

SFF-8679 QSFP + 4X 基本电气规格 Rev 1.7

摘要: 规范定义了可插拔 QSFP10 / 14/28 模块/直接连接电缆插头和连接器的接触焊盘，电气（铜缆），电源，ESD 和热特性。

本文档为系统制造商，系统集成商和供应商提供了一个通用规范。这是 SFF 委员会的内部工作文件，是一个行业特设小组。

本规范旨在通过增加对更高传输速率和更高功率等级的支持来替代和扩展 INF-8438 QSFP (Quad SFP) 4 Gb/s 4X Transceiver 和 SFF-8436 QSFP+ 10 Gb/s 4X Pluggable Transceiver。

本规范可供公众查阅，书面意见来自读者。会员将收到的意见将纳入本规范的未来版本。

前言

该规范的开发工作由 SFF 委员会（一个行业组织）完成。自 1990 年 8 月成立以来，委员会的成员包括作为行业领导者的公司。当引入 2 1/2" 直径的磁盘驱动器时，在外部尺寸（例如物理尺寸，安装位置，连接器类型，连接器位置，供应商之间）之间没有共同点。这些磁盘驱动器的首次使用是在笔记本。系统集成商等在具体应用中与供应商分开开发包装。结果是广泛的多样性，不兼容。集成商，设备供应商和组件供应商面临的问题导致 SFF 委员会成立为一个行业特设小组，以解决新兴技术的营销和工程考虑。在形式因素定义的发展过程中，提出了其他活动，因为 SFF 委员会的参与者面临比磁盘驱动器的物理形式因素更多的问题。1992 年 11 月，扩大了章程，以解决存储行业普遍关心的任何问题。SFF 委员会成为解决不符合标准过程或需要立即解决的行业问题的论坛。已经同意支持规范的那些公司在每个 SFF 规范的第一页中被标识。行业共识并不是发布 SFF 规范的基本要求，因为认识到在新兴产品领域，存在多种方法的空间。通过提供有关竞争性提案的文档，集成商可以检查可用的替代方案，并选择被认为最合适的产品。

SFF 委员会会议在 T10 周期间举行（见 www.t10.org），特定主题工作组在参加者方便的时候举行。在 SFF 委员会会议上提交的材料成为公有领域，对委员会上提交的材料的公开邮寄没有限制。SFF 委员会制定的大多数规范已经被 EIA（电子工业协会），ANSI（美国国家标准协会）和 IEC（国际电工委员会）纳入标准或采用标准。如果您有兴趣参加或希望遵循 SFF 委员会的活动，可以在以下网址找到会员资格和/或文档的注册信息：

www.sffcommittee.com/ie/join.html

1、范围

本文件规定了 QSFP10 / 14/28 可插拔 4 通道接口（以下简称 QSFP28）的电气要求。范围包括：主机连接器的电气触点；光纤接口的光纤位置；电源要求；可插拔 QSFP28 模块和直接连接电缆的 ESD 和热特性。机械要求通过参考确定。

本规范通过支持更高的传输速率来取代并扩展 INF-8438 QSFP (Quad SFP) 4 Gb/s 4X Transceiver 和 SFF-8436 QSFP+ 10 Gb/s 4X Pluggable Transceiver 支持的应用。

2、参考文档

2.1 行业文件

以下接口标准和规格与本规范相关

- GR-253-CORE
- ESD specifications EN61000-4-2, JEDEC JESD22-A114-B
- Optical Connectors: MPO:IEC 61754-7, Dual LC: IEC 61754-20

- Aligned key (Type B) MPO patch cords: TIA-568
- Dual LC optical patch cord: TIA/EIA-604-10A
- Thermal specifications: NEBS GR-63
- IEEE Std 802.3-2012, 802.3bj and 802.3bm
- InfiniBand Architecture Specifications FDR and EDR
- INCITS 479-2011 FC-PI-5 (Fibre Channel Physical Interface -5)
- INCITS 512-2014 FC-PI-6 (Fibre Channel Physical Interface -6)
- T10 2212-D SAS-3
- T11-533-201x FC-PI-6P (Fibre Channel Physical Interface -6 128GFC Four Lane Parallel)
- SFF-8635 QSFP+ 10 Gb/s 4X Pluggable Transceiver Solution (QSFP10)
- SFF-8665 QSFP+ 28 Gb/s 4X Pluggable Transceiver Solution (QSFP28)
- SFF-8685 QSFP+ 14 Gb/s 4X Pluggable Transceiver Solution (QSFP14)

2.2 SFF 规格

SFF 委员会内有若干项目活跃。完整或仍在处理的规格的完整列表在规范中列在 <ftp://ftp.seagate.com/sff/SFF-8000.TXT>。与各种 QSFP 代相关的规格如下。

INF-8438	QSFP (Quad Small Formfactor Pluggable) Transceiver
SFF-8024	SFF Committee Cross Reference to Industry Products
SFF-8436	QSFP+ 10 Gb/s 4X Pluggable Transceiver - Standardized as EIA-964
SFF-8635	QSFP+ 10 Gb/s 4X Pluggable Transceiver Solution (QSFP10)
SFF-8636	Common Management Interface
SFF-8661	QSFP+ 28 Gb/s 4X Pluggable Module
SFF-8662	QSFP+ 28 Gb/s 4X Connector (Style A)
SFF-8663	QSFP+ 28 Gb/s Cage (Style A)
SFF-8665	QSFP+ 28 Gb/s 4X Pluggable Transceiver Solution (QSFP28)
SFF-8672	QSFP+ 28 Gb/s 4X Connector (Style B)
SFF-8679	QSFP+ 4X Base Electrical Specification
SFF-8682	QSFP+ 14 Gb/s 4X Connector (Style B)
SFF-8683	QSFP28 14 Gb/s Cage

2.3 来源

参加 SFF 委员会作为观察员或会员的人将收到会议记录和 SFF 规范的电子副本 (<http://www.sffcommittee.com/ie/join.html>)。

ANSI 标准的副本可以从国际信息技术标准委员会 (<http://www.techstreet.com/incitsgate.tml>) 购买。

2.4 公约

使用 ISO 编号惯例，即，数千和更高的倍数被空格隔开，并且周期被用作小数点。这相当于英美公约和逗号。

American	French	ISO
0.6	0,6	0 .6
1,000	1 000	1 000
1,323,462.9	1 323 462,9	1 323 462.9

2.5 缩略语

在本说明书中使用以下首字母缩略词。

ANSI American National Standards Institute

ASIC Application Specific Integrated Circuit

ATM	Asynchronous Transfer Mode
CML	Current Mode Logic
CORE	Central Office Relay Equipment
DC	Direct Current
DDR	Double Data Rate
EDR	Enhanced Data Rate
EIA	Electronic Industries Alliance
EMI	Electro Magnetic Interference
ESD	Electro Static Discharge
FC	Fibre Channel
FDR	Fourteen Data Rate
Gb/s	Gigabits per second
GbE	Gigabit Ethernet
GFC	Gigabit Fibre Channel
HCB	Host Compliance Board
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute for Electrical and Electronics Engineers
ISO	Organization for International Standards
ITU	International Telecommunications Union
JEDEC	Joint Electron Device Engineering Council
kHz	kiloHertz
km	kilometer
LVC MOS	Low Voltage Complementary Metal Oxide Semiconductor
LV TTL	Low Voltage Transistor Transistor Logic
MCB	Module Compliance Board
MHz	MegaHertz
MIB	Management Information Base
MPO	Multi-fiber Push On
MSA	Multiple Source Agreement
NAS	Network-Attached Storage
NAT	Network Address Translation
NEBS	Network Equipment Building System
OC	Optical Carrier
OEM	Original Equipment Manufacturer
OMA	Open Mobile Alliance
PCB	Printed Circuit Board
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PI	Physical Interface
PON	Passive Optical Network
QDR	Quad Data Rate
QSFP	Quad SFP
Rx	Receiver
SAS	Serial Attached SCSI
SDH	Synchronous Digital Hierarchy

SDR	Software Defined Receiver
SerDes	Serializer-Deserializer
SFP	Small Formfactor Pluggable
SM	Single Mode
SNMP	Simple Network Management Protocol
SONET	Synchronous Optical NETwork
STM	Synchronous Transfer Mode
TIA	Telecommunications Industry Association
TTL	Transistor-Transistor Logic
Tx	Transmitter
XFP	10 Gigabit Small Formfactor Pluggable

3、一般说明

本规范涵盖以下项目：

- a) 电气规格。（包括用于数据控制，状态，配置和测试信号的连接器触点分配）以及电连接器和推荐的主机 PCB 布局要求。
- b) 机械和电路板定义。
- c) 环境和热要求（箱体温度）。带和不带模块安装在笼子时的电磁干扰（EMI）建议（包括必要的屏蔽功能，以从密封 OEM 机箱前面板输出）。静电放电（ESD）要求仅在本说明书所公开的范围内，其中这种公开的唯一目的是使产品能够在规格内定义进行操作，连接或通信。
- d) 时间要求

整体包装尺寸应符合所需的尺寸和公差。

- 安装特征应定位，使产品与笼和连接器系统机械可互换。
- 电路板上的笼和连接器系统的总体尺寸和安装要求应配置为使产品机械和电气可互换。
- 光学连接器和相应的光纤电缆插头的总体尺寸和插入要求应使产品在机械和光学上可互换。

这些电气和光学规格可能与以下列举的那些兼容：

ITU-T Recommendation G.957	STM-1, STM-4, STM-16
Telcordia Technologies GR-253-CORE	OC-3, OC-12, OC-48, OC-192
Ethernet IEEE 802.3	10 GbE, 40 GbE, 100 GbE
Infiniband Architecture Specifications	SDR, DDR, QDR, FDR, EDR
SFF Committee	SFF-8436 QSFP+
Fibre Channel	FC-PI-3/4/5/6, 2G, 4G, 8G, 10G, 16G, 32G

规格将为支持 SONET / SDH 和/或以太网和/或 Infiniband 和/或光纤通道和/或 SAS 规格的组合四通道端口提供通用解决方案。该规范涵盖能够支持多模和单模模块，无源铜，有源铜缆和有源光缆的设计。

应用参考模型，参见图 3-1，显示了 ASIC (SerDes) 和模块之间的高速数据接口。为简单起见，仅显示了接口的一个数据通道。可以使用并行 MPO 或双工 LC 光纤连接器作为光接口。

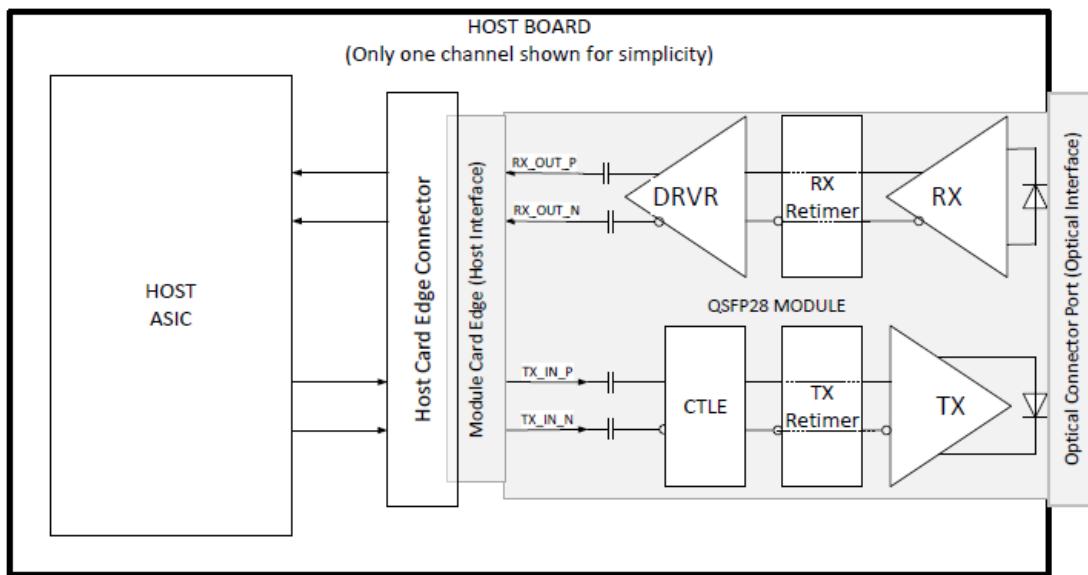


FIGURE 3-1 APPLICATION REFERENCE MODEL

4、合规测试

模块电气接口测试点旨在使用合规板进行测量，如图 4-1 所示。这些合规板旨在将待测模块连接到测试设备，以验证是否符合相应的标准。

模块合规板用于测试模块。合规板的电气参数应由适当的标准规定。模块合规板和主机合规板可以插在一起用于校准符合性信号，并检查合规板的电气参数。

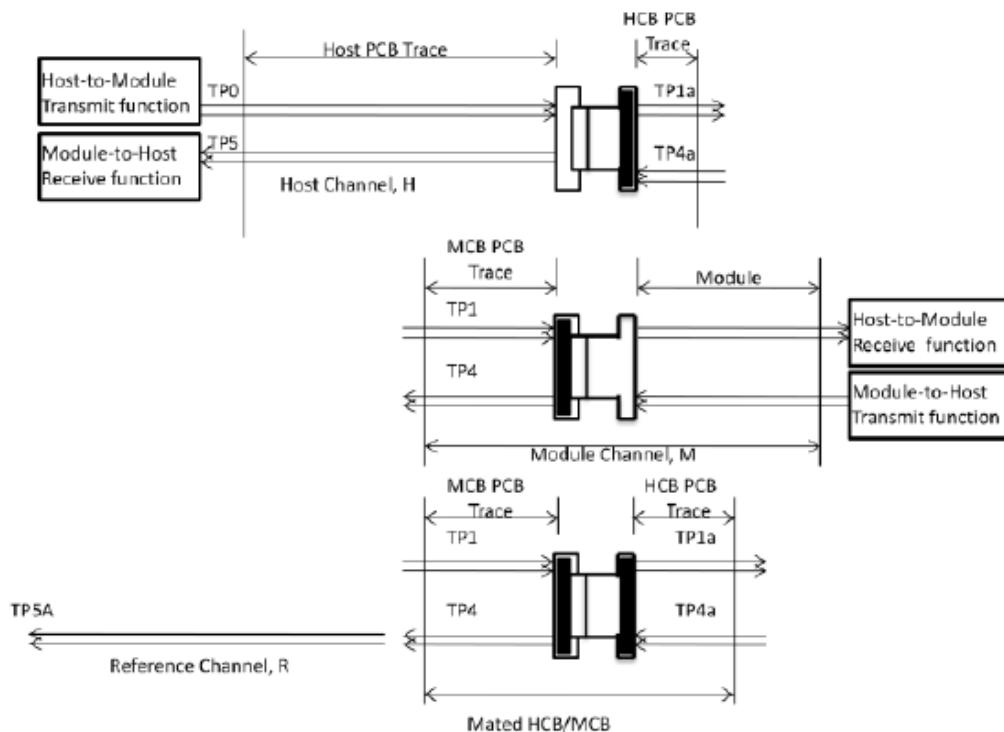


FIGURE 4-1 REFERENCE POINTS AND COMPLIANCE BOARDS

参考点在表 4-1 中定义。

表 4-1 参考点

- TP0 在 DUT 板上的 ASIC 封装引脚上的主机 ASIC 发送器输出
 - TP1 通过配对模块兼容板和模块连接器输入到模块兼容板。 用于测试模块输入
 - TP1A 主机 ASIC 发送器通过主机板和主机边缘卡连接器在主机兼容板的输出端输出
 - TP4 模块输出通过配对模块和主机边缘卡连接器通过模块合规板
 - TP4A 通过配对主机兼容板和主机边缘卡连接器输入主机兼容板。 用于测试主机输入
 - TP5 输入到主机 ASIC
- 注意：个别标准可以指定唯一的参考点

5、电气规格

本节包含模块的引脚定义数据。 引脚定义数据对于千兆位/秒数据通信应用如光纤通道，以太网和 SONET / ATM 应用是通用的。 图 4-1 中定义了高速信号电测量的符合点。 所有其他电气信号的符合点在主机边缘卡连接器处于相似点。

5.1 电气连接器

图 5-1 显示了模块边缘连接器的信号符号和接点编号。 该图显示了模块 PCB 边缘作为顶视图和底视图。 有 38 个触点用于高速信号，低速信号，电源和接地连接。 表 5-1 提供了有关 38 个连接中的每一个的更多信息。

该模块包含与电连接器相配合的印刷电路板。 pad 设计用于顺序接触：

- 第一触点 - 地触点
- 第二触点 - 电源触点
- 第三触点 - 信号触点

对于 EMI 保护，当模块拆卸时，应关闭连接器的信号。 建议使用标准电路板布局实践，例如使用 Vias 连接到 Vcc 和 GND，使用短距离和等长差分信号线，使用微带线和 50 欧姆终端。 模块的机箱接地（外壳通用）应与模块的电路接地 GND 隔离，为设备设计人员提供模块外部电磁干扰屏蔽和电路接地 GND 之间连接的灵活性。

