

新型专网混合波分设备的设计

李跃华,李媛媛

(河南省电力公司,河南 郑州 450052)

摘要: 论述了 G.652 专网用“混合波分”通信设备的设计方案及其指导思想。该设计方案适合于专业通信网的特点,能够满足专业通信网和电力通信的需要。

关键词: DWDM; CWDM; OADM; 混合波

中图分类号: TN802

文献标识码: B

Design of hybrid wavelength-division equipment for new private network

LI Yue Hua, LI Yuan Yuan

(Electric Power Of Henan, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: This paper presents a design scheme and guidelines of WDM communication equipment for G.652 private network. It focuses on the outline and discusses key items. The scheme is proved to be fit for private network and can meet the requirements of special communication network and electric power industry.

Key words: DWDM; CWDM; OADM; combined wave

现有技术的光波分设备有 2 种: 密集波分复用 (DWDM) 和稀疏波分复用 (CWDM)。它们各有优势: DWDM 通信容量大, 高达 60 Gb/s~120 Tb/s, 它适用于电信部门的长途干线和骨干网, 由于采用温调激光器, 其设备造价高; CWDM 通信容量相对较小, 适用于短距的城域网, 由于采用电调激光器, 设备造价低, 约是 DWDM 的 20%, 但不适于中上容量及中长距离的专网应用。

众所周知, 电信部门的通信网通信容量巨大, 一般采取专用光芯传送波分信号。而专用通信网却不同于电信网, 其通信容量需求不是特别大, 通信线路相对较短。而小容量的近距城域网等级又嫌不足。但却要求通信设备可靠性高、造价适中、功能齐全、光转接灵活、容量适中、中等以上传输距离。DWDM 及 CWDM 均难以满足通信专网的要求。

另外, 传统的波分设备不具备 2 M 分插交换, 需另加 OADM 设备, 不具备与原有 SDH 在线设备(1 310 nm 或 1 550 nm 波长)与波分设备的捆绑共芯传输, 不能保护原专网在用 SDH 设备的原有投资。

为此, 针对专网应用, 研究设计了一种混合波分设

备。该技术方案的思路如下:

(1) 采用特定技术将 2 种波分(稀疏波分 CWD 和密集波分 DWD)波长适当混合或排列组合及相关处理, 使之符合国际 ITU-T/G.694.2 和 G.695 标准后进行发送、接收, 使两波的优势互补, 提高收发设备性价比。实现了中容量、中距离扩容传输。

(2) 提取 DWD、并辅以直接光交叉切换或分插 (OADM), 实现光信号直通转接或 2 M 上下分插。

(3) 开孔预置 1 310 nm 和 1 550 nm 2 个无源窗口, 实现在 G.652 双窗口光纤上与旧 SDH 设备共芯无缝隙接入(双窗口开孔)。并可覆盖 O+E+S+C+L 波段, 有效利用通信光谱资源。

该科研项目以中低造价实现了中容量(20~60 Gb)、中距离(100 km 无中继, 500 km 无再生)的数据传输、光直接交换和本地 OADM 分插转接, 它支持 SDH、ATM、SONET、DDN、GPON、RPR、MPLS、MSTP 等多种业务, 并通过双窗口实现与原有 1 310 nm 及 1 550 nm SDH 光端设备的共纤芯捆绑传输, 以满足电力及其他专业通信网(石油、铁路等)的需要。

网络与通信

Network and Communication

该方案由 OTU、接口、MCU、OPMS、背板 PCB 等部分构成系统设计来实现。

1 OTU 方案设计

OTU 板完成光波长的转换, 向网管提供 OTU 相应的状态信息, 以 PC 的形式传送光模块 SFP 的信息, 监控工作电压、工作温度、收发光功率、偏置电流, 并打开和关断光口的光信号。

1.1 设计框架及原理概述

OTU 设计原理框图如图 1 所示。OTU 主要由 CWDM/DWDM 光收发模块、用户端收发模块、光传输时钟、数据恢复控制电路、网管接口电路、指示电路、开关设置控制电路及信息状态电路组成。

