

11.3Gbps 调制器驱动器

查询样品: [ONET1141L](#)

特性

- 高达 **2.0VPP** 单端的数字可选输出放大器
- 高达 **145mA** 源电流的数字可选偏置电流
- 用于控制和诊断管理的带有集成 **DAC** 和 **ADC** 的两线制数字接口
- 自动功率控制 (**APC**) 环路
- 可调上升和下降时间
- 可编程输入均衡器
- 交叉点控制
- 可选监控器 **PD** 电流范围和极性
- 包括激光安全特性
- 单个 **3.3V** 电源

- **-40°C 至 100°C** 运行
- 表面贴装小封装 **4mm x 4mm 24** 引脚, 与 **RoHS** 标准兼容的四方扁平无引线 (**QFN**) 封装

应用范围

- **10G** 以太网光发射器
- **SONET OC-192/SDH STM-64** 光发射器
- **10G-EPON** 和 **XG-PON**
- **SFP+** 和 **XFP** 收发器模块
- **XENPAK, XPAK, X2** 和 **300** 引脚测量系统分析 (**MSA**) 发射机应答器模块

说明

ONET1141L 是一款高速、3.3V 电吸收调制器驱动器, 此驱动器设计用于在 1Gbps 到高达 11.3Gbps 的速率上偏置且调制一个电吸收经调制激光器 (EML)。

此器件提供一个两线制串行接口, 此接口允许对调制和偏置电流的数字控制, 进而免除了对外部组件的需要。可通过交叉点调整以及上升和下降时间调整的形式提供输出波形控制来改进 可选用一个输入均衡器来对 FR4 印刷电路板上的高达 150mm (6") 微波传输带或者带状传输线路进行均衡。此器件包含内部模数和数模转换器来免除对特定用途微控制器的需要。

ONET1141L 包括一个集成的自动功率控制 (APC) 环路, 此环路对电压和温度及电路上激光平均光功率中的变化进行补偿以支持激光安全和收发器管理系统。

此调制器驱动器技术规格是针对外壳温度工业温度范围拟定的并采用一个小型封装 4mm x 4mm 24 引脚与 RoHS 标准兼容的 QFN 封装。



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

ONET1141L

ZHCS906 –MAY 2012

www.ti.com.cn



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

方框图

一个 ONET1141L 的简化方框图显示在图 1 中。这个调制器驱动器包含一个带有可选旁路输入均衡器、一个限幅器、一个输出驱动器、带有交叉点 DC 偏移消除、加电复位电路、一个含有控制逻辑块的两线制接口、一个调制电流生成器、一个带有自动功率控制环路的偏置电流生成器、一个模数转换器和一个模拟基准块。

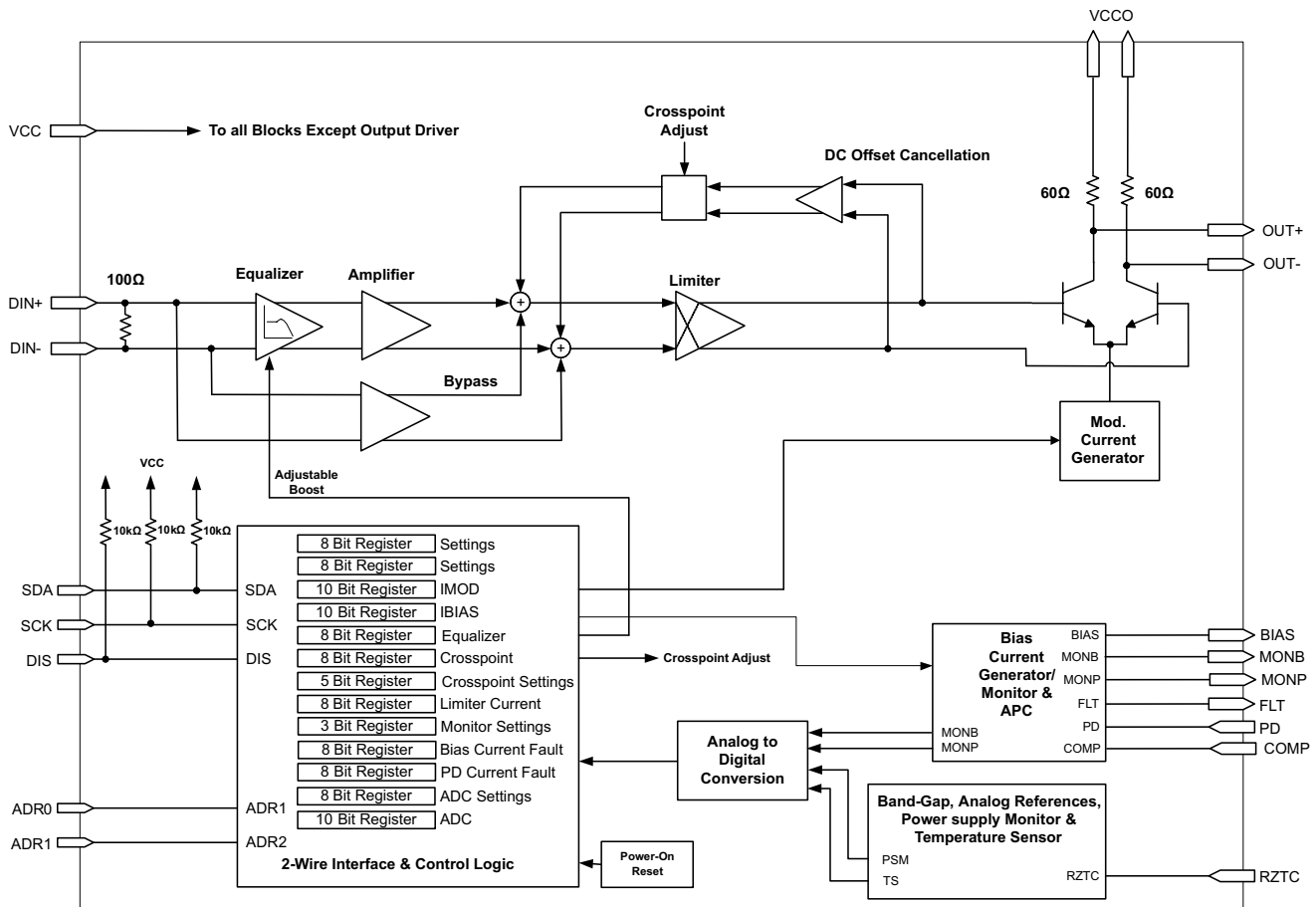
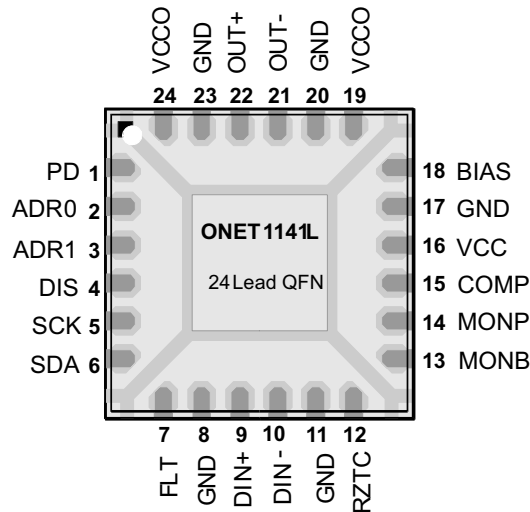


图 1. ONET1141L 的简化方框图

封装

ONET1141L 封装在一个小型器件封装 4mm x 4mm 24 引脚与 RoHS 标准兼容的 QFN 封装，此封装的引脚间距为 0.5mm。脚位显示如下。

24 引脚四方扁平无引线 (QFN) 封装 (4mm x 4mm)
(顶视图)



引脚功能

编号		类型	说明
引脚	名称		
1	PD	模拟	光电二极管输入。根据寄存器设置的不同，引脚能够拉电流或者灌电流。
2	ADR0	数字输入	两线制接口地址编程引脚。将这个引脚为一个 0001000 的缺省地址置于地址未决状态。将引脚拉至 VCC 将 1 st 地址位改为一个 1 (地址 = 0001001)
3	ADR1	数字输入	两线制接口地址编程引脚。将这个引脚为一个 0001000 的缺省地址置于地址未决状态。将引脚拉至 VCC 将 2 nd 地址位改为一个 1 (地址 = 0001010)
4	DIS	数字输入	当置为高电平状态时，禁用偏置和调制电流。包括一个到 VCC 的 10kΩ 或者 40kΩ 上拉电阻器。切换以重置一个故障状态。
5	SCK	数字输入	两线制接口串行时钟输入。包括一个到 VCC 的 10kΩ 或者 40kΩ 上拉电阻器。
6	SDA	数字输入/输出	两线制接口串行数据输入/输出。包括一个到 VCC 的 10kΩ 或者 40kΩ 上拉电阻器。
7	FLT	数据输出	故障检测标记。高电平表明已经发生了一个故障。开漏输出。为了正常运行，要求一个到 VCC 的外部 4.7kΩ 至 10kΩ 上拉电阻器。
8, 11, 17, 20, 23, EP	GND	电源	电路接地 外露芯片焊垫 (EP) 必须接地。
9	DIN+	模拟输入	非反相数据输入。被差分端接至 DIN- 的片载 100Ω。必须为 AC 耦合。
10	DIN-	模拟输入	反相数据输入。被差分端接至 DIN- 的片载 100Ω。必须为 AC 耦合。
12	RZTC	模拟	将外部零 TC 28.7Ω 电阻器接地 (GND)。被用于生成一个用于内部 DAC 的已定义的 TC 基准电流。
13	MONB	模拟输出	偏置电流监控器。灌入一个偏置电流的 1% 复制电流。将一个外部电阻器接地 (GND) 来使用模拟监控器 (DMONB=0)。如果这个引脚上的电压超过 1.16V，那么一个故障被触发。通常选择一个电阻器在所需最大偏置电流上为 MONB 提供 0.8V 电压。如果使用数字监控器功能 (DMONB=1)，此电阻器必须被拆除。
14	MONP	模拟输出	光电二极管电流监控器。当 PDRNG=1X 时，灌入一个光电二极管电流的 12.5% 的复制电流，当 PDRNG=01 时，灌入 25% 的复制电流，当 PDRNG=00 时，灌入 50% 的复制电流。将一个外部电阻器 (典型值 5Ω) 接地来使用模拟监控器 (DMONP=0)。当 MONPFLT=1 时，如果这个引脚上的电压超过 1.16V，一个故障被触发。如果使用数字监控器功能 (DMONP= 1)，此电阻器必须被拆除。
15	COMP	模拟	补偿引脚用于控制 APC 环路的带宽。将一个值为 0.01μF 的电容器接地。
16	VCC	电源	3.3V±10% 电源电压。
18	偏置 (BIAS)	模拟	为 APC 和开环路模式中的激光器灌入或者拉出电流。
19, 24	VCCO	电源	针对输出级的 3.3V±10% 的电源电压。
21	OUT-	CML	反相数据输出。
22	OUT+	CML 输出	非反相数据输出。

