

文章编号: 2095-4980(2015)04-0609-04

基于 CAN 总线的高可靠测控单元设计

汪 庆, 黄振卫

(中国工程物理研究院 电子工程研究所, 四川 绵阳 621999)

摘 要: 控制器局域网(CAN)总线在工业控制和工业自动化等领域有广泛的应用。成功研制了基于 CAN 总线的高可靠测控单元: 分析了 CAN 总线的特点及其在高可靠部件中应用的可行性和优越性; 基于先进的 RISC 机器(ARM)单片机和 CAN 总线, 设计了高可靠测控单元相应的软硬件, 实现了高可靠部件状态控制与测试功能。实验结果表明, 该测控单元具有实时性和可靠性, 很好地完成了高可靠部件测控任务。

关键词: CAN 总线; 测控单元; ARM 单片机; 高可靠部件

中图分类号: TN79; TP336

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201504.0609

Design of a high-credibility supervision unit based on CAN bus

WANG Qing, HUANG Zhenwei

(Institute of Electronic Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China)

Abstract: Control Area Network(CAN) bus is widely used in industry control and industry automation. A high-credibility supervision unit is successfully developed based on CAN bus. First, characteristics, feasibility and advantages of CAN bus in modules with high credibility are analyzed. Then, software and hardware of high-credibility supervision unit are designed based on Advanced RISC Machines(ARM) Single Chip Microcomputer(SCM) and CAN bus, and the state control and test to high-credibility module is realized. Experiment results indicate that the proposed unit achieves real time capability and reliability, and its supervision mission to high-credibility module is well accomplished.

Key words: Control Area Network bus; supervision unit; Advanced RISC Machines Single Chip Microcomputer; high credibility module

随着具有高可靠性需求的系统电子设备的复杂化, 将电子设备按一定的协议网络加以有效的综合, 使之达到资源与功能的共享, 对系统高可靠、简单化设计具有重要意义。高可靠系统等机动平台的通信网络, 既需满足各个功能子系统的实时性要求, 又需通过信息的交联达到功能综合目的。高可靠系统特别强调网络的可靠性和实时性, 如协议简单性、短帧信息传输、信息交换的频繁性、网络负载的稳定性、高安全、容错能力等^[1-3]。因此, 在高可靠系统中采用何种技术组建网络数据通道成为一个关键问题。

CAN 总线是由德国 BOSCH 公司在 20 世纪 80 年代为解决现代汽车中各种过程控制器、执行机构、监测仪器、传感器之间的数据通信而提出并开发的总线式串行通信网络^[4], 1981 年由 ISO 制订为国际标准。由于 CAN 采用了许多新技术和独特的设计, 使得基于 CAN 总线构建的系统在可靠性、实时性和灵活性等方面具有突出的性能, 从而也更适合于工业过程控制设备和监控设备之间的互联^[5-6]。因此, 较之 LonWork 总线, Profibus 总线等现场总线, CAN 总线在国外工业测控领域的应用更加广泛^[7-8]。

本文针对某面临较为严酷的温度、振动、加速度及电磁环境, 且需要完成实时高可靠测控任务的部件, 设计了基于 CAN 总线和 ARM 单片机的测控单元(以下简称测控单元), 讨论了该测控单元的硬件和软件设计原理, 实验结果表明该测控单元具有很好的实时性和可靠性, 能很好地实现高可靠部件测控任务。

1 CAN 总线特点及在高可靠系统中应用分析

1) CAN 总线为多主机工作模式, 通信方式灵活。CAN 总线采用的是“载波监听, 多路访问/冲突检测”的通

信模式。“载波监听”即总线上每个节点若检测到总线空闲,均可发送报文。“多路访问/冲突检测”即多节点同时发送信息时,优先级高的报文会优先发送,优先级低的报文会暂停发送。