(1) CWDM/DWDM 端的光收发模块接收来自远端的光信号, 经 CWDM/DWDM 端的光收发模块转换为电信号, 经光传输时钟、数据恢复控制电路进行信号处理和同步时钟整形后, 将信号转送至用户端的光收发模块, 该用户端光收发模块将处理后的电信号转换成光信号送至用户端口。同样, 用户端传送过来的光信号以反方式转换, 将处理完善的光电信号发送至远端的 CWDM/DWDM 光模块。

(2) 信息状态电路通过 PC 总线的形式向网管提供 OTU 状态信息, 同时光传输检测电路和 MCU 结合通过相关接口电路向网管提供模块的相关工作状态及控制信号。

(3) 开关设置电路是对光传输控制电路进行相应的设置, 以控制相关器件及模块传输的工作状态。

(4) CWDM/DWDM 光收发模块、用户端的光收发模块、接口主信号、接收光检测信号 SD 等, 主要是作为检测信号提供给 OPM 作为光监控模块来监控光功率和光复用段的保护等。

(5) 网管接口电路与接口的主要信号是 16 位数据总线、读写信号总线、片选总线以及控制总线。主要是通过片选信号选通相应的通道, 通过 16 位数据总线读取相应的通道信息, 由控制信号控制 16 位数据总线进行设置通道的功能。

(6) 信息状态电路与接口是通过 PC 总线实现, 通过 PC 总线可以写入及读取模块信息, 同时 SFP 模块的光收发模块的单元可以读取 SFP 模块的接收光功率, 发送光功率、工作电压、工作温度及偏置电流。

(7) 指示电路指示相应模块及部分电路的工作状态。

1.2 设计波长范围

CWDM 波长范围: 1 310 nm~1 610 nm 选用 11 个波。

DWDM 波长范围: 1 528.77 nm~1 534.25 nm 选用 8 个波。

它们排列组合后 DWDM 的 8 个波长插入 CWDM, 1 530 nm 作混合波, 1 310 nm 和 1 550 nm 作为双窗口波, 系统总共是由 18 个波长组成。

