

基于 DSP 的高速音频采集系统的硬件设计与实现

朱朝文, 曾水平

(北方工业大学 机电工程学院, 北京 100041)

摘要: 本文介绍了一种基于 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320VC5402 的高速音频采集系统, 该系统能对音频信号进行在线实时采集、存储及回放, 并能通过 USB 外围接口器件实现与上位机的通讯。主要介绍了音频采集系统的总体方案和硬件实现, 包括 DSP 模块、A/D 和 D/A 模块、扩展存储器模块、CPLD 控制模块、电源模块以及 USB 接口通讯模块等。该系统具有强大的数据采集处理能力并配有灵活的接口电路, 可以作为研究音频信号采集与处理的通用平台。

关键词: TMS320VC5402; 音频采集; USB

中图分类号: TP274.2 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2010)04-0030-04

Hardware Design and Realization of High-Speed Audio Acquisition System Based on DSP

ZHU Chao-wen, ZENG Shui-ping

(College of Mechatronic Engineering, North China University of Technology, Beijing 100041 China)

Abstract: The paper presents a high-speed audio acquisition system based on TMS320VC5402 of DSP chip in TI corporation, it can real-time acquire, storage and replay audio signal and communicate with supervisory computer by peripheral USB interface devices. It mostly introduces the total program and hardware realization of audio acquisition system which includes DSP module, A/D and D/A module, expanding memory module, CPLD control module, power module and USB interface module. The system has high performance of signal acquiring and processing ability and flexible interface circuit. It can be used as a universal platform in the study of audio acquiring and processing.

Key words: TMS320VC5402; audio acquisition; USB

1 引言

数据采集技术是一项基本的实用性技术, 已被广泛地应用于测量、检测、控制、诊断等各个领域。近 20 年来, 数据采集技术由于采用了微机等一系列新技术, 得到了飞速的发展^[1]。随着电子技术, 计算机技术和通信技术的迅猛发展, 国内外用数字信号处理的办法检测, 采集, 分析, 处理各种数据已经成为一种趋势, 而运用数字信号处理的方法对现场采集的音频信号进行实时分析, 为现场状况的预测提供精确的数据分析依据, 现已经在故障检测、灾害预防、军事等方面得到了广泛的应用, 并且已取得良好的效果和成就。

2 系统总体方案

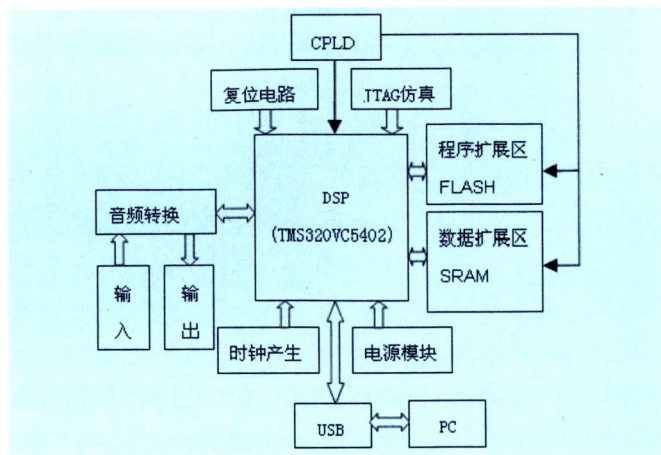


图1 音频采集系统总体方框图

收稿日期: 2009-11-11

按照模块化结构思想,该系统总体方图如图1所示。

图中的输入信号可以有各种各样的形式,它可以是麦克风输入的语音信号或是电话线来的已调数据信号,也可以是编码后在数字链路上传输或存储在计算机里的摄像机图像信号等^[2]。输入信号首先进行滤波和采样,然后经音频转换芯片 TLC320AD50 的 ADC 通道转换后得到数字信号,输入到 TMS320VC5402 中,在系统内部由各种处理算法将信号进行快速运算和处理。最后,经过处理后的数字样值再经 DAC 转换,进行内插和平滑滤波就可得到连续的模拟波形。整个系统以流水线的方式进行工作,一部分信号正在 A/D 通道中进行 ADC 转换,而另一部分信号则在 DSP 处理器中同时进行算法处理。

3 硬件设计与实现

本文着重介绍了该系统各个模块的硬件设计和电路实现,包括 DSP 模块, A/D 和 D/A 模块, 扩展存储器模块, CPLD 控制模块, 电源模块以及 USB 接口通讯模块等。

