

某型复杂装备车载状态监测系统设计

邱文昊¹, 黄考利², 连光耀², 张西山¹

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003; 2. 军械技术研究所, 石家庄 050003)

摘要: 某型复杂装备现有设备监测数据达不到对全车的故障诊断与健康状态评估所需数据的要求, 通过分析其整车电气信号, 为满足复杂装备对整车数据的监测需求, 设计了车载状态监测系统; 给出了车载监测系统的总体架构, 对综合控制处理电路、实时数据采集处理电路、总线数据监控电路和车载显示系统硬件进行了设计, 设计了车载采集与报警系统和显示系统软件, 最后对系统进行了车载测试, 表明系统能够对复杂装备的实时运行状态进行监测, 完成基本的故障诊断功能, 为早期发现故障缺陷, 提出处置措施, 开展系统健康管理提供了条件。

关键词: 装备; 状态监测; 故障诊断; 车载系统

Vehicular State Monitoring System Design of a Complex Equipment

Qiu Wenhao¹, Huang Kaoli², Lian Guangyao², Zhang Xishan¹

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China; 2. Ordnance Engineering Institute, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: The existing equipment state data of a complex equipment can not meet the requirements of the entire vehicle fault diagnosis and health status assessment, to meet the monitoring needs of vehicle data, the vehicular state monitoring system was designed by analyzing the vehicle electrical signal. The overall architecture of the vehicular state monitoring system was proposed, hardware of integrated control circuit for processing, real-time data acquisition and processing circuit, bus data state circuit and vehicle display system has been designed, software of vehicular collection and alarm systems and display systems has been designed, Finally, the vehicle testing data show that the system can monitor the real-time status state of complex equipment and complete the basic fault diagnosis functions. It makes possible for early detection of faults, disposal measures proposed and health management of the equipment.

Keywords: equipment; state monitoring; fault diagnosis; vehicular system

0 引言

随着越来越多先进技术的发展及在装备中的应用, 使装备作战技术性能提高的同时其复杂程度也相应的增大, 进而产生较高的故障率, 严重影响装备的运行状态^[1]。准确掌握装备运行的状态, 保持其战备完好性是进行装备训练和科学作战的基础, 是对装备实施维修辅助决策的重要依据^[2], 对保持装备较高的作战性能具有重要的意义。

某型装备是我军重点列装的高新技术装备, 它集机、光、电、液、气和计算机技术于一体, 应用了大量高新技术成果, 具有较高的战技术性能^[3]。从结构上来说, 一般将其分为上装和底盘两部分, 完成上装部分监测功能的为炮长任务终端, 驾驶员任务终端对底盘部分进行监测, 但仅仅获取装备的部分信号, 例如对油温、压力等简单预警, 远远达不到进行故障诊断和健康状态评估所需的信息, 影响装备的维修性和保障性水平。本文设计了一种车

载状态监测系统, 通过软硬件设计可以采集装备的完整信息, 并将信息集中到一个监测装置以实现全车的健康状态评估。

1 系统整体方案

1.1 对象分析

某型复杂装备分为底盘和炮塔两部分, 底盘系统主要由动力部分、传动部分、行动部分、操纵部分以及电源等组成, 炮塔系统主要由火力系统、火控系统、电气控制系统等组成^[4]。

收稿日期: 2014-09-01; 修回日期: 2014-09-30。

作者简介: 邱文昊(1990-), 男, 山东滕州人, 在读硕士生, 主要从事装备故障诊断与预测方向的研究。

根据实际工程情况分析可知, 本系统对装备进行监测的主要参数包括动力装置基本信息、底盘电气系统信息、炮长任务终端采集的信息以及火控系统相关参数, 通过获取主要参数的实时信息, 了解装备的运行状态, 同时建立起基于参数的专家诊断系统和健康状态评估系统, 提高装备的保障性和维修性水平。

1.2 系统总体方案

车载状态监测系统主要完成装备电气信号的采集、处理、分析以及报警等功能, 包括车载数据采集单元、数据处理报警单元、显示单元以及相应的车载软硬件, 系统总体组成如图 1 所示。

