

# 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

## 概述

MAX3658是一款用于工作速率最高 622Mbps的接收器的互阻前置放大器。低噪声、高增益及低功耗等特性使其特别适用于光纤接入及小型收发器。

MAX3658具有 45nA等效输入噪声、18k $\Omega$ 互阻增益、580MHz带宽以及 2mA<sub>P-P</sub>的输入过载能力。MAX3658采用+3.3V单电源工作，仅消耗 66mW功率。它借助一个集成滤波电阻可为光电二极管提供正偏置。这些特性，再加上极小的裸片尺寸，使 MAX3658非常容易与光电二极管一起装配到 TO-46光学头中。MAX3658同时还包含有一个平均光电流监视器。

MAX3658的典型光灵敏度为 -33dBm (0.9A/W)，超过 B类 APON的要求。其典型光过载为1dBm。MAX3658以裸片形式供货，并有两种输出极性的版本 (MAX3658A及 MAX3658B)。MAX3658A也能以 3mm x 3mm、8引脚 TDFN封装供货。

## 应用

光接收器 (可工作至 622Mbps)

无源光网络

SFF/SFP收发器

FTTx收发器

## 关键特性

- ◆ 45nA<sub>RMS</sub>噪声, -33dBm灵敏度
- ◆ 18.3k $\Omega$ 互阻增益
- ◆ 580MHz带宽
- ◆ 2mA<sub>P-P</sub>输入过载, 1dBm过载
- ◆ 66mW功耗
- ◆ 3.3V工作电源
- ◆ 平均光电流监视器

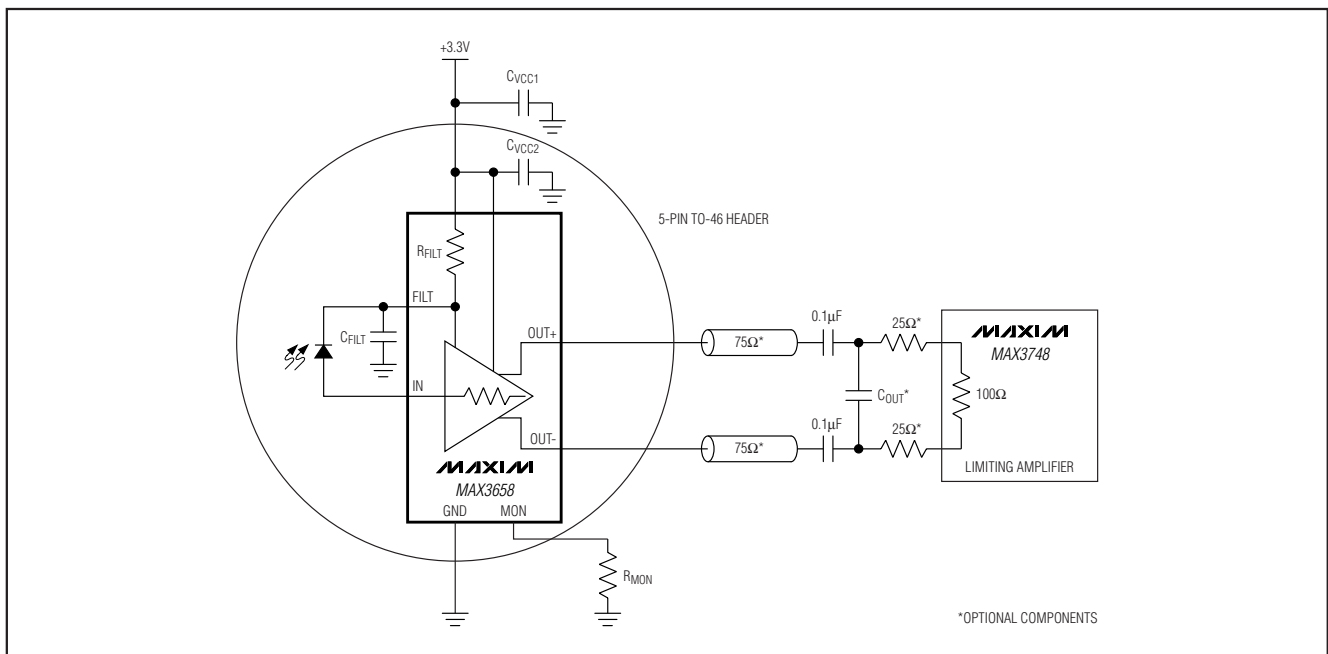
## 订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	PKG CODE
MAX3658AETA	-40°C to +85°C	8 TDFN (3mm x 3mm)	T833-1
MAX3658AE/D	—	Dice*	—
MAX3658BE/D	—	Dice*	—

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

引脚配置见本数字资料末尾。

## 典型工作电路



# 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) ..... -0.5V to +4.2V  
 Current into  $I_{IN}$  ..... +5mA  
 Voltage at  $OUT+$ ,  $OUT-$  ..... ( $V_{CC} - 1.2V$ ) to ( $V_{CC} + 0.5V$ )  
 Voltage  $FILT$ ,  $MON$  ..... -0.5V to ( $V_{CC} + 0.5V$ )  
 Continuous Power Dissipation ( $T_A = +85^\circ C$ )  
 8-Lead TDFN (derate 24.4mW/ $^\circ C$  above  $+85^\circ C$ ) ..... 1951.2mW

Operating Temperature Range .....  $-40^\circ C$  to  $+85^\circ C$   
 Operating Junction Temperature Range (die) .....  $-40^\circ C$  to  $+150^\circ C$   
 Storage Temperature Range .....  $-55^\circ C$  to  $+150^\circ C$   
 Die Attach Temperature .....  $+400^\circ C$   
 Lead Temperature (soldering, 10s) .....  $+300^\circ C$

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.

## DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{CC} = +2.97V$  to  $+3.63V$ ,  $150\Omega$  load between  $OUT+$  and  $OUT-$ ,  $T_j = -40^\circ C$  to  $+100^\circ C$ . Typical values are at  $V_{CC} = +3.3V$  and  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	$I_{CC}$			20	26	mA
Input Bias Voltage	$V_{IN}$	$I_{IN} = 1\mu A$		0.83	1.0	V
Transimpedance Linear Range		$0.95 < \text{linearity} < 1.05$	4			$\mu A/P$
Small-Signal Transimpedance	$Z_{21}$	$I_{IN} < 2\mu A/P$	15.7	18.3	20.9	$k\Omega$
Output Common-Mode Voltage		AC-coupled output		$V_{CC} - 0.125$		V
Differential Output Offset	$\Delta V_{OUT}$	$I_{IN} = 1.3mA$		$\pm 2$		mV
Output Impedance	$Z_{OUT}$	Single ended	60	75	90	$\Omega$
Maximum Output Voltage	$V_{OUT(MAX)}$	$I_{IN} = 2mA/P$	150	240	400	mV $_P/P$
Filter Resistor	$R_{FILT}$	$I_{IN} = 4\mu A$	15	20	25	$k\Omega$
		$I_{IN} = 1.3mA$	300	500	700	$\Omega$
Offset-Correction Disable Threshold		Voltage applied at $FILT$		0.4		V
Input Resistance		$FILT = 0V$		400		$\Omega$
Nominal $MON$ Current Gain	$G_{MON}$	$I_{MON} / I_{IN}$ ( $I_{IN} = 1mA$ , $3.3V$ , $+25^\circ C$ )	0.8	1	1.2	A/A
$MON$ Output Voltage Range	$V_{MON}$		0		2.2	V
$MON$ Accuracy (Note 1)		$1\mu A \leq I_{IN} < 2\mu A$	-2.5		+2.5	dB
		$2\mu A \leq I_{IN} < 5\mu A$	-2		+2	
		$5\mu A \leq I_{IN} < 1mA$	-1.5		+1.5	

