

基于 PXI 总线的通用伺服控制卡的设计方法*

孟浩然 阴玉梅 杨晓霞

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

摘要: 伺服控制器是伺服控制系统的 1 个重要组成部分,主要功能为完成精密跟踪算法的运算及控制相关对外通讯、电气接口。PXI 总线是由美国 NI 公司于 1997 年发布的 1 种新的开放性、模块化仪器总线规范。PXI 结合 PCI 的电气特性和欧洲卡机械封装以及高性能 IEC 连接器,使之具有 PCI 总线的高性能和欧洲卡结构的高可靠性。提供了基于 PXI 总线和浮点数字信号处理器 TMS320F28335 的通用伺服控制卡的设计方案,给出了详细的硬件设计方法和基于该控制器的伺服控制软件的软件设计方法。

关键词: PXI 总线; 数字信号处理器; 伺服控制

中图分类号: TH752 **文献标识码:** A

Design of common servo controller based on PXI bus

Meng Haoran Yin Yumei Yang Xiaoxia

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033)

Abstract: Servo controller is an important part of the servo system which is mainly on the operation of the tracking algorithms, external communication and the electric interface. PXI bus is a new kind of open, modularization criterion for instrument bus proposed by American NI Company in 1997. Combined with the electric characteristic of PCI, European cards mechanical encapsulate and high performance of IEC linker, PXI has the high capabilities of PCI and the high reliability of the European cards structure. The paper proposes the design scheme for the current servo controller based on the PXI bus and the floating point digital signal processor TMS320F28335. The hardware design of the servo control card and servo control software design based on the card are presented in detail.

Keywords: PXI bus; DSP; servo control

0 引言

光电望远镜的伺服控制系统一般由智能伺服控制器、功率驱动器、位置/速度反馈器件组成。智能伺服控制器是伺服控制系统的重要组成部分,通常需要具备对外通讯、数据采集、控制信号读取输出以及控制算法实现等功能。

光电设备的电气系统正逐步向着集成化、模块化、紧凑化的方向发展,同时对各电气子系统的可靠性和可维护性的要求愈来愈高;在伺服控制领域,光电设备对跟踪精度的要求也越来越高。在这样的背景下,设计 1 种平衡于高性能与高可靠性之间的紧凑型伺服控制器就成为 1 种必然趋势。传统的光电设备的电子学子系统都设计成独立的电气箱,各子系统的通讯由其所在电气箱的电缆连接来完成,这样的电气设计难以满足总系统对 SI 和 EMC 的要求,因此将弱电电子学子系统集成到 1 个电气箱内,通过带物理隔离的电气连接与强电系统进行连接,各弱电电子学子系统通过板级微带线进行

电气连接的设计方案得到了越来越多的关注和应用。

PXI 总线就提供了 1 种基于上述构想的标准设计方案,1 个标准的 3U 或者 6U 机箱最多可承载 10 块基于 PXI 总线的功能板卡,板卡间的通讯与电气连接可以通过 PXI 总线和背板上的通用总线来实现。

本文给出了 1 种基于 PXI 总线的以 TI 公司的运动控制芯片 TMS320F28335 为核心的伺服控制卡的设计方法。

1 PXI 总线

PXI 总线是由美国 NI 公司于 1997 年发布的 1 种新的开放性、模块化仪器总线标准。该标准融合了 PCI 的电气特性、Eurocard 机械封装标准以及高性能 IEC 连接器标准,使之具有 PCI 总线的高性能和 Eurocard 结构的高可靠性。除此以外,该标准还增加了用于多板间同步的触发总线和参考时钟,用于精确定时的星型触发总线,以及用于相

