

ICS 33.180.01

M 33

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1465-2006

10Gbit/s 小型化可插拔 光收发合一模块技术条件

Technical Conditions for 10Gbit/s
Small Form Factor Pluggable Transceiver Module

2006-06-08 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	2
4 测试参考点和光模块分类	3
5 基本功能	5
6 光接口技术指标要求	5
7 电接口主要技术参数	12
8 机械配合尺寸和引脚定义	14
9 测量方法	17
10 可靠性试验	19
11 静电放电防护要求和三防	21
12 产品检验	21
13 产品管理	22
附录A(资料性附录) XFI接口规范	23
附录B(资料性附录) 低速电信号规范	24
附录C(资料性附录) I ² C接口协议	26
附录D(规范性附录) 管理接口	28

前 言

本标准是光发送/光接收模块的系列标准之一，该系列标准的名称和结构如下：

- YD/T 1199.1-2002 SDH 光发送/光接收模块技术要求——SDH 10Gbit/s 光接收模块；
- YD/T 1199.2-2002 SDH 光发送/光接收模块技术要求——SDH 10Gbit/s 光发送模块；
- YD/T 1111.1-2001 SDH 光发送/光接收模块技术要求——SDH 2.488320Gbit/s 光接收模块；
- YD/T 1111.2-2001 SDH 光发送/光接收模块技术要求——SDH 2.488320Gbit/s 光发送模块；
- YD/T 1321.1-2004 具有复用/去复用功能的光收发合一模块技术条件 第 1 部分 2.5Gbit/s 光收发合一模块；
- YD/T 1321.2-2004 具有复用/去复用功能的光收发合一模块技术条件 第 2 部分 10Gbit/s 光收发合一模块；
- YD/T 1465-2006 《10Gbit/s 小型化可插拔光收发合一模块技术条件》。

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

本标准在制定过程中考虑了我国光模块实际研制情况，参考了国际电信联盟电信部门建议 ITU-T G.691、电气电子工程师协会标准 IEEE 802.3ae、美国 Telcordia GR-468-core、MIL-STD-883E，以及 XFP MSA 组织的接口规范文件。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录，附录 D 为规范性附录。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准由中兴通讯股份有限公司负责起草；武汉邮电科学研究院、信息产业部电信研究院参加起草。

本标准主要起草人：沈百林 葛超 舒华德 张立昆 于文慧 王 飏 张佰成

10Gbit/s 小型化可插拔光收发合一模块技术条件

1 范围

本标准规定了 10Gbit/s 小型化可插拔光收发合一模块（以下简称 XFP 光模块）的技术要求和测试方法，包括 XFP 光模块的术语、定义、光接口技术要求及测试方法、电接口技术要求及极限工作条件、可靠性试验分类和试验方法、光模块的产品检验和产品管理等。

本标准适用于局内、短程、中程、长程 STM-64、10GE、10GFC 的 XFP 光模块的光电参数的测量和检验，其他类似 10Gbit/s 光通信系统，可参照执行。

本标准仅适用于采用非归零码的 XFP 光模块。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2829-2002	周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
GB 9254-1998	信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
GB/T 17626.2-1998	电磁兼容 试验与测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3-1998	电磁兼容 试验与测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
YD/T 1014-1999	STM-64 光线路终端设备技术要求
YD/T 1017-1999	同步数字体系（SDH）网络节点接口
YD/T 1111.1-2001	SDH 光发送/光接收模块技术条件——SDH 2.488320Gbit/s 光接收模块
YD/T 1111.2-2001	SDH 光发送/光接收模块技术条件——SDH 2.488320Gbit/s 光发送模块
YD/T 1199.1-2002	SDH 光发送/光接收模块技术条件——SDH 10Gbit/s 光接收模块
YD/T 1199.2-2002	SDH 光发送/光接收模块技术条件——SDH 10Gbit/s 光发送模块
YD/T 1272.1-2003	光纤活动连接器 第 1 部分 LC 型光纤活动连接器
ITU-T G.691（2003）	带光放大器的单信道 STM-64、STM-256 系统和其他 SDH 系统的光接口
ITU-T G.692（1998）	有光放大器的多通路系统的光接口
ITU-T G.693（2001）	局内系统的光接口
ITU-T G.709（2001）	光传送网的网络节点接口
ITU-T G.783（2004）	SDH 设备功能块的特性
ITU-T G.825（2000）	基于同步数字体系（SDH）的数字网络的抖动和漂移控制
ITU-T G.957（1999）	与同步数字体系有关的设备和系统的光接口
ITU-T G.959.1（2003）	光传送网物理层接口
IEEE 802.3ac-2002	CSMA/CD 访问方法和物理层规范（10GE）
MIL-STD-883E（1999）	微电子器件试验方法标准

Telcordia GR-468-core (1998)	用于通讯设备中的光电子器件的一般可靠性保证要求
T11 Project 1413-D-2003	10G光纤信道规范 (10GFC)
INF-8077i (2004) (Rev 4.0)	10Gbit/s 小型化可插拔光模块规范
SFF-8472 (2002) (Rev 9.3)	光收发合一模块数字诊断监控接口规范

3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语均适用于本标准。

3.1 术语和定义

3.1.1

10Gbit/s 小型化可插拔光收发合一模块 XFP

XFP 光模块是一种可热插拔、小型化、串行—串行、数据透明的多速率光发送和光接收一体的光模块，可处理电信业务 STM-64、OTU2 (ITU-T G709) 和数据业务 10GE、10GFC。模块内部不含串行/解串行器，模块电接口采用 XFI。

3.1.2

3R 功能 re-amplifying, re-timing, re-shaping

指光模块具有再放大，再定时，再整形的功能。

3.1.3

数字诊断功能 digital diagnostic functions

模块通过 I²C 接口，可以实时监测模块的重要性能参数，例如模块温度、供电电压、激光偏置电流及发射和接收的光功率，并可以控制模块的工作状态，达到简化维护工作，提高系统运行可靠性的目的。

3.2 缩略语

CDR	Clock Data Recovery	时钟数据恢复
CML	Current Mode Logic	电流模式逻辑
CMU	Clock Multiplexing Unit	时钟复用单元
DFB Laser	Distributed Feedback Laser	分布反馈激光器
DUT	Device Under Test	待测器件
EMC	Electro Magnetic Compatibility	电磁兼容性
ESD	Electro-Static Discharge	静电放电
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
HBM	Human Body Model	人体模型
ISI	Inter-symbol Interference	码间干扰
LSB	Least Significant Bit	最低位
LVDS	Low-Voltage Differential Signals	低压差分信号
LVTTL	Low Voltage Transistor-Transistor Logic	低电压晶体管对晶体管逻辑
MPI	Main Path Interface	主光通道接口
MSA	Multi Source Agreement	多源协议
MSB	Most Significant Bit	最高位
MLM	Multi-longitudinal Mode	多纵模

NRZ	Non-Return-to Zero	非归零
OTU2	Optical channel transport unit of level 2	2 阶光通道传送单元
PECL	Positive Emitter-Coupled Logic	正极性射极耦合逻辑
PMD	Physical Medium Dependent	物理媒介相关层
RMS	Root Mean Square	均方根
SCL	Serial Clock	串行时钟
SDA	Serial Data	串行数据
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SERDES	Serializer-Deserializer	串行—解串行器
SLM	Single Longitudinal Mode	单纵模
SMF	Single-Mode Fiber	单模光纤
STM-64	Synchronous Transport Module of order 64	同步传送模块-64
TDP	Transmitter and Dispersion Penalty	发射机和色散的代价
VCSEL	Vertical Cavity Surface-Emitting Laser	垂直腔表面发射激光器
VSR	Very Short Reach	甚短距离
WAN	Wide Area Network	广域网
WIS	WAN Interface Sublayer	广域网接口子层
XFI	10 Gigabit Serial Electrical Interface	10Gbit/s 串行电接口
XFP	10 Gigabit Small Form Factor Pluggable Module	10Gbit/s 小型化可插拔光收发合一模块
10GE	10 Gbit/s Ethernet	10Gbit/s 以太网
10GFC	10 Gbit/s Fibre Channel	10Gbit/s 光纤信道

4 测试参考点和光模块分类

4.1 测试参考点

用于电信业务（如SDH）的XFP光模块测试参考点如图1所示（参见ITU-T G.691），主要处理速率是STM-64和OTU2（参见ITU-T G.709）。发送部分测试参考点是S，接收部分测试参考点是R。

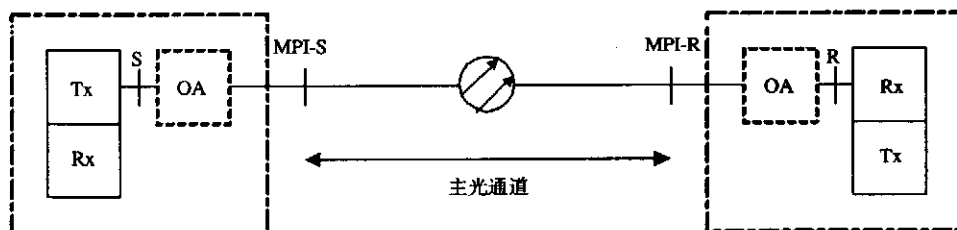


图1 SDH 系统中的 XFP 光模块测试参考点

用于数据业务10GE的XFP光模块测试参考点如图2所示（参见IEEE 802.3ae），主要处理速率是10GE。接收机和发射机均属于物理媒介相关层（PMD）。发送部分参考测试点是TP2，接收部分参考测试点是TP3。用于10GFC的XFP光模块测试可参考10GE中XFP光模块的测试。

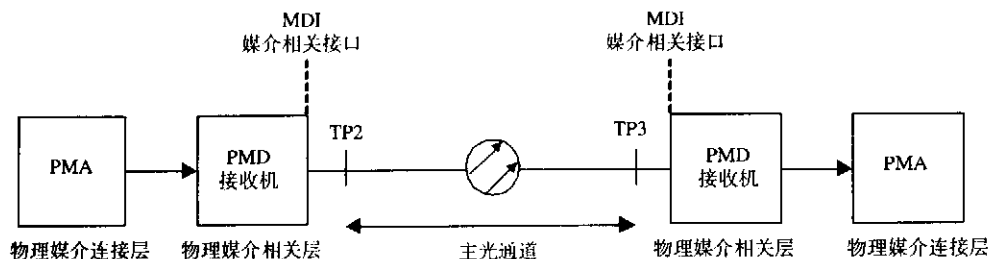


图2 数据业务 10GE 传输系统中的 XFP 光模块测试参考点

4.2 光模块分类

按照ITU-T G.691、ITU-T G.693、ITU-T G.959.1、IEEE 802.3ae、T11 Project 1413-D, XFP光模块可按目标距离、光源类型、处理速率等进行分类, XFP光模块的应用代码见表1和表2。