ONET1141L

ZHCS906 –MAY 2012

www.ti.com.cn

最大绝对额定值

在自然通风温度范围内（除非另有说明）⁽¹⁾

		值		单位
		最小值	最大值	
V _{CC}	电源电压 ⁽²⁾	-0.3	4.0	V
V _{ADR0} , V _{ADR1} , V _{DIS} , V _{RZTC} , V _{SCK} , V _{SDA} , V _{DIN+} , V _{DIN-} , V _{FLT} , V _{MONB} , V _{MONP} , V _{COMP} , V _{PD} , V _{BIAS} , V _{OUT+} , V _{OUT-}	ADR0, ADR1, DIS, RZTC, SCK, SDA, DIN+, DIN-, FLT, MONB, MONP, COMP, PD, BIAS, OUT+, OUT- 上的电压 ⁽²⁾	-0.3	4.0	V
I _{DIN-} , I _{DIN+}	输入引脚上的最大电流		25	mA
I _{OUT+} , I _{OUT-}	输出引脚上的最大电流		120	mA
I _{最大偏置电流}	最大偏置电流		180	mA
静电放电 (ESD)	所有引脚上的 ESD 额定值		2	kV (HBM)
T _J , 最大值	最大结点温度		125	°C
T _{STG}	储存温度范围	-65	150	°C
T _C	外壳温度	-40	110	°C

- (1) 超出“最大绝对额定值”下列出的值的应力可能会对器件造成永久损坏。这些仅为在应力额定值下的工作情况，对于额定值下的器件的功能性操作或者在超出“推荐的操作条件”下的任何其它情况，在此并未说明。长时间处于最大绝对额定情况下会影响设备的可靠性。
- (2) 所有电压值都相对于网络接地端而言。

推荐的运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内（除非另有说明）

			最小值	典型值	最大值	单位
V _{CC}	电源电压		2.97	3.3	3.63	V
V _{IH}	数字输入高电压	DIS, SCK, SDA	2.0			V
V _{IL}	数字输入低电压	DIS, SCK, SDA			0.8	V
光电二极管电流范围	控制位 PDRNG=1X, 步长 = 3μA			3080		μA
	控制位 PDRNG=01, 步长 = 1.5μA			1540		
	控制位 PDRNG=00, 步长 = 0.75μA			770		
R _{RZTC}	零 TC 电阻器值 ⁽¹⁾	电阻器上 1.16V 带隙偏置电压, E96, 精度 1%	28.4	28.7	29	kΩ
V _{IN}	差分输入电压摆幅	EQENA = 1	160		1000	mV _{p-p}
		EQENA = 0	400		1000	
t _{R-IN}	输入上升时间	20%-80%		30	55	ps
t _{F-IN}	输入下降时间	20%-80%		30	55	ps
T _C	散热垫上的温度		-40		100	°C

- (1) 改变这个值将改变 DAC 范围。

DC 电气特性

建议运行条件，50Ω 输出负载，开环路运行， $V_{\text{输出电压}}=2.0\text{Vpp}$ ， $I_{\text{偏置电流}}=80\text{mA}$ ，以及 $R_{\text{RZTC}}=28.7\Omega$ ，除非额外注明。典型运行条件为 $V_{\text{CC}}=3.3\text{V}$ 且 $T_{\text{A}}=25^{\circ}\text{C}$

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC} 电源电压		2.97	3.3	3.63	V
I_{VCC} 电源电流	$V_{\text{输出电压}}=2.0\text{Vpp}$ ， $I_{\text{偏置电流}}=0\text{mA}$ ， $\text{EQENA}=0$		143	170	mA
	$V_{\text{输出电压}}=2.0\text{Vpp}$ ， $I_{\text{偏置电流}}=0\text{mA}$ ， $\text{EQENA}=1$		151	182	
	输出关闭（DIS = 高电平）， $V_{\text{输出电压}}=2.0\text{Vpp}$ ， $I_{\text{偏置电流}}=80\text{mA}$ ， $\text{EQENA}=0$		40		
$R_{\text{输入}}$ 数据输入电阻	DIN+/DIN- 间的差分	82	100	118	Ω
$R_{\text{输出}}$ 输出电阻	在 OUT+ 或者 OUT- 上的单端	50	60	70	Ω
	数字输入电流 SCK, SDA, 上拉至 V_{CC}	2	360	470	μA
	数字输入电流 DIS, 上拉至 V_{CC}	2	360	470	μA
V_{OH} 数字输出高电压	FLT, 上拉至 V_{CC} ， $I_{\text{拉电流}}=50\mu\text{A}$	2.4			V
V_{OL} 数字输出低电压	FLT, 上拉至 V_{CC} ， $I_{\text{灌电流}}=350\mu\text{A}$			0.4	V
$I_{\text{最小偏置电流}}$ 最小偏置电流	请参阅 ⁽¹⁾			5	mA
$I_{\text{最大偏置电流}}$ 最大偏置电流	源。BIASPOL=0, DAC 设定为最大值，开和闭环路	145	160		mA
	灌电流。BIASPOL=1, DAC 设定为最大值，开和闭环路	93	105		
$I_{\text{BIAS-DIS}}$ 禁用期间的偏置电流				100	μA
	平均功率稳定性 APC 环路被启用		±0.5		dB
	偏置引脚恒流输出电压 源。BIASPOL=0	0.9			V
	灌电流。BIASPOL=1			$V_{\text{CC}}-0.9$	
	温度传感器精度 带有 1 点外部中等度量校准		±3		°C
	光电二极管反相偏置电压	1.3	2.3		V
	光电二极管故障电流水平 目标 $I_{\text{PD}}^{(2)}$ 的百分之一		150%		
光电二极管电流监控比	$I_{\text{MONP}}/I_{\text{PD}}$ ，此时控制位 PDRNG=1X	10%	12.5%	15%	
	$I_{\text{MONP}}/I_{\text{PD}}$ ，此时控制位 PDRNG=01	20%	25%	30%	
	$I_{\text{MONP}}/I_{\text{PD}}$ ，此时控制位 PDRNG= 00	40%	50%	60%	
监控二极管 DMI 精度	200μA 时的外部校准	-10%		10%	
偏置电流监控比	$I_{\text{MONB}}/I_{\text{BIAS}}$ （标称值1/100=1%）	0.9%	1.0%	1.1%	
偏置电流 DMI 精度	偏置电流 ≥ 30 mA		±10%		
电源监控精度	带有外部中等度量校准	-2%		2%	
$V_{\text{CC-RST}}$ V_{CC} 复位阈值电压	触发加电复位的 V_{CC} 电压水平		2.5	2.8	V
$V_{\text{CC-RSTHYS}}$ V_{CC} 复位阈值电压滞后			100		mV
$V_{\text{MONB-FLT}}$ MONB 上的故障电压	如果 MONB 上的电压超过下列值的话，故障就会发生	1.1	1.16	1.24	V

(1) 根据相应的寄存器设置，这个偏置电流可被设定为低于额定最小值，然而在闭环运行设置中，低于额定值有可能触发一个故障。

(2) 由过程、电源和温度变量上的仿真提供保证。

ONET1141L

ZHCS906 –MAY 2012

www.ti.com.cn

AC 电气特性

建议运行条件, 50Ω 输出负载, 开环路运行, $V_{\text{输出电压}} = 2.0\text{Vpp}$, $I_{\text{偏置电流}} = 80\text{mA}$, 以及 $R_{\text{ZTC}} = 28.7\Omega$, 除非额外注明。典型运行条件为 $V_{\text{CC}} = 3.3\text{V}$ 且 $T_{\text{A}} = 25^\circ\text{C}$