2) CAN 总线具有很好的实时性。由于帧的长度和信道速率是确定的,故有效发送所有位所花费的时间 T_f 是确定的,根据假设可将 CAN 总线系统等效为一个 M/D/1 系统,得出 CAN 的响应时间 T_r 为^[6]:

$$T_r = T_f + \frac{ST_f}{2(1-S)} \quad (1)$$

式中 $S = m\lambda/\mu c$, 其中 m 为 CAN 网络节点个数, λ 为报文平均到达率, μ 为随机报文长度, c 为链路容量。优先级最高的节点,其数据等待时间小于 $134 \mu s$, CAN 网络传输速度最大可达 1 Mbps,能很好地满足高可靠部件应用的实时性要求。

3) CAN 总线的短帧结构使信息传输时间短,受干扰的概率低,即使出错,自动重发的时间也短,提高了高可靠部件应用的实时性和可靠性。

4) CAN 总线的抗干扰能力较强。CAN 的通信介质可以是双绞线,也可以是光纤。CAN 控制器有专门的电磁兼容芯片,可使 CAN 的抗干扰能力尤其是抗电磁干扰能力大为提高,有效提高了高可靠部件应用的电磁兼容性能。

5) CAN 的强容错能力及它在数据传输中较好的同步保证了数据传输的可靠性。CAN 的每帧信息均有 CRC 校验、总线检测、位填充及其报文格式检查等检错机制,错误报文漏检概率低于 10^{-13} 。

6) CAN 节点有识别永久性故障和短暂故障的功能。对于短暂故障,CAN 给予错误标定并重发。对永久性故障,CAN 总线将切断该节点与其他节点的关系,使总线上的其他操作不受影响。这一特点可使高可靠系统在局部受损的情况下,系统其余部分能正常运转,不致丧失全部战斗力。

2 测控单元软硬件设计

2.1 工作原理

测控单元硬件原理见图 1,含双套控制电路、测试电路。控制电路工作原理为:高可靠部件控制单片机通过 CAN 收发器、控制 CAN 总线与系统中其他部件通信,接收和处理来自其他部件的各项命令,并依据命令输出信号,经驱动电路后驱动相关部组件。测试电路工作原理为:高可靠部件的 13 路状态信号,经 A/D 模块差分采集后,输入到 AD 芯片;同时,高可靠部件测试单片机经过隔离模块后,控制 A/D 芯片工作状态,并接收 A/D 转换数据;最后,测试单片机将 A/D 转换数据打包为测试数据帧,通过 CAN 收发器、测试 CAN 总线将测试数据发送给系统中其他部件。

控制电路采用双套冗余设计,增

加了测控单元的控制可靠性。测控电路采用隔离驱动、隔离测试,将测控单片机、时钟、复位、编程、CAN 收发器等电路与驱动电路、A/D 测试电路隔离开,增加测控单元的抗电磁干扰能力,可靠性相应大幅提高。

2.2 主要硬件选型与设计

2.2.1 单片机

测控单元所用单片机为 LM3S9B81,具有如下典型特征:a) ARM Cortex-M3 处理器核心,80 MHz 运行速度,性能 100DMIPS,系统滴答定时器;b) 片上存储器,256 KB 单周期 Flash 存储器,速度可达 50 MHz,96 KB 单周期 SRAM;c) 高级串行通信集成,含 CAN 2.0 A/B 控制器、USB 2.0 Device、I2C 模块、同步串行接口模块等;d) 系统控制和时钟,包括片上 16 MHz 精密振荡器、捕获/比较/PWM 管脚、看门狗定时器等;e) 65 个 GPIO(General