3.1 DSP 模块

DSP 是整个系统的核心,它不但控制着整个音频采集系统的工作流程,还负责与 PC 机以及外部系统之间的数据通信^[1]。本系统采用了 TI 公司近年来推出的低功耗、高性价比的 16 位定点 DSP 芯片 TMS320VC5402,适用于语音、通信等实时嵌入式场合。TMS320VC5402 芯片是 TI 公司的第五代产品,支持定点运算,内核电压为 1.8V, I/O 电压为 3.3V,工作速率可达 100MIPS。片内包括一个 JTAG 仿真接口、一个控制接口、一个主机接口(HPI)、一个时钟接口、两个多通道缓冲串行接口 McBSP0 和 McBSP1^[3-4]。

DSP 模块电路主要有复位电路、时钟电路以及 JTAG 仿真电路。

3.1.1 复位电路

TMS320VC5402 的复位分为软件复位和硬件复位。其中硬件复位又有上电复位、手动复位、自动复位三种方式^[5]。系统上电复位是通过电源管理芯片来完成的。这里主要介绍用 TPS3707 芯片进行手动复位。它是 TI 公司生产的低电平有效的监控电路处理器,无需外加电容就可实现延迟 200ms 的上电复位功能,由 3.3V 电源

供电。复位原理图如图 2 所示。

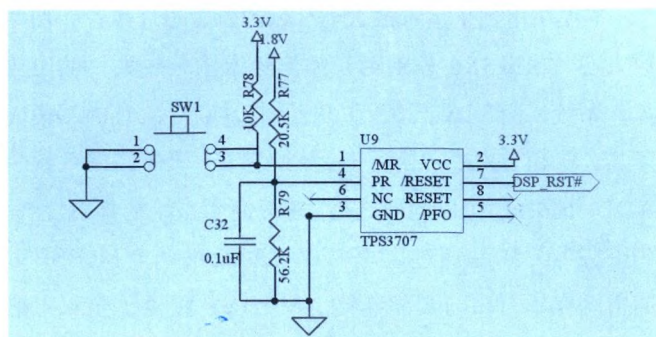


图2 复位电路

当芯片上电的时候,若 Vcc 高于 1.1V,则 RESET# 有效;当芯片引脚 MR# 为低电平的时候,也会引起 RESET# 有效。将该芯片的 RESET# 引脚接到 TMS320VC5402 的 RST# 上,即可在开关 SW1 按下时使芯片的 MR# 引脚产生低电平,这时 TMS320VC5402 芯片就可以完成复位。

3.1.2 时钟电路

TMS320VC5402 的时钟引脚为 X1 和 X2/CLKIN,可以支持无源晶振和有源晶振两种方式,用有源晶振时,时钟的精度高、稳定性好、使用方便^[6]。本系统采用的是有源晶振,此处选用 10MHz。此外,DSP 有一组引脚 CLKMD1-CLKMD3,可以用来调整 DSP 的工作频率。

3.1.3 JTAG接口电路

系统由硬件仿真器通过 JTAG 仿真接口和计算机相连,用户可以通过此接口向 DSP 芯片加载程序并观察 DSP 芯片内部存储器的数据,完成系统仿真及程序调试的任务^[7]。它共有 14 个引脚,其中 6 引脚悬空,13 引脚(EMU0)和 14 引脚(EMU1)是仿真引脚信号。

3.2 A/D 和 D/A 模块

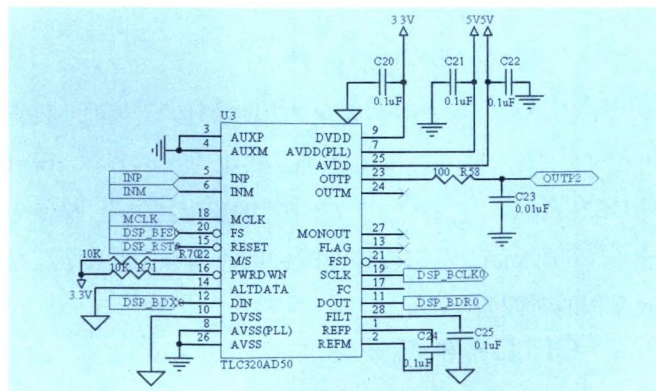


图3 TLC320AD50 电路图

音频放大电路是本模块也是系统的前端单元电路^[2]。本模块用到了运算放大器 TLC2272 芯片和音频功率放大芯片 LM386 分别对音频信号做输入放大、输出放大。系统采用 TLC320AD50 音频转换芯片,它内部集成了 A/D 和 D/A 转换通道,彼此独立工作,使得系统的 ADC 和 DAC 可以同时进行,并提高了系统的集成度^[8]。TLC320AD50 是通过 TMS320VC5402 的两个 McBSP 多通道缓存串行口与其相连接。McBSP 提供了全双工的通信机制,以及双缓存的发送寄存器和三缓存的接收寄存器,允许连续的数据流传输^[4]。TLC320AD50 的电路图如图 3。