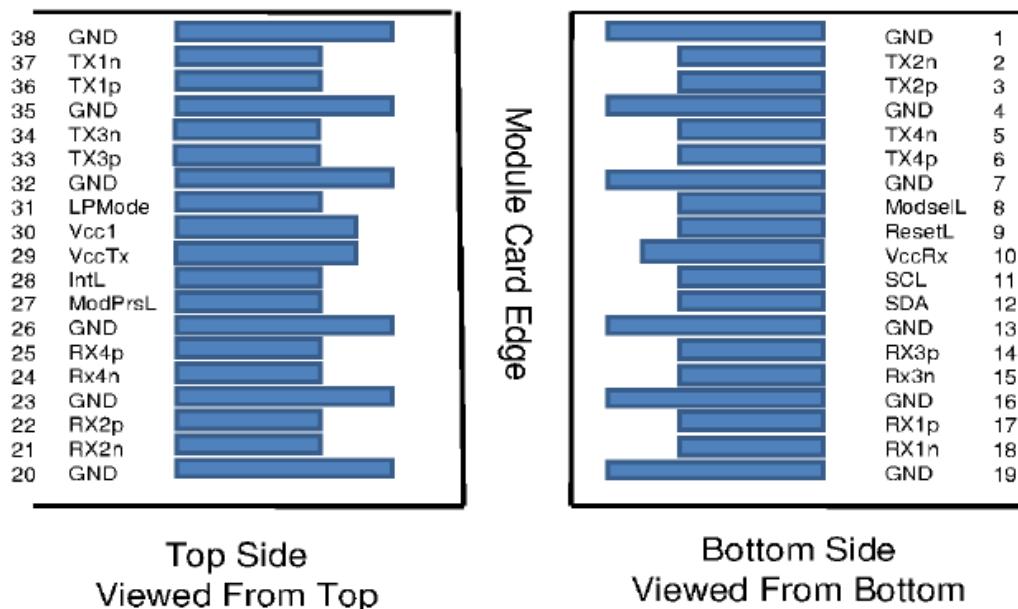


FIGURE 5-1 MODULE PAD LAYOUT

TABLE 5-1 PIN FUNCTION DEFINITION

Pin	Logic	Symbol	Description	Plug Sequence	Notes
1		GND	Ground	1	1
2	CML-I	Tx2n	Transmitter Inverted Data Input	3	
3	CML-I	Tx2p	Transmitter Non-Inverted Data Input	3	
4		GND	Ground	1	1
5	CML-I	Tx4n	Transmitter Inverted Data Input	3	
6	CML-I	Tx4p	Transmitter Non-Inverted Data Input	3	
7		GND	Ground	1	1
8	LVTTL-I	ModSelL	Module Select	3	
9	LVTTL-I	ResetL	Module Reset	3	
10		Vcc Rx	+3.3V Power Supply Receiver	2	2
11	LVCMSO-I/O	SCL	2-wire serial interface clock	3	
12	LVCMSO-I/O	SDA	2-wire serial interface data	3	
13		GND	Ground	1	1
14	CML-O	Rx3p	Receiver Non-Inverted Data Output	3	
15	CML-O	Rx3n	Receiver Inverted Data Output	3	
16		GND	Ground	1	1
17	CML-O	Rx1p	Receiver Non-Inverted Data Output	3	
18	CML-O	Rx1n	Receiver Inverted Data Output	3	
19		GND	Ground	1	1
20		GND	Ground	1	1
21	CML-O	Rx2n	Receiver Inverted Data Output	3	
22	CML-O	Rx2p	Receiver Non-Inverted Data Output	3	
23		GND	Ground	1	1
24	CML-O	Rx4n	Receiver Inverted Data Output	3	
25	CML-O	Rx4p	Receiver Non-Inverted Data Output	3	
26		GND	Ground	1	1
27	LVTTL-O	ModPrsL	Module Present	3	
28	LVTTL-O	Intl	Interrupt	3	
29		Vcc Tx	+3.3V Power supply transmitter	2	2
30		Vcc1	+3.3V Power supply	2	2
31	LVTTL-I	LPMode	Low Power Mode	3	
32		GND	Ground	1	1
33	CML-I	Tx3p	Transmitter Non-Inverted Data Input	3	
34	CML-I	Tx3n	Transmitter Inverted Data Input	3	
35		GND	Ground	1	1
36	CML-I	Tx1p	Transmitter Non-Inverted Data Input	3	
37	CML-I	Tx1n	Transmitter Inverted Data Input	3	
38		GND	Ground	1	1

注 1: GND 是模块通用的信号和电源(电源)符号。除非另有说明,否则所有模块电压都参考此模块电压。将它们直接连接到主机板信号公共接地层。

注 2: 同时应用 Vcc Rx, Vcc1 和 Vcc Tx。对于主机边缘卡连接器的主机侧规定的要求见表 5-6。Vcc Rx Vcc1 和 Vcc Tx 可以在模块内以任何组合内部连接。连接器引脚的额定最大电流为 1000 mA。

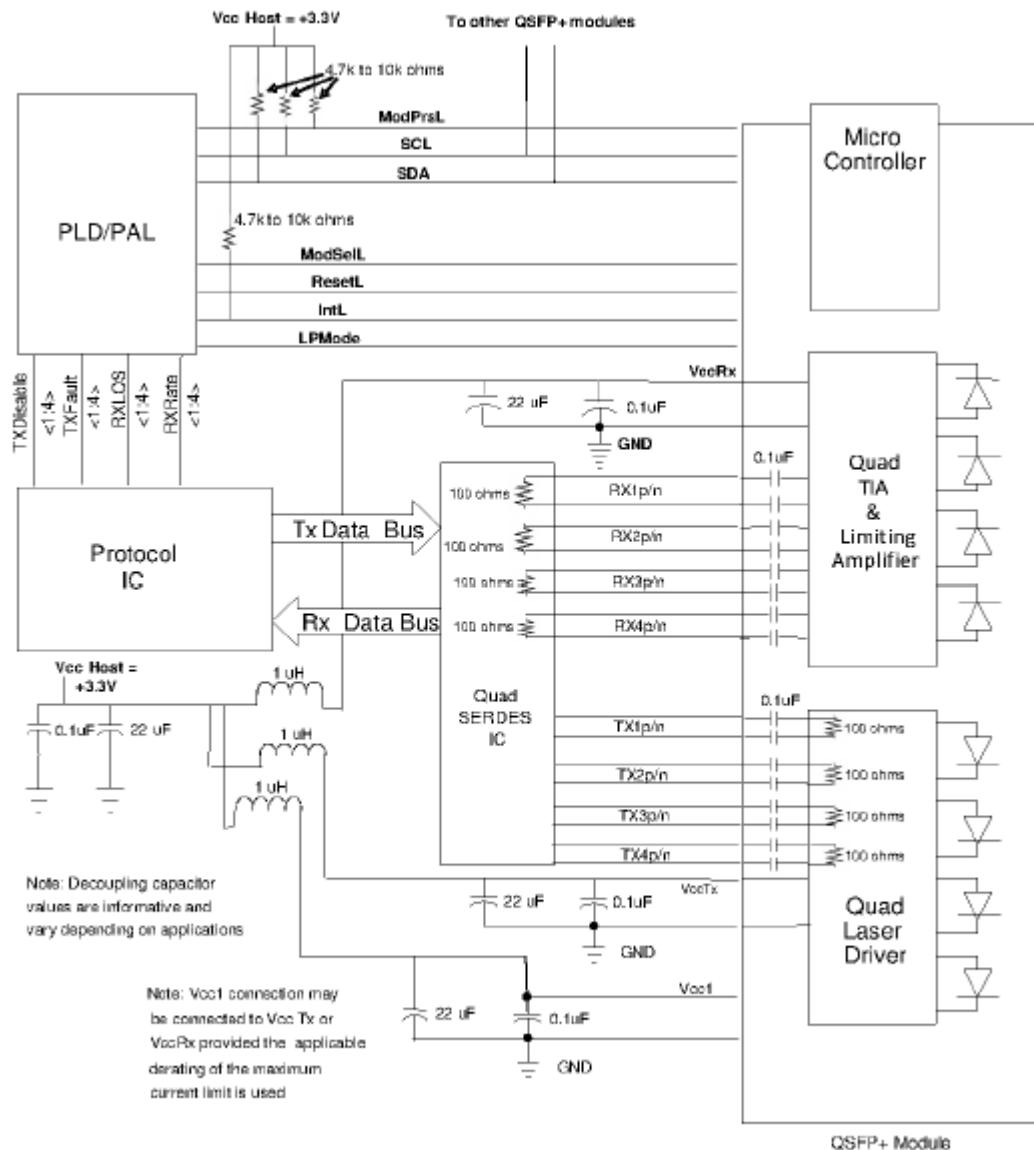


FIGURE 5-2 EXAMPLE: HOST BOARD SCHEMATIC FOR OPTICAL MODULES

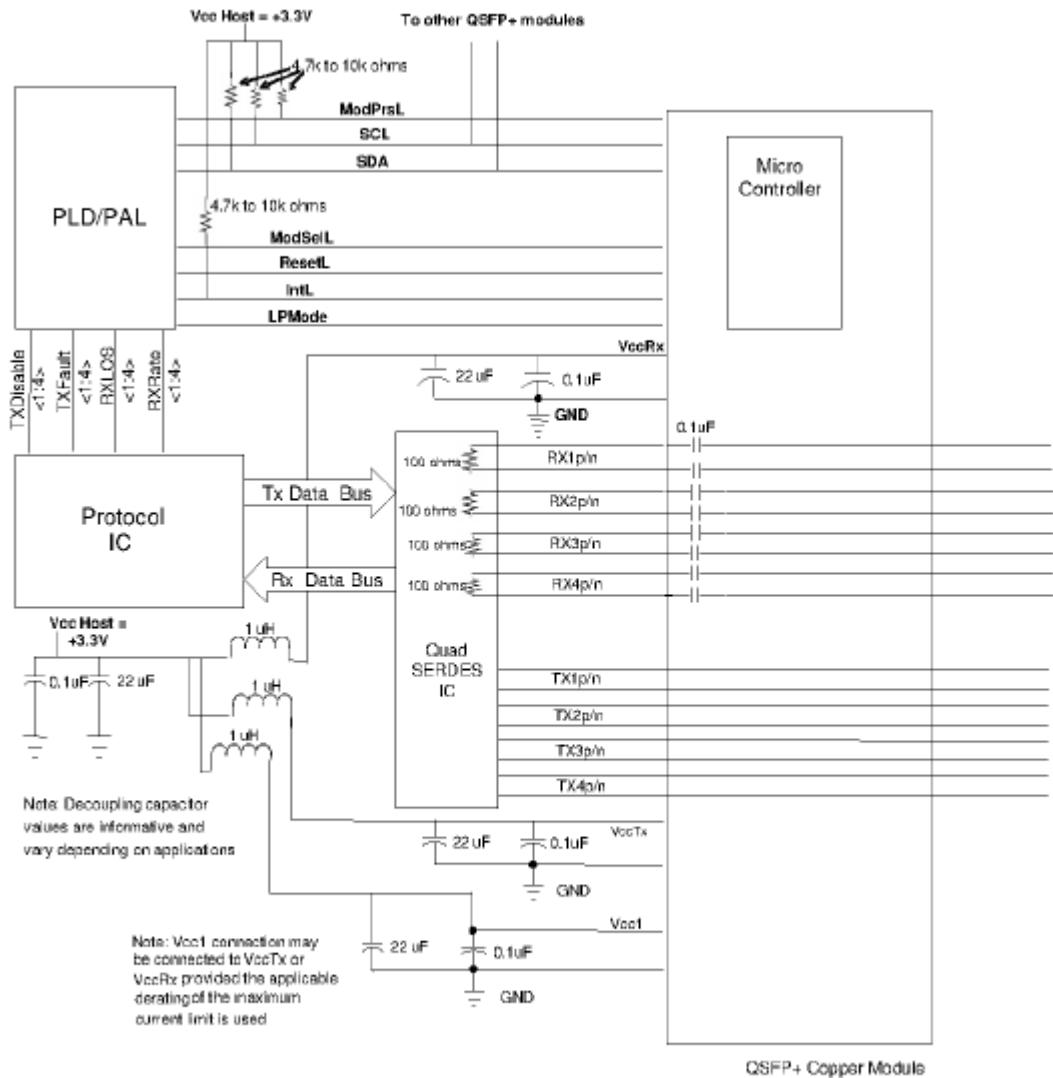


FIGURE 5-3 EXAMPLE: HOST BOARD SCHEMATIC FOR PASSIVE COPPER CABLES

5.2 低速引脚说明

除了 2 线串行接口外，模块还具有以下低速引脚用于控制和状态：

ModSelL ResetL LPMode ModPrsL INTL

5.2.1 ModSelL

ModSelL 是一个输入引脚。当主机保持低电平时，模块响应 2 线串行通信命令。ModSelL 允许在单个 2 线接口总线上使用多个模块。当 ModSelL 为 “High” 时，模块不应对主机的任何 2 线接口通信进行响应或确认。ModSelL 信号输入节点应偏置到模块中的 “高” 状态。

为了避免冲突，在取消选择任何模块后，主机系统不得尝试 ModSelL 解除时间内的 2 线接口通信。

类似地，在与新选择的模块进行通信之前，主机至少等待 ModSelL 断言时间段。只要满足上述时序要求，不同模块的断言和取消置位周期就可能重叠。

5.2.2 ResetL

ResetL 引脚应拉至模块中的 Vcc。ResetL 引脚上的低电平长于最小脉冲长度 (t_{Reset_init}) 将启动完整的模块复位，将所有用户模块设置恢复到默认状态。复位置位时间 (t_{init}) 在 ResetL 引脚的低电平被释放后的上升沿开始。

在执行复位 (t_{init}) 期间，主机将忽略所有状态位，直到模块指示复位中断完成为止。该模块通过将 Data_Not_Ready 位置为“低”以及一个 IntL 信号来指示。请注意，在上电（包括热插拔）时，模块应将此完成复位中断，而不需要复位。

5.2.3 LPMode

LPMode 引脚应在模块中拉至 Vcc。该引脚在高电平时硬件控制模块置于低功耗模式。通过使用 LPMode 引脚和 Power_override, Power_set 和 High_Power_Class_Enable 软件控制位（地址 A0h, 字节 93 位 0,1,2）的组合，主机控制模块可以耗散多少功率。

有关电源规格的详细信息，请参见第 5.5 节。

5.2.4 ModPrsL

ModPrsL 被拉到主板上的 Vcc_Host，并在模块中接地。当模块在主机连接器中物理上不存在时被置为“高”，ModPrsL 被插入时被断言为“低”。

5.2.5 IntL

IntL 是一个输出引脚。当 IntL 为“低”时，表示可能的模块操作故障或对主机系统至关重要的状态。主机使用 2 线串行接口识别中断源。IntL 引脚是集电极开路输出，应被拉至主机主机电源电压。当字节 2 位 0（数据未就绪）被读取时，INTL 引脚在复位完成后被置为“高”，读取标志字段（见 SFF-8636）。

5.3 低速引脚电气规格

5.3.1 低速信号

SCL 和 SDA 以外的低速信号基于以 Vcc 工作的低电压 TTL（LVTTL）。Vcc 是指 VccTx, VccRx, Vcc_host 或 Vcc1 的通用电源电压。

主机应在每个 2 线接口 SCL(时钟), SDA(数据) 和所有低速状态输出上使用连接到 Vcc_host 的上拉电阻。

SCL 和 SDA 是可以支持总线拓扑的热插拔接口。在模块插入或取出期间，模块可以实现预充电电路，防止损坏已经在使用总线的其他模块的数据传输。

符合表 5-3 提供了主机总线主机和 2 线接口之间的兼容性。

TABLE 5-2 LOW SPEED PIN ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit	Condition
SCL and SDA	VOL	0	0.4	V	IOL(max)=3.0mA
	VOH	Vcc-0.5	Vcc+0.3	V	
SCL and SDA	VIL	-0.3	Vcc*0.3	V	
	VIH	Vcc*0.7	Vcc + 0.5	V	
Capacitance for SCL and SDA I/O pin	Ci		14	pF	
Total bus capacitive load for SCL and SDA	Cb		100	pF	3.0 k Ohms pullup resistor, max
			200	pF	1.6 k Ohms pullup resistor max
LPMode, Reset and ModSelL	VIL	-0.3	0.8	V	Iin <=125 uA for 0V<Vin,Vcc
	VIH	2	Vcc+0.3	V	
ModPrsL and IntL	VOL	0	0.4	V	IOL=2.0mA
	VOH	Vcc-0.5	Vcc+0.3	V	

5.3.2 低速引脚时序

SCL, SDA 和 ModSelL 的时序在通用管理接口文档 SFF-8636 中定义。第 8 节规定了硬件控制功能的时序。

5.4 高速引脚电气规格

5.4.1 Rx (n) (p/n)

Rx (n) (p/n) 是模块接收器数据输出。Rx (n) (p/n) 是在主机 ASIC (SerDes) 上以 100 欧姆差分终止的 AC 耦合的 100 欧姆差分线路。交流耦合在模块内，主板上不需要。