表1 用于 SDH 业务 XFP 光模块应用代码

适用类型	STM-64@ITU-T G.693 (VSR)		STM-64@ITU-T G.691/G.959.1		
目标距离	0.6 km	2 km	局内	短距	长距
应用代码	VSR600-2R1; VSR600-2M1; VSR600-2M2; VSR600-2M3; VSR600-2M5;	VSR2000-2R1; VSR2000-2L2; VSR2000-2L3; VSR2000-2L5;	I-64.1r; I-64.1; I-64.2r; I-64.2; I-64.3; I-64.5	S-64.1; S-64.2a; S-64.2b; S-64.3a; S-64.3b; S-64.5a; S-64.5b	L-64.1; P1L1-2D2
注: (1) 目标距离仅用于分类, 而不是用于规范; (2) 目标距离、光纤类型、光源类型详见光接口技术指标要求; (3) I、S、L定义见ITU-T G.957					

表2 用于数据业务 XFP 光模块应用代码

适用类型	10GE@IEEE 802.3ae			10GFC@T11 Project 1413-D	
目标距离	300m	10km	40km	300m	10km
应用代码	10GBASE-SR; 10GBASE-SW; 10GBASE-LRM	10GBASE-LW; 10GBASE-LR	10GBASE-EW; 10GBASE-ER	1200-MX-SN-I	1200-SM-LL-L
注: (1) 目标距离仅用于分类, 而不是用于规范; (2) 目标距离、光纤类型、光源类型详见光接口技术指标要求					

XFP 光模块不要求支持 9.95~11.09Gbit/s 间所有业务的速率。根据实际情况, 可分为处理数据业务 10GE、10GFC 的 XFP 光模块, 处理电信业务 SDH 的 XFP 光模块。

XFP 光模块的功耗有 4 个等级:

- (a) <1.5W;
- (b) 1.5 ~2.5W;
- (c) 2.5 ~3.5W;
- (d) >3.5W。

5 基本功能

XFP 光模块分为光发送部分和光接收部分。模块内部不含串行/解串行器，这是 XFP 光模块相比于其他 10Gbit/s 光收发合一模块（如 200PIN、300PIN、XENPAK、X2、XPAK）体积大大缩小的主要原因。模块通过 XFI 接口将 10Gbit/s 数据传输给单板上的串行/解串行器进行处理。

如图3所示，给出了XFP光模块各部分的框图。光接收部分功能包括探测器接收、光电转换、放大、时钟数据恢复、整形，最后输出XFI电信号；光发送部分功能包括接收XFI电信号、参考时钟、定时、激光器偏置及驱动、激光器调制及驱动。图中虚线框（可选）的CMU表示接入的参考时钟是同步时钟。另外管理功能比较丰富，数字诊断功能包括模块温度、激光器注入电流、激光器输出光功率、接收机输入光功率，用户还可以自定义其他监测功能。

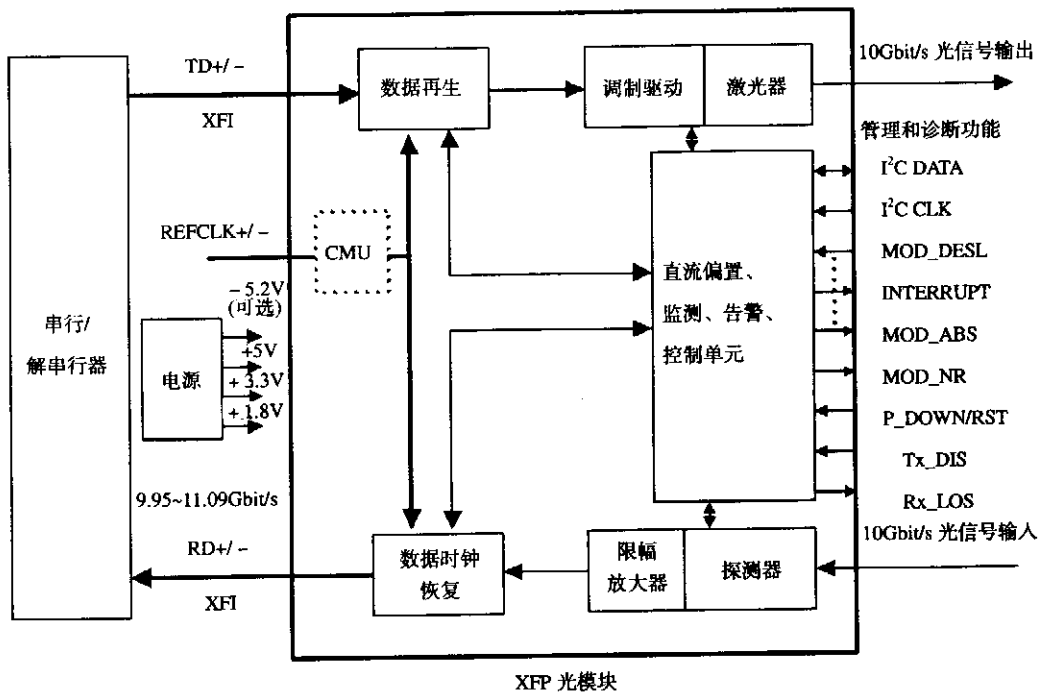


图3 原理框图

6 光接口技术指标要求

6.1 光接口技术指标要求说明

XFP 光模块光接口包括技术参数要求、眼图模板要求和抖动特性要求。本标准从 STM-64、10GE、10GFC 三方面对光接口进行规范，其他业务速率光接口待研究。

本标准规定的技术指标或参数值均为寿命终结时之值，即包括所允许的最坏运用条件范围（温度和湿度）下仍能满足的数值，直至寿命终结前。

6.2 STM-64 光接口

6.2.1 光接口技术参数

按 ITU-T G.691 和 ITU-T G.959.1，本标准规范了 10Gbit/s XFP 光模块在光发射端参考点和光接收端参考点的光接口（I、S、L 系列）技术参数指标要求；局内光接口（VSR 系列，≤2km）更详细的规范可参见 ITU-T G.693。

STM-64的光接口参数见表3~表5。

表3 局内 STM-64 光接口技术参数

应用代码		I-64.1r	I-64.1	I-64.2r	I-64.2	I-64.3	I-64.5
		P111-2D1r	P111-2D1	P111-2D2r	P111-2D2	P111-2D3	P111-2D5
目标距离 ^{a)} (km)		0.6	2	2	25	25	25
光源类型		MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
工作波长范围 (nm)		1 260~1 360	1 290~1 330	1 530~1 565	1 500~1 580	1 500~1 580	1 500~1 580
平均 发送功率	最大 (dBm)	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	最小 (dBm)	-6	-6	-5	-5	-5	-5
光谱特性	RMS谱宽 (nm)	3	不用	不用	不用	不用	不用
	-20 dB谱宽 (nm)	不用	1	待研究	待研究	待研究	待研究
	最小边模抑制比 (dB)	不用	30	30	30	30	30
	啁啾参数 (rad)	不用	待研究	待研究	待研究	待研究	待研究
最小消光比 (dB)		6	6	8.2	8.2	8.2	8.2
最大色散 (ps/nm)		3.8	6.6	40	500	80	待研究
发送眼图		符合6.2.2节规范					
最差接收灵敏度 ^{b)} (@BER=10 ⁻¹²) dBm		-11	-11	-13	-14	-13	-13
最小过载点 (dBm)		-1	-1	-1	-1	-1	-1
接收机反射系数 (最大) (dB)		-14	-14	-27	-27	-27	-27
最大光通道代价 (dB)		1	1	2	2	1	2
^{a)} 目标距离仅用于分类, 而不是用于规范;							
^{b)} 最差接收灵敏度出厂测试值比寿命终结时之值应优2~3 dB							

表4 短距 STM-64 光接口技术参数

应用代码		S-64.1	S-64.2a	S-64.2b	S-64.3a S-64.5a	S-64.3b S-64.5b
		P1S1-2D1	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b
目标距离 ^{a)} (km)		20	40	40	40	40
光源类型		SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
工作波长范围 (nm)		1290~1330	1530~1565	1530~1565	1530~1565	1530~1565
平均 发送功率	最大 (dBm)	+5	-1	+2	-1	+2
	最小 (dBm)	+1	-5	-1	-5	-1
光谱特性	-20dB谱宽 (nm)	待研究	待研究	待研究	待研究	待研究
	最小边模抑制比 (dB)	30	30	30	30	30
	啁啾参数 (rad)	不用	待研究	待研究	待研究	待研究
最小消光比 (dB)		6	8.2	8.2	8.2	8.2
最大色散 (ps/nm)		70	800	800	130	130
发送眼图		符合6.2.2节规范				
最差接收灵敏度 ^{b)} (@BER=10 ⁻¹²) dBm		-11	-18	-14	-17	-13
最小过载点 (dBm)		-1	-8	-1	-8	-1
接收机反射系数 (最大) (dB)		-14	-27	-27	-27	-27
最大光通道代价 (dB)		1	2	2	1	1
^{a)} 目标距离仅用于分类, 而不是用于规范;						
^{b)} 最差接收灵敏度出厂测试值比寿命终结时之值应优2~3 dB						

表5 长距 STM-64 光接口技术参数

应用代码		L-64.1	---
		P1L1-2D1	P1L1-2D2
目标距离 ^a (km)		40	80
光源类型		SLM	SLM
工作波长范围 (nm)		1 290~1 320	1 530~1 565
平均发送功率	最大 (dBm)	+7	+4
	最小 (dBm)	+3	0
光谱特性	-20 dB谱宽 (nm)	待研究	待研究
	最小边模抑制比 (dB)	30	30
	啁啾参数 (rad)	不用	待研究
最小消光比 (dB)		6	9
最大色散 (ps/nm)		130	1 600
发送眼图		符合6.2.2节规范	
最差接收灵敏度 ^b (@BER=10 ⁻¹²) dBm		-20	-24
最小过载点 (dBm)		-9	-7
接收机反射系数 (最大) (dB)		-27	-27
最大光通道代价 (dB)		1	2
^a 目标距离仅用于分类, 而不是用于规范;			
^b 最差接收灵敏度出厂测试值比寿命终结时之值应优2~3 dB			

