

# 基于 STM32 的列车噪声数据采集系统

辛光,伍川辉

(西南交通大学 机械工程学院,成都 610031)

**摘要:**介绍了一种基于 STM32 微处理器的高性能、多通道列车噪声数据采集系统,阐述了系统硬件、软件设计方案。STM32 微控制器外接了 A/D 芯片用以扩展通道数量,通过可变静态存储控制器 FSMC 连接 NAND Flash 实现大容量数据的存储,并通过扩展 USB 通信接口实现与上位机的连接。克服了现有列车噪声采集系统的不便携、可扩展性差、价格昂贵等不足。系统具有功耗低、性价比高、实时性强等特点。

**关键词:**STM32 微处理器;数据采集;NAND Flash

**中图分类号:**TP216+.2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2012)01-0090-03

现今高速化列车发展迅速,高速列车运行时噪声备受关注。掌握高速列车技术的法国、德国、日本、意大利和西班牙等国家都开展过一系列的高速列车噪声测试试验,尤其是最近 10 年,随着声阵列理论和测试技术的发展,多通道阵列式噪声数据采集分析系统被越来越广泛地应用于高速列车声源识别研究<sup>[1]</sup>。对列车进行声源识别和声谱分析等对列车的优化设计以及提高旅客乘坐舒适度都十分有意义。因此对列车运行噪声进行实时测试就显得十分必要。目前较通用的噪声数据采集系统是在工控机内安装数据采集板卡,如 PCI 卡等,可扩展性差且系统成本高,同时需要 220V 交流供电,采集信号会受工频干扰。ARM Cortex-M3 内核是专门设计于满足高性能、低功耗、实时应用、低成本于一体的嵌入式领域要求<sup>[2]</sup>,ST 公司基于该内核推出的 STM32 系列 32 位微控制器,在性能超过传统的 8 位 16 位单片机的前提下,还具有低成本、易于开发的特点。本系统以 STM32 系列微控制器作为控制芯片,实现对传声器输出信号的调理、高速采集、大容量存储以及与上位机通信等功能。

## 1 采集系统总体方案

噪声数据采集系统框图如图 1 所示。系统主要由传感器、信号调理模块、A/D 采集模块、数据存储模块、通讯模块和上位机人机交互模块等组成。系统框图如图 1 所示。传感器输出信号经过调理后,由主控芯片通过 SPI 控制 A/D 采集模块采集数据,转换为数字信号,经 STM32 微控制器采集、处理后,将数据存到 NAND Flash 中,并通过 USB 模块将数据发送到上位机;上位机的接收软件接受上传的数据,从而实现对列车噪声的实时采集。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 STM32F103VET6 芯片

STM32F103VET6 芯片是 STM32F10X 系列中的增强型芯片,

该芯片最高工作频率可达到 72 MHz,具有 512 K 字节的闪存以及 64 K 字节的 SRAM 和通过 APB 总线连接的丰富和增强的外设和 I/O<sup>[3]</sup>。具有 12 通道的 DMA 控制器,多达 11 个定时器,其中包括 4 个 16 位定时器和 2 个 16 位高级定时器以及 2 个看门狗定时器(独立看门狗和窗口看门狗);支持串行调试(SWD)和 JTAG 接口;有多达 13 个通信接口:2 个 I<sup>2</sup>C、5 个 USART、3 个 SPI(其中两个可复用为 I2S)、1 个 USB 2.0 全速接口、1 个 CAN 接口、1 个 SDIO 接口,既满足当前功能又方便后续升级。丰富的片上资源大大简化了系统硬件,同时大大降低了系统功耗。

片内的嵌套矢量中断控制器 NVIC 可以处理 43 个可屏蔽中断,提供 16 个中断优先级。可变静态存储控制器 FSMC 可根据系统的应用需要,方便的进行不同类型大容量静态存储器的扩展,可灵活的与 SRAM、NOR FLASH、NAND FLASH、PC 卡等连接。