本文于 2011 年 5 月收到。

* 基金项目: 所三期创新

邻模块间通信的局部总线来满足试验和测量用户的需求^[1]。PXI 总线自推出以来就广受欢迎,至今方兴未艾,目前已经广泛应用于工控、电信和国防等行业。

图 1 为 PXI 总线结构示意图。

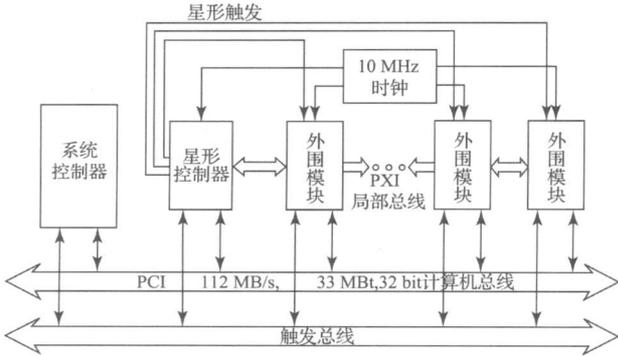


图 1 PXI 总线结构

满足 PXI 标准的机箱提供 6U 和 3U 两种机械尺寸来满足不同用户的需要,其连接器、插槽以及机箱都满足 ANSI310C, IEG-297 和 IEEE1101.1 等在工业环境下具有很长应用历史的 Eurocard 规范,具有良好的 EMC 性能和坚固而紧凑的系统机械特性^[2]。

2 伺服控制卡软硬件设计

2.1 伺服控制卡硬件设计

基于 PXI 总线的伺服控制卡主要功能为完成光电设备的伺服控制功能,其具有 RS422 异步差分串行接口、I²C 接口、GPIO 接口、A/B 码输入接口;提供 PWM 输出和 DAC 输出,兼容驱动不同种类电机;具有 6 路 ADC 输入接口,通过 PXI 总线与 PC 进行通信。

图 2 是板卡的原理框图。

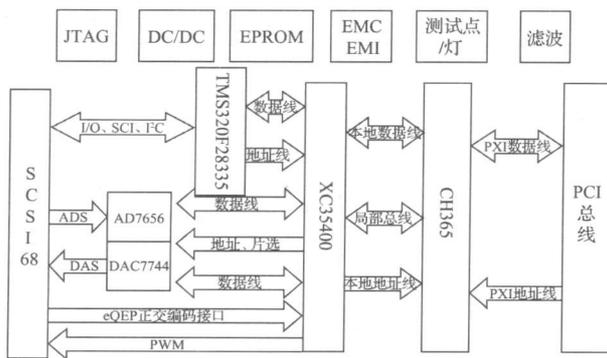


图 2 伺服控制卡原理

DSP 选用 TI 公司生产的 TMS320F28335,它包括了 C28X 的控制核及 FPU,工作频率最大为 150 MHz,可以满足复杂伺服控制算法的实时性和精度要求^[3];ADC 芯片选用 AD 公司生产的 AD7656,采用 AD780 做为外部基准;DAC 芯片选用 BB 公司生产的 DAC7744,电压基准需要外

部提供,其模拟输出电流为 5 mA^[4];FPGA 芯片选用 xilinx 公司生产的低端 FPGA Spartan-3 系列的 XC3S400,支持双口 RAM,可利用双口 RAM 实现 PXI 总线与 DSP 本地总线的通讯^[5];PXI 总线接口芯片选用南京沁恒公司生产的 CH365,支持 I/O 端口映射、存储器映射、扩展 ROM 以及中断。它将 32 位高速 PXI 总线转换为简便易用的本地 8 位总线,用于制作低成本的基于 PXI 总线的板卡。支持 7 MB/s 的实测非突发传输速率。该速率经过计算可以满足伺服控制卡的数据吞吐量^[6];设计中的 DC/DC 芯片选用 TPS65130 开关电源芯片,+5 V 输入,±15 V 输出,为了方便调试,同时设计选用 TPS767D301 DC/DC 芯片,来实现+5 V 输入,+3.3 V 和+1.8 V 输出;为了提高 ADC 的采样精度,对模拟输入接口采用 MAX274 做为 2 阶有源滤波器芯片,该芯片可通过外部 4 个电阻配置成巴特沃斯、贝塞尔、契比雪夫型滤波器;所有的模拟输出都使用 LM358 设计了电压跟随电路以实现阻抗匹配和接口保护;所有数电接口均采用了 CMD 公司出品的 CM1215 ESD 阵列芯片作为 ESD 防护,此外对于 PXI 接口还选用了带有屏蔽壳的接插件,经实测可以满足 ESD 防护需求。

