

MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

概述

MAX3948是3.3V、多速率、低功耗激光二极管驱动器，设计用于以太网、光纤通道和SONET传输系统，数据速率高达11.3Gbps。该器件优化用于驱动带有25Ω柔性电路的差分发送器光学组件(TOSA)。独特的输出级设计使驱动器能够通过直流耦合连接不匹配的TOSA，使功耗降低多达100mW。

MAX3948采用内部电缆端接，可接收差分交流耦合信号，能够以26ps的边沿速率(20%上升至80%)为5Ω外部差分负载提供高达85mA的激光调制电流，利用输出级内部背向端接匹配电阻建立宽带全差分信号通路，可使能均衡模块补偿SFP+/QSFP+主连接器的损耗。内部集成的直流电路提供高达61mA的可编程激光器直流电流。通过单个引脚可禁止激光器的直流电流发生器和激光器调制器。

器件提供了一个专用引脚(VSEL)，在多路驱动应用中用于配置多达四个器件地址。

3线数字接口减少了引脚数量，无需外部元件即可调整输入均衡、极性、输出去加重、调制电流以及直流电流。MAX3948采用3mm x 3mm、16引脚TQFN封装，工作在-40°C至+95°C较宽的温度范围。

应用

40GBASE-LR4 QSFP+光收发器
10GBASE-LR SFP+光收发器
10GBASE-LRM SFP+光收发器
OC192-SR SFP+SDH/SONET收发器

优势与特性

- ◆ 功耗最低
 - ◇ 3.3V供电时(LD_{MOD} = 40mA, LD_{DC} = 20mA)，IC典型功耗为168mW
 - ◇ 3.3V供电时(LD_{MOD} = 40mA, LD_{DC} = 20mA，发射器总功耗383mW
 - ◇ SFP+模块最大总功耗 < 1W
 - ◇ QSFP+模块最大总功耗 < 2.5W
- ◆ 节省电路板空间
 - ◇ 3mm x 3mm微型封装
 - ◇ 激光器直流耦合接口减少外部元件数量
- ◆ 灵活性
 - ◇ 通过一个3线数字接口控制多达四颗MAX3948 IC
 - ◇ 高达85mA可编程调制电流(5Ω负载)
 - ◇ 高达61mA可编程直流电流(相当于高达100mA激光器偏置电流)
 - ◇ 可编程输入均衡和输出去加重
- ◆ 安全
 - ◇ 支持SFF-8431 SFP+ MSA和SFF-8472数字诊断
 - ◇ 集成带有可屏蔽故障条件的视觉保护功能
 - ◇ 直流电流监测器

[订购信息](#)在数据资料的最后给出。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{CC}, V_{CCT}	-0.3V to +4.0V	Current into TOUTC and TOUTA	+150mA
$ V_{CC} - V_{CCT} $	< 0.5V	Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)	
Voltage Range at TIN+, TIN-, DISABLE, SDA, SCL, CSEL, VSEL, FAULT, and BMON.....	-0.3V to V_{CC}	TQFN (derate 20.8mW/°C above +70°C).....	1666.7mW
Voltage Range at VOUT and TOUTC	0.4V to ($V_{CCT} - 0.4\text{V}$)	Storage Temperature Range	-55°C to +150°C
Voltage Range at TOUTA.....	($V_{CCT} - 1.3\text{V}$) to ($V_{CCT} + 1.3\text{V}$)	Die Attach Temperature	+400°C
Current Range into TIN+ and TIN-.....	-20mA to +20mA	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Current Range into VOUT	-2mA to +90mA	Soldering Temperature (reflow)	+260°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.

PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

TQFN

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA}) 48°C/W

Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) 10°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to china.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = V_{CCT} = 2.95\text{V}$ to 3.63V , $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+95^\circ\text{C}$; typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3\text{V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $LD_{DC} = 20\text{mA}$, $LD_{MOD} = 40\text{mA}$, and 14Ω single-ended electrical output load, unless otherwise noted. See [Figure 1](#) for electrical setup.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY						
Power-Supply Current	I_{CC}	Excludes output current through the external pullup inductors (Note 3)		51	62	mA
Power-Supply Voltage	V_{CCT}, V_{CC}		2.95		3.63	V
POWER-ON RESET						
V_{CC} for Enable High				2.55	2.75	V
V_{CC} for Enable Low			2.3	2.45		V
DATA INPUT SPECIFICATION						
Input Data Rate			1	10.3	11.3	Gbps
Differential Input Voltage	V_{IN}	Launch amplitude into FR4 transmission line $\leq 12\text{in}$, SET_TXEQ[1:0] = 01b, SET_TXEQ[1:0] = 11b	0.2		0.8	V_{P-P}
		SET_TXEQ[1:0] = 01b, SET_TXEQ[1:0] = 11b, outside of optimized range	0.15		1.0	
		SET_TXEQ[1:0] = 00b	0.15		1.0	
Common-Mode Input Voltage	V_{CM}			2.15		V
Differential Input Resistance	R_{IN}		75	100	125	Ω

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = V_{CCT} = 2.95V$ to $3.63V$, $T_A = -40^\circ C$ to $+95^\circ C$; typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, $I_{DC} = 20mA$, $I_{MOD} = 40mA$, and 14Ω single-ended electrical output load, unless otherwise noted. See [Figure 1](#) for electrical setup.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Differential Input S-Parameters (Note 4)	SCD11	$0.1GHz \leq f \leq 11.3GHz$		-40		dB
	SDD11	$f \leq 4.1GHz$		-19		
		$4.1GHz \leq f \leq 11.3GHz$		-16		
	SCC11	$1GHz \leq f \leq 11.3GHz$, $Z_{CM_SOURCE} = 25\Omega$		-15		
DC CURRENT GENERATOR (Note 5, Figure 3)						
Maximum DC DAC Current	I_{DCMAX}	Current into VOUT pin	50	61		mA
Minimum DC DAC Current	I_{DCMIN}	Current into VOUT pin			2.5	mA
DC-Off Current	I_{DC-OFF}				0.1	mA
DC DAC LSB Size				116		μA
DC DAC Integral Nonlinearity	INL	$2.5mA \leq I_{DC} \leq 50mA$		± 0.5		%FS
DC DAC Differential Nonlinearity	DNL	Guaranteed monotonic at 8-bit resolution, SET_IDC[8:1]		± 0.5		LSB
DC Current DAC Stability		$2.5mA \leq I_{DC} \leq 50mA$, $V_{VOUT} = V_{CCT} - 1.5V$ (Notes 6, 7)		1	4	%
DC Compliance Voltage at VOUT			$V_{CCT} - 2$	$V_{CCT} - 1.5$	$V_{CCT} - 1$	V
BMON Current Gain	G_{BMON}	$G_{BMON} = I_{BMON}/I_{DC}$, external resistor to GND defines voltage	15	16.7	20	mA/A
BMON Current Gain Stability		$2.5mA \leq I_{DC} \leq 50mA$, $V_{VOUT} = V_{CCT} - 1.5V$ (Notes 6, 7)		1.5	5	%
Compliance Voltage at BMON			0		1.8	V
LASER MODULATOR (Note 8)						
Maximum Laser Modulation Current	I_{MODMAX}	Current into TOUTC pin, 5Ω laser load, 6.25% deemphasis	85			mA_{P-P}
Minimum Laser Modulation Current	I_{MODMIN}	Current into TOUTC pin, 5Ω laser load, 6.25% deemphasis			10	mA_{P-P}
Modulation-Off Laser Current	$I_{MOD-OFF}$	Current into TOUTC pin			0.1	mA
Modulation DAC Full-Scale Current	I_{MOD-FS}		99.7	130		mA
Modulation DAC LSB Size				247		μA
Modulation DAC Integral Nonlinearity	INL			± 1		%FS
Modulation DAC Differential Nonlinearity	DNL	Guaranteed monotonic at 8-bit resolution, SET_IMOD[8:1]		± 0.5		LSB
TOUTA and TOUTC Instantaneous Output Compliance Voltage	V_{TOUTA}	With external inductive pullup to V_{CCT}	$V_{CCT} - 1$	$V_{CCT} + 1$		V
	V_{TOUTC}	With external inductive pullup to VOUT	0.6	$V_{CCT} - 1$		

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = V_{CCT} = 2.95V$ to $3.63V$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+95^{\circ}C$; typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^{\circ}C$, $LD_{DC} = 20mA$, $LD_{MOD} = 40mA$, and 14Ω single-ended electrical output load, unless otherwise noted. See [Figure 1](#) for electrical setup.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Modulation Output Termination	R_{OUT}		19	25	31	Ω
Modulation Current DAC Stability		$10mA \leq LD_{MOD} \leq 85mA$, $V_{VOUT} = V_{CCT} - 1.5V$ (Notes 6, 7)		1.5	4	%
Modulation Current Rise/Fall Time	t_R, t_F	20% to 80%, $10mA \leq LD_{MOD} \leq 85mA$ (Note 6)		26	36	ps
Deterministic Jitter (Note 6)	DJ	$10mA \leq LD_{MOD} \leq 85mA$, 8.5Gbps with K28.5 pattern		4		psp-p
		$10mA \leq LD_{MOD} \leq 85mA$, 10.3125Gbps (Note 9)		6	12	
		$10mA \leq LD_{MOD} \leq 85mA$, 11.3Gbps (Note 9)		8	13	
Random Jitter	RJ	$10mA \leq LD_{MOD} \leq 85mA$ (Note 6)		0.19	0.55	psRMS
Differential S-Parameters (Note 4)	SCC22	$0.1GHz \leq f \leq 4.1GHz$, $Z_{CM_SOURCE} =$ 12.5Ω		-10		dB
		$4.1GHz < f \leq 11.3GHz$, $Z_{CM_SOURCE} =$ 12.5Ω		-6		
	SDD22	$0.1GHz < f \leq 11.3GHz$, $Z_{DIFF_SOURCE} =$ 50Ω		-13		
SAFETY FEATURES						
Threshold Voltage at VOUT		Fault never occurs for $V_{VOUT} \geq V_{CCT} - 2V$, fault always occurs for $V_{VOUT} < V_{CCT} -$ $2.8V$, referenced to V_{CCT}	$V_{CCT} -$ 2.8		V_{CCT} - 2	V
		Fault never occurs for $V_{VOUT} \geq 1.7V$, fault always occurs for $V_{VOUT} < 1.35V$, referenced to GND, $SET_IMOD[8:6] = 111b$	1.35		1.7	
		Fault never occurs for $V_{VOUT} \geq 0.57V$, fault always occurs for $V_{VOUT} < 0.43V$, referenced to GND, $SET_IMOD[8:6] = 000b$	0.43		0.57	
Threshold Voltage at TOUTC		Fault never occurs for $V_{TOUTC} \geq 0.48V$, fault always occurs for $V_{TOUTC} < 0.35V$	0.35		0.48	V
Threshold Voltage at TOUTA		Fault never occurs for $V_{TOUTA} \geq V_{CCT} -$ $1.45V$, fault always occurs for $V_{TOUTA} <$ $V_{CCT} - 1.88V$	$V_{CCT} -$ 1.88		$V_{CCT} -$ 1.45	V
Threshold Voltage at V_{CCT}		Fault never occurs for $V_{CCT} \geq V_{CC} - 0.15V$, fault always occurs for $V_{CCT} < V_{CC} - 0.4V$	$V_{CC} -$ 0.4		$V_{CC} -$ 0.15	V