对于 28 Gb / s 的操作，相关标准（例如，OIF CEI v3.1）定义了高速差分线路上的信号要求。以较低的速度运作，请参阅相关标准。

注意：由于将传统 QSFP 和 QSFP + 模块插入设计用于更高速度运行的主机的可能性，建议主机输入的损坏阈值至少为峰峰值差异为 1600 mV。

光输入信号的丢失需要输出静噪（以下称为 Rx 静噪），功能如下。在任何通道上的光信号变得等于或小于声明 LOS 所需的电平的情况下，该通道的接收器数据输出应被静噪或禁用。在静噪或禁用状态下，输出阻抗水平保持不变，而差分电压摆幅应小于 50 mVpp。

在正常工作状态下，默认情况下，Rx 静噪有效。可以通过 2 线串行接口使用 Rx 静噪禁用 Rx 静噪。 Rx Squelch Disable 是一个可选功能。具体细节请参考 SFF-8636。

5.4.2 Tx (n) (p/n)

Tx (n) (p/n) 是模块发射机数据输入。它们是模块内部具有 100 欧姆差分端接的交流耦合 100 欧姆差分线路。交流耦合在模块内，主板上不需要。对于 28 Gb / s 的操作，相关标准（例如，OIF CEI v3.1）定义了高速差分线路上的信号要求。以较低的速率运作，请参阅相关标准。

由于将模块插入设计用于较低速度运行的主机的可能性，模块输入的损伤阈值应至少为 1600 mV 峰 - 峰差。

输入信号丢失（以下称为 Tx LOS）时输出静噪（以下称为 Tx 静噪），是可选功能。实施时的功能如下。在差分情况下，任何通道上的峰 - 峰电信号变得小于 50 mVpp，则该通道的发射机光输出将被静噪或禁用，并且相关联的 TxLOS 标志置 1。

发射机 OMA 应在小于或等于 -26dBm 的地方被静噪，当被禁用时，发射机功率应小于或等于 -30dBm。对于应用，例如以太网，其中发射机关闭条件是根据平均功率定义的，禁止发射机被推广应用，例如。 InfiniBand，其中发射机关闭条件是根据 OMA 定义的，建议对发射机进行静噪。

在模块操作中，实施 Tx 静噪时，默认情况下，Tx 静噪有效。可以通过 2 线串行接口使用 Tx 静噪禁止 Tx 静噪。 Tx 静噪禁用是一个可选功能。具体细节请参考 SFF-8636。

5.5 电源引脚

QSFP28 模块中的电路卡有三个指定的电源引脚，标记为 VccTx, VccRx 和 Vcc1。当 QSFP28 模块被“热插拔”到已经存在电源的连接器中时，三个引脚同时施加电源。模块负责限制热插拔事件期间的浪涌电流。主机电源负责在热插拔事件期间提供最大浪涌电流限制，而不会对同一电源上的其他模块和组件造成干扰。

5.5.1 功率等级和最大功耗

QSFP28 模块分为几个功率等级，如表 5-3 所示。电源类在管理接口的第 00h 页上方显示，字节 129 (81h)。

TABLE 5-3 QSFP28 - MAXIMUM POWER CLASSES

Power Class	Maximum power dissipation per module (W)
1	1.5
2	2.0
3	2.5
4	3.5
5	4.0
6	4.5
7	5.0

主机电源滤波网络的规格超出了本规范的范围，特别是因为 QSFP28 模块功率等级范围很广。如图 5-5 所示，图 5-4 中标记为 I1 的主机滤波器的电流波形示例如图 5-5 所示。每个电源连接都有一个电源滤波器，用于滤除主机到模块的高频噪声和纹波。在热插拔事件期间，过滤器网络限制主机电源上的任何电压降，以使共享相同电源的相邻模块保持在其指定的电源电压限制内。

主板与 QSFP28 模块一起形成一个集成的电源系统。主机为模块提供稳定的电源。每个模块将电气噪声限制回主机系统，并限制热插拔插入期间的浪涌充电/电流。所有规格应在最大电源电流下达到。主机系统不需要电源的电源排序，因为模块在插入期间按接地，供电和信号顺序对触点进行排序。主机上的过滤器网络上的任何压降都会受到主机直流设定点精度规格的限制。

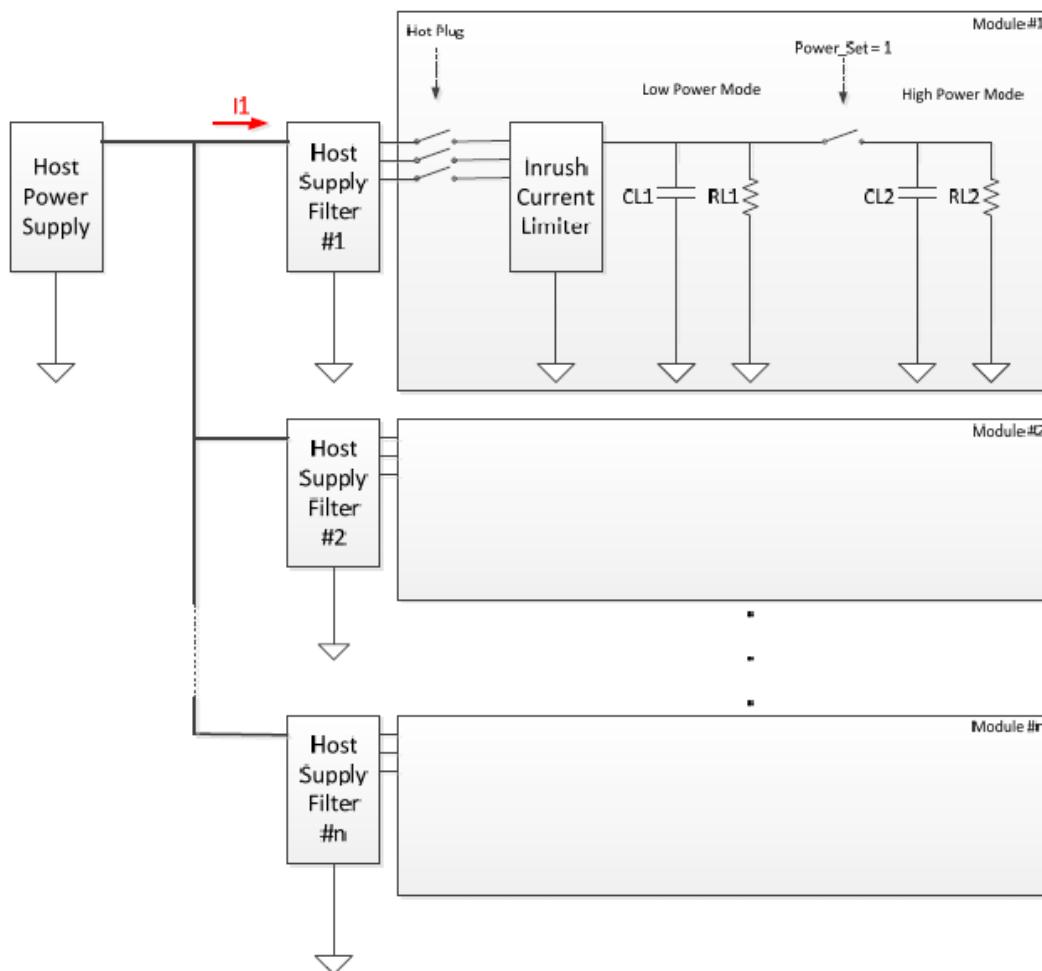


FIGURE 5-4 EXAMPLE: SCHEMATIC OF MULTIPLE QSFP28 POWER SUPPLY ARRANGEMENT

5.5.2 模块电源规格

为了避免超过主机系统的电源容量，在热插拔，上电或复位时，所有 QSFP28 模块都应在功率 1 级上电，指定为“低功耗模式”。1 级的 QSFP28 模块在初始化后将完全正常工作，并在系统运行期间保持低功耗模式。所有其他 QSFP28 模块只能在主机系统启用“高功率模式”功能后才能完成功能操作。

高功率模式被定义为第 00 页（字节 129）中公布的最大功率等级，只有主机能为模块提供足够的电源，主机才能使能。主机系统使用 LPMode 输入引脚和写入字节 93 中的 3 个控制位控制是否启用特定功率等级。管理接口规范 SFF-8636 提供完整的详细信息，但是为了说明电源控制，表 5-4 列出了这些位。

TABLE 5-4 POWER MODE CONTROL BITS (SEE SFF-8636)

Addr	Bit	Name	Description
93	7-3	Reserved	
	2	High_Power_Class_Enable (Classes 5-7)	When set (=1b) enables power classes 5 to 7 if listed in address 129d. When cleared (=0b), modules with power classes 5 to 7 shall dissipate less than 3.5W, but are not required to be fully functional. Default = 0.
	1	Power_set	Power set to Low Power Mode (class 1). Default = 0.
	0	Power_override	Override of LPMode pin to allow power mode setting by software.

当设置 (=1b) 使地址 129d 中列出的功率等级为 5 到 7。清除 (=0b) 时，功率等级为 5 至 7 的模块应耗散小于 3.5W，但不需要完全正常工作。默认=0。

电源设置为低功耗模式（1 级）。默认=0。

覆盖 LPMode 引脚以允许通过软件设置电源模式。

显示允许的功率等级的真值表如表 5-5 所示。

TABLE 5-5 POWER MODE TRUTH TABLE

High_Power_Class_Enable bit	LPMode pin state	Power_override bit	Power_set bit	Module Power Classes Allowed
0	1	0	X	1
0	0	0	X	2 to 4
0	X	1	1	1
0	X	1	0	2 to 4
1	1	0	X	1
1	0	0	X	2 to 7
1	X	1	1	1
1	X	1	0	2 to 7

QSFP28 模块通过三个电源引脚上的主机供电电压进行工作。为保护主机和系统运行，每个 QSFP28 模块在热插拔和正常运行期间都应遵循表 5-5 所示的要求，如图 5-5 所示。

用于测量电源电流的测试配置是具有参考电源滤波器的模块兼容板（MCB），类似于 SFF-8431，附录 D 和图 56 所示的电路。QSFP28 MCB 上每个模块卡具有单个滤波器 或每个模块卡上每个电源引脚有单独滤波器，具体取决于功率等级和模块设计。表 5-6 中的电流限制是指通过每个电感的电流。

如图 5-5 所示，图 5-4 中标记为 I1 的主机滤波器的电流波形示例如图 5-5 所示。该图还显示了在低功耗模式下初始模块接通的时序，以及主机系统通过双线接口启用后，过渡到全功率模式的时间。

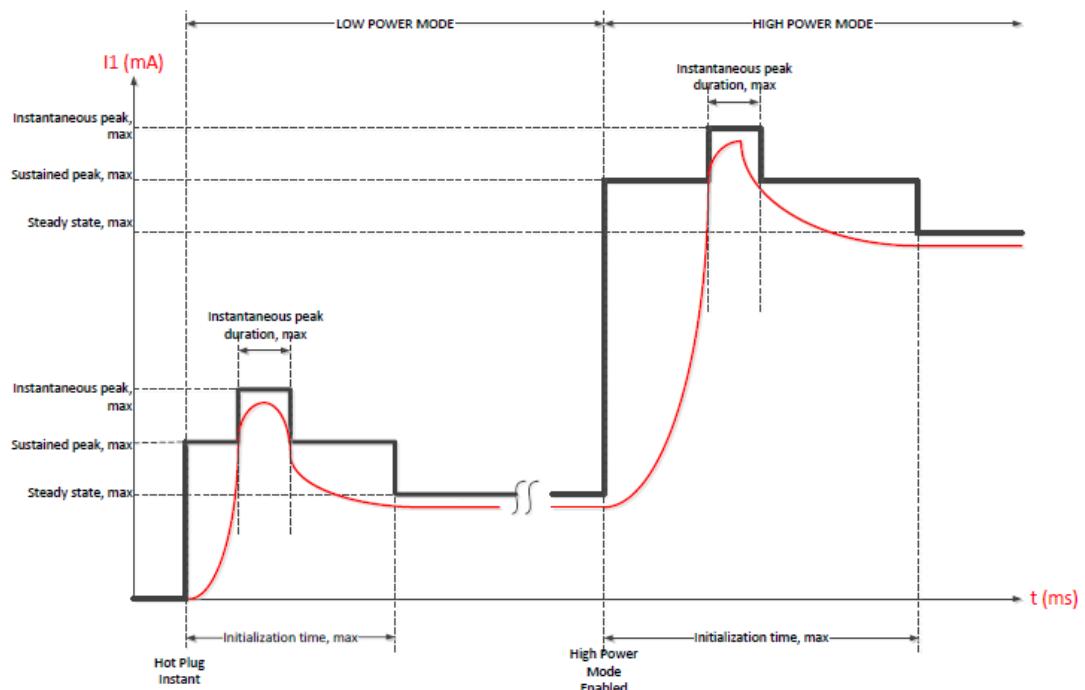


FIGURE 5-5 QSFP28 INRUSH CURRENT TIMING

TABLE 5-6 QSFP28 MODULE POWER SUPPLY SPECIFICATION

Parameter	Symbol	Min	Nom	Max	Unit
Host power supply voltages including ripple, droop and noise below 100 kHz	Vcc_Host	3.135	3.3	3.465	V
Host RMS noise output 10 Hz-10 MHz	e_noss	-	-	25	mV
Module RMS noise output 10 Hz - 10 MHz	e_noss	-	-	15	mV
Module power supply noise tolerance 10 Hz - 10 MHz (peak-to-peak)	PSNR_Nsd	-	-	66	mV
Module inrush - instantaneous peak duration	T_ip	-	-	50	μs
Module inrush - initialization time	T_init	-	-	500	ms
Power Class 1 module and low power mode for other modules					
Power consumption	P_1	-	-	1.5	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_1	-	-	600	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_1	-	-	495	mA
Steady state current	Icc_1	-	-	432.9	mA
Power Class 2 module					
Power consumption	P_3	-	-	2.0	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_3	-	-	800	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_3	-	-	660	mA
Steady state current	Icc_3	-	-	577.2	mA
Power Class 3 module					
Power consumption	P_4	-	-	2.5	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_4	-	-	1000	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_4	-	-	825	mA
Steady state current	Icc_4	-	-	721.5	mA
Power Class 4 module					
Power consumption	P_5	-	-	3.5	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_5	-	-	1400	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_5	-	-	1155	mA
Steady state current	Icc_5	-	-	1010.1	mA
Power Class 5 module					
Power consumption	P_6	-	-	4.0	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_6	-	-	1600	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_6	-	-	1320	mA
Steady state current	Icc_6	-	-	1154.4	mA
Power Class 6 module					
Power consumption	P_7	-	-	4.5	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_7	-	-	1800	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_7	-	-	1485	mA
Steady state current	Icc_7	-	-	1298.7	mA
Power Class 7 module					
Power consumption	P_8	-	-	5.0	W
Instantaneous peak current at hot plug	Icc_ip_8	-	-	2000	mA
Sustained peak current at hot plug	Icc_sp_8	-	-	1650	mA
Steady state current	Icc_8	-	-	1443.0	mA

5.5.3 主机电源电源噪声输出

当通过 SFF-8431 第 D.17.1 节的方法进行测试时，主机将产生小于表 5-6 中值的有效加权积分频谱 RMS 噪声。

5.5.4 模块电源噪声输出

当通过 SFF-8431 (D.17.2 节) 的方法进行测试时，QSFP28 产生的要小于表 5-6 中的值。

5.5.5 模块电源噪声容限

根据 SFF-8431 第 D.17.3 节的方法，在从表 10-6 给出的振幅正弦公差信号，从 10 Hz 扫描到 10 MHz 情况下，QSFP28 模块应满足所有要求，并保持完整的工作状态。这可以模拟主机的最坏情况噪声输出。

5.6 ESD

在没有另外规定 ESD 性能的情况下，例如在 InfiniBand 规范中，当安装在正确接地的笼和机箱中时，模块应符合 EN61000-4-2 标准 B 测试规范中给出的 ESD 要求。这些单元在运行期间经受 15kV 的空气放电，并在 8kV 直接接触放电的情况下。

模块和主机高速信号触点应根据 JEDEC JESD22-A114-B 的人体模型承受 1000V 静电放电。

6、机械和电路板定义

6.1 介绍

本节中定义的总体模块如图 6-1 所示。所有可插拔模块和直接连接电缆插头必须与本规范中定义的连接器和笼子设计配合。光接口应符合 IEC 61754-7 接口 7-3（MPO 适配器接口）的尺寸规格，并与光纤电缆上的插头进行光耦合。可以使用几个笼式到边框选项。金属弹簧手指和弹性 EMI 解决方案均允许使用，但必须通过客户定义的要求。散热器/夹具热设计是特定的，不在本规范中定义；但是以通用设计为例。

General View: QSFP Cable Plug/Module and Receptacle/Cage (shown cage accepts heat sink)

