

一种基于 TMS320VC5509 的语音处理系统的设计

胡 瑛¹, 胡安峰²

(1. 湖南工程学院 计算机与通信学院, 湖南 湘潭 411104;

2. 中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要 介绍了一种利用 TI 公司的 CODEC、TLV320AIC23 和 DSP 芯片 TMS320VC5509, 实现的语音信号的采集及播放系统。具体阐述了二者之间的接口设计和如何通过 TMS320VC5509 的 I²C 模块, 对 TLV320AIC23 进行初始化以及通过 TMSVC5509 的 McBSP 实现两者之间的正常数据通信。

关键词 语音; 多通道缓存串口; 内部集成电路; TLV320AIC23; TMS320VC5509

中图分类号 TN912.3 **文献标识码** A **文章编号** 1007-7820(2009)05-034-04

Design of a Speech Processing System Based on TMS320VC5509

Hu Ying¹, Hu Anfeng²

(1. College of Computer Science and Communication, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411104, China;

2. College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract A speech acquisition and playing system based on TMS320VC5509 and TLV320AIC23 of TI Company is introduced. The design of the interface between the two chips is discussed in detail. How to initialize the TLV320AIC23 through the I²C module of TMS320VC5509 and how to implement the normal data transfers between the two chips through McBSP are also discussed.

Keywords speech; McBSP; I²C; TLV320AIC23; TMS320VC5509

语音信号的采集和播放是语音信号处理的基础, DSP 是各种语音信号处理的平台。TMS320VC55x DSP 是德州仪器(TI) C5000 DSP 系列里最新的一代产品。TMS320VC55x DSP 系列主要特点是低功耗, 非常适合在音频处理方面的应用^[1]。

TLV320AIC23(以下简称 AIC23)是 TI 公司生产的一种高性能立体声音频编解码器, 该器件的数字传输字长可以是 16、20、24、32 bit, 它支持 8~96 kHz 的采样率。在数模转换器中的二阶多比特结构还可在采样率为 96 kHz 的情况下使信噪比达到 100 dB, 从而使得高质量的数字音频回放成为可能。该芯片在回放中的功率消耗 < 23 mW。因

此, 对于可移动的数字音频播放和录音使用中的模拟输入输出等应用系统, AIC23 无疑是十分理想的选择^[2]。

综上所述, 文中选择 TMS320VC5509(以下简称 VC5509)作为系统的核心处理器和控制器, 利用 AIC23 采集语音信号, 然后传送给 VC5509。

1 系统硬件原理

1.1 系统硬件结构框图

图 1 是系统的硬件结构框图, 系统主要包括 VC5509 和 AIC23 两个模块。利用 VC5509 的片上外设 I²C(Inter-Integrated Circuit, 内部集成电路)模块配置 AIC23 的内部寄存器; 通过 VC5509 的 McBSP(Multichannel Buffered Serial Ports, 多通道缓存串口)接收和发送采样的音频数据。控制通道只在配置 AIC23 的内部寄存器时工作, 而当传输音频数据时则处于闲置状态。AIC23 通过麦克风输入或者立体声音频输入采集模拟信号, 并把模拟信

收稿日期: 2009-03-09

作者简介: 胡 瑛(1983-), 女, 硕士, 助教。研究方向: 信号与信息处理。胡安峰(1982-), 男, 硕士研究生。研究方向: 数字信号处理。

号转化为数字信号，存储到 DSP 的内部 RAM 中，以便 DSP 处理。当 DSP 完成对音频数据的处理以后，AIC23 再把数字信号转化为模拟信号，这样就能在立体声输出端或者耳机输出端听到声音。

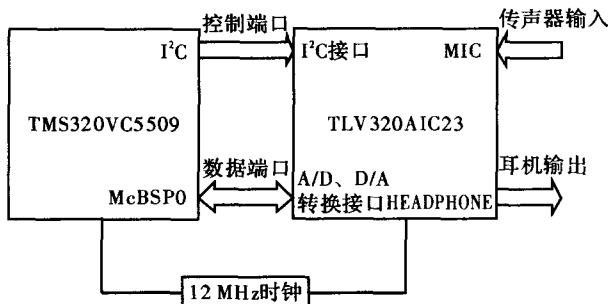


图1 系统硬件结构框图

1.2 TLV320AIC23 的控制接口

AIC23 有许多可编程特性，可通过控制接口来编辑该器件的控制寄存器。控制接口又分为 SPI 和 I²C 两种规格的接口。该器件的模式终端状态决定了控制接口的形式，如表 1 所示，这个模式引脚必须连接到需要的电平。在设计中，若采用 SPI 总线，则需要多占用一个 McBSP 或双向 I/O 口资源，但是很多时候 DSP 的 McBSP 资源会比较紧张，考虑到系统的可扩展性，在设计中采用了通过 I²C 总线来配置 AIC23。