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = V_{CCT} = 2.95V$ to $3.63V$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+95^{\circ}C$; typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^{\circ}C$, $LD_{DC} = 20mA$, $LD_{MOD} = 40mA$, and 14Ω single-ended electrical output load, unless otherwise noted. See [Figure 1](#) for electrical setup.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TIMING REQUIREMENTS (Notes 5, 6, 8)						
Initialization Time	t_{INIT}	$LD_{DC} = 25mA$, $LD_{MOD} = 65mA$, DC and modulation DAC are both H0x00, time from TX_EN = high to LD_{DC} and LD_{MOD} at 90% of steady state		250		ns
DISABLE Assert Time	t_{OFF}	Time from rising edge of DISABLE input signal to LD_{DC} and LD_{MOD} at 10% of steady state (Note 6)		25	75	ns
DISABLE Negate Time	t_{ON}	Time from falling edge of DISABLE to LD_{DC} and LD_{MOD} at 90% of steady state (Note 6)		250	600	ns
FAULT Reset Time	$t_{RECOVER}$	Time from negation of latched fault using DISABLE to LD_{DC} and LD_{MOD} at 90% of steady state		250	600	ns
FAULT Assert Time	t_{FAULT}	Time from fault to FAULT = high, $C_{FAULT} \leq 20pF$, $R_{FAULT} = 4.7k\Omega$		0.7	3	μs
DISABLE to Reset Time		Time DISABLE must be held high to reset fault	4			μs
DIGITAL I/O SPECIFICATIONS (SDA, SCL, CSEL, FAULT, DISABLE)						
Input High Voltage	V_{IH}		1.8		V_{CC}	V
Input Low Voltage	V_{IL}		0		0.8	V
Input Hysteresis	V_{HYST}			80		mV
Input Capacitance	C_{IN}				5	pF
DISABLE Input Resistance	R_{PULL}	Internal pullup resistor	4.7	7.5	10	$k\Omega$
Input Leakage Current (DISABLE)	I_{IH}	Input connected to V_{CC}			10	μA
	I_{IL}	Input connected to GND		440	775	
Input Leakage Current (SDA)	I_{IH}	Input connected to V_{CC}	-2		+2	μA
	I_{IL}	Input connected to GND; internal pullup is $75k\Omega$ typical	35		75	
Input Leakage Current (SCL, CSEL)	I_{IH}	Input connected to V_{CC} ; internal pulldown is $75k\Omega$ typical	35		75	μA
	I_{IL}	Input connected to GND	-2		+2	
Output High Voltage (SDA, FAULT)	V_{OH}	External pullup is ($4.7k\Omega$ to $10k\Omega$) to V_{CC}	$V_{CC} - 0.1$			V
Output Low Voltage (SDA, FAULT)	V_{OL}	External pullup is ($4.7k\Omega$ to $10k\Omega$) to V_{CC}			0.4	V

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = V_{CCT} = 2.95V$ to $3.63V$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+95^{\circ}C$; typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^{\circ}C$, $LD_{DC} = 20mA$, $LD_{MOD} = 40mA$, and 14Ω single-ended electrical output load, unless otherwise noted. See [Figure 1](#) for electrical setup.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
3-WIRE DIGITAL INTERFACE TIMING CHARACTERISTICS (Figure 5)						
SCL Clock Frequency	f_{SCL}			400	1000	kHz
SCL Pulse-Width High	t_{CH}		500			ns
SCL Pulse-Width Low	t_{CL}		500			ns
SDA Setup Time	t_{DS}			100		ns
SDA Hold Time	t_{DH}			100		ns
SCL Rise to SDA Propagation Time	t_D			5		ns
CSEL Pulse-Width Low	t_{CSW}		500			ns
CSEL Leading Time Before the First SCL Edge	t_L			500		ns
CSEL Trailing Time After the Last SCL Edge	t_T			500		ns
SDA, SCL Load	C_B	Total bus capacitance on one line with $4.7k\Omega$ pullup to V_{CC}			20	pF
VSEL FOUR-LEVEL DIGITAL INPUT (Note 10, Table 2)						
Input Voltage High		3-wire address, ADDR[6:5] = 11b	$5/6V_{CC} + 0.2$		V_{CC}	V
Input Voltage Mid-High		3-wire address, ADDR[6:5] = 10b	$3/6V_{CC} + 0.2$	$2/3 \times V_{CC}$	$5/6V_{CC} - 0.2$	V
Input Voltage Mid-Low		3-wire address, ADDR[6:5] = 01b	$1/6V_{CC} + 0.2$	$1/3 \times V_{CC}$	$3/6V_{CC} - 0.2$	V
Input Voltage Low		3-wire address, ADDR[6:5] = 00b	0		$1/6V_{CC} - 0.2$	V

Note 2: Specifications at $T_A = -40^{\circ}C$ and $+95^{\circ}C$ are guaranteed by design and characterization.

Note 3: VOUT is connected to 1.9V. TOUTA is connected to V_{CCT} through pullup inductors, and TOUTC is connected to VOUT through pullup inductors.

Note 4: Measured with Agilent 8720ES + ATN-U112A and series RC (39Ω and $0.3pF$) between TOUTC and TOUTA ([Figure 1](#)).

Note 5: $LD_{DC} = I_{DC} + I_{MOD} \times (DE + R \times (1 - DE)/(50 + R)/2)$, where LD_{DC} is the effective laser DC current, I_{DC} is the DC DAC current, I_{MOD} is the modulation DAC current, DE is the deemphasis percentage, and R is the differential laser load resistance. Example: For $R = 5\Omega$ and $DE = 6.25\%$, $LD_{DC} = I_{DC} + 0.105 \times I_{MOD}$.

Note 6: Guaranteed by design and characterization.

Note 7: Stability is defined as $[(I_{MEASURED}) - (I_{REFERENCE})]/(I_{REFERENCE})$ over the listed current/temperature range and $V_{CCT} = V_{CC} = V_{CCREF} \pm 5\%$, $V_{CCREF} = 3.3V$. Reference current measured at V_{CCREF} and $T_{REF} = +25^{\circ}C$.

Note 8: $LD_{MOD} = I_{MOD} \times (1 - DE) \times 50/(50 + R)$, where LD_{MOD} is the effective laser modulation current, I_{MOD} is the modulation DAC current, DE is the deemphasis percentage, and R is the differential laser load resistance. Example: For $R = 5$ and $DE = 6.25\%$, $LD_{MOD} = 0.852 \times I_{MOD}$.

Note 9: Equivalent $2^{23} - 1$ PRBS pattern = $2^7 - 1$ PRBS + 72 zeros + $2^7 - 1$ PRBS + 72 ones.

Note 10: These limits are based on simulated values.

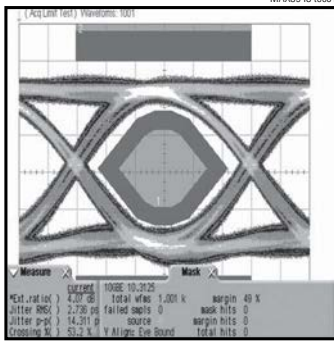
MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

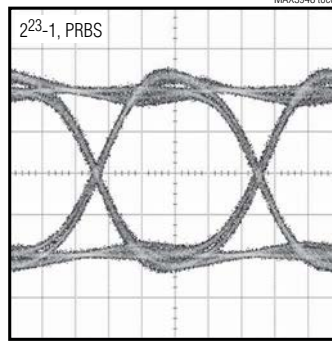
典型工作特性

(Typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, data pattern = $2^7 - 1$ PRBS + 72 zeros + $2^7 - 1$ PRBS (inverted) + 72 ones, unless otherwise noted.)

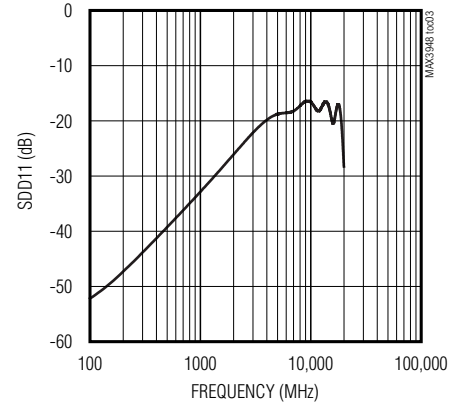
10.3Gbps OPTICAL EYE DIAGRAM



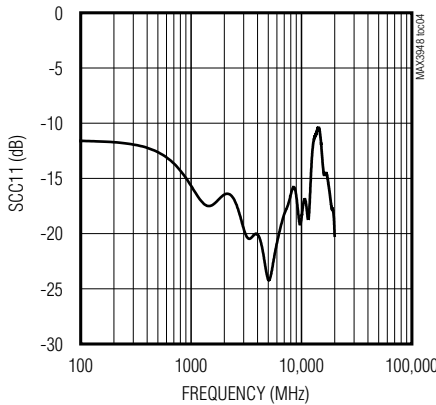
10.3Gbps ELECTRICAL EYE DIAGRAM



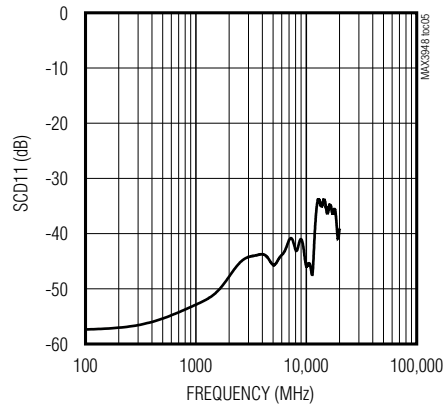
INPUT DIFFERENTIAL RETURN LOSS vs. FREQUENCY



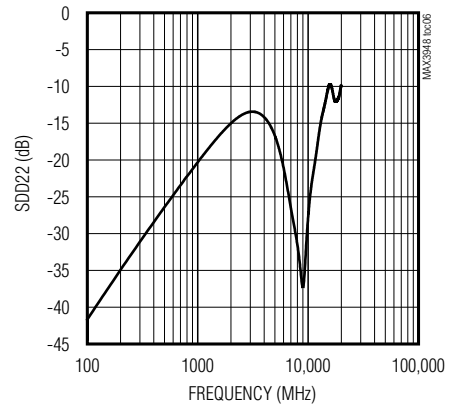
INPUT COMMON-MODE RETURN LOSS vs. FREQUENCY



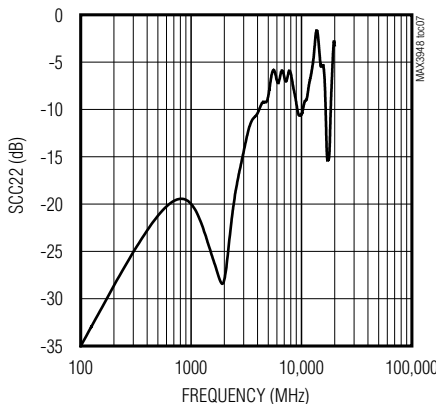
INPUT DIFFERENTIAL TO COMMON-MODE RETURN LOSS vs. FREQUENCY



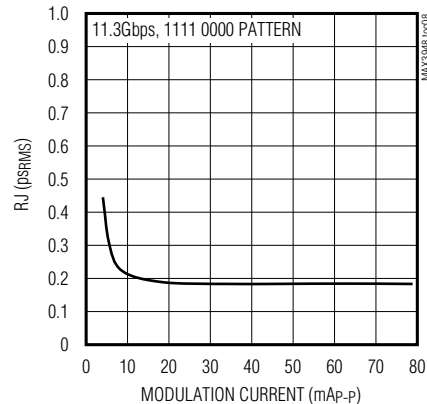
OUTPUT DIFFERENTIAL RETURN LOSS vs. FREQUENCY



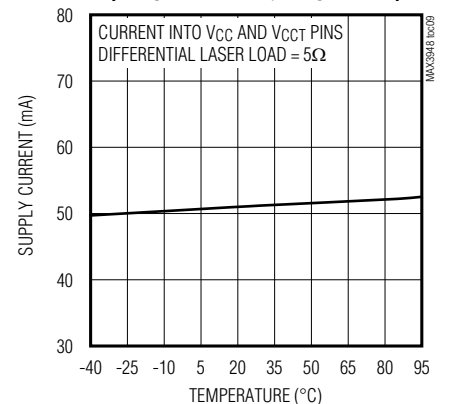
OUTPUT COMMON-MODE RETURN LOSS vs. FREQUENCY



RANDOM JITTER vs. MODULATION CURRENT (AT LOAD)



SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE (LD_{MOD} = 40mA_{P-P}, LD_{DC} = 20mA)

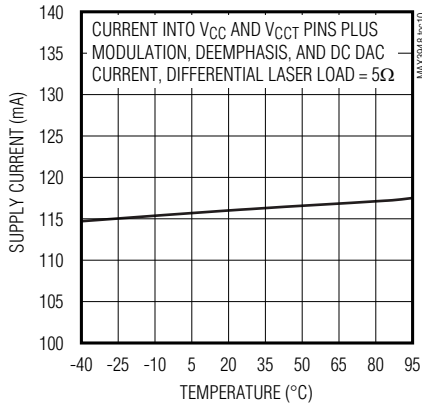


11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

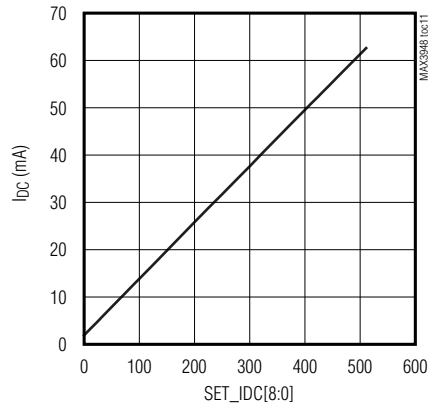
典型工作特性(续)

(Typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, data pattern = $2^7 - 1$ PRBS + 72 zeros + $2^7 - 1$ PRBS (inverted) + 72 ones, unless otherwise noted.)