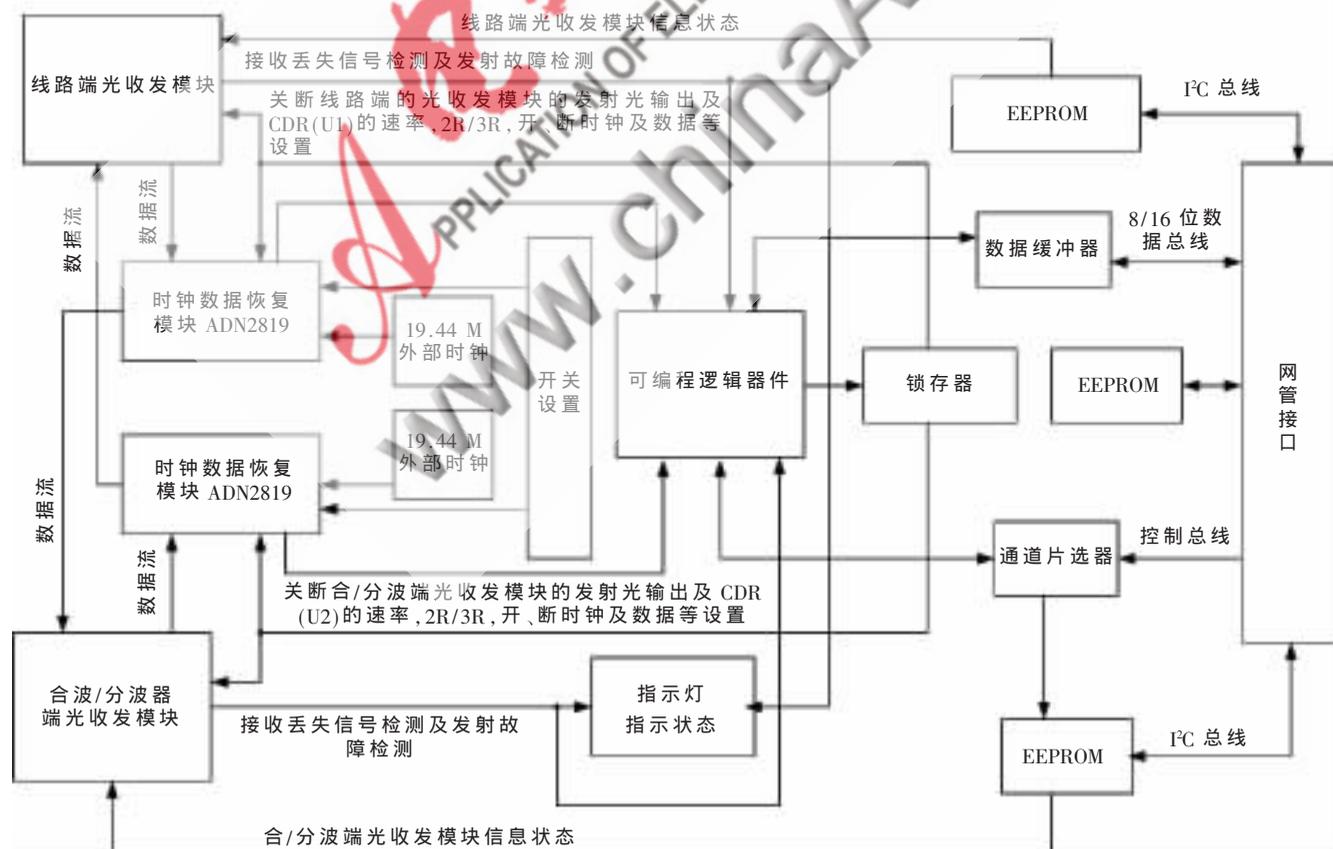


图 1 OTU 原理框图

网络与通信 Network and Communication

1.3 关键元器件选定

OTU 主要是整个系统的传输部分,所以选定元器件的原则是需要保证传输部分可靠、连续运行、长时稳定;高可靠光收发模块芯片、时钟芯片、数据恢复芯片。

OTU 模块采用的光模块主要考虑 2 种封装:

- (1)SFP 封装(小型可插拔的),主要考虑替换模块和使用操作都要方便,可以随时更换所需的波长及速率;
- (2)1×9 的固定式光收发模块,此类型模块应用较广,采购方便。

OTU 模块的时钟,数据恢复芯片选取美国的 ADI 公司的 CDR(ADN2819),此芯片主要的功能是将信号放大、处理、整形、再生,将信号进行再处理,以确保数据在传输过程的稳定性及可靠性。

1.4 接口要求

OTU 与背板的接口采用欧式的 96 针插座, OTU 采用公式插座,背板采用母式插座。接口部分采用 16 位数据信号线、网管信号线、片选信号线 PC 数据总线以及读写控制总线。

1.5 器件安全性设计

所采用的时钟数据恢复芯片 ADN2819 的典型低功耗值为 540 mW,减少了板上发热现象,保证了信号的传输稳定性。

在 OTU 板上,4 A 过载保险起到过载保护作用,确保在过载情况下保护板上的主要器件不受损坏。加上 2 kV 防雷电容,可以同时应对雷击问题。

1.6 OTU PCB 板设计指导思想

在 PCB 设计中,布线是完成产品设计的重要步骤,由于考虑 OTU 模块作为设备的主要传输部分模块,对可靠性、稳定性要求较高,同时 4 个光模块共板,加上 4 个时钟数据恢复芯片、网管电路及开关设置锁存电路等芯片较多,故而应特别重视 PCB 布线的高频特性。

布线规则可以预先设定,OTU 模块布线主要是微带线(差分信号)的布线设计,需先保证微带线的布局合理,保证高频信号的可靠、正常传输,因此,应优先考虑布微带线,之后再布其他信号线。

