

一种多功能信号源系统设计

宫海波, 徐 茜, 王 宽

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 针对单一信号源无法满足测试需求的现状, 提出了一种新型多功能信号源系统设计方案; 详细阐述了信号源系统的硬件及软件设计, 方案基于标准化、高速、可靠性三方面的考虑, 硬件环境基于 Compact PCI 工控计算机, 设计了 3U CPCI 结构的信号源板卡, 配套软件采取模块化设计; 该方案可实现多类型、多通道的高精度、高可靠性信号的独立输出和同时输出; 实验结果表明, 该多功能信号源系统稳定性好、可靠性高、使用便捷, 满足设计需求。

关键词: 飞行试验; 信号源; CPCI; 板卡

Design of a Multi-function Signal Source System

Gong Haibo, Xu Qian, Wang Kuan

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: In order to solve the problem that the single signal source can not meet the requirement of the test, a new design scheme of multi-function signal source system is put forward. The hardware and software design of the signal source system are described in detail, the scheme is based on the consideration of three aspects of standardization, high speed and reliability, the hardware environment is based on PCI Compact industrial control computer, the signal source board of CPCI 3U structure is designed, and supporting software to adopt modular design. The scheme can realize the independent output and simultaneous output of the multi type, multi channel high precision and high reliability signals. The experimental results show that the system has good stability, high reliability and convenient use, and can meet the design requirements.

Keywords: flight test; signal source; CPCI; board

0 引言

目前, 我国航空事业正处于飞速发展的阶段, 随着雷达、通信及其他航电系统的不断发展, 飞行试验对测试系统性能提出了更高的要求。在测试设备研制、生产以及测试系统搭建的过程中, 多功能信号源的研究受到普遍重视^[1-3], 信号源在很大程度上影响并决定着系统的性能, 多功能信号源对于提高整个测试系统的研制效率以及各个测试设备工作的性能起到至关重要的作用^[4]。国内目前常见的信号源功能单一^[5], 无法满足目前测试需求, 本文在此基础上提出了一种能够模拟产生多种信号的多功能信号源。

系统基于 Compact PCI 工控计算机, 设计了多功能信号源相应的 CPCI 功能板卡及其驱动软件、配置管理软件、以太网及 UART 信号源软件, 进而实现了能够模拟多种类型信号输出的多功能信号源系统设计。

1 系统总体设计

多功能信号源硬件环境基于 Compact PCI 工控计算机, 相应的各功能板卡设计为 3U CPCI 结构。功能板卡包括 1553 信号源板、429 信号源板、PCM 信号源板、时码板, 分别实现 1553 信号、429 信号、PCM 信号的模拟输出, 实现 GPS 时间或时统时间的接收, 可使用 GPS 时间或外部时统时间对内部时间进行时间校正, 并且可输出 IRIG-B 时间及 1PPS 信号。利用应用软件设置相应板卡的数据格式及数据内容, 通过应用软件可以控制以上模拟数据独立输出和同时输出, 系统组成如图 1 所示。

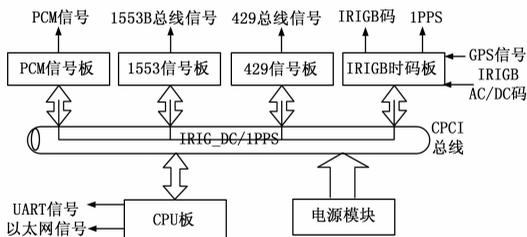


图 1 系统组成框图

配置管理软件可设置 PCM 数据、1553B 总线数据、429 总线数据、UART 总线数据及以太网数据的数据包格式定义和数据内容, 可设置数据发送速率、发送间隔、单次发送/循环发送等。

2 硬件设计

多功能信号源的硬件环境基于 Compact PCI 工控计算机, Compact PCI 是 PCI 总线的电气和软件标准加欧式卡的工业组装机标准^[6]。CPCI 的优点是兼顾了标准化、高速、可靠性三方面的考虑, 因而广泛应用于工业和嵌入式领域。

2.1 CPU 板设计

CPU 板的功能是运行 Windows 操作系统, 运行配置管理软件, 实现对各个信号输出板的配置管理, 完成以太网信号输出以及 UART 信号输出。以太网数据以及 UART 数据包发送时, 可实现各自模拟软件获取时码板上时间寄存器的时间信息, 将发送时刻的时间放置到相应数据包中, 时间分辨率为 1 ms。

CPU 板卡可输出 1 路 UART 串行总线数据, 输出电平为 RS-232、RS-422, 波特率分为 9 600、19 200、38 400、57 600、115 200 bps, 数据可选奇、偶校验。CPU 板卡同时可输出 2 路 100 M 或 1 000 M 以太网数据, 可接收 GPS 及 IRIG-B