6.2.2 眼图

按照ITU-T G.959.1, STM-64的发送眼图模板如图4所示。

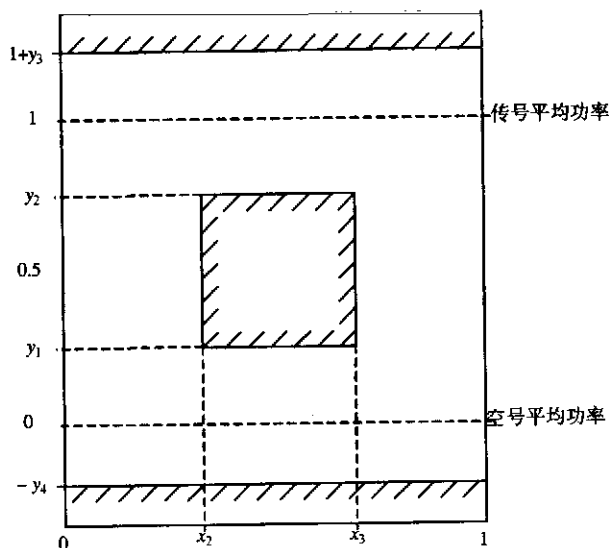


图4 眼图模板

眼图模板参数见表6。

表6 眼图模板参数

	NRZ 10G 1 310 nm窗口	NRZ 10G 1 550 nm 窗口
x_3-x_2	0.2	0.2
y_1	0.25	0.25
y_2	0.75	0.75
y_3	0.4	0.25
y_4	0.25	0.25

6.2.3 抖动

6.2.3.1 输出抖动

输出抖动测量滤波器和输出抖动峰峰值规范见表7。

表7 输出抖动指标

测量滤波器	输出抖动峰峰值 (UI)
20kHz~80MHz	<0.3
4~80MHz	<0.1

6.2.3.2 输入抖动容限

按照ITU-T G.825, 输入抖动容限的模板如图5所示。

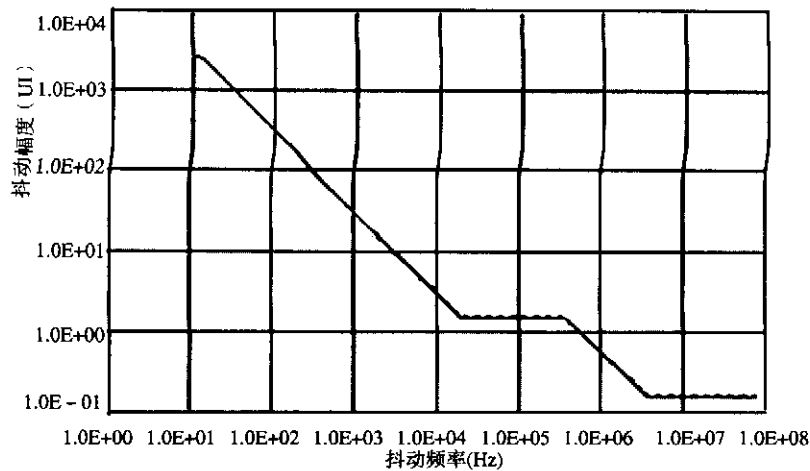


图5 输入抖动容限模板

输入抖动容限的模板参数见表 8。

表8 输入抖动容限模板参数

频率 f	抖动容限峰峰值 (UI)
$10\text{Hz} < f \leq 12.1\text{Hz}$	2 490 (0.25 μs)
$12.1\text{Hz} < f \leq 2000\text{Hz}$	$3.0 \times 10^4 f^{-1}$
$2000\text{Hz} < f \leq 20\text{kHz}$	$3.0 \times 10^4 f^{-1}$
$20\text{kHz} < f \leq 400\text{kHz}$	1.5
$400\text{kHz} < f \leq 4\text{MHz}$	$6.0 \times 10^5 f^{-1}$
$4\text{MHz} < f \leq 80\text{MHz}$	0.15

6.2.3.3 抖动传递函数

按照ITU-T G.783, 抖动传递函数的模板见如图6所示。

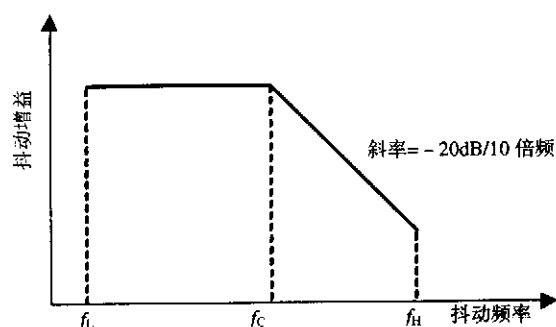


图6 抖动传递函数模板

A型、B型SDH再生器的抖动传递函数模板的抖动增益滚降转折点频率不同。抖动传递函数模板参数见表9, 其中B型再生器的频率参数待定。

表9 抖动传递函数模板参数

接口	频率 f_L (kHz)	频率 f_C (kHz)	频率 f_H (kHz)	抖动增益 P (dB)
STM-64 (A)	10	1 000	80 000	0.1
STM-64 (B)	待研究	待研究	待研究	待研究

6.3 10GE 光接口

6.3.1 10GE 光接口应用代码

10GE的应用代码10GBASE-X Y N的具体含义如下:

X表示所用的波长, 其中X有以下形式:

- S: 表示850nm短波系统(传输300 m);
- L: 表示1310nm长波系统(传输10 km);
- E: 表示1550nm扩展长波长系统(传输40 km)。

Y表示物理控制子层, 其中Y有以下形式:

- X: 表示8B/10B编码;
- R: 表示64B/66B编码;
- W: 表示可以使用SDH净负荷的64B/66B编码。

N表示波长数, 若N没有明确给出, 则表示单波长。

举例说明: 10GBASE-EW表示单波长、1550nm窗口并且和SDH广域网兼容的10GE; 10GBASE-SR表示单波长、850nm窗口、传输距离短的10GE。

6.3.2 光接口技术参数

按照IEEE 802.3ae的规定, 本标准规范了应用于10GE的XFP光模块在光发射端参考点TP2和光接收端参考点TP3的光接口技术参数指标要求。

10GE接口技术参数见表10。

表10 10GE 接口技术参数

应用代码	10GBASE-SW	10GBASE-SR	10GBASE-LW	10GBASE-LR	10GBASE-EW	10GBASE-ER
速率 (Gbit/s)	9.95328	10.3125	9.95328	10.3125	9.95328	10.3125
发射机中心波长 (nm)	840~860		1 260~1 355		1 530~1 565	
发射机反射容忍度 (最大) dB			12	12	21	
RMS谱宽 (nm)			待研究	不用	不用	
边模抑制比 (最小) (dB)			不用	30	30	
平均发送功率 (dBm)	最大	-1.0		0.5	4.0	
	最小	-7.3		-8.2	-4.7	
消光比 (最小) (dB)			3	3.5	3	
光调制幅度 (OMA) (最小) dBm			-11.1	-5.2	-1.7	
眼图模板定义{X1, X2, X3, Y1, Y2, Y3}	{0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40}符合6.3.4节规范					
发射机和色散的代价 (TDP) dB			3.9	3.2	3.0	
接收波长范围 (nm)			840~860	1 260~1 355	1 530~1 565	
接收机反射系数 (最大) (dB)			-12	-12	-26	
平均接收功率 (dBm)	最大	-1.0		0.5	-1.0	
	最小	-9.9		-14.4	-15.8	
接收机灵敏度 (OMA表示) (最大) (dBm)			-11.1	-12.6	-14.1	
强化的接收机灵敏度 (OMA表示) (最大) dBm			-7.5	-10.3	-11.3	

注: OMA (optical modulation amplitude), 简称光调幅, 表示逻辑1功率与逻辑0功率之差, 单位mW或dBm

10GE的消光比远小于SDH STM-64的消光比, STM-64消光比最小值一般是6/8.2/9 dB, 而10GE要求最小消光比为3/3.5 dB。如果XFP光模块应用于10GE和STM-64, 则应该满足更严格的接口规范标准。此外, 10GE的接口规范增加了强化接收灵敏度、光调幅、发射机和色散的代价等参数。

6.3.3 传输距离

10GBASE-S系列的传输距离与多模光纤的类型有关, 见表11。

表11 10GBASE-S 目标传输距离

光纤类型	模式带宽 (@850 nm) (MHz.km)	目标传输距离 (m)
A1b (62.5μm 多模光纤)	160	2~26
	200	2~33
A1a (50μm 多模光纤)	400	2~66
	500	2~82
	2 000	2~300

10GBASE-L系列和10GBASE-E系列采用单模标准光纤, 传输距离见表12。

表12 10GBASE-L和10GBASE-E 目标传输距离

PMD类型	波长 (nm)	目标传输距离 (m)
10GBASE-L	1 310	2~10 000
10GBASE-E	1 550	2~30 000
		2~40 000

6.3.4 眼图

10GE眼图模板形状与STM-64眼图模板形状不一样。模板形状 $\{X1, X2, X3, Y1, Y2, Y3\}$ 定义为 $\{0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40\}$ 。与前面的SDH STM-64眼图比较, 10GE眼图可以容忍较大的过冲, 较慢的上升/下降时间。10GE眼图模板如图7所示。

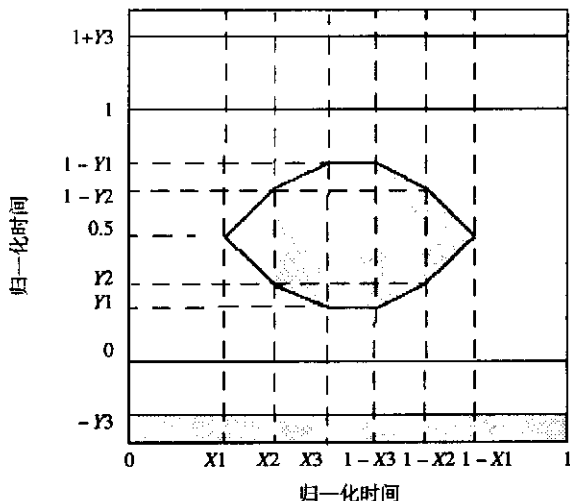


图7 10GE 眼图模板

6.3.5 抖动

10GE业务无抖动传递函数规范。按照IEEE 802.3ae, 输入抖动容限模板如图8所示。

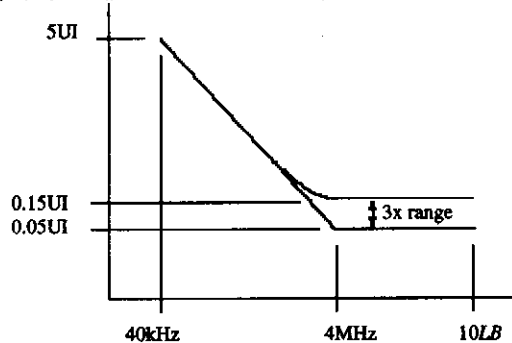


图8 正弦波抖动输入容限模板

输入抖动容限模板参数见表13。

表13 正弦抖动输入容限模板参数

频率范围	正弦抖动 (峰峰值) UI
$f < 40\text{kHz}$	不用
$40\text{kHz} < f < 4\text{MHz}$	$2 \times 10^5 / f + S - 0.05$
$4\text{MHz} < f < 10\text{LB}$	$0.05 < S^{(a)} < 0.15$

