

文章编号: 1006-9798(2013)01-0019-03

# 基于 STM32 单片机的 CAN 总线分析仪的设计

邢洋<sup>1</sup>, 李立伟<sup>1</sup>, 张洪伟<sup>2</sup>

(1. 青岛大学自动化工程学院, 山东 青岛 266071; 2. 山东电力集团公司物资部, 山东 济南 250001)

**摘要:** 针对使用不同协议和不同波特率的 CAN 总线网络, 本文以 STM32F103 单片机为主控制器, 设计了一种监测 CAN 总线多种现场状态的分析仪。STM32F103 通过外接 CAN 接收器 TJA1050 与 CAN 总线进行通信, 实现对 CAN 总线数据的收集和处理。测试结果表明, 当波特率为 5 kbps/s, 发送报文间隔为 100 ms 时, 检测到的总线吞吐量为 10 帧/s, 说明不同的波特率和不同的报文发送时间间隔, 所测得的总线负载和总线吞吐量与实际相符。该分析仪为 CAN 总线的现场监测和排错提供了快速、准确的解决方案, 可以对 CAN 网络进行可靠的实时监控。

**关键词:** CAN 总线; STM32F103; 总线分析仪; TJA1050

**中图分类号:** TP273.5

**文献标识码:** A

CAN 总线是现场总线的一种, 最初应用于汽车产业, 并逐步成为车载网络系统中比较流行的高速网络协议标准。与一般的通信总线相比, CAN 总线的通信具有灵活性、可靠性、实时性等特点。近年来, 对 CAN 总线网络的监测主要通过 CAN 适配卡与计算机相连, 并利用上位机软件分析总线网络状况, 但这样连接有一定的弊端, 而且高端 CAN 适配卡价格高昂, 低端 CAN 适配卡的监测精度又不是很高<sup>[1]</sup>。基于此, 本文以 STM32F103 单片机作为主控芯片, 设计了便携式 CAN 网络分析仪, 实现对 CAN-BUS 网络的开发、测试、管理和维护等, 其功能强大且通用, 能处理 11 位标识符模式(CAN2.0 A 协议)和 29 位标识符模式(CAN2.0 B 协议)的 CAN 报文, 与国内传统的 CAN 总线分析仪相比, 本设计方案具有成本低、结构电路简单、可靠性高、便于维护等特点。

## 1 CAN 总线分析仪的组成

CAN 总线分析仪的主要功能是分析总线波特率、总线出错率、总线吞吐量和总线负载等参数, 监测 CAN 总线的运行状态, 让使用者能观测到总线上的各种参数及运行状况<sup>[2-4]</sup>。本文所设计的 CAN 总线分析仪主要由 MCU 控制模块, CAN 接口模块, 按键控制模块, JTAG 下载模块及液晶显示模块组成。系统构成方案总体框图如图 1 所示。

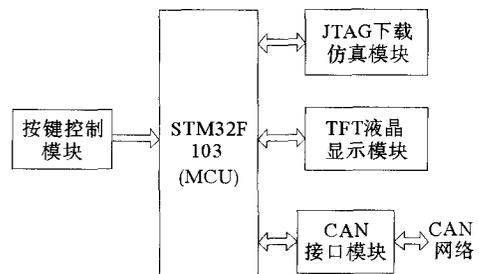


图 1 系统构成方案总体框图

## 2 CAN 总线分析仪的整体设计

### 2.1 主控制器与 CAN 接口模块

主控制器 STM32F103RBT6 芯片拥有高性能 32 位 RISC 内核 ARM Cortex-M3, 工作频率为 72 MHz, 嵌入式闪存为 128 KB, SRAM 为 20 KB。其外设丰富, 可用 I/O 口 51 个, 1 μs 的 12 位 ADC 2 个, 全

收稿日期: 2012-09-21

基金项目: 山东省自然科学基金项目资助(Y2008F23); 山东省科技发展计划项目资助(2011GGB01123); 863 计划项目资助(2012AA110407)

作者简介: 邢洋(1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为 CAN 总线分析。

通讯作者: 李立伟(1970-), 男, 博士, 副教授, 硕导, 主要研究方向为电力系统在线监测和故障诊断、蓄电池组智能管理系统和电动汽车能量管理系统等。Email: ytlw@163.com

