

# 基于 ARM 的音频频谱显示器的设计

段丽娜

(华中科技大学 武昌分校, 湖北 武汉 430064)

**摘要:** 详细介绍了一种基于 ARM 的音频频谱显示系统的实现, 整个音频显示系统包括音频信号采集、音频信号处理以及音频信号转换后的显示等功能。在设计中综合了声音采集、ARM 技术及 FFT 算法, 构建了一个实时采集的频谱显示系统, 可以应用于各种需要对声音进行采集和分析的场合。其中, 硬件系统主要包括声音信号的采集与处理、最小系统、电源和显示模块; 而软件系统则是将 ADC 转换的数据通过 FFT 算法后显示在 LCM12864 显示器上。测试结果表明, 该系统具有较好的实时性和准确性。

**关键词:** 音频; 频谱显示; FFT; ARM

中图分类号: TP368.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)01-0022-03

## Design of audio spectrum display based on ARM

Duan Lina

(Wuchang Branch, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430064, China)

**Abstract:** The paper introduces an implementation of the audio spectrum display system based on ARM in detail. The audio display system includes an audio signal acquisition, the audio signal processing and the audio signal display after conversion. In the design, a combination of sound collection, ARM technology and FFT algorithm build a real-time acquisition of spectrum display system, which can be applied to a variety of occasion in which sound capture and analyze are needed. The hardware system mainly includes the sound signal acquisition and processing, the smallest system, power supply and display module. The software system is to make the ADC conversion data display on LCM12864 after FFT algorithm. Test results show that the system has good real-time performance and accuracy.

**Key words:** audio; spectrum display; FFT; ARM

本文设计了基于 SONIX 公司的 ARM Cortex-M0 SN32F700 的音频频谱显示器, 采用性价比较高的 Cortex-M0 SN32F700 实现对音频频谱的分析处理, 取代了传统使用纯硬件滤波器或专用数字处理芯片 DSP 来实现的方法, 具有较高的实用价值。本文采用 ARM 作为控制核心<sup>[1-3]</sup>, 充分发挥了其功耗超低、精度较高等优势, 其他各部分电路设计也充分考虑了简单、可靠、经济等因素, 为实际应用提供了一定的参考价值。

### 1 系统总体设计方案

#### 1.1 系统控制芯片选择

本系统以 SONIX 公司的 ARM Cortex-M0 SN32F700 芯片为控制核心, SN32F700 的主时钟的速率为 50 MHz, 采用三级流水线结构且片上资源丰富, 能够很好地实现系统的控制和算法, 甚至能简化一些复杂的硬件电路。相

比于普通的单片机, 采用 ARM 作主控芯片的方案具有灵活性、可扩展性、通用性的优点, 而且还可以根据市场的需求组合, 价格上也有一定的优势, 本系统最终选择 ARM 的芯片方案来构建音视频处理平台。

#### 1.2 音频频谱显示方案

方案一 利用硬件滤波器和 A/D 转换器, 并用 DDS 芯片配合 FIFO 对信号进行采集, 通过 DDS 集成芯片产生一个频率稳定性和精度相当高的信号作为 FIFO 的时钟, 然后由 FIFO 对 A/D 转换的结果进行采集和存储, 最后送入 MCU 进行处理。

方案二 直接由 32 位 MCU 的定时中断进行信号的采集, 然后对信号进行分析。因为 32 位 MCU 是 50 MHz 的单指令周期处理器, 所以其定时精确度为 20.0 ns, 已经远远可以实现本文期望的采样率, 而且控制方成本较

低,因此选择由 MCU 直接采样。

方案一实现简单,但硬件成本高,方案二软件和硬件实现都较简单。而这里针对 ARM 资源多、运算速度快的特点,提出一种切实可行的快速傅里叶变换算法实现频谱显示。因此选取方案二作为音频频谱显示计方案。

### 1.3 系统控制方案选择

在整个音频处理系统中,采用顺序、循环扫描和定时输出显示的方式来对整个系统控制<sup>[4]</sup>。软件系统中的各个子程序逐步实现,最后再将所需要的子程序合并,这样就具有编写代码容易、易于移植、维护及开发周期短等特点。最重要的是实现了程序中数据的快速处理输出,使得将来的扩展更加方便。因此选用的主控芯片是 SN32F700。

