

基于 VPX 标准的车载综合信息系统设计

卫攸宁, 杨鹏, 张宇, 毛微, 袁佳

(西南技术物理研究所, 成都 610041)

摘要: 针对车载武器系统技术发展和型号研制的实际要求, 设计一套基于 VPX 标准的车载综合信息处理系统; 该系统具备强大的数据处理能力和数据交换能力, 采用 Rapid IO 和以太网双总线形式对不同类型、不同数据量的系统数据进行分类传输, 经实际应用具有高实时性、高可靠性、高通用性、高扩展性等特点, 是新一代车载综合信息处理系统的发展趋势和方向。

关键词: VPX 标准; 综合信息处理; Rapid IO 总线; 以太网总线

Design of Vehicle Comprehensive Information Processing System Based on VPX Standard

Wei Youning, Yang Peng, Zhang Yu, Mao Wei, Yuan Jia

(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu 610041, China)

Abstract: According to the actual demands of the development of vehicle weapon system, an vehicle comprehensive information processing platform based on the VPX standard is designed. This system has powerful data processing and exchange capacity, which uses the Rapid IO bus and the Ethernet bus to transfer the different types and the different amounts of system data with the classified ways. This system has characteristics of high time-limited, high reliability, high generality and high scalability. It will be the trend and the direction of the new vehicle comprehensive information processing system.

Keywords: VPX standard; comprehensive information processing; Rapid IO bus; Ethernet bus.

0 引言

随着现代陆军武器系统向着信息化、智能化、轻型化、高机动化的方向发展, 对武器系统的综合信息处理平台提出了更高的要求。

车载综合信息处理系统是武器系统的指挥控制、战场感知、信号处理的综合平台。车辆平台内部空间狭小, 电磁环境复杂, 使用环境恶劣, 维修保障困难, 对综合信息处理系统的可靠性、维修性、安全性要求更高。传统车载综合信息处理系统通常采用分布式体系架构, 各功能模块相互独立, 采用 RS422、CAN、1553B 等总线进行通信, 总线数据传输带宽窄, 时序控制复杂, 数据交互能力差, 各功能模块单独机箱供电, 造成体积重量大, 系统电气复杂等问题。箱内总线大多采用 CPCI、VME 等并行总线, 目前车载传感器及终端已实现智能化、数字化, 信息传输量呈爆炸式增长, 对信息处理系统的运算速度和传输带宽提出更高要求, 传统的并行总线信息处理系统已达到性能极限, 难以满足日益增长的信息处理需求, 且不能实现大数据量的信息共享和信息融合, 制约了武器系统的信息化、智能化发展。

针对现代陆军武器系统的应用需求, 提出一种基于

VPX 标准的车载综合信息处理系统设计方案, 重点对该处理系统的总体架构、交互式总线网络、主控模块、信号处理模块、综合控制模块、接口模块进行详细分析设计, 并对系统性能进行测试与验证。

1 VPX 标准及 Rapid IO 总线

VPX 标准是由美国军方授权 VME 国际贸易协会组织, 联合 28 家公司共同制定的为军用、航空航天、国防等领域提供高可靠性计算机标准。该标准 2009 年形成草案, 2010 年发布。VPX 标准包含 VITA46、VITA48、VITA65 等标准, VITA46 标准是 VPX 的基本标准, 并集成目前最新串行总线 RapidIO、PCI-Express 和千兆以太网等, 支持更高的背板带宽; VITA48 标准定义电路板结构要求、散热要求、防静电要求等。VITA65 标准定义供电分配、标准底板、拓扑结构等。VPX 核心交换可以提供 32 对差分对, 每对差分对理论上可以提供 10Gbps 的数据交换能力, 一个 VPX 模块理论上最高可以提供 8GByte/s 的数据交换能力。

Rapid IO 技术是一种高性能、低引脚数、基于包交换的交叉开关互联技术, 是第一个嵌入式系统互连国际标准。Rapid IO 技术主要面向高性能嵌入式系统的互联通信, 非常适合于多器件紧耦合的工作环境, 具备高带宽、低延时、高效率及高可靠性的优点。Rapid IO 技术多采用基于交换板的互连拓扑结构, Rapid IO 端点设备间不直接互连, 而