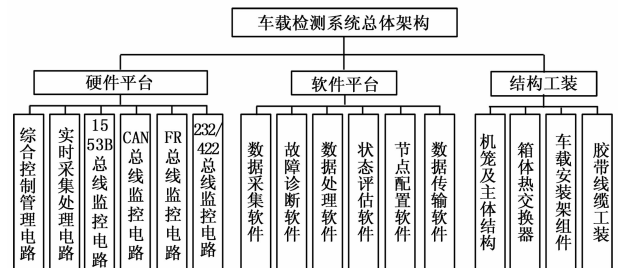


图 1 系统组成框图

车载状态监测系统主要由计算机硬件平台、软件平台和结构工装组成。硬件上采用高速, 基于 RocketIO 非标定制的总线结构, 主要包括综合控制管理电路、实时采集处理电路、1553B 总线监控电路、CAN 总线监控电路、232/422 总线监控电路和 Flexray 总线监控电路; 软件平台包括无线载荷采集软件模块、实时信号采集处理应用软件模块、故障诊断软件模块、数据传输软件和其它软件模块, 软件层面上, 嵌入式综合控制管理电路采用实时操作系统 VxWorks, 实时数据采集电路

运行基于 Verilog 或 VHDL 编写的嵌入式功能应用程序；结构工装主要由机笼及主体结构、箱体热交换器、车载安装架组件和胶带线缆工装组成。

2 系统硬件设计

2.1 综合控制处理电路

综合控制处理电路包括内嵌 PowerPC 处理器和 XtremDSP 硬核的 FPGA 控制电路、高速板间数据交换总线接口电路、数据存取功能电路模块、时统功能电路模块、固态大容量存储器电路、USB/CAN/LAN/RS232 - 422 数据通道接口电路。如图 2 所示。

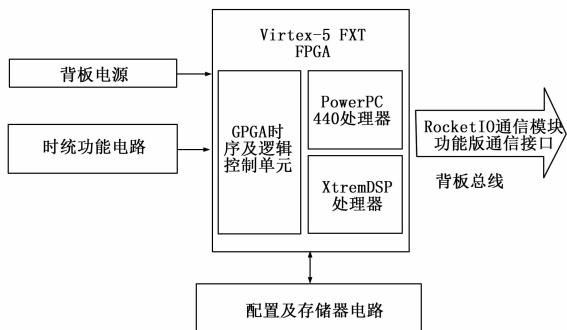


图 2 综合控制管处理电路

2.2 实时数据采集处理电路

实时数据采集电路以 Xilinx Virtex-5 LSX FPGA 为控制核心，完成对 ICP 型振动传感器信号、转速传感器信号、模拟量信号、数字量信号采集、数字量信号输出，采集数据的时域/频域信号处理和特征提取（时域如烈度、峭度等，频域如 FFT 等）等、数据实时上传等功能。相对于嵌入式综合控制处理电路而言，选择采用 Virtex-5 SXT 芯片，器件虽不具备 Power·PC440 处理器功能，但具有高级串行连接功能的高性能信号处理功能，适用于多通道传感器信号的并行实时采集处理的应用场合^[5]。图 3 为实时数据采集电路的原理图。

在信号采集处理电路端，设计专用的恒流源信号调理电路，通过 AD 采集电路采集 ICP 型振动传感器输出的电压信号，FPGA 内部控制逻辑控制 AD 转换器采集，并将转换后数据进行时频和存储处理。

2.3 总线数据监控电路

2.3.1 CAN 总线数据采集模块

CAN 总线数据采集模块结构如图 4 所示。

CAN 总线上各节点之间的数据交换实现方式如下：通过 PCIe 接口芯片将来自上位机的数据信息暂时保存于双口 RAM IDT7132 中，由单片机（MCU）控制两片 SJA1000 型号的 CAN 总线控制器。CAN 总线控制器 SJA1000 将这些数据信息

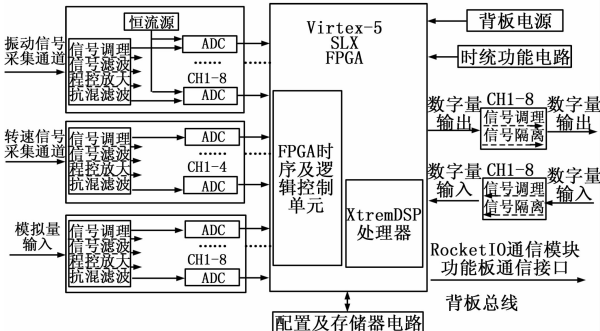


图 3 实时数据采集电路

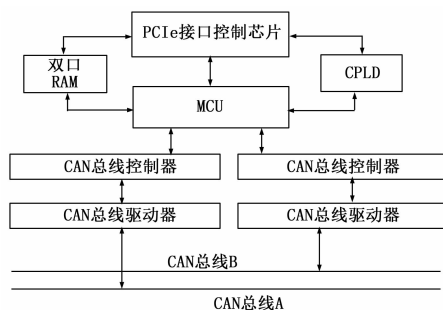


图 4 CAN 总线结构图

下发给 CAN 总线上各个节点，同时单片机负责将两路 CAN 总线上接收到的数据送至与 PC 机通信的双口 RAM 上，再经 PC3 接口传送至上位机作进一步数据处理分析。CPLD 完成对接口芯片、双口 RAM 以及单片机三者之间的逻辑控制、总线仲裁等任务。

