

基于 CPLD 和 USB2.0 的机械传动误差测试系统

(重庆工学院, 重庆 400050) 郑永 彭东林 郑方燕 万文略

摘要 简要介绍了机械传动误差的测试方法分类,分析了数字量计数法的优点,给出了误差测量系统 FMT 的系统框图。FMT 系统中采用 CPLD 芯片来实现整个误差采集功能,同时增加了可控分频器模块来实现对信号处理的控制,这样就增强了系统的柔性。FMT 系统选用 CY7C68013 来实现 USB2.0 传输模块,它可以满足高速采集系统传输需要。

关键词 FMT CPLD USB2.0 传动误差

1 系统概述

机械传动误差的测量,主要针对需要进行高精度位移传动的场合,如精密机床、武器系统、印刷机械等。传动误差的测量方法大致可以分为两种:一种是传统的比相式测量法,一种是数字量计数式测量法。

数字量计数测量法是用信号的脉冲数量来表现原来信号的相位,传动误差也就相应的转化为脉冲个数的比较。计数方式相对于比相方式,首先不受“同频信号”限制而无需作传动比分频;其次不受“相位翻转”限制而无需作“量程分频”。省略这两部分使系统显著简化,并减少对倍频的要求;第三是很容易推广到非整数传动比(小数和无理数)的传动,因此计数式方案是我们前期研制开发的 FMT 系统(它利用时钟脉冲信号细分原理,电路简单可靠,柔性大,便于解决高速、大传动比极低速和非传动比等测量难题)^[1]。本文提出的系统方案如图 1,研制目标是:信号处理采用 CPLD 提高电路的可靠性和柔性;通过 USB2.0 传输模块实现实时、高效、可靠的传输数据。

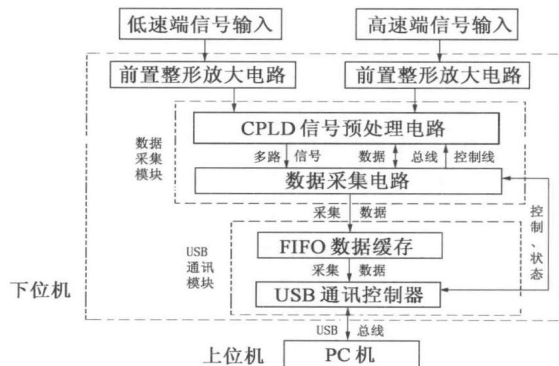


图 1 FMT 系统方案

2 CPLD 的选择

CPLD(Complex Program Logic Device)是一种复杂的

用户可编程逻辑器件,由于采用连续结构,易于预测延时,从而使电路仿真更加准确。近年来,由于采用先进的集成制造工艺和批量生产,一个芯片就可以实现一个复杂的数字电路系统。采集模块中对整形后的脉冲信号进行处理,因此很容易将整个采集模块集成到一片 CPLD 中,同时由于 CPLD 有方便的可再编程特性,无需重新设计电路和印刷板,方便了采集模块的升级。

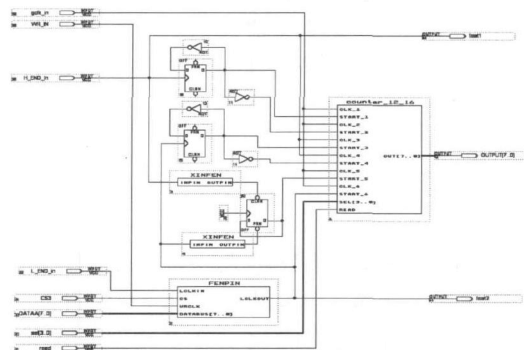


图 2 数据采集模块 CPLD 实现电路

本文的 CPLD 采用 ALTERA 公司的 MAX7000AE 系列^[2]。使用的开发软件是 MAX-PlusII-10.0,这个软件里面有软件开发商做好的一些集成电路和一些基本的逻辑单元。如它包含 74 系列的电路、与非门、各种常见的触发器等等。这样,可以用这些基本的单元组成我们所需要的功能电路。同时,也可以用 VHDL 硬件语言编写我们所需要的逻辑器件,下面就是两个具体的应用:使用 D 触发器和非门实现二分频的功能;电路中为了避免了电路的竞争冒险现象,用 VHDL 语言编写了实现细化脉冲的程序。图 2 是 CPLD 实现数据采集模块的电路图。

系统采用一片可编程逻辑器件 CPLD 芯片来实现整个误差采集功能,包括对输入信号的处理、计数、可控分频模块来实现对信号处理的控制。分频模块在图下侧,名称为 FENPIN 的模块。它由片选控制端、写控