收稿日期:2019-04-11; 修回日期:2019-05-17。

作者简介:卫攸宁(1986-),男,河南郑州人,硕士学位,高级工程师,主要从事系统控制方向的研究

是通过交换板互连。基于交换开关网络的 Rapid IO 互连架构可以贯穿系统互连的各个层次, 包括芯片级、板卡级、模块级和设备级, 系统中真正实现多组并发的数据交换, 突破旧的共享带宽瓶颈, 系统配置灵活、规模可增减, 为容错重构提供了技术支持。

2 综合信息处理系统设计

综合信息处理系统主要设计指导思想是实现武器系统内部互联互通、信息共享、增强信息化作战能力、减少体积重量。综合信息处理系统采用符合 VPX 标准的高性能硬件平台为基础, 主要实现系统控制、流程管理、任务调度、信息处理、综合显示和人机交互等功能。综合信息处理系统电子箱共有 13 个 6U 板卡槽位, 采用 IPMC 健康管理系统实时监控箱内板卡电压、温度、上电状态等信息, 出现异常时及时定位故障板卡, 并实施远程复位或远程重启。系统组成框图如图 1 所示。

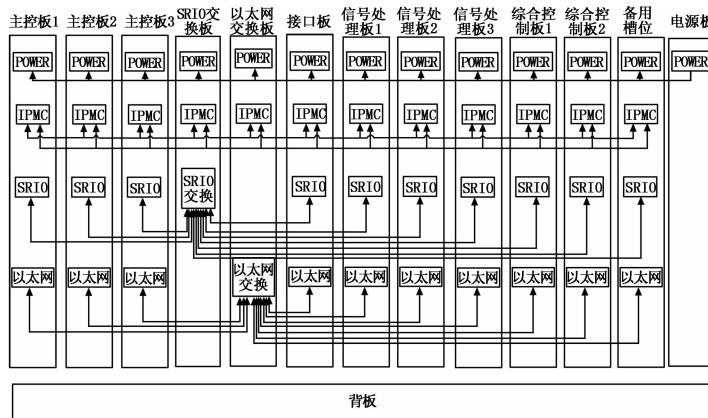


图 1 系统组成框图

综合信息处理系统由 3 块主控板、1 块 Rapid IO 交换板、1 块以太网交换板、1 块接口板、3 块信号处理板、2 块综合控制板、1 块电源板、1 块背板和 1 个备用槽位组成。

主控板主要是实现车载武器系统的模式设置、指挥通信、作战流程控制、任务调度、故障检测、人机交互等功能, 采用 C/S 架构, 其中服务器主控板负责信息收集, 集中处理系统数据、状态、指令等信息, 并实现系统工作流程, 同时对客户端主控板进行权限管理。客户端主控板根据任务分工实现不同的作战功能, 并可以通过远程终端登录服务器主控板对系统进行遥控操作。

Rapid IO 交换板和以太网交换板共同负责综合信息处理系统的总线数据交换, 设计中针对不同数据类型和数据量选择合适的总线进行通信, 发挥各自优点提高系统性能和稳定性。

接口板主要根据应用需求实现接口转换功能, 将外部视频信号、雷达信号、控制信号等转成内部总线信号进行数据传输与共享。

信号处理板主要依靠其强大的数据运算能力负责例如

视频信号、雷达信号等大数据量、低延时信号的实时运算和处理。

综合控制板主要替代传统车载系统中各分系统的主控电子箱, 将原本各分系统的独立控制单元融合进 VPX 综合信息处理系统, 依靠强大的处理能力和总线带宽提高系统综合性能, 并大幅减少车载控制系统体积重量, 简化系统电气布线。

3 交互式总线网络设计

车载综合信息处理系统采用双总线设计, VPX 电子箱内所有功能板卡同时连接 Rapid IO 总线和以太网总线, 两种总线都采用星型连接方式, 数据交互快捷方便。Rapid IO 总线主要负责数据量大、延时低的图像数据、雷达数据传输。采用 DMA 方式将数据流不断传输到接收方地址空间, 该方式传输效率高、系统开销小、稳定可靠, 可以节省大量处理器资源用于算法实现。同时, Rapid IO 总线可以直接通过光纤进行外部扩展, 在光纤上执行 Rapid IO 协议可以避免收发端协议转换开销, 提高系统实时性, 并利用光纤的大带宽、高抗干扰能力实现系统之间信息的高速远距离传输, 便于系统组网和信息共享。Rapid IO 总线网络拓扑图如图 2 所示。