表 1 SPI 和 I²C 控制接口

MODE	接口
0	I ² C
1	SPI

I²C 的时序，如图 2 所示。

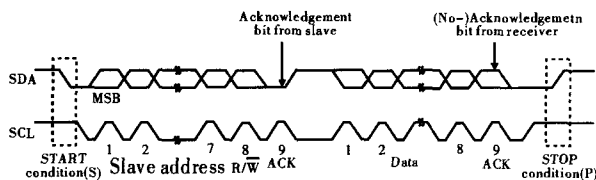


图2 I²C 模式下的数据传输时序图

为了使 AIC23 正常工作并产生预期的音频效果，必须对其内部相应的寄存器进行配置。AIC23 内部提供了 11 个配置寄存器^[3]，利用 VC5509 的 I²C 模块可以对这些寄存器进行编程配置，使 AIC23 工作在要求状态下。

1.3 TLV320AIC23 的数字音频接口

AIC23 芯片与数字系统的接口有右判断模式、

左判断模式、I²S 模式和 DSP 模式 4 种^[4]。这 4 种数据传送模式都是从 MSB(最高位)开始，字长范围从 16 bit 到 32 bit(除了在右判断模式下不支持 32 bit 外)。数字音频接口由时钟信号 BCLK、数据信号 DIN 和 DOUT、同步信号 LRCIN 和 LRCOUT 组成。应当说明：BCLK 在主动方式是输出，而在从动方式是输入。由于接下来的应用将主要围绕该芯片与 DSP 相结合，因此采用了第 4 种模式，即 DSP 模式。

由于 DSP 模式与 TI 公司 DSP 的 McBSP 口相兼容，因此，LRCIN 与 LRCOUT 必须与 McBSP 的帧同步信号相连接。在 LRCIN 或 LRCOUT 的下降沿开始数据传输。左通道数据组成了首先传送的数据字，紧接着传送右通道的数据。传送字长由 IWL 寄存器决定。图 3 说明了 LRP = 1 时的传送情况(可通过 Register7 来进行设置)。字长 n 可以通过设置 IWL 来确定(IWL[1:0]: 输入长度 00 = 16 bit; 01 = 20 bit; 10 = 24 bit; 11 = 32 bit)。

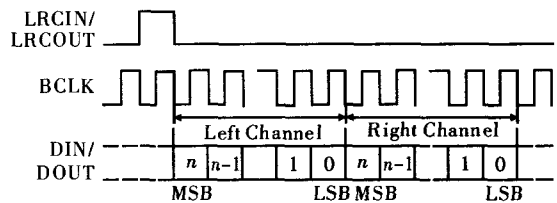


图3 DSP 模式下的数据传输时序图

1.4 TLV320AIC23 与 TMS320VC5509 的接口设计

AIC23 能够实现与 VC5509 DSP 的 McBSP 端口的无缝连接，使系统设计更加简单。接口的原理框图，如图 4 所示。

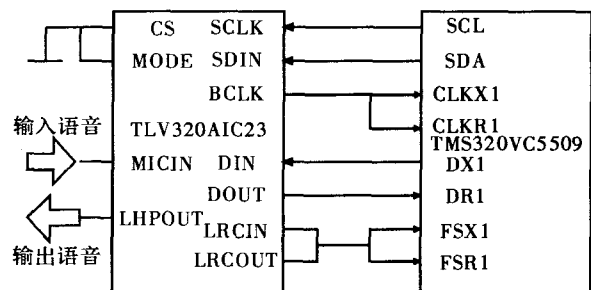


图4 AIC23 与 VC5509 接口原理图

系统中 AIC23 的主时钟 12 MHz 直接由外部的晶振提供。MODE 接数字地，表示利用 I²C 控制接口对 AIC23 传输控制数据。CS 接数字地，定义了

I²C 总线上 AIC23 的外设地址, 通过将 CS 接到高电平或低电平, 可以选择 AIC23 作为从设备在 I²C 总线上的地址。具体情况, 如表 2 所示。SCLK 和 SDIN 是 AIC23 控制端口的移位时钟和数据输入端, 分别与 VC5509 的 I²C 模块端口 SCL 和 SDA 相连。收发时钟信号 CLKX1 和 CLKR1 由 AIC23 的串行数据输入时钟 BCLK 提供, 并由 AIC23 的帧同步信号 LRCIN、LRCOUT 启动串口数据传输。DX1 和 DR1 分别与 AIC23 的 DIN 和 DOUT 相连, 从而完成 VC5509 与 AIC23 间的数字信号通信。