^(a) S与测试时校准有关, 具体可参见 IEEE 802.3ae 条款 52.8

6.4 10GFC 光接口

10GFC 的应用代码 1200-X-Y-Z 的含义如下面加以说明。

(1) X 表示光纤:

——SM: 表示单模光纤;

——MX: 表示多模光纤 (M5 表示 50 μ m 多模光纤, M5E 表示较高模式带宽的 50 μ m 多模光纤, M6 表示 62.5 μ m 多模光纤)。

(2) Y 表示激光器:

——SN: 表示串行短波长激光器 (850nm);

——LL: 表示串行长波长激光器 (1310nm)。

(3) Z 表示距离:

——L: 表示长距 (Long Distance);

——I: 表示中等距离 (Intermediate Distance)。

举例说明: 1200-MX-SN-I 表示采用多模光纤, 850nm 激光器, 中等传输距离 (300m) 的 10GFC 应用代码, 1200-SM-LL-L 表示采用单模光纤, 1310nm 激光器, 长传输距离 (10km) 的 10GFC 应用代码。

按T11 Project 1413-D (2003), 10GFC光接口可参见10GE的PMD光接口规范。具体是1200-MX-SN-I 对应10GBASE-SR; 1200-SM-LL-L对应10GBASE-LR。

7 电接口主要技术参数

7.1 XFI 接口

10Gbit/s 串行电接口 XFI 能支持 9.95Gbit/s ~ 11.09Gbit/s 的业务数据, 具体见表 14。

表14 XFI 支持的数据速率

标准	描述	速率 (Gbit/s)
STM-64	SDH	9.95
IEEE std-802.3ae	10GE (WAN)	9.95
	10GE (LAN)	10.31
T11 Project 1413-D	10GFC	10.52
OTU2 (ITU-T G.709)	STM-64 FEC	10.71
待定	10GE FEC	11.09

单板提供模块参考时钟用作时钟数据恢复。XFP MSA 定义了两种参考时钟模式: 缺省模式和可选模式。缺省模式采用异步参考时钟; 可选模式采用同步参考时钟。

默认模式: 单板提供模块异步参考时钟REFCLK (差分), 频率为信号码速率的1/64, 允许的漂移容限为 ± 100 ppm。时钟规范见表15。

表15 异步参考时钟规范

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
时钟差分输入阻抗	Z_d		80	100	120	Ω
差分输入时钟幅度 (p-p)		AC耦合, PECL逻辑	640		1 600	mV
参考时钟占空比			40		60	%
输出时钟的上升/下降时间	t_r/t_f	20%~80%	200		1 250	ps
参考时钟频率	f_0			信号码速率/64		MHz
参考时钟频率容限	Δf		- 100		100	ppm
均方根随机抖动	σ	<100MHz			10	ps

注: 参考时钟频率不固定, 可漂移 Δf

可选模式: 单板也可以 (可选) 提供同步参考时钟 REFCLK (差分), 时钟频率精确等于信号码速率的 1/64。时钟规范见表 16。

表16 可选的同步参考时钟规范

参 数	符 号	条 件	最 小 值	典 型 值	最 大 值	单 位
时钟差分输入阻抗	Z_d		80	100	120	Ω
差分输入时钟幅度 (p-p)		AC耦合, PECL逻辑	640		1 600	mV
参考时钟占空比			40		60	%
输出时钟的上升/下降时间	t_r/t_f	20%~80%	200		1 250	ps
参考时钟频率	f_0			信号码速率/64		MHz
CMU参考时钟倾斜失真	TD		- 10		10	UI
单边带相位噪声		@1 kHz			- 85	dBc/Hz
		@10 kHz			- 108	
		@100 kHz			- 128	
		@1MHz			- 138	
		@10MHz			- 138	

注：参考时钟频率固定，等于码速率的1/64

为降低功耗和电磁干扰, XFI 采用峰峰 500mV 的差分信号。XFI 发射机和接收机均是 AC 耦合。XFI 的驱动、传输线、接收机的差分参考阻抗为 100 Ω , 共模参考阻抗为 25 Ω 。模块处的 B 点 (发射部分) 见附录 A 表 A.1; C 点 (接收部分) 的 XFI 接口的电特性规范见附录 A 表 A.2; 串行器/解串行器处 A、D 点 XFI 接口以及单板处 B、C 点 XFI 接口的电特性规范可参见 XFP MSA 组织的 INF-8077i。

7.2 低速电信号

低速电信号为 LVTTTL 电平, 上拉到 VCC3, 包括控制信号、告警信号: Mod_NR、Mod_DeSel、Interrupt、TX_Dis、Mod_ABS、RX_LOS、P_Down/RST。

Mod_NR 即 Module Not Ready, 模块未准备好。输出高电平表示发射机或者接收机数据不正确, 如发送数据失锁、接收数据失锁、发射机的激光器故障。

Mod_DeSel 即 Module De-select, 模块释放总线。输入低电平时进行 I²C 串行通讯, 输入高电平时模块释放 I²C 总线。

Interrupt 输出低电平表示中断, 模块可能操作故障。

TX_Dis 即 TX Disable。输入高电平表示关断激光器。

MOD_ABS 即 Module Absent。输出高电平表示模块物理上不存在。

RX_LOS 输出高电平表示信号丢失, 光功率过小。

P_Down/RST 高电平时表示 Power Down 功能, 限制模块处于低功耗模式, 功耗小于 1.5W。下降沿表示 RST 功能, 复位。

低速电信号规范见附录 B, XFP 光模块的 I²C 接口协议和管理接口见附录 C、附录 D。

7.3 推荐工作条件和极限参数条件

XFP 光模块极限参数条件见表 17。

表17 XFP 光模块极限参数条件

参 数	单 位	最小值	最大值
存贮温度	℃	- 40	+85
环境湿度	%	5	95
插模块力	N		40
拔模块力	N		30
模块保持力	N	90	
模块插拔次数	次数	50	

XFP光模块推荐工作条件见表18。

表18 XFP 光模块推荐工作条件

参 数	单 位	最小值	最大值
+5V电源电压	V	+4.75	+5.25
+3.3V电源电压	V	+3.135	+3.465
+1.8V电源电压	V	+1.71	+1.89
- 5.2V电源电压	V	- 4.94	- 5.46
环境温度	℃	0	+55

8 机械配合尺寸和引脚定义

8.1 机械配合尺寸

XFP光模块机械元件如图9所示。其中模块、夹具、连接器的尺寸大小是固定的，挡板、模块罩、电磁接口垫和热沉尺寸可根据要求设计调整。模块套在模块罩里面，热沉通过热沉夹具固定在模块罩上进行散热。模块的光接口采用小型化光纤连接器LC。

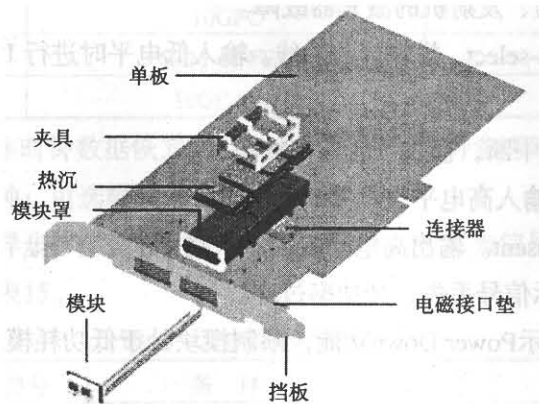


图9 机械元件图

XFP光模块长为 $(71.1 + 6.9 \pm 0.15)$ mm，宽为 (18.35 ± 0.1) mm，高为 (8.5 ± 0.1) mm，详细的机械尺寸如图10所示、模块的电连接器的尺寸如图11所示。