千兆以太网总线负责车载系统指令、状态数据的传输, 具有技术成熟、应用广泛等特点, 并且使用以太网交换板端口镜像功能可以方便快捷的实现系统以太网数据的实时监控与记录。系统指令、状态数据采用组播方式, 既能实现一对多发送, 又能根据是否加入组播地址控制数据接收。该方式大幅增强以太网总线灵活性, 发送方只需要发送一份数据, 多个接收方可根据任务需要自行控制数据接收, 避免发送方重复发送。并且通过千兆以太网接口实现车载系统远程控制功能, 远程终端通过以太网接入车载服务器, 身份认证通过后可向服务器发送控制指令, 并可以加入规定的组播地址接收系统状态和数据。以太网总线拓扑图如图 3 所示。

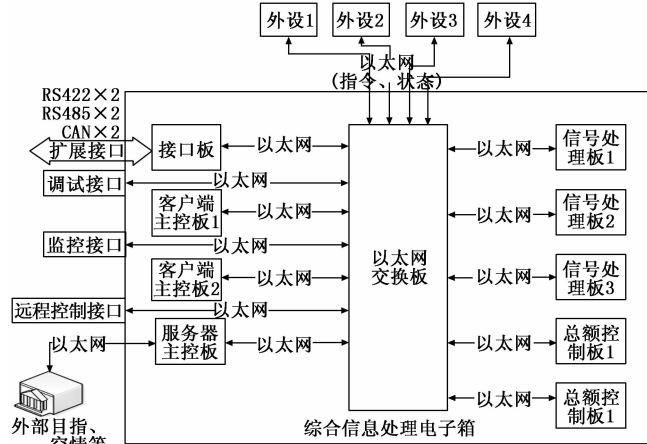


图 2 Rapid IO 总线网络拓扑图

能, 选择 TI 现有的 C28346 高性能浮点微控制器。C28346 提供高达 300 MHz 的浮点性能, 并具有高达 516 KB 的片上 RAM。C28346 基于 C28x™ 内核, 这使得它与所有 C28x 微控制器的代码兼容, 便于缩短程序开发周期。C28346 的片上外设和低延迟内核能够完成对性能要求极高的实时控制, 对提高车载综合信息处理系统实时性有很大帮助。FPGA 用于实现板卡接口扩展、接口管理、协议转换等功能, 并可以通过 ZYNQ 内部集成的 ARM 处理器实现任务调度、数据存储等功能。板载多片 DSP 和 FPGA, 可以最大限度集成控制模块, 实现体积、重量、功耗的大幅减小, 并且更加模块化, 方便根据任务需求进行扩展。综合控制板组成框图如图 6 所示。

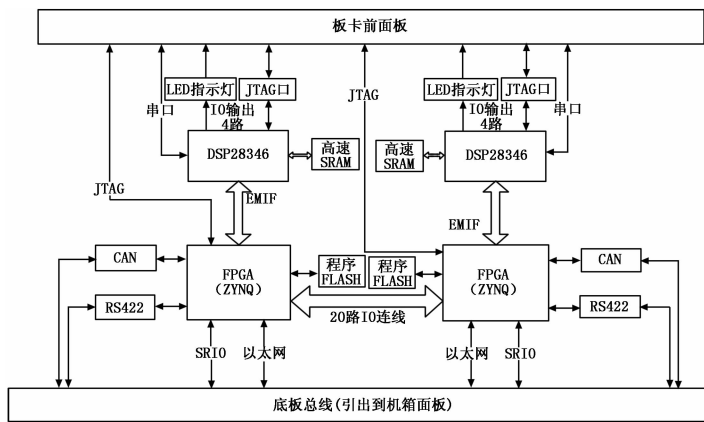


图 6 综合控制板组成框图

接口板为定制产品, 根据不同的任务需求设计不同的硬件平台。车载综合信息处理系统主要考虑兼容目前常用的车载控制总线, 如 CAN、1553B、422、485 以及常用的高速数据总线, 如万兆光纤、Cameralink 等。接口板收到外部信息后可以通过板上处理器对外部总线协议重新打包, 根据原有总线协议将数据帧的帧头帧尾以及数据内容全部封装, 再根据内部传输通道选择按照 Rapid IO 总线或千兆以太网总线进行箱内传输, 箱内板卡对外发送时则反向操作。该方式可以实现内外信息透传, 能够快速实现对现有装备的升级改造, 避免因传输链路更改而造成的系统通信协议改动以及各子系统应用程序改动。