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SDD11	差分输入返回增益	0.01GHz $f < 5\text{GHz}$	-15		dB
		5GHz $< f < 11.1\text{GHz}$	-8		
SCD11	到共模转换增益的微分	0.01GHz $< f < 11.1\text{GHz}$	-20		dB
$t_{\text{R-OUT}}$	输出上升时间	20%-80%, $t_{\text{R-IN}} < 40\text{ps}$, 50Ω 负载, 单端, 交叉点 = 50%	28	40	ps
$t_{\text{F-OUT}}$	输出下降时间	20%-80%, $t_{\text{F-IN}} < 40\text{ps}$, 50Ω 负载, 单端, 交叉点 = 50%	28	40	ps
$V_{\text{O-MIN}}$	最小输出振幅	50Ω 负载, 单端		200	mVpp
$V_{\text{O-MAX}}$	最大输出摆幅	50Ω 负载, 单端	2.0		Vpp
	输出摆幅稳定性	50Ω 负载, 单端		250	mV
$V_{\text{MOD-STEP}}$	调制电压步长	50Ω 负载, 10 位寄存器	2.5		mV
DJ	确定的输出抖动	EQENA=1 具有最大均衡, 11.3Gbps 上的 K28.5 模式, 160mVpp, 600mVpp, 1000mVpp 差分输入电压, 单端输出	5	15	ps _{p-p}
		EQENA=1, 11.3Gbps 上的 K28.5 模式, 在输入上具有 6"传输线路的最大均衡, 160mVpp, 600mVpp, 1000mVpp 到传输线路的输入, 单端输出	7		
RJ	随机输出抖动		0.2	0.6	ps _{RMS}
T_{APC}	APC 时间常数	$C_{\text{APC}} 0.01\mu\text{F}$, $I_{\text{PD}} = 100\mu\text{A}$, PD 耦合率 $\text{CR} = 40^{(1)}$	120		μs
	高交叉点控制范围	50Ω 负载, 单端	75%		
	低交叉点控制范围	50Ω 负载, 单端	30%		
	交叉点稳定性	50Ω 负载, 单端, $V_{\text{IN}} \geq 400\text{mVpp}$	±5%		
T_{OFF}	发射器禁用时间	到 $I_{\text{BIAS}} \leq 0.1 \times I_{\text{BIAS-NOMINAL}}^{(1)}$ 的 DIS 的上升边沿	0.05	5	μs
T_{ON}	禁用无效时间	到 $I_{\text{BIAS}} \geq 0.9 \times I_{\text{BIAS-NOMINAL}}^{(1)}$ 的 DIS 的下降边沿		1	ms
T_{INIT1}	加电以初始化	加电以使寄存器做好加载准备	1	10	ms
T_{INIT2}	初始化已进行发送	寄存器载入停止 (STOP) 命令到已经为发送有效数据做好准备的部件 ⁽¹⁾		2	ms
T_{RESET}	DIS 脉冲宽度	DIS 必须保持高电平来将部件复位的时间 ⁽¹⁾	100		ns
T_{FAULT}	故障有效时间	从故障条件到 FLT 高电平的时间 ⁽¹⁾		50	μs

(1) 由过程、电源和温度变量上的仿真确保。

详细说明

均衡器

借助输入信号引脚 DIN+/DIN-，将数据信号应用到一个输入均衡器，此引脚提供片载差分 100Ω 线路端接。此均衡器由设置 EQENA=1 来启用（寄存器 0 的位 1）。可在 FR4 印刷电路板上实现高达 150mm (6") 的微波传输带或者带状传输线上的均衡。均衡的数量由两线制接口和控制逻辑电路块进行数字控制并且取决于寄存器设置 EQADJ[0...7]（寄存器 6）。通过设置 EQENA=0，此均衡器可被关闭和绕开，此时电源电流被减少。均衡器设置细节，请见表 19。

限幅器

通过将均衡器的输出信号限制到一个固定的值，限幅器在输入均衡之后移除了任何过冲并且为输出驱动器提供输入信号。可对限幅器偏置电流和发射器从动部件电流进行调整以抵消上升和下降时间以及电源电流。通过 LIMCSGN（寄存器 9 的位 7）和 LIMC[0...2]（寄存器 9 的位 4, 5 和 6）来调整限幅器的偏置电流。通过 EFCSGN（寄存器 9 的位 3）和 EFC[0...2]（寄存器 9 的位 0, 1 和 2）来调整发射器从动部件的电流。

高速输出驱动器

借助于一个调制电流生成器，调制电流从限幅输出驱动器差分对的通用发射器节点被灌入，由两线制接口进行数字控制。

输入级的集流器节点被连接至输出引脚 OUT+ 和 OUT-。集流器有到 VCCO 的内部 60Ω 后端接电阻器。输出被优化来驱动一个 50Ω 单端负载并获得所需的 2.0Vpp 的最大单端输出电压，AC 耦合和到 VCC 的电感上拉电阻。

输出引脚的极性可通过将输出极性开关位 POL（寄存器 0 的位 2）设置为 1 来反转。

调制电流生成器

调制电流生成器为上面描述的电流调制器提供电流。此电路由两线制接口块进行数字控制。

一个 10 位宽控制总线，MODC[0...9]（寄存器 2 和 3），用于设定所需的调制电流，因此，也相应地设定输出电压。通过设置 HCENA=1（寄存器 1 的位 4）和启用高调制电流模式，可增加调制电流，然而，为了获得最佳性能，单端输出电压应该被保持在低于 2Vpp。

通过设置 DIS 输入引脚到一个高电平或者设置 ENA=0（寄存器 0 的位 7），可禁用调制电流。如果内部故障诊断使能寄存器标志 FLTEN 被设定为 1（寄存器 0 的位 3），也可在故障情况下将调制电流禁用。

DC 偏移消除和交叉点控制

ONET1141L 有 DC 偏移消除机制来补偿内部偏移电压。可通过设置 OCDIS=1（寄存器 1 的位 3）来禁用偏移消除。为了调整三点交叉，设定 CPENA=1（寄存器 8 的位 2）。通过设置 CPSGN=1（寄存器 7 的位 7）可将交叉点向一级移动，而通过设置 CPSGN=0 可将它向零级移动。移动的百分比取决于寄存器设置 CPADJ[0...6]（寄存器 7），以及交叉点调整范围位 CPRNG[0...1]（寄存器 8）。设置 CPRNG1=0 和 CPRNG0=0 会引起最小调整能力，而设置 CPRNG1=1 和 CPRNG0=1 会引起最大调整能力。

偏置电流生成和 APC 环路

借助于 2 线制接口对偏置电流生成和 APC 环路进行控制。在开环路运行中，通过设置 OLENA=1（寄存器 0 的位 4）进行选择，偏置电流通过 10 位宽控制字 BIASC[0...9]（寄存器 4 和 5）直接选择。在自动功率控制模式中，通过设置 OLENA=0 进行选择，偏置电流取决于寄存器设置 BIASC[0...9] 和激光偏置电流和光电二极管电流间的耦合比率 (CR)。 $CR = I_{BIAS}/I_{PD}$ 。如果光电二极管的阳极被连接至 PD 引脚（PD 引脚正在灌电流），设定 PDPOL=1（寄存器 0 的位 0），而如果光电二极管的阴极被连接至 PD 引脚（PD 引脚正在拉电流），设定 PDPOL=0。

ONET1141L

ZHCS906 –MAY 2012

www.ti.com.cn

借助于 PDRNG[0...1]位（寄存器 0），可选择三个光电二极管电流范围。所选择的光电二极管的范围应该将激光偏置控制 DAC，BIASC[0...9]，保持在它的范围中心的附近。这将激光偏置电流设定分辨率保持在高电平。与在开环路以及闭环路模式中偏置电流设置有关的细节，请见表 19。

ONET1141L 能够拉或者灌此偏置电流。默认条件是让 BIAS 引脚供应电流 (BIASPOL=0)。为了作为一个汲取电流引脚，设定 BIASPOL=1（寄存器 1 的位 2）。

使用一个增益等于 1/100 的电流镜像来监控此偏置电流。通过在 MONB 和 GND 之间连接一个电阻器，偏置电流可被监控为一个电阻器上的电压。应该使用一个低温系数精准电阻器。通过设置 DMONB=1（寄存器 0 的位 0）并将电阻器从接地上断开，偏置电流可由两线制接口监控为一个 10 位无符号数字字。

模拟基准和温度传感器

ONEL1141L 调制器驱动器由一个被连接至 VCC 和 VCCO 引脚上的单一 3.3V±10% 电源电压供电。这个电压以接地 (GND) 为基准并且可由两线制接口被监控为一个 10 位无符号数字字。

片载带隙电压电路生成一个基准电压，此电压与电源电压无关，所有其它的内部需求电压和偏置电流都来自此基准电压。

一个外部零温度系数电阻器必须从器件的 RZTC 引脚接地。这个电阻器被用于生成一个精准的、零-TC 电流，此电流被要求作为一个用于片载 DAC 的基准电流。

ONET1141L 提供一个片载温度传感器，此温度传感器可由两线制接口监控为一个 10 位无符号数字字。

加电复位

ONET1141L 加电复位电路，此电路确保在器件启动期间所有寄存器被重置为零。在加电到初始化时间 (t_{INIT1}) 之后，内部寄存器已为加载做好准备。在初始化到发送时间 (t_{INIT2}) 之后，这个部件已为发送数据做好准备，假定芯片使能位 ENA 被置为 1 且禁用引脚 DIS 处于低电平。DIS 引脚有一个内部 10kΩ 上拉电阻器，所以此引脚必须被下拉至低电平来启用输出。可使用 ENA 控制寄存器位或者禁用引脚 DIS 来禁用 ONET1141L。在这两个情况中，内部寄存器不复位。在禁用引脚 DIS 被置为低电平并且/或者禁用位 ENA 被置回 1 之后，此部件返回它之前的输出设置。