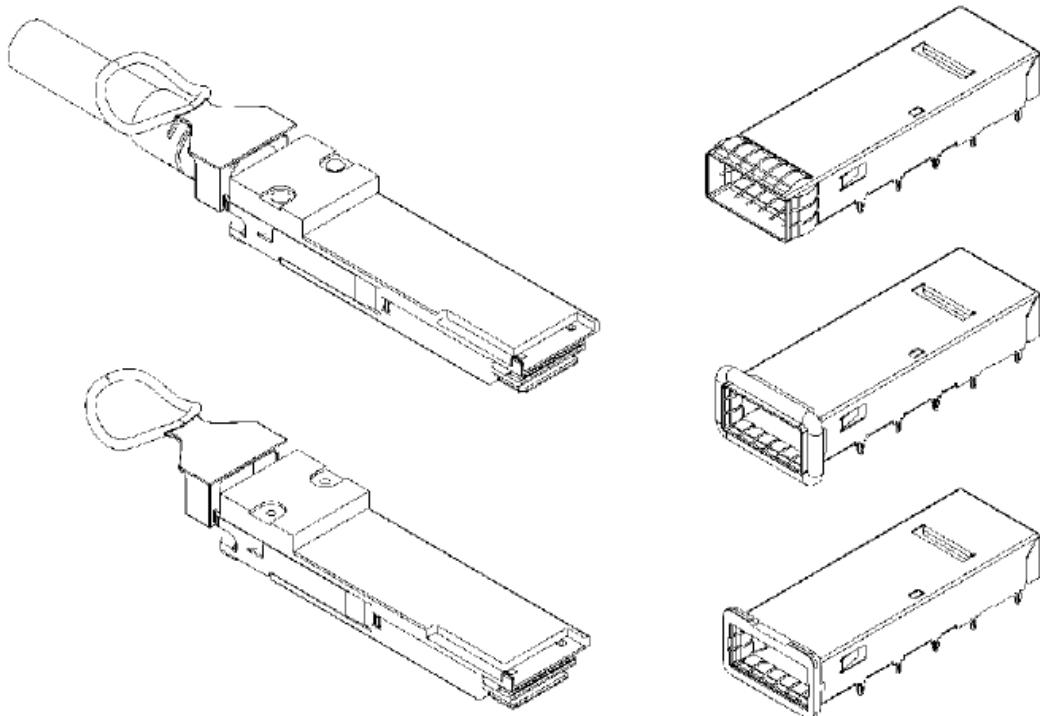


FIGURE 6-1 PLUGGABLE AND DIRECT ATTACH MODULE RENDERING

6.2 模块的颜色编码和标签

模块的暴露特征（延伸到挡板外部的特征或表面）应按如下颜色进行编码：

米色 850nm

蓝色为 1310nm

白色为 1550nm

每个模块应标明晰。当模块安装后并且设备的底部是标签的推荐位置时，完整的标签不可见。标签应包括：

适当的制造和部件号识别

适当的合规性标签

制造追溯码

标签还应包括外部端口特性的明确规定，如：

光波长

所需的光纤特性

操作数据速率

支持接口标准

支持链接长度

标签不得干扰机械、热或 EMI 特性。

6.3 光接口

光接口端口应为 IEC 61754-7 (见图 6-4) 中规定的公型 MPO 连接器或 IEC 61754-20 规定的双 LC (见图 6-5)。

如图 6-2 所示, 左侧的四个光纤位置, 带有键, 用于光发送信号 (通道 1 至 4)。右侧的光纤位置用于光接收信号 (通道 4 至 1)。中心四根光纤可以物理存在。存在两个对准销。

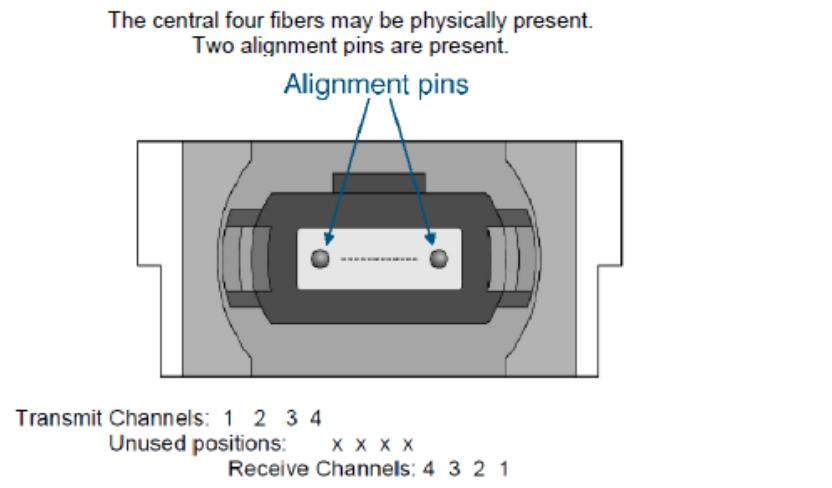


FIGURE 6-2 OPTICAL RECEPTACLE AND CHANNEL ORIENTATION FOR MPO CONNECTOR

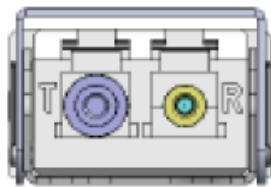


FIGURE 6-3 OPTICAL RECEPTACLE AND CHANNEL ORIENTATION FOR DUAL LC CONNECTOR

6.3.1 MPO 光缆连接

配对键 (B 型) MPO 跳线应用于确保模块之间的信号对齐。对齐的关键跳线在 TIA-568 中定义, 如图 6-4 所示。光学连接器的定向使得 MPO 插座的键控特征位于顶部。

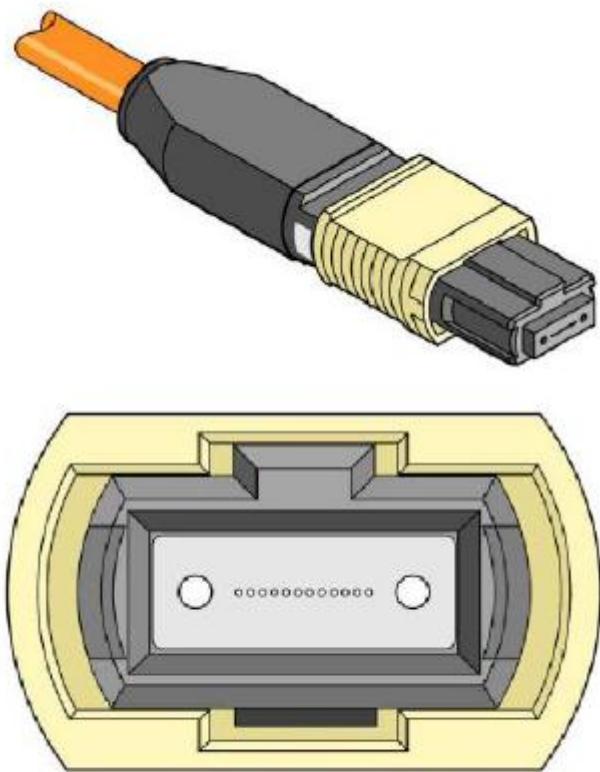


FIGURE 6-4 MPO OPTICAL PATCH CORD

6.3.2 双 LC 光缆连接

双 LC 光缆跳线在 TIA / EIA-604-10A 中定义，如图 6-5 所示。

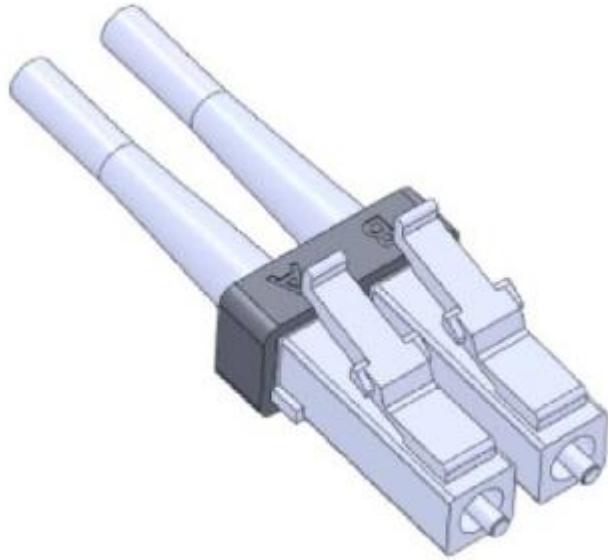


FIGURE 6-5 DUAL LC OPTICAL PATCH CORD

7、环境与热力

7.1 热量要求

模块应在表 7-1 中定义的一个或多个外壳温度范围内工作。 温度范围适用于海拔 60 米，海

拔 1800 米（参考 NEBS GR-63），利用主机系统设计的气流。

TABLE 7-1 TEMPERATURE RANGE CLASS OF OPERATION

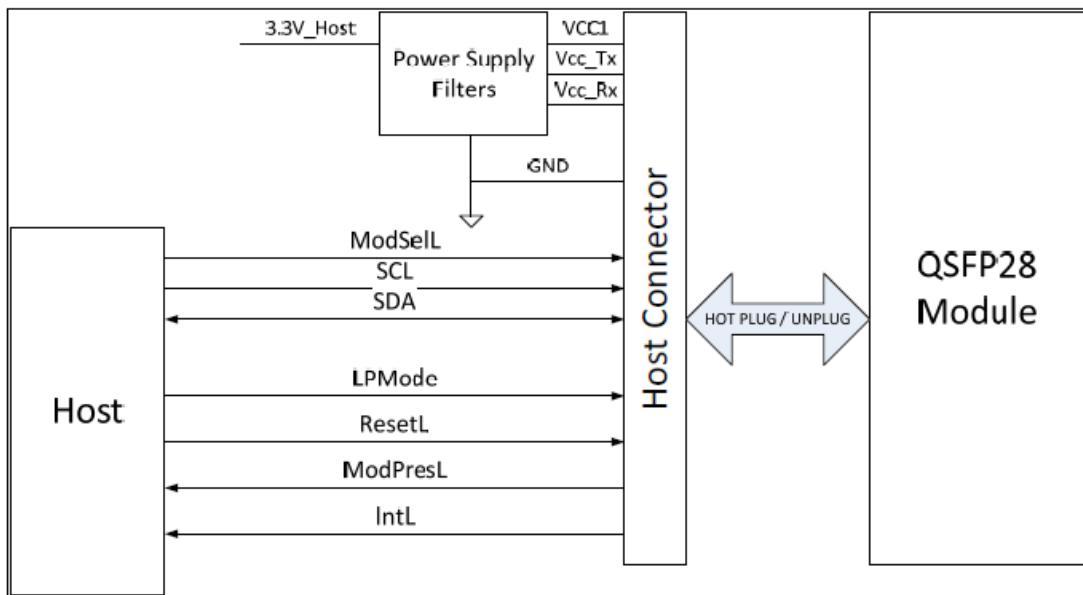
Class	Case Temperature Range
Standard	0 through 70C
Extended	-5 through 85C
Industrial	-40 through 85C

该设计允许多达 16 个相邻的模块，组合和/或腹部到腹部，具有适合的冷却/气流热设计。（参考 NEBS GR-63）

8、时间要求

图 8-1 给出了主机系统与 QSFP28 模块之间的控制和状态信号的框图。SFF-8636 通用管理接口规范中提供了 SCL, SDA 和 ModSelL 信号的时序要求。本节提供硬件信号 ResetL, LPMode 和 IntL 的时序要求。此外，还提供了通过两线接口实现的控制和状态功能的时序。

FIGURE 8-1 BLOCK DIAGRAM OF MODULE CONTROL SIGNALS



8.1 软控制和状态时序要求

Parameter	Symbol	Max	Unit	Conditions
Initialization time	t_init	2000	ms	从电源开启*2，热插拔或复位上升沿直到模块完全正常工作的时间。 ^{*3} 该时间不适用于低功耗状态下的非功率级 0 模块。
Reset Init Assert Time	t_reset_init	2	us	ResetL 上输入超过 t_reset_init 的低电平产生复位。
Serial Bus Hardware Ready Time	t_serial	2000	ms	从电源开始到模块通过双线串行总线响应数据传输的时间。 ^{*2}
Monitor Data Ready Time	t_data	2000	ms	从上电到 DataNotReady (字节 2 位 0) 设为无效和 IntL 输出置为有效的时间。 ^{*2}

Reset Assert Time	t_reset	2000	ms	从 ResetL 输入上升沿开始直到模块完全运行的时间，。*3
LPMode Assert Time	ton_LPMode	100	us	从断言 LPMode (Vin: LPMode = Vih) 直到模块功耗达到功率级别 1 的时间。
LPMode Deassert Time	toff_LPMode	300	ms	从 LPMode (Vin: LPMode = Vil) 取消直到模块完全运行的时间，。*3*5
IntL Assert Time	ton_IntL	200	ms	条件触发 IntL 直到 Vout: IntL = Vol 的时间。
IntL Deassert Time	toff_IntL	500	us	从相关标志的清零读操作到 Vout: IntL = Voh 的时间。*4 这包括 Rx LOS, Tx Fault 和其他标志位的无效时间。
Rx LOS Assert Time	ton_LOS	100	ms	从 Rx LOS 状态到 Rx LOS 位置 1(值=1b) 和 IntL 置位的时间。
Tx Fault Assert Time	ton_Txfault	200	ms	从 Tx 故障状态到 Tx 故障位设置(值=1b) 和 IntL 置位的时间。
Flag Assert Time	ton_flag	200	ms	从条件触发标志到相关标志位设置(值=1b) 和 IntL 断言的时间。
Mask Assert Time	ton_mask	100	ms	从掩码位置位(值=1b) 到相关 IntL 断言被禁止的时间。*1
Mask Deassert Time	toff_mask	100	ms	屏蔽位清零的时间(值=0b) 直到相关的 IntL 操作恢复。*1
Application or Rate Select Change Time	t_ratesel	100	ms	变更状态或速率选择位*1 直到发送器或接收器带宽符合适当的规格的时间。*1
Power_override or Power_set Assert Time	ton_Pdown	100	ms	从 P_Down 位设置直到模块功耗达到功率级别 1 的时间(值=1b)。*1
Power_override or Power_set Deassert Time	toff_Pdown	300	ms	从 P_Down 位清零(值=0b) 直到模块完全运行的时间。*1
*1 从写入事务的 STOP 位之后的下降时钟沿测量。				
*2 上电定义为当电源电压达到并保持在表 6 规定的最小电平或以上时的瞬间。				
*3 完全功能定义为 IntL 由于 DataNotReady 而导致, 位 0 字节 2 被置为无效。该模块还应符合光学和电气规格。				
*4 从读取事务的 STOP 位之后的下降时钟沿测量。				
*5 不适用于 1 级电源模块。				

8.2 静噪和 TxRx 禁用断言, 取消和启用/禁用时序

表 8-2 列出了 Tx 静噪, Rx 静噪, Tx 禁止和 Rx 输出禁用功能的断言, 解除, 使能和禁止的所有时序性能。

Parameter	Symbol	Max	Unit	Conditions
-----------	--------	-----	------	------------

Rx Squelch Assert Time	ton_Rxsq	80	us	从 Rx 输入信号丢失直到达到静噪输出条件的时间。见 4.1.3.1。
Rx Squelch Deassert Time	toff_Rxsq	80	us	恢复 Rx 输入信号直到正常 Rx 输出条件达到的时间。见 4.1.3.1。
Tx Squelch Assert Time	ton_Txsq	400	ms	从 Tx 输入信号丢失直到达到静噪输出条件的时间。见 4.1.3.2。
Tx Squelch Deassert Time	toff_Txsq	400	ms	恢复 Tx 输入信号直到达到正常 Rx 输出条件的时间。见 4.1.3.2。
Tx Disable Assert Time	ton_TxDis	100	ms	自 Tx 禁用位置位（值=1b）的直到光输出低于标称值的 10% 时间， *1
Tx Disable Deassert Time	toff_TxDis	400	ms	自 Tx 禁用位清零（值=0b），直到光输出上升到额定值的 90% 以上的时间。*1
Rx Output Disable Assert Time	ton_RxDis	100	ms	Rx 输出禁止位置 1（值=1b），直到 Rx 输出低于标称值的 10% 的时间。*1
Rx Output Disable Deassert Time	toff_RxDis	100	ms	Rx 输出禁止位清零（值=0b），直到 Rx 输出上升到额定值的 90% 以上的时间。*1
Squelch Disable Assert Time	ton_sqDIS	100	ms	这适用于 Rx 和 Tx 静噪，是从位清零（值=0b）到静噪功能使能的时间。*1
Squelch Disable Deassert Time	toff_sqDIS	100	ms	这适用于 Rx 和 Tx 静噪，并且是从位设置（值=1b）到静噪功能禁用的时间。*1

*1 从写入事务的 STOP 位之后的下降时钟沿测量。

TABLE 4-5 COPPER CABLE IDENTIFICATION/PERFORMANCE EXAMPLES

	Address A0h		
	Link Length and Transmitter Technology	Laser wavelength and Cable Specification Compliance	Bytes 60 and 61
Cable Type	Byte 7	Byte 8	Bytes 60 and 61
Passive Cable compliant to SFF-8431 Appendix E.	00h	04h	0100h
Active cable compliant to SFF-8431 Appendix E	00h	08h	0100h
Active cable compliant to SFF-8431 limiting	00h	08h	0400h
Active cable compliant to both SFF-8431 limiting and FC-PI-4 limiting	00h	08h	0C00h