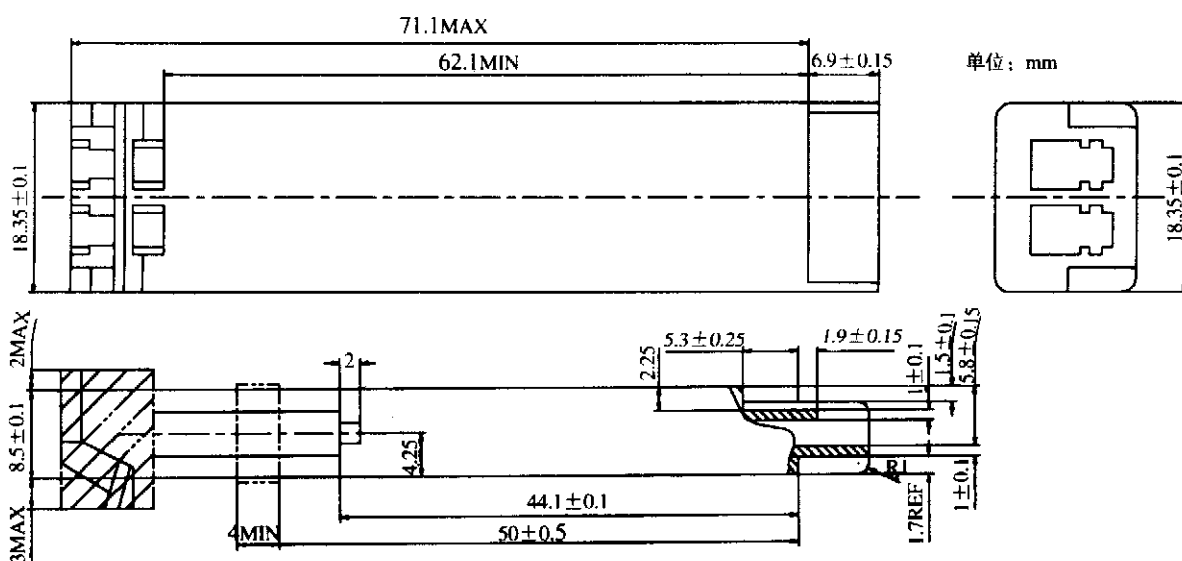


图10 XFP 光模块机械尺寸

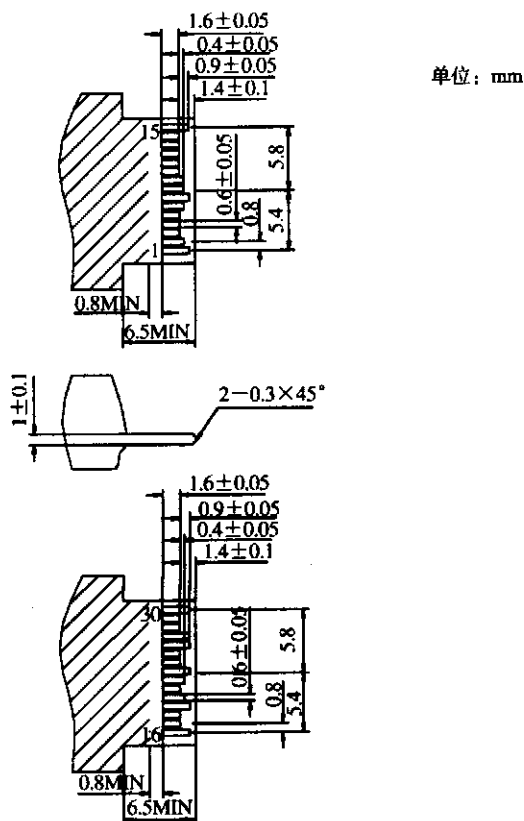


图11 XFP 光模块电连接器机械尺寸

其他部件如模块罩、热沉、热沉夹具的机械尺寸可以参见XFP MSA组织最新的INF-8077i。

8.2 电连接器引脚定义

根据XFP MSA组织的INF-8077i，XFP光模块的电连接器如图12所示。

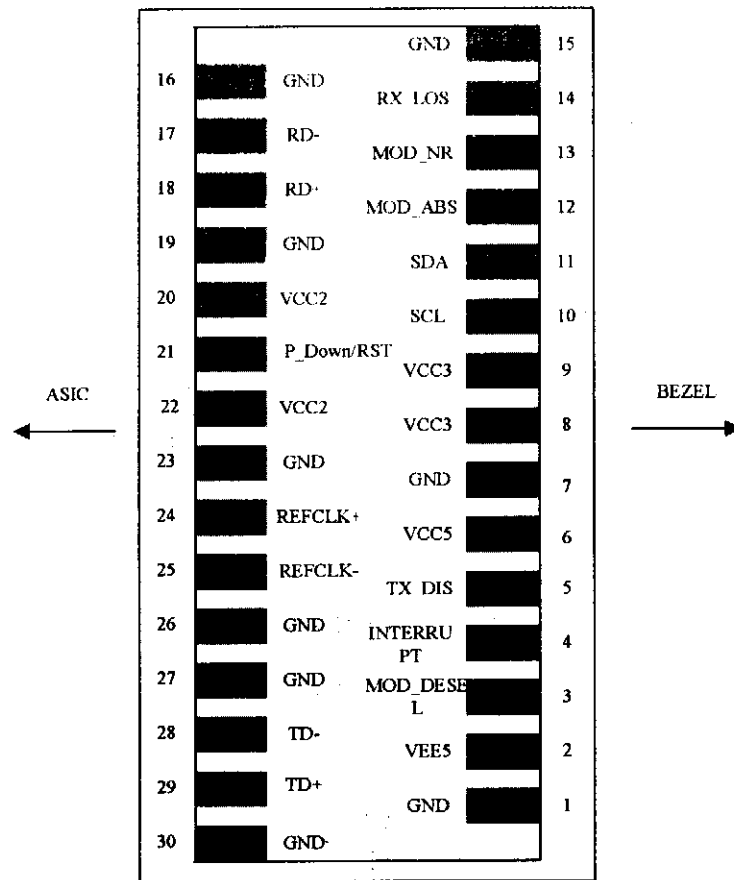


图12 单板上 XFP 光模块电连接器

引脚具体功能定义见表19。

表19 电连接器引脚功能

引脚号	逻辑	引脚符号	功能描述	备注
1		GND	模块地	1
2		VEE5	-5.2 V电源 (可选)	
3	LVTTTL-I	Mod_DeSel	模块释放总线, 高电平释放总线, 低电平进行I ² C通信。	4
4	LVTTTL-O	Interrupt	中断, 低电平有效	2
5	LVTTTL-I	Tx-DIS	Tx Disable, 激光器关断, 高电平有效	4
6		V _{CC5}	+5 V电源	
7		GND	模块地	1
8		V _{CC3}	+3.3 V电源	
9		V _{CC3}	+3.3 V电源	
10	LVTTTL-I/O	SCL	I ² C时钟	2
11	LVTTTL-I/O	SDA	I ² C数据	2
12	LVTTTL-O	Mod-Abs	Absent, 模块不在位, 高电平有效	2
13	LVTTTL-O	Mod-NR	Not Ready, 模块未准备好, 高电平有效	2
14	LVTTTL-O	RX-LOS	输入信号丢失, 高电平有效	2
15		GND	模块地	1
16		GND	模块地	1

表 19 (续)

引脚号	逻辑	引脚符号	功能描述	备注
17	CML-O	RD-	接收数据反相输出	
18	CML-O	RD+	接收数据正相输出	
19		GND	模块地	1
20		V _{CC2}	+1.8 V电源	3
21	LVTTTL-I	P_Down/RST	Power Down: 高电平要求模块限制功耗 (<1.5 瓦) Reset: 下降沿表复位	4
22		V _{CC2}	+1.8 V电源	3
23		GND	模块地	1
24	PECL-I	RefCLK+	参考时钟正相输入	
25	PECL-I	RefCLK-	参考时钟反相输入	
26		GND	模块地	1
27		GND	模块地	1
28	CML-I	TD-	发送数据反相输入	
29	CML-I	TD+	发送数据正相输入	
30		GND	模块地	1

注: (1) 模块地 (工作地) 和模块外壳地隔离开来;
(2) 用4.7 ~ 10 kΩ电阻上拉到单板上+3.15 V ~ +3.45 V;
(3) V_{CC2}通过VPS控制可小于+1.8 V;
(4) 用4.7 ~ 10 kΩ电阻上拉到模块内+3.15 V ~ +3.45 V

9 测量方法

9.1 光发射波长、平均发送光功率、消光比、眼图、边模抑制比、光谱宽度测量

9.1.1 测量配置

光发射波长、平均发送光功率、消光比、眼图、边模抑制比、光谱宽度的测量配置如图13所示。

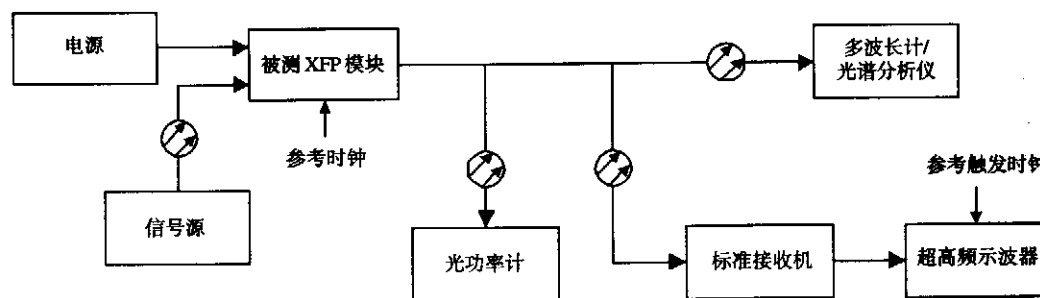


图13 光发射波长、平均发送光功率、消光比、眼图、边模抑制比、光谱宽度的测量配置

9.1.2 测量条件和测量步骤

参见 YD/T 1199.2-2002、YD/T 1111.2-2001。

9.2 接收机过载光功率和接收灵敏度测量

9.2.1 测量配置

适用于 STM-64 过载光功率和接收灵敏度的测量，其他业务速率下的过载光功率和接收灵敏度可参照执行。

接收机过载光功率和接收灵敏度的测量配置如图14所示。

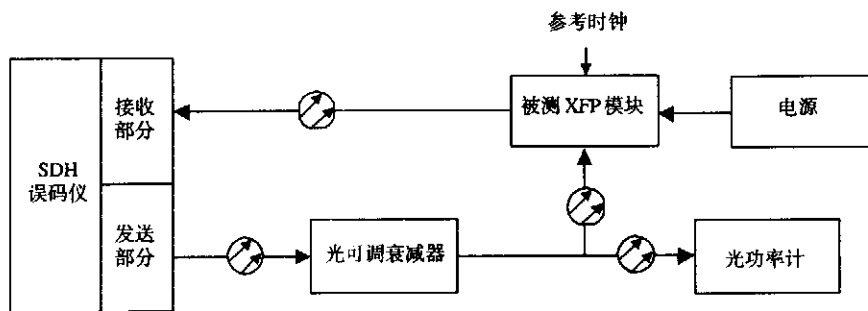


图14 接收机过载光功率和接收灵敏度测量配置

9.2.2 测量条件和测量步骤

参见 YD/T 1199.2-2002、YD/T 1111.1-2001。

9.3 接收机反射系数测量

9.3.1 测量配置

接收机反射系数测量配置如图15所示。

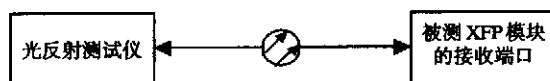


图15 接收机反射系数测量配置

9.3.2 测量条件

- (a) 检查被测模块的工作条件；
- (b) 检查光反射测试仪的测量精度；
- (c) 注意采取静电防护措施。

9.3.3 测量步骤

- (a) 按图正确连接测量配置；
- (b) 设置反射系数测试仪的合适的发射波长（例如 850nm、1 310nm、1 550nm），测量此时的光反射系数并记录。