图 3 为板卡最终实物图。

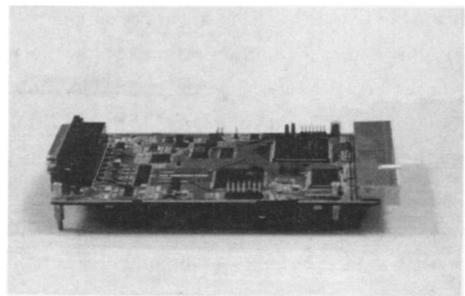


图 3 板卡实物

2.2 伺服控制卡的 FPGA 内软件设计

该伺服控制卡的 FPGA 除了完成译码、管理中断、正交码输入滤波器等功能外,主要的功能是完成 PXI 总线与 DSP 本地总线的数据交换。在 FPGA 内设计了 1 个 8 × 1K 的双口 RAM,以此来实现这一功能^[5]。

软件采用自上而下的方式设计,译码、中断管理、滤波器、IO 模块等均由 verilog 语言实现,双口 RAM 使用 ISE 的 Xilinx CORE Generator 调用 Xilinx 公司的 IP Core 实现^[7]。所有的数据总线都采用了双向端口设计,其中 inout 口通过增加映像寄存器来实现,将 inout 口与映像寄存器用 1 个三态门连接起来。当 inout 口用作输出端口时,将 inout 端口的映像寄存器设置成所希望的输出值,并且将三态门选通,这时 inout 口的值随映像寄存器的变化而变化;当 inout 口用作输入端口时,三态门设为高阻态,断开映像寄存器与 inout 口的连接,此时就可以像对待普通的输入端口一样对其进行操作^[8]。图 4 为声明为 inout 口的 I/O 的 RTL

级综合结果, 经仿真实验, 可以实现 inout 口的双向功能。

法, 位置环采用超前滞后算法, 同时引入目标预测速度构成同轴跟踪算法^[10], 图 8 为软件流程图。

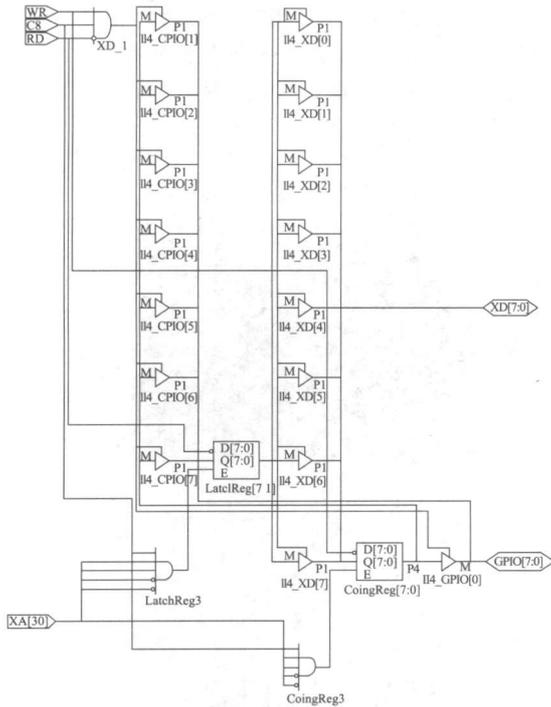


图 4 IO 模块的 RTL

由于 A/B 正交码输入信号可能带有噪声和杂波, 因此必须在 A/B 码的输入端后设计数字噪声滤波器滤除噪声和杂波以减少误码^[9]。图 5 为数字噪声滤波器的 RTL 综合结果, 经仿真实验, 可以实现数字滤波的功能。