9、标识符和代码

5.1 物理设备标识符值[地址 A0h, 字节 0]

标识符值通过两线接口信息指定描述的物理设备。该值应包含在两线接口数据中。

TABLE 5-1 PHYSICAL DEVICE IDENTIFIER VALUES

A0h	Value	Description
0	00h	Unknown or unspecified
	01h	GBIC
	02h	Module soldered to motherboard (ex: SFF)
	03h	SFP or SFP+
	04-7Fh	Not used by this specification. These values are maintained in the Transceiver Management section of SFF-8024.
	80-FFh	Vendor specific

5.2 物理设备扩展标识符值[地址 A0h, 字节 1]

扩展标识符值提供有关收发器的附加信息。对于表示两线接口 ID 模块定义的所有 SFP 模块，该字段应设置为 04h。在许多情况下，GBIC 选择使用 MOD_DEF 4 提供有关 GBIC 可用的附加信息，即使 GBIC 实际上符合为 GBIC 定义的其他六个 MOD_DEF 值之一。扩展标识符允许 GBIC 明确指定此类合规性，而不需要从提供的其他信息中推断 MOD_DEF 值。

TABLE 5-2 PHYSICAL DEVICE EXTENDED IDENTIFIER VALUES

A0h	Value	Description of connector
1	00h	GBIC definition is not specified or the GBIC definition is not compliant with a defined MOD_DEF. See product specification for details.
	01h	GBIC is compliant with MOD_DEF 1
	02h	GBIC is compliant with MOD_DEF 2
	03h	GBIC is compliant with MOD_DEF 3
	04h	GBIC/SFP function is defined by two-wire interface ID only
	05h	GBIC is compliant with MOD_DEF 5
	06h	GBIC is compliant with MOD_DEF 6
	07h	GBIC is compliant with MOD_DEF 7
	08-FFh	Unallocated

5.3 连接器值[地址 A0h, 字节 2]

连接器值表示作为介质接口提供的外部光缆或电缆连接器的类型。该值应包含在两线接口数

据中。这些值在 SFF-8024 的收发器管理部分维护。

5.4 收发器合规代码[地址 A0h, 字节 3-10 和 36]

字节 3-10 中的以下位指示符和字节 36 中的代码定义了收发器支持的电或光学接口。在此字段中至少设置一位。对于光纤通道收发器，光纤通道速度，传输介质，发射机技术和距离能力均应予以说明。SONET 符合性代码通过包含表 5-4 的内容完成。以太网，ESCON 和 InfiniBand 代码已被包括在内，以扩大 SFP 收发器的可用应用。

TABLE 5-3 TRANSCEIVER COMPLIANCE CODES

A0h	Bit *1	Description	A0h	Bit *1	Description
Extended Compliance Codes					
36	7-0	See SFF-8024 Transceiver Management			
10G Ethernet Compliance Codes					
3	7	10G Base-ER	7	7	very long distance (V)
3	6	10G Base-LRM	7	6	short distance (S)
3	5	10G Base-LR	7	5	intermediate distance (I)
3	4	10G Base-SR	7	4	long distance (L)
			7	3	medium distance (M)
Infiniband Compliance Codes					
3	3	1X SX	7	2	Shortwave laser, linear Rx (SA) *7
3	2	1X LX	7	1	Longwave laser (LC) *6
3	1	1X Copper Active	7	0	Electrical inter-enclosure (EL)
3	0	1X Copper Passive	8	7	Electrical intra-enclosure (EL)
ESCON Compliance Codes					
4	7	ESCON MMF, 1310nm LED	8	6	Shortwave laser w/o OFC (SN) *7
4	6	ESCON SMF, 1310nm Laser	8	5	Shortwave laser with OFC (SL) *4
SONET Compliance Codes					
4	5	OC-192, short reach *2	8	4	Longwave laser (LL) *5
4	4	SONET reach specifier bit 1	SFP+ Cable Technology		
4	3	SONET reach specifier bit 2	8	3	Active Cable *8
4	2	OC-48, long reach*2	8	2	Passive Cable *8
Ethernet Compliance Codes			Unallocated		
6	7	BASE-PX *3	8	1	Unallocated
6	6	BASE-BX10 *3			
6	5	100BASE-FX			
6	4	100BASE-LX/LX10			
6	3	1000BASE-T			
6	2	1000BASE-CX			
6	1	1000BASE-LX *3			
6	0	1000BASE-SX			
Fibre Channel Speed					
10	7	1200 MBytes/sec			
10	6	800 MBytes/sec			
10	5	1600 MBytes/sec			
10	4	400 MBytes/sec			
10	3	3200 MBytes/sec			
10	2	200 MBytes/sec			
10	1	Unallocated			
10	0	100 MBytes/sec			

* 1 bit7 是高位，并在每个字节中首先发送。

* 2 SONET 符合性代码要求达到表 5-4 中的说明符位 3 和 4，以完全指定收发器功能。

* 3 以太网 LX，PX 和 BX 兼容性代码需要使用比特率，标称值（字节 12），单模和两种类型的多模光纤（字节 14-17）的链路长度值和激光器的波长值字节 60 和 61），以完全指定收发器功能。有关设置这些参数值的示例，请参见表 4-3 和表 5-6。

* 4 注意：开放光纤控制（OFC）是在千兆位链路模块（GLM）型收发器设备上实现的传统眼图安全电气联锁系统，并不被认为与 SFP 收发器相关。

* 5 激光类型“LL”（长长度）通常与 1550nm 相关联，窄光谱宽度的激光器能够实现非常长的链路长度。

* 6 激光类型“LC”（低成本）通常与能够传输长距到中等长度的 1310nm 激光器相关联。

* 7 类 SN 和 SA 是互斥的。两者都没有 OFC。SN 限制 Rx 输出，SA 的每个 FC-PI-4 都有线性 Rx 输出。

* 8 有关应用铜缆标准规范的定义，请参见字节 60 和 61。

5.5 SONET 符合代码规范[地址 A0h, 字节 3-10]

SONET 符合性码位允许主机确定 SONET 收发器符合哪些规范。对于表 5-3（OC-3, OC-12, OC-48）中定义的每个比特率，SONET 指定短距离（SR），中距离（IR）和长距离（LR）要求。对于三个比特率中的每一个，定义单个短距离（SR）规范。对于每个比特率，也定义了中距离（IR-1, IR-2）和长距离的三种变化（LR-1, LR-2 和 LR-3）的两种变化。字节 4, 位 0-2 和字节 5, 位 0-7 允许用户确定三个到达中的哪一个已经被实现--短距, 中距或长距。需要两个额外的“说明符”位（字节 4, 位 3-4）来区分不同的中距或长距变化。

TABLE 5-4 SONET COMPLIANCE CODE SPECIFIERS

Speed	Reach	Specifier bit 1 (Byte 4 bit 4)	Specifier bit 2 (Byte 4 bit 3)	Description
OC 3/OC 12/OC 48/OC 192	Short	0	0	SONET SR compliant *1
OC 3/OC 12/OC 48/OC 192	Short	1	0	SONET SR-1 compliant *2
OC 3/OC 12/OC 48	Intermediate	1	0	SONET IR-1 compliant
OC 3/OC 12/OC 48	Intermediate	0	1	SONET IR-2 compliant
OC 3/OC 12/OC 48	Long	1	0	SONET LR-1 compliant
OC 3/OC 12/OC 48	Long	0	1	SONET LR-2 compliant
OC 3/OC 12/OC 48	Long	1	1	SONET LR-3 compliant

*1 OC 3/OC 12 SR is multimode based short reach

*2 OC 3/OC 12 SR-1 is single-mode based short reach

TABLE 5-5 TRANSCEIVER IDENTIFICATION EXAMPLES

Transceiver Type	Transceiver Description	Address A0h Transceiver Code Fields							
		Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	Byte 9	Byte 10
100-M5-SN-I and 100-M6-SN-I	1062.5 MBd MM 850nm 500m/50um, 300m/62.5um	00h	00h	00h	00h	20h	40h	0Ch	01h
200-SM-LC-L and 100-SM-LC-L	2125 MBd 10km SM 1310nm	00h	00h	00h	00h	12h	00h	01h	05h
400-M5-SN-I and 400-M6-SN-I *1	4/2/1 GBd MM 850nm 150m/50um, 70m/62.5um	00h	00h	00h	00h	20h	40h	0Ch	15h
800-M5-SN-I and 800-M6-SN-I *1	8/4/2 GBd MM 850nm 50um & 62.5um	00h	00h	00h	00h	20h	40h	0Ch	54h
400-SM-LC-M *1	4250 MBd SM 1310nm 4km "medium" length	00h	00h	00h	00h	0Ah	00h	01h	15h
400-SM-LC-L *1	4250 MBd SM 1310nm 10km "long" length	00h	00h	00h	00h	12h	00h	01h	15h
200-SM-LL-V and 100-SM-LL-V	2125 MBd 50km SM 1550nm	00h	00h	00h	00h	80h	10h	01h	05h
1000BASE-T	1250 MBd 100m Cat 5 Cable	00h	00h	00h	08h	00h	00h	00h	00h

1000BASE-SX	1250 MBd 550m MM 850nm	00h	00h	00h	01h	00h	00h	00h	00h
1000BASE-LX	1250 MBd 5km SM 1310nm	00h	00h	00h	02h *2	00h	00h	00h	00h
1000BASE-LX10	1250 MBd 10km SM 1310nm	00h	00h	00h	02h *2	00h	00h	00h	00h
10GBASE-SR	10.3125 GBd 300m OM3 MM 850nm	10h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h
10GBASE-LR	10.3125 GBd 10km SM 1310nm	20h	00h	00h	00h	00h	00h	00h	00h
OC3/STM1 SR-1	155 MBd 2km SM 1310nm	00h	00h	01h	00h	00h	00h	00h	00h
OC12/STM4 LR-1	622 MBd 40km SM 1310nm	00h	10h	40h	00h	00h	00h	00h	00h
OC48/STM16 LR-2	2488 MBd 80km SM 1550nm	00h	0Ch	00h	00h	00h	00h	00h	00h
	10GE Passive copper cable with embedded SFP ends *3 *4	00h	00h	00h	00h	00h	04h	00h	00h
	10GE Active cable with embedded SFP ends *3 *4	00h	00h	00h	00h	00h	08h	00h	00h
	8/4/2G Passive copper cable with embedded SFP ends ³	00h	00h	00h	00h	00h	04h	00h	54h

	8/4/2G Active cable with embedded SFP ends ³	00h	00h	00h	00h	00h	08h	00h	54h
--	---------------------------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

* 1 这个例子的假设是收发器是“4-2-1”兼容的，意思是在 4.25Gb / s, 2.125Gb / s 和 1.0625Gb / s 的情况下工作。

* 2 要区分 1000BASE-LX 和 1000BASE-LX10，必须使用 A0h 字节 12 至 18 ...有关详细信息，请参见表 4-1 和表 4-2。

* 3 请参阅 A0h 字节 60 和 61，使这些介质符合与工业电气规格。

* 4 对于以太网和 Sonet 应用，这些链路的数据速率能力将在 A0h 字节 12 [标称比特率标识符]中标识。这是由于没有正式的 IEEE 指定被动和有源电缆互连，并且表 5-3 中没有相应的标识符。

5.6 编码[地址 A0h, 字节 11]

编码值表示作为特定收发器的标称设计目标的串行编码机制。该值应包含在两线接口数据中。这些值在 SFF-8024 的收发器管理部分维护。

5.7 BR, 标称[地址 A0h, 字节 12]

标称位（信号）速率（BR, 标称值）以 100 MBd 为单位指定，舍入到最接近的 100 MBd。比特率包括编码和限定信号所需的那些位以及携带数据信息的那些位。 FFh 值表示比特率大于 25.0Gb / s，地址 66 和 67 用于确定比特率。值为 0 表示比特率未指定，必须从收发器技术确定。实际的信息传输速率将取决于由编码值定义的数据的编码。

5.8 速率标识符[地址 A0h, 字节 13]

速率标识符字节是指 Rate_Select 或 Application_Select 控制行为的几个（可选）行业标准定义，旨在管理多个工作速率的收发器优化。

TABLE 5-6 RATE IDENTIFIER

A0h	Value	Description
13	00h	Unspecified
	01h	SFF-8079 (4/2/1G Rate_Select & AS0/AS1)
	02h	SFF-8431 (8/4/2G Rx Rate_Select only)
	03h	Unspecified *
	04h	SFF-8431 (8/4/2G Tx Rate_Select only)
	05h	Unspecified *
	06h	SFF-8431 (8/4/2G Independent Rx & Tx Rate_select)
	07h	Unspecified *
	08h	FC-PI-5 (16/8/4G Rx Rate_select only) High=16G only, Low=8G/4G
	09h	Unspecified *
	0Ah	FC-PI-5 (16/8/4G Independent Rx, Tx Rate_select) High=16G only, Low=8G/4G
	0Bh	Unspecified *
	0Ch	FC-PI-6 (32/16/8G Independent Rx, Tx Rate_Select) High=32G only, Low = 16G/8G
	0Dh	Unspecified *
	0Eh	10/8G Rx and Tx Rate_Select controlling the operation or locking modes of the internal signal conditioner, retimer or CDR, according to the logic table defined in Table 10-2, High Bit Rate (10G) = 9.95-11.3 Gb/s; Low Bit Rate (8G) = 8.5 Gb/s. In this mode, the default value of bit 110.3 (Soft Rate Select RS(0), Table 9-11) and of bit 118.3 (Soft Rate Select RS(1), Table 10-1) is 1.

	0Fh	Unspecified *
	10h -FFh	Unallocated

* To support legacy, the LSB is reserved for Unspecified or INF-8074 (value = 0) or 4/2/1G selection per SFF-8079 (value = 1). Other rate selection functionalities are not allowed to depend on the LSB.

10 / 8G Rx 和 Tx Rate_Select 根据表 10-2 中定义的逻辑表控制内部信号调节器，重定时器或 CDR 的操作或锁定模式；高比特率（10G）= 9.95-11.3 Gb / s，低比特率（8G）= 8.5Gb / s。

在此模式下，位 110.3（软速率选择 RS (0)，表 9-11）和位 118.3（软比率选择 RS (1)，表 10-1）的默认值为 1。

10、链接长度

6.1 长度（单模） -km [地址 A0h, 字节 14]

从原始 GBIC 定义添加 EEPROM 数据。该值指定在符合适用标准的情况下，使用单模光纤收发器支持的链路长度。价值以公里为单位。值 255 表示收发器支持长度大于 254km 的链路长度。值为零表示收发器不支持单模光纤，或者必须从收发器技术确定长度信息。

6.2 长度（单模） - (100's) m [地址 A0h, 字节 15]

该值指定在符合适用标准的情况下使用单模光纤，收发器支持的链路长度。价值以 100 米为单位。值为 255 表示收发器支持的链路长度大于 25.4 公里。值为零表示收发器不支持单模光纤，或者必须从收发器技术确定长度信息。

6.3 长度 (50um, OM2) [地址 A0h, 字节 16]

该值指定使用 50 微米多模 OM2 [850nm 的 500MHz * km] 光纤标准的收发器支持的链路长度。值以 10 米为单位。值 255 表示收发器支持的链路长度大于 2.54 km。值为零表示收发器不支持 50 微米多模光纤，或者必须从收发器技术确定长度信息。

6.4 长度 (62.5um, OM1) [地址 A0h, 字节 17]

该值指定使用 62.5 微米多模 OM1 [850 MHz 时为 200 MHz * km, 1310nm 为 500 MHz * km] 光纤标准的光纤收发器支持的链路长度。值以 10 米为单位。值 255 表示收发器支持的链路长度大于 2.54 km。值为零意味着收发器不支持 62.5 微米多模光纤，或者长度信息必须从收发器技术确定。多模收发器通常支持 OM1, OM2 和 OM3 光纤。

6.5 长度 (50um, OM4) 和长度 (有源电缆或铜缆) [地址 A0h, 字节 18]

对于光链路，该值指定使用 50 微米多模 OM4 [4700 MHz * km] 光纤标准的收发器支持的链路长度。值以 10 米为单位。值 255 表示收发器支持的链路长度大于 2.54 km。值为零意味着收发器不支持 50 微米多模光纤，或者长度信息必须从表 5-3 中指定的收发器代码确定。

对于铜链路，该值指定使用铜缆标准的收发器支持的最小链路长度。对于有源电缆，该值表示实际长度。值以 1 米为单位。值为 255 表示收发器支持大于 254 米的链路长度。值为零表示收发器不支持铜缆或有源电缆，或者长度信息必须由收发器技术确定。通常需要有关电缆设计，均衡和连接器的更多信息来保证满足特定的长度要求。

6.6 长度 (50um, OM3) [地址 A0h, 字节 19]