制端、输入脉冲端、输入数据总线、输出脉冲端 5 个端口组成。它是用 VHDL 硬件语言编写的,它的功能是通过控制端电平状态读取输入数据总线上的分频数来实现对输入脉冲进行分频的目的。这样,就可以通过 MCU 来控制分频模块,这样就增强了系统的柔性。

3 通讯模块

现代工业生产和科学研究对数据采集的要求日益提高,在瞬态信号测量、图像处理等一些高速、高精度的测量中,需要进行高速数据采集。通用串行总线 USB 是 1995 年康柏、微软、IBM、DEC 等公司为解决传统总线不足而推广的一种新型的通信标准。该总线接口具有安装方便、高带宽、易于扩展等优点,已逐渐成为现代数据传输的发展趋势。

目前通用的通过数据采集板卡采集的方法存在着以下缺点:安装麻烦,易受机箱内环境的干扰而导致采集数据的失真,极易受计算机插槽数量和地址、中断资源的限制,可扩展性差。而通用串行总线 USB (Universal Serial Bus) 的出现,很好地解决了上述问题,很容易实现便捷、低成本、易扩展(菊花链式的级联)、高可靠性的数据采集,代表了现代趋势易于扩展,最长传输距 5m,采用 USB Hub 可达 30m;最多可同时接 127 个设备。

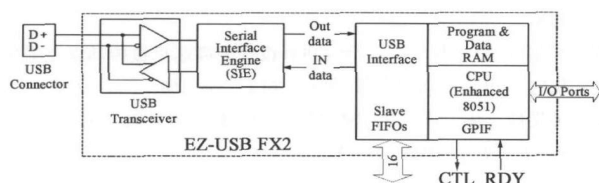


图 3 EZ-USB FX2 简化结构图

FMT 下位机系统中为数据采集模块与 PC 机之间完成数据传输任务的是 USB2.0 通讯模块。USB2.0 模块的核心芯片是 EZ-USB FX 2.0 系列的 CY7C68013, CY7C68013 是由 Cypress 半导体公司推出的将 USB 外围接口的各种功能封装成一精简的集成电路,优点:功耗低(可直接由 USB 总线供电)。与外围器件连接的接口丰富(串口, I2C, GPIF),特别是强大的 GPIF (General Programmable Interface) 是一种极灵活灵活的 8 位或 16 位的并行接口,它允许 EZ-USB FX 执行多种协议的局部总线来控制外围设备,这些包含 EIDE/ATAPI, 打印并行端口 (IEEE P1284), Utopia, 通过编程 GPIF 还可以很容易支持其它的接口。提供“软件”(以 RAM)为主的解决方案,允许无限的扩充及更新。其核心 SIE (Serial Interface Engine) 执行了串口数据的译码及编码以及错误纠正、位填充与 USB

信号所需的水平,简化了芯片固件代码。增强版的 8051 与支持 DMA 可利用现有成熟的 51 系列开发工具。

如图 3,在 CY7C68013 中,USB 接口和外围电路直接共享 FIFO 存储器,这时,增强型的 51 内核可不参与数据传输,但可通过 FIFO 或 RAM 的方式访问所传输的数据, FIFO 与 USB 之间的传输以数据包的形式实现,这种处理结构称为“量子 FIFO”。EZ-USB FX 2.0 集成 USB2.0,支持 12Mb/s 的全速传输和 480Mb/s 的高速传输。当 PC 机在某时刻不能及时地从 USB 总线读走数据时,数据将保存在板载的 FIFO 缓冲存储器中,当前采用的 FIFO 为 IDT 公司的容量为 8KB 的 IDT7205-L35J。

CY7C68013 传输方式可分为:中断传输、等时传输、控制传输、块传输。中断传输及等时传输,因为保证传输过程中误差采集数据的正确性至关重要,且传输速率的快慢还与采集模块本身的采集速度相关(齿轮转动速度,及磁栅、光栅的栅线数对采集速度都有影响),传输模式采取块传输,这样有利于与各种采集速度兼容,集成的 USB 协议就能够在校验出数据传输错误时自动要求重发,排除了数据在 USB 总线上发生畸变的可能^[3]。块传输数据包在 USB2.0 总线时最大为 512B,在 USB1.1 时为最大为 64B。

4 仿真与实验结果

4.1 仿真结果

为了验证 FMT 系统采样测试的准确性,设计一套信号发生器,用两个单片机各自编写一路产生方波的程序模拟对一套机械系统进行传动误差测量时的光栅高、低速端输出信号,进行仿真实验,一路为高速端,另一路是低速端。设计两路都是 10240 线,机械传动比是 15,其中,高速端的频率是不变的,而低速端在低速端前半周期中,传动比设计为 15.02,后半周期设计为 14.98,这样前半周期单点传动比误差是 0.02 个高速端脉冲,后半周期为 -0.02 个高速端脉冲,反映到误差曲线就是前半周期是斜率为正的直线,后半周期是斜率为负的直线,一周的误差和应为零。

