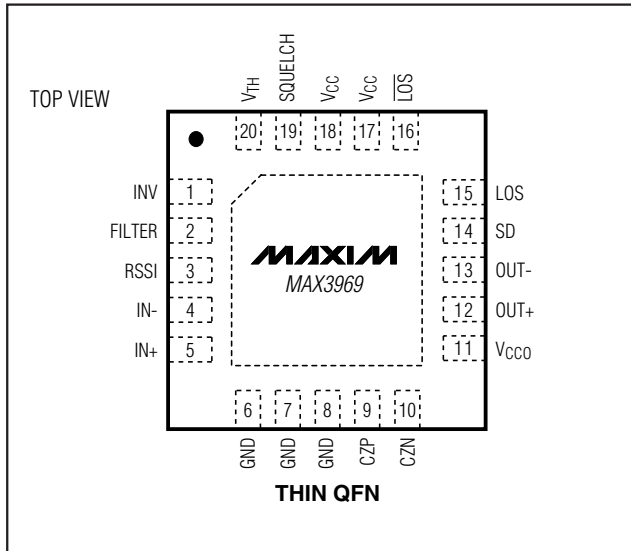


表 1. 绑定盘坐标

PAD	NAME	COORDINATES (μm)	
		X	Y
1	INV	46.6	659.5
2	FILTER	46.6	505.6
3	RSSI	46.6	351.7
4	IN-	46.6	197.8
5	IN+	46.6	46.6
6	GND	195.1	-99.1
7	GND	432.7	-99.1
8	GND	589.3	-99.1
9	CZP	743.2	-99.1
10	CZN	945.7	-99.1
11	VCCO	1204.9	-96.4
12	OUT+	1204.9	81.7
13	OUT-	1204.9	262.6
14	SD	1204.9	492.1
15	LOS	1204.9	697.3
16	LOS	1053.7	818.8
17	VCC	808.0	818.8
18	VCC	586.6	818.8
19	SQUELCH	432.7	818.8
20	VTH	195.1	818.8

芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 915

SUBSTRATE CONNECTED TO GND

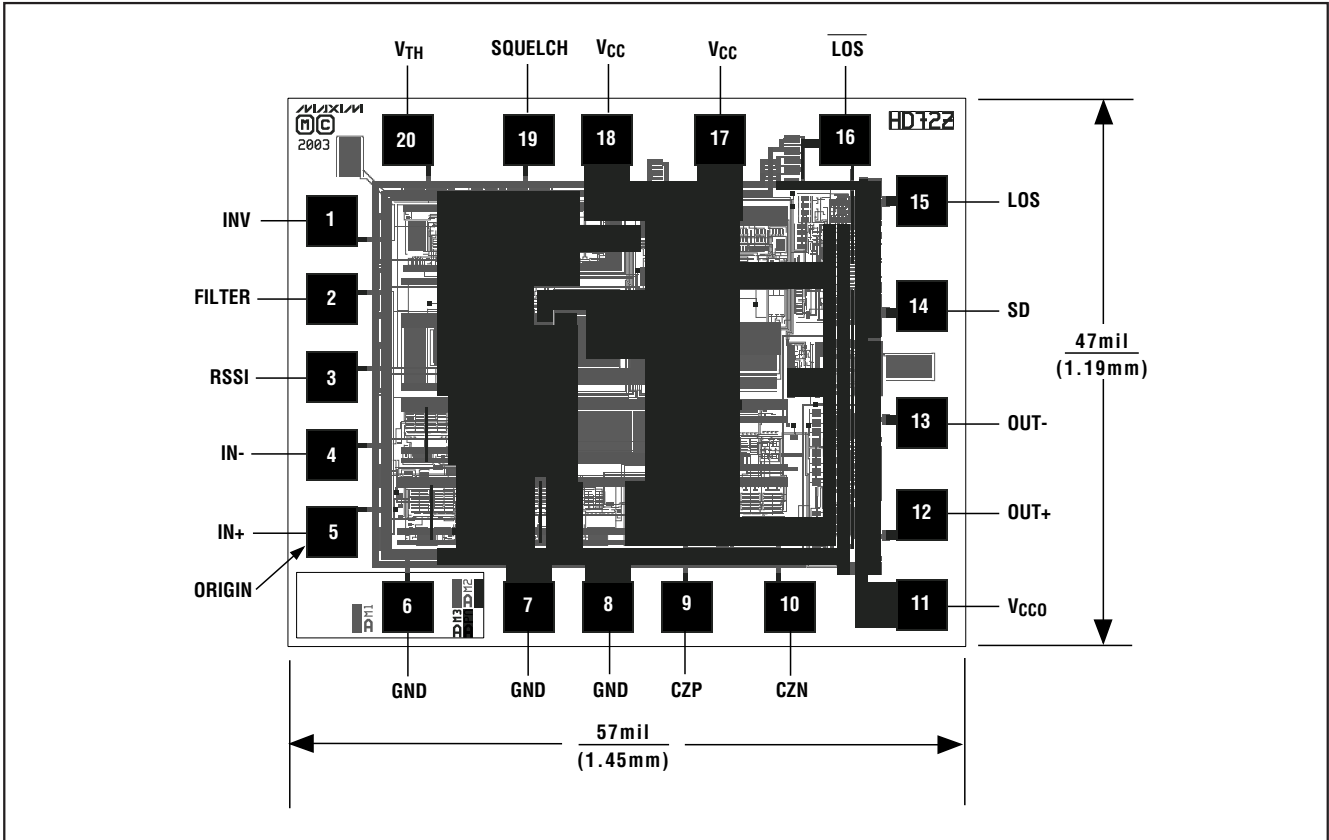
PROCESS: Silicon Bipolar

DIE THICKNESS: 16 mils

200Mbps SFP限幅放大

芯片拓扑结构

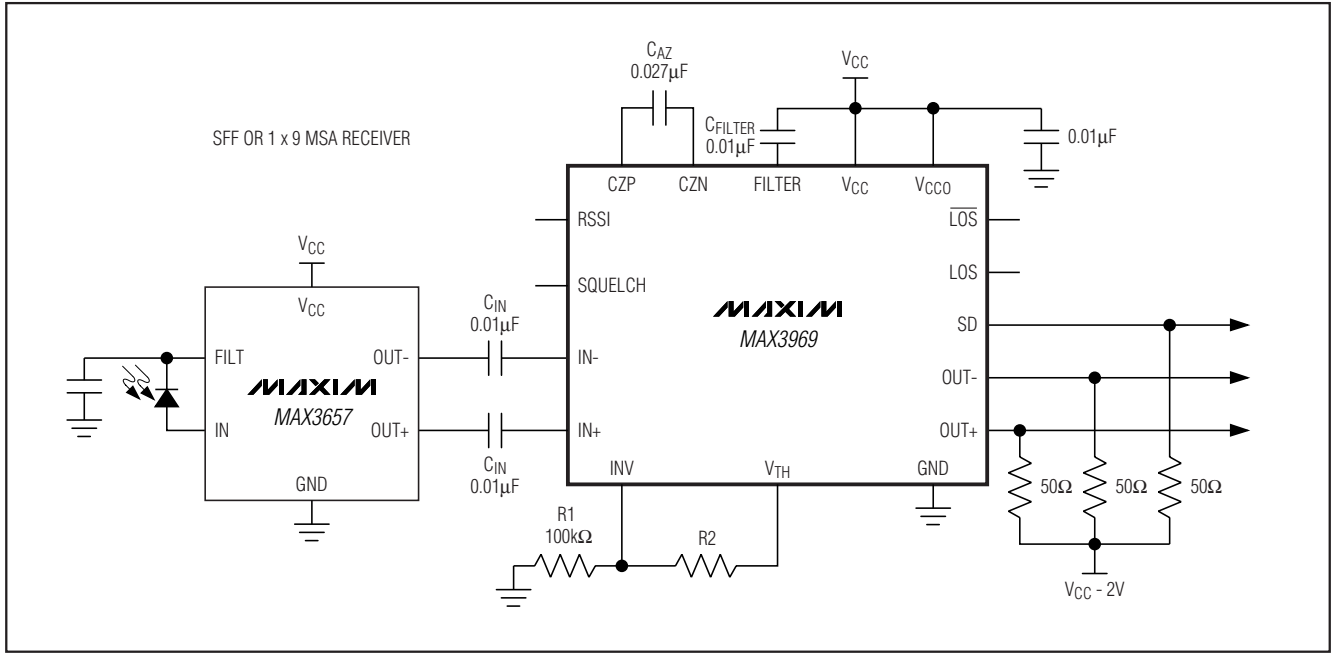
MAX3969



200Mbps SFP 限幅放大

MAX3969

典型应用电路 (续)