3.3 扩展存储器模块

TMS320VC5402 内置 $16K \times 16\text{bit}$ 的 RAM 和 $4K \times 16\text{bit}$ 的 ROM,在默认状态下,RAM 可以映射到程序空间也可以映射到数据空间,但它内部没有非易失性存储器以保护代码。另外,在系统运行中,DSP 往往要做大量的数据处理工作,经常有一些采集到的或者生成的数据需要及时的进行存储和调用,因此,TMS320VC5402 片内的 RAM 和 ROM 空间显然不够用,为了适应大量数据存储和计算的需要,该系统扩展了 FLASH 程序存储器和 SRAM 数据存储器。

3.3.1 FLASH程序存储器

FLASH 程序存储器用来存储系统运行的程序,可以避免系统掉电时程序的丢失。系统上电时,程序可以加载到 DSP 片上的 RAM 中,能够使整个系统全速脱机运行,充分利用了 DSP 的高速处理优势。文中采用 SSTVF400A FLASH 存储器,它的供电电压是 $+2.7 \sim +3.6\text{V}$,数据读取时间为 70ns ,容量大小为 $256K \times 16\text{bit}$ (4MB),存储器内部组织分为区、块、片结构,使用时可分别擦除。

3.3.2 SRAM数据存储器

SRAM 在系统中主要用作程序的运行空间、数据堆栈区。本设计中,选用了高速、低功耗的 $64K \times 16\text{bit}$ 的 GS71116TP,它采用 $+3 \sim +3.6\text{V}$ 的单电源供电,操作电流小于 100mA ,不需要外部时钟或时间频闪观测器,存取操作的时间为 10ns 。

3.4 CPLD控制模块

由于外扩了 FLASH 和 SRAM,DSP 对 FLASH 和

SRAM 进行正常读写的时序逻辑控制就由 CPLD 模块来实现。本系统中采用了 Ateral 公司的复杂可编程逻辑器件 EPM7064 芯片来产生 DSP 控制逻辑。该芯片包含了 4 个逻辑阵列块,64 个宏单元,有 1250 个逻辑门可共使用,采用 $+3.3\text{V}$ 单电源供电。其外部时钟由 DSP 的 CLOCKOUT 引脚提供,它读取并分析从 DSP 端口过来的各种状态信号,实现对 FLASH 和 SRAM 芯片的控制。芯片支持在线编程,在 MAX+plus II 环境下,既可以用原理图输入法进行描述,也可以用 VHDL 或者 VerilogHDL 语言进行描述。其程序可通过内置 JTAG 口进行调试并写入。它的电路图如图 4 所示。

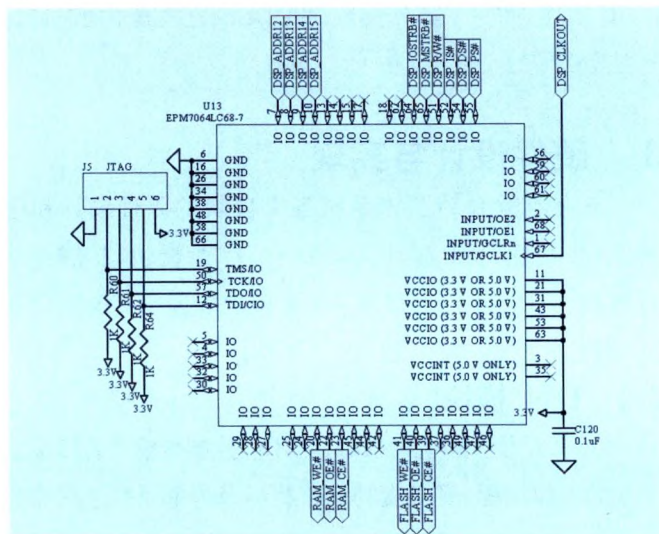


图4 CPLD 控制电路图

3.5 电源模块

一个稳定的电源模块是保证系统正常工作的基本前提。由于 TMS320VC5402 的内核电压为 1.8V ,I/O 电压为 3.3V ,因此该系统采用了 TI 公司的双路低压差电压调整器 TPS767D301 电源方案。它带有可单独供电的双路输出,一路固定输出电压为 3.3V ,一路输出电压可以调节,范围为 $+1.5 \sim +5.5\text{V}$,这种调整主要是通过外接一个电阻取样网络来实现的;每路输出电流的范围为 $0 \sim 1\text{A}$ 。将两路调整器的复位输出端并联起来再通过一个上拉电阻与 3.3V 相连,接到 DSP 的复位输出端,这样,一旦 1.8V 或 3.3V 中任何一个电压下降到其门限电压以下,就会有一个 200ms 的低电平脉冲来使 DSP 复位。TPS767D301 的连接图如图 5 如所示。