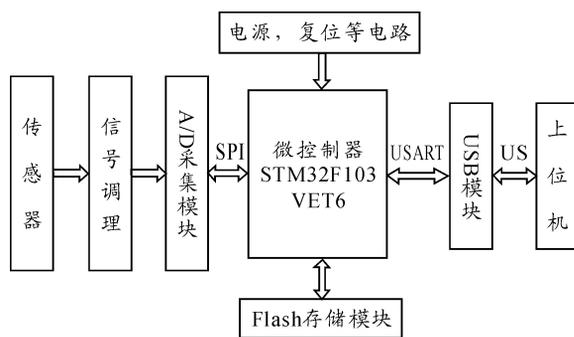


图 1 系统总体框图

### 2.2 信号调理和采样模块

由传声器输出的电压信号经过小信号放大器、滤波电路所组成的调理电路<sup>[4]</sup>后,由 A/D 采集模块进行采集。为了扩展采样通道数,系统选择外接 2 片 TI 公司的 12 位串行 A/D 转换器 TLC2543,可达到 22 个采样通道。STM32F103VET6 有 3 个最大

速度为 18Mbit/s 的 SPI 接口,可以方便地与 LTC2543 连接。用 SPI1 控制其中一片 LTC2543 可这样连接:LTC2543 的转换结束端 EOC 接微控制器的 PC0,片选接 PC1,输入/输出时钟端 I/O CLOCK、转换结果输出端 DATA OUTPUT 和串行数据输入 DATA INPUT 端分别接微控制器的 SPI 口 PA5、PA6、PA7。微控制器与 A/D 芯片连接如图 2 所示。

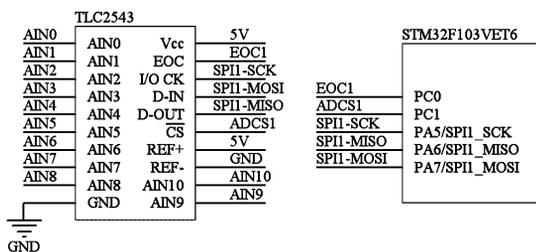


图 2 TLC2543 与 STM32F103VET6 电路连接图

### 2.3 通讯模块

系统与上位机间以 USB 方式通讯,芯片选用 CP2102 芯片,该芯片是 USB 转 UART 的单芯片桥接器。CP2102 包含一个

USB2.0 全速功能控制器,USB 收发器,符合 USB 2.0 版规范,最大的传输速度为 12Mbit/s。包含振荡器和带有全部的调制解调器控制信号的异步串行数据总线 UART,RS-232 总线符合现有 RS-232 协议,支持 RS-232 的各种数据格式,波特率为 300 bit/s 至 1 Mbit/s,芯片由 USB 总线供电,范围是 4.0V 至 5.25V。CP2102 与微控制器只需连接 RX、TX,与 USB 接头连接 VBUS、D+、D- 和 GND,连接接口如图 3 所示。

### 2.4 Flash 存储模块

为了实现对采集数据的存储,系统扩展了 2G 字节( $2G \times 8\text{bit}$ )的 NAND Flash,选用 SAMSUNG 公司的 K9KAG08U0M 存储器。STM32 的静态存储控制器 FSMC 可以把外部存储器划分为固定大小为 256M 字节的四个存储块,所有的外部存储器共享控制器输出的地址、数据和控制信号,每个外部设备可以通过一个唯一的片选信号加以区分,存储块 2 和 3 用于访问 NAND 闪存设备,系统选用存储块 2 连接芯片 K9KAG08U0M,片选信号用 NCE2 管脚,其他管脚按照 8 位 NAND 闪存的方式连接,其中数据线与地址线复用为 8 条 I/O 线。STM32F103VET6 和 K9KAG08U0M 的工作电压均是 3.3 V,因此两者引脚可直接连接,无需电平转换,连接接口如图 4 所示。