速 USB(OTG)接口 1 个,CAN 接口 1 个,4 M/s 的 UART 3 个,18 M/s 的 SPI 2 个,I<sup>2</sup>C 2 个等<sup>[5]</sup>。该控制器功能强大,功耗低,在 72 MHz 时,消耗 36 mA(所有外设处于工作状态),相当于 0.5 mA/MHz,待机时下降到 2 $\mu$ A,该产品在 32 位市场上功耗最低。由于其自带的 CAN 控制器可作为与外界的通信接口,用 STM32F103 做主控制器可减少使用器件,简化整体电路,降低 CAN 总线分析仪的成本。

由于 STM32F103 单片机自带一路 CAN 控制器,所以只需外设一片 CAN 收发器芯片,本文采用 PHILIPS 公司生产的高速 CAN 总线驱动器 TJA1050。TJA1050 是 CAN 高速收发器,有一个电流限制电路,一个温度保护电路,将 CAN 底层协议集成到芯片硬件中,方便了用户的使用。它具有速率高、低功耗、安全性高、电磁性能优越等特点。单片机的 CAN 信号接收引脚 RX 和发送引脚 TX 并不是直接连接到 CAN 收发器 TJA1050 的 RXD 和 TXD 端,而是经过高速光耦 6N137 芯片进行连接,这样可以实现 CAN 总线各节点间的电气隔离。CANH 与 CANL 之间接一个 120 $\Omega$  的终端电阻,主要用于远距离传输时的阻抗匹配和增强电磁兼容性能。接口电路如图 2 所示。

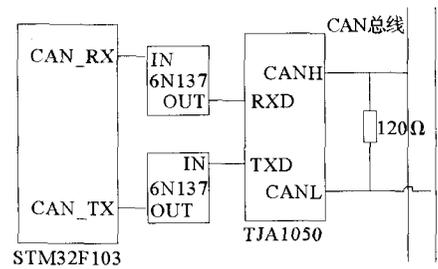


图 2 STM32F103 与 TJA1050 模块接口电路

### 2.2 按键模块

常用的按键接口可分为独立式按键接口、行列式按键接口和专用芯片等。由于本方案涉及的按键不多,所以采用独立式按键接口,按键模块引脚、拉电阻与 STM32F103 的 I/O 口相连,拉电阻可以增强上拉电流,提高模块的抗干扰性。

### 2.3 液晶显示模块

多数 TFT 液晶模块均支持 SPI 接口通信,但因 SPI 通信具有传输速度慢,不利于液晶数据快速传输的缺点,所以多数液晶模块选择并口通信。本设计中,STM32F103 通过 I/O 口与 TFT 液晶模块相连,并选用 3.5 寸的 TFT 液晶屏模块,工作电压为 3.3 V,最大工作电流为 70 mA,分辨率为 320 $\times$ 240。接口电路如图 3 所示,PB0~PB15 分别与 D0~D15 相连作为数据通信口,将 PC0,PC6~PC9 分别连接 RESET,RD,WR,RS 和 CS,并作为控制口,实现复位、片选、指令数据切换、读写等控制功能。液晶显示模块和按键功能模块能实现操作系统的人机交互,用户根据自己的要求,通过按键操作界面。

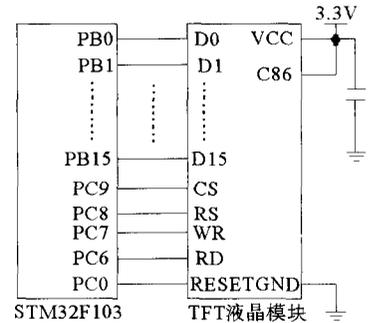


图 3 STM32F103 与 TFT 液晶模块接口电路

### 2.4 CAN 总线分析仪的软件设计

为提高系统软件的可读性和编程效率,并考虑软件调试方便及以后的可移植性和功能升级,本文采用 C++ 语言与模块化进行程序设计<sup>[6]</sup>,并在 Keil uVision4 集成环境中进行编辑、编译和连接,同时,通过 JTAG 方式实现在线仿真调试,可通过 JTAG 接口将调试好的程序下载到 STM32F103 单片机的 Flash 中,以提高编程和调试效率。程序流程图如图 4 所示。