9.4 抖动测量

9.4.1 测量配置

抖动测量包括输出抖动、输入抖动容限、抖动传递函数三项。

抖动测量仅针对具有 3R 功能、应用于 SDH 的 XFP 光模块。下面描述了 STM-64 的抖动测量，其余速率下抖动测量方法待研究。

抖动特性测量配置如图16所示。

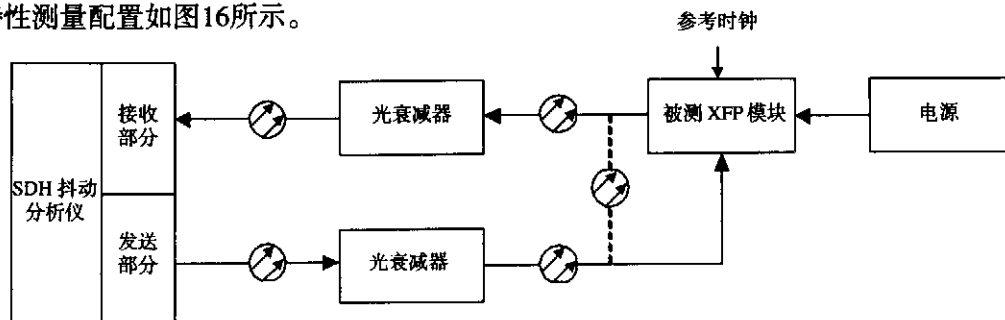


图16 抖动特性测量配置

9.4.2 测量条件

- (a) 检查被测模块的工作条件；
- (b) 注意采取静电防护措施。

9.4.3 测量步骤

- (a) 按图所示正确连接测量配置；
- (b) 具有抖动测量功能的 SDH 分析仪输出 STM-64 信号，检查 SDH 分析仪、被测模块各点光功率是否合适，保证测量系统正常工作；
- (c) 测输出抖动时，进入仪表的输出抖动测量状态，选择规范要求的测量滤波器，测量无输入抖动时的输出抖动值，测量时间不小于 60s，记录不同测量滤波器下的输出抖动值，判断是否合格；
- (d) 测输入抖动容限时，进入仪表的输入抖动容限测量状态，选择合适的输入抖动容限模板，测量、记录输入抖动容限幅度曲线，判断是否满足模板要求；
- (e) 测抖动传递函数时，进入仪表的抖动传递函数测量状态，选择合适的抖动传递函数模板，先连接图中虚线进行仪表校准，然后如实线所示测量，记录抖动传递函数曲线，判断是否满足模板要求。

9.5 其他测量

10GE 业务的某些指标，如强化 (stressed) 的接收机灵敏度、发射机和色散的代价 (TDP) 的测量参见 IEEE 802.3ac 条款 52.9 相应部分。

10 可靠性试验

10.1 可靠性试验分类

可靠性试验项目分为：

- (a) 机械完整性试验；
- (b) 耐久性试验；
- (c) 特殊试验；
- (d) 电磁兼容试验。

10.2 机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验

10.2.1 机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验条件

机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验条件见表 20。

表 20 XFP 光模块机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验条件

试验类别	试验项目	依据标准	试验条件	抽样方案		
				LTPD ^(a)	SS ^(b)	C ^(c)
机械完整性	机械冲击	MIL-STD-883E-2002.4	条件 B，对具有 TEC 的光发射模块为 500g，1.0ms，5 次/轴向	20	11	0
	变频振动	MIL-STD-883E-2007.3	条件 A：20g，振动频率 20~2 000Hz 之间变化，4 分钟/周期，在 X、Y、Z 三个方向各进行 4 次循环	20	11	0
	插拔重复性	YD/T 1272.1-2003	10 次	20	11	0
	插拔耐久性		50 次	20	11	0

表 20 (续)

试验类别	试验项目	依据标准	试验条件	抽样方案		
				LTPD ^{a)}	SS ^{b)}	C ^{c)}
耐久性	恒定湿热	Telcordia GR-468-CORE	40℃, 95%RH, 1 344h; 或85℃, 85%RH, 2 000h; (暂定)	20	11	0
	高温寿命	Telcordia GR-468-CORE	65℃, 额定光功率或工作电压, 时间≥2 000h	20	11	0
	温度循环	Telcordia GR-468-CORE	-40℃~85℃, 100次(不加电)	20	11	0
	低温存储	Telcordia GR-468-CORE	-20℃, ≥2 000h	20	11	0
特殊试验	ESD防护	Telcordia GR-468-CORE	XFI连接器, 人体模型, 承受500V; 除XFI外的其他连接器, 人体模型, 承受2 kV; 模块壳, 接触放电8 kV, 空气放电15 kV	—	6	—
^{a)} LPTTA=批允许不合格率; ^{b)} SS=最小可接受的样品数; ^{c)} C=与SS相应的可接受失效数						

10.2.2 机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验方法

XFP 光模块的机械完整性试验方法按 MIL-STD-883E 标准中相关方法进行。

XFP 光模块的耐久性试验、特殊试验方法按 Telcordia GR-468-CORE 标准中相关方法进行。

10.2.3 机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验的失效判据

机械完整性、耐久性试验和特殊试验的各项试验完成后, 在相同测试条件下, 出现以下任意一种情况, 即判定不合格:

(a) 光模块不能正常工作;

(b) 光模块的光接口或电接口指标不能满足技术要求, 或光功率变化超过 1dB (暂定), 或灵敏度变化超过 2dB (暂定);

(c) 器件或外壳封装破裂或有裂纹、器件有错位。

10.3 电磁兼容试验

10.3.1 电磁兼容试验分类

XFP 光模块的电磁兼容试验分为射频电磁场辐射抗扰度试验和射频电磁场辐射发射试验。

10.3.2 射频电磁场辐射抗扰度试验条件和方法

XFP 光模块的射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3-1998 试验等级 2 的要求。其试验频率、电场强度和幅度调制见表 21。

表21 射频电磁场辐射抗扰度试验强度

频率范围80-1000MHz	
试验场强	幅度调制
3V/m	80%幅度调制(1kHz正弦波)

XFP 光模块的射频电磁场辐射抗扰度的试验判据: 在每次独立的被作用期间, 比特误码数为零。

10.3.3 射频电磁场辐射发射试验条件和方法

XFP 光模块的射频电磁场发射应符合 GB 9254-1998A 级信息技术设备要求, 见表 22。

表22 A级信息技术设备在10m测量距离处的辐射发射限值

频率范围 MHz	准峰值限制 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)
30-230	40
230-1 000	47

注：(1) 在过渡频率处 (230 MHz)，应采取较低的限制；
(2) 当出现环境干扰时，可以采取附加措施

XFP 光模块的射频电磁场辐射发射的试验方法按 GB 9254-1998 进行。

11 静电放电防护要求和三防

XFP 光模块需要用到激光器、探测器和集成电路块。这些光电子、微电子器件是静电敏感器件。在安装、传递和包装时，都要采取静电放电防护措施，如采用防静电工作台、工作板和防静电包装盒，穿戴防静电工作衣鞋和防静电工作腕带等，并经常检验工作台、设备仪表接地情况。

三防是防潮、防盐雾和防霉菌，一般原则如下：

- (a) 合理选择金属材料，选用在大气条件下化学性能稳定的材料，如不锈钢；
- (b) 注意不同金属之间的电位差，控制在一定的范围内；
- (c) 涂覆耐腐蚀覆盖层；
- (d) 避免不合理的结构设计，消除点焊、铆接、螺纹紧固处的缝隙腐蚀。

12 产品检验

XFP 光模块产品检验分为出厂常规检验、抽样检验和型式检验。

12.1 出厂常规检验

所有 XFP 光模块产品都应进行常规检验，检验内容如下：

12.1.1 光电指标测量

XFP 光模块在额定工作条件下工作，其测量指标应符合本标准“光接口技术指标要求”。

12.1.2 高温老化

在最大额定工作环境温度下，XFP 光模块的老化时间至少应为 24h。

12.2 抽样检验

抽样检验方法按 GB/T 2829-2002 进行。

12.2.1 外观检查

目测检查 XFP 光模块产品的外观。

失效判据：产品表面有明显划痕、污点、产品标识不清晰或产品标识不牢靠。

12.2.2 光电指标测量

XFP 光模块在额定工作条件下，测量光接口或电接口指标，其测量结果应符合要求。

12.3 型式检验

12.3.1 检验时机

XFP 光模块有下列情况之一时，应进行型式检验，型式检验的时机为：

- (a) 产品定型时；
- (b) 正式生产后，如结构、材料、工艺，有较大改变；
- (c) 产品长期停产后，恢复生产时；

- (d) 出厂检验结果与鉴定时的型式检验有较大差别时；
 - (e) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。
- 经受了型式检验的样品，一律不能作为合格品交付使用。
型式检验的抽样方案与可靠性实验要求的抽样方案相同。

12.3.2 失效判据

型式检验的各项试验完成后，在相同的测量条件下，出现以下任何一种情况，即判定该批不合格：

- (a) XFP 光模块不能正常工作；
- (b) XFP 光模块的光接口或电接口技术指标不满足技术要求；
- (c) 器件或外壳封装有裂缝或者裂纹、器件有错位。

对不影响抽样和试验结果的条件下，一组样品可用于其他分组的检验和试验。

13 产品管理

包括产品说明书、产品标识、包装、贮存、交付。

13.1 产品说明书

产品说明书是使用的依据。它应包括以下主要内容：

- (a) XFP 光模块的名称、型号；
- (b) XFP 光模块工作原理简介，主要技术指标；
- (c) 正常工作条件和极限工作条件；
- (d) 安装尺寸和引脚功能；
- (e) 使用注意事项。对安全性问题加醒目标识。

13.2 产品标识

由于产品质量保证要求和可追溯性要求，在产品上或产品包装盒上必须贴有产品标识。其标识内容主要有：

- (a) XFP 光模块生产制造厂商；
- (b) XFP 光模块型号；
- (c) 生产序号、生产日期和质量检验员号；
- (d) 光发送器件安全性醒目标识；
- (e) 企业产品执行标准。

13.3 包装

产品包装应满足如下基本要求：

- (a) 符合中华人民共和国产品法基本要求，包装盒内应有产品说明书和产品标识；包装盒表面上应有产品名称、生产厂商、出厂日期等字样；防震防压要求；
- (b) 对光电模块，应采取防静电措施；
- (c) 应有明显的防静电标识和激光器辐射等级标识。