为了减少禁用时间，通过设置 DISMODE=1（寄存器 1 的位 1）只能将输出级禁用。

模数转换器

ONET1141L 有一个内部的 10 位模数转换器 (ADC)，此转换器将用于温度、电源电压、偏置电流和光电二极管电流的模拟监控器转换为一个 10 位无符号数字字。寄存器 14 中提供最重要的头 8 位 (MSB) 和寄存器 15 中提供最不重要的 2 位 (LSB)。根据所需的精度，可读取 8 个位或者 9 个位。然而，由于两线制的架构，为了读取这两个寄存器，两个独立读取命令必须被发送。

默认情况下，ADC 被启用来监控一个特别参数，选择带有 ADCSEL[0...1]（寄存器 13 的位 0 和 1）的参数。表 1 显示了 ADCSEL 位和被监控的参数。

表 1. ADC 选择位和受监控参数

ADCSEL1	ADCSEL0	受监控的参数
0	0	温度
0	1	电源电压
1	0	光电二极管电流
1	1	偏置电流

为了数字监控光电二极管电流，请确保 **DMONP=1**（寄存器 10 的位 1）并且 **MONP** 引脚上没有连接电阻器。为了数字监控偏置电流，请确保 **DMONB= 1**（寄存器 10 的位 0）并且 **MONB** 引脚上没有连接电阻器。如果不想使用 **ADC** 监控多种参数，那么可通过设置 **ADCDIS=1**（寄存器 13 的位 7）和 **OSCDIS=1**（寄存器 13 的位 6）来禁用 **ADC**。

通过下面的公式，可将从 **ADC** 中读取的数字字转换为它的模拟等量：

未经中点校准的温度

$$\text{Temperature } (^{\circ}\text{C}) = (\text{ADCx} - 264) / 6 \quad (1)$$

经中点校准的温度

$$\text{Temperature } (^{\circ}\text{C}) = (\text{T_cal} (^{\circ}\text{C}) + 273) \times (\text{ADCx} + 1362) / (\text{ADC_cal} + 1362) - 273 \quad (2)$$

电源电压

$$\text{Power supply voltage (V)} = 2.25 \times (\text{ADCx} + 1380) / 1409 \quad (3)$$

光电二极管电流监控器

$$\text{IPD} (\mu\text{A}) = 1.3 \times \text{ADCx} \quad (4)$$

偏置电流监控器

$$\begin{aligned} \text{Source mode: IBIAS (mA)} &= 0.177 \times \text{ADCx} \\ \text{Sink mode: IBIAS (mA)} &= 0.19 \times \text{ADCx} \end{aligned} \quad (5)$$

其中：

ADCx = 从 **ADC** 读取的十进制值

T_cal = 校准温度

ADC_cal = 在校准温度上从 **ADC** 读取的十进制值

两线制接口和控制逻辑电路

ONET1141L 使用一个两线制串行接口用于数字控制。例如，两个电路输入，**SDA** 和 **SCK**，由来自一个微控制器的串行数据和串行时钟分别驱动。**SDA** 和 **SCK** 引脚有内部 **10kΩ** 上拉至 **VCC**。如果使用一个通用接口控制多个部件，通过设置 **TWITERM** 为 **1**（寄存器 1 的位 7），内部上拉电阻可被设定为 **40kΩ**。这也把 **DIS** 引脚上的内部上拉电阻设定为 **40kΩ**。

两线制接口允许到内部内存映射的写入访问来修改控制寄存器，而允许的读取访问能够读出控制寄存器。

ONET1141L 只是一个受控器件，这意味着它不能自己启动一个传输；它一直依靠针对传输持续时间的 **SCK** 信号的可用性。主控器件提供时钟信号以及开始 (**START**) 和停止 (**STOP**) 命令。用于一个数据写入传输的协议如下：

1. **START** 命令
2. 7 位从地址 (0001000)，后面是表示数据写入位 (**W**) 的第 8 位（值 = 0）。
3. 8 位寄存器地址
4. 8 位寄存器数据字
5. **STOP** 命令

通过将 **ADR0** 和 **ARD1** 引脚接地，这个从地址的头 2 位可被更改为 **1**。

在时序方面，**ONET1141L** 为 **I²C** 兼容。典型时序显示在图 2 中，完整的数据写入和读取传送显示在图 3 中。针对图 2 的参数在表 2 中进行了定义。

总线闲置：SDA 和 SCK 线路保持高电平 (HIGH)

开始数据传送：SDA 线路的一个状态变化，从高电平到低电平，同时 SCK 线路为高电平，定义了一个 START 条件 (S)。每个数据传送由一个 START 条件启动。

停止数据传送：SDA 线路从低电平到高电平的一个状态变化，同时 SCK 线路为高电平，定义了一个 STOP 条件 (P)。每个数据传送由一个 STOP 条件终止；然而，如果主控制器仍希望在总线上通信，它可以生成一个重复的 START 条件并且与另外一个受控器件通信，而不是先生成一个 STOP 条件。

数据传送：在一个 START 和一个 STOP 条件之间只能传送一个数据字节。接收器确认数据传送。

确认：每一个接收器件，当被通知时，必须生成一个确认位。发射器释放 SDA 线路并且一个确认器件必须在确认时钟脉冲期间下拉 SDA 线路，通过采用这样的方法，在确认时钟脉冲的高电平期间，SDA 线路为稳定低电平。必须将建立和保持时间考虑在内。当一个受控接收器不确认从地址时，数据线路必须由受控器件保持在高电平。然后，主控制器能够生成一个 STOP 条件来中止传送。如果从接收器确认从地址，但是在随后的时间里此传送无法接收任何更多的数据字节，那么主控制器必须中止此传送。这一情况由随后的从器件标示，此从器件在第一字节上生成不确认。从器件将此数据线路保持在高电平，而主控制器生成 STOP 条件。

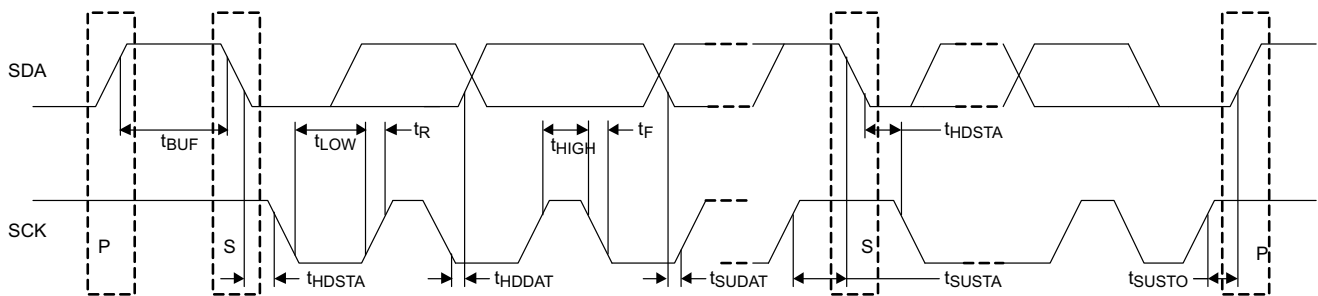
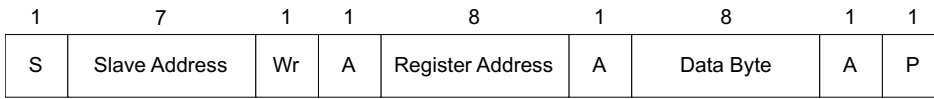


图 2. I²C 时序图

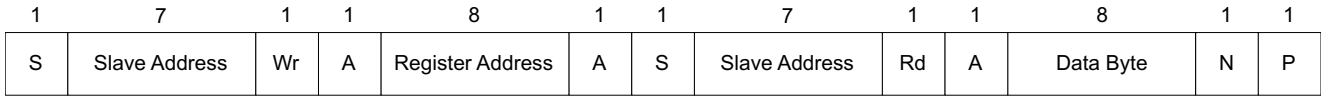
表 2. 时序图定义

符号	参数	最小值	最大值	单位
f_{SCK}	SCK 时钟频率		400	kHz
t_{BUF}	STOP 和 START 条件间的总线空闲时间	1.3		μs
t_{HDSTA}	重复 START 条件后的保持时间。在这段时间后，第一个时钟脉冲被生成。	0.6		μs
t_{LOW}	SCK 时钟的低周期	1.3		μs
t_{HIGH}	SCK 时钟的高周期	0.6		μs
t_{SUSTA}	对于一个重复 START 条件的建立时间	0.6		μs
t_{HDDAT}	数据保持时间	0		μs
t_{SUDAT}	数据建立时间	100		ns
t_R	SDA 和 SCK 信号的上升时间		300	ns
t_F	SDA 和 SCK 信号的下降时间		300	ns
t_{SUSTO}	STOP 条件的建立时间	0.6		μs

Write Sequence



Read Sequence



Legend

S	Start Condition
Wr	Write Bit (bit value = 0)
Rd	Read Bit (bit value = 1)
A	Acknowledge
N	Not Acknowledge
P	Stop Condition

图 3. 编程序列

寄存器映射

针对寄存器地址 0 (0x00) 到 15 (0x0F)的寄存器映射显示在表 3到表 18中。表 19描述了基于寄存器设置的电路功能性能。

表 3. 寄存器 0 (0x00) 映射-控制设置

寄存器地址 0 (0x00)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ENA	PDRNG1	PDRNG0	OLENA	FLTEN	POL	EQENA	PDPOL

表 4. 寄存器 1 (0x01) 映射-控制设置

寄存器地址 1 (0x01)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
TWITERM	HIEFCENA	HIEQGENA	HCENA	OCDIS	BIASPOL	DISMODE	LOGENA