OTU 模块在设计过程中需考虑其安全性问题,因此 OTU 模块增加了防雷措施,同时考虑大面积铺地,也考虑在 PCB 模块的上下外边框加装金属地线导体条,将

干扰和静电导入机壳。

2 系统 OPMS 模块方案设计

2.1 性能指标

- 光功率监测范围: -30~+20 dBm;
- 光功率测量精度: 1 dB;
- 光保护倒换时间: <50 ms。

2.2 模块设计框架

模块框架如图 2 所示。

图 2 中 OPM 功能块部分原理如图 3 所示。

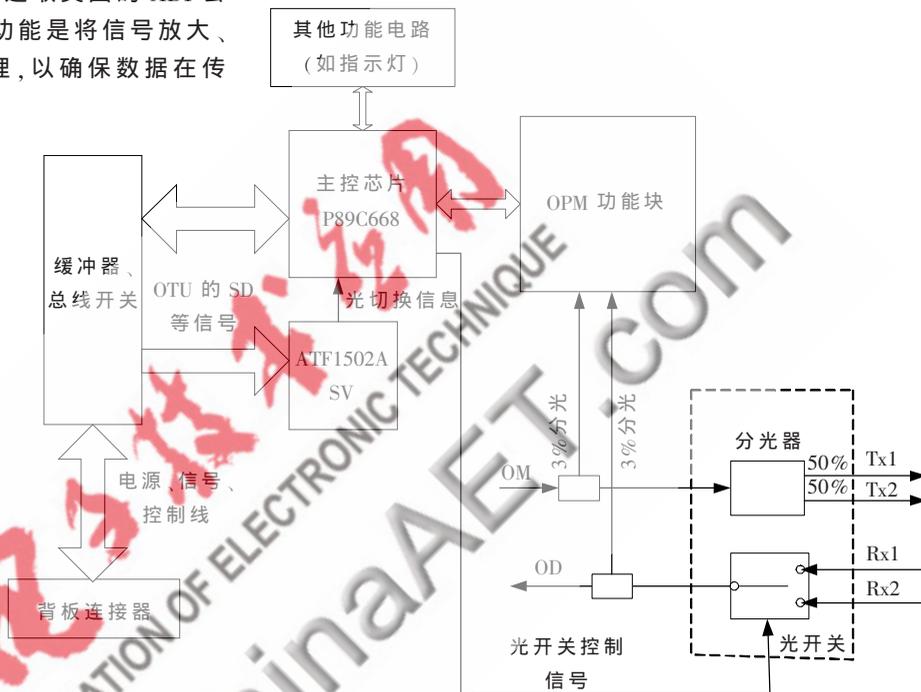


图 2 OPMS 模块框架图

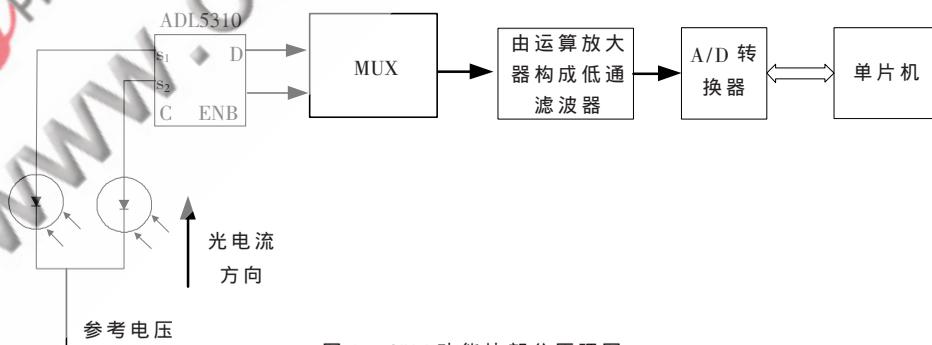


图 3 OPM 功能块部分原理图

2.3 新器件选用和认证

选用光电对数转换器芯片 ADL53102, 它有 2 个独立的光接口通道,可同时对 2 路光路测量。PIN 管的响应电流和输入光功率具有如图 4 所示特性: 光电流-光功率曲线近似线性关系,由此可以推断出 PIN 管输入光功率(单位 dBm)和对数放大器输出电压之间近似线性关