2.3.2 Flexray 总线数据采集模块

Flexray 总线数据采集模块结构如图 5 所示。

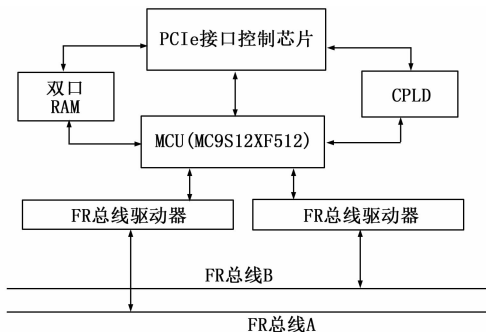


图 5 Flexray 总线结构图

Flexray 总线驱动器采用型号为 TJA1080，完成 Flexray 总线驱动器与协议芯片之间的电平转换，Flexray 总线控制器集成在单片机 MC9S12XF512 内部，完成所有的 Flexray 总线驱动器消息的接收与发送，串行数据和并行数据的转换，发送数据和接收数据的缓冲，总线切换，错误重发，产生相应的状态信息和中断，与主机交换数据等。同时单片机负责将两路 Flexray 总线上接收到的数据送至与 PC 机通信的双口 RAM 上，再经 PCIe 接口传送至上位机作进一步数据处理分析。CPLD 完成对接口芯片、双口 RAM 以及单片机三者之间的逻辑控制、总线仲裁等任务。

2.3.3 1553B 总线数据采集模块

1553B 总线数据采集模块结构如图 6 所示。

隔离变压器完成 1553B 总线与协议芯片之间的电平转换及进行总线与协议芯片之间的隔离，1553B 协议芯片完成所有的 1553B 消息的接收与发送，其功能包括命令字，数据字，状态字的曼彻斯特码的产生和接收，串行数据和并行数据的转换，发送数据和接收数据的缓冲，总线切换，错误重发，产生相应的状态信息和中断，与主机交换数据等。

2.4 车载显示系统

硬件平台由嵌入式控制电路（含车载电源调整电路）和显控系统组成。综合嵌入式控制电路以 Freescale 公司的 i.MX5xx 为系统控制芯片，它是整个车载采集处理与报警系统的核心模块，完成对来自车载采集处理与报警系统的数据的接收、解析、显示与报警，并支持数据的回显与查询。Freescale 公司的 i.MX5xx 处理器采用了先进、高效率的 ARM Cor-

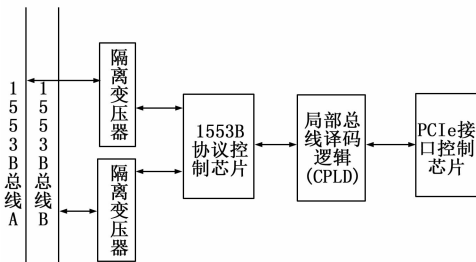


图 6 1553B 总线结构图

tex A8 内核, 运行在 800 MHz 的高速下。i.MX5xx 处理器具有强大的图形处理能力, 它提供两个独立的、集成的图形处理元件: OpenGL ES 2.0 3D 图形加速器 (27 Mtrix/s、166 Mpix/s) 和 OpenVG 1.1 2D 图形加速器 (166 Mpix/s)。i.MX5xx 处理器接口支持与所有常用的外部存储的连接: DDR2、移动 DDR、NOR 闪存、PSRAM、NAND 闪存和 one-NAND。车载电源调整电路设计在嵌入式控制电路上, 通过电源管理芯片 PMIC、MOSFET 等功能元件实现 5 V、3.3 V、2.7 V、1.8 V、1.2 V、1.05 V、0.8 V 电压输出^[6]。显控单元主要由 LCD 显示单元和键盘控制器组成。

3 系统软件设计

3.1 车载采集与报警系统

嵌入式综合控制管理电路采用实时操作系统 VxWorks, 运行时统一管理软件模块、板间总线数据交换软件模块、存储器数据转存软件模块和 BIT 软件模块; 总线监控电路和实时数据采集电路运行基于 Verilog 或 VHDL 编写的嵌入式功能应用程序, 分别运行总线监控软件模块以及实时信号采集软件模块、时频信号处理软件模块、时统管理软件模块、板间数据交换软件模块、数据实时转发软件模块和 BIT 软件模块, 如图 7 所示。