该值指定在使用 50 微米多模 OM3 [2000 MHz * km] 光纤标准的收发器支持的链路长度。值以 10 米为单位。值 255 表示收发器支持的链路长度大于 2.54 km。值为零表示收发器不支持 50 微米多模光纤，或者必须从收发器技术确定长度信息。

11、供应商字段

7.1 供应商名称[地址 A0h, 字节 20-35]

供应商名称是一个包含 ASCII 字符的 16 个字符的字段，左对齐并在右侧填充 ASCII 空格 (20h)。

供应商名称应为公司的全称，公司名称的公认缩写，公司的 SCSI 公司代码或公司的证券交换代码。供应商名称或供应商 OUI 字段中的至少应包含一个有效数据。

7.2 供应商 OUI [地址 A0h, 字节 37-39]

供应商组织唯一标识符字段（供应商 OUI）是包含供应商的 IEEE 公司标识符的 3 字节字段。3 字节字段中全为零的值表示未指定供应商 OUI。

7.3 供应商 PN [地址 A0h, 字节 40-55]

供应商部件号（供应商 PN）是一个包含 ASCII 字符的 16 字节的字段，左对齐并在右侧填充 ASCII 空格（20h），定义供应商部件号或产品名称。16 字节字段中全零的值表示供应商 PN 未指定。

7.4 供应商版本[地址 A0h, 字节 56-59]

供应商修订号（供应商 rev）是一个包含 ASCII 字符的 4 字节字段，左对齐并在右侧填充 ASCII 空格（20h），定义供应商的产品版本号。4 字节字段中全为零的值表示未指定供应商版本。

12、链接特性

8.1 光纤和电缆变体规格符合性[地址 A0h, 字节 60-61]

对于光学变体，如在 A0h 字节 8 位 2 和 3 中具有零定义的，字节 60 和 61 表示室温下的标称发射机输出波长。16 位值，字节 60 为高位字节，字节 61 为低位字节。激光波长等于 16 位整数值，单位为 nm。该字段允许用户直接读取激光波长，因此不需要从收发器代码 A0h 字节 3 到 10 推断出（参见表 5-3）。这也允许规定收发器编码中未涵盖的波长，例如在粗 WDM 系统中使用的波长。

对于无源和有源电缆变体，A0h 字节 60 和字节 61 的值为 00h 表示未指定激光波长或电缆规格符合性。

TABLE 8-1 PASSIVE CABLE SPECIFICATION COMPLIANCE (A0H BYTE 8 BIT 2 SET)

A0h	Bit	Description	A0h	Bit	Description
60	7	Unallocated	61	7	Unallocated
60	6	Unallocated	61	6	Unallocated
60	5	Reserved for SFF-8461	61	5	Unallocated
60	4	Reserved for SFF-8461	61	4	Unallocated
60	3	Reserved for SFF-8461	61	3	Unallocated
60	2	Reserved for SFF-8461	61	2	Unallocated
60	1	Compliant to FC-PI-4 Appendix H	61	1	Unallocated
60	0	Compliant to SFF-8431 Appendix E	61	0	Unallocated

TABLE 8-2 ACTIVE CABLE SPECIFICATION COMPLIANCE (A0H BYTE 8 BIT 3 SET)

A0h	Bit	Description	A0h	Bit	Description
60	7	Unallocated	61	7	Unallocated
60	6	Unallocated	61	6	Unallocated
60	5	Unallocated	61	5	Unallocated
60	4	Unallocated	61	4	Unallocated
60	3	Compliant to FC-PI-4 Limiting	61	3	Unallocated
60	2	Compliant to SFF-8431 Limiting	61	2	Unallocated
60	1	Compliant to FC-PI-4 Appendix H	61	1	Unallocated
60	0	Compliant to SFF-8431 Appendix E	61	0	Unallocated

8.2CC_BASE [地址 A0h, 字节 63]

检查码是一个单字节代码，可用于验证 SFP 中前 64 个字节的两线接口信息是否有效。校验码应为从字节 0 到字节 62 的所有字节的内容之和的低位 8 位。

8.3 选项值[地址 A0h, 字节 64-65]

选项字段中的位应指定在收发器中实现的选项。

<i>A0h</i>	位	描述
64	7-6	未分配
	5	高功率级别声明（见 SFF-8431 附录），零值表示由位 1 指示的标准功率级别 1 和 2，1 值标识功率等级 3 要求。
	4	指示分页实现。值 1 表示实现了分页，设备地址 A2h 的字节 127d 用于页面选择。
	3	Retimer 或 CDR 指示。值为 1 表示收发器具有内部重定时器或时钟和数据恢复（CDR）电路。
	2	收发器制冷声明（见 SFF-8431）。零值表示传统的未冷却（或未指定）激光器。1 值标识带冷却的激光发射机。
	1	功率级别声明（见 SFF-8431）。零值表示功率级别 1（或未指定）要求。1 标识功率级别 2 要求。控制，状态，时序见表 8-7 和表 10-1。有关功率级别 3 的声明，请参见第 5 位。
	0	线性接收器输出实现（见 SFF-8431）。零值表示传统的限制（或未指定）接收器输出。1 标识线性接收器输出。
65	7	接收机决策阈值实现。值 1 表示实现了 RDT。
6	可调谐变送器技术。值 1 表示发射机波长/频率可根据 SFF-8690 进行调节。	
5	RATE_SELECT 功能被实现。注意：未实施并不表示无法同时遵守多种标准速率。应从收货代码部分（表 5-3）确定符合特定标准。有关 Rate_Select 功能类型标识符，请参见表 5-6。	
4	TX_DISABLE 实现，禁用高速串行输出。	
3	TX_FAULT 信号实现。（见 SFP MSA）	
2	信号丢失实现，信号在 SFP MSA 中的标准定义中反转。（通常称为“信号检测”）注意：这不是标准的 SFP / GBIC 行为，应该避免，因为不可互操作。	

	1	信号丢失实现, SFP MSA 中定义的信号(通常称为“Rx_LOS”)。
	0	未分配

8.4BR, max [地址 A0h, 字节 66]

如果地址 12 未设置为 FFh, 则收发器仍将满足其规格中 (BR, 最大) 的高比特率限制, 并以比标称比特率高 1% 的单位进行指定。如果地址 12 设置为 FFh, 则标称位(信令)速率(BR, 额定值)以 250 MBd 为单位指定, 舍入到最接近的 250 MBd。值 00h 表示未指定该字段。

8.5BR, min [地址 A0h, 字节 67]

如果地址 12 未设置为 FFh, 则收发器仍将满足其规格中 (BR, min) 的较低比特率限制, 以低于标称比特率 1% 的单位指定。如果地址 12 设置为 FFh, 则以标称信令速率的 +/- 1% 为单位指定的比特率的限制范围。值为零表示未指定此字段。

8.6 供应商 SN [地址 A0h, 字节 68-83]

供应商序列号(供应商 SN)是一个包含 ASCII 字符的 16 个字符的字段, 左对齐, 右侧填充 ASCII 空格 (20h), 定义了收发器的供应商序列号。16 字节字段中的全部零值表示供应商 SN 未指定。

8.7 日期代码[地址 A0h, 字节 84-91]

日期代码是一个 8 字节的字段, 其中包含供应商日期代码的 ASCII 字符。日期代码是强制性的。

TABLE 8-4 DATE CODE

A0h	Description
84-85	ASCII code, two low order digits of year. (00 = 2000).
86-87	ASCII code, digits of month (01 = Jan through 12 = Dec)
88-89	ASCII code, day of month (01-31)
90-91	ASCII code, vendor specific lot code, may be blank

8.8 诊断监控类型[地址 A0h, 字节 92]

"Diagnostic Monitoring Type" 是一个 1 字节的字段, 其中 8 个单个位描述了在特定收发器中如何实现。注意, 如果位 6, 地址 92 被设置为指示已经实现数字化, 则必须实现接收功率监视, 发射功率监视, 偏置电流监视, 电源电压监视和温度监视。另外, 报警和警告阈值必须按照本文档的规定, 在 2 线串行地址 1010001X (A2h) (见表 8-5) 的位置 00 至 55 上写入。如果已经设置了第 6 位表示数字化已被实现, 则两个校准选项是可能的。如果位 5 设置为“内部校准”, 则收发器直接以电流, 功率等为单位报告校准值。如果设置了第 4 位“外部校准”, 则报告的值必须为转换的 A/D 计数, 使用从字节 56 到 95 的 2 线串行地址 1010001X (A2h) 读取的现实世界单位的校准值。有关详细信息, 请参见“诊断”部分。位 3 指示接收功率测量是表示平均输入光功率还是 OMA。如果该位被置位, 则监视平均功率。如果不是, 则监视 OMA。

8.9 寻址方式

位 2 指示在访问 2 线串行地址 A2h 的信息之前，主机是否需要执行地址改变序列。如果该位未设置，则在 2 线通信序列期间，主机可以通过在地址字节中使用该值来简单地从任一地址 A0h 或 A2h 读取。如果该位被置位，则在访问地址 A2h 之前的信息时必须执行以下序列。一旦访问了 A2h，就需要在从 A0h 读取之前再次执行地址更改序列。

2 线串行接口的地址变更顺序如下：

1) 主机控制器执行启动条件，后跟从地址为 0b00000000。

请注意，该地址的 R / W 位表示从主机传输到设备 ('0'b)。

2) 设备用 Ack 响应

3) 主机控制器将 0b00000100 (04h) 作为接下来的 8 位数据传输

该值表示设备要更改其地址

4) 设备用 Ack 响应

5) 主机控制器将以下值之一作为下一个 8 位数据传输：

0bXXXXXX00 - 指定两线接口 ID 内存页

0bXXXXXX10 - 指定数字诊断内存页面

6) 设备用 Ack 响应

7) 主机控制器执行停止条件

8) 设备根据上述步骤 5 字节值更改其响应的地址：

0bXXXXXX00 - 地址变为 0b1010000X (A0h)

0bXXXXXX10 - 地址变为 0b1010001X (A2h)

TABLE 8-5 DIAGNOSTIC MONITORING TYPE

A0h	Bit	Description
92	7	Reserved for legacy diagnostic implementations. Must be '0' for compliance with this document.
	6	Digital diagnostic monitoring implemented (described in this document). Must be '1' for compliance with this document.
	5	Internally calibrated
	4	Externally calibrated
	3	Received power measurement type 0 = OMA, 1 = average power
	2	Address change required see section above, "addressing modes"
	1-0	Unallocated

8.10 增强选项[地址 A0h, 字节 93]

增强型选项是一个单字节字段，具有 8 个指示位，用于描述收发器中实现的可选数字诊断功能。由于收发器不一定实现本文档中描述的所有可选功能，因此该字段允许主机系统通过 2 线串行总线确定哪些功能可用。'1' 表示特定功能在收发器中实现。字节 110 的位 3 和 6（见表 9-11）允许用户控制 Rate_Select 和 TX_Disable 函数。如果这些功能未被实现，则这些位保持可读写，但收发器忽略它们。

请注意，TX_DISABLE, TX_FAULT, RX_LOS 和 RATE_SELECT 的“软”功能不符合 SFP MSAB3 部分针对相应的引脚的“控制和状态 I/O 的时序要求”和 GBIC 规范版本 5.5 (SFF-8053)，第 5.3.1 节。软功能允许主机通过双线接口总线轮询或设置这些值作为监视/设置引脚值的替代方法。时间是供应商特定的，但必须满足下表中规定的要求。启用 TX_DISABLE 或 RATE_SELECT 的“硬引脚”或“软位”（或两者）将导致该功能被启动。

TABLE 8-6 ENHANCED OPTIONS

A0h	Bit	Description
93	7	Optional Alarm/warning flags implemented for all monitored quantities (see Table 9-12)
	6	Optional soft TX_DISABLE control and monitoring implemented
	5	Optional soft TX_FAULT monitoring implemented
	4	Optional soft RX_LOS monitoring implemented
	3	Optional soft RATE_SELECT control and monitoring implemented
	2	Optional Application Select control implemented per SFF-8079
	1	Optional soft Rate Select control implemented per SFF-8431
	0	Unallocated

TABLE 8-7 I/O TIMING FOR SOFT (VIA 2-WIRE INTERFACE) CONTROL & STATUS FUNCTIONS

Parameter	Symbol	Min	Max	Units	Conditions
TX_DISABLE assert time	t_off		100	ms	Time from TX_DISABLE bit set *1 until optical output falls below 10% of nominal
TX_DISABLE deassert time	t_on		100	ms	Time from TX_DISABLE bit cleared *1 until optical output rises above 90% of nominal
Time to initialize, including reset of TX_FAULT	t_init		300	ms	Time from power on or negation of TX_FAULT using TX_DISABLE until transmitter output is stable *2
TX_FAULT assert time	t_fault		100	ms	Time from fault to TX_FAULT bit set.
RX_LOS assert time	t_loss_on		100	ms	Time from LOS state to RX_LOS bit set
RX_LOS deassert time	t_loss_off		100	ms	Time from non-LOS state to RX_LOS bit cleared
Rate select change time	t_rate_select		100 *3	ms	Time from change of state of Rate Select bit ¹ until receiver bandwidth is in conformance with appropriate specification
Two-wire serial interface Clock rate	f_serial_clock		100	kHz	n/a
Two-wire serial interface Diagnostic data ready time	t_data		1000	ms	From power on to data ready, bit 0 of byte 110 set
Two-wire serial interface Bus hardware ready time	t_serial		300	ms	Time from power on until module is ready for data transmission over the two wire serial bus.
Optional. High Power Level assert time (per SFF-8431)	t_hpower_level		300	ms	Time from High Power Level enable bit set until module operation is stable. See Table 10-1 for control bit.

*1 Measured from falling clock edge after stop bit of write transaction.
 *2 See SFF-8053 GBIC (Gigabit Interface Converter)
 *3 The T11.2 committee, as part of its FC-PI-2 standardization effort, has advised that a 1ms maximum is required to be compatible with auto-negotiation algorithms documented in the FC-FS specification.

8.11 SFF-8472 合规[地址 A0h, 字节 94]

字节 94 包含无符号整数，指示在收发器中实现哪些功能集。

TABLE 8-8 SFF-8472 COMPLIANCE

A0h	Value	Interpretation
94	00h	Digital diagnostic functionality not included or undefined.
	01h	Includes functionality described in Rev 9.3 of SFF-8472.
	02h	Includes functionality described in Rev 9.5 of SFF-8472.
	03h	Includes functionality described in Rev 10.2 of SFF-8472.
	04h	Includes functionality described in Rev 10.4 of SFF-8472.
	05h	Includes functionality described in Rev 11.0 of SFF-8472.
	06h	Includes functionality described in Rev 11.3 of SFF-8472.
	07h	Includes functionality described in Rev 11.4 of SFF-8472.
	08h	Includes functionality described in Rev 12.0 of SFF-8472.
	- FFh	Unallocated

8.12CC_EXT [地址 A0h, 字节 95]

检查码是一个单字节代码, 可用于验证 SFP 中前 32 个字节的扩展两线接口信息是否有效。校验码应为从字节 64 到字节 94 的所有字节的内容之和的低位 8 位。

13、诊断

9.1 概述[地址 A2h]

2 线串行总线地址 1010001X (A2h) 用于访问收发器温度, 内部测量电源电压, TX 偏置电流, TX 输出功率, 接收光功率和两个可选 DWDM 数据的测量值: 激光器温度和 TEC 电流。取决于地址 92 处设置的选项位, 这些值被不同地解释。如果设置了位 5 “内部校准”, 则这些值是校准绝对测量值, 应根据下面的“内部校准”部分进行解释。如果设置了位 4 “外部校准”, 则这些值是 A/D 计数, 它们将在后续章节“外部校准”中转换成实际单位。仅内部校准定义了可选的 DWDM 数据。测量参数在 16 位数据字段中报告, 即两个级联字节。16 位数据字段允许宽动态范围。这并不意味着建议或要求使用 16 位 A/D 系统, 以达到下述准确性目标。数据字段的宽度不应该被视为暗示给定的精度级别。可以想到, 这里的精确度目标可以通过具有小于 16 位分辨率的系统来实现。建议将超出系统指定精度的任何低位数据位固定为零。整体系统的准确性和精度将取决于供应商。为了保证数据的一致性, 主机需要从数据结构 (IE: Rx 功率 MSB - A2h 中的字节 104, Rx 功率 LSB - A2h 中的字节 105) 中检索任何多字节字段, 方法是使用在双线接口接口上的单个双字节读取序列。

收发器需要确保使用诊断监控数据更新的任何多字节字段 (例如, Rx 功率 MSB - A2h 中的字节 104, Rx 功率 LSB - A2h 中的字节 105) 必须以保证一致性的方式完成此更新, 换句话说, 收发器的多字节字段的更新不能导致将部分更新的多字节字段传送到主机。

此外, 在将该多字节字段传送到主机期间, 收发器不应更新结构内的多字节字段, 使得部分更新的数据将被传送到主机。以下规定的精度要求应适用于相关标准规定的运行信号范围。应详细了解制造商的规格, 以了解满足精度要求的条件。

