

基于麦克风阵列的信号采集处理系统设计

许佳龙¹, 张一闻², 刘建平²

(1. 武警工程学院 研究生管理大队, 陕西 西安 710086; 2. 武警工程学院 通信工程系, 陕西 西安 710086)

摘要 介绍了基于 TMS320C6713 的信号采集处理系统。该系统以 TMS320C6713 作为核心控制器, 通过多通道音频串行口 (McASP) 与 A/D 芯片 PCM4204 连接。系统充分利用 McASP 接口多通道的特点, 设计了 16 通道麦克风阵列采集处理平台, 并通过外扩 USB 芯片与 PC 主机端进行数据传输, 方便用户在 PC 端进行数据处理。该系统采样数据量大、同步性强、精确度高、传输速率快、可靠性好, 方便为各种麦克风阵列应用提供原始数据。

关键词 数据采集; 麦克风阵列; 多通道音频串口

中图分类号 TP274+.2 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2011)09-124-04

Design of Signal Acquisition and Processing System Based on Microphone Array

XU Jialong¹, ZHANG Yiwen², LIU Jianping³

(1. Post-graduate Managing Unit, Engineering College of CAPF, Xi'an 710086, China;

2. Department of Communication Engineering, Engineering College of CAPF, Xi'an 710086, China)

Abstract A signal collecting and processing system based on TMS320C6713 is introduced in the paper. The system uses TMS320C6713 as the core controller, connecting with PCM4204 through McASP of the controller. The system can take the full advantage of multiple thoroughfares, design the collecting and processing platform of the microphone array with 16 thoroughfares, and realize data transmission via the external USB chip, facilitating data processing with PC. Due to large quantity of sampling data, better synchronicity, high precision, high-speed data transmission as well as fine reliability, this system can offer a more efficient original data to all kinds of the microphone array application.

Keywords data collection; microphone array; McASP

作为传统的语音拾取工具, 单个孤立麦克风在噪声处理、声源定位和跟踪, 语音提取和分离等方面存在不足, 严重影响了语音通信质量。如果使用多个麦克风组成阵列, 在时频域的基础上增加一个空间域, 对来自空间不同方向的信号进行实时处理, 就可以弥补上述不足。现在已有的麦克风阵列采集处理系统中, 大多采用 4 路麦克风阵列, 这类系统虽然在一定程度上能解决语音增强、噪音抑制、声源定位和回声抵消等问题, 但由于 4 个麦克风个数较少, 只能组成一字线阵, 十字阵等几种特定的阵列形状, 三维空间的方向及距离判断有较大的误差。设计的 16 通道麦克风采集系统能够组成麦克风面阵, 弥补了上述不足, 较好地解决了三维空间信号位置判断的问题。

收稿日期: 2011-07-07

作者简介: 许佳龙(1988—), 男, 硕士研究生。研究方向: 无线通信。张一闻(1978—), 男, 博士, 讲师。研究方向: 无线通信。刘建平(1967—), 男, 博士后, 教授。研究方向: 信号处理。

1 硬件系统设计

该硬件系统主要包括 16 路麦克风构成的阵列、A/D 采样模块、DSP 数据处理模块、PC 机, 如图 1 所示。

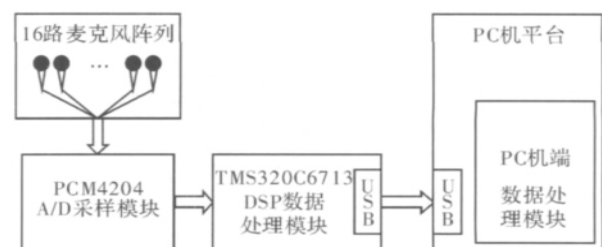


图1 硬件系统模块

1.1 麦克风阵列

该系统中, 麦克风阵列选用声望公司的 MPA416 传声器。MPA416 传声器的灵敏度可达 50 mV/Pa; 拥有低本底噪声; 频率响应范围 20 Hz ~ 20 kHz; 当其用于阵列时, MPA416 的相位差能控制在 3° ~ 5°, 能满足系统对精确度和稳定性的要求。