**Note 1:** Accuracy is defined as  $10\log(I_{MON} / I_{IN})$ .

# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

MAX3658

## AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{CC} = +2.97V$  to  $+3.63V$ ,  $150\Omega$  load between  $OUT+$  and  $OUT-$ ,  $C_{IN} = 0.5pF$  total,  $C_{FILT} = 400pF$ ,  $C_{VCC2} = 1nF$ ,  $T_j = -40^\circ C$  to  $+100^\circ C$ ,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ . Typical values are at  $V_{CC} = +3.3V$  and  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted. AC characteristics are guaranteed by design and characterization.)

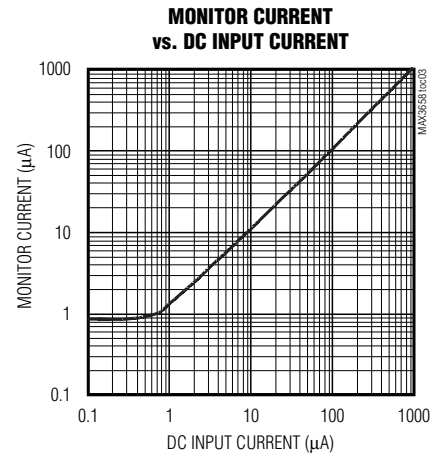
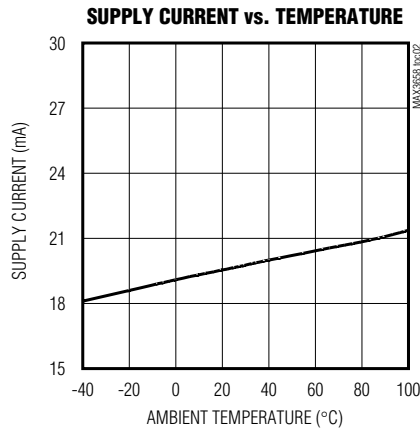
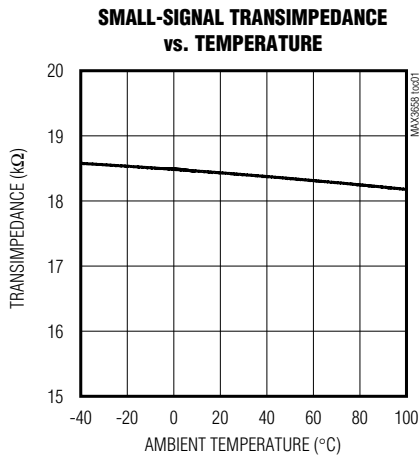
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Bandwidth	BW	(Note 2)	435	580		MHz
Input-Referred Noise	$i_n$	BW = 467MHz		45	55	nARMS
Noise Density		BW = 467MHz		2.1		pA/ $\sqrt{Hz}$
Low-Frequency Cutoff		$I_{IN} = 1\mu A$			30	kHz
Deterministic Jitter (Note 3)	DJ	$2\mu A_{P-P} \leq I_{IN} < 10\mu A_{P-P}$			150	psP-P
		$10\mu A_{P-P} \leq I_{IN} < 2mA_{P-P}$			260	
Optical Overload	PIN(MAX)	1.0A/W photodiode at 622 Mbps		+1		dBm
		1.0A/W photodiode at 155 Mbps		-7.2		
Optical Sensitivity	PIN(MIN)	0.9A/W photodiode		-33		dBm

**Note 2:** -3dB bandwidth is measured relative to the gain at 10MHz.

**Note 3:** Measured using a pattern equivalent to  $2^{23} - 1$  PRBS with 72 CIDs at 622Mbps.

## 典型工作特性

( $V_{CC} = +3.3V$ ,  $C_{IN} = 0.5pF$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

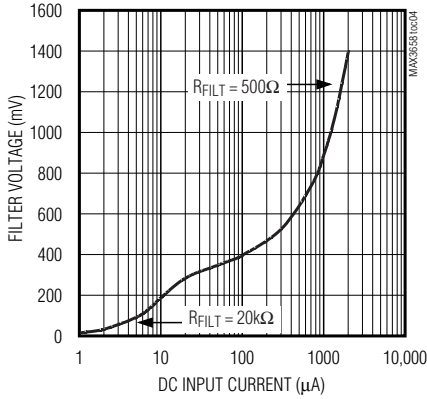


# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

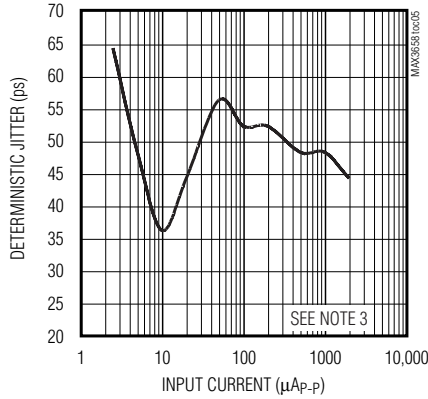
典型工作特性 (续)

(VCC = +3.3V, CIN = 0.5pF, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

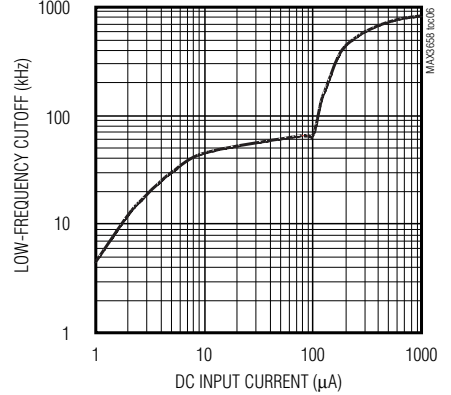
**FILTER VOLTAGE vs. DC INPUT CURRENT**



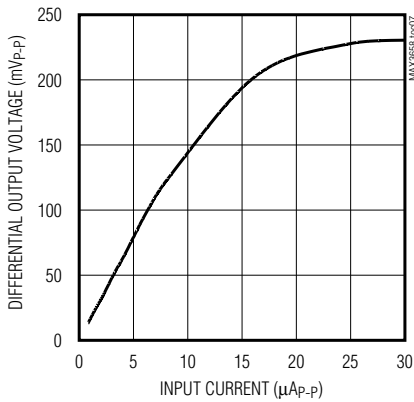
**DETERMINISTIC JITTER vs. INPUT CURRENT AMPLITUDE**