图 4 是对两个单片机产生的方波进行采样,经过 FMT 系统测出的曲线,经分析, FMT 系统对仿真信号的频谱分析是正确的。有关模拟信号发生器的详细情况,将另文介绍。

4.2 实验结果

本实验中采用的实验装置如图 5 左图。由一电机作动力,经过皮带传动,再经一级蜗轮和一级齿轮变速后,到达要测量的高速端,然后再过一级蜗轮减速,此

级传动比为 90:1,到达低速端,所采用的传感器栅线数如下:

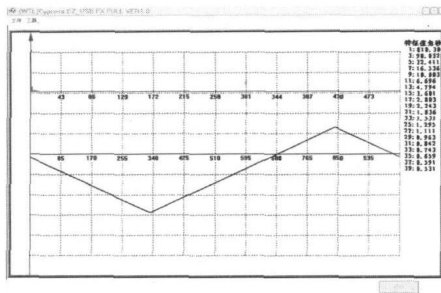


图4 仿真实验图

高速端:栅线数为 2500 线的磁栅;低速端:栅线数为 10800 线的光栅。

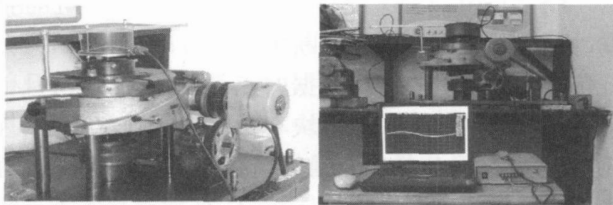


图5 实验台及现场采集图

由于传感器测试的是后一级蜗轮减速,因此误差主要是该蜗轮副和转台轴偏心带来的误差,同时,外部振动也会引入误差。

实验台的现场采集如图 5 右图所示,图 6 是实验台的测试曲线图。由图 6 右侧频谱幅值排序可知,最大的误差是 1 次,其次是 90 次,这两个误差分别是转台轴偏心和蜗轮副带来的误差。测试结果与实验台设计相符合,因此,FMT 系统对实验台的频谱分析是正确的。

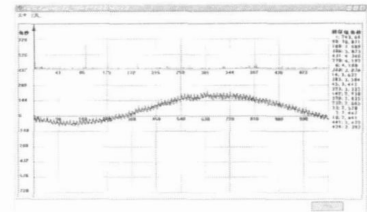


图6 实验台测试曲线

5 总结

通过上述对系统流程、仿真结果以及实验结果分析可知,改进后的 FMT 系统采用一片可编程逻辑器件 CPLD 芯片来实现整个误差采集功能,包括对输入信号的处理、计数,同时增加了可控分频器模块来实现对信号处理的控制,这样增强了系统的柔性,同时可以降低布线难度、提高电路的可靠性,特别是 CPLD 的可再编程特性,极大地方便了采集模块的升级;FMT 系统采用 Cypress 公司 EZ-USB FX 2.0 系列的 CY7C68013 来实现 USB2.0 传输模块,它能够实时、高效、可靠的传输数据,支持全速 12 Mbps 和高速 480 Mbps,可以满足高速采集系统传输需要,即插即用使仪器的使用变的便利。

参 考 文 献

- [1] 彭东林,张光辉. 传动误差测试系统 FMT[J]. 制造机床与技术, 1996, 5:32 - 35.
- [2] 吴崇威,彭东林,等. 基于 CPLD 设计的高速机械传动误差采集模块[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(2): 65 - 68.
- [3] 吴崇威. 基于计算机 USB 口的 FMT 系统的升级与实验[D]. 重庆:重庆大学, 2006: 33 - 35.

收稿日期:20070630

作者简介:郑永(1983 -),男,山东枣庄人,汉族,在读硕士

(上接第 21 页)