13.4 贮存

XFP 光模块应贮存于通风干燥（相对湿度小于 80%），洁净和温度适宜（0℃~40℃）的环境中。

13.5 交付

XFP 光模块产品在交付过程中，应考虑运输的产品安全。
在拆封前应检查包装表面损伤情况。

附录 A
(资料性附录)
XFI 接口规范

图A.1给出了XFI参考点。

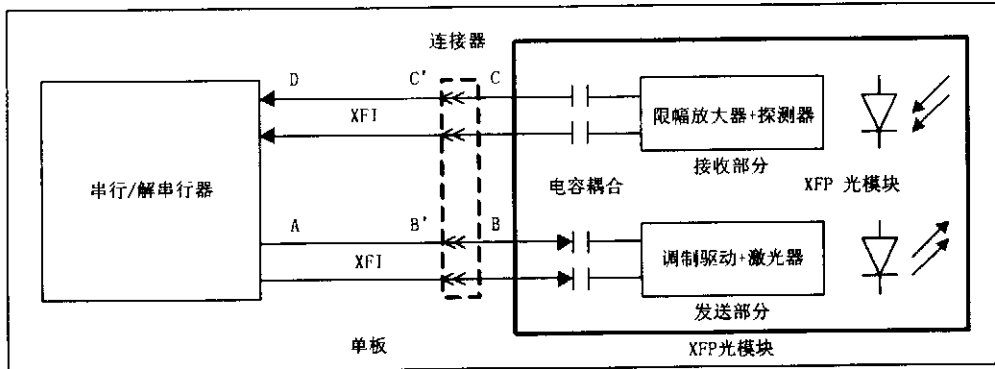


图 A.1 XFI 参考点

表 A.1 B'点 XFI 发射部分的输入电特性

参数@B'	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
参考差分输入阻抗	Z_d			100		Ω
终结失配	ΔZ_M				+5	%
源对热沉直流电位差	V_{CM}		0		+3.6	V
输入交流共模电压	V_{AC}				+25	mV (RMS)
总抖动	TJ				0.61	UI (p-p)
非 DDJ 抖动					0.41	UI (p-p)
输入差分回损	$SDD11$	0.05~0.1GHz	20			dB
		0.1~5.5GHz	8			dB
		5.5~12GHz	$8 - 20.66lg(f/5.5)$ f 的单位为 GHz			dB
输入共模回损	$SCC11$	0.1~15 GHz	3			dB
差分共模转换	$SCD11$	0.1~15 GHz	10			dB

注：DDJ 抖动即数据相关抖动 data dependent jitter

表 A.2 C'点 XFI 接收部分的输出电特性

参数@C'	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
参考差分输入阻抗	Z_d			100		Ω
终结失配	ΔZ_M				+5	%
直流共模电位	V_{DC}		0		+3.6	V
输出交流共模电压	V_{AC}				+15	mV (RMS)
输出上升时间	TRH	20%~80%	24			ps
输出下降时间	TFH	20%~80%	24			ps
总抖动	TJ				0.34	UI (p-p)
确定性抖动	DJ				0.18	UI (p-p)
输出差分回损	$SDD22$	0.05~0.1GHz	20			dB
		0.1~5.5GHz	8			dB
		5.5~12GHz	$8 - 20.66lg(f/5.5)$, f 的单位为 GHz			dB
输出共模回损	$SCC22$	0.1~15GHz	3			dB

附 录 B
(资料性附录)
低速电信号规范

低速电信号的规范见表 B.1。

表 B.1 低速电信号规范

参 数	符 号	最小值	最大值	单 位	条 件
XFP Interrupt, Mod_NR, RX_LOS	V_{OL}	0.0	0.40	V	上拉到 host_VCC, 在单板侧测量, $I_{OL}(\max) = 3\text{mA}$
	V_{OH}	host_VCC - 0.5	host_VCC + 0.3	V	上拉到 host_VCC, 在单板侧测量
XFP TX_Dis, P_Down/RST	V_{IL}	-0.3	0.8	V	上拉到 VCC3, 在模块侧测量。 $I_{IL}(\max) = -10\mu\text{A}$
	V_{IH}	2.0	VCC3 + 0.3	V	上拉到 VCC3, 在模块侧测量。 $I_{IH}(\max) = 10\mu\text{A}$
XFP SCL&SDA	V_{OL}	0.0	0.40	V	上拉到 host_VCC, 在单板侧测量, $I_{OL}(\max) = 3\text{mA}$
	V_{OH}	host_VCC - 0.5	host_VCC + 0.3	V	上拉到 host_VCC, 在单板侧测量
XFP SCL&SDA	V_{IL}	-0.3	VCC3 * 0.3	V	上拉到 host_VCC, 在模块侧测量。 $I_{IL}(\max) = -10\mu\text{A}$
	V_{IH}	VCC3 * 0.7	VCC3 + 0.5	V	上拉到 host_VCC, 在模块侧测量。 $I_{IH}(\max) = 10\mu\text{A}$
泄漏电流	I_l	-10	10	μA	
SDA/SCL 的 I/O 引脚电容	C_i		14	pF	10pF for XFP IC I/O pin, 4 pF for XFP PCB trace
SDA/SCL 总线的总电容	C_b		100	pF	At 400 kHz, 3.0 k Ω Rp, max At 100 kHz, 8.0 k Ω Rp, max
			400	pF	At 400 kHz, 0.80 k Ω Rp, max At 100 kHz, 2.0 k Ω Rp, max
注: V_{IL} 即 Low level input voltage; V_{IH} 即 High level input voltage; V_{OL} 即 Low level output voltage; V_{OH} 即 High level output voltage					

控制、监控信号时序规范见表 B.2。

表 B.2 控制、监控信号的时序规范

参 数	符 号	最小值	最大值	单 位	备 注
TX_DIS assert time	T_off		10	s	
TX_DIS Negate time	T_on		2	ms	
Time to initialize	T_init		300	ms	上电或热插拔初始化
Interrupt assert delay	Interrupt_on		200	ms	
Interrupt negate delay	Interrupt_off		500	s	
P_Down/RST delay	P_Down/RST_on		100	s	
Mod_NR assert delay	Mod_nr_on		1	ms	
Mod_NR negate delay	Mod_nr_off		1	ms	
P_Down reset time		10		s	
Rx_LOS assert delay	T_loss_on		100	s	LOS产生时间
Rx_LOS negate delay	T_loss_off		100	s	LOS消失时间

XFP MSA 组织的 INF-8077i 推荐的单板电源 VCC5、VCC3、VCC2、VEE5 的滤波电路如图 B.1 所示。对电源的噪声峰峰值要求见表 B.3。

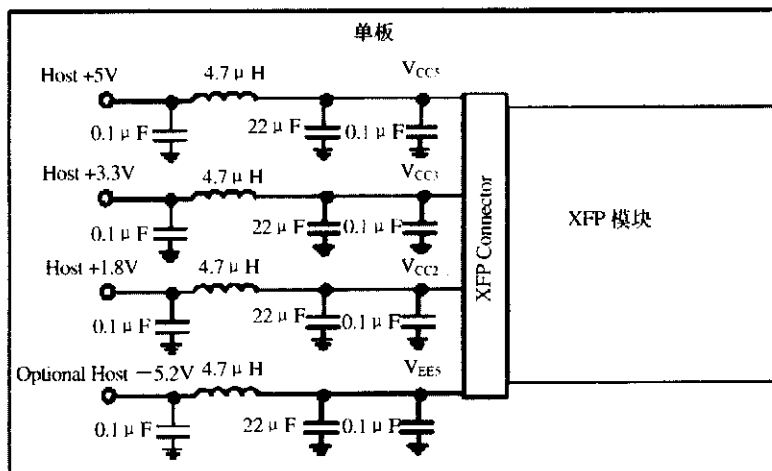


图 B.1 电源滤波

表 B.3 电源噪声要求

电源 V	0~1MHz (2%) mV	1~10 MHz (3%) mV
+5.0	100	150
+3.3	66	99
+1.8	36	54
-5.2	104	156

附录 C
(资料性附录)
I²C 接口协议

XFP 光模块的 I²C 协议的时序如图 C.1 所示。

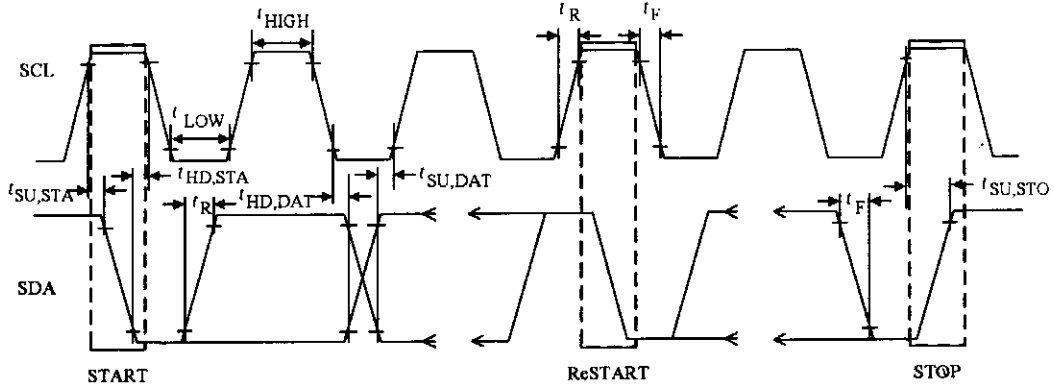


图 C.1 I²C 总线时序关系

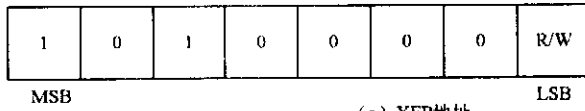
Host 为主，Module 为从（单板中的 CPU 称 Host，模块中的 CPU 称 Module）。模块地址为 0xA0h。START 的条件为 SCL 为高电平，SDA 由高到低；STOP 的条件为 SCL 为高电平，SDA 由低到高。发送器发送 8bit/s 后，发送器释放 SDA 总线 1bit/s 时间，接收器如将 SDA 拉低表示应答 ACK。

I²C 总线的电气特性规范见表 C.1。

表 C.1 I²C 时序规范

参数	符号	最小值	最大值	单位	条件
时钟频率	f_{SCL}	0	400	kHz	
时钟脉冲宽度 (Low)	t_{LOW}	1.3		μs	
时钟脉冲宽度 (High)	t_{HIGH}	0.6		μs	
总线空闲时间	t_{BUF}	1.3		μs	从 STOP 到 START 的时间
START 保持时间	t_{HD_STA}	0.6		μs	
START 建立时间	t_{SU_STA}	0.6		μs	
数据保持时间	t_{HD_DAT}	0		μs	
数据建立时间	t_{SU_DAT}	0.1		μs	
输入上升时间 (100kHz)	t_{R_100}		1000	ns	$(V_{IL_MAX}-0.15) \sim (V_{IH_MIN}+0.15)$
输入上升时间 (400kHz)	t_{R_400}		300	ns	$(V_{IL_MAX}-0.15) \sim (V_{IH_MIN}+0.15)$
输入下降时间 (100kHz)	t_{F_100}		300	ns	$(V_{IH_MIN}+0.15) \sim (V_{IL_MAX}-0.15)$
输入下降时间 (400kHz)	t_{F_400}		300	ns	$(V_{IH_MIN}+0.15) \sim (V_{IL_MAX}-0.15)$
STOP 建立时间	t_{Su_STO}	0.6		μs	
选择总线的建立时间	Host_select_setup	2		ms	
选择总线的保持时间	Host_select_hold	10		μs	
总线释放时间	Deselect_Abort	2		ms	单板宣布释放总线到模块正式释放总线之间的时间

