

基于 XMC4500 的汽车 CAN 网络检测卡设计

卢铁军, 童亮, 贾银良

(北京信息科技大学, 北京 100192)

摘要: CAN 总线作为车用网络的主要应用总线技术, 通过 CAN 总线获得汽车运行时的实时数据成为汽车电子系统研发、维修及故障分析的主要手段; 在对传统 CAN 总线检测卡分析及研究的基础上, 为了使移动 PC 更加便捷地分析及记录汽车 CAN 网络中的数据, 使基于串口通讯的系统及应用软件能够方便地继承使用, 设计了基于 XMC4500 单片机的汽车 CAN 网络检测卡; 实现了将汽车 CAN 网络中的数据通过 USB 端口虚拟的高速串口传输至上位机、实时备份相关数据到 Micro SD 卡中的功能; 实验数据显示在最高 1 000 kb/s 的传输速率下, 能够 100% 正确接收及存储相关数据, 满足对该卡实时性和可靠性的要求。

关键词: XMC4500; CAN 网络; 检测卡; 虚拟串口; 数据存储

Automotive CAN Network Detection Card Based on XMC4500

Lu Tiejun, Tong Liang, Jia Yinliang

(School of Mechanical and Electrical Engineering,

Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100192, China)

Abstract: Vehicle CAN bus network is the main application of bus technology, obtained through the CAN bus when the car is running real-time data for automotive electronic systems development, maintenance and fault analysis the principal means. Basis on traditional analysis of CAN-bus test card, in order to make the mobile PC more easily analyze and record vehicle CAN network data, so that based on serial communication systems and application software can easily inherit, designed XMC4500 based microcontroller automotive CAN network testing card, realized the vehicle CAN network data and transmit it to upper PC through the USB port high-speed virtual serial transmission, real-time backup-related data to the Micro SD card function, experimental data show that at the highest 1000kb / s transfer rate, can be 100% correct receiving and storing data, the card meets the requirements of real-time and reliability.

Key words: XMC4500; CAN network; detection card; virtual serial port; data storage

0 引言

随着人们对汽车的安全性、舒适性、娱乐性要求的不断提高, 越来越多的电子设备被应用到汽车上。为了满足电子设备间安全、可靠、便捷的通讯要求, CAN (Controller Area Network) 总线被大量应用在汽车上。在汽车电子的研发、维修及故障分析时, 需要 CAN 网络与上位机进行通讯以获取相关数据, 到目前为止主要的实现工具有 CAN-USB 和 CAN-RS232 两种 CAN 卡。其中 CAN-USB 是通过 CAN 总线专业芯片、单片机与专用 USB (Universal Serial Bus) 芯片组合, 实现 CAN 网络与上位机通讯^[1-2]。其优点是借助 USB 的高传输速率将 CAN 网络上的数据实时传送到上位机、通用性好; 缺点是结构不够紧凑、抗干扰性差, 且需要基于 USB 的上位机软件, 造成基于串口开发的大量软件不能使用, 给使用带来一定难度。CAN-RS232 通讯方式的实现基本和 CAN-USB 一样, 只是将 USB 芯片换成了 RS232^[3]。因 RS232 串口技术在应用上已十分成熟, 所以很多的汽车检测、分析设备及相关软件都使用串口通讯技术。设备相应的分析及开发上位机软件开发比较简单, 但是因移动 PC 机上一般没有串口, 所以此方

案缺乏便捷性^[4-5]。

为了改善 CAN 网络与上位机间的通讯环境、改变 CAN 卡单一的接口功能, 基于 XMC4500 的 CAN 网络检测卡 (简称 CAN 卡), 不仅在硬件结构上变得更紧凑、抗干扰性更好, 高速虚拟串口的引入增强了软件的通用性^[6], 而且在功能上新增了采用 SD 读写模式、FAT32 文件系统的智能 SD 卡数据记录及预设错误报警等, 大大提升了 CAN 卡的实用性。

1 结构及功能概述

CAN 网络检测卡是: 能够实现上位机与 CAN 总线的双向通讯, 并具备实时记录备份数据功能的便携式紧凑型设备。

CAN 网络检测卡的核心部件为 32 位的英飞凌 XMC4500 单片机, 通过内置的 USB 模块虚拟串口实现 CAN 卡与上位机通讯, 内置 CAN 控制器与外部 CAN 收发器连接负责 CAN 卡与 CAN 网络间的数据交换, 而 SD 存储部分则将需要的数据进行记录, 电源部分则为整个检测卡提供稳定可靠的电压, 兼备供电模式切换功能。CAN 网络检测卡结构如图 1 所示。