本设计将整个硬件设计分为 MCU、音频采集电路、音频预处理电路、音频显示电路及电源系统 5 大部分。系统设计框图如图 1 所示。

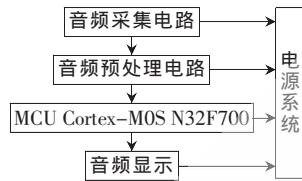


图 1 系统设计框图

## 2 硬件电路的设计

### 2.1 SN32F700 微控制器

本设计采用了 SONiX 公司的 Cortex-M0 SN32F700 作为系统主控芯片。SN32F700 是 SONiX 公司的首款 ARM Cortex-M0 芯片,其内部集成了丰富的硬件资源,高达 50 MHz 的系统时钟速度和 12 bit、250 kHz 采样速率的 ADC,使 SN32F700 成为本设计的首选。SN32F700 存储器配置为:中断源 ARM Cortex-M0 内置矢量中断控制器(NVIC);大量的 I/O 口;两个 16 bit 和两个 32 bit 的通用定时器;总共有 4 个捕获输入和 13 个 PWMs;10 个 12 bit 的 ADC 转换通道及用于通信的 PC 和串行通信等接口;32 KB 的片上闪存存储器;8 KB 的静态存储器(SARM)和 4 KB 的引导 ROM。

### 2.2 音频采集电路

在日常生活中有很多地方用到了对声音信号的采集,如咪头、麦克风、对讲机和传声器等。在本设计中所用到的采集器件是咪头。咪头是将声音信号转换为电信号的能量转换器,是和喇叭正好相反的器件。

为使采集的信号不只局限于设备的音频输出信号,本文采用了咪头作为音频采集器件,并设计出其采集电路,如图 2 所示,其频率范围为 20 Hz~16 000 Hz。

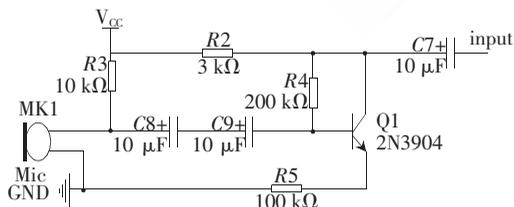


图 2 音频采集电路

在上述硬件电路设计中,主要着眼于音频信号预处理电路的设计。在实际应用中,音频信号主要来源是咪

头、麦克风输入信号或者是播放器输出信号,图 3 所示是一段电脑播放音乐时声卡输出的音频波形。

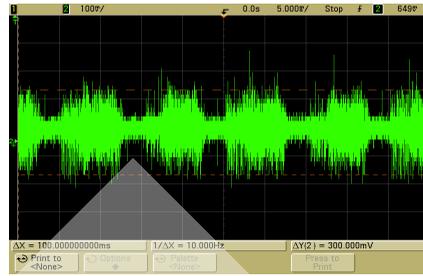


图 3 电脑声卡播放的声音信号

从图 3 可以看到,电脑上的声音信号的电压有正、负两种状态,当直接从电脑上取声音信号时,需要对其进行处理,使采集的电压全为正。下面介绍如何对信号进行处理,可以直接从电脑上取出声音信号,也可以通过采集电路采集外界的声音信号。

### 2.3 音频预处理放大电路

由于在实际的音频运用中,音频信号会出现电压为负值的现象,而单片机只能识别 0 和 1,对负电平不能处理,因此要对音频信号进行处理,使得音频信号最后的输入达到单片机的电压变换范围,即在 AVREFH 和 AVREFL 之间,以便于 MCU 进行 ADC 转换。

由于是对声音信号处理,因此选择了对于音频信号具有很低失真率的 LM358 运算放大器。根据以上分析,设计出的音频预处理电路如图 4 所示。

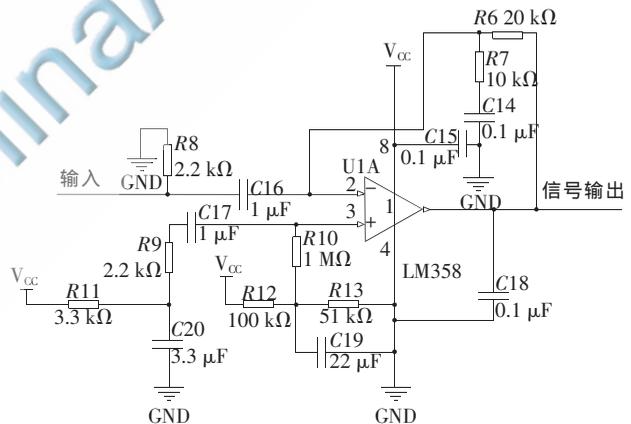


图 4 音频预处理电路

图 4 中电阻  $R_5$ 、 $R_6$  更具运算放大器中虚短与虚断的特性,即反相端 2 和同相端 3 两个输入口的电压和电流相等, $R_5$ 、 $R_6$  组成的是一个运算放大电路, $(1+R_5/R_6)$  是其放大倍数。将输入的负电压信号变成正的电压信号,其原理是串联电阻分压和 RC 组成的低通滤波器根据输入电压的高低对输入信号进行充放电,使输入信号的电压得到升高。