系。测试结果如图 5 所示,可以证明以上器件的转换关系可以采用。

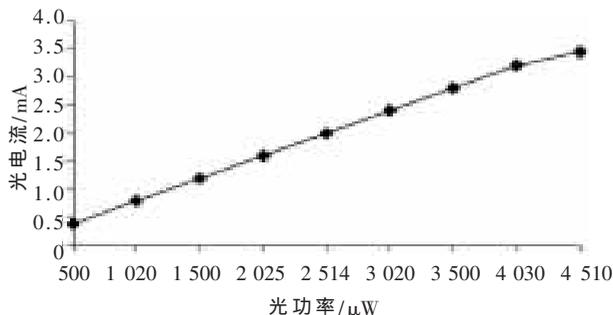


图 4 光功率-光电流曲线

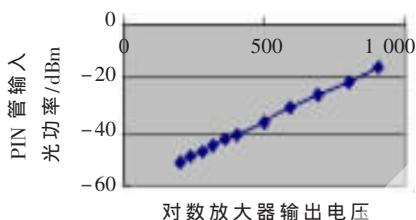


图 5 对数放大器输出电压/输入光功率曲线

利用光功率计测量输入到模块 PIN 管之光强,再测量对数放大器的输出电压,得到 1 张光功率/输出电压表。再根据这张表拟合出 1 条输出电压/光功率直线。当进行光功率测量时,每测量到 1 个对数放大器输出电压,则可利用已知直线计算出光功率来。

2.4 关键技术及其实现

(1)单片机控制。利用 P89C668 实现,内含 64 KB 程序存储器(Flash)、8 KB 数据存储器(RAM),支持 ISP 编程,控制程序采用 KEIL C51 编写,并采用 KEIL C51 的 RTXTINY51 实现多任务处理。

(2)光电流放大。利用 ADL5310 实现。

(3)A/D 转换。利用 MAX127 实现。

2.5 单元接口

(1)光电流/电压转换和放大:利用 ADL5310 构成。

(2)低通滤波:利用 TL082 构成低通 Butterworth 滤波器。

(3)A/D 转换:采用 12 位 AD 转换器芯片 MAX127,利用其 I²C 协议接口和 MCU 模拟的 I²C 接口通信。信号有 SDAMAX128 和 SCLMAX128。

(4)MCU(P89C668)控制及与网管卡的接口:利用 P89C668 本身的 I²C 接口的中断机制和网管卡通信,将采集到的光功率信息传递给网管卡,并接收网管卡发来的命令信息,控制光功率信息的采集。

2.6 PCB 及安全措施

PCB 板周围布 1 圈接大地线,螺丝孔也接大地。

3 MCU 硬件设计

模块原理框图如图 6 所示。

3.1 框图中单元之间主要信号关系

MPC850 对 Flash、SDRAM、NVRAM 送出片选信号和地址信号,开始是从 Flash 执行引导程序(经由数据总线),将写入 Flash 的操作系统以及应用程序加载到 SDRAM,引导程序随后将控制权交给系统入口程序,然后执行应用程序。

对于 I²C 总线上的器件,由于是处在一块板卡上,没有做片选的必要,对 2 个 EEPROM 和温度传感器的地址做编码即可。送出地址信号,选择唯一的 I²C 器件。

对 ATF1504 送出各个板卡的片选信号,同时通过数据控制芯片对指定板卡的数据信息进行读写。对各个板卡的读写可以通过 I²C 总线进行。

IP175A 的基本功能是各个端口的交换(对各个端口的初始配置已由前图给出)需要说明的是,在 AT89C2051 对 OSC 相关的 EEPROM 进行读写的时候,将屏蔽 MPC850 对这个 EEPROM 进行读写(在 AT89C2051 的输出端电路上实现)。