1.2 A/D 采样模块

A/D 采样模块由 4 片 PCM4204 及其外围电路组成。PCM4204 内置了 4 个同步采样通道, 支持音频串口和 DSD 数据口。音频串口模式时, 输出 24 位线性 PCM 码, 有主、被动两种工作模式, 支持左、右对齐, I²S 和 TDM 数据格式, 动态范围为 118 dB, 最高采样频率 216 kHz^[1]。系统选用 1 片 PCM4204 采用主动工作模式, 其余 3 片 PCM4204 采用被动工作模式。通过音频串口将外部采集的模拟声音信号转化为 24 位 I²S 格式数字信号。

由于前端麦克风阵列的输出信号不是差分信号, 而 PCM4204 要求输入信号为差分信号, 同时要求输入差分信号幅值在 $-0.3 \sim -0.3 + V_{cc}$ V 之间, 因此其每路信号的前端都应有一个缓冲电路, 用来将所接收的麦克风信号转换为差分信号并对幅值进行调整。缓冲电路主要由 OPA1632 和 OPA227 组成, OPA1632 和 OPA227 是高精度、音频差分放大器, 缓冲电路如图 2 所示。

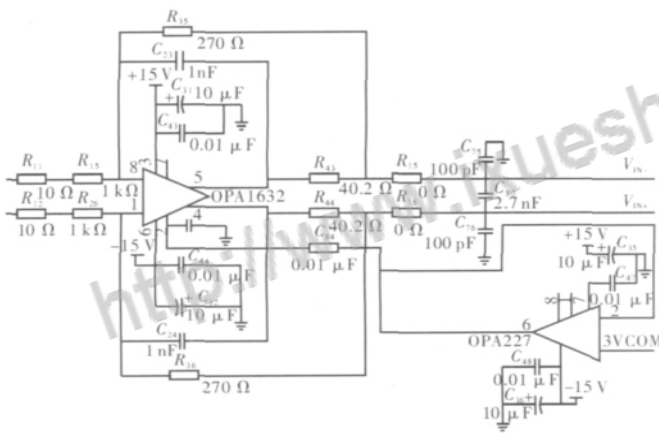


图 2 麦克风放大电路

1.3 DSP 数据处理模块

设计中数据处理模块选择 TI 公司浮点 DSP 芯片 TMS320C6713 作为模块核心。TMS320C6713 为高性能 32 位浮点 DSP, 适用于专业音频信号处理, 其主频可达 300 MHz, 处理速度高达 2 400 MIPS/1 800 MFLOPS。其内部采用改进的哈佛结构; 具有 256 kB 的片内存储空间; 丰富的外设包括两个多通道缓冲串口 (McBSP)、两个多通道音频串口 (McASP)、SPI 和 I²C 等; 增强的直接存储器访问 (EDMA) 控制器, 可控制 16 个独立通道完成不受 CPU 干预的数据传输; 32 bit 的外部存储器接口 (EMIF), 能与 SRAM、ERPOM、Flash、SBSRAM 和 SDRAM 无缝连接^[2]。DSP 数据处理模块框图如图 3 所示。

其中, TMS320C6713 通过 McASP 与前端的 A/D

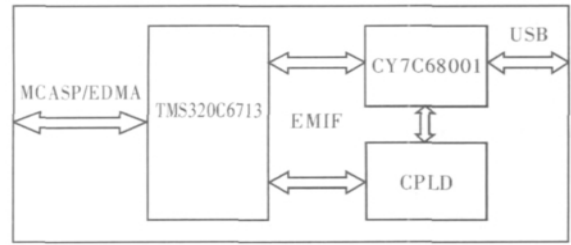


图 3 DSP 数据处理模块

采样模块相连, 并利用 EDMA 数据传输速度快、传输量大, 且不占用 CPU 时钟周期的特点, 将采集数据转存至 TMS320C6713 的片内存储空间。TMS320C6713 外接 CPLD 控制 EMIF 接口, 通过对 EMIF 接口上 CE3 空间的控制, 控制 USB 芯片 CY7C68001, 完成 TMS320C6713 与 PC 机平台间的 USB 数据传输。