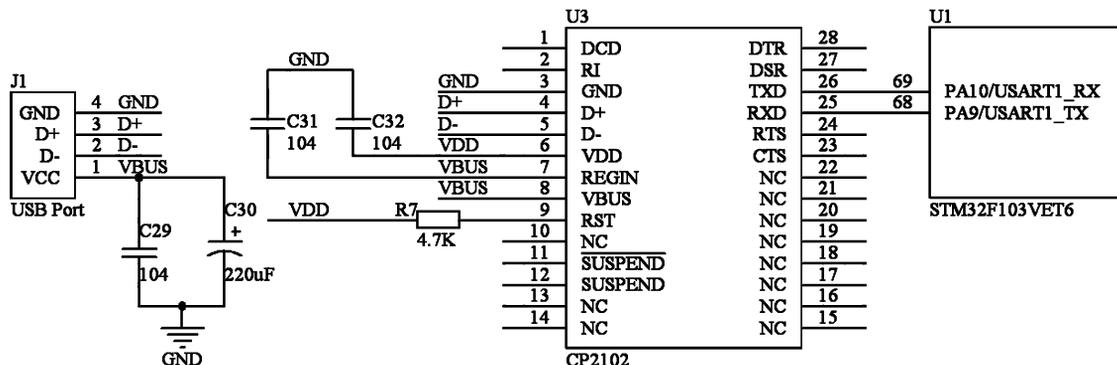


图 3 CP2102 与 STM32F103VET6 电路连接图

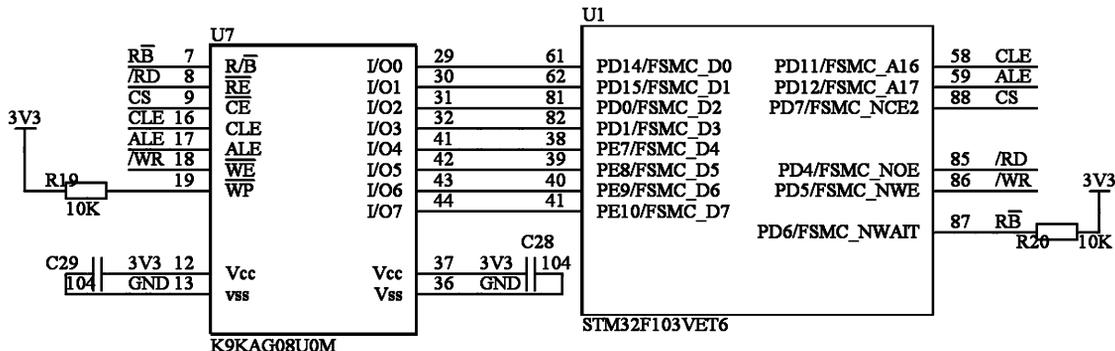


图 4 K9KAG08U0M 与 STM32F103VET6 电路连接图

### 3 系统软件设计

#### 3.1 数据采集软件设计

STM32 常用开发平台主要有 Keil MDK 和 IAR EWARM, 本系统设计中, 采用 Keil MDK 为开发平台<sup>[5]</sup>。STM32 固件库提供了很强大的封装, 可以极大简化用户程序的开发。系统上电首先进行初始化, 等待上位机通讯信号, 来判断是否进行数据采集。微控制器通过 SPI 与 TLC2543 连接, TLC2543 本身不带有控制功能, 其控制字由 DATA INPUT 引脚传入来控制采样, 采样通道以及采样范围是由上位机传送的控制命令决定的。采样率的控制由微控制器的一个通用定时器 TIM2 来实现, 根据采样率设置定时器, 由 TIM2 产生定时中断并在每个定时中断向 TLC2543 发送命令字完成采样。采样数据由 SPI 读取, 并通过 STM32 片内自带的 DMA 将数据从 SPI 的接受缓冲区运送到缓冲区 Buffer, 待 Buffer 满后存入 FLASH 芯片中, 软件流程图如图 5 所示。