表 5. 寄存器 2 (0x02) 映射-调制电流

寄存器地址 2 (0x02)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
–	–	–	–	–	–	MODC1	MODC0

表 6. 寄存器 3 (0x03) 映射-调制电流

寄存器地址 3 (0x03)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
MODC9	MODC8	MODC7	MODC6	MODC5	MODC4	MODC3	MODC2

表 7. 寄存器 4 (0x04) 映射-偏置电流

寄存器地址 4 (0x04)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
—	—	—	—	—	—	BIASC1	BIASC0

表 8. 寄存器 5 (0x05) 映射-偏置电流

寄存器地址 5 (0x05)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
BIASC9	BIASC8	BIASC7	BIASC6	BIASC5	BIASC4	BIASC3	BIASC2

表 9. 寄存器 6 (0x06) 映射-均衡器调节

寄存器地址 6 (0x06)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
EQADJ7	EQADJ6	EQADJ5	EQADJ4	EQADJ3	EQADJ2	EQADJ1	EQADJ0

表 10. 寄存器 7 (0x07) 映射-交叉点调节

寄存器地址 7 (0x07)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
CPSGN	CPADJ6	CPADJ5	CPADJ4	CPADJ3	CPADJ2	CPADJ1	CPADJ0

表 11. 寄存器 8 (0x08) 映射-交叉点控制设置

寄存器地址 8 (0x08)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
IDRV	—	—	CPREF	—	CPENA	CPRNG1	CPRNG0

表 12. 寄存器 9 (0x09) 映射-限幅器偏置电流调节

寄存器地址 9 (0x09)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
LIMCSGN	LMC2	LIMC1	LIMC0	EFCSGN	EFC2	EFC1	EFC0

表 13. 寄存器 10 (0x0A) 映射-监控器设置

寄存器地址 10 (0x0A)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
—	—	—	—	—	MONPFLT	DMONP	DMONB

表 14. 寄存器 11 (0x0B) 映射-偏置监控器故障设置

寄存器地址 11 (0x0B)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
BMF7	BMF6	BMF5	BMF4	BMF3	BMF2	BMF1	BMF0

表 15. 寄存器 12 (0x0C) 映射-功率监控器故障设置

寄存器地址 12 (0x0C)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
PMF7	PMF6	PMF5	PMF4	PMF3	PMF2	PMF1	PMF0

表 16. 寄存器 13 (0x0D) 映射 - ADC设置

寄存器地址 13 (0x0D)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ADCDIS	OSCDIS	—	—	—	—	ADCSEL1	ADCSEL0

表 17. 寄存器 14 (0x0E) 映射 - ADC 输出（只读）

寄存器地址 14 (0x0E)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2

表 18. 寄存器 15 (0x0F) 映射 - ADC 输出（只读）

寄存器地址 15 (0x0F)							
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
—	—	—	—	—	—	ADC1	ADC0

表 19. 寄存器功能性

寄存器	位	符号	功能
0	7	ENA	使能芯片位 1 = 芯片启用。 可被切换至低电平来复位一个故障条件。 0 = 芯片禁用。
	6 5	PDRNG1 PDRNG0	光电二极管电流范围位 1X: 最高 3080μA/3μA 分辨率 01: 最高 1540μA/1.5μA 分辨率 00: 最高 770μA/0.75μA
	4	OLENA	开环路使能位 1 = 开环路偏置电流控制, 0 = 闭环路偏置电流控制
	3	FLTEN	故障检测使能位 1 = 故障检测打开 0 = 故障检测关闭
	2	POL	输出极性开关位 1: 引脚 22=OUT- 而 引脚 21=OUT+ 0: 引脚 22=OUT+ 而 引脚 21=OUT-
	1	EQENA	均衡器使能位 1 = 均衡器启用 0 = 均衡器被禁用并被绕过
	0	PDPOL	光电二极管极性位 1 = 光电二极管阴极被连接至 V _{CC} 0 = 光电二极管阳极被接至 GND

表 19. 寄存器功能性 (接下页)

寄存器	位	符号	功能
1	7	TWITERM	两线制接口输入端接选择位 1 = 选择 40kΩ 0 = 选择 10kΩ
	6	HIEFCENA	高发射器跟随器驱动电流使能位 1 = 高电流被启用 0 = 高电流被禁用
	5	HIEQGENA	针对 EQ 级（其中 EQENA=1）的高增益使能 1 = 高增益被启用 0 = 高增益被禁用
	4	HCENA	高调制电流使能位 1 = 高调制电流被启用 0 = 高调制电流被禁用
	3	OCDIS	偏移消除禁用位 1 = DC 偏移消除被禁用 0 = DC 偏移消除被启用
	2	BIASPOL	偏置电流极性位 1 = 偏移引脚灌电流 0 = 偏移引脚拉电流
	1	DISMODE	禁用模式设置位 1 = 只有输出级被禁用（快速禁用模式） 0 = 信号路径的大部分被禁用
	0	LOGENA	针对输入放大器的低增益使能（其中 EQENA=0） 1 = 低增益被启用 0 = 缺省增益
3	7	MODC9	调制电流设置：设定输出电压 输出电压：2.3Vpp/2.5mV 步长
	6	MODC8	
	5	MODC7	
	4	MODC6	
	3	MODC5	
	2	MODC4	
	1	MODC3	
	0	MODC2	
2	1	MODC1	
	0	MODC0	
5	7	BIASC9	偏置电流设置 闭环 (APC):
	6	BIASC8	耦合比率 $CR = I_{BIAS}/I_{PD}$, $BIASC = 0 \dots 1023$, $I_{BIAS} \leq 150mA$:
	5	BIASC7	
	4	BIASC6	PDRNG=00（见上面）； $I_{BIAS} = 0.75\mu A \times CR \times BIASC$
	3	BIASC5	PDRNG=01（见上面）； $I_{BIAS} = 1.5\mu A \times CR \times BIASC$
	2	BIASC4	PDRNG=1X（见上面）； $I_{BIAS} = 3\mu A \times CR \times BIASC$
	1	BIASC3	开环路:
	0	BIASC2	
4	1	BIASC1	在供应模式中 $I_{BIAS} \sim 150\mu A \times BIASC$
	0	BIASC0	在汲取模式中 $I_{BIAS} \sim 100\mu A \times BIASC$

表 19. 寄存器功能性 (接下页)

寄存器	位	符号	功能
6	7	EQADJ7	均衡器调整设置
	6	EQADJ6	
	5	EQADJ5	EQENA=0 (见上面)
	4	EQADJ4	均衡器被关闭并绕过
	3	EQADJ3	
	2	EQADJ2	EQENA=1 (见上面)
	1	EQADJ1	针对 00000000 的最大均衡
	0	EQADJ0	针对 11111111 的最大均衡
7	7	CPSGN	眼图交叉点调整配置
	6	CPADJ6	CPSGN=1 (正位移)。
	5	CPADJ5	针对 11111111 的最大位移
	4	CPADJ4	针对 00000000 的最大位移
	3	CPADJ3	CPSGN=0 (负位移)
	2	CPADJ2	针对 11111111 的最大位移
	1	CPADJ1	针对 00000000 的最大位移
	0	CPADJ0	
8	7	IDRV	输出驱动器尾电流位 1 = 输出驱动器尾电流被增加 0 = 输出驱动器尾电流被置为缺省值
	6	-	
	5	-	
	4	CPREF	交叉点温度系数选择位 1 = 使运行反向 和 EQENA=1: 温度系数禁用 和 EQENA=0: 温度系数启用 0 = 缺省条件 和 EQENA=1: 温度系数启用 和 EQENA=0: 温度系数禁用
	3	-	
	2	CPENA	交叉点调整使能位 1 = 交叉点调整被启用 0 = 交叉点调整被禁用
	1	CPRNG1	交叉点调整范围位
	0	CPRNG0	00 为最小调整范围 11 为最大调整范围
9	7	LIMCSGN	限幅器偏置电流标记位 1 = 减少限幅器偏置电流 0 = 增加限幅器偏置电流
	6	LIMC2	限幅器偏置电流选择位
	5	LIMC1	000 = 无变化
	4	LIMC0	111 = 最大电流变化
	3	EFCSGN	发射极跟随器标记位 1 = 减少发射极跟随器电流 0 = 增加发射极跟随器电流
	2	EFC2	发射极跟随器电流选择位
	1	EFC1	000 = 无变化
	0	EFC0	111 = 最大电流变化

表 19. 寄存器功能性 (接下页)

寄存器	位	符号	功能
10	7	-	
	6	-	
	5	-	
	4	-	
	3	-	
	2	MONPFLT	模拟光电二极管电流监控器故障触发位 1 = MONP 引脚上的故障触发被启用 0 = MONP 引脚上的故障触发被禁用
	1	DMONP	数字光电二极管电流监控器选择位 (MONP) 1 = 数字光电二极管监控器处于激活状态 (外部电阻器一定未被安装) 0 = 模拟光电二极管监视器被激活 (需要外部电阻器)
	0	DMONB	数字偏置电流监控器选择位 (MONB) 1 = 数字偏置电流监控器被激活 (外部电阻器一定未被安装) 0 = 模拟偏置电流监控器被激活 (需要外部电阻器)
11	7	BMF7	偏置电流监控器故障阈值 此时 DMONB=1 寄存器设定偏置电流的值, 之后这个值将触发一个故障。 为了使用这个特性, MONB 引脚上的外部电阻器必须被移除。
	6	BMF6	
	5	BMF5	
	4	BMF4	
	3	BMF3	
	2	BMF2	
	1	BMF1	
	0	BMF0	
12	7	PMF7	功率监控器故障阈值 此时 DMONP = 1 寄存器设定光电二极管的电流值, 这个值将触发一个故障 为了使用这个特性, MONP 引脚上的外部电阻器必须被移除。
	6	PMF6	
	5	PMF5	
	4	PMF4	
	3	PMF3	
	2	PMF2	
	1	PMF1	
	0	PMF0	
13	7	ADCDIS	ADC 禁用位 1=ADC 禁用 0=ADC 启用
	6	OSCDIS	ADC 振荡器位 1 = 振荡器禁用 0 = 振荡器启用
	5		
	4		
	3		
	2		
	1	ADCSEL1	ADC 输入选择位 00 选择温度传感器 01 选择电源监控器 01 选择 MONP 11 选择 MONB
	0	ADCSEL0	