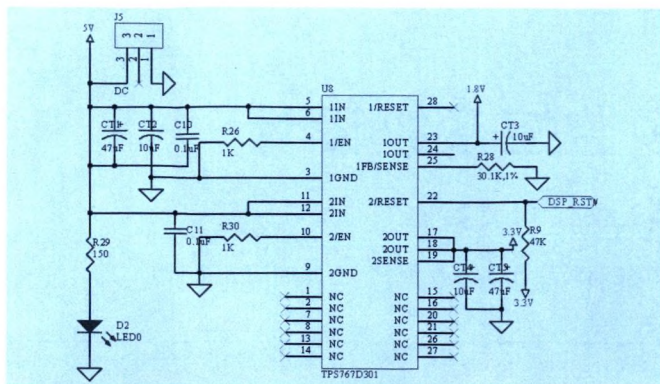


图5 电源电路

3.6 USB接口通讯模块

由于DSP数据吞吐量很大,而RS232通信方式制约了上位机与数据采集系统之间的数据交换。因此,系统进行升级的一个重要方面就是解决DSP与上位机的通信问题。USB作为一种全新的总线为解决上述问题提供了有效的方案,特别是它具有的即插即用功能,使得用便携式电脑代替上位机成为可能,也为便携式仪表与PC机互联提供了简洁途径^[9]。

本系统采用PDIUSBD12芯片。它是一款性价比很高的USB器件,支持多路复用、非多路复用和DMA并行传输^[10]。该芯片采用+5V电源供电,6MHz的无源晶振作时钟。D12有一个专用于区分命令和数据的输入引脚A0,DSP可以通过将A0置为“1”,向D12发送命令;而将A0置为“0”则可以发送或读回数据。其连接原理图如图6所示。

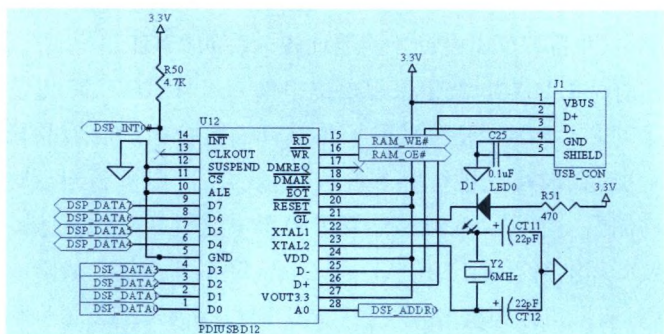


图6 USB连接电路

4 结束语

本文介绍了一种基于TMS320VC5402实时音频采集系统的设计方案,较详细地介绍了系统硬件部分设

计,电路简单,结构清晰,易于实现。系统以DSP芯片为核心,具有很强的数据采集处理能力和灵活的外围接口电路,该系统已经在实验室的科研和教学中发挥作用。随着DSP性能的不断增强,系统可实现的功能将进一步扩展。

参考文献:

- [1] 乔建华,张井岗,李临生.基于DSP的语音信号采集系统的设计[J].太原科技大学学报,2005,26(2):107-110.
- [2] 姚晓通,魏元玲,宫玉芳.基于DSP在语音信号处理中的研究与开发[J].实验室研究与探索,2004,23(9):21-23.
- [3] 张卫宁.DSP原理与应用教程[M].北京:科学出版社,2008.
- [4] TIE YONG,YU ZONGZUO,LI SHUHUA.Design and Realization of the Two-way Signal Acquisition ModuleBased on TMS320VC5402 DSP.[C] //2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering. Los Angeles,2009,21-25.
- [5] 杨明远,陈明义.TMS320C5402芯片基本硬件设计[J].山西电子技术,2007,(4):27-28.
- [6] 梁晓雯,裴小平,李玉虎.TMS320C54x系列DSP的CPU与外设[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [7] 王海平,刘璐.基于TMS320VC5402的实时语音采集与处理系统[J].山东大学学报(工学版),2004,34(1):92-95.
- [8] 杨东,戴瑜兴.基于DSP的语音信号采集和扩展存储系统[J].电声技术,2008,32(4):44-47.
- [9] 汪小澄,宋香丽.一种基于DSP的高速数据采集系统[J].仪表技术与传感器,2004,(6):37-38.
- [10] 马孝江,苗刚.基于DSP的USB数据通信系统的设计[J].世界电子元器件,2004,(2):70-72.

作者简介:朱朝文(1987-),男,硕士研究生,研究方向:嵌入式系统开发与应用。