1.4 A/D 采样模块与 DSP 数据处理模块接口设计

4 片 PCM4204 芯片与 TMS320C6713 的 McASP1 相连接, 其连接示意图如图 4 所示。

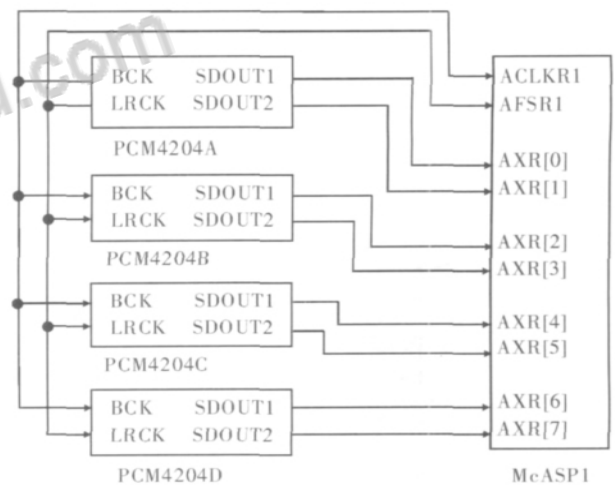


图 4 A/D 采样模块与 DSP 数据处理模块接口连接

图 4 中, PCM4204 A 采用主动工作模式, PCM4204B、PCM4204C 和 PCM4204D 采用被动工作模式。系统采用 I²S 数据格式, PCM4204A 的 SDOUT1 输出的是 1 和 2 通道的数据, SDOUT2 输出的是 3 和 4 通道的数据; PCM4204B 的 SDOUT1 输出的是 5 和 6 通道的数据, SDOUT2 输出的是 7 和 8 通道的数据; PCM4204C 的 SDOUT1 输出的是 9 和 10 通道的数据, SDOUT2 输出的是 11 和 12 通道的数据; PCM4204D 的 SDOUT1 输出的是 13 和 14 通道的数据, SDOUT2 输出的是 15 和 16 通道的数据。

通过配置芯片引脚 S/M、FMT2、FMT1、FMT0、FS2、FS1 和 FS0 对 PCM4204 进行设置。具体如下:

对于 PCM4204A, S/M = 0, 使 PCM4204A 工作在

主模式下;对于 PCM4204B、PCM4204C、PCM4204D, S/M = 1,使 PCM4204A 工作在从模式下;

FMT2 = 0, FMT1 = 0, FMT0 = 1, 选取音频数据格式为 24 bit I²S;

对于 PCM4204A, FS2 = 0, FS1 = 0, FS0 = 1, 选取采样速率为 48 kHz;对于 PCM4204B、PCM4204C、PCM4204D, FS2 = 0, FS1 = 0, FS0 = 0, 选取采样速率为自动检测。

经计算得, A/D 采样模块采样速率为 2.2 Mbit · s⁻¹。

1.5 DSP 数据处理模块 USB 接口设计

TMS320C6713 通过 EMIF 的 CE3 存储空间可以外扩 USB2.0 接口^[3], 因此在对外扩 USB 进行读/写访问前, 需要通过 EMIF 的 CE3 控制寄存器 CE3CTL 来配置 CE3 空间存储器接口的类型、存储器宽度及读写时序^[4]。

CY7C68001 采用并行异步存储器接口通过可编程逻辑芯片 CPLD 与 TMS320C6713 相连, 其原理框图如图 5 所示。

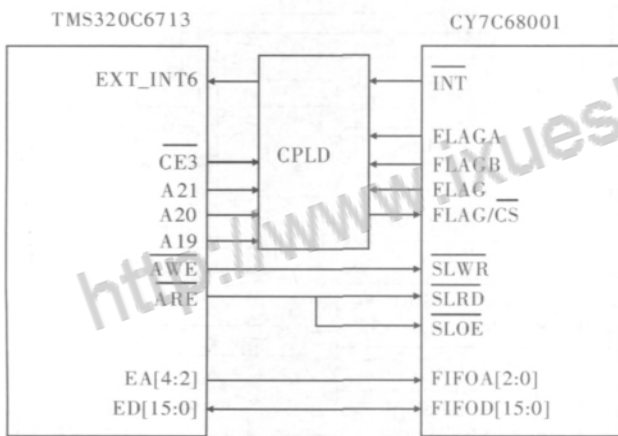


图5 TMS320C6713 与 CY7C68001 接口连接

CY7C68001^[5]除了存储器接口外, 还有 1 个中断信号 USBINT 和 4 个状态信号。中断信号 USBINT 采用 TMS320C6713 的外部中断 EXT_INT6。

TMS320C6713 使用 CY7C68001 作为从设备。在这种模式下, DSP 可以像读/写普通 FIFO 一样对 CY7C68001 内部的 FIFO 进行读/写。PC 主机发出命令的同时也由 CY7C68001 INT 的引脚提供中断触发信号给 DSP 的 EXT_INT6。其上升沿被检测到后, DSP 就进入相应中断服务程序, 开始处理 USB 的传输。DSP 通过 EA [4:2] 连接 FIFOA [2:0] 对 CY7C68001 内部 FIFO 或命令口进行选择。读/写数据通过 ED [15:0] 与 FIFO [15:0] 连接进行。FIFO 和命令口的选择和地址分配如表 1 所示。