表 2 CS 端状态和从设备地址的对应关系

CS 状态 (default = 0)	地址
0	0011010
1	0011011

2 系统软件设计

2.1 程序流程图

图 5 是语音信号, 在基于 DSP 的语音处理系统上处理过程的软件流程图。

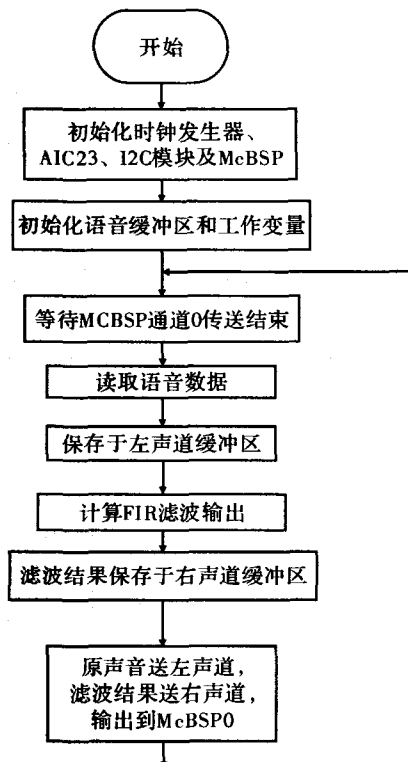


图 5 程序流程图

2.2 初始化 CPU 频率

首先, 要正确配置 DSP 的时钟发生器, 产生 DSP 工作的正常时钟频率。这一个步骤的关键就是

数字锁相环 PLL 的应用。为了能够在程序中改变 DSP 的工作频率, 必须通过设置时钟发生器的设置模式寄存器 CLKMD 中的倍频值 PLL MULT bit 和分频值 PLL DIV bit, 使 PLL 工作在锁定模式下。而在进入锁定模式之前, 必须使屏蔽 PLL, 使时钟发生器工作在旁路模式, 才能改变 PLL MUTL bit 和 PLL DIV bit 的值, 达到分频和倍频的目的。这样在对 PLL 进行初始化的时候应当遵循以下步骤:

- (1) 关闭 PLL, 时钟发生器进入旁路模式, PLL 开始锁相过程;
- (2) 置 CLKMD 中的相应标志位;
- (3) 设置倍频值和分频值;
- (4) 使能 PLL, PLL 工作在锁定模式。

输出频率 = [PLL MULT / (PLL DIV + 1)] × 输入时钟频率。

2.3 通过 I²C 对 TLV320AIC23 进行编程控制

I²C 模块是 TMS320VC55xx 新增的片内集成外设, 可以使 DSP 与 I²C 兼容设备通过该接口进行数据通信。I²C 模块接口由串行数据信号 SDA 和串行时钟信号 SCL 组成, SDA 和 SCL 均为双向接口。连接在同一条总线上的 I²C 设备可以工作在多主从工作模式下。包括 VC55xx DSP 在内的每个 I²C 设备都有唯一的设备地址, 可以供软件寻址。其中, 主设备发送时钟并启动数据传输, 被主设备寻址的则为从设备。这些设备根据各自的功能, 既可以作为发送器, 也可以作为接收器。这里应注意以下 3 点:

(1) 在写过一次 I²C 地址后, 只能对一个寄存器进行写操作, 而不能一次性对所有寄存器进行写操作。也就是说, 对每个寄存器写之前都要按部就班的写一遍 I²C。程序中通过在 AIC23 的写入函数中调用函数 I²C_Write() 来实现;

(2) I²C 模式下, 数据是分为 3 个 8 bit 写入的。而 TLV320AIC23 有 7 位地址和 9 位数据, 也就是说, 需要把数据项上面的最高位补充到第二个 8 bit 中的最后一位;

(3) 在对控制寄存器的编程过程中, 对应于每一次工作状态的改变, 不能仅仅修改某个寄存器的值, 而是要对这十个寄存器都重新写入一遍, 否则系统将无法正常工作, 而且应首先写 Register10, 同时还应对所有寄存器进行复位处理。