收稿日期: 2016-02-02; 修回日期: 2016-03-07。

作者简介: 宫海波 (1982-), 男, 工程师, 山东威海人, 硕士研究生, 主要从事机载测试技术方向的研究。

B 外部时间, 可输出 1 路 IRIG-B 时间及 1 路 1PPS 信号。

2.2 PCM 信号板设计

通过 CPCI 总线背板接口以及驱动软件接收配置管理软件发送的针对每个通道设置的 PCM 帧格式、同步字、ID 字、字长、位速率等信息, 并写入 PCM 输出板的数据处理模块的相关寄存器。同时, 接收针对每个通道定义的 PCM 模拟数据并写入 PCM 输出板的数据存储器。在接收到配置管理软件的开始发送模拟数据的指令后, 数据处理模块循环读取数据存储器中的 PCM 模拟数据, 进行 PCM 码型变换, 按照事先设置的位速率输出 PCM 数据、位时钟、字时钟、子帧时钟、全帧时钟。

板卡可输出 4 路 PCM 模拟信号, 信号电平分为 TTL 和 RS-422, PCM 位速率分为 200 K、500 K、1 M、2 M、5 M、10 M、20 Mbps 可设置, 每一全帧第一位输出时间, 时间分辨率 1 ms 且放置位置可设置。PCM 信号板工作原理如图 2 所示。

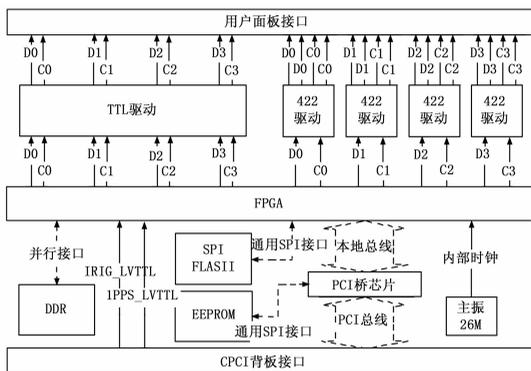


图 2 PCM 信号板工作原理示意图

2.3 MIL-STD-1553B 信号板设计

通过 CPCI 总线背板接口以及驱动软件接收配置管理软件发送的针对每条消息设置的消息类型、地址、子地址、数据字数、数据字内容、消息间隔、耦合方式, 完成数据处理模块相关寄存器和数据存储器的配置工作; 通过应用程序, 可以控制数据处理模块单次或循环发送数据存储器中的 1553B 模拟消息, 通过并串转换后进行曼彻斯特编码, 经 1553B 总线驱动芯片处理后, 直接耦合输出或变压器耦合输出。

该板卡输出 1 路双冗余 1553B 总线数据, 耦合形式分为直接或变压器耦合, 总线负荷模拟可通过设置消息发送间隔进行设置。1553B 信号板工作原理如图 3 所示。

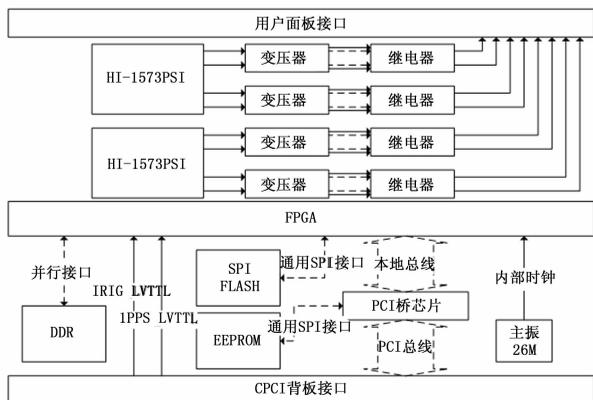


图 3 1553B 信号板工作原理示意图

2.4 ARINC-429 信号板设计

通过 CPCI 总线背板接口以及驱动软件接收配置管理软件

发送的针对每路 429 通道的速率, 数据块长度, 以及数据块中每个 429 数据字的 Label、SDI、数据、Parity, 完成数据处理模块相关寄存器和数据存储器的配置工作。数据处理模块循环发送数据存储器中的 429 数据块, 按照设置的输出速率, 经 429 总线驱动芯片处理后输出。板卡可输出 12 通道的 429 总线数据, 速率可选 12.5 kbps 或 100 kbps, 429 信号板工作原理如图 4 所示。