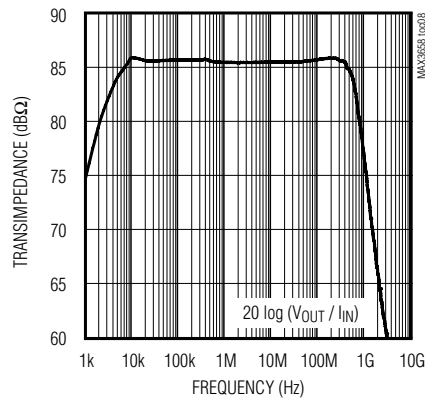
**SMALL-SIGNAL LOW-FREQUENCY CUTOFF vs. DC INPUT CURRENT**



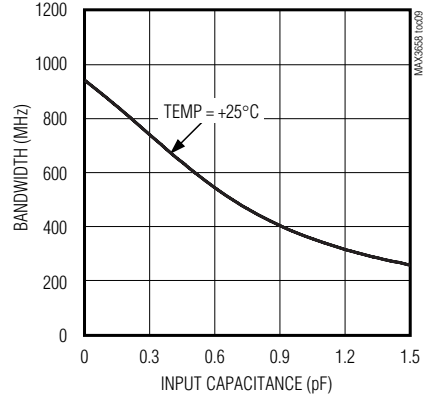
**DIFFERENTIAL OUTPUT VOLTAGE vs. INPUT CURRENT**



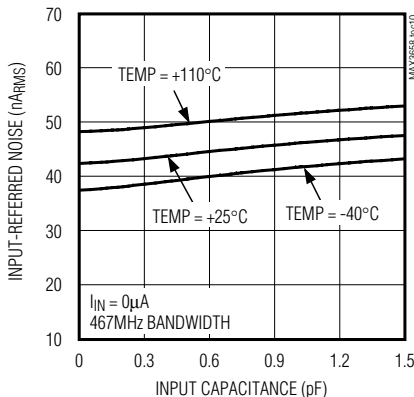
**FREQUENCY RESPONSE**



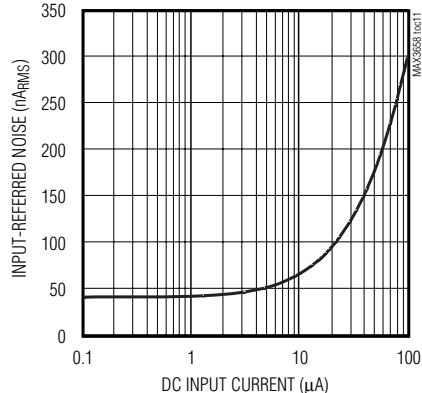
**BANDWIDTH vs. INPUT CAPACITANCE**



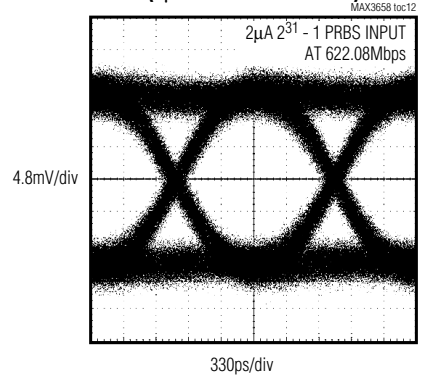
**INPUT-REFERRED RMS NOISE vs. INPUT CAPACITANCE**



**INPUT-REFERRED RMS NOISE vs. DC INPUT CURRENT**



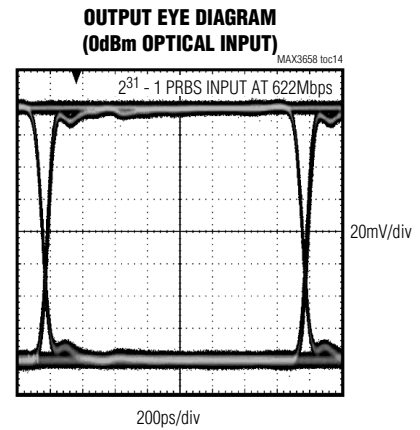
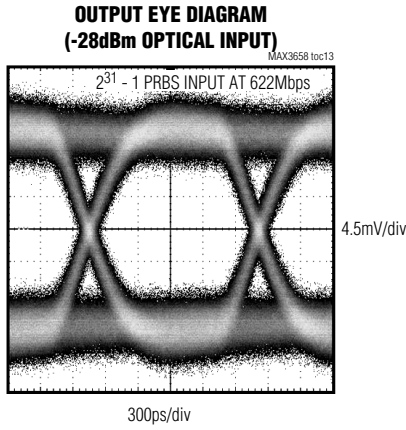
**OUTPUT EYE DIAGRAM (2µA ELECTRICAL INPUT)**



# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

典型工作特性 (续)

( $V_{CC} = +3.3V$ ,  $C_{IN} = 0.5pF$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