XFP光模块地址为0xA0H, 最低位是读/写控制, 0为写, 1为读。读操作包括三种: CURRENT ADDRESS READ、RANDOM READ、SEQUENTIAL READ。写操作包括两种: BYTE WRITE和SEQUENTIAL WRITE。基本的读/写操作如图C.2所示。



(a) XFP地址



(b) 读操作



(c) 写操作

注：斜线表示主到从通信，空白表示从到主通信

图 C.2 I²C 总线接口读写基本操作

附录 D
(规范性附录)
管理接口

XFP 光模块利用 I²C 串行接口来管理 Serial ID、数字诊断功能、以及其他特定的控制功能。I²C 串行接口是所有 XFP 光模块必须具有的，应符合 XFP MSA 组织的 INF-8077i。数字诊断功能可以参考 SFF-8472 协议。

I²C 接口的地址空间分为低存储区 (Lower Memory) 和高存储区 (Upper Memory)。I²C 的地址分配见图 D.1，低存储区访问频繁，大小为 128byte，主要用做数字诊断和控制。高存储区访问次数较少，由 256 个 128byte 的存储区组成，通过低存储区的最后字节 (地址 127) 进行页选择。

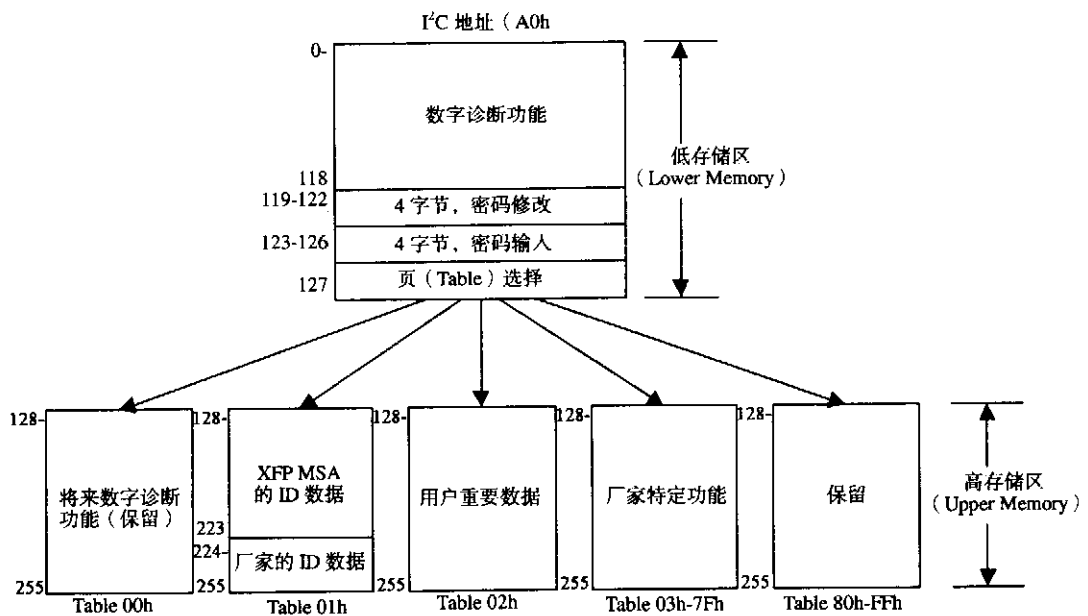


图 D.1 I²C 存储地址空间分配

低存储区共 128byte，包括控制、诊断功能和页 (table) 选择，具体分配见表 D.1，更详细的描述可参见 INF-8077i 相应部分。

表 D.1 低存储区地址分配

地址	描述	备注
0	标识符 (Identifier)	06h表XFP, 1byte
1	信号调节控制 (Signal Conditioner Control)	包括选择同步/异步参考时钟、业务速率、环回等控制
2~57	告警、警告标识门限设置 (Threshold Values used for Alarm and Warning Flags)	56byte
58~59	(可选) 可变电源 (V _{CC2}) 控制 (Optional VPS Control Registers)	2byte
60~69	保留 (Reserved)	10byte
70~71	误码率 (BER Reporting)	70期望误码率, 71实际误码率
72~75	波长控制寄存器 (Wavelength Control Registers)	4byte
76~79	FEC控制寄存器 (FEC control Registers)	76相位调整, 77幅度调整, 78、79保留。4byte

表D.1 (续)

地址	描述	备注
80~95	标识、中断控制 (Flags and Interrupt Control)	16byte
96~109	监测功能 (A/D readout)	14byte
110~111	基本控制和状态 (General Control/Status bits)	2byte
112~117	保留 (Reserved)	6byte
118	I ² C读写错误检查 (Serial Interface Read/Write Error Checking)	1byte
119~122	密码修改 (Password Change Entry Area (Optional))	4byte
123~126	密码输入 (Password Entry Area (optional))	4byte
127	访问upper memory时的页选择 (Page Select Byte)	

高存储区地址空间大小为 128×256byte=32 kbyte。具体分配见表 D.2。

表 D.2 高存储区地址分配

页	描述
Table 00h	保留给将来数字诊断功能用
Table 01h	XFP MSA以及厂商的ID数据
Table 02h	用户重要数据
Table 03h-7Fh	厂商规定的特定功能
Table 80h-FFh	保留

Table 01h 中 XFP MSA 和厂商特殊 ID 信息数据详见表 D.3, 更详细的规范可以参见 INF-8077i 和 SFF-8472 协议。

表 D.3 高存储区中关于 Serial ID 的数据 (Table 01h)

地址	大小byte	描述	备注
ID基本功能			
128	1	收发合一模块类型 (Identifier)	XFP为06H
129	1	收发合一模块扩展类型, (Ext. Identifier)	包括功耗等级, 是否具备CDR功能, 是否需要输入参考时钟
130	1	光连接器类型 (Connector)	LC为07H
131~138	8	收发合一模块的应用代码 (Transceiver)	包括应用SDH, 10GE, 10GFC时的代码
139	1	信号编码方式 (Encoding)	例如64B/66B, 8B/10B, SDH帧, RZ/NRZ等
140	1	最低速率 (BR-Min)	单位100Mbit/s
141	1	最高速率 (BR-Max)	单位100Mbit/s
142	1	标准单模光纤支持的传输距离, (Length (SMF) -km)	单位是km, 255表示距离超过254km, 0表示不适应于单模光纤传输
143	1	高模式带宽50μm多模光纤支持的传输距离, (Length (E-50μm))	单位是2m, 255表示距离超过508m, 0表示不适应于高模式带宽50μm多模光纤传输
ID基本功能			
144	1	50μm多模光纤支持的传输距离, (Length (50μm))	单位是1m, 255表示距离超过254m, 0表示不适应于50 μm多模光纤传输
145	1	62.5μm多模光纤支持的传输距离, (Length(62.5μm))	单位是1m, 255表示距离超过254m, 0表示不适应于62.5 μm多模光纤传输
146	1	铜线支持的传输距离 (Length (Copper))	单位是1m, 255表示距离超过254m, 0表示不适应于铜线传输

表D.3 (续)

地址	大小byte	描 述	备 注
ID基本功能			
147	1	器件技术 (Device Tech)	包括发射机的激光器类型, 接收机的探测器类型, 是否具备波长控制、致冷控制、波长可调等功能
148~163	16	厂商名称 (Vendor name)	ASCII编码
164	1	CDR支持的速率 (CDR Support)	不要求支持所有9.95 ~11.3Gbit/s之间所有速率, 以及XFI环回支持。
165~167	3	厂商的IEEE company ID (Vendor OUI)	ASCII编码
168~183	16	厂商提供的器件号 (Vendor PN)	ASCII编码
184~185	2	厂商提供的版本号 (Vendor rev)	ASCII编码
186~187	2	常温时激光器标称波长 (Wavelength)	
188~189	2	波长漂移容限 (Wavelength Tolerance)	
190	1	模块外壳最高温度 (Max Case Temp)	
191	1	校验码 (CC_BASE)	校验128~190的基本功能字节
ID扩展功能			
192~195	4	功耗及电流 (Power Supply)	模块的最大功耗及各种电源 (+1.8V、+3.3V、+5V、-5.2V) 的最大电流
196~211	16	厂商定义的XFP的序列号 (Vendor SN)	ASCII编码
212~219	8	日期 (Date code)	年月日, ASCII编码
220	1	数字诊断监测方式, (Diagnostic Monitoring Type)	XFP不考虑外部校准
221	1	增强型选择功能 (Enhanced Options)	
222	1	辅助监测 (Aux Monitoring)	
223	1	校验码 (CC_EXT)	校验192~222的扩展功能字节
厂商ID特殊功能			
224~255	32	厂商特殊ID功能 (Vendor Specific)	

低存储区的监测功能包括基本监测功能和辅助监测功能。基本监测功能有4项: 模块温度、发送部分注入电流、发送部分输出功率、接收部分输入光功率电压; 详见表D.4。辅助监测功能共12项: APD偏置电压、TEC致冷电流、激光器温度、激光器中心波长、+5V电源的电压、+3.3V电源的电压、+1.8V电源的电压、-5.2V电源的电压、+5V电源的电流、+3.3V电源的电流、+1.8V电源的电流、-5.2V电源的电流。辅助监测功能在Upper Memory的Table 01h中自定义选择2项。

表D.4 基本监测功能

项 目	范 围	单 位	精 度
模块测量温度	-40~125	℃	±3℃
发送部分注入电流	0~131	mA	±10%
发送部分输出功率	-40~8.2	dBm	±2dB
接收部分输入光功率	-40~8.2	dBm	±2dB
电压	0~6.55	V	±3%

每个监测量的A/D值存在2byte里, 具体见表D.5。

表 D.5 监测量 A/D 具体值

地址	bit	描 述	备 注
96	All	Temperature MSB	模块温度测量值 大小: 16bit带符号整数 单位: 1/256℃
97	All	Temperature LSB	
98-99	All		保留
100	All	Tx Bias MSB	激光器偏置电流测量值 大小: 16bit无符号整数 (0~65 535) 单位: 2A 表达范围: 0~131mA
101	All	Tx Bias LSB	
102	All	Tx Power MSB	激光器输出光功率测量值 大小: 16bit无符号整数 (0~65 535) 单位: 0.1 W 表达范围: 0~6.5535mW (-40 ~ +8.2dBm)
103	All	Tx Power LSB	
104	All	Rx Power MSB	接收机输入光功率测量值 大小: 16bit无符号整数 (0~65 535) 单位: 0.1 W 表达范围: 0~6.5535mW (-40 ~ +8.2dBm)
105	All	Rx Power LSB	
106	All	AUX 1 MSB	
107	All	AUX 1 LSB	
108	All	AUX 2 MSB	
109	All	AUX 2 LSB	