表 19. 寄存器功能性 (接下页)

寄存器	位	符号	功能
14	7	ADC9 (MSB)	ADC 输入源 的数字表示（只读）
	6	ADC8	
	5	ADC7	
	4	ADC6	
	3	ADC5	
	2	ADC4	
	1	ADC3	
	0	ADC2	
15	7	-	
	6	-	
	5	-	
	4	-	
	3	-	
	2	-	
	1	ADC1	ADC 输入源 的数字表示（只读）
	0	ADC0 (LSB)	

激光安全特性和故障恢复过程

ONET1141L 提供内置激光安全特性。检测到下列故障条件：

1. MONB 上的电压超过 RZTC (1.16V) 上的电压或者，另外一种可能，如果 DMONB=1 并且偏置电流超过 BMF[0...7]（寄存器 11）设定的偏置电流监控器故障阈值。当使用数字监控器，电阻器必须从接地上拆除。
2. MONP 上的电压超过 RZTC (1.16V) 上的电压并且模拟光电二极管电流监控器故障触发位，MONPFLT（寄存器 10 的位 2），被设定为 1。另外一种情况，如果 DMONP=1 并且光电二极管电流超过 PMF[0...7]（寄存器 12）设定光电二极管电流监控器故障阈值的话，一个故障可被触发。当使用数字监控器，电阻器必须从接地上拆除。
3. 光电二极管电流超过其设定值的 150%，
4. 在一个步长内，偏置控制 DAC 的值降超过 50%。

如果一个或者多个故障条件发生并且故障使能位 FLEN 被设定为 1，ONET1141L 以下列操作进行响应：

1. 将偏置电流设定为零。
2. 将调制电流设定为零。
3. 启用并锁存 FLT 引脚。

故障恢复执行过程如下：

1. 禁用引脚 DIS 和/或者内部使能控制位 ENA 至少在故障锁存复位时间被切换。
2. FLT 引脚禁用同时禁用引脚 DIS 被启用或者使能引脚位 ENA 被禁用。
3. 如果故障条件不再出现，在禁用无效时间后，此部件将按照它之前的输出设置返回到正常运行状态。
4. 如果故障仍存在，一旦 DIS 被设定为低电平，FLT 重新启用，而此部件将不会返回正常运行状态。

典型特性

$V_{CC}=3.3V$, $T_A=25^{\circ}C$, $I_{BIASC}=80mA$, $V_{OUT}=2V_{PP}$, $V_{IN}=400mV_{PP}$ 时的典型运行状态（除非额外注明）。

确定抖动
与
调制电流
间的关系

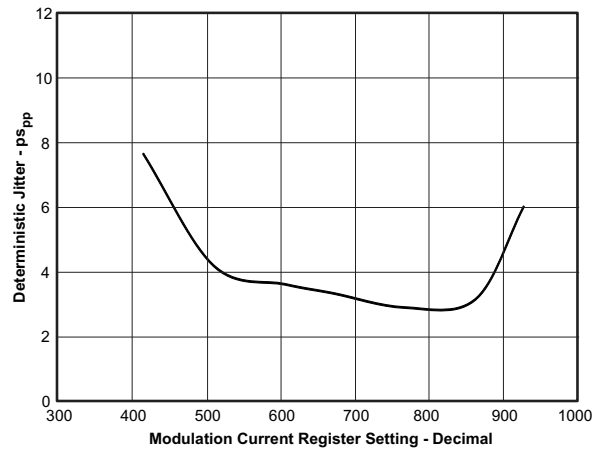


图 4.

确定抖动
与
温度
间的关系

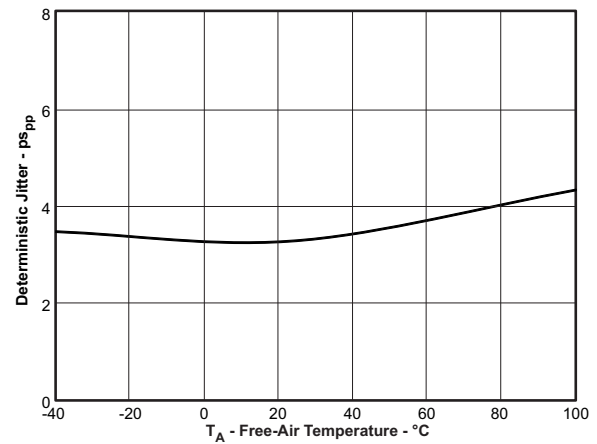


图 5.

随机抖动
与
调制电流
间的关系

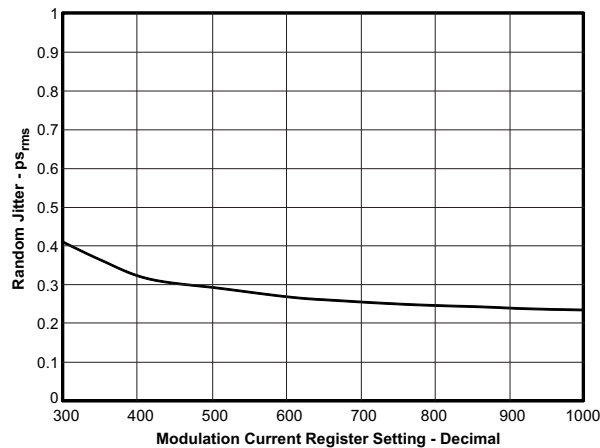


图 6.

随机抖动
与
温度
间的关系

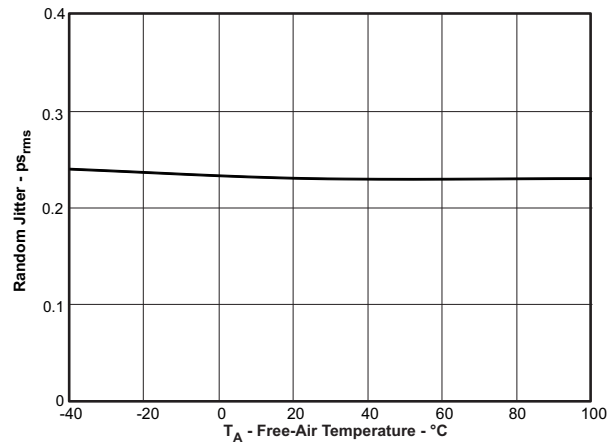


图 7.

典型特性 (接下页)

$V_{CC}=3.3V$, $T_A=25^{\circ}C$, $I_{BIASC}=80mA$, $V_{OUT}=2V_{PP}$, $V_{IN}=400mV_{PP}$ 时的典型运行状态 (除非额外注明)。

上升时间和下降时间
与
调制电流
间的关系

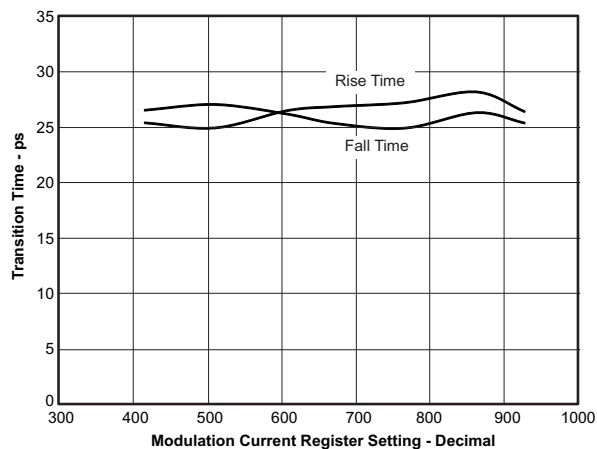


图 8.

上升时间和下降时间
与
温度
间的关系

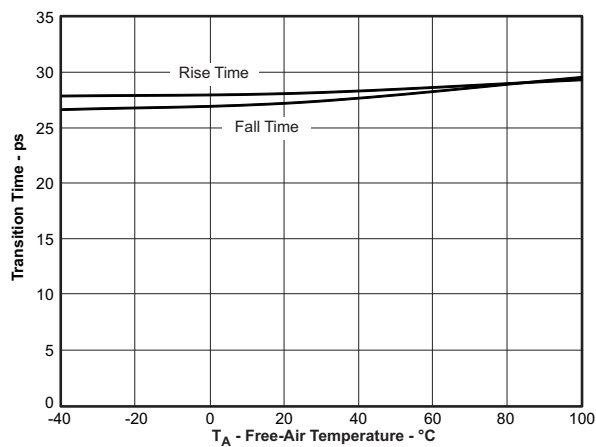


图 9.