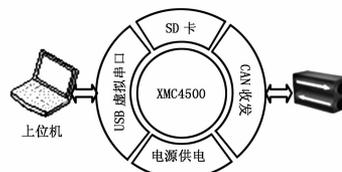


图 1 CAN 网络检测卡功能结构简图

收稿日期: 2013-10-12; 修回日期: 2013-12-20。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51275053); 北京实验室项目 (PXM2013_014224_000005)。

作者简介: 卢铁军 (1986-), 男, 北京市人, 硕士生, 主要从事汽车电动机与发电机切换策略方向的研究。

应 App, 其中图 5 左侧的 7 个 App 模块是基于 LUFA-110528-BETA 作为堆栈处理, 能够将 USB 虚拟成串口而被上位机识别的 App; 中间部分 App 模块用于配置单片机系统的时钟、重启配置、事件中断等系统级属性; 右侧的 App 用于 SD 卡及 CAN 总线初始化及功能配置; 配置好各个 App 模块后, DAVE3.0 将自动生成相应外设的初始化代码及可调用的函数, 为后续逻辑、算法等代码的添加提供程序框架。

3.3 软件功能实现

XMC4500 软件代码实现的基本功能主要包括: CAN 总线的收发功能、USB 虚拟串口的收发功能、SD 卡的存储功能 3 部分。当单片机上电后系统将进入初始化阶段, 完成对硬件外设功能的配置, 在上位机虚拟串口, 然后一直在 while 循环中运行, 直到中断事件出现。

3.3.1 功能性程序

在整个程序代码中除错误中断外, 功能性中断共有 3 个: CAN 接收中断、USB 接收中断、SD 卡读写中断。默认状态下, 此 3 个中断的优先级是 SD 卡读写中断最高 (SD 卡的扇区读写是不能够被中断的), CAN 接收中断大于 USB 接收中断 (大多数时间 CAN 卡会工作在监测模式)。

SD 卡读写中断: 以扇区为单位读写 SD, 需要注意的是 SD 卡的写操作是在缓冲 buffer 数组装满才会进行一次 SD 卡写中断。当 CAN 接收中断发生: 中断服务程序将接收的报文实时解码并提取的有效数据值一方面载入虚拟串口发送帧上传给上位机, 另一方面存入 SD 卡的缓存 buffer 数组中等待写入; 当 USB 接收中断发生: 来自上位机的数据将被载入 CAN 报文, 然后发送到 CAN 网络上。

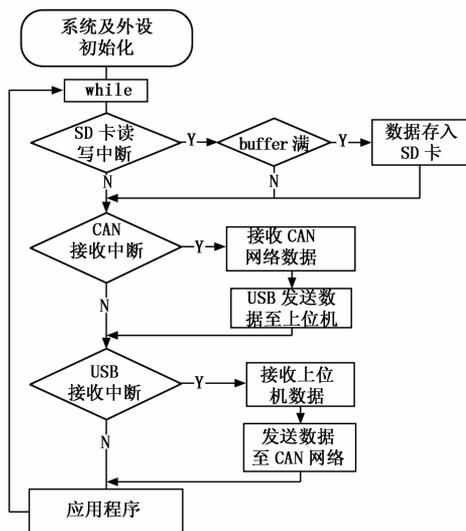


图 6 程序逻辑流程图

程序的难点主要是高速虚拟串口的实现及 SD 卡的写入问题。其中虚拟串口的实现是通过使用 LUFA-110528-BETA 作为上位机驱动实现的, 此驱动是开源的上位机虚拟串口驱动, 但是虚拟的串口速度不能满足需求。为了将 CAN 总线上的报文通过 USB 端口虚拟的串口实时传送到上位机, 对虚拟串口的驱动进行如下修改: 一方面舍去了发送数据包中的奇偶校验及停止位; 另一方面增大单次传输数据的长度值。需要说明的是, 虽然此驱动省略了奇偶校验以提高传输速度, 但其传