MPC850 与 IP175A 的联系,主要是 MPC850 通过网口与 IP175A 完成数据交换的功能。另外,MPC850 通过 ATF1504 的数据锁存部分完成对 IP175A 的工作状态的读取与写入控制。

3.2 接口要求及其信号定义

由于 MCU 与 OSC 处于同一块板卡上,所以 2 个模块之间的接口融为一体,并设置特别接口。而整个板卡的接口定义如下:

(1)数据线: D0~D15; bus_rev2~bus_rev15, 预留的信号线。

(2)片选线: CS0~CS12 网管通过地址线,再经过译码器,则可译出多个片选。CS_rev1、CS_rev2 为预留的片选。

(3)控制线: OE1、OE2、OE3、RD、WR、SWR。

(4)I²C 时钟/数据线: SCLK、SDAT。

(5)电源: ±12 V、+5 V, 每针可通过电流 1.5 A。

(6)电源状态检测信号: VCCA1(电源 1, 交流), VC-CD1(电源 1, 直流); VCCA2(电源 2, 交流), VCCD2(电源 2, 直流)。

(7)±12V 地 GND_C; 大地 S_GND; 信号地 GND。

3.3 关键硬件选择

本设计中关键元器件有门阵列、交换芯片。门阵列涉及到软件的应用,在保证稳定可靠的前提下,选用软件操作所熟悉的芯片,本设计选用为 ATF1504; 交换芯片在市面上已经成熟,可根据功能需要选用合适价位的芯片,本设计选型为 IP175A。