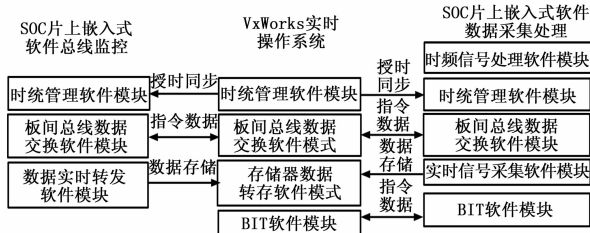


图 7 车载采集与报警系统软件组成

系统利用底层的控制、驱动软件模块, 实现数据采集处理、超限监控、实时报警、存储转发以及数据通信等功能。

1) 数据采集与处理模块实现对采集信号进行特征提取, 实现对信号的时域、频域特征的提取。对于时域特征, 系统应至少提供对其峭度、峰值、有效值的计算; 对于频域特征, 系统提供 FFT 计算, 并提取其基频以及各阶倍频的幅值、能量等;

2) 超限监控模块通过读取特征值和液压系统阈值文件、电气系统阈值文件、变速箱阈值文件等, 将特征值和相应的阈值进行比较来判断特征值是否超限, 如果超限将发送信息至车载显示系统用于警告显示。

3) 实时报警模块接收 BIT 发送过来的故障信息, 通过验证故障信息的有效性判断是否要对故障信息进行分析, 当对有效地故障信息进行分析处理之后发送给车载信息系统, 并对故障信息进行存储。

4) 存储转发模块主要完成采集数据的存储以及对实时监测、故障诊断和预测结果的转存, 并提供对车载显示系统发出

的数据请求的响应。数据按照一定的格式协议, 以文件形式存储于车载可移动存储卡中, 以便进行事后数据分析。

3.2 显示系统

车载显示系统采用 Linux 操作系统, 运行车载显示控制软件模块、RS422 串口通信模块、10/100 Mbps 以太网接口通信软件模块、存储器数据转存软件模块, 如图 8 所示。

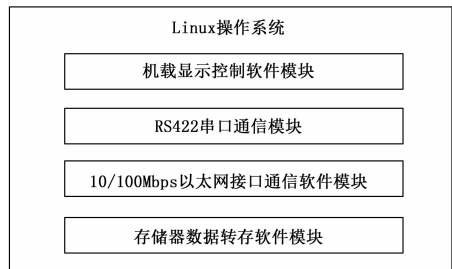


图 8 显示系统软件组成

车载显示系统利用底层的车载显示控制软件模块、串口/以太网口通信软件模块等实现车载显示系统与用户的交互, 主要实现以下几方面功能:

- 1) 与车载采集处理与报警系统的通信;
- 2) 报警信息的显示;
- 3) 响应按键处理;
- 4) 历史数据的查询和回放;
- 5) 下载并存储数据。

4 应用实例

将系统应用在某型复杂装备上, 实现了对复杂装备的实时数据监测, 通过获取装备的运行参数, 包括底盘数据、动力装置参数、供电系统数据、上装通信数据和射击单元数据等, 及时观察装备的运行状态, 判断是否存在超限数据, 以实现车载报警功能。

通过设置输弹机控制箱 CAN 通信板故障, 检验故障诊断软件根据实时监测数据进行故障诊断的能力, 试验证明故障诊断软件能够准确的对设置的故障进行诊断。

5 结束语

本文通过对监测对象的分析, 设计了车载监测系统的总体架构, 并给出了合理的硬件设计和软件设计, 最后对系统进行了车载测试, 试验结果表明系统能够对复杂装备的实时运行状态进行监测, 完成基本的故障诊断功能, 为早期发现故障缺陷, 提出处置措施, 开展系统健康管理提供了一定条件。

参考文献:

- [1] 张培林, 曹建军, 任国全. 大型移动复杂装备状态监测系统研究 [J]. 火炮发射与控制学报, 2006 (3): 15-16.
- [2] 吴明强, 房红征, 文博武, 等. 飞行器故障预测与健康管理 (PHM) 集成工程环境研究 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (1): 98-99.
- [3] 曹建军. 基于提升小波包和改进蚁群算法的自行火炮在线诊断研究 [D]. 石家庄, 军械工程学院, 2007.
- [4] 潘玉田, 郭保全. 轮式自行火炮总体技术 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2009.
- [5] Mohammed Abdallah, FPGA-Based Adaptive Data Acquisition Scheduler—on—Chip (SchoC) for Heterogeneous Signals [A]. State University of New York Institute of Technology [C]. 2013: 223.
- [6] 陈望杰, 徐峰, 彭树生. 3 mm 波段定标仿真系统的嵌入式控制电路设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (9): 2542-2543.