输的正确率可以通过 CAN 总线协议中强大的错误处理机制得到保证。

由于 SD 卡的读写是以扇区为单位进行的, 即每次读写一个扇区 (512 Byte)。通过测试得知相对较慢的写卡操作完成一个扇区的时间为 0.02 s, 在此操作期间是不允许被中断的。所以为了满足 SD 卡的正确读写, 特别使用了优先级为 6 的 SYStick 系统时钟中断 (0~129 个优先级, 数字越小优先级越高)。此外为了使 SD 卡中的数据方便分析及使用, 特引入了 FAT32 文件系统功能, 可将存入 SD 中的数据直接在 Windows 操作系统环境下打开进行查看、使用及修改。

3.3.2 错误处理程序

为了获得 CAN 卡的运行状况, 确保出现问题的及时发现及解决, 在程序运行的整个过程中: 当基于 CAN 总线协议的中断发生, 及 CAN 卡的错误或 SD 卡写入中断, SD 卡读写丢数, 都将触发中断且此优先级是最高的, 正在执行的程序将中断并保存现场, ER_LED 错误报警灯亮起, 待错误解决后自动解除报警, 进入正常工作状态。

4 平台建立及性能测试

评定 CAN 卡性能的重要指标是实时性和可靠性, 能够在汽车 CAN 网络与上位机间可靠地实时传送最高 1 Mb/s 的数据, 并在需要时将数据存储到 SD 卡中。具体的性能测试分为: (1) CAN 卡的数据传送; (2) CAN 卡的数据存储, 两部分进行。

4.1 CAN 卡的数据传送

为了验证 CAN 卡能够传递最高 1 Mb/s 的数据, 建立了由两块电路板 A、B 组成的具有针对性的实验平台 (实验平台一)。其中 A 电路板是基于 XC2765 的单片机开发板, 用于发送波特率最高为 1 Mb/s 的报文数据, 模仿汽车 CAN 网络上的数据信息。B 电路板是 CAN 卡实验板, 用于接收报文数据并通过虚拟串口将数据上传至上位机并由串口调试软件显示。

实验分别以最高 1 Mb/s 波特率发送两种报文数据: (1) 装载有相同的“HELLO”报文用于测试速度; (2) 装载有依次加 1 的自然数的报文数据用于测试可靠性。通过上位机串口调试软件接收的数据与发送的数据进行比对分析, 具体的测试参数与结果如表 1 所示。

表 1 测试参数

波特率 (kb/s)	报文发送数	报文接收数	正确率 (%)
250	1024	1024	100
500	1024	1024	100
1000	1024	1024	100

4.2 CAN 卡的数据存储

为了验证 SD 卡的数据存储能够满足 CAN 总线上最高 1 M/s 的数据准确、完整地记录下来, 建立了用于测试整个 CAN 卡功能的实验平台 (实验平台二)。与 4.1 中提到的数据传送实验平台相比, 多出的部分电路为 SD 卡数据存储连接电路。此平台是在平台 (一) 的基础上建立的, 所以在验证 CAN 卡数据存储性能的同时也对整个 CAN 卡进行了测试。

(下转第 1914 页)

经计数分频后再送至比较器进行波形、占空比调整便可得到计数时钟。距离同步信号和角度同步信号的模拟产生原理类似，此部分用 VHDL 实现。

在设计得到上文中提到的高斯白噪声、调制波形、角度包络以及同步信号后，再对它们进行乘法调制便可得到干扰调制包络信号输出。干扰调制包络信号产生的电路由 5 部分组成，其中 `moni_tb` 是同步信号产生模块，`ganrao_rom1` 是调制波形产生模块，`ganrao_baolu` 是角度包络产生模块，`m_xulie` 是数字噪声产生模块，它们的输出经两级乘法调制后便能得到所需要的干扰调制信号。

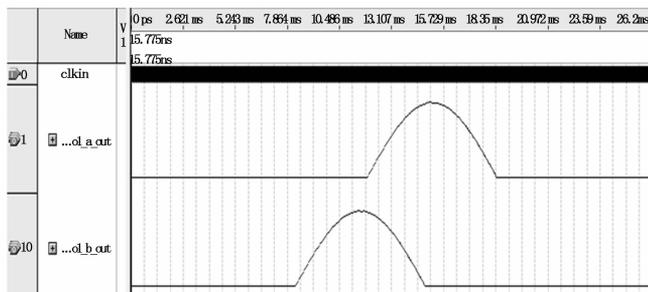


图 4 角包络信号产生时序仿真结果

3 设计结果分析

本设计采用的测试平台为 Altera DE2^[9] 开发板，其核心 FPGA 芯片为 Cyclone II EP2C35F672C6，其硬件资源包含有 33216 个逻辑单元 LE，105 个 M4K RAM 块，483 840 个 RAM 位，35 个嵌入式 18×18 乘法器，4 个锁相环，最大可用 I/O 管脚 475 个，205 个差分通道。将工程编译下载到开发板，并用示波器观察，经观察波形以及各项参数该系统达到了设计要求。