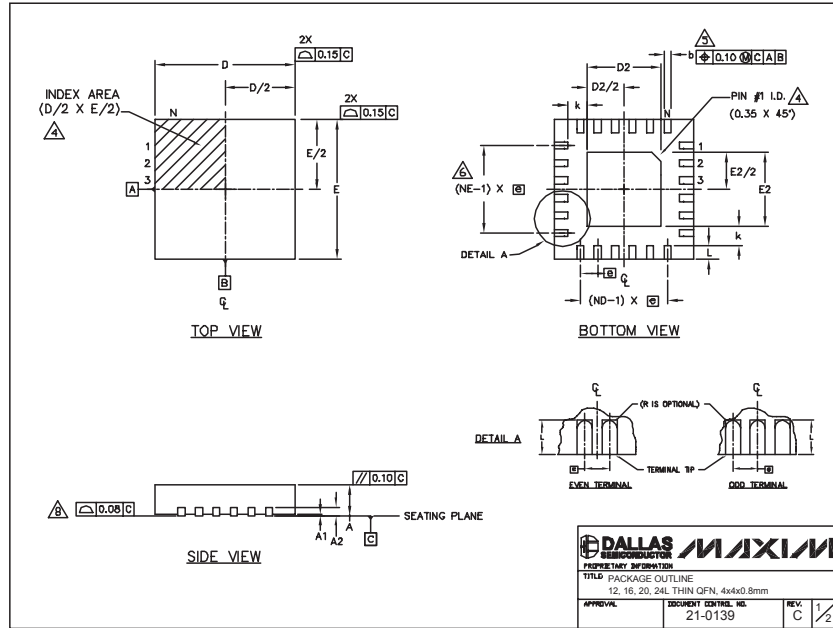


200Mbps SFP 限幅放大

封装信息

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格, 如需最近的封装外型信息, 请查询 www.maxim-ic.com/packages。)

MAX3969



PKG REF.	12L 4x4				16L 4x4				20L 4x4				24L 4x4			
	MIN.	NDM.	MAX.		MIN.	NDM.	MAX.		MIN.	NDM.	MAX.		MIN.	NDM.	MAX.	
A	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	
AL	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	
A2	0.20 REF				0.20 REF				0.20 REF				0.20 REF			
b	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	
D	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	
E	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	
e	0.80 BSC				0.65 BSC				0.50 BSC				0.50 BSC			
k	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	
L	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50				
N	32				16				20				24			
ND	2				4				5				6			
NE	2				4				5				6			
JeDEC Var.	VGG8				WG8C				VGG8-1				WG8D-2			

PKG CODES	D2			E2			BOVN/REMS ALLOWED
	MIN.	NDM.	MAX.	MIN.	NDM.	MAX.	
T1244-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO
T1244-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES
T1244-4	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO
T1644-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO
T1644-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES
T1644-4	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO
T2044-1	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO
T2044-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES
T2044-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO
T2444-1	2.45	2.60	2.63	2.45	2.60	2.63	NO
T2444-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES
T2444-3	2.45	2.60	2.63	2.45	2.60	2.63	YES
T2444-4	2.45	2.60	2.63	2.45	2.60	2.63	NO

NOTES:

- DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
- N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
- THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 95-1 SFP-012. DETAILS OF TERMINAL #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE.
- DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.
- ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
- DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
- COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
- DRAWING CONFORMS TO JEDEC M0220, EXCEPT FOR T2444-1, T2444-3 AND T2444-4.

PROPERTY INFORMATION

TITLE PACKAGE OUTLINE
12, 16, 20, 24L THIN QFN, 4x4x0.8mm

APPROVAL

SECURITY CONTROL NO.
21-0139

REV. C 2/2

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。

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