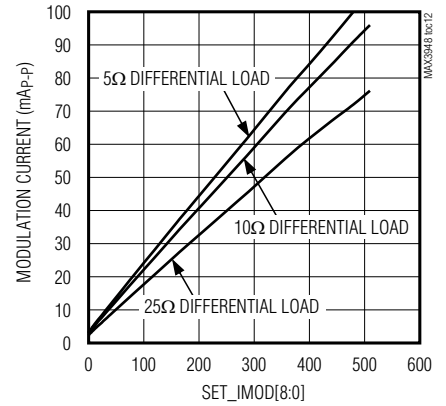
TOTAL CURRENT vs. TEMPERATURE
($I_{D_{MOD}}$ AT LOAD = 40mA_{p-p}, $I_{D_{DC}}$ = 20mA)



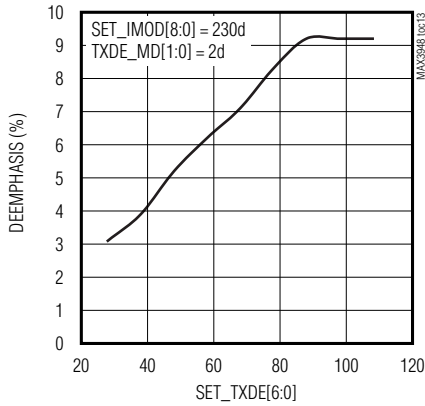
DC CURRENT vs. DAC SETTING



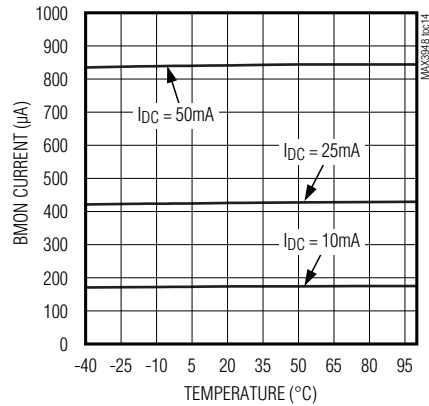
MODULATION CURRENT (AT LOAD) vs. DAC SETTING



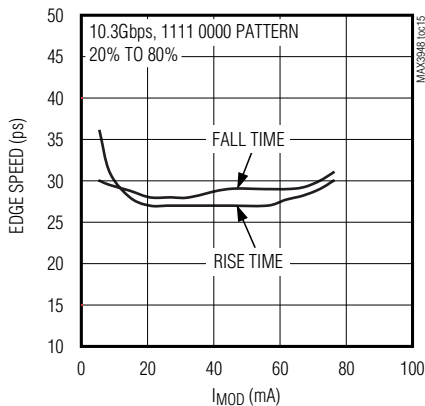
MODULATION CURRENT DEEMPHASIS vs. MANUAL DEEMPHASIS SETTING



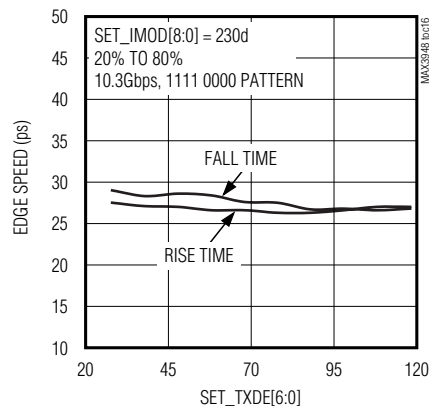
DC MONITOR CURRENT vs. TEMPERATURE



EDGE SPEED vs. MODULATION CURRENT



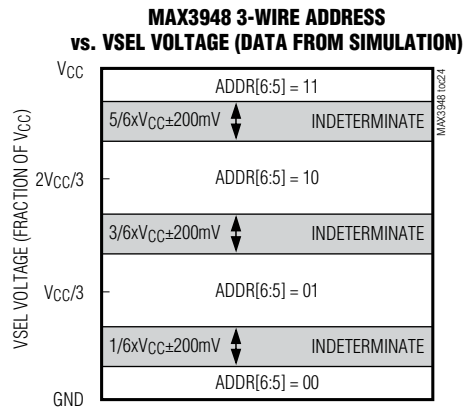
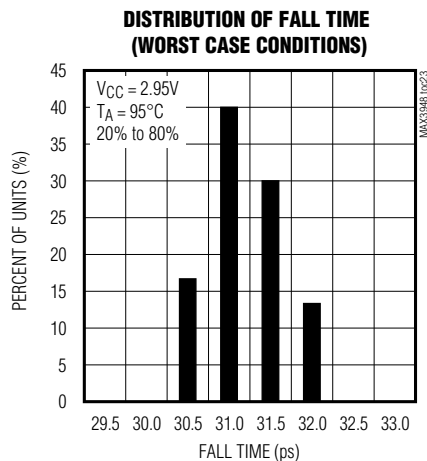
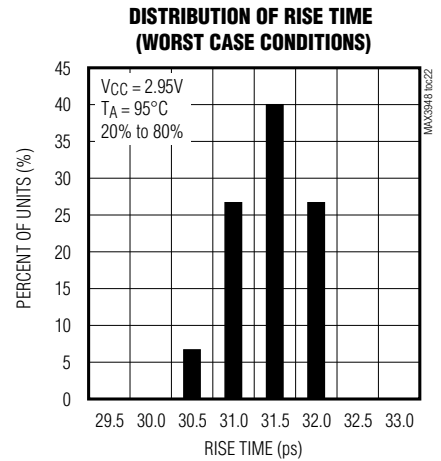
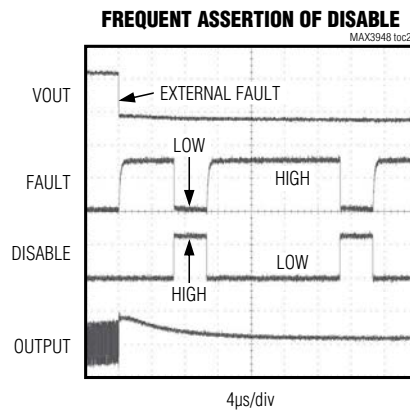
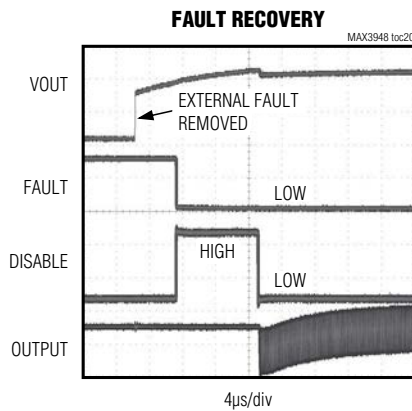
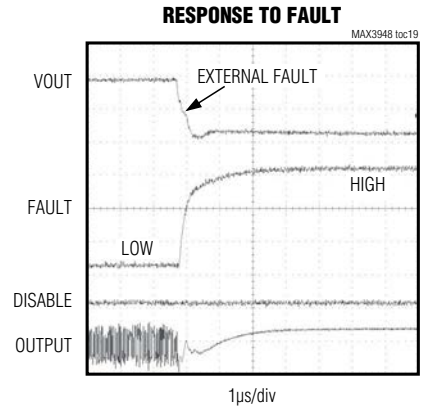
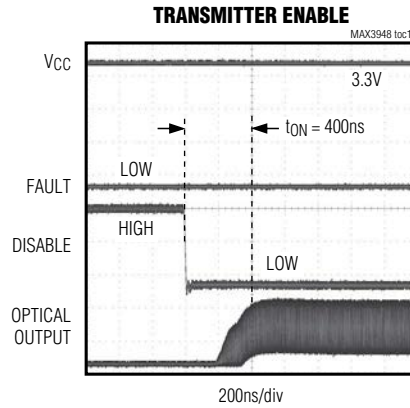
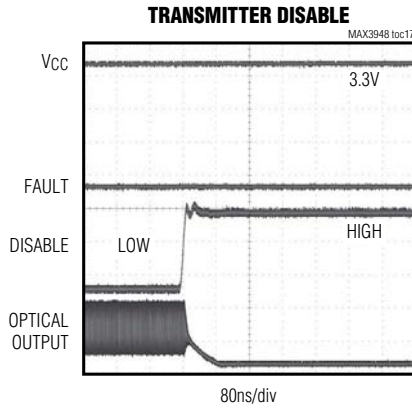
EDGE SPEED vs. DEEMPHASIS SETTING



11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

典型工作特性(续)

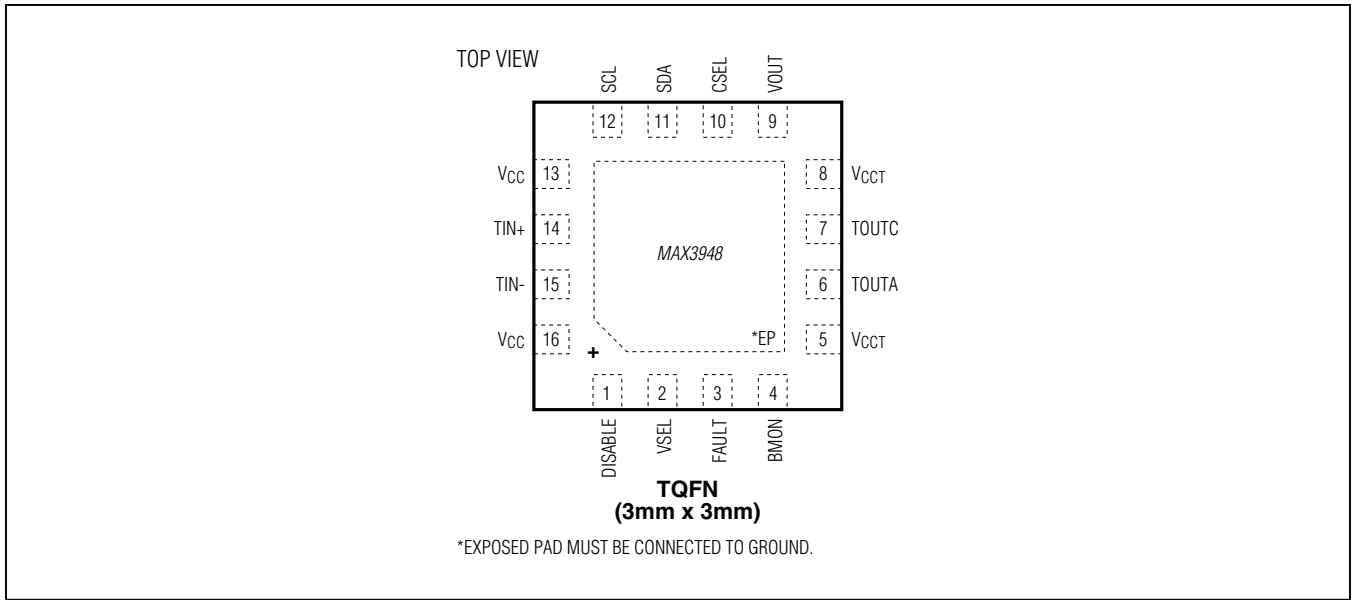
(Typical values are at $V_{CC} = V_{CCT} = 3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, data pattern = $2^7 - 1$ PRBS + 72 zeros + $2^7 - 1$ PRBS (inverted) + 72 ones, unless otherwise noted.)



MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能	等效电路
1	DISABLE	禁用输入，CMOS输入。设置为逻辑低电平时正常工作；设置为逻辑高电平或开路时禁止产生调制电流和直流电流，通过内部7.5kΩ电阻上拉至V _{CC} 。	
2	VSEL	4电平输入，用于SPI器件地址检测。连至V _{CC} 将ADDR[6:5]设置为11b；连至V _{CC} × 2/3将ADDR[6:5]设置为10b；连至V _{CC} /3将ADDR[6:5]设置为01b；接地将ADDR[6:5]设置为00b。	

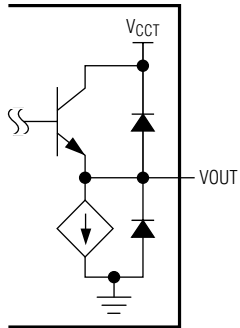
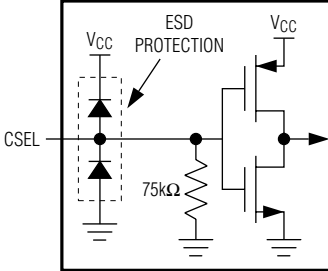
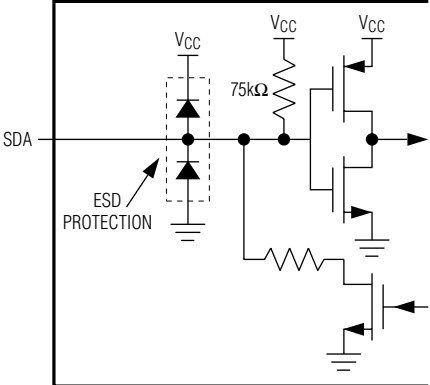
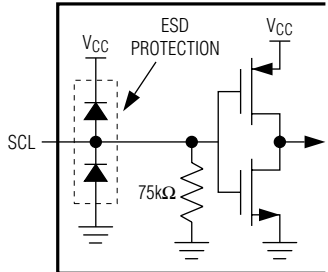
11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

引脚说明(续)

引脚	名称	功能	等效电路
3	FAULT	故障指示输出，漏极开路。逻辑高电平表示发生故障，即使在故障条件清除后，FAULT仍保持高电平。故障条件清除后，通过触发DISABLE引脚清除故障锁存，使其变为低电平。FAULT应通过4.7kΩ至10kΩ电阻上拉至V _{CC} 。	
4	BMON	模拟激光器直流电流监测器输出。从该引脚流出的电流在外部电阻上产生以地为参考的电压，该电压与V _{OUT} 引脚电流成正比。该引脚源出的电流通常为V _{OUT} 引脚电流的1/60。	
5,8	V _{CCT}	电源，为输出电路供电。	—
6	TOUTA	激光二极管调制电流反相输出，将该引脚连至激光二极管的阳极。	
7	TOUTC	激光二极管调制电流同相输出，将该引脚连至激光二极管的阴极。	

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

引脚说明(续)

引脚	名称	功能	等效电路
9	VOUT	电流回路和激光器直流电流输出。	
10	CSEL	片选CMOS输入。将CSEL设置为逻辑高电平将启动发送一次3线命令；将CSEL设置为逻辑低电平时，终止命令周期，并复位控制状态机。通过内部75kΩ电阻下拉至地。	
11	SDA	串行数据双向CMOS输入；开漏输出。该引脚具有一个75kΩ内部上拉电阻，但需要一个4.7kΩ至10kΩ的外部上拉电阻才能正常工作。	
12	SCL	串行时钟输入，CMOS电平。该引脚通过75kΩ内部电阻下拉至地。	

MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

引脚说明(续)

引脚	名称	功能	等效电路
13, 16	V _{CC}	电源，为模拟和数字核心电路供电。	—
14	TIN+	同相数据输入，内置50Ω匹配电阻。	
15	TIN-	反相数据输入，内置50Ω匹配电阻。	
—	EP	裸焊盘(地)。这是MAX3948唯一的接地点，必须焊接至电路板地，以保证散热和电气性能(请参考裸焊盘封装部分)。	—

MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

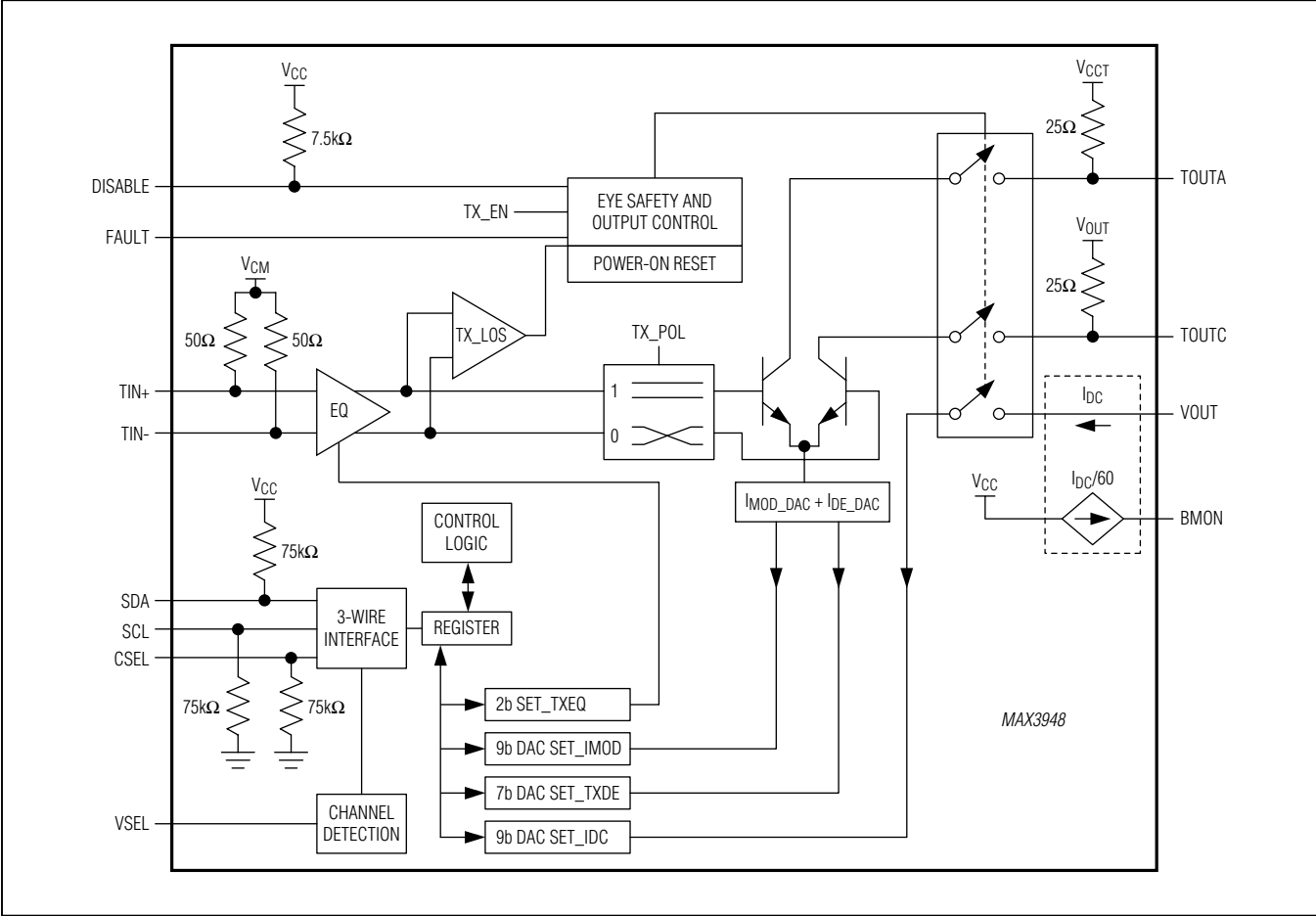


图2. 功能框图

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

详细说明

MAX3948 SFP+/QSFP+激光驱动器设计用于驱动1Gbps至11.3Gbps的5Ω至10Ω的TOSA。器件包含带可编程均衡的输入缓冲器、直流电流和调制电流DAC、带可编程去加重的输出驱动器、上电复位电路、直流监测器、可编程3线地址和带有可屏蔽故障条件的视觉保护电路，这些功能由3线数字接口控制。

带可编程均衡的输入缓冲器

输入在内部进行偏置，并通过50Ω电阻端接至共模电压。第一级放大电路具有可编程均衡器，用于补偿SFP+/QSFP+主连接器等引起的高频损耗。均衡功能由SET_TXEQ寄存器(表1)控制，TXCTRL寄存器中的TX_POL位控制TOUTA和TOUTC相对于TIN+和TIN-的极性，状态指示位(TXSTAT1第5位)监测是否存在交流输入信号。

表1. 输入均衡控制寄存器设置

SET_TXEQ[1:0]		BOOST AT 5.16GHz (dB)
0	0	1
0	1	3
1	1	5.5

直流电流DAC

器件的直流电流优化用于向5Ω至50Ω激光器负载提供高达61mA的直流电流，分辨率为116μA (图3)。通过3线数字接口控制SET_IDC[8:0]、IDCMAX[7:0]和DCINC[4:0]位，进而控制DAC直流输出。

为使激光器正常工作，激光器直流电流可由9位SET_IDC DAC寄存器设置，高8位位于SET_IDC [8:1]寄存器，通常在上电复位(POR)后的初始化过程中使用。POR后，SET_IDC (DCINC [7])的LSB (第0位)初始化为0，并可利用DCINC寄存器刷新。

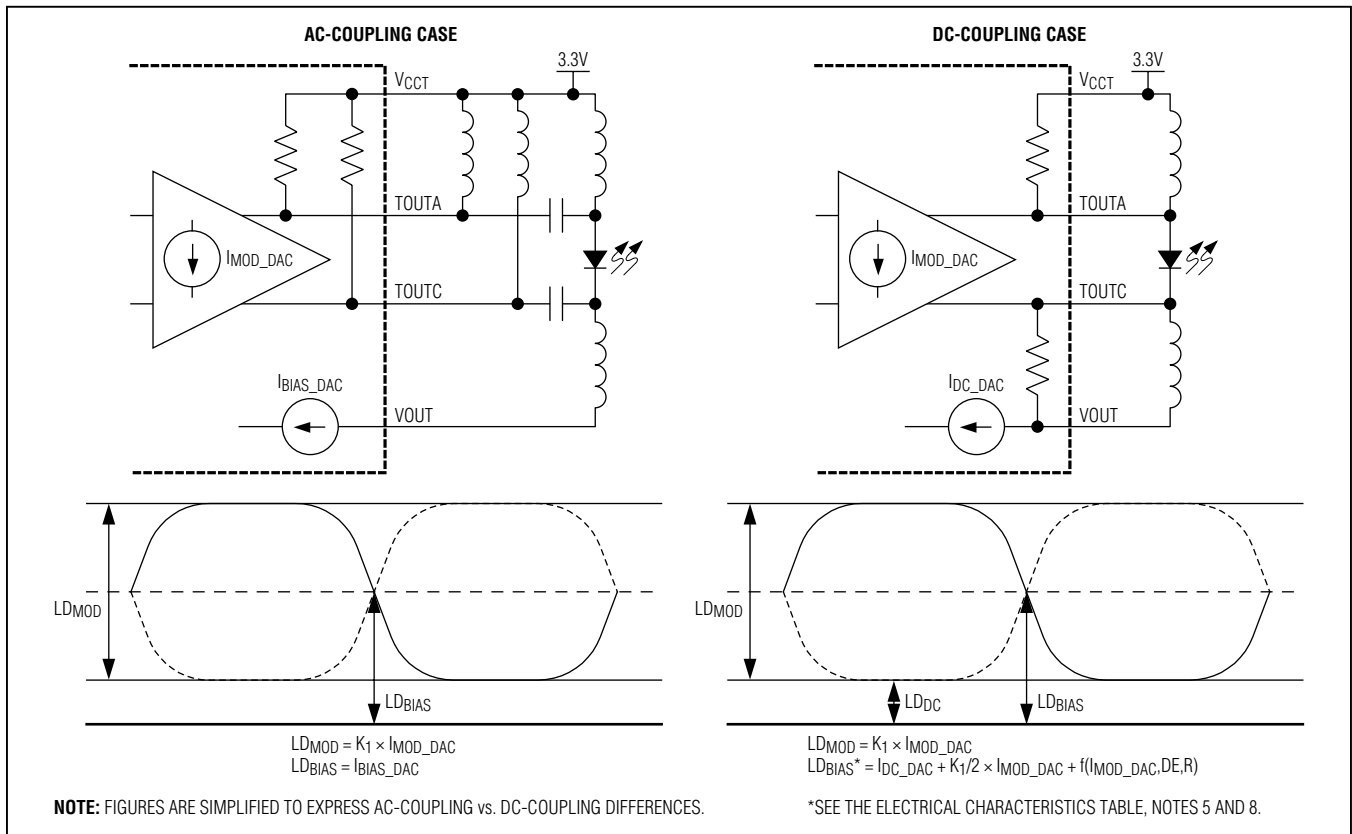


图3. 交流/直流耦合实例

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

[IDCMAX](#)寄存器将限制最大的[SET_IDC](#)[8:1]DAC编码。

初始化后，[SET_IDC](#) DAC寄存器应由[DCINC](#)寄存器刷新，以优化工作时间，增强激光器的保护能力。[DCINC](#)寄存器为8位寄存器，前5位以二进制补码格式储存递增信息，递增范围从-16至+15 LSB。如果[SET_IDC](#)[8:1]的更新值超过[IDCMAX](#)[7:0]，将置位IDCERR报警标识，而[SET_IDC](#)[8:1]设置为[IDCMAX](#)[7:0]。