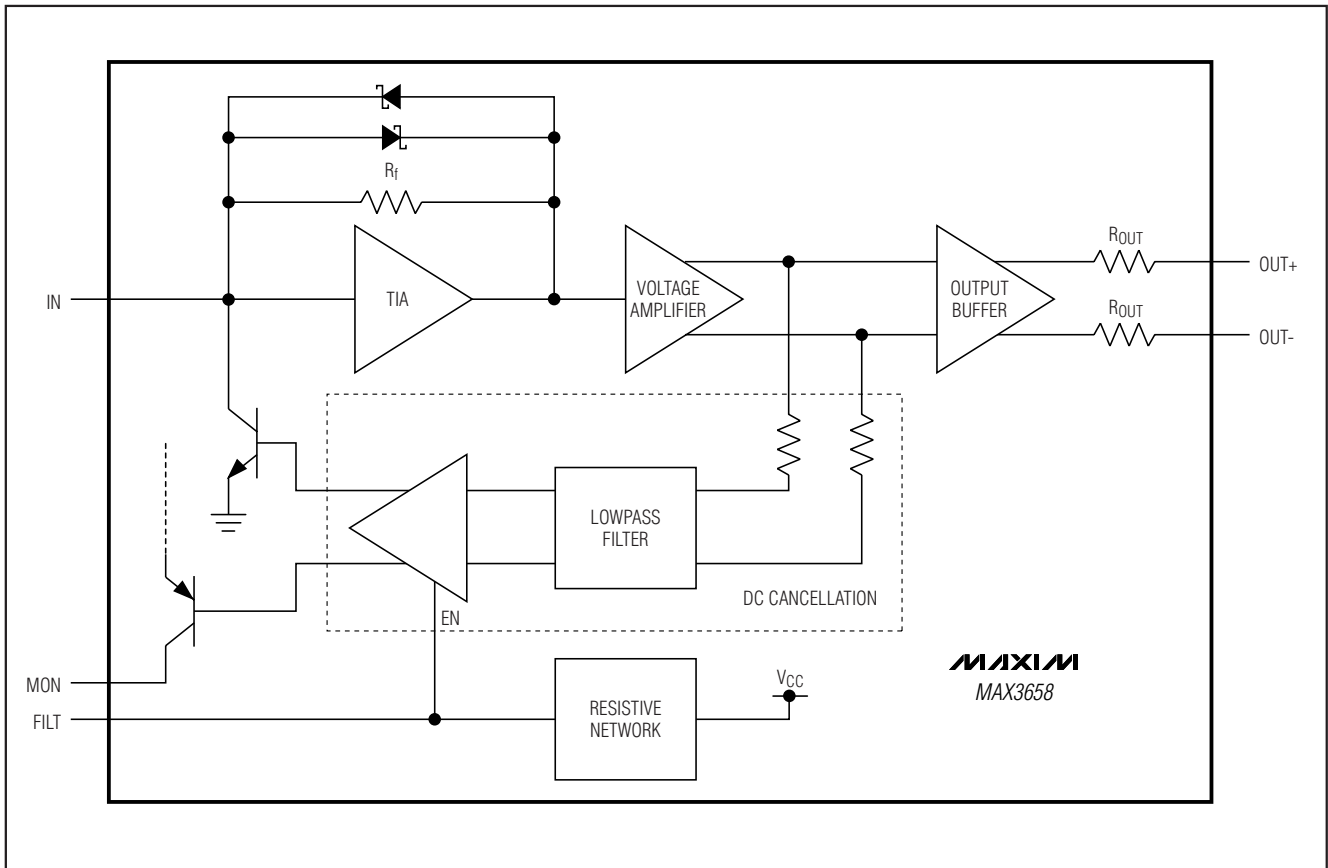


## 引脚说明

引脚	名称	功能
1	V <sub>CC</sub>	+3.3V工作电源
2	IN	信号输入，与光电二极管阳极连接。
3	FILT	可选滤波器连接。用来偏置光电二极管阴极。该引脚与V <sub>CC</sub> 之间通过一个内部电阻网络相连；在此引脚上连接一个去耦电容即形成一个滤波器(参见设计步骤部分)。如果不需要滤波器则使其开路。
4	MON	可选光电流监视器。这是一个电流输出引脚，在MON与地之间连接一个电阻即能对平均光电流进行监视。如果不需要监视器则可将此引脚悬空。
5, 8	GND	电路地
6	OUT+	75Ω数据输出正。增大输入电流可增加OUT+。
7	OUT-	75Ω数据输出负。增大输入电流可增加OUT-。

# 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

功能框图



## 详细说明

MAX3658 互阻放大器为 622Mbps 光纤应用而设计，它由互阻放大器、电压放大器、输出缓冲器、消直流电路及光电流监视器组成。

### 互阻放大器

输入引脚上的信号电流流入高增益放大器的相加节点。通过电阻  $R_f$  的并联反馈将该输入电流转换成电压，而肖特基二极管则用来钳位大输入电流的输出信号（见图 1）。

### 电压放大器

电压放大器用来提供额外增益，并将互阻放大器的单端输出转换成差分信号。

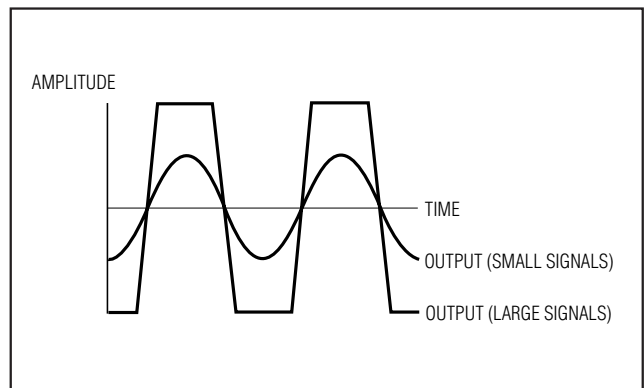


图 1. MAX3658 被限幅输出

# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

## 设计步骤

### 选择光电二极管

TIA 输入节点上的电容对噪声性能及带宽的影响正好相反。选择低电容光电二极管使该引脚上的总输入电容最小。MAX3658 已对 0.5pF 输入电容进行了优化。利用芯片及布线技术组装裸片形式的 MAX3658，可提供最低的输入电容及最佳的性能。

### 选择 $C_{FILT}$

光电二极管阴极上的电源电压噪声产生电流  $i = C_{PD} dv/dt$ ，它能降低接收器灵敏度（其中  $C_{PD}$  为光电二极管电容）。将 MAX3658 内的滤波电阻与外接电容结合使用，可减少电源噪声对性能的影响（参见典型工作电路）。电源噪声电压所产生的电流在  $C_{FILT}$  及  $C_{PD}$  之间分配。为获得良好的光灵敏度，可选择  $C_{FILT} \approx 400\text{pF}$ 。

### 选择电源滤波器

灵敏度很高的光接收器要求进行宽带电源去耦。电源旁路应能在  $V_{CC}$  与地之间，在 10kHz 至 700MHz 频率范围内提供低阻抗。可使用 LC 滤波器及屏蔽隔离 MAX3658 与噪声源。布线时应尽可能地使电源滤波器 ( $C_{VCC2}$ ) 靠近 MAX3658。

### 选择 $R_{MON}$

如果需要监视光电流，在 MON 与地之间连接一个电阻即可监视平均光电流。应选择最大  $R_{MON}$ ：

$$R_{MON} = \frac{2.2V}{I_{MONMAX}}$$

式中， $I_{MONMAX}$  为所观察到的最大平均输入电流。也可用电流表来监视 MON 引脚上的电流输出。

### 选择耦合电容

用 MAX3658 构建的接收器将具有带通响应特性。由耦合电容及负载电阻所产生的低频截止点为：

$$LFC_{TERM} = \frac{1}{2\pi \times R_{LOAD} \times C_{COUPLE}}$$

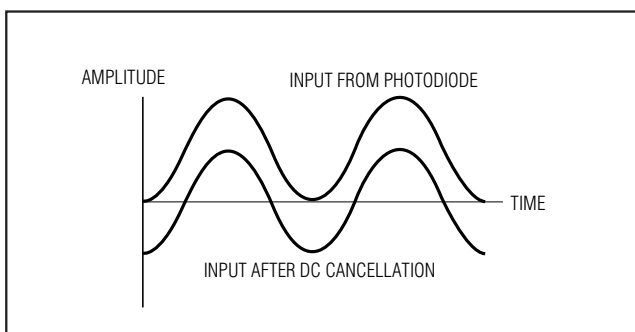


图 2. 消直流对输入的影响

### 输出缓冲器

输出缓冲器设计用来驱动  $OUT+$  与  $OUT-$  之间的  $150\Omega$  差分负载。为使电源噪声最小，MAX3658 应端接差分负载。MAX3658 的单端输出不能驱动直流耦合的接地负载，而应采用交流耦合或端接至  $V_{CC}$ 。如果要求单端输出，则应以类似方式端接使用及未使用的输出端（参见接口电路部分）。

### 消直流电路

消直流电路利用低频反馈来消除输入信号中的直流成分（图 2）。此特性可使输入信号位于互阻放大器线性范围中央，从而降低脉宽失真。

消直流电路是在内部进行补偿，不需要外接电容。此电路可使具有 50% 符号密度的数据序列的脉宽失真最小。如果符号密度与 50% 差异很大，则会使 MAX3658 产生脉宽失真。将 FILT 引脚接地可禁用消直流电路，标准工作模式下必须启用消直流电路。

消直流电流从输入端拉出，并会产生噪声。对于很少或完全没有直流成分的低电平信号，噪声增加并不明显。但直流成分较大的输入信号会增加放大器的噪声（参见典型工作特性）。

### 光电流监视器

MAX3658 还包含有平均光电流监视器。从 MON 流向地的电流近似等于 IN 引脚上的直流电流。

## 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

选择  $C_{COUPLE}$ ，使由负载电阻及耦合电容所产生的低频截止点远低于 MAX3658 的低频截止点。对于 SONET 数据，耦合电容应选择  $0.1\mu\text{F}$  或更大。对于最小抖动，则建议选择  $1.0\mu\text{F}$ 。有关交流耦合电容选择的详细讨论，请参见应用笔记 HFAN-1.1—“Choosing AC-Coupling Capacitors”。