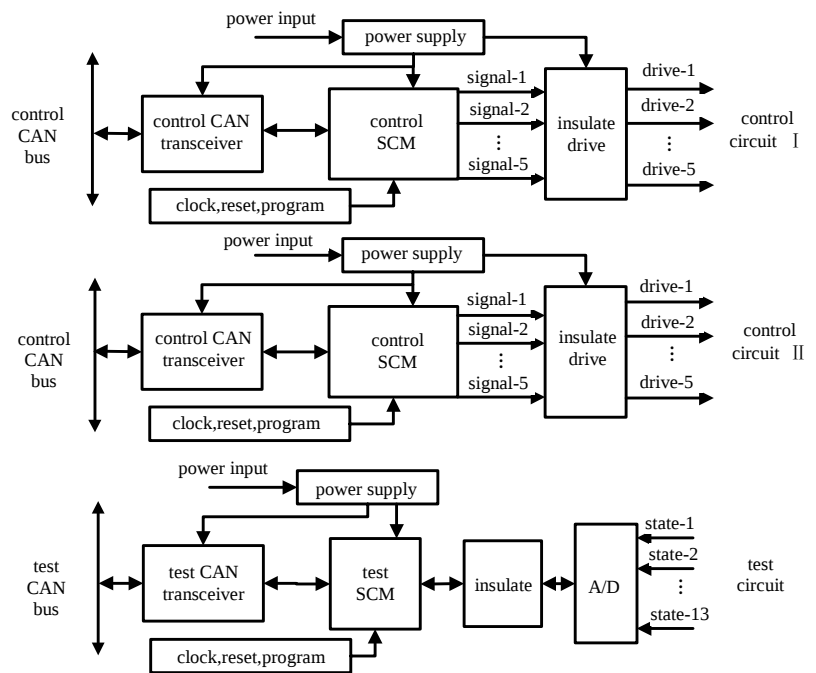


Fig.1 Diagram of supervision unit

图 1 测控单元原理框图

Purpose Input Output)口, 高度灵活的管脚复用。

实际应用中, 测控单元用单片机采用主振荡器, 外接 16 MHz 时钟, 且正式工作时钟采用 PLL(Phase Locked Loop)方式设定为 20 MHz。

2.2.2 CAN 收发器

CAN 收发器选择高速隔离 CAN 收发器 CTM1050T, 其内部集成了隔离电路、CAN 收发器、总线保护、电源电路。功能特点为: 具有隔离、静电释放(Electro Static Discharge, ESD)保护功能, 隔离电压 2 500 V; 符合 ISO 11898 标准; 电磁辐射低, 抗电磁干扰性高。

2.2.3 A/D 转换芯片

A/D 转换芯片选择美国 MAXIM 公司研发的高速 A/D 芯片 MAX1031, 它具有以下特征: 内部温度传感器($\pm 1^\circ$ 精确度)、16 通道 FIFO(First Input First Output)、单电极模式和差分模式可选; 可设定扫描模式、内部平均和内部时钟; 功耗低, 在 3 V 电压、300 kps 转换速率下, 电流低于 1 mA; 可以选择内部 2.5 V 参考电平和外部参考电平; 10 MHz 的串行外设接口(Serial Peripheral Interface, SPI)通信能力。

测试电路中基于 SPI 通信的 A/D 转换原理如图 2 所示。在需要进行 A/D 转换时, 单片机首先通过 CS_CS 信号来片选 A/D 转换芯片, 然后通过 CS_SCK 和 CS_DO 信号分别送出 SPI 通信时钟和 A/D 转换设置, 达到控制 A/D 转换芯片的目的。A/D 转换结束后, 通过 CS_DI 信号传回 A/D 转换结果, 单片机再对 A/D 转换结果进行数据处理。

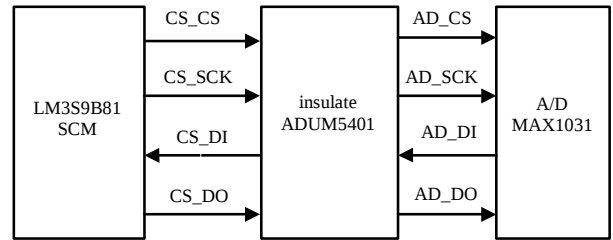


Fig.2 Diagram of A/D conversion based on SPI communication
图 2 基于 SPI 通信的 A/D 转换原理框图