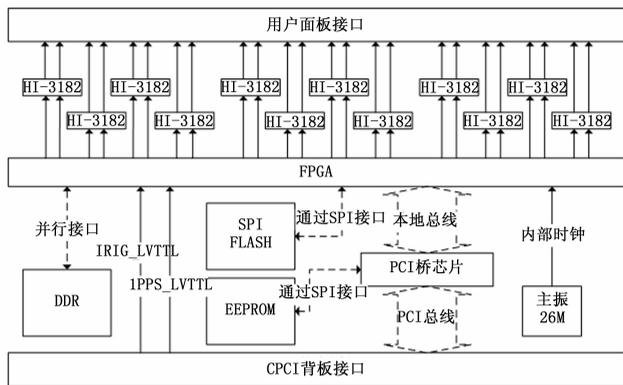


图 4 429 信号板工作原理示意图

2.5 时码板设计

板卡内嵌 GPS 接收机接收外部 GPS 信号, 提取 GPS 时、分、秒, 也支持接收外部 IRIG-B AC 码, 得到时、分、秒、毫秒、微秒由板上时间计数器产生, 在整秒开始时刻清零重新计数; 数据处理模块支持内部时间, 同步跟随外部时间, 当外部时间丢失时, 启用内部时间; 时、分、秒、毫秒、微秒支持 CPU 板上运行的软件读取; 通过板卡前面板上用户连接器向外输出 IRIG-B AC/DC 码和 1PPS, 通过背板总线接口向其他功能板发送 IRIG-B DC 码和 1PPS。工作原理总体如图 5 所示。

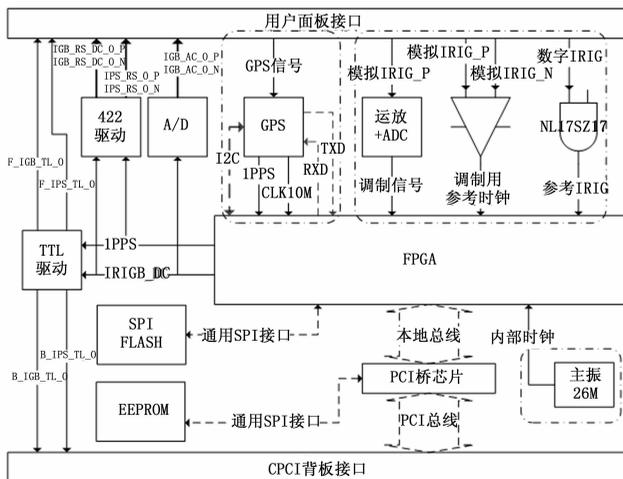


图 5 时码板工作原理示意图

3 软件设计

多功能信号源应用软件主要根据实际信号输出的需求, 通过人机界面进行各功能板模拟信号设置、帧格式设置、帧间隔设置、时间嵌入设置, 生成设置文件, 将设置文件分别加载到各个功能板, 启动/停止信号发送。另外, 设置、产生并发送以太网数据以及 UART 数据。应用软件包括配置管理软件及以太网/UART 模拟软件两大部分。如图 6 所示, 软件采用模

(下转第 301 页)

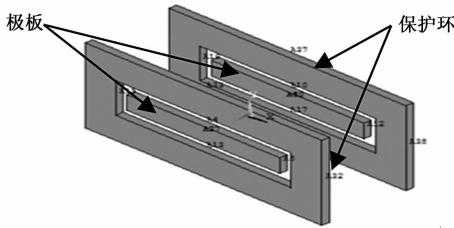


图 10 等电位保护环模型

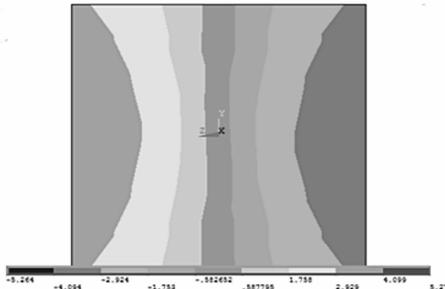


图 11 接入等电位保护环, 传感器电位分布图

进行测量时, 测量结果偏差不会太大。另外, 为了最大限度的减小测量偏差, 应该尽量将纱线置于检测区域中间部位。

(上接第 297 页)

块化设计, 主要由主控模块、PCM 信号设置模块、MIL-STD-1553B 信号设置模块、ARINC-429 信号设置模块、设置文件生成模块、设置文件加载模块、以太网数据模拟模块、UART 数据模拟模块组成。