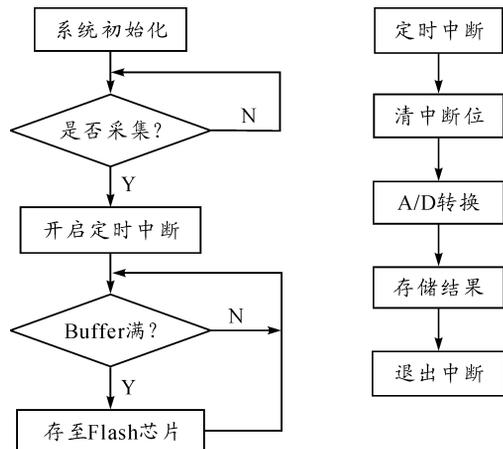


图 5 数据采集软件流程

#### 3.2 存储部分软件设计

NAND Flash 的主要操作有: 读数据、读器件 ID 号、写数据、擦除等, 读和写都以页为单位进行操作, 擦除是基于块进行的。NAND Flash 同其他固体存储器一样会产生坏块, 如果将数据存储在坏块区域将导致无法正常恢复。坏块区域一般不超过器件总容量的 3%<sup>[6]</sup>, 如果系统的工作状态允许存储的数据可以出现少量错误, 比如图像记录功能, 软件设计时可不用标记为坏区; 如果系统的工作状态不允许存储的数据出错, 则需根据器件出厂时自带的坏块信息表标记坏块区域, 以保证数据不被写到坏块区域。NAND Flash 在编程和擦除速度方面非常出众, 擦除时间至关重要, 因为 Flash 设备在编程, 即有选择地将一些位置回 0, 之前必须全部擦除, 即每一位置 1<sup>[7]</sup>。因此, 擦除是写入 Flash 设备过程中的一个步骤。K9KAG08U0M 的页写入、块擦除流程如图 6 所示。

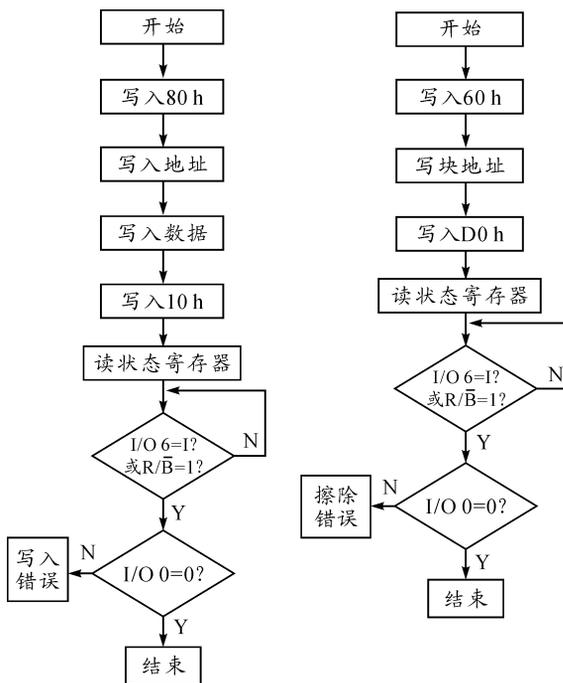


图 6 页写入和块擦除流程

### 4 结束语

本文介绍的列车噪声数据采集系统, 采用基于 ARM Cortex-M3 内核的芯片 STM32F103VET6, 系统通过外扩两片 A/D 转换芯片以实现多通道采集, 可变静态存储控制器 FSMC 连接 NAND Flash 满足大容量数据存储的要求, USB 接口能方便设备与计算机的接口, 使设备运用灵活。本系统具有功耗低、可靠性高的优点, 在成本低和性能上都有很强的优势, 有很好的实际应用价值。

### 参考文献:

- [1] 张曙光. 350 km·h<sup>-1</sup> 高速列车噪声机理、声源识别及控制[J]. 中国铁道科学, 2009, 30(1): 86-90.
- [2] 王永虹, 徐炜, 郝立平. STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [3] STMicroelectronics. STM32F10x 微控制器参考手册[EB/OL]. [2008-12]. <http://www.st.com>.
- [4] 柏逢明. 音频检测技术与仪器[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [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: 63-89.
- [6] 曹显祥. 微型低功耗大容量心电图记录仪的研制[J]. 电子技术应用, 2005(8): 13-17.
- [7] 甘瑟尔(Ganssle, J.)等著. 嵌入式硬件[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [8] 张昊慧. 加性噪声环境下语音特征参数提取方法的研究[J]. 淮阴师范大学学报: 自然科学版, 2010(4): 318-321.
- [9] 范康林, 陈康, 邹晓萍, 等. 配电变压器在线监测数据采集系统设计与分析[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2011(6): 186-188.