(上接第 1907 页)

因 SD 卡读取数据的速度比写入速度要快，所以此处仅测试了 SD 卡存储数据的性能。具体的测试是在实验平台（一）所用实验参数的基础上进行的，测试参数与结果如表 2 所示。

表 2 测试参数

波特率 (kb/s)	报文接收数	SD 卡写入数	正确率 (%)
250	1 024	1 024	100
500	1 024	1 024	100
1 000	1 024	1 024	100

5 结论

利用 XMC4500 单片机将虚拟串口技术、CAN 总线收发、SD 卡记录等功能高度集成化，提高了整个 CAN 卡的可靠性和抗干扰性。为汽车 CAN 网络检测、基于串口的软硬件系统提供了便捷的使用工具，灵活的配电方式也可以将其用于汽车的车载黑匣子，可以预见具有很好的应用前景。

4 结束语

本系统以 FPGA 为核心器件，以 VHDL 语言和原理图相结合的方法分别设计完成了高斯白噪声、调制波形和角度包络的模块，最后对各信号进行乘法调制实现了对雷达目标模拟器干扰调制部分的设计。通过 Altera DE2 硬件平台的测试，验证了设计可行性，干扰调制器内部各项参数修改方便，可进行实时配置，通用性强，便于移植到其它雷达目标干扰器中，对其他类型模拟器干扰调制部分的设计具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 胡万坤, 潘瑞云, 沈磊. 数字阵列雷达目标模拟器设计 [J]. 雷达与对抗, 2013, 33 (1): 46-50.
- [2] 李国民, 张茜, 廖桂生. 基于 FPGA 的雷达目标回波模拟器的设计与分析 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (11): 2992-3010.
- [3] 马魁勇, 于长军, 位寅生. 基于 FPGA 的雷达目标模拟器的设计与实现 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 27 (6): 870-872.
- [4] 路文龙, 王和明, 张启亮, 等. 基于 FPGA+PC104 的雷达目标模拟器设计 [J]. 电子技术应用, 2012, 38 (4): 27-30.
- [5] Stahnke W. Primitive Binary Polynomials [J]. Mathematics of Computation, 1973: 977-980.
- [6] 岳鸿鹏, 王和明. 基于 DSP Builder 的改进型序列生成器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (11): 2632-2637.
- [7] 蒋乐, 冯文全. 高性能可编程高斯白噪声的设计与实现 [J]. 电子技术应用, 2006 (8): 113-115.
- [8] Lee D, Luk W. A hardware gaussian noise generator using the Wallace method [J]. IEEE Transaction VLSI Systems, 2005, 13 (8): 911-920.
- [9] 张志刚. FPGA 与 SOPC 设计教程——DE2 实践 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.

参考文献:

- [1] 范伟成, 宗情, 朱辰元. 基于单片机的 CAN-USB 通信转换模块的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (3): 744-746.
- [2] 俞卫芳, 赵不贻, 杨鲲. 基于 USB 的 CAN 总线适配器的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2005, 13 (11): 1150-1152.
- [3] 宁辉, 孙学艳, 刘建, 等. VB6.0 环境下基于 USB 的虚拟串口通讯实现 [J]. 现代电子技术, 2012, 35 (6): 45-48.
- [4] 钱震宇, 肖昌汉, 李志新. 基于 51 单片机的 CAN 总线转串口通信卡的设计与实现 [J]. 船电技术, 2011, 31 (12): 32-34.
- [5] 沈斌, 秦宪礼, 刘新蕾. 基于虚拟串口技术的 CAN-bus 总线在煤矿通讯中的应用研究 [J]. 煤炭技术, 2008, (12): 29-31.
- [6] 韦立明. 基于 USB 通信设备类的虚拟串口研究与设计 [D]. 西安电子科技大学, 2012.
- [7] XMC4500 Microcontroller Series for Industrial Applications Reference Manual [Z]. V1. 1. Infineon Tehnologies AG, 2012.
- [8] 周跃, 沈捷, 花魁. 基于 SD 卡的数据存储系统设计 [J]. 化工自动化及仪表, 2012, 39 (1): 95-98.