CAN 总线分析仪的主要功能是监测现场状况。首先使其接入总线,对总线的波特率进行自识别,CAN 控制器进入复位模式并设置初始波特率。当还未收到报文且未产生中断时,则继续进入复位模式,并选择下一个波特率;当收到报文且产生中断时,则表明已检测到正确的波特率。波特率自识别结束后,系统进入 CAN 总线正常工作状态,开始接收总线上的各种报文。当 CAN 总线出现错误时,其错误节点将会向总线发送错误帧,以此标示错误,当系统接收到错误帧时将其显示,用以分析总线上的各种错误<sup>[7-8]</sup>。同时,通过定时器确定单位时间内正确和错误的报文数,计算总线吞吐量与总线负载等参数,最后将获得的数据与信息传输给液晶模块进行显示。

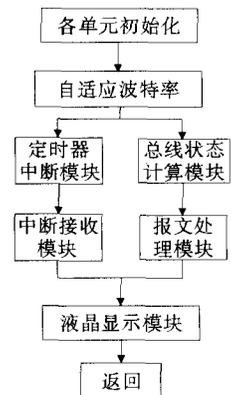


图 4 程序流程图

### 3 测试结果

本文对 CAN 分析仪的有效性 with 准确性进行测试。本设计取单节点进行实验, 即总线上只有 1 个节点进行报文发送。其波特率分别为 5, 10, 50 kbps, 每帧报文有 8 字节数据域, 实验结果如表 1 所示。

表 1 实验结果

波特率 /kbps	发送报文 间隔/ms	吞吐量 /(帧·s <sup>-1</sup> )	总线负载 /%	波特率 /kbps	发送报文 间隔/ms	吞吐量 /(帧·s <sup>-1</sup> )	总线负载 /%	波特率 /kbps	发送报文 间隔/ms	吞吐量 /(帧·s <sup>-1</sup> )	总线负载 /%
5	100	10.0	25.4	10	200	5.2	6.3	50	400	2.5	0.7
	150	6.5	17.5		250	4.1	5.0		450	2.4	0.5

由表 1 可知, 当波特率为 5 kbps/s, 发送报文间隔为 100 ms 时, 检测到的总线吞吐量为 10 帧/s, 与实际情况相符。说明不同的波特率和不同的报文发送时间间隔, 所测得的总线负载和总线吞吐量与实际相吻合。

### 4 结束语

本文以 STM32F103 单片机为主控制器, 设计了一种监测 CAN 总线多种现场状态的分析仪。STM32F103 单片机具有高速、低耗的优越性能, 完全可以达到总线分析仪的主控制芯片要求。本设计方案降低了 CAN 分析仪的成本, 简化了硬件电路结构, 通信更可靠, 编程更简洁。通过实验测试表明, 该设计可以实现对 CAN 总线报文检测分析的功能, 能够达到预期的效果。

#### 参考文献:

- [1] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [2] 凌威, 赵向阳. AVR 单片机的 CAN 总线分析仪设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2008(9): 54-57.
- [3] 李平. 基于 CAN-BUS 的汽车车载网络系统[J]. 电脑与信息技术, 2007, 15(4): 52-54.
- [4] 吴恒, 夏立. 基于 CAN 总线的船舶火灾报警系统的设计[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2004, 17(1): 67-70.
- [5] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [6] 俞建新. 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [7] 周立功. CAN-bus 规范 V2.0 版本[M]. 广州: 单片机发展有限公司, 1999.
- [8] 邬宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.

## Design of CAN Bus Analyzer Based on STM32F103 MCU

XING Yang<sup>1</sup>, LI Li-wei<sup>1</sup>, ZHANG Hong-wei<sup>2</sup>

(1. College of Automation Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, China;

2. Shandong Electric Power Group Corp., Jinan 250001, China)

**Abstract:** For CAN bus networks with different protocols and baud rates, this paper takes STM32F103 as the primary controller and designs a type of analyzer to monitor different states of CAN bus. STM32F103 can communicate with CAN bus through external CAN receiver TJA1050, realizing the data collection and processing of CAN bus. The test results show that, the monitoring to the bus throughput is 10 fps/s when the baud rate is 5 kbps/s and the sending packets interval is 100 ms. The measured bus loads and bus throughput are matched the actual. This type of analyzer provides rapid and exact solutions to the fielding monitoring and troubleshooting of CAN bus and can realize the reliable real-time monitoring of CAN network.

**Key words:** CAN bus; STM32F103; bus analyzer; TJA1050