表 1 地址分配表

访问空间类型	FIFOADR [2:0]	地址
FIFO2	000	0xB004 0000
FIFO4	001	0xB004 0002
FIFO6	010	0xB004 0004
FIFO8	011	0xB004 0006
命令口	100	0xB004 0008
保留	101	0xB004 000A
保留	110	0xB004 000C
保留	111	0xB004 000E

经实验验证, USB 异步传输速率可达 3 Mbit · s⁻¹, 满足系统需求。

1.6 PC 机平台

DSP 数据处理模块通过 USB 接口与 PC 机相连, 通过 CY7C68001 芯片, 将前端采集的数据传输到 PC 机, 方便对数据的进一步处理。

2 程序设计

2.1 McASP 接口程序设计

定义了 4 个寄存器组: 全局寄存器组 globalRegs、发送寄存器组 xmtRegs、接收寄存器组 revRegs 和串行化器控制寄存器组 srctlRegs。通过这 4 个寄存器组, 对 McASP1 的 PFUNC, PDIR, SRCTL, RFMT, AFSRCTL, ACLKRCTL 及 AHCLKRCTL^[6]等寄存器进行设置。各寄存器组所包含的主要寄存器情况如表 2 所示。

表 2 寄存器组功能表

寄存器组	包含的主要寄存器	功能描述
globalRegs	PFUNC	使管脚工作在 McASP 状态下
	PDIR	设置引脚方向
	SRCTL0	串行化器 0 的工作状态设定
srctlRegs	:	:
	SRCTL7	串行化器 7 的工作状态设定
revRegs	RFMT	对接收数据的格式进行设定
	AFSRCTL	对接收帧同步信号进行设定
	ACLKRCTL	对接收位时钟进行设定
xmtRegs	XFMT	对发送数据的格式进行设定
	AFSXCTL	对发送帧同步信号进行设定
	ACLKXCTL	对发送位时钟进行设定

依据 PCM4204 的 I²S 数据格式, 将接收帧同步信号的宽度定为 32 bit, 接收延迟设置为 1 个 delay; AXR [0] ~ AXR [7] 设置为接收模式。

通过以下函数, 完成对 McASP1 接口的配置
MCASP_reset(hMcasp_6713);

```
MCASP_config( hMcasP_6713 , CfgMcasP_6713 );
MCASP_enableSers ( hMcasP_6713 , MCASP_
RCVXMT );
MCASP_enableSm ( hMcasP_6713 , MCASP_
RCVXMT ) 。
```

2.2 EDMA 传输程序设计

为保证数据的完整性, 选用 Ping - Pong 模式对 EDMA 传输进行配置, Ping 缓存存放如表 3 所示, Pong 缓存与 Ping 缓存结构相同。

表 3 16 通道数据存储地址表

地址	数据	地址	数据
Ping	通道 1 的数据	Ping + 4	通道 2 的数据
Ping + 8	通道 3 的数据	Ping + 12	通道 4 的数据
Ping + 16	通道 5 的数据	Ping + 20	通道 6 的数据
Ping + 24	通道 7 的数据	Ping + 28	通道 8 的数据
Ping + 32	通道 9 的数据	Ping + 36	通道 10 的数据
Ping + 40	通道 11 的数据	Ping + 44	通道 12 的数据
Ping + 48	通道 13 的数据	Ping + 52	通道 14 的数据
Ping + 56	通道 15 的数据	Ping + 60	通道 16 的数据
...

依据 Ping、Pong 缓存数据格式, 对 EDMA 接收进行配置, 即对 EDMA 的 opt, src, cnt, dst, idx, 及 rld^[5] 寄存器分别进行设置。通过 opt 寄存器设置数据长度为 32 bit, 源数据和目的数据为一维方式, 源地址固定, 目的地址采用索引, 启用帧同步等^[7]。源地址和目的地址分别写入 src, dst 寄存器。cnt 寄存器主要用于配置帧计数和单元计数。由于采用 I²S 的数据格式, 所以 1 帧数据只包含 2 个单元数据。通过配置 idex 及 rld 寄存器, 目的数据可以按照设定的索引方式存储。