5 结果与分析

车载综合信息处理系统通过长达 4 000 公里跑车试验, 车辆到位展开后 VPX 加固机箱各连接器及内部所有板卡均未出现松动现象, 系统上电工作正常。随后在高温高寒地区进行 8 个月的测试试验工作, 其中包括系统功能测试、高低温测试、24 小时拷机测试、电磁兼容性测试等。

系统功能测试采用数据量分别为 60 MB/s、120 MB/s、180 MB/s、240 MB/s 的图像数据对 Rapid IO 总线带宽和信号处理板处理能力进行测试。通过测试, Rapid IO 总线在 240 MB/s 数据量下采用 DMA 方式能够长时间稳定工作, 未出现数据发送失败或丢包等故障。在一般算法复杂度情

况下, 单个信号处理板可对 240 MB/s 的图像数据进行实时处理, 实现目标搜索、识别、跟踪等功能。算法复杂度增加时可采用多个信号处理板协同工作, 系统信号处理能力可根据实际需求灵活配置。

高低温试验和拷机试验通过 IPMC 健康管理系统进行监控和记录, 分别在 40 度、-25 度环境下进行系统功能验证, 通过 IPMC 周期读取并记录箱内各功能板卡电压、电流、温度等信息。经过测试高温下未出现板卡过热、死机、重启等故障, 低温下未出现电压异常, 无法启动等故障。拷机过程中随机对系统功能进行验证, 未出现无响应, 不工作等异常状况。

电磁兼容性按照国军标设计, 通风口处采用波导网, 机箱盖板采用导电密封胶条, 电源进行滤波等相关处理。系统在车载发电机工作, 雷达无线电系统满功率输出, 伺服机构大角度调转时均未受到干扰, 工作一切正常, 电磁兼容性良好。

经测试, 综合信息处理系统功能正常、运行稳定可靠、环境适应性强、各项性能指标符合设计要求。

6 结论

基于 VPX 标准的车载综合信息处理系统处理能力强、总线带宽高、系统稳定性好、整体抗干扰能力强、环境适应性好、便于维护扩展, 适合于各种复杂应用场景。目前基于 VPX 标准的信息处理系统已在机载、舰载平台广泛应用, 随着陆军武器装备朝着信息化、小型化、高机动化方向发展, 基于 VPX 标准的车载综合信息处理系统必将在更广阔的领域发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] American National Standard for VPX Baseline Standard. 46. 0 - 2007 ANSI/VITA [S]. America: VITA, 2007: 18 - 48.
- [2] 张天林. CPC1-E 与 VPX 总线标准的比较分析 [J]. 工业控制计算机, 2009, 22 (7): 1 - 2.
- [3] 姬叶华. 基于 VPX 总线的抗恶劣环境计算机 [J]. 计算机工程, 2008, 34 (Z1): 102 - 104.
- [4] 王 燕. 基于 VPX 总线的高速数字电路测试系统研究及应用 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (1): 4 - 6.
- [5] 黄泳铭. 基于 VPX 总线的车载计算平台设计 [J]. 测控技术, 2011, 30 (4): 94 - 103.
- [6] 陈志列. 基于 VPX 总线的高级计算平台的研究与设计 [J]. 兵工自动化, 2012, 31 (4): 24 - 31.
- [7] 马瑞萍. 基于 VPX 总线的潜射导弹综合电气系统集成化设计 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (7): 132 - 135.
- [8] 孙高俊. 基于 VPX 总线的雷达数据处理平台设计 [J]. 雷达科学与技术, 2019, 17 (1): 99 - 103.
- [9] 宋玉霞. 基于 TMS320C667x 和 VPX 的雷达处理系统设计及应用 [J]. 雷达科学与技术, 2016, 46 (11): 71 - 74.
- [10] 张潇潇. 基于 VPX 的网络传输设计 [J]. 飞行器测控学报, 2013, 32 (5): 414 - 418.