### 2.4 音频显示电路

本设计所选用的显示屏 LCM 是 JDL12864G-04。JDL12864G-04 模块是点阵液晶显示模块,它主要由行

驱动器、列驱动器以及 128×64 全点阵液晶显示器组成, 可以完成图形和 8×4 个汉字(16×16 点阵)。

LCM 向用户提供一个标准的 LCD 显示驱动接口(有 4 位、8 位和 VGA 等不同类型), 用户按照接口要求进行操作来控制 LCD 正确显示。相比玻璃 LCM 是一种更高集成度的 LCD 产品, 对小尺寸 LCD 显示, LCM 可以比较方便地与各种微控制器(比如单片机)连接。由于 SN32F700 的时钟频率是 50 MHz, 则每秒钟对 LCM 的可刷新次数为  $50 \text{ M}/(128 \times 64 \times 8) = 762$  次, 完全满足频谱刷新的频率。LCM12864 显示电路如图 5 所示。

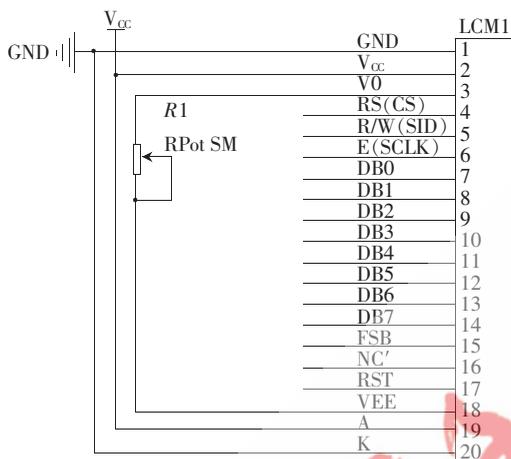


图 5 LCM12864 显示电路

### 3 系统的软件设计与调试

系统的调试包括硬件平台的调试与系统程序的调试。在每一个工程中, 调试都是一个非常重要且十分复杂的环节。

#### 3.1 系统的软件设计

本系统软件程序设计中包含了初始化部分、音频采集部分、FFT 运算部分、幅值计算部分及频谱显示部分。每个部分可以清晰地了解程序的流程, 使得程序的结构更加简单, 对于以后相应的开发可以很好地进行移植<sup>[5-6]</sup>。

#### 3.2 系统的测试

系统的测试电路是将 1 kHz 的正弦波作为声音信号输入到电路中, 图 6 是声音信号经过声音采集电路后的显示。其中, 信号 1 是输出, 信号 2 是输入。可以明显看出, 信号 1 与信号 2 的波形是相反的, 相位相差 180°。

1 kHz 的正弦波输入经过音频采集电路和音频预处理电路后的显示如图 7 所示。其中, 信号线 1 为输入, 信号 2 为输出, 输入与输出方向相同, 相位无差别。

本文介绍了基于 ARM 的音频频谱显示器的设计方法, 完成了音频频谱显示器的设计和制作, 并对其进行了性能测试。测试结果表明, 整个系统能够顺利采集音

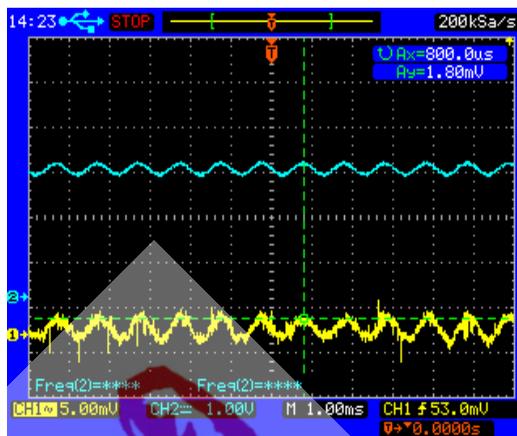


图 6 声音采集 1 kHz 正弦波的显示



图 7 1 kHz 输入与输出

频信号并进行处理, 最终在 LCD 上显示所采集的频谱图, 达到一个较好的性能, 实现了预期的效果。

#### 参考文献

- [1] 周林, 殷侠. 数据采集与分析技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.
- [2] 周立功, 王祖麟, 陈明计, 等. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [3] 田泽. 嵌入式系统开发与应用教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [4] 李明明, 李宏, 王晨波. 基于 FPGA 与单片机的音频频谱分析系统设计[J]. 微型机与应用, 2013(1): 101-102.
- [5] 王春菊. 数字式频谱分析仪原理分析[J]. 标准、检测与仪器, 2001(12): 95-96.
- [6] 吴明晖. 基于 ARM 的嵌入式系统开发与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.

(收稿日期: 2013-09-05)

#### 作者简介:

段丽娜, 女, 1981 年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 信息处理及检测技术。