2.4 设置 McBSP

McBSP 一般通过 6 个引脚使数据通路和控制通路与外部设备相连。数据经 McBSP 串口与外设的通信一般通过 DR 和 DX 引脚传输, 控制同步信号则由 CLKX、CLKR、FSX、FSR 等 4 个引脚实现^[5]。一个 McBSP 通道, 一次可以移进或移出一个串行字。每个 McBSP 最多支持 128 个发送数据通道和 128 个接收数据通道。在 DSP 复位后, RMCN=0, XMCM=0, 表示不使用多通道选择模式, 使能所有的 128 通道。

VC5509 的 McBSP0 应工作在 SPI 模式下, 以便使 McBSP0 的接收器和发送器同步。这时, McBSP0 作为一个从设备使用, 主时钟和从设备使能信号, 由外部的设备产生(AIC23)。相应的, CLKX 和 FSX 引脚应设置为输入引脚, 如图 4 所示。这样, 发送和接收电路都有外部主时钟定时。FSX 引脚也在内部与 FSR 信号连接。

尽管 CLKX 信号由外部主设备产生, 且与 McBSP0 异步, 仍应使能 McBSP0 的采样率发生器, 才能使 SPI 从设备正常运行。采样率发生器的最大

频率应设为 CPU 时钟频率的 1/2。内部采样频率时钟用来将 McBSP0 逻辑与外部主时钟和从设备使能信号同步。

由于 McBSP 串口的数据线 DR 和 DX 带有缓存寄存器, 而帧同步信号 FSX、FSR 以及时钟信号 CLKX、CLKR 具有可编程性, 因此它与 AIC23 之间的接口设计非常灵活。由 AIC23 的帧同步信号 LRCIN、LRCOUT 启动串口传输, 同时将发送接收的数据字长设定为 32 bit(左声道 16 bit, 右声道 16 Bit)单帧模式, 就可以方便地实现与 AIC23 之间的无缝连接。

3 结束语

通过硬件和软件调试, 最终成功采集到语音信号并播放出来, 可以在 CCS 中观察到采集到的语音信号的波形, 如图 6 所示, 改变程序中的延迟参数, 混响效果明显。系统也有需要进一步改进的地方, 比如可以利用 DSP 的 McBSP 实现 RS-232 协议从而跟 PC 机的串口通信, 将语音数据存储到 PC 机中, 实现声音的录放功能。

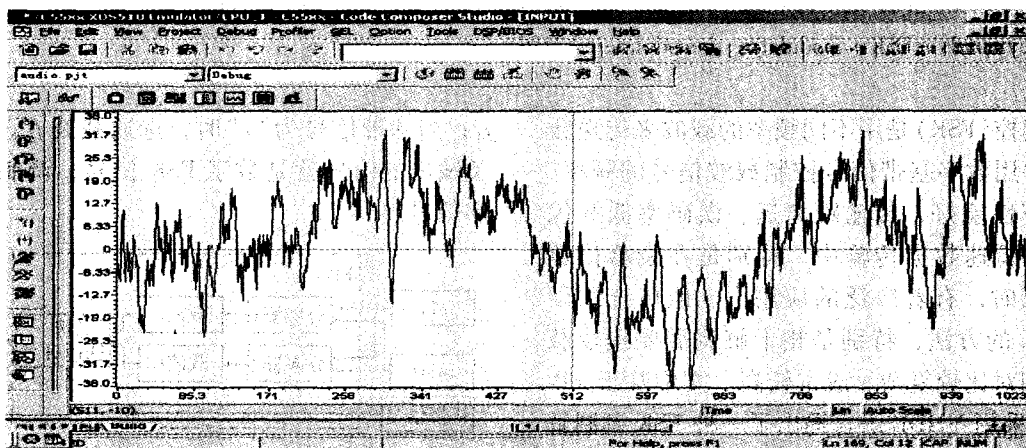


图 6 采集的语音信号波形图

参考文献

- [1] 胡庆钟, 李小刚. TMS320C55x DSP 原理、应用和设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] Texas Instruments. Stereo Audio CODEC, 8 to 96 kHz, With Integrated Headphone Amplifier T LV320AIC23 Data Manual[EB/OL]. (2001-06-03)[2009-01-06]. <http://www.ti.com>.

- [3] 王嘉, 欧建平. 利用 I²C 总线实现 DSP 与音频采样芯片 TLV320AIC23 的接口控制[J]. 国外电子器件, 2004(12): 10-19.
- [4] 闵晓勇. DSP 与单片机串口通信的设计与实现[J]. 电子科技, 2005(9): 15-18.
- [5] Texas Instruments Incorporated. TMS320VC55x 系列 DSP 的 CPU 与外设[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.