### 选择输出滤波器

采用  $0.5\text{pF}$  输入电容，在 TIA 和量化器/限幅放大器之间增加一个滤波器可提高输入灵敏度。MAX3658 的典型带宽为  $580\text{MHz}$ ，最高期望带宽则为  $730\text{MHz}$ 。

### 布局考虑

图 3 提供了一个用于 4 引脚和 5 引脚 TO 光学头的推荐布局。

### 焊线

为实现高电流密度及可靠工作，MAX3658 采用金互连工艺。为获得最佳结果，采用金线球压焊技术，在进行压焊时要十分小心。器件裸片尺寸为  $52\text{ mils} \times 29\text{ mils}$  (即  $1.32\text{mm} \times 0.736\text{mm}$ )，厚度为  $15\text{ mils}$  ( $380\mu\text{m}$ )。焊盘钝化层开口尺寸为  $75\mu\text{m}$ ，焊盘金属厚度为  $5\mu\text{m}$ 。有关焊盘坐标的更多信息，请参见 Maxim 应用笔记 HFAN-08.0.1—*Understanding Bonding Coordinates and Physical Die Size*。

### 应用信息

#### 光功率关系

MAX3658 的多项指标与输入信号幅度有关。当与光接收器配合使用时，输入有时是用平均光功率及消光比来表示。图 4 及表 1 中所显示的关系，在使用 MAX3658 来进行设计时，有助于将光功率转换为输入信号。

#### 光灵敏度计算

MAX3658 的等效输入 RMS 噪声电流 ( $i_n$ ) 通常决定了光接收器的灵敏度。为获得  $1\text{E-}10$  的系统误码率 (BER)，要求信噪比必须大于 12.7。故可按下式来估算用平均功率表示的输入灵敏度：

$$\text{SENSITIVITY} = 10 \log \left( \frac{12.7 \times i_n \times (r_e + 1)}{2 \times \rho \times (r_e - 1)} \times 1000 \right) \text{dBm}$$

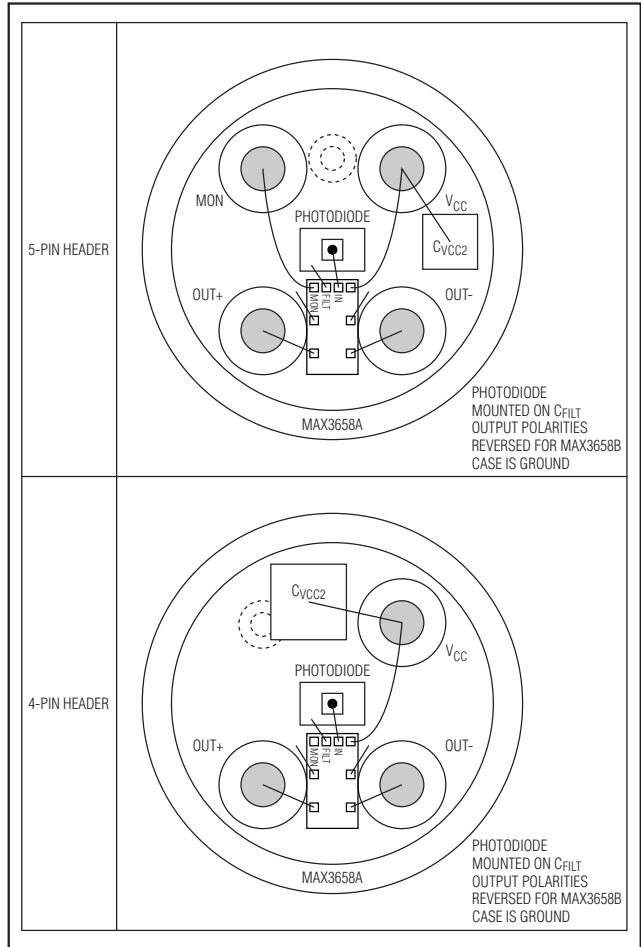


图 3. 建议的 TO 头布局

表 1. 光功率关系\*

PARAMETER	SYMBOL	RELATION
Average Power	$P_{AVG}$	$P_{AVG} = \frac{P_0 + P_1}{2}$
Extinction Ratio	$r_e$	$r_e = \frac{P_1}{P_0}$
Optical Power of a 1	$P_1$	$P_1 = 2P_{AVG} \frac{r_e}{r_e + 1}$
Optical Power of a 0	$P_0$	$P_0 = \frac{2P_{AVG}}{r_e + 1}$
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%



# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

MAX3658

## 光线性范围

MAX3658拥有高增益，并可对大输入信号的输出进行限幅。MAX3658在输入不超过以下功率时工作于线性区：

$$\text{LINEAR RANGE} = 10\log\left(\frac{4\mu\text{A} \times (r_e + 1)}{2 \times \rho \times (r_e - 1)} \times 1000\right) \text{dBm}$$

例如，当光电二极管的响应度为 0.9A/W 及消光比为 10 时，其线性工作范围为：

$$\begin{aligned} \text{LINEAR RANGE} &= 10\log\left(\frac{4\mu\text{A} \times 11}{2 \times 0.9 \times 9} \times 1000\right) \text{dBm} \\ &= -25\text{dBm} \end{aligned}$$

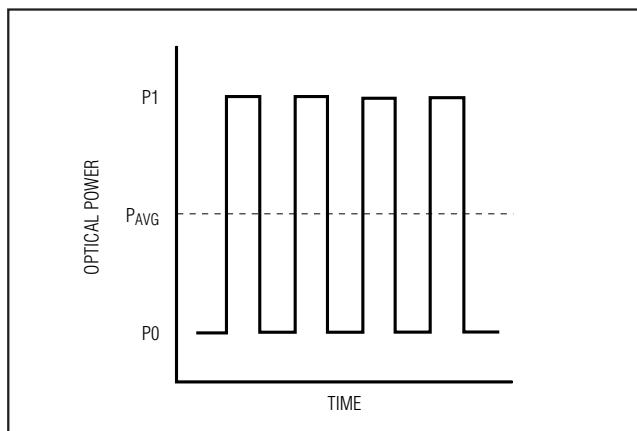


图 4. 光功率关系

其中， $\rho$  为以 A/W 为单位的光电二极管响应度， $i_n$  为以安培为单位的 RMS 噪声电流。例如，当光电二极管响应度为 0.9A/W，消光比为 10，等效输入噪声为 45nA 时，MAX3658 的灵敏度为：

$$\begin{aligned} \text{SENSITIVITY} &= 10\log\left(\frac{12.7 \times 45\text{nA} \times 11}{2 \times 0.9\text{A/W} \times 9} \times 1000\right) \text{dBm} \\ &= -34\text{dBm} \end{aligned}$$

根据不同的电源噪声、输出滤波器、限幅放大器灵敏度及其他因素，实际结果可能会相应有所不同（参见应用笔记 HFAN-3.0.0—*Accurately Estimation Optical Receiver Sensitivity*）。