调制电流DAC

MAX3948的调制电流优化用于向5Ω激光器负载提供高达85mA的调制电流，分辨率为210μA至200μA。调制电流通过3线数字接口由[SET_IMOD](#)[8:1]、[IMODMAX](#)[7:0]、[MODINC](#)[7:0]和[SET_TXDE](#)寄存器控制。

为使激光器正常工作，激光器调制电流可由9位[SET_IMOD](#) DAC设置。高8位由[SET_IMOD](#)[8:1]寄存器设置，常用于POR后的初始化过程。POR后，[SET_IMOD](#)的LSB（第0位）初始化为0，并可利用[MODINC](#)寄存器刷新。[IMODMAX](#)寄存器将限制最大的[SET_IMOD](#)[8:1]DAC编码。

初始化后，[SET_IMOD](#) DAC寄存器值应由[MODINC](#)[4:0]寄存器刷新，以优化工作时间，增强激光器的保护能力。[MODINC](#)寄存器为8位寄存器，前5位以二进制补码格式储存递增信息，递增范围从-16至+15 LSB。如果[SET_IMOD](#)[8:1]的更新值超过[IMODMAX](#)[7:0]，将置位MODERR报警标识，而[SET_IDC](#)[8:1]设置为IDCMAX[7:0]。

流入激光器的有效调制电流实际上由[SET_IMOD](#)[8:0]寄存器产生的DAC电流(I_{MOD})、去加重设置(DE)和差分激光器负载(R)三个参数共同决定，计算公式如下：

$$LD_{MOD} = I_{MOD} \times 50 \times (1 - DE) / (50 + R)$$

输出驱动器

该器件优化用于驱动带有25Ω柔性电路的差分发送器光学组件(TOSA)。独特的输出级设计驱动器通过直流耦合连接激光二极管阻抗为5Ω至10Ω的不匹配TOSA。输出级还具

有可编程去加重功能，去加重幅值可按调制电流的百分比设置，去加重功能受控于[TXCTRL](#)[4:3]和[SET_TXDE](#)寄存器。

上电复位(POR)

上电复位确保激光器在电源电压达到规定门限(2.75V)之前处于关闭状态。POR后，TX_EN为0，直流电流和调制电流DAC输出均位于默认的最小值。POR后，所有寄存器均复位至默认值。

BMON功能

BMON引脚的输出电流通常为VOUT引脚电流的1/60。BMON对地总电阻确定电压值。

VSEL功能

VSEL模拟输入引脚为MAX3948设置3线地址，可连接到V_{CC}、V_{CC} × 2/3、V_{CC}/3或接地(表2)。该功能准许3线总线上连接多达4片MAX3948，每个驱动器都有专属地址。

表2. 3线地址选择

VSEL	ADDR[6:5]
V _{CC}	11b
V _{CC} × 2/3	10b
V _{CC} /3	01b
GND	00b

视觉保护和输出控制电路

视觉保护和输出控制电路包括：禁用引脚(DISABLE)和使能控制位(TX_EN)，以及故障指示器和故障监测器(图4)。故障条件触发FAULT引脚至高电平，同时[TXSTAT1](#)寄存器的相关位置位。MAX3948器件的故障可分为两类：硬故障和软故障。硬故障为可屏蔽故障，用于触发FAULT报警(跳变至高电平)，并禁止向激光器输出。故障条件存储在[TXSTAT1](#)寄存器；软故障监测用作报警，并不禁用输出，故障状态存储在[TXSTAT2](#)寄存器。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

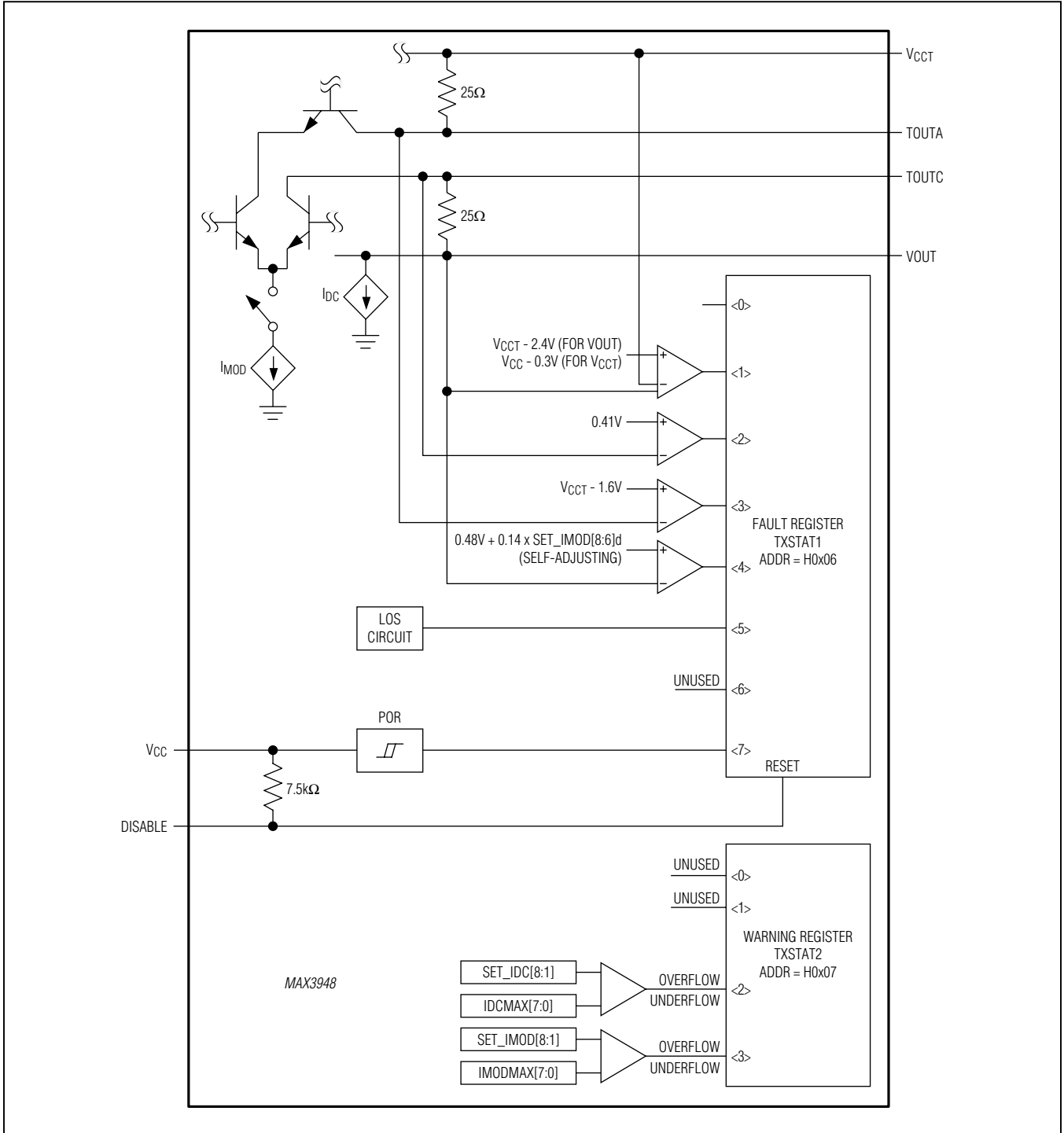


图4. 视觉保护电路

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

FAULT引脚 为锁存输出，通过触发DISABLE引脚清除锁存状态。触发DISABLE引脚还会清零TXSTAT1和TXSTAT2

寄存器。单点故障可能是对V_{CC}或地短路，表3所示为不同单点故障下的电路响应。

表3. 单点故障的电路响应

PIN	NAME	SHORT TO V _{CC}	SHORT TO GND	OPEN
1	DISABLE	Disabled	Normal (Note 1). Can only be disabled by other means.	Disabled
2	VSEL	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)
3	FAULT	Normal (Note 2)	Normal (Note 1)	Normal (Note 2)
4	BMON	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)
5, 8	V _{CCT}	Normal	Disabled—Fault (external supply shorted) (Note 3)	Redundant path (Note 4)
6	TOUTA	Laser modulation current is reduced	Disabled (hard fault)	Laser modulation current is reduced or disabled (hard fault)
7	TOUTC	Laser modulation current is reduced or off	Disabled (hard fault)	Laser modulation current is reduced or disabled (hard fault)
9	VOUT	IDC is on, but not delivered to the laser; no fault	Disabled (hard fault)	Disabled (hard fault)
10	CSEL	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)
11	SDA	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)
12	SCL	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)	Normal (Note 2)
13, 16	V _{CC}	Normal	Disabled—Hard fault (external supply shorted) (Note 3)	Redundant path (Note 4)
14	TIN+	Disabled (hard fault)	Disabled (hard fault)	Normal (Note 2) or disabled (hard fault)
15	TIN-	Disabled (hard fault)	Disabled (hard fault)	Normal (Note 2) or disabled (hard fault)

注1：正常—不影响激光器功率。

注2：引脚功能可能受影响，导致激光器功率/性能变化。

注3：假设电源短路电流主要位于电路板(本器件之外)，主电源由于短路损坏。

注4：功能正常，但性能会受影响。

警告：有些引脚短路至V_{CC}或对地短路会超出绝对最大额定参数规定的范围。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

3线接口

MAX3948采用专有的3线数字接口，由外部控制器产生时钟。3线接口由SDA双向数据线、SCL时钟信号输入和CSEL片选输入(高电平有效)组成。外部主控制器通过使能CSEL引脚启动一次数据传输。主控制器在CSEL引脚置高后开始产生时钟信号，所有数据传输均为最高有效位(MSB)在前。

协议

每次操作包括16位传输(15位地址/数据，1位RWN)。总线主控制器向SCL发出16个时钟周期，所有操作向MAX3948传输8位数据，RWN位决定是读操作还是写操作(表5)。

寄存器地址

MAX3948具有13个可编程寄存器，表6列出了寄存器及其地址。

写模式(RWN = 0)

主控制器在SCL上共产生16个时钟周期，主控制器在时钟下降沿向SDA线上共输出16位数据(MSB在前)。主控制器通过将CSEL置0终止传输，图5所示为接口时序。

表4. 广播模式寄存器初始化顺序

ADDRESS	NAME
H0x0F	FMSK
H0x10	SET_TXDE
H0x11	SET_TXEQ
H0x0A	IMODMAX
H0x0B	IDCMAX
H0x08	SET_IDC
H0x09	SET_IMOD
H0x05	TXCTRL

表5. 数字通信字结构

BIT															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ADDR[6:0]							RWN	DATA[7:0]							

读模式(RWN = 1)

主控制器在SCL产生16个时钟周期，主控制器在时钟下降沿向SDA输出8位数据(MSB在前)。发送RWN位后释放SDA，从器件在时钟的上升沿输出8位数据(MSB在前)。主控制器通过将CSEL置0终止传输，图5所示为接口时序。

模式控制

常规模式下允许对所有寄存器执行只读命令。常规模式下可以更新MODINC和DCINC寄存器，这种操作可以将通过3线接口控制的激光器刷新速率提高2倍。常规模式为默认模式。

设置模式允许主控制器向状态寄存器(TXSTAT1、TXSTAT2)以外的所有寄存器写入不受限制的数据。为进入设置模式，MODECTRL寄存器(地址=H0x0F)必须设置为12h。在MODECTRL寄存器置为12h后，随后的操作不再受限。在下一操作完成之后，自动退出设置模式。如果需要多次不受限设置，则必须重复这一过程。