9.2 内部校准

测量根据供应商指定的工作温度和电压进行校准, 应解释如下。应以与实时 16 位数据相同的方式解释报警和警告阈值。

1) 内部测量的收发器温度。以 1/256 摄氏度的增量表示为 16 位带符号二进制补码, 产生-128C 至+128C 的总范围。温度精度是供应商特定的, 但在指定的工作温度和电压下必须比±3 摄氏度更好。有关温度传感器位置的详细信息, 请参见供应商规范。有关温度格式的示例, 请参见下表 9-1 和表 9-2。

2) 内部测量的收发器电源电压。表示为 16 位无符号整数, 其电压定义为满 16 位值(0-65535), LSB 等于 100 uVolt, 产生 0 到+6.55 伏的总范围。收发器制造商定义的实际考虑将倾向于限制电源电压测量的实际范围。精度是供应商特定的, 但在指定工作温度和电压下必须比制造商的额定值的±3% 更好。请注意, 在某些收发器中, 发射机电源电压和接收器电源电压是隔离的。在这种情况下, 只监控一个电源。有关详细信息, 请参阅设备规范。

3) 测量的 uA 为单位的 TX 偏置电流。表示为 16 位无符号整数, 其电流定义为 LSB 等于 2 uA 的完整 16 位值 (0-65535), 产生 0 到 131 mA 的总范围。准确度是供应商特定的, 但在指定工作温度和电压下必须比制造商的额定值的±10% 更好。

4) 测量的 TX 输出功率 (mW)。表示为 16 位无符号整数, 功率定义为全 16 位值 (0-65535), LSB 等于 0.1 uW, 总范围为 0 至 6.5535 mW (~-40 至+8.2 dBm)。假设数据是基于激光监测光电二极管电流的测量。使用最具代表性的光纤输出类型将其出厂校准为绝对单位。精度是供应商特定的, 但在指定的温度和电压下必须比±3dB 更好。当发射机被禁用时, 数据无

效。

- 5) 测量的 RX 接收到的光功率 (mW)。值可以表示平均接收功率或 OMA，取决于字节 92 (A0h) 的位 3 设置。表示为 16 位无符号整数，功率定义为全 16 位值 (0-65535)，LSB 等于 0.1 uW，总范围为 0 至 6.5535 mW (~ -40 至 +8.2 dBm)。绝对精度取决于精确的光波长。对于供应商指定的波长，在指定温度下的精度应优于 ±3dB。对于符合相应标准的输入功率，即最大传输或最大接收光功率中较小的，也应保持此精度。应按照适当的标准将其维持最小传输功率减去电缆厂的损耗（插入损耗或被动损耗）。超过此最小值的接收输入光功率范围的绝对精度是供应商特定的。
- 6) 测量激光温度 (可选)。对于 DWDM 应用，字节 106-107 报告激光器温度，编码与上面第 1 行中定义的收发器内部温度相同。相对和绝对精度是供应商特定的，但相对激光温度精度必须优于 +/- 0.2 摄氏度。[相对温度精度是指相对于实际激光温度变化而报告的温度变化的精度]。
- 7) 测量 TEC 电流。对于 DWDM 应用，字节 108-109 报告测量的 TEC 电流。格式是带有二进制补码，LSB 等于 0.1 mA。因此，可以报告从 -3276.8 到 +3276.7mA 的范围，分辨率为 0.1mA。详见 T 和 T。报告的 TEC 电流，制冷是正数，加热是负数。TEC 电流监视器的精度是供应商特定的，但必须优于存储在 TEC 当前高警报阈值 (字节 48-49) 中的最大 TEC 电流的 +/- 15%。下表说明了用于温度报告的 16 位带符号二进制补码格式。最高有效位 (D7) 表示符号，正温度为零，负温度为零。

TABLE 9-1 BIT WEIGHTS (DEGREES C) FOR TEMPERATURE REPORTING REGISTERS

Most Significant Byte (byte 96)								Least Significant Byte (byte 97)							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Sign	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256

TABLE 9-2 DIGITAL TEMPERATURE FORMAT

Temperature		Binary		Hexadecimal	
Decimal	Fraction	High Byte	Low Byte	High Byte	Low Byte
+127.996	+127 255/256	01111111	11111111	7F	FF
+125.000	+125	01111101	00000000	7D	00
+25.000	+25	00011001	00000000	19	00
+1.004	+1 1/256	00000001	00000001	01	01
+1.000	+1	00000001	00000000	01	00
+0.996	+255/256	00000000	11111111	00	FF
+0.004	+1/256	00000000	00000001	00	01
0.000	0	00000000	00000000	00	00
-0.004	-1/256	11111111	11111111	FF	FF
-1.000	-1	11111111	00000000	FF	00
-25.000	-25	11100111	00000000	E7	00
-40.000	-40	11011000	00000000	D8	00
-127.996	-127 255/256	10000000	00000001	80	01

The tables below illustrate the 16-bit twos complement format used for TEC current reporting. The most significant bit (D7) represents the sign, which is zero for positive currents (cooling) and one for negative currents (heating).

TABLE 9-3 BIT WEIGHTS (mA) FOR TEC CURRENT REPORTING REGISTERS

Most Significant Byte (byte 108)								Least Significant Byte (byte 109)							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Sign	1638.4	819.2	409.6	204.8	102.4	51.2	25.6	12.8	6.4	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1

TABLE 9-4 TEC CURRENT FORMAT

Current	Binary		Hexadecimal	
Decimal	High Byte	Low Byte	High Byte	Low Byte
+3276.7	01111111	11111111	7F	FF
+3200.0	01111101	00000000	7D	00
+640.0	00011001	00000000	19	00
+25.7	00000001	00000001	01	01
+25.6	00000001	00000000	01	00
+25.5	00000000	11111111	00	FF
+0.1	00000000	00000001	00	01
0.0	00000000	00000000	00	00
-0.1	11111111	11111111	FF	FF
-25.6	11111111	00000000	FF	00
-640.0	11100111	00000000	E7	00
-1024.0	11011000	00000000	D8	00
-3276.7	10000000	00000001	80	01
-3276.8	10000000	00000000	80	00

9.3 外部校准

测量值是原始 A / D 值，必须使用存储在 EEPROM 位置 56-95 的 2 线串行总线地址 A2h 的校准常数转换为真实世界单位。校准在供应商指定的工作温度和电压范围内有效。应以与实时 16 位数据相同的方式解释报警和警告阈值。

根据每个变量给出的方程式进行校准后，结果与内部校准器件的精度和分辨率目标一致。

1) 内部测量的收发器温度。模块温度 T 由下式给出：

$$T (\text{C}) = T_{\text{slope}} * T_{\text{AD}} \text{ (16 位有符号二进制补码)} + T_{\text{offset}}$$

结果为 $1 / 256\text{C}$ 的单位，产生 -128°C 至 $+128^\circ\text{C}$ 的总范围。 T_{slope} 和 T_{offset} 的位置见表 9-6。温度精度是供应商特定的，但在指定的工作温度和电压下精度必须高于 $+/- 3$ 摄氏度。有关温度传感器位置的详细信息，请参见供应商规格表。表 9-1 和表 9-2 给出了 16 位有符号二进制补码温度格式的示例。

2) 内部测量电源电压。模块内部电源电压 V 以微伏给出如下：

$$V (\mu\text{V}) = V_{\text{slope}} * V_{\text{AD}} \text{ (16 位无符号整数)} + V_{\text{offset}}$$

结果为 $100\mu\text{V}$ ，总范围为 $0-6.55\text{V}$ 。 V_{slope} 和 V_{offset} 的位置见表 9-6。指定的工作温度和电压下，精度是供应商特定的，但必须超过制造商的额定值的 $+/- 3\%$ 。请注意，在某些收发器中，发射机电源电压和接收器电源电压是隔离的。在这种情况下，只监控一个电源。有关详细信息，请参阅制造商的规格。

3) 测量发射机激光偏置电流。模块激光偏置电流 I 以微安为单位，通过以下公式给出：

$$I (\mu\text{A}) = I_{\text{slope}} * I_{\text{AD}} \text{ (16 位无符号整数)} + I_{\text{offset}}$$

该结果为 $2\mu\text{A}$ 的单位，产生 0 到 131mA 的总范围。 I_{slope} 和 I_{offset} 的位置见表 9-6。精度是供应商特定的，但在指定的工作温度和电压下必须超过制造商的额定值的 $+/- 10\%$ 。

4) 测量的耦合 TX 输出功率。模块发射机耦合输出功率 TX_PWR 以 μW 表示，由下式表示：

$$\text{TX_PWR} (\mu\text{W}) = \text{TX_PWR}_{\text{slope}} * \text{TX_PWR}_{\text{AD}} \text{ (16 位无符号整数)} + \text{TX_PWR}_{\text{offset}}$$

该结果为 $0.1\mu\text{W}$ ，总范围为 $0-6.5\text{mW}$ 。 $\text{TX_PWR}_{\text{slope}}$ 和 $\text{TX_PWR}_{\text{offset}}$ 的位置见表 9-6。

精度是供应商特定的，但在指定工作温度和电压下必须比 $+/- 3\text{dB}$ 更好。假设数据是基于激光监测器光电二极管电流的测量。使用最具代表性的光纤输出类型将其出厂校准为绝对单位。当发射机被禁用时，数据无效。

5) 测量接收光功率。接收功率 Rx_PWR 通过以下公式以 uW 给出:

$$\begin{aligned} \text{Rx_PWR (uW)} &= \text{Rx_PWR (4)} * \text{Rx_PWR_ADe4 (16 位无符号整数)} + \\ &\text{Rx_PWR (3)} * \text{Rx_PWR_ADe3 (16 位无符号整数)} + \\ &\text{Rx_PWR (2)} * \text{Rx_PWR_ADe2 (16 位无符号整数)} + \\ &\text{Rx_PWR (1)} * \text{Rx_PWR_AD (16 位无符号整数)} + \\ &\text{Rx_PWR (0)} \end{aligned}$$

结果为 0.1uW, 总范围为 0-6.5mW。Rx_PWR (4-0) 的位置见表 9-6。绝对精度取决于精确的光波长。对于供应商指定的波长, 在指定的温度和电压下, 精度应优于 +/- 3dB。对于符合相应标准的最大传输或最大接收光功率中较小的输入功率, 应保持此精度。应按照适当的标准维持最小传输功率减去电缆厂的损耗 (插入损耗或被动损耗)。

绝对精度超过此最小值所需的接收输入光功率范围是供应商特定的。

9.4 报警和警告阈值[地址 A2h, 字节 0-39]

每个 A/D 量具有相应的高报警, 低报警, 高警告和低警告阈值。这些出厂预设值允许用户确定某个特定值何时超出收发器制造商确定的“正常”限制。假设这些值将随着不同的技术和不同的实现而变化。当使用外部校准时, 可以将数据与主机校准之前或之后的报警和警告阈值进行比较。比较可以在校准前直接进行。如果在校准后进行比较, 必须首先对数据和阈值进行校准。

在报警和警告阈值区域 (见下文) 中报告的值可以在设置警告和/或报警标志时进行温度补偿或其他调整。任何阈值补偿或调整是供应商特定的和可选的。请参阅供应商的数据表以使用报警和警告阈值。

TABLE 9-5 ALARM AND WARNING THRESHOLDS

A2h	# Bytes	Name	Description
00-01	2	Temp High Alarm	MSB at low address
02-03	2	Temp Low Alarm	MSB at low address
04-05	2	Temp High Warning	MSB at low address
06-07	2	Temp Low Warning	MSB at low address
08-09	2	Voltage High Alarm	MSB at low address
10-11	2	Voltage Low Alarm	MSB at low address
12-13	2	Voltage High Warning	MSB at low address
14-15	2	Voltage Low Warning	MSB at low address
16-17	2	Bias High Alarm	MSB at low address
18-19	2	Bias Low Alarm	MSB at low address
20-21	2	Bias High Warning	MSB at low address
22-23	2	Bias Low Warning	MSB at low address
24-25	2	TX Power High Alarm	MSB at low address
26-27	2	TX Power Low Alarm	MSB at low address
28-29	2	TX Power High Warning	MSB at low address
30-31	2	TX Power Low Warning	MSB at low address

32-33	2	RX Power High Alarm	MSB at low address
34-35	2	RX Power Low Alarm	MSB at low address
36-37	2	RX Power High Warning	MSB at low address
38-39	2	RX Power Low Warning	MSB at low address
40-41	2	Optional Laser Temp High Alarm	MSB at low address
42-43	2	Optional Laser Temp Low Alarm	MSB at low address
44-45	2	Optional Laser Temp High Warning	MSB at low address
46-47	2	Optional Laser Temp Low Warning	MSB at low address
48-49	2	Optional TEC Current High Alarm	MSB at low address
50-51	2	Optional TEC Current Low Alarm	MSB at low address
52-53	2	Optional TEC Current High Warning	MSB at low address
54-55	2	Optional TEC Current Low Warning	MSB at low address

9.5 可选的外部校准的校准常数[地址 A2h, 字节 56-91]

单精度浮点校准数据 - Rx 光功率。字节 56 的位 7 是 MSB。字节 59 的位 0 是 LSB。对于“内部校准”设备，Rx_PWR (4) 应设置为零。

TABLE 9-6 CALIBRATION CONSTANTS FOR EXTERNAL CALIBRATION OPTION

A2h	# Bytes	Name	Description
56-59	4	Rx_PWR(4)	Single precision floating point calibration data - Rx optical power. Bit 7 of byte 56 is MSB. Bit 0 of byte 59 is LSB. Rx_PWR(4) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
60-63	4	Rx_PWR(3)	Single precision floating point calibration data - Rx optical power. Bit 7 of byte 60 is MSB. Bit 0 of byte 63 is LSB. Rx_PWR(3) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
64-67	4	Rx_PWR(2)	Single precision floating point calibration data, Rx optical power. Bit 7 of byte 64 is MSB, bit 0 of byte 67 is LSB. Rx_PWR(2) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
68-71	4	Rx_PWR(1)	Single precision floating point calibration data, Rx optical power. Bit 7 of byte 68 is MSB, bit 0 of byte 71 is LSB. Rx_PWR(1) should be set to 1 for "internally calibrated" devices.

72-75	4	Rx_PWR(0)	Single precision floating point calibration data, Rx optical power. Bit 7 of byte 72 is MSB, bit 0 of byte 75 is LSB. Rx_PWR(0) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
76-77	2	Tx_I(Slope)	Fixed decimal (unsigned) calibration data, laser bias current. Bit 7 of byte 76 is MSB, bit 0 of byte 77 is LSB. Tx_I(Slope) should be set to 1 for "internally calibrated" devices.
78-79	2	Tx_I(Offset)	Fixed decimal (signed two's complement) calibration data, laser bias current. Bit 7 of byte 78 is MSB, bit 0 of byte 79 is LSB. Tx_I(Offset) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
80-81	2	Tx_PWR(Slope)	Fixed decimal (unsigned) calibration data, transmitter coupled output power. Bit 7 of byte 80 is MSB, bit 0 of byte 81 is LSB. Tx_PWR(Slope) should be set to 1 for "internally calibrated" devices.
82-83	2	Tx_PWR(Offset)	Fixed decimal (signed two's complement) calibration data, transmitter coupled output power. Bit 7 of byte 82 is MSB, bit 0 of byte 83 is LSB. Tx_PWR(Offset) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
84-85	2	T (Slope)	Fixed decimal (unsigned) calibration data, internal module temperature. Bit 7 of byte 84 is MSB, bit 0 of byte 85 is LSB. T(Slope) should be set to 1 for "internally calibrated" devices.
86-87	2	T (Offset)	Fixed decimal (signed two's complement) calibration data, internal module temperature. Bit 7 of byte 86 is MSB, bit 0 of byte 87 is LSB. T(Offset) should be set to zero for "internally calibrated" devices.

88-89	2	V (Slope)	Fixed decimal (unsigned) calibration data, internal module supply voltage. Bit 7 of byte 88 is MSB, bit 0 of byte 89 is LSB. V(Slope) should be set to 1 for "internally calibrated" devices.
90-91	2	V (Offset)	Fixed decimal (signed two's complement) calibration data, internal module supply voltage. Bit 7 of byte 90 is MSB. Bit 0 of byte 91 is LSB. V(Offset) should be set to zero for "internally calibrated" devices.
92-94	3	Unallocated	
95	1	Checksum	Byte 95 contains the low order 8 bits of the sum of bytes 0-94.