配合 MAX3748，Maxim 器件可获得 -33dBm 的典型灵敏度。

## 输入光过载

过载是指在满足脉宽失真指标的条件下，MAX3658 可接受的最大输入。光过载可用平均功率表示并按下式来计算：

$$\text{OVERLOAD} = 10\log\left(\frac{2\text{mA}}{2 \times \rho} \times 1000\right) \text{dBm}$$

例如，如果光电二极管响应度为 1.0A/W，则输入过载为 0dBm。

## 接口电路

### 等效输出接口

MAX3658 拥有带 75Ω 端接电阻 (150Ω 差分) 的差分输出结构。图 5 为输出接口的简化电路图。常用测试设备一般被设计成 50Ω 单端端接 (100Ω 差分)。图 6a 及图 6b 为 MAX3658 的两种接口电路图。

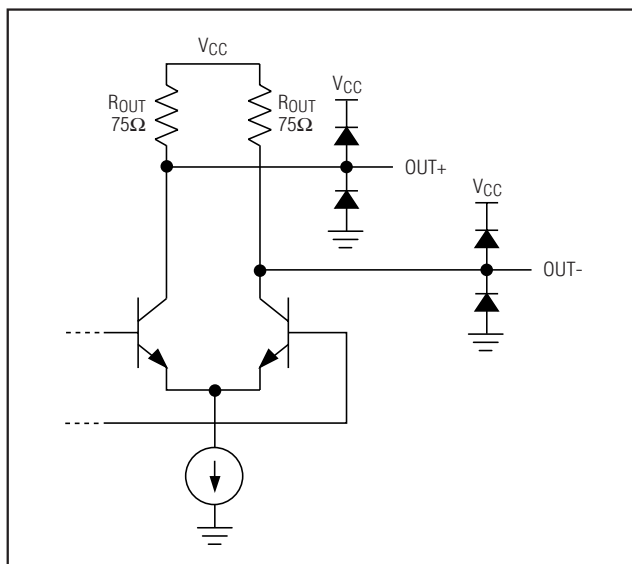


图 5. 等效输出接口

# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

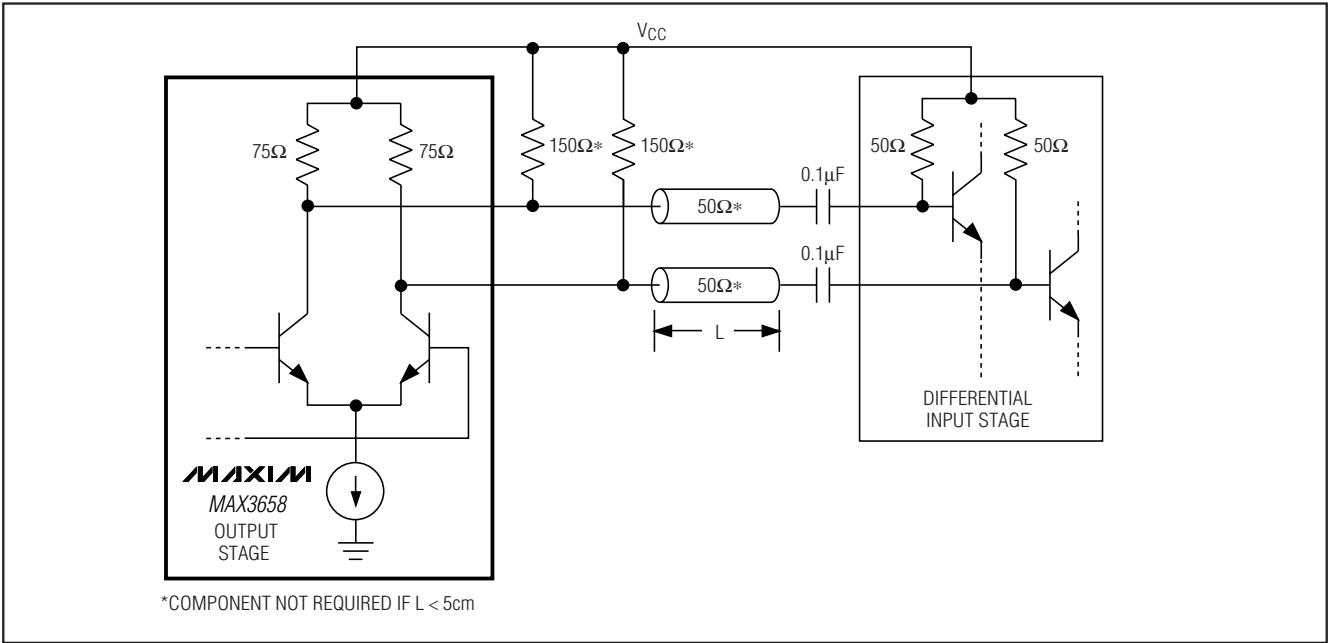


图 6a. 50Ω 交流耦合接口

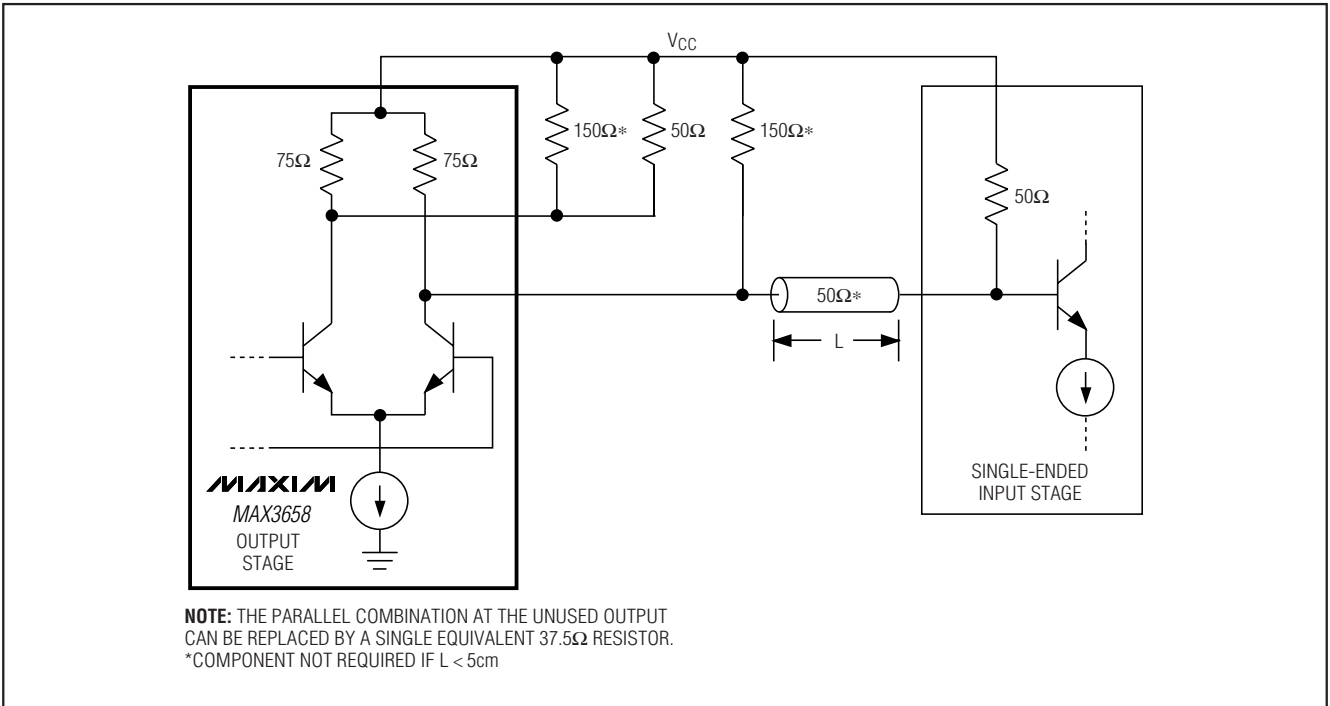


图 6b. 50Ω 直流耦合单端输出接口

# 622Mbps、低噪声、高增益互阻前置放大器

MAX3658

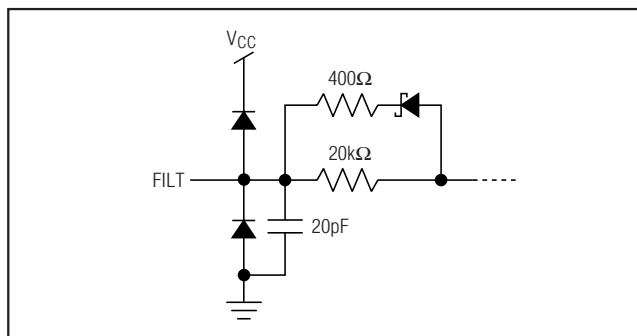