通过忽略地址选择位(ADDR[6:5])，广播模式可对同一总线上连接的所有MAX3948同步进行写操作，快速配置多片MAX3948 IC。

广播模式下的数据块写操作可从表4的任意地址开始。通过使CSEL引脚保持高电平，延长SPI周期，实现数据块写操作。寄存器地址按照表4所列顺序自动递增，并从TXCTRL自动返回到FMSK。终止数据块写操作需将CSEL引脚置为低电平。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

表6. 寄存器说明和地址

地址	名称	功能
H0x05	TXCTRL	发送器控制寄存器
H0x06	TXSTAT1	发送器状态寄存器1
H0x07	TXSTAT2	发送器状态寄存器2
H0x08	SET_IDC	直流电流设置寄存器
H0x09	SET_IMOD	调制电流设置寄存器
H0x0A	IMODMAX	最大调制电流设置寄存器
H0x0B	IDCMAX	最大直流电流设置寄存器
H0x0C	MODINC	调制电流递增设置寄存器
H0x0D	DCINC	直流电流递增设置寄存器
H0x0E	MODECTRL	模式控制寄存器
H0x0F	FMSK	故障屏蔽寄存器
H0x10	SET_TXDE	发送器去加重控制寄存器
H0x11	SET_TXEQ	发送器均衡控制寄存器

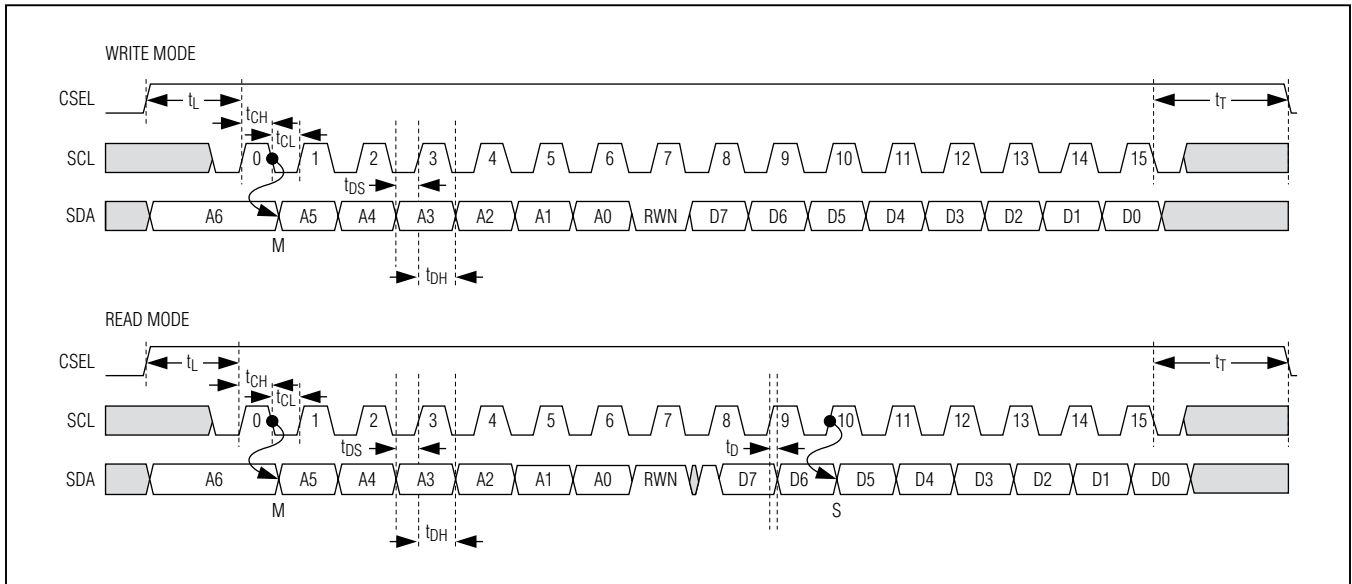


图5. 3线数字接口时序

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

寄存器说明

发送器控制寄存器(TXCTRL), 地址: H0x055

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	RESERVED	RESERVED	RESERVED	TXDE_MD[1]	TXDE_MD[0]	SOFTRES	TX_POL	TX_EN
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	0	0	0	0	0	1	0

The TXCTRL register sets the device's operation.

位序号	位名称	说明
D[7:5]	RESERVED	TXCTRL寄存器用于配置器件的工作状态。保留位, 这些位默认设置为0, 当访问该寄存器进行写操作时, 这些位须保持0。
D[4:3]	TXDE_MD	控制发送输出去加重电路的模式。 00 = 去加重幅度固定为调制幅度的6% 01 = 去加重幅度固定为调制幅度的3% 10 = 去加重幅度由SET_TXDE寄存器设置(3%到9%) 11 = 去加重幅度为最大值(约9%)
D2	SOFTRES	将所有寄存器复位到其默认值(要使所有寄存器复位到其默认值, 在写SOFTRES期间, TXCTRL[1:0]必须设为10b)。 0 = 正常工作 1 = 复位
D1	TX_POL	控制发送信号通路的极性。 0 = 反相 1 = 正常工作
D0	TX_EN	使能或禁用发送电路。 0 = 禁用 1 = 使能

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

发送器状态寄存器 1 (TXSTAT1), 地址: H0x06

Bit	D7 (STICKY)	D6 (STICKY)	D5 (STICKY)	D4 (STICKY)	D3 (STICKY)	D2 (STICKY)	D1 (STICKY)	D0 (STICKY)
Bit Name	FST[7]	FST[6]	FST[5]	FST[4]	FST[3]	FST[2]	FST[1]	FST[0]
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R
POR State	1	X	X	X	X	X	X	X
Reset Upon Read	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

TXSTAT1为器件状态寄存器。

位序号	位名称	说明
D7	FST[7]	当V _{CC} 电源电压低于2.3V时,POR电路报告故障,SPI通信无法进行。一旦V _{CC} 电源电压上升到2.75V以上,POR将所有寄存器复位到默认值,并清除故障状态。
D6	FST[6]	保留。
D5	FST[5]	表示输入为低电平,或没有交流信号,若没有屏蔽故障,则报告硬故障。
D4	FST[4]	表示V _{OUT} 过低,用于报警/报告软故障,而非硬故障。正常工作时,如需转换软故障,应使FMSK[4]保持在逻辑1。自调整门限值 = 0.48V + 0.14V × SET_IMOD[8:6] (十进制数: 0-7)。逻辑1表示电源裕量。
D3	FST[3]	表示TOUTA开路或对地短路条件,门限值 = V _{CCT} - 1.6V。若没有屏蔽故障,则报告硬故障。
D2	FST[2]	表示TOUTC开路或对地短路条件,门限值 = 0.41V。若没有屏蔽故障,则报告硬故障。
D1	FST[1]	表示V _{OUT} 或V _{CCT} 开路或对地短路条件,门限值(V _{CCT}) = V _{CC} - 0.3V,门限值(V _{OUT}) = V _{CCT} - 2.4V,若没有屏蔽故障,则报告硬故障。
D0	FST[0]	FAULT信号的拷贝。

发送器状态寄存器 2 (TXSTAT2), 地址: H0x07

Bit	D7	D6	D5	D4	D3 (STICKY)	D2 (STICKY)	D1	D0
Bit Name	X	X	X	X	IMODERR	IDCERR	X	X
Read/Write	X	X	X	X	R	R	X	X
POR State	X	X	X	X	0	0	X	X
Reset Upon Read	X	X	X	X	Yes	Yes	X	X

TXSTAT2为器件状态寄存器。

位序号	位名称	说明
D3	IMODERR	调制电流上溢(递增时)或下溢(递减时)错误。 若结果 > IMODMAX, 则发生上溢。上溢条件下, SET_IMOD[8:1] = IMODMAX[7:0]。 若结果 < 0, 则发生下溢。下溢条件下, SET_IMOD[8:0] = 0。
D2	IDCERR	直流电流上溢(递增时)或下溢(递减时)错误。 若结果 > IDC MAX, 则发生上溢。上溢条件下, SET_IDC[8:1] = IDC MAX[7:0]。 若结果 < 0, 则发生下溢。下溢条件下, SET_IDC[8:0] = 0。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

直流电流设置寄存器(SET_IDC), 地址: H0x08

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	SET_IBIAS[8]	SET_IBIAS[7]	SET_IBIAS[6]	SET_IBIAS[5]	SET_IBIAS[4]	SET_IBIAS[3]	SET_IBIAS[2]	SET_IBIAS[1]
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	0	0	0	0	0	0	1

SET_IDC寄存器用于设置激光器的直流电流DAC。

位序号	位名称	说明
D[7:0]	SET_IBIAS[8:1]	直流电流DAC共受9位数据控制。SET_IDC[8:1]位设置从0至510位之间直流电流的偶数值。LSB (SET_IDC[0])位受DCINC寄存器控制, 用于设置SET_IDC[8:0]中的奇数值。对SET_IDC[8:1]直接进行写操作将复位LSB。

调制电流设置寄存器(SET_IMOD), 地址: H0x09

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	SET_IMOD[8]	SET_IMOD[7]	SET_IMOD[6]	SET_IMOD[5]	SET_IMOD[4]	SET_IMOD[3]	SET_IMOD[2]	SET_IMOD[1]
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	0	0	0	0	1	0	0

SET_IMOD寄存器用于设置激光器调制电流DAC。

位序号	位名称	说明
D[7:0]	SET_IMOD[8:1]	调制电流DAC共受9位数据控制。SET_IMOD[8:1]位用于设置从0至510位之间调制电流的偶数值。LSB (SET_IMOD[0])受MODINC寄存器控制, 用于设置SET_IMOD[8:0]中的奇数值。对SET_IMOD[8:1]直接进行写操作将复位LSB。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

最大调制电流设置寄存器(IMODMAX), 地址: H0x0A

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	IMODMAX[7]	IMODMAX[6]	IMODMAX[5]	IMODMAX[4]	IMODMAX[3]	IMODMAX[2]	IMODMAX[1]	IMODMAX[0]
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	0	1	0	0	0	0	0

IMODMAX寄存器用于设置调制电流上限。

位序号	位名称	说明
D[7:0]	IMODMAX[7:0]	IMODMAX寄存器为8位寄存器,用于限制最大调制电流。IMODMAX[7:0]与SET_IMOD[8:1]连续比较。

最大直流电流设置寄存器(IDC MAX), 地址: H0x0B

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	IBIASMAX[7]	IBIASMAX[6]	IBIASMAX[5]	IBIASMAX[4]	IBIASMAX[3]	IBIASMAX[2]	IBIASMAX[1]	IBIASMAX[0]
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	0	1	0	0	0	0	0

IDC MAX寄存器用于设置直流电流上限。

位序号	位名称	说明
D[7:0]	IBIASMAX[7:0]	IDC MAX寄存器为8位寄存器,用于限制最大直流电流。IDC MAX[7:0]与SET_IDC[8:1]连续比较。

调制电流递增设置寄存器 (MODINC), 地址: H0x0C

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	SET_IMOD[0]	X	X	MODINC[4]	MODINC[3]	MODINC[2]	MODINC[1]	MODINC[0]
Read/Write	R	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	X	X	0	0	0	0	0

MODINC寄存器用于递增/递减SET_IMOD寄存器。

位序号	位名称	说明
D7	SET_IMOD[0]	SET_IMOD寄存器的LSB。
D[4:0]	MODINC	这些位用于递增或递减调制电流。写入时, SET_IMOD[8:0]位更新。MODINC[4:0]为二进制补码。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

直流电流递增设置寄存器(DCINC), 地址: H0x0D

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	SET_IBIAS[0]	X	X	BIASINC[4]	BIASINC[3]	BIASINC[2]	BIASINC[1]	BIASINC[0]
Read/Write	R	X	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	X	X	0	0	0	0	0

DCINC寄存器用于递增/递减SET_IDC寄存器。

位序号	位名称	说明
D7	SET_IBIAS[0]	SET_IDC寄存器的LSB。
D[4:0]	BIASINC	这些位用于递增或递减直流电流。写入时, SET_IDC[8:0]位更新。DCINC[4:0]为二进制补码。

模式控制寄存器(MODECTRL), 地址: H0x0E

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	MODECTRL[7]	MODECTRL[6]	MODECTRL[5]	MODECTRL[4]	MODECTRL[3]	MODECTRL[2]	MODECTRL[1]	MODECTRL[0]
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	0	0	0	0	0	0	0	0
Reset Upon Read	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*