3.4 模块安全性设计

对 TP port 的输出,考虑了防雷的措施。对于电源的

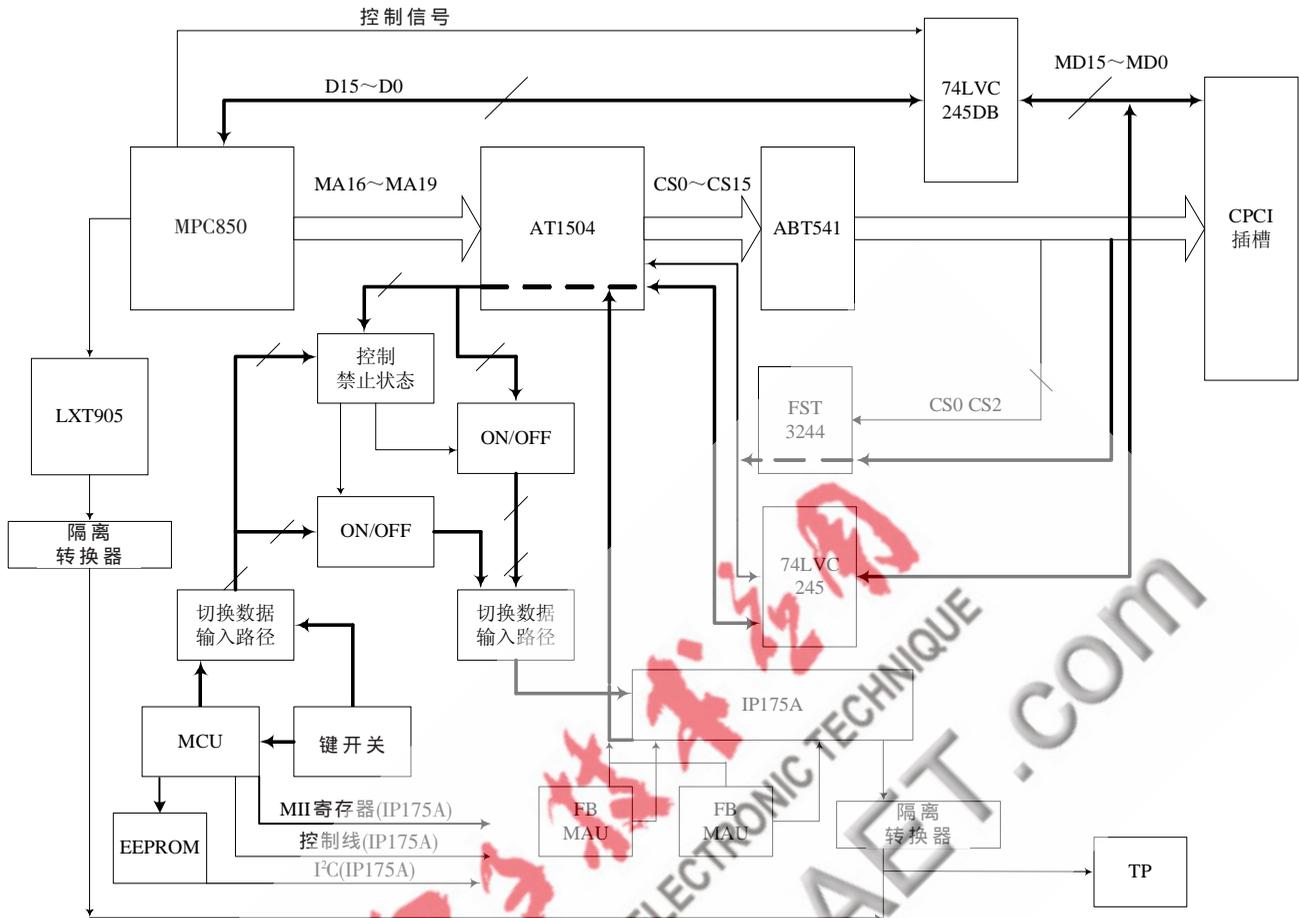


图6 模块的原理框图

输入,采用限流的保险丝防止电网峰值电流的影响。重要的防雷电路采用接大地的措施。

3.5 原理设计中监测点说明

各个电源电压均有测试点;SFP封装的光收发合一模块的SD信号具有测试点。

4 系统背板方案设计

系统背板设计为插卡式;系统供电采用集中式供电,要求1+1热备份,且可热插拔。

4.1 功能

背板提供各功能模块卡(OTU、MCU、OPM/OPS、网管)信号的连接接口、功能卡供电的电源接口及电源模块的接口。此外背板还要提供机箱管理信号(电源、风扇运行状态)给网管卡。

背板为个卡提供 $\pm 12\text{ V}$ 、 $+5\text{ V}$ 工作电压。

4.2 背板单元设计

背板总线图如图7所示。

原理:从网管卡引出若干控制、数据线到各功能卡,从各OTU将SD/LOS信号引到OPM/OPS卡;背板提供各功能卡的电源。

4.3 性能指标

背板支持AC/DC和DC/DC电源模块插入。

背板上连接器机械寿命:5000次。

4.4 单元技术及其接口定义

- (1)数据线:D0~D15; bus_rev2~9(保留的总线位)
- (2)片选线:CS0~CS12 网管通过地址线,再经过译码器,则可译出多个片选。

cs_rev1, cs_rev2:片选保留位

- (3)控制线:OE1、OE2、OE3、RD、WR、SWR。
- (4)I2C时钟/数据线:SCLK、SDAT。
- (5)电源状态检测信号:VCCA1、VCCD1;VCCA2、VC-CD2。

(6)OTU模块上光收发模块的SD/LOS(信号检测)信号:OTU1~15SD1, OTU1~15SD2

(7)电源: $\pm 12\text{ V}$ 、 $+5\text{ V}$ 。

(8) $\pm 12\text{ V}$ 地 GND_C;大地 S_GND;信号地 GND。

4.5 关键元器件选定

因为系统的背板上不走特别高速的数据($<50\text{ MHz}$),而欧式连接器接触可靠,易于采购,广泛应用于低速背板系统,因此,选定欧式连接器(母座96针)作为卡连接器。