图 7. FILT 接口

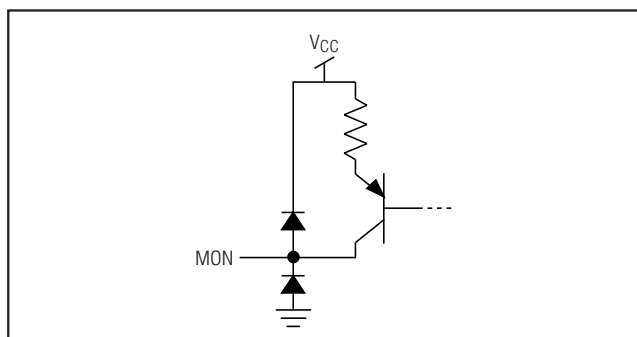


图 8. MON 接口

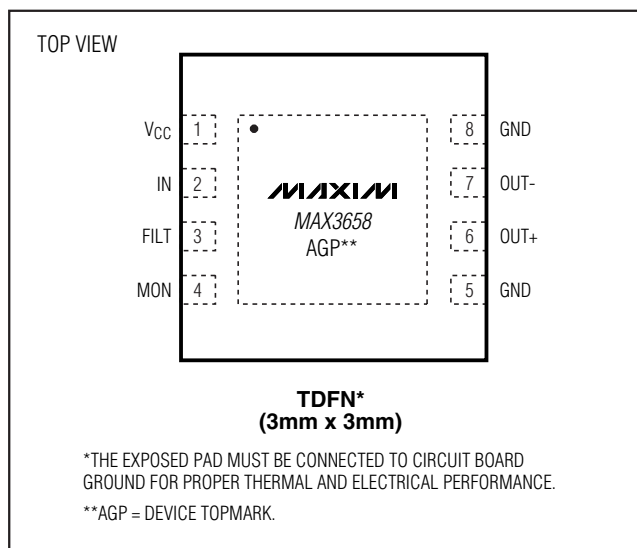
## 焊盘坐标

表 2 列出了 MAX3658 焊盘的中心点坐标。有关焊盘坐标的更多信息请参见应用笔记 HFAN-8.0.1—*Understanding Bonding Coordinates and Physical Die Size*。

表 2. 焊盘信息

PAD	NAME		COORDINATES (μm)	
	MAX3658A	MAX3658B	X	Y
BP1	MON	MON	16.6	818.6
BP2	GND	GND	18.0	543.4
BP3	N.C.	N.C.	18.0	425.8
BP4	OUT+	OUT-	16.6	39.4
BP5	OUT-	OUT+	445.0	39.4
BP6	N.C.	N.C.	456.2	155.6
BP7	GND	GND	455.0	565.8
BP8	VCC	VCC	455.0	818.6
BP9	IN	IN	254.6	818.6
BP10	FILT	FILT	135.6	818.6

## 引脚配置



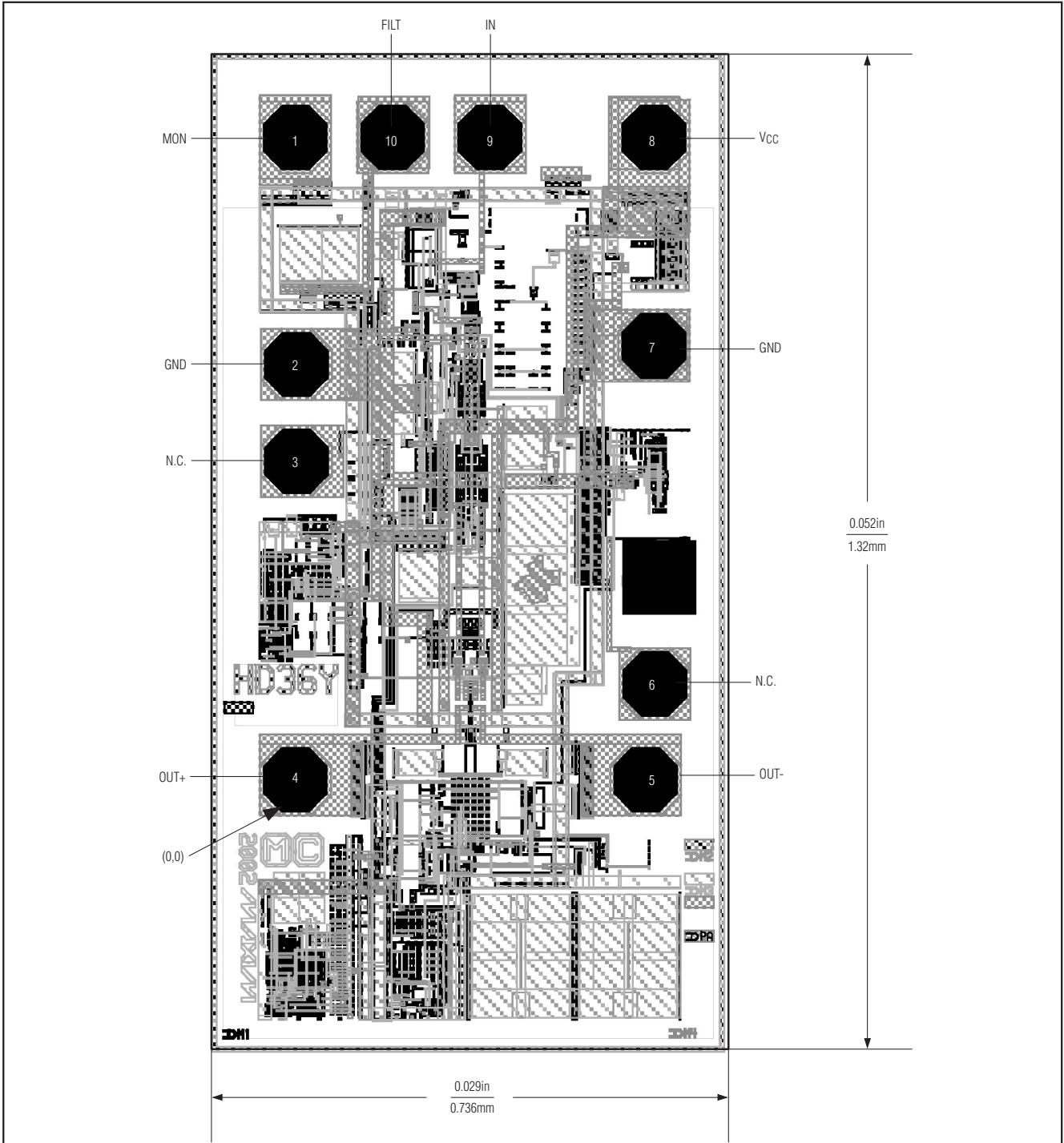
## 芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 833