开环模式中的偏置电流
与
偏置电流寄存器设置
间的关系

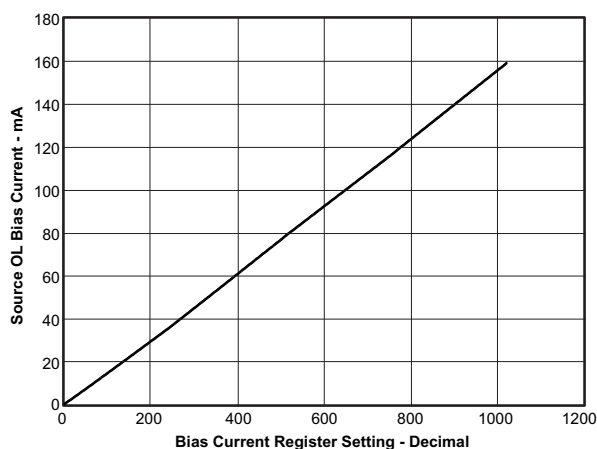


图 10.

开环模式中的偏置电流
与
偏置电流寄存器设置
间的关系

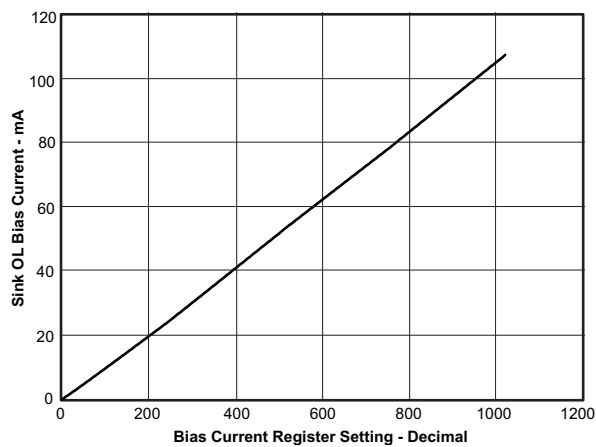


图 11.

典型特性 (接下页)

$V_{CC}=3.3V$, $T_A=25^{\circ}C$, $I_{BIASC}=80mA$, $V_{OUT}=2V_{PP}$, $V_{IN}=400mV_{PP}$ 时的典型运行状态 (除非额外注明)。

偏置监控器电流
与
偏置电流
间的关系

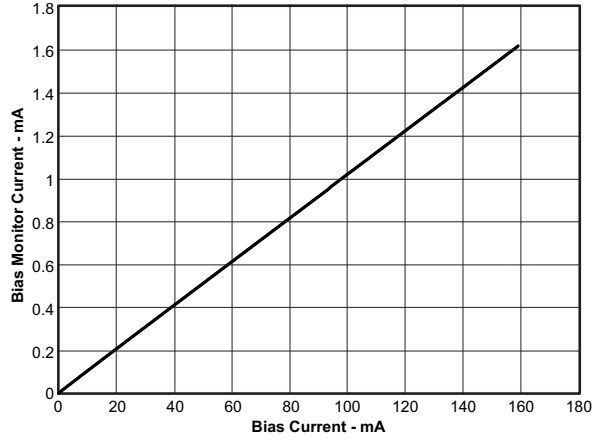


图 12.

光电二极管监控器电流
与
光电二极管电流
间的关系

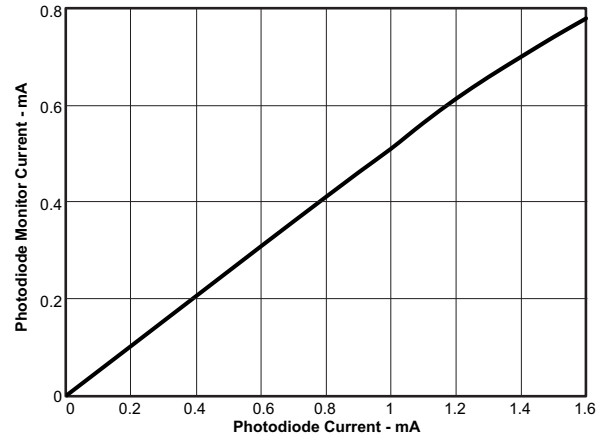


图 13.

输出电压
与
MODC 寄存器设置
间的关系

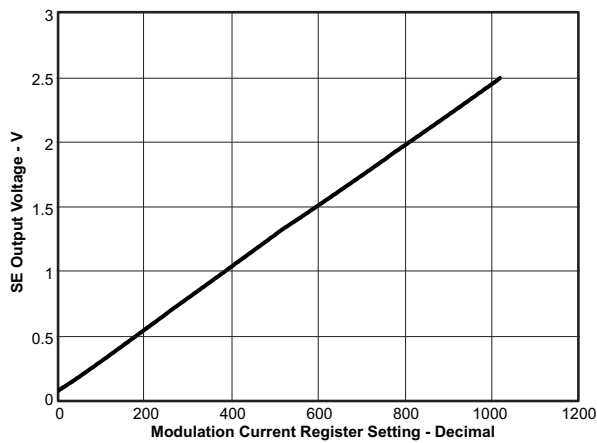


图 14.

电源电流
与
温度
间的关系

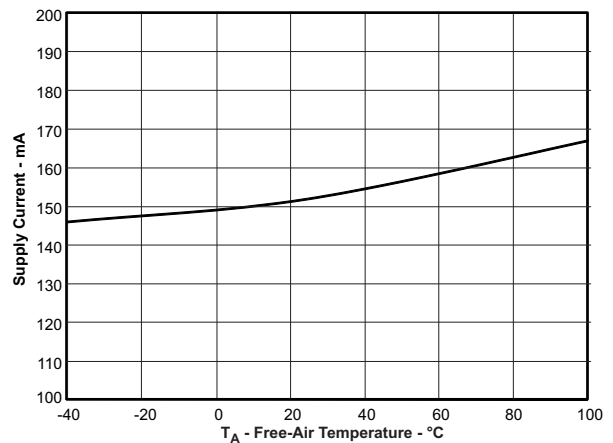


图 15.

典型特性 (接下页)

$V_{CC}=3.3V$, $T_A=25^{\circ}C$, $I_{BIAS}=80mA$, $V_{OUT}=2V_{PP}$, $V_{IN}=400mV_{PP}$ 时的典型运行状态 (除非额外注明)。

10.31 GBPS 上的眼图
 $V_{OUT}=2V_{PP}$, EQ 设定为 00

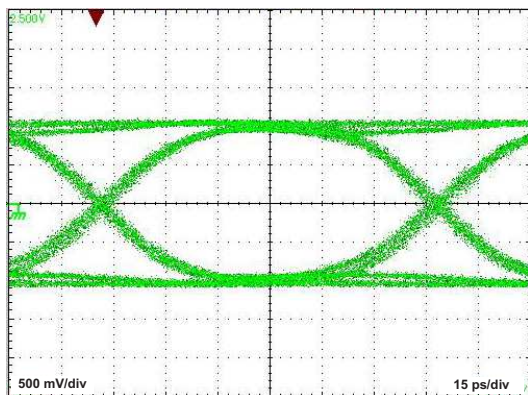


图 16.

11.3 GBPS 上的眼图
 $V_{OUT}=2V_{PP}$, EQ 设定为 00, 50% 交叉点

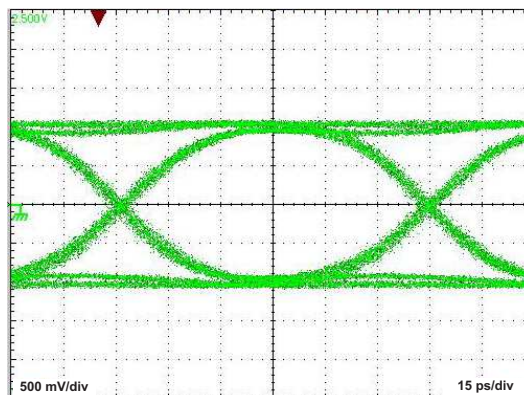


图 17.

11.3 GBPS 上的眼图
 $V_{OUT}=2V_{PP}$, EQ 设定为 00, 30% 交叉点

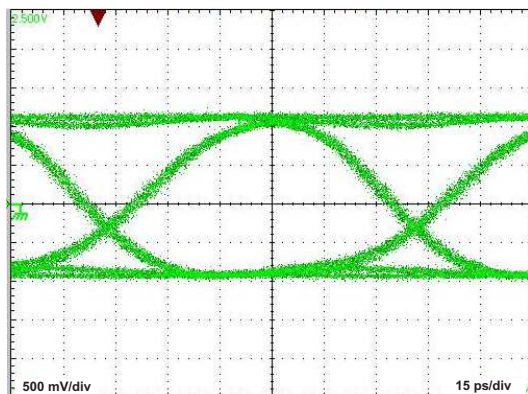


图 18.

11.3 GBPS 上的眼图
 $V_{OUT}=2V_{PP}$, EQ 设定为 00, 70% 交叉点

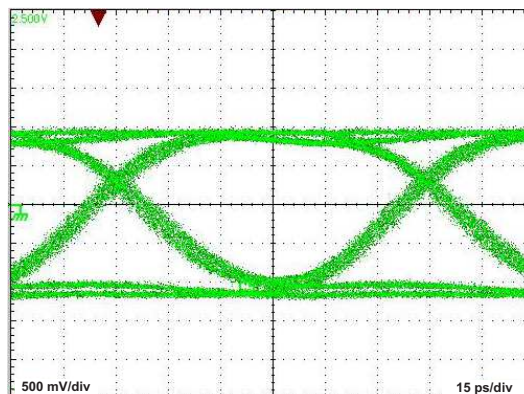


图 19.