参 考 文 献

- [1] Dai J. S.,Rees Jones J. Mobility in metamorphic mechanisms of foldable/erectable kinds[J]. Transaction of ASME. Journal of Mechanical Design, 1999, 121(3): 375 - 382.
- [2] Dai J. S.,Rees Jones J. Configuration transformations in metamorphic mechanisms of foldable erectable kinds[C]. In: Proceedings of the Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Oulu, Finland, 1999: 542 - 547.
- [3] 戴建生,丁希仑,邹慧君. 变胞原理和变胞机构类型[J]. 机械工程学报, 2005(6): 6 - 12.
- [4] Dai J S, Zhang Q X. Metamorphic mechanisms and their configuration models[J]. Chinese J. of Mechanical Engineering, 2000, 13(3): 212 - 218.
- [5] 杨廷力,刘安心,孙东锦. 变拓扑机构组成原理及基本类型[M]. 北京:机械工业出版社, 2003: 262 - 264.
- [6] 刘川禾,杨廷力,刘毅. 变拓扑机构的基本问题[M]. 机械工程学报, 2005(8): 56 - 62.
- [7] 金国光,张启先,武桢,等. 变胞机构:理论研究若干问题及其应用[J]. 机械设计及研究, 2002, 增刊: 24 - 26.
- [8] 李端玲,戴建生,张启先等. 基于构态变换的变胞机构综合[J]. 机械工程学报, 2002, 38(7): 12 - 16.
- [9] 曹惟庆. 连杆机构的分析与综合[M]. 北京:科学出版社, 2000: 35 - 45.
- [10] 黄茂林,秦伟. 机械原理[M]. 北京:机械工业出版社, 2002: 101 - 107.

收稿日期:20070522

作者简介:郭兴辉(1982 -),男,河南平顶山人,硕士研究生

Accordingly, the relationship of kinematics and dynamics in each drive condition also is analyzed.

Key words: Hybrid drive Power transmission unit Epicyclic gear trains

Error Testing System of Mechanical Transmission based on CPLD and USB2.0

Zheng Yong, Peng Donglin, Zheng Fangyan, Wan Wenlue (64)

Abstract The testing method classification for mechanical transmission error is briefly introduced, the excellence of digital counting method is analyzed, and the system block diagram of error testing system - FMT is shown. The FMT system adopts CPLD chip to realize the whole error sampling function, at the same time adding the controllable frequency divider module to control the information process, so it can enhance the flexibility of system. The FMT system adopts CY7C68013 to realize the USB2.0 transmission module, which could satisfy the transmission need of the high-speed sampling system.

Key words: FMT CPLD USB2.0 Transmission error

The Test Research of Bending Fatigue Strength of 37SiMn2MoV Through Hardend

..... Hao Ruixian, Tan Jiazhen, Li Wei, Li Yuanzong (67)

Abstract The test research of bending fatigue strength of 37SiMn2MoV through hardened gear is discussed. On the basis of test data, the complete $C-R-S-N$ curve is worked out according to the principle of statistics. The bending fatigue curve with the designated confidence and various reliability were obtained. So basic data for gear design is provided.

Key words: Through hardened gear $C-R-S-N$ curve Fatigue Reliability Confidence

Analysis of Hydrodynamic Mechanical Transmission Characteristic based on VC++

Han Qingyao, Kong Zhizeng (71)

Abstract Combining hydrodynamic transmission and mechanical element, a new hydrodynamic element hydrodynamic mechanical transmission is got. Then the problem that analysis of the new organ comes out. A software to get the hydrodynamic transmission's parameters from database is designed and the new element's parameters and characteristic chart is given using VC++ and Access database.

Key words: Hydrodynamic mechanical transmission VC++ Access database Characteristic analysis

Found ation and Analysis on Fault Tree of Ball Mill Gear

..... Huang Jianlong, Yan Cunfu (74)

Abstract The gear drive system of 2700mm \times 3600mm ball mill is investigation object. The structure and the movement of the system are studied based on fault tree analysis method, the system fault tree is established. analysis of the qualitative, the quantitative and the structure importance is carried out. The relations of each influence factor of fault is pointed out. Reference is provided for the application of expert system and the ball mill gear drive system fault diagnosis.

Key words: Ball mill gear drive system Fault Tree

Application and Design of Space Cam in Automatic Poured Installation

Yang Guotai, Chen Yu (82)

Abstract The concept of the space cam mechanism and its design procedures is briefly introduced, together with the operations of the bottle washing mechanism in the automatic poured installation and the function of the cam mechanism. Mathematical analysis is employed to present the design process of the space cam's central trace and calculate the related parameters.

Key words: Space cam Poured installation Bottle washing mechanism Mechanical control

Determination of Optimum Number of Footh for a Composite Gear Train with High Transmission Ratio

..... Yang Huixiang, Wang Hui (87)

Abstract The design method of a composite gear train with high transmission and the relationship among the number of tooth are explained. The relationship among parameter K , tooth difference $z_3 - z_6$ and $z_2 - z_4$ is determined. The optimum number of tooth with maximum transmission ratio is obtained.

Key words: Composite gear train Transmission Ratio Optimum number of tooth

The Design and Application of Mechanical Transmission System for the Bettery Monorail Locomotive

Ye Anying, Ma Ying (95)

Abstract The composition and the principle of work about mechanical transmission system of the battery monorail locomotive are expounded. Based on the monorail locomotive characteristic, the design key of the transmission system is introduced. By testing, it is proved that the design meet is the requirements of standard.

Key words: Monorail locomotive Transmission system