*在下次3线读/写操作时, 三个模式均复位至0h。

MODECTRL寄存器用于设置MAX3948的3线控制工作模式。

位序号	位名称	说明
D[7:0]	MODECTRL[7:0]	MODECTRL寄存器允许用户在常规模式和设置模式之间进行转换。将该寄存器置为12h时为设置模式。MODECTRL必须在每次写操作之前更新。MODINC和DCINC除外, 它们可在常规模式下更新。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

故障屏蔽寄存器(FMSK), 地址: H0x0F

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	X	RESERVED	FMSK[5]	FMSK[4]	FMSK[3]	FMSK[2]	FMSK[1]	FMSK[0]
Read/Write	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	X	1	1	0	0	0	0	0
Reset Upon Read	X	No	No	No	No	No	No	No

FMSK寄存器用于故障电路屏蔽设置。

位序号	位名称	说明
D6	RESERVED	保留。该位在所有工作模式下须始终为逻辑1。
D5	FMSK[5]	输入LOS FAULT条件屏蔽。 0 = 无屏蔽 1 = 屏蔽
D4	FMSK[4]	屏蔽VOUT过低故障条件, 发生该故障时, 将产生常规模式下的报警/软故障。常规模式下, FMSK[4]应为逻辑1。 0 = 无屏蔽 1 = 屏蔽
D3	FMSK[3]	屏蔽TOUTA开路或对地短路故障。 0 = 无屏蔽 1 = 屏蔽
D2	FMSK[2]	屏蔽TOUTC开路或对地短路故障。 0 = 无屏蔽 1 = 屏蔽
D1	FMSK[1]	屏蔽VOUT或VCCT开路或对地短路故障。 0 = 无屏蔽 1 = 屏蔽
D0	FMSK[0]	屏蔽故障锁存信号, 控制输出级开关动作。 0 = 无屏蔽 1 = 屏蔽 当FMSK[0] = 1时, 输出级动作与故障条件无关, 只受控于DISABLE引脚和TX_EN位。屏蔽该位不影响故障状态位的正常报告和FAULT引脚的触发。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

发送器去加重控制寄存器(SET_TXDE), 地址: H0x10

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	X	SET_TXDE[6]	SET_TXDE[5]	SET_TXDE[4]	SET_TXDE[3]	SET_TXDE[2]	SET_TXDE[1]	SET_TXDE[0]
Read/Write	X	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR State	X	0	0	0	0	0	1	0

TXDE_MD[1:0]为10b时, SET_TXDE寄存器用于设置发送器的去加重。

位序号	位名称	说明
D[6:0]	SET_TXDE[6:0]	该7位寄存器用于控制发送器输出的去加重, 计算总调制电流时, 必须考虑去加重幅度。去加重设置为调制电流的百分比。

发送器均衡控制寄存器(SET_TXEQ), 地址: H0x11

Bit	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Bit Name	X	X	X	X	X	X	SET_TXEQ[1]	SET_TXEQ[0]
Read/Write	X	X	X	X	X	X	R/W	R/W
POR State	X	X	X	X	X	X	0	0

SET_TXEQ寄存器用于设置发送器输入的均衡幅度。

位序号	位名称	说明
D[1:0]	SET_TXEQ	这两位寄存器用于控制发送器输入的均衡度, 更多信息请参见表1。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

设计步骤

设置调制电流

1) [IMODMAX](#)[7:0] = 最大调制电流值

2) [SET_IMOD_n](#)[8:0] = 当前调制电流值

注：可以手动写入[SET_IMOD](#)[8:1]位，而[SET_IMOD](#)[0]只能利用[MODINC](#)寄存器刷新。

如果采用调制电流温度补偿，建议使用[MODINC](#)寄存器，可保证调制电流刷新速度最快。

3) [MODINC_n](#)[4:0] = 新增值

写入[MODINC_n](#)[4:0]时，器件执行下列运算：

若([SET_IMOD_n](#)[8:1] ≤ [IMODMAX](#)[7:0])，则
 ([SET_IMOD_n](#)[8:0] = [SET_IMOD_{n-1}](#)[8:0] + [MODINC_n](#)[4:0])；
 否则([SET_IMOD_n](#)[8:1] = [IMODMAX](#)[7:0])

下式给出了调制DAC电流：

$$\text{IMOD DAC 电流} = I_{\text{MOD}} = (16 + \text{SET_IMOD}[8:0]) \times 247\mu\text{A}$$

下式给出了采用差分驱动激光器时的调制电流(峰-峰值)。

$$L_{\text{DMOD}} = I_{\text{MOD}} \times (1 - \text{DE}) \times 50 / (50 + R)$$

R为激光器差分负载阻抗与附加串联电阻之和，而DE为受控于TX_DEMD[1:0]位的去加重系数。

4) [TXCTRL](#)[4:3] = 00, DE = 0.0625 (大约6%去加重幅度)，在这种模式下，器件计算并设置[SET_TXDE](#)[6:0] = [SET_IMOD](#)[8:2]。[SET_TXDE](#)不支持外部写操作。

5) [TXCTRL](#)[4:3] = 01, DE = 0.03125 (大约3%去加重幅度)，在这种模式下，器件计算并设置[SET_TXDE](#)[6:0] = [SET_IMOD](#)[8:3]，[SET_TXDE](#)不支持外部写操作。

6) [TXCTRL](#)[4:3] = 10, [SET_TXDE](#)可从外部设置为 ≥ [SET_IMOD](#)[8:3]的任意值：

$$I_{\text{DE}} = (2 + \text{SET_TXDE}[6:0]) \times 61.8\mu\text{A}$$

这种情况下，DE = $I_{\text{DE}}/I_{\text{MOD}}$ 。DE系数初始值接近0.03，且随着[SET_TXDE](#)[6:0]增大而增大，一旦达到0.09后， I_{DE} 出现饱和，继续增大[SET_TXDE](#)[6:0]值不会引起 I_{DE} 太大变化。

7) [TXCTRL](#)[4:3] = 11, DE = 0.09 (大约9%去加重幅度)，在这种模式下，器件计算并设置[SET_TXDE](#)[6:0] = 127，[SET_TXDE](#)不支持从外部写入。

设置直流电流

1) [IDCMAX](#)[7:0] = 最大DC电流值

2) [SET_IDC_n](#)[8:0] = 当前DC电流值

注：可手动写入[SET_IDC](#)[8:1]位，而[SET_IDC](#)[0]只能利用[DCINC](#)寄存器刷新。

当采用激光器偏置电流温度补偿时，建议使用[DCINC](#)寄存器，可保证调制电流刷新速度最快。

3) [DCINC_n](#)[4:0] = 新增值

当[DCINC_n](#)[4:0]被写入时，器件执行下列运算：

若([SET_IDC_n](#)[8:1] ≤ [IDCMAX](#)[7:0])，则
 ([SET_IDC_n](#)[8:0] = [SET_IDC_{n-1}](#)[8:0] + [DCINC_n](#)[4:0])；
 否则([SET_IDC_n](#)[8:1] = [IDCMAX](#)[7:0])

下式给出了直流DAC电流：

$$\text{DC DAC 电流} = I_{\text{DC}} = (16 + \text{SET_IDC}[8:0]) \times 116\mu\text{A}$$

下式给出了采用差分方式驱动激光器时的有效直流电流：

$$L_{\text{DC}} = I_{\text{DC}} + I_{\text{MOD}} \times (\text{DE} + R \times (1 - \text{DE})) / (50 + R) / 2$$

R是激光器差分负载阻抗与附加串联电阻之和，而DE是受控于TX_DEMD[1:0]位的去加重系数， I_{MOD} 是调制DAC电流。

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

应用信息

激光器安全和IEC825

单独使用MAX3948激光驱动器不能保证发送器设计完全符合IEC 825标准，必须考虑整体发送电路和元件选择。

每个用户必须确定具体应用的容错等级，了解Maxim产品并非专门设计用于或授权用于外科移植手术以及生命支持、维持系统的器件，或其它任何可能因为Maxim器件失效而导致人员伤亡的应用。

表7. 寄存器总结

REGISTER FUNCTION/ ADDRESS	REGISTER NAME	NORMAL MODE	SETUP MODE	BIT NUMBER/ TYPE	BIT NAME	DEFAULT VALUE	NOTES
Transmitter Control Register Address = H0x05	TXCTRL	R	R/W	7	Reserved	0	Must be kept at 0
		R	R/W	6	Reserved	0	Must be kept at 0
		R	R/W	5	Reserved	0	Must be kept at 0
		R	R/W	4	TXDE_MD[1]	0	Tx deemphasis control
		R	R/W	3	TXDE_MD[0]	0	Tx deemphasis control
		R	R/W	2	SOFTRES	0	Global digital reset
		R	R/W	1	TX_POL	1	Tx polarity 0: inverse, 1: normal
Transmitter Status Register 1 Address = H0x06	TXSTAT1	R	R	7 (sticky)	FST[7]	1	POR→V _{CC} low-limit violation
		R	R	6 (sticky)	FST[6]	X	Reserved
		R	R	5 (sticky)	FST[5]	X	Low or no AC signal at input
		R	R	4 (sticky)	FST[4]	X	VOUT too low
		R	R	3 (sticky)	FST[3]	X	TOUTA open or shorted to GND
		R	R	2 (sticky)	FST[2]	X	TOUTC open or shorted to GND
		R	R	1 (sticky)	FST[1]	X	VOUT/V _{CCT} open or shorted to GND
		R	R	0 (sticky)	FST[0]	X	Copy of FAULT signal

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

表7. 寄存器总结(续)

REGISTER FUNCTION/ ADDRESS	REGISTER NAME	NORMAL MODE	SETUP MODE	BIT NUMBER/ TYPE	BIT NAME	DEFAULT VALUE	NOTES
Transmitter Status Register 2 Address = H0x07	TXSTAT2	R	R	3 (sticky)	IMODERR	0	Modulation current overflow (on increment) or underflow (on decrement) error. Overflow occurs if result > IMODMAX. Underflow occurs if result < 0.
		R	R	2 (sticky)	IDCERR	0	DC current overflow (on increment) or underflow (on decrement) error. Overflow occurs if result > IDCMAX. Underflow occurs if result < 0.
DC Current Setting Register Address = H0x08	SET_IDC	R	R/W	7	SET_IDC[8]	0	MSB DC DAC
		R	R/W	6	SET_IDC[7]	0	
		R	R/W	5	SET_IDC[6]	0	
		R	R/W	4	SET_IDC[5]	0	
		R	R/W	3	SET_IDC[4]	0	
		R	R/W	2	SET_IDC[3]	0	
		R	R/W	1	SET_IDC[2]	0	
Modulation Current Setting Register Address = H0x09	SET_IMOD	R	R/W	7	SET_IMOD[8]	0	MSB modulation DAC
		R	R/W	6	SET_IMOD[7]	0	
		R	R/W	5	SET_IMOD[6]	0	
		R	R/W	4	SET_IMOD[5]	0	
		R	R/W	3	SET_IMOD[4]	0	
		R	R/W	2	SET_IMOD[3]	1	
		R	R/W	1	SET_IMOD[2]	0	
Maximum Modulation Current Setting Register Address = H0x0A	IMODMAX	R	R/W	7	IMODMAX[7]	0	MSB modulation limit
		R	R/W	6	IMODMAX[6]	0	
		R	R/W	5	IMODMAX[5]	1	
		R	R/W	4	IMODMAX[4]	0	
		R	R/W	3	IMODMAX[3]	0	
		R	R/W	2	IMODMAX[2]	0	
		R	R/W	1	IMODMAX[1]	0	
R	R/W	0	IMODMAX[0]	0	LSB modulation limit		

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

表7. 寄存器总结(续)