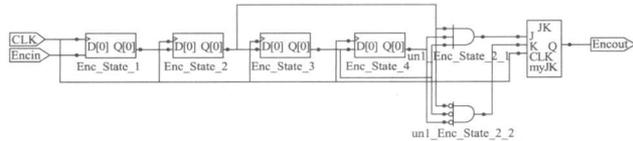


图 5 A/B 码滤波器的 RTL

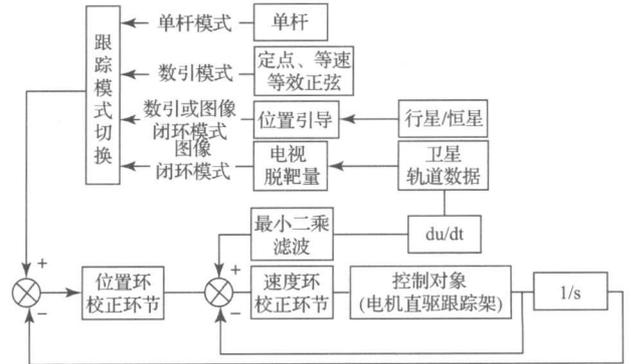


图 7 控制算法原理

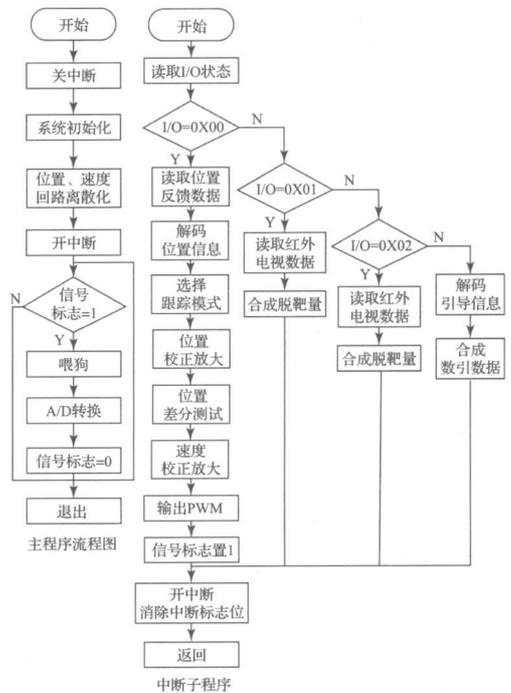


图 8 伺服控制软件流程

图 6 为本系统部分对外接口的实测波形图。

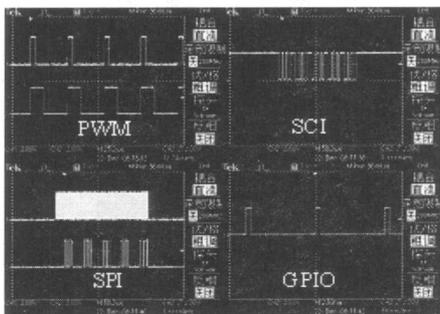


图 6 对外接口实测波形

2.3 伺服控制软件设计

图 7 为伺服控制软件原理图, 该系统为位置速度双闭环系统, 速度环校正器采用基于内模控制的抗饱和 PI 算

软件开发环境为 TI 公司的 CCS, DSP TMS320F28335 属于浮点处理器, CCS3.3 以上版本支持 FPU, 使用 FPU 需要在 CCS3.3 的 build option 内加入 -v28 和 -float_support= fpu32 选项, 同时还要在 compiler-> advanced 内选择 floating point support, 否则 CCS 将会把程序内的浮点运算编译成定点代码, 浮点运算的算法库为 rts2800_fpu32.lib。

速度反馈器件为圆光栅, 位置反馈器件为绝对式光电编码器, 速度位置反馈期间的采样频率为 1 000 Hz, 图像处理器的采样周期为 25 Hz, 实际测试中, 基于该系统构成的控制器可以控制转台取得很高的控制精度。1°/s 的等速跟踪速度波动 < 0.025°/s, 1°/s 速度运动的空间目标电视闭环跟踪精度 < 2"。图 9 为等速及电视跟踪实测误差曲线图。

3 结 论

采用基于PXI总线的板卡设计方案,可以大幅度提高光电设备电控系统的集成度和稳定性,本文给出了基于PXI总线的伺服控制卡的硬件设计方案,该伺服控制卡接

口丰富,兼容直流有刷电机与直流无刷电机控制,TMS320F28335的高性能浮点运算能力以及高分辨率的PWM发生器可以实现极其复杂的控制算法、提供更高精度的直流电机的控制方案。因此伺服控制卡设计方案对光电设备的伺服控制器设计具有一定的参考价值。

