

TMS320VC5509 