PROCESS: GST-4

# 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

芯片拓扑  
MAX3658A拓扑

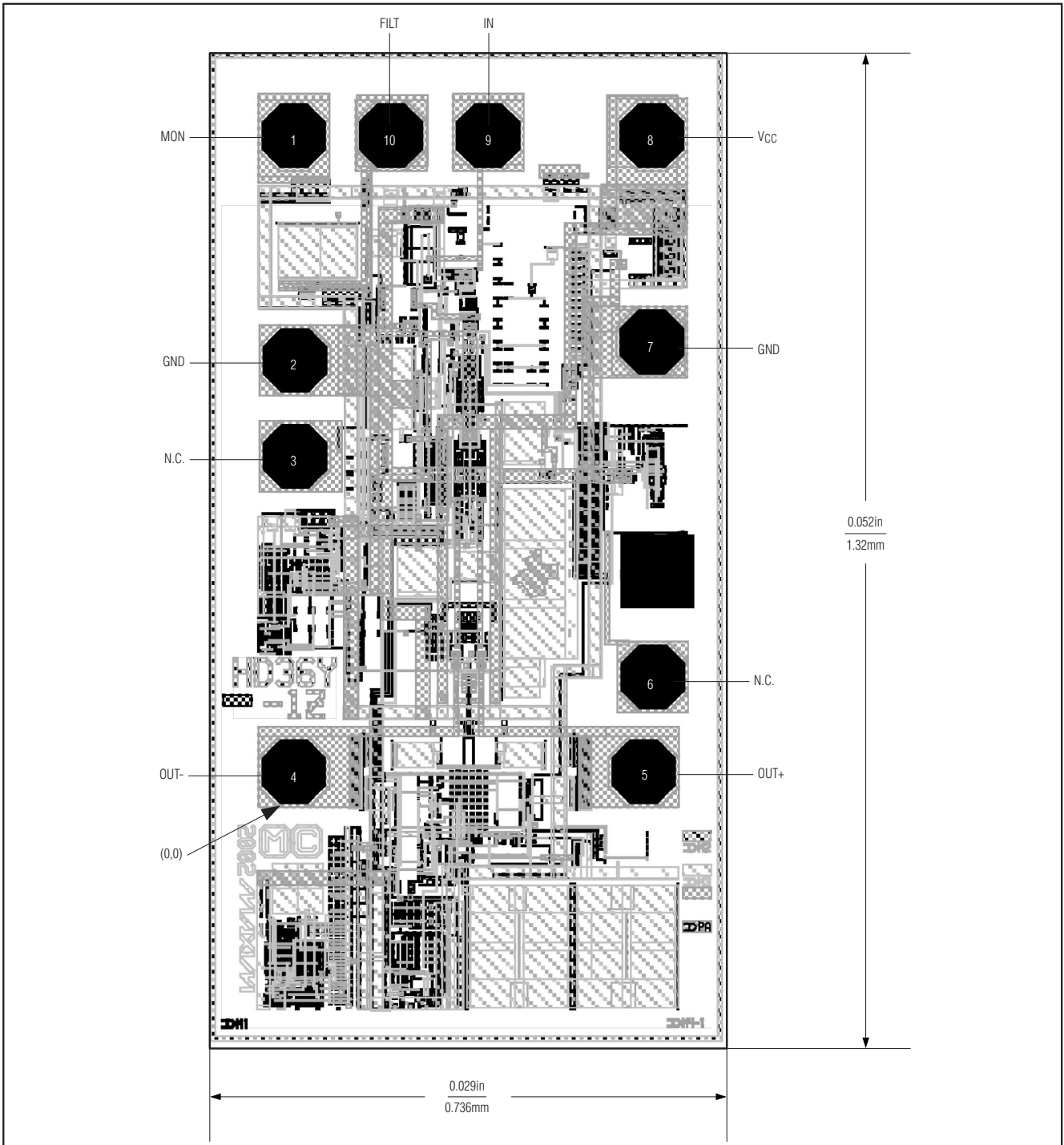


# 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

芯片拓扑 (续)

MAX3658B拓扑

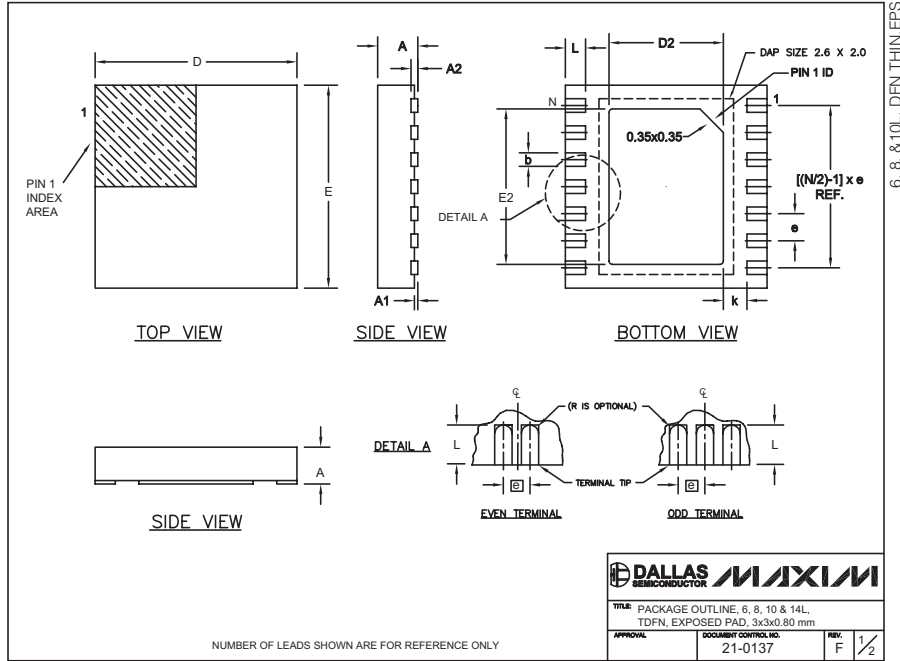
MAX3658



# 622Mbps、低噪声、 高增益互阻前置放大器

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](http://www.maxim-ic.com/packages)。)



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。

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