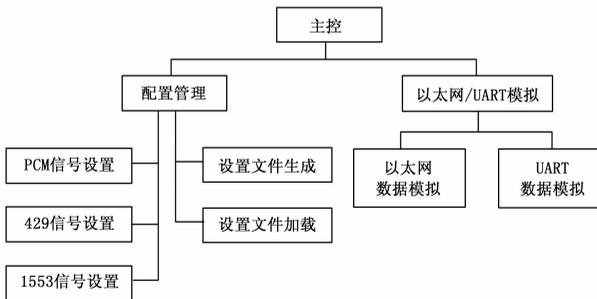


图 6 应用软件组成示意图

根据实际需要, 可分别调用相应软件模块对 PCM 信号模拟、1553 信号模拟、429 总线数据模拟进行相关设置, 包括发送的数据帧结构, 数据帧内容等。在完成全部设置后, 可选择生成配置文件并保存设置, 以便以后使用同样的配置。然后可通过设置文件加载, 将设置文件发送至相应的板卡。以太网及 UART 模拟数据的设置, 直接在以太网/UART 模拟软件中完成。在主控模块的界面中, 可进行仿真发送相关控制的设置, 包括各类仿真数据是否发送, 某一类数据通过哪些通道发送等, 以及是否连续循环发送, 还是逐帧发送。

地面软件与设备连接成功后, 根据设备的配置信息, 软件会显示各个信号源的启动状态, 根据需要选择相应信号源进行配置并输出信号。选取以太网为例来介绍, 双击信号源浏览处的以太网信号源。

选择好数据包类型之后点击数据定义, 将弹出对应类型的数据配置框 (IENA 或者 INET), 数据包定义配置好之后, 根据数据配置对话框来配置包定义的数据部分内容, 配置完成之

5 结论

文章使用 ANSYS 有限元分析软件, 构建了平行极板电容传感器与待测纤维量的三维模型, 对传感器各结构参数进行优化设计, 仿真结果表明, 经优化后的传感器可以满足检测纤维的灵敏度及线性度的要求, 保证了检测条干均匀度的准确性。通过对极板接入等电位保护环, 有效抑制了电容传感器的边缘效应, 使传感器的灵敏场更加均匀, 为传感器的优化设计提供了依据, 同时也为计算纱线的条干不匀度奠定了基础。

参考文献:

[1] 张 君, 许锦峰, 姚恩涛, 等. 测量围护结构含水率的同面散射场式电容传感器设计 [J]. 计测技术, 2008, 28 (1): 7-11.

[2] 曹 河, 董恩生, 范作宪, 等. 同面多电极电容传感器优化设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (6): 1711-1714.

[3] 曲开文. 电容传感器的三维静电场分析及其优化设计 [D]. 沈阳: 东北大学, 2010.

[4] 王兆华. 基于有源电桥的电容式传感器及其测量系统的研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2006.

[5] 李宁波. 纱条条干均匀度测试仪新型专用电容传感器的研究 [D]. 西安: 西安工程科技学院, 2005.

[6] 樊玉铭, 赵鸿林. 条干不均匀度检测装置中电容传感器的研究 [J]. 天津大学学报, 1996, 29 (6): 930-937.

后点击确定, 生成对应数据内容, 在发送界面点击发送即可, 其他板卡与此类似。

4 实验结果及结论

飞行试验中对整个系统进行了联试, 对系统功能和技术指标进行了验证, 通过应用软件可以设置 PCM 模拟数据、MIL-STD-1553B 总线模拟数据、ARINC-429 总线模拟数据、RS232/RS422 总线模拟数据、以太网模拟数据的格式和数据内容, 并可将从外部接收的 GPS 信号或 IRIG-B AC/DC 码中提取的时间信息嵌入模拟数据中输出。

多功能信号源在基于标准化、可靠性设计的基础上实现了多类型、多通道的高精度、高可靠性信号的独立输出和同时输出。

5 结束语

本文提出了一种新型多功能信号源设计方案, 详细阐述了信号源系统的硬件及软件设计, 方案设计兼顾标准化、高速、可靠性 3 个方面, 可实现多类型、多通道信号的发送, 系统工作稳定、可靠性高, 实验结果表明, 该方案满足设计需求, 该套系统已成功应用于飞行试验中, 系统采用模块化与通用化的设计思路, 对其他领域的应用也有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 蔡卓准, 万玲玉. 基于 ZigBee 技术的多信号源控制系统 [J]. 计算机应用, 2015, 35 (17): 11-13.

[2] 田晓丹, 张会新, 刘文怡. 一种新型多功能信号源系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (7): 2604-2606.

[3] 牛 耕, 陈思宇, 于继翔. 基于 DDS 技术的正弦交流信号源的设计 [J]. 现代电子技术, 2012, 35 (3): 52-56.

[4] 孙 群, 宋 卿. 基于 DDS 技术的便携式波形信号发生器 [J]. 仪表技术与传感器, 2009 (4): 69.

[5] 杨建华, 于小宁, 朗宝华. DDS 技术和 FPGA 在多功能信号源中的应用 [J]. 西安工业大学学报, 2012, 32 (4): 334-338.

[6] 王 丹, 李 平, 文玉梅, 等. 采用 DDS 频率合成的虚拟信号发生器研究 [J]. 传感技术学报, 2007, 20 (3): 586.