REGISTER FUNCTION/ ADDRESS	REGISTER NAME	NORMAL MODE	SETUP MODE	BIT NUMBER/ TYPE	BIT NAME	DEFAULT VALUE	NOTES
Maximum DC DAC Current Setting Register Address = H0x0B	IDCMAX	R	R/W	7	IDCMAX[7]	0	MSB DC DAC limit
		R	R/W	6	IDCMAX[6]	0	
		R	R/W	5	IDCMAX[5]	1	
		R	R/W	4	IDCMAX[4]	0	
		R	R/W	3	IDCMAX[3]	0	
		R	R/W	2	IDCMAX[2]	0	
		R	R/W	1	IDCMAX[1]	0	
Modulation Current Increment Setting Register Address = H0x0C	MODINC	R	R	7	SET_IMOD[0]	0	LSB of SET_IMOD DAC register address = H0x09
		R/W	R/W	4	MODINC[4]	0	MSB MOD DAC two's complement
		R/W	R/W	3	MODINC[3]	0	
		R/W	R/W	2	MODINC[2]	0	
		R/W	R/W	1	MODINC[1]	0	
DC Current Increment Setting Register Address = H0x0D	DCINC	R	R	7	SET_IDC[0]	0	LSB of SET_IDC DAC register address = H0x08
		R/W	R/W	4	DCINC[4]	0	MSB DC DAC two's complement increment/decrement
		R/W	R/W	3	DCINC[3]	0	
		R/W	R/W	2	DCINC[2]	0	
		R/W	R/W	1	DCINC[1]	0	
Mode Control Register Address = H0x0E	MODECTRL	R/W	R/W	7	MODECTRL[7]	0	MSB mode control
		R/W	R/W	6	MODECTRL[6]	0	
		R/W	R/W	5	MODECTRL[5]	0	
		R/W	R/W	4	MODECTRL[4]	0	
		R/W	R/W	3	MODECTRL[3]	0	
		R/W	R/W	2	MODECTRL[2]	0	
		R/W	R/W	1	MODECTRL[1]	0	
R/W	R/W	0	MODECTRL[0]	0	LSB mode control		

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

表7. 寄存器总结(续)

REGISTER FUNCTION/ ADDRESS	REGISTER NAME	NORMAL MODE	SETUP MODE	BIT NUMBER/ TYPE	BIT NAME	DEFAULT VALUE	NOTES
Fault Mask Register Address = H0x0F	FMSK	R	R/W	6	RESERVED	1	Must be kept at logic 1
		R	R/W	5	FMSK[5]	1	MSB Tx fault mask
		R	R/W	4	FMSK[4]	0	
		R	R/W	3	FMSK[3]	0	
		R	R/W	2	FMSK[2]	0	
		R	R/W	1	FMSK[1]	0	
		R	R/W	0	FMSK[0]	0	LSB Tx fault mask
Transmitter Deemphasis Control Register Address = H0x10	SET_TXDE	R	R/W	6	SET_TXDE[6]	0	MSB Tx deemphasis
		R	R/W	5	SET_TXDE[5]	0	
		R	R/W	4	SET_TXDE[4]	0	
		R	R/W	3	SET_TXDE[3]	0	
		R	R/W	2	SET_TXDE[2]	0	
		R	R/W	1	SET_TXDE[1]	1	
		R	R/W	0	SET_TXDE[0]	0	LSB Tx deemphasis
Transmitter Equalization Control Register Address = H0x11	SET_TXEQ	R	R/W	1	SET_TXEQ[1]	0	Tx equalization control
		R	R/W	0	SET_TXEQ[0]	0	Tx equalization control

布局考虑

数据输入和输出是MAX3948最关键的信号通道，应仔细布局以最大程度地减少连接器与IC之间传输线的不连续性。以下是获得最佳IC性能的一些建议：

- 采用良好的高频布线工艺以及具有连续地平面的多层电路板，将EMI和串扰降至最小。
- 数据输入应直接连接在模块连接器与IC之间，避免分支。
- 确保IC传输线具有100Ω差分阻抗
- 连接至激光器的数据传输线应尽可能短，并具有50Ω(差分)或25Ω(单端)特征阻抗

- 高速I/O下方应布设连续的地平面
- 地回路过孔应尽量靠近IC和输入/输出接口放置，以实现返回至IC和激光器的电流通路。

更多信息，请参见MAX3948评估板原理图和每层电路板布局图。

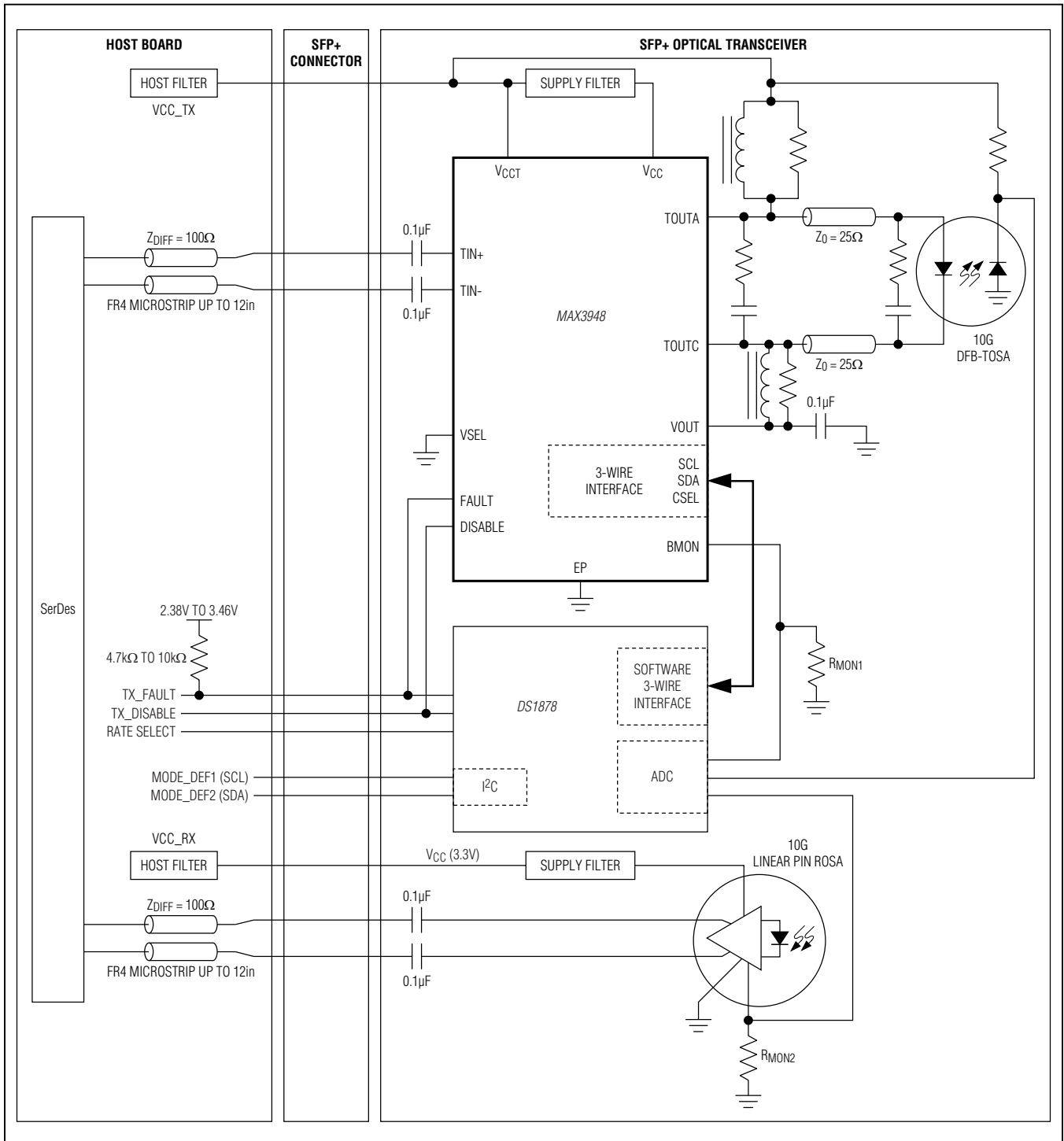
裸焊盘封装和散热考虑

16引脚TQFN封装的裸焊盘为IC提供了一条低热阻的散热通道。该焊盘也是IC的唯一电气地，必须焊接到电路板地，以保证散热和电气性能。更多信息请参考应用笔记[应用笔记862: HFAN-08.1: QFN和其他裸焊盘封装的散热考虑](#)。

MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

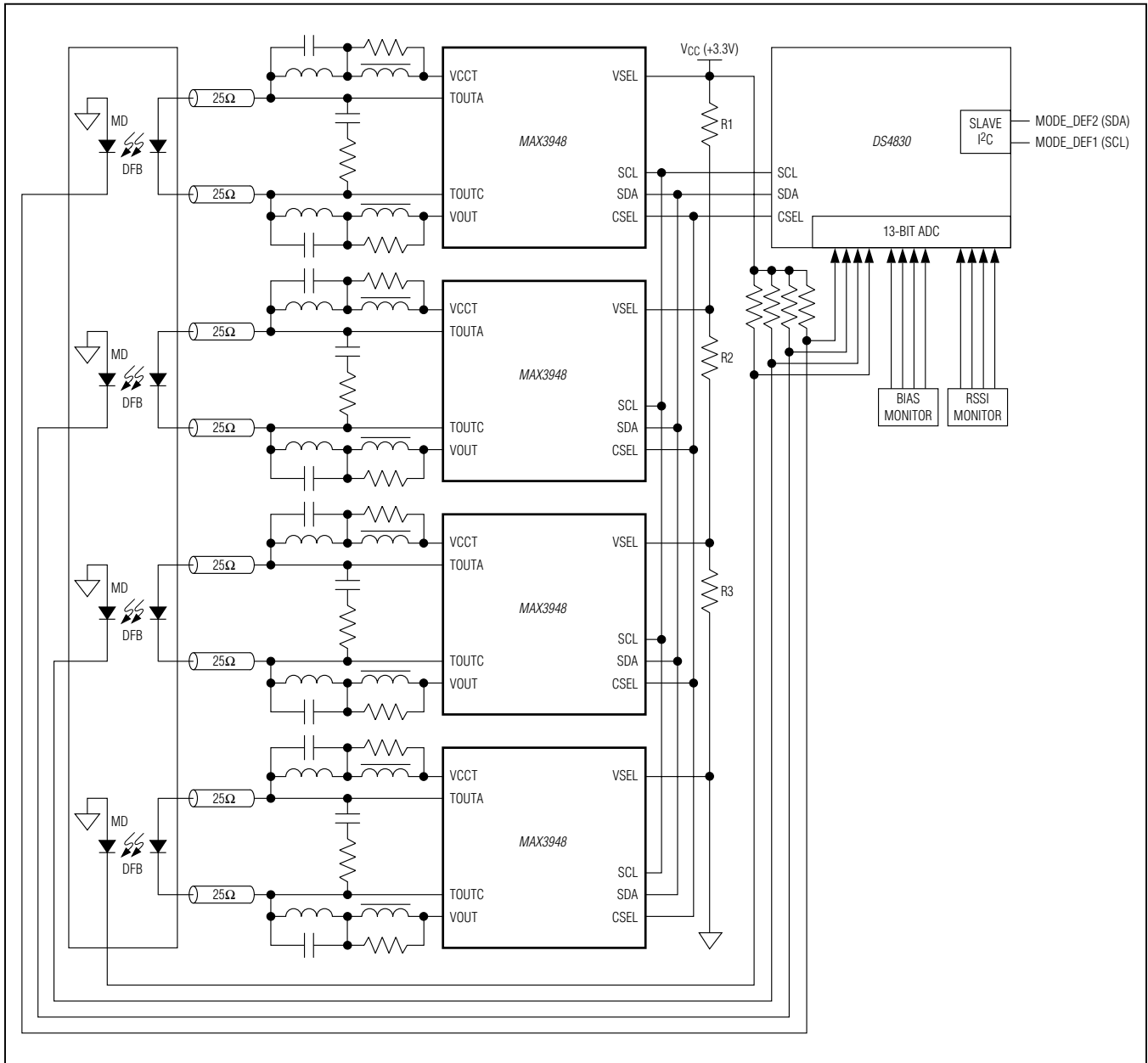
典型应用电路



MAX3948

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

典型应用电路(续)



11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

订购信息

封装信息

型号	温度范围	引脚-封装
MAX3948ETE+	-40°C至+85°C	16 TQFN-EP*

注：经设计和特性分析验证，器件可工作在-40°C至+95°C环境温度范围(TA)内，最高测试温度+85°C。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

*裸焊盘。

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积)，请查询china.maximintegrated.com/packages。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
16 TQFN-EP	T1633+5	21-0136	90-0032

芯片信息

PROCESS: SiGe BiPOLAR

11.3Gbps低功耗直流耦合激光驱动器

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	6/11	最初版本。	—
1	6/12	更新了设置调制电流部分第5步；更新了典型应用电路。	29, 34

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。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-10 00

37