2.3 软件设计

2.3.1 控制软件

控制软件是测控单元中控制单片机运行的软件, 主要完成高可靠部件控制、总线通信等功能, 包括: 发送自检状态给控制总线上的监控节点 A; 接收控制总线上的系统控制节点 B 发出命令 1~5, 转换成端口控制信号。控制软件工作流程见图 3。

2.3.2 测试软件

测试软件是测控单元中测试单片机运行的软件, 主要完成高可靠部件状态测试、总线通信等功能, 包括: 发送自检状态给测试总线上的状态监测节点 C; 周期性测试高可靠部件 13 路模拟信号值, 并打包发送给测试总线上的系统测试节点 D。控制软件工作流程见图 4。

进入测试分支后, 测试软件通过 SPI 方式与 MAX1031 进行通信, SPI 总线速率设定为 200 kbps, 要求每次进入“读取模拟量测量值”时, 首先清空 MAX1030 存储 FIFO, 设置 MAX1031 的内部控制寄存器如下: 采用外部时钟、内部参考电压、单极电压差分采集, 要求采集时对单通道连续采样 3 次; 然后通过三取二再平均的方法确定单通道的采样值; 最后测试软件将测试数据组装为 2 帧, 向系统测试节点 D 发送。

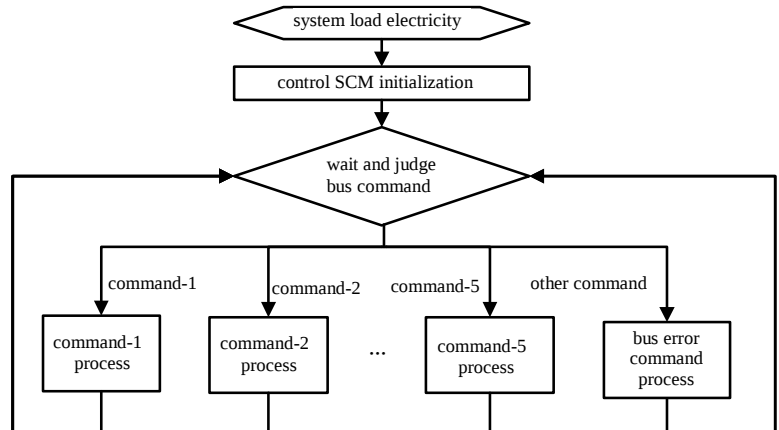


Fig.3 Work flow of control software
图 3 控制软件工作流程图

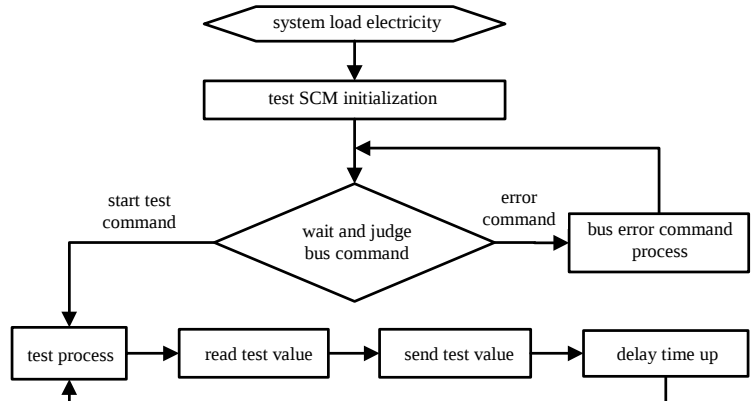


Fig.4 Work flow of test software
图 4 测试软件工作流程图

3 实验结果

测控单元嵌入高可靠部件后,采用上位机模拟控制总线上的监控节点 A 和系统控制节点 B、测试总线上的状态监测节点 C 和系统测试节点 D,对高可靠部件进行单检,实验框图见图 5。控制单元运行过程中,上位机收到自检信息,控制单元正确及时响应命令 1~5,并驱动响应组件。测试单元运行过程中,上位机收到自检信息和周期性测试数据,且与实测模拟量匹配。