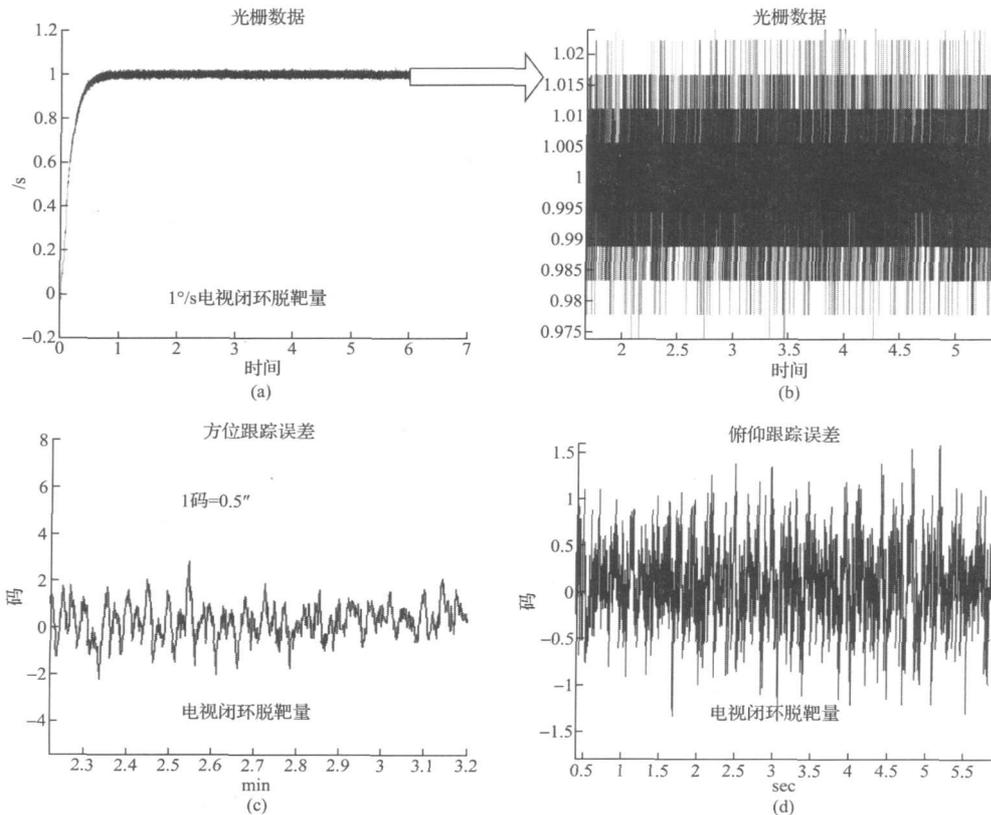


图9 实测速度位置误差曲线

参 考 文 献

- [1] 李志攀,雷翔飞,张新朝.基于PXI的某红外电子部件自动测试系统[J].电子测量技术,2009,32(7):164-166.
- [2] 郑灵通,刘洁瑜,汪立新等.基于PXI总线的惯导平台自动化测试系统设计[J].电子测量技术,2010,33(7):99-102.
- [3] 梁启权,和敬涵,王小君.TMS320F28335在电网频率测量中的应用[J].国外电子测量技术,2010,29(10):66-68.
- [4] 邹东升,余龙华.基于TMS320F2812 DSP的多功能ISA卡设计[J].电子元器件应用,2004,6(8):24-23.
- [5] 廖永波,李平,阮爱武等.FPGA中宽边译码器的测试方法研究[J].仪器仪表学报,2010,31(7):1638-1643.
- [6] 李建新,薛重德,张志林.用CH365实现PCI总线与DSP的通信[J].单片机与嵌入式系统,2006(12):25-28.
- [7] 张献伟,任志良,陈光,等.基于XILINX FPGA IP CORE的可调正弦信号发生器设计[J].电子测量技

术,2009,32(5):1-4.

- [8] 王天盛,李斌桥.ASIC设计中基于verilog语言的inout端口程序设计[J].计算机工程与应用,2003,34:129-133.
- [9] 马宁,魏廷存,张超,等.一种正交解码/计数接口IC的设计[J].科学技术与工程,2007,7(5):848-851.
- [10] 孟浩然,王建立,李洪文.基于TMS320F2812的直流力矩电机伺服系统[J].电子测量技术,2007,30(3):63-65.

作 者 简 介

孟浩然,1980年出生,男,黑龙江五常人,硕士,现任中科院长春光机所助理研究员,主要研究方向为大型地基光电望远镜电控系统设计与精密跟踪技术。

E-mail: ranokok@gmail.com

阴玉梅,1960年出生,女,吉林长春人,现任中科院长春光机所副研究员,主要研究方向为光电跟踪系统电控系统质量控制方面。

E-mail: yinyumei1960@qq.com