11.3 GBPS 上的眼图
 $V_{OUT}=2V_{PP}$, EQ 设定为 00,
输出上的 6" FR4

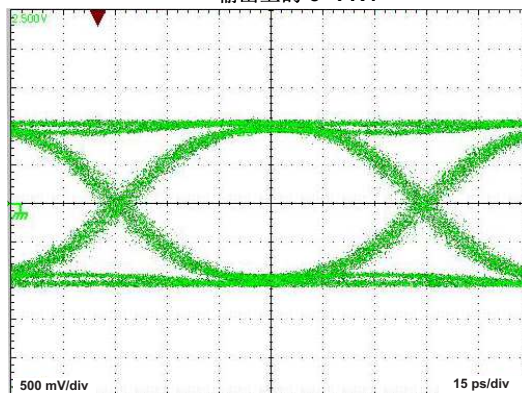


图 20.

应用信息

图 21 和图 22 显示了使用 ONET1141L 的典型应用电路。为了正确运行，这个调制器必须被 AC 耦合至驱动器。微控制器通过一个两线制接口 SDA/SCK 对激光驱动器进行控制。为了实现对收发器的管理，在一个典型应用中，FLT，MONB，和 MONP 输出也被连接至微控制器。

图 21 和图 22 中显示的组件值为典型示例并且可根据目标应用进行变化。

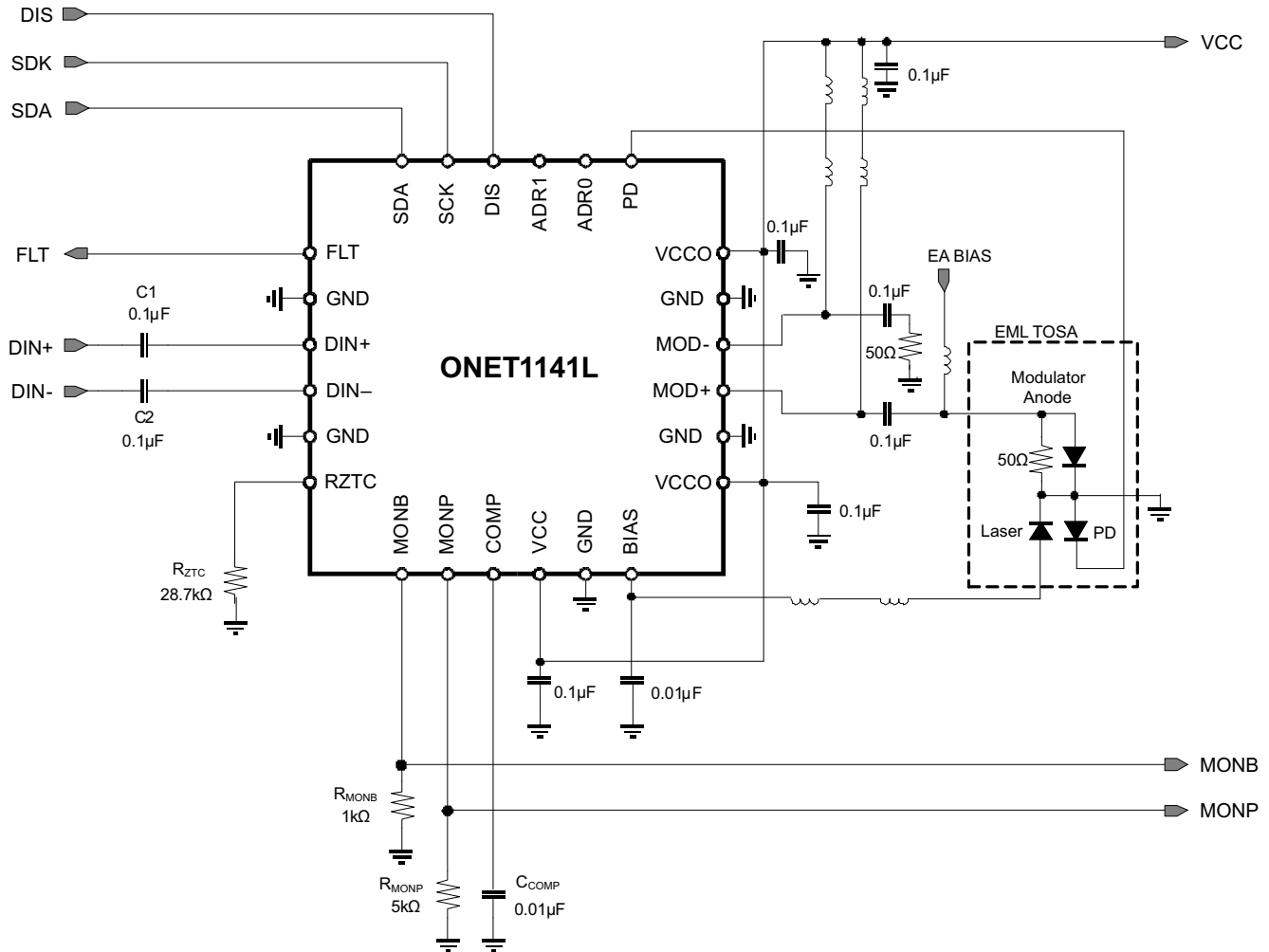


图 21. 提供带有 PD 监控器阴极的 AC 耦合驱动

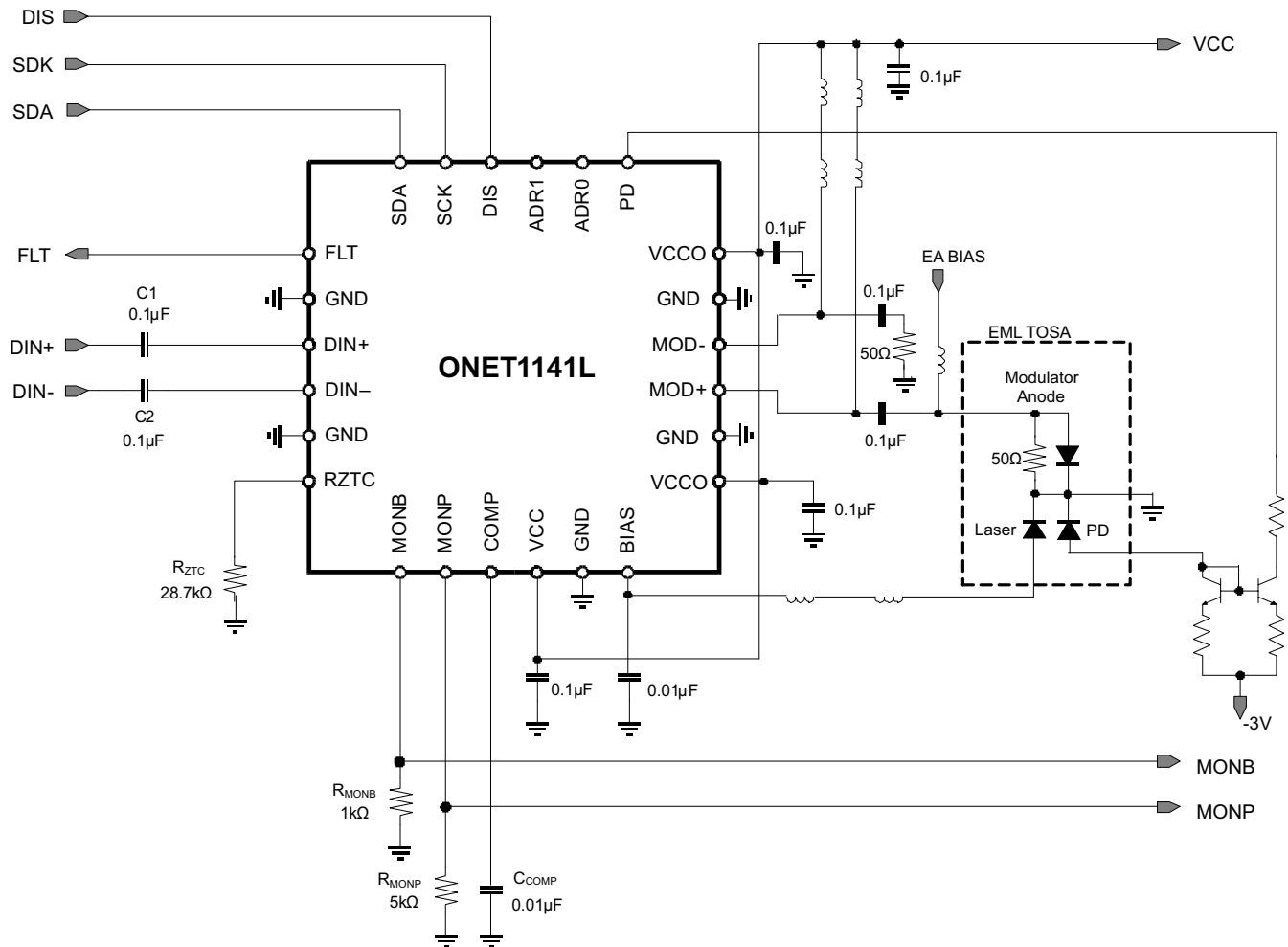


图 22. 提供带有 PD 监控器阳极的 AC 耦合驱动

布局指南

为了实现最优性能，使用 50Ω 传输线（100Ω 差分）将信号源连接至 DIN+ 和 DIN- 引脚并且使用 50Ω 传输线（100Ω 差分）将调制电流输出，MOD+ 和 MOD-，连接至激光器。传输线的长度应该尽可能的短以减少损耗和模式依赖抖动。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月