高可靠部件经历以下试验:系统功能联试;X,Y,Z 3 个方向的加速试验;高温贮存试验;低温贮存试验;长时间随机振动试验;短时间高量级随机振动试验;长距离运输试验;电磁兼容性试验。整个试验过程中,测控单元性能稳定,测控响应快速,测试数据正常,表明测控单元具有较高的可靠性。

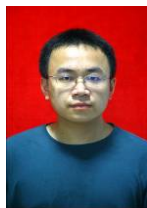
4 结论

针对某面临严酷环境且有高可靠性需求的测控单元,分析得出了实时性、可靠性、容错性均优越的 CAN 总线可应用于该测控单元的结论。进一步设计了基于 CAN 总线和 ARM 单片机的高可靠测控单元,硬件电路与软件程序可靠性高,抗干扰能力强,响应实时。试验结果表明测控单元很好地实现了高可靠部件的测控任务,同时具有很好的实时性和可靠性。

参考文献:

- [1] Almeida L. The FTT-CAN protocol: why and how[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2002,49(6):1189-1201.
- [2] 陈俊,王勇. Modbus 协议在破管检测系统中的应用[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(2):190-194. (CHEN Jun, WANG Yong. Application of Modbus protocol in the detection system of broken pipes[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(2):190-194.)
- [3] 陈春艳,曾超. 基于 CAN 总线的某通信系统应用层协议的设计与实现[J]. 电子工程师, 2006,32(3):14-17. (CHEN Chunyan, ZENG Chao. Design and implementation of a communication system CAN protocol application layer[J]. Electronic Engineer, 2006,32(3):14-17.)
- [4] 周娟,陈慧岩. CAN 总线在军用车辆上的应用[J]. 车辆与动力技术, 2001,21(4):47-51. (ZHOU Juan, CHEN Huiyan. The applications of the CAN in vehicles[J]. Vehicle & Power Technology, 2001,21(4):47-51.)
- [5] 廉保旺,李勇,张怡,等. CAN 总线与 1553B 总线性能分析比较[J]. 测控技术, 2000,19(6):47-49. (LIAN Baowang, LI Yong, ZHANG Yi, et al. The performance analysis and comparison on CAN bus and 1553B bus[J]. Supervision Technology, 2000, 19(6):47-49.)
- [6] 史久根,张培仁. CAN 总线在实时系统中应用的研究[J]. 中国科学技术大学学报, 2005,35(2):195-201. (SHI Jiugen, ZHANG Peiren. The study of CAN networks application in realtime system[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2005,35(2):195-201.)
- [7] Martins E, Fonseca J. Improving flexibility and responsiveness in FTT-CAN with a scheduling coprocessor[C]// Proc. IFAC Conf. Fieldbus Technology, 2001:61-67.
- [8] Almeida L, Pasadas R, Fonseca J A. Using a planning scheduler to improve flexibility in real-time fieldbus networks[J]. Control Eng. Practice, 1999,7(1):101-108.

作者简介:



汪庆(1987-),男,四川省资阳市人,硕士,助理研究员,主要研究方向为武器电子学. email:475616226@qq.com.

黄振卫(1975-),男,广西壮族自治区贵港市人,硕士,副研究员,主要研究方向为武器电子学.

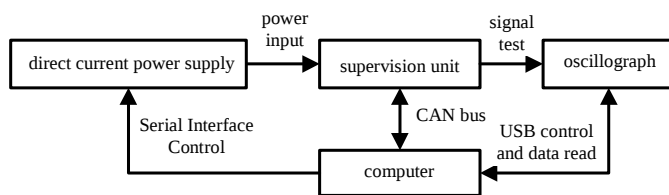


Fig.5 Diagram of supervision unit experiment
图 5 测控单元实验框图