地址 76,80,84 和 88 处的斜率常数是无符号定点二进制数。因此，斜坡将始终为正。二进制点位于上和下字节之间，即在八位和九位最高有效位之间。最高有效字节是 0 到 +255 范围内的整数部分。最低有效字节表示 0.00391 (1/256) 至 0.9961 (255/256) 范围内的小数部分。可以用此格式表示的最小实数为 0.00391 (1/256)；可以使用此格式表示的最大实数为 255.9961 (255 + 255/256)。定义斜率，并在“外部校准”部分找到转换公式。此格式的示例如下所示：

TABLE 9-7 UNSIGNED FIXED-POINT BINARY FORMAT FOR SLOPE

Decimal Value	Binary Value		Hexadecimal Value	
	MSB	LSB	High Byte	Low Byte
0.0000	00000000	00000000	00	00
0.0039	00000000	00000001	00	01
1.0000	00000001	00000000	01	00
1.0313	00000001	00001000	01	08
1.9961	00000001	11111111	01	FF
2.0000	00000010	00000000	02	00
255.9921	11111111	11111110	FF	FE
255.9961	11111111	11111111	FF	FF

校准偏移是 16 位有符号的二进制补码二进制数。偏移量由“外部校准”部分中的公式定义。最低有效位表示与相应模拟参数的“内部校准”相同的单位，例如偏置电流为 $2 \mu A$ ，光功率为 $0.1 \mu W$ 等。可能的整数值范围为 +32767 至 -32768。此格式的示例如下所示。

TABLE 9-8 FORMAT FOR OFFSETS

Decimal Value	Binary Value		Hexadecimal Value	
	MSB	LSB	High Byte	Low Byte
+32767	01111111	11111111	7F	FF
+3	00000000	00000011	00	03
+2	00000000	00000010	00	02
+1	00000000	00000001	00	01
0	00000000	00000000	00	00
-1	11111111	11111111	FF	FF
-2	11111111	11111110	FF	FE
-3	11111111	11111101	FF	FD
-32768	10000000	00000000	80	00

接收光功率的外部校准使用 IEEE 标准二进制浮点数算法 IEEE Std 754-1985 定义的单精度浮点数。简而言之，该格式利用四个字节（32 位）来表示实数。第一个也是最重要的位是符号位；接下来的八位表示在 +126 到 -127 的范围内的指数；其余 23 位表示尾数。因此，32 位如下表所示排列。

TABLE 9-9 IEEE-754 SINGLE-PRECISION FLOATING POINT NUMBER FORMAT

Function	Sign	Exponent			Mantissa		
Bit	31	30.....23	22	0			
Byte		3	2	1	0		
← Most Significant							Least Significant →

作为示例，Rx_PWR (4) 被存储为：

TABLE 9-10 EXAMPLE OF FLOATING POINT REPRESENTATION

Byte Address	Contents	Significance
56	SEEEEEEE	Most
57	EMMMMMMM	Second Most
58	MMMMMMMM	Second Least
59	MMMMMMMM	Least
where S = sign bit; E = exponent bit; M = mantissa bit.		

保留各种位值的特殊情况来表示不确定的值，例如正无穷大、零和“NaN”或不是数字。NaN 表示无效结果。在撰写本文，IEEE 单精度浮点格式的解释已发布在全球网站 <http://www.psc.edu/general/software/packages/ieee/ieee.html> 和 <http://research.microsoft.com/~hollasch/cgindex/coding/ieeefloat.html>。实际的 IEEE 标准可从 www.IEEE.org 获得

9.6CC_DMI [地址 A2h, 字节 95]

该校验和是一个单字节代码，可用于验证 SFP 中工厂编程的“诊断管理接口”信息的前 94 个字节是否有效。校验码应为从字节 0 到字节 94 的所有字节的内容的和的低位 8 位。

9.7 实时诊断和控制寄存器[地址 A2h, 字节 96-111]

A2h	Bit	Name	描述
转换的模拟值。校准的 16 位数据。			
96	A11	Temperature MSB	内部测量的模块温度。
97	A11	Temperature LSB	
98	A11	Vcc MSB	收发器内部测量的电源电压。
99	A11	Vcc LSB	
100	A11	TX Bias MSB	内部测量的 TX 偏置电流。
101	A11	TX Bias LSB	
102	A11	TX Power MSB	测量的 TX 输出功率。
103	A11	TX Power LSB	
104	A11	RX Power MSB	测量的 RX 输入功率。
105	A11	RX Power LSB	
106	A11	Optional Laser Temp/Wavelength MSB	测量的激光温度或波长
107	A11	Optional Laser Temp/Wavelength LSB	
108	A11	Optional TEC current MSB	测量的 TEC 电流（正值为冷却）

109	All	Optional TEC current LSB	
可选状态/控制位			
110	7	TX Disable State	TX 禁用输入引脚的数字状态。在引脚变动 100ms 内更新。
	6	Soft TX Disable Select	读/写位，允许软件禁用激光。写 1 禁用激光。有关启用/禁用时序要求，请参见表 8-7。该位与硬 TX_DISABLE 引脚值进行或操作。注意，每个 SFP MSA TX_DISABLE 引脚默认使能，除非被硬件拉低。如果没有实现 Soft TX Disable，收发器将忽略该位的值。默认上电值为零/低。
	5	RS(1) State	根据 SFF-8079 的 AS1 或 SFF-8431 的 RS1 引脚状态。在 100ms 内更新。参见 A2h 字节 118 位 3，软 RS1 选择控制信息
	4	Rate_Select State [aka. "RS(0)"]	SFP Rate_Select 输入引脚的数字状态。在 100ms 内更新。注意：该引脚在 SFF-8079 中也称为 AS (0)，SFF-8431 中也称为 RS (0)
	3	Soft Rate_Select Select [aka. "RS(0)"]	读/写位，允许软件速率选择控制。写入 '1' 选择全带宽操作。该位与硬 Rate_Select, AS (0) 或 RS (0) 引脚值进行或操作，见表 8-7 的时序要求。上电时的默认值为逻辑 0 /低，除非由表 5-6 表明软速率选择未实现，收发器忽略该位的值。注意：该位的特定收发器行为在表 5-6 和参考文档中标识，请参见表 10-1，字节 118，软 RS 的位 3 (1) 选择。

	2	TX Fault State	TX 故障输出引脚的数字状态。在引脚变动 100ms 内更新
	1	Rx_LoS State	RX_LoS 输出引脚的数字状态。在引脚变动 100ms 内更新
	0	Data_Ready_Bar State	指示收发器已上电，数据准备就绪。位数据保持为高电平，直到数据准备好读取为止，器件将其置位为低电平。
111	7-0	Reserved	为 SFF-8079 保留

在模块上电期间和第一次有效的 A/D 读取之前，`data_ready_bar` 位为高电平。一旦发生第一个有效的 A/D 读取，该位置低，直到器件掉电。该位必须在加电 1 秒内设置为低电平。

9.8 报警和警告标志位[地址 A2h, 字节 112-117]

112-117 字节包含一组可选的报警和警告标志。标志可以被锁存或非锁存。实施是供应商特定的，应详细了解供应商的规格表。建议在任一种情况下，至少 100ms 之后，通过第二次读取该标志来检测被断言的标志位。对于不想设置自己的阈值或读取位置 0-55 中的值的用户，可以监视单独的标志。定义了两种标志类型。

- 1) 与收发器温度，电源电压，TX 偏置电流，TX 输出功率和接收光功率相关的报警标志以及未来标志的保留位置。报警标志表示可能与操作中链接相关联的情况，并导致立即采取行动。
- 2) 与收发器温度，电源电压，TX 偏置电流，TX 输出功率和接收光功率相关的警告标志以及未来标志的保留位置。警告标志表示正常保证范围之外的条件，但不一定是立即导致链路故障。某些警告标志也可以由制造商定义为寿命终止指示器（例如在恒定功率控制回路中高于预期的偏置电流）

TABLE 9-12 ALARM AND WARNING FLAG BITS

A2h	Bit	Name	Description
Reserved Optional Alarm and Warning Flag Bits (See Notes 3-6)			
112	7	Temp High Alarm	Set when internal temperature exceeds high alarm level.
	6	Temp Low Alarm	Set when internal temperature is below low alarm level.
	5	Vcc High Alarm	Set when internal supply voltage exceeds high alarm level.
	4	Vcc Low Alarm	Set when internal supply voltage is below low alarm level.
	3	TX Bias High Alarm	Set when TX Bias current exceeds high alarm level.
	2	TX Bias Low Alarm	Set when TX Bias current is below low alarm level.
	1	TX Power High Alarm	Set when TX output power exceeds high alarm level.
	0	TX Power Low Alarm	Set when TX output power is below low alarm level.
113	7	RX Power High Alarm	Set when Received Power exceeds high alarm level.
	6	RX Power Low Alarm	Set when Received Power is below low alarm level.
	5	Optional Laser Temp High Alarm	Set when laser temperature or wavelength exceeds the high alarm level.
	4	Optional Laser Temp Low Alarm	Set when laser temperature or wavelength is below the low alarm level.
	3	Optional TEC current High Alarm	Set when TEC current exceeds the high alarm level.
	2	Optional TEC current Low Alarm	Set when TEC current is below the low alarm level.
	1	Reserved Alarm	
	0	Reserved Alarm	
114	7-4	Tx input equalization control RATE=HIGH	Input equalization level control
	3-0	Tx input equalization control RATE=LOW	Input equalization level control
115	7-4	RX output emphasis control RATE=HIGH	Output emphasis level control
	3-0	RX output emphasis control RATE=LOW	Output emphasis level control
116	7	Temp High Warning	Set when internal temperature exceeds high warning level.
	6	Temp Low Warning	Set when internal temperature is below low warning level.
	5	Vcc High Warning	Set when internal supply voltage exceeds high warning level.
	4	Vcc Low Warning	Set when internal supply voltage is below low warning level.
	3	TX Bias High Warning	Set when TX Bias current exceeds high warning level.
	2	TX Bias Low Warning	Set when TX Bias current is below low warning level.
	1	TX Power High Warning	Set when TX output power exceeds high warning level.
	0	TX Power Low Warning	Set when TX output power is below low warning level.
117	7	RX Power High Warning	Set when Received Power exceeds high warning level.
	6	RX Power Low Warning	Set when Received Power is below low warning level.
	5	Optional Laser Temp High Warning	Set when laser temperature or wavelength exceeds the high warning level.
	4	Optional Laser Temp Low Warning	Set when laser temperature or wavelength is below the low warning level.
	3	Optional TEC current High Warning	Set when TEC current exceeds the high warning level.
	2	Optional TEC current Low Warning	Set when TEC current is below the low warning level.
	1	Reserved Warning	
	0	Reserved Warning	

TABLE 9-13 INPUT EQUALIZATION (ADDRESS A2H BYTE 114)

Code	Transmitter Input Equalization	
	Nominal	Units
11xx	Reserved	
1011	Reserved	
1010	10	dB
1001	9	dB
1000	8	dB
0111	7	dB
0110	6	dB
0101	5	dB
0100	4	dB
0011	3	dB
0010	2	dB
0001	1	dB
0000	0	No EQ

TABLE 9-14 OUTPUT EMPHASIS CONTROL (ADDRESS A2H BYTE 115)

Code	Receiver Output Emphasis At nominal Output Amplitude	
	Nominal	Units
1xxx	Vendor Specific	
0111	7	dB
0110	6	dB
0101	5	dB
0100	4	dB
0011	3	dB
0010	2	dB
0001	1	dB
0000	0	No Emphasis

14、扩展信息

10.1 扩展模块控制/状态字节[地址 A2h, 字节 118-119]

地址 118-119 定义了扩展模块控制和状态功能。根据使用情况，内容可能由主机写入。地址 64，字节 1 中的功率电平声明要求见表 8-3。

A2h	Bit	Name	描述
118	4-7	Reserved	

	3	Soft RS(1) Select	允许软件 Tx 速率控制的读/写位。写入'1'选择全速 Tx 操作。该位与硬 RS(1)引脚值进行或操作，请参见表 8-7 的时序要求，上电时的默认值为逻辑 0 /低，除非由表 5-6 中选择的值特别重新定义，如果软 RS(1) 未实现，收发器忽略该位的值注意：该位的特定收发器行为在表 5-6 和参考文档中标识，请参见表 9-11，字节 110 的位 3，软 RS(0) 选择。
	2	Reserved	
	1	Power Level Operation State	可选。SFF-8431 功率级（最大功耗）状态。值为零表示功率级别 1 操作（最大 1.0 瓦特）。值为 1 表示功率级别 2 或 3 操作（最大为 1.5 或 2.0 瓦特），具体取决于 A0h 的字节 64 中的值。有关功率等级要求声明，请参见表 8-3。时序参见表 8-7。
	0	Power Level Select	可选。SFF-8431 功率级（最大功耗）控制位。零值仅允许功率级别 1（最大 1.0 瓦特）。值为 1，根据 A0h 的字节 64 中的值，启用功率级别 2 或 3（最大为 1.5 或 2.0 瓦特）。有关功率等级要求声明，请参见表 8-3。时序参见表 8-7。如果未实现功率级别 2 或 3，则 SFP 忽略该位的值。
119	7-2	Unallocated	
	1	Optional Tx CDR unlocked	当位 64.3 (A0h) 设置为 1 时使用。如果 Tx 侧 CDR 启用，值 0 表示 CDR 被锁定，而值 1 表示 CDR 的锁定丢失。如果 CDR 处于旁路模式，则该位设置为 0。

	0	Optional Rx CDR unlocked	当位 64.3 (A0h) 设置为 1 时使用。如果 Rx 侧 CDR 启用，值 0 表示 CDR 被锁定，而值 1 表示 CDR 的锁定丢失。如果 CDR 处于旁路模式，则该位设置为 0。
--	---	--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

如果 A0h 的字节 13d 的内容设置为 0Eh，并且页面 A0h 的位 64.3 被设置为 1，则位 110.3 和位 118.3 控制内部重定时器或 CDR 的锁定模式。重定时器/CDR 锁定模式根据表 10-2 中定义的逻辑表进行设置。位 110.3 和 118.3 的默认值为 1。

TABLE 10-2 RETIMER/CDR RATE SELECT LOGIC TABLE

When byte 13d of A0h is set to 0Eh and bit 64.3 of A0h is set to 1			
Logic OR of RS0 pin and RS0 bit	Logic OR of RS1 pin and RS1 bit	Receiver retimer/CDR	Transmitter retimer/CDR
Low/0	Low/0	Lock at low bit rate	Lock at low bit rate
Low/0	High/1	Lock at high bit rate	Bypass
High/1	Low/0	Bypass	Bypass
High/1	High/1	Lock at high bit rate	Lock at high bit rate

注意：A0h 的字节 13d 定义了低位和高位率。

10.2 供应商特定位置[地址 A2h, 字节 120-126]

地址 120-126 被定义用于供应商特定的存储器功能。潜在用途包括受保护功能的供应商密码字段，用于计算的临时空间或其他专有内容。

10.3 可选页面选择字节[地址 A2h, 字节 127]

为了给 DWDM 和 CDR 控制功能以及其他潜在的扩展提供存储空间，可以在 A2h 地址空间的上半部分定义多个页面。在启动时，字节 127 的值默认为 00h，它指向用户 EEPROM。这确保了不实现可选页面结构的收发器的向后兼容性。当页面值写入字节 127 时，对相关页面进行对字节 128-255 的后续读取和写入。

本规范定义了第 00h-02h 页的功能。第 03h-7Fh 页保留供将来使用。写入不支持页面的值不被收发器所接受。页面选择字节应恢复为 0，读/写操作应为未分页的 A2h 存储器映射。页面 80h-FFh 保留用于特定于供应商的功能。

TABLE 10-3 OPTIONAL PAGE SELECT BYTE

A2h	# Bytes	Name	Description
120-126	7	Vendor Specific	Vendor specific memory addresses
127	1	Optional Page Select	Defines the page number for subsequent reads and writes to locations A2h<128-255>

10.4 用户可访问的 EEPROM 位置[地址 A2h, 第 00h / 01h, 字节 128-247]

对于不支持页面的收发器，或者如果页面选择字节写入 00h 或 01h，则地址 128-247 表示 120 字节的用户/主机可写非易失性存储器 - 用于任何合理的使用。有关写入这些位置的任何限制，请咨询供应商数据表，包括时序和最大写入数。潜在用途包括客户特定的识别信息，使用历史统计信息，计算的临时空间等。通常不建议将此内存用于延迟关键或重复使用。

TABLE 10-4 USER ACCESSIBLE EEPROM LOCATIONS

A2h	# Bytes	Name	Description
128-247	120	User EEPROM	User writable EEPROM

10.5 供应商特定的控制功能位置[地址 A2h, 第 00h / 01h, 字节 248-255]

对于不支持页面的收发器，或者如果将页面选择字节写入 00h 或 01h，则为特定于供应商的控制功能定义地址 248-255。潜在用途包括由特定供应商启用的专有功能，通常与地址 120-127 组合进行管理。

TABLE 10-5 VENDOR SPECIFIC CONTROL FUNCTION LOCATIONS

A2h	# Bytes	Name	Description
248-255	8	Vendor Specific	Vendor specific control functions

10.6 可变接收机决策阈值控制[地址 A2h, 第 02h 页, 字节 130-131]

第 02h 字节 131 用于控制可变接收机决策阈值功能。此功能的可用性在串行序列号部分的地址 A0h, 字节 65, 位 7 中指示。字节 131 是 7 位 2 的补码值 (-128 至+127)。决策阈值由以下公式给出：

$$\text{决策阈值} = 50\% + [\text{字节 } (131) / 256] * 100\%$$

字节 131 的值在上电时默认为 0。这对应于 50% 的阈值。