背板上电源连接器选用华丰HM12mm电源连接器,此种连接器密度高,连接可靠,可满足要求。

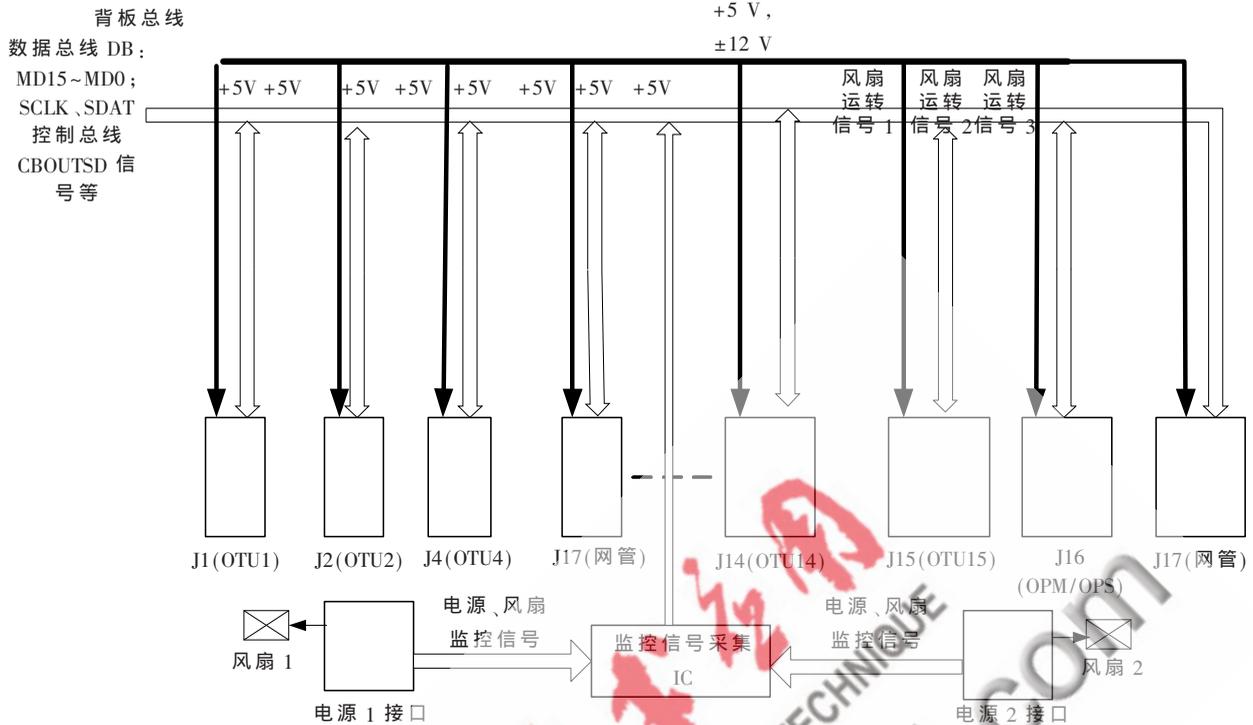


图7 背板总线图

5 SNMP 网管软件:

由委托生产厂家依该硬件设计方案加个性协议设计后灌入。

6 机箱部分概述

机箱分二部分设计,即将有源和无源部分各设一个机箱,以便双窗口透明传输 SDH 和本地分插的无源需要。机箱采用 19 英寸标准,有源 6U,无源 1U,二部分前面板光连接可以方便构成混合波分通信的任意系统。

综上所述,该新型“专网混合波分通信设备”经国家 CMA 资质单位测试,完全符合 ITU-T G/M/V 各项标准,在电力通信网 OPGW 和 ADSS 的 G.652 光纤上

得到了推广应用,并获国家授权专利(ZL200520030892.6)。该设计思想新颖,具有独创性,为专网通信创造了较好的经济效益。

参考文献

- [1] 路卢正.通信系统[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [2] 顾晓仪.全光通信网[M].北京:北京邮电大学出版社,1999.
- [3] 杨新辉,邱智亮,鲍民权,等.网络与接口技术[M].北京:电子工业出版社,2000.

(收稿日期:2009-04-09)