2.3 DSP 端 USB 接口程序设计

首先, 通过调用用户的初始化函数, 使能外部中断并初始化 USB 寄存器。之后, 程序通过数据传输函数, 完成 DSP 与 PC 机的数据传输。

USB 初始化程序配置如下:

(1) 使能外部中断 6 (EXT_INT6)。

(2) 加载 USB 描述表, 并进行自举检测, 如自举不成功, 则重新自举, 直到端点 0 收到设置包为止。

(3) 配置 USB 为异步从 FIFO (Asynchronous Slave FIFO) 模式, 采用内部 48 MHz 时钟源。

(4) 读取 FNADDR 寄存器, 判断 USB 工作状态。

(5) 依据 USB 工作状态, 配置 EP2、EP4、EP6、EP8, 并设置一次传送的 Byte 长度。设置 EP2、EP4 为 BULK OUT, EP6、EP8 为 BULK IN, 其缓冲大小

分别为 2 × 512 Byte。

在数据传输过程中, PC 端通过 EP2 向 DSP 发送数据命令, DSP 通过外部中断收到读命令后, 使用 EP6 发送已采集好的数据。在声音数据采集系统中, 每路麦克风以 96 kHz 进行 24 位采样, 按照 ping - pong 方式进行存储。在传输过程中还需进行判断, 当采集数据存储在 ping 缓存时, 发送 pong 缓存中的数据, 当采集数据存储在 pong 缓存时, 发送 ping 缓存中的数据。

由于 TMS320C6713 通过 EMIF 的 CE3 存储空间可以外扩 USB2.0 接口, 需对 EMIF 接口的 CE3 寄存器进行配置, 将 USB 接口设为 16 位异步存储接口, 设定读/写的建立时间 (Setup)、促发时间 (Strobe)、保持时间, 使其满足 CY7C68001 的读/写时序^[4] 要求。

2.4 PC 机平台应用程序设计

PC 端接口程序采用 VC ++ 6.0 编写, 首先调用 OpenDriver() 打开 USB 接口设备, 获得设备的句柄 hDevice, 之后调用 Sx2SendVendorReq() 函数向外发出命令, 读取 USB 配置, 最后调用 Sx2BulkdataTrans() 进行数据传输, 通过调用 CFile 类^[8] 将接收到的数据存放在文本文件中。程序使用多线程技术, 使得应用程序将 USB 数据传输在后台进行处理, 应用程序前台还可进行其他操作。

3 结束语

设计了 16 通道麦克风阵列采集处理平台, 并通过外扩 USB 芯片与 PC 主机端进行数据传输, 可使用户方便地在 PC 端进行数据处理。该系统采样数据量大、同步性强、精确度高、传输速率快、可靠性好, 方便为各种麦克风阵列算法提供原始数据。

参考文献

- [1] Texas Instruments. PCM4204 [M]. USA: Texas Instruments, 2004.
- [2] TI Incorporated. TMS320C6713 系列 DSP 的 CPU 与外设 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [3] 王成儒, 李英伟. USB2.0 原理与工程开发 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [4] 周霖. DSP 信号处理技术应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [5] Cypress Semiconductor Corporation. CY7C68001 EZ - USB SX2 high - speed USB interface device [M]. USA: Cypress Semiconductor Corporation, 2003.
- [6] Texas Instruments. TMS320C6000 DSP McASP reference guide [M]. USA: Texas Instruments, 2003.
- [7] Texas Instruments. TMS320C6000 DSP EDMA controller reference guide [M]. USA: Texas Instruments, 2004.
- [8] 王正军. Visual C ++ 6.0 程序设计从入门到精通 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

论文降重、修改、代写请扫码



免费论文查重, 传递门 >> <http://free.paperyy.com>



阅读此文的还阅读了:

- [1. 为什么盒式录音带能录音?](#)
- [2. 基于MATLAB/Simulink的电机拖动系统的仿真分析与实现](#)
- [3. 肺功能仪的数据采集及处理系统](#)
- [4. 阵列声波井下信号采集与处理系统设计](#)
- [5. 基于DSP的光电二极管阵列信号采集系统设计](#)
- [6. Sarnoff手机用麦克风模块](#)
- [7. 低成本汽车黑匣子的硬件系统设计](#)
- [8. 基于VME总线的水声阵列信号数据采集系统设计](#)
- [9. 烟台天然气输气干线工程SCADA系统设计](#)
- [10. 基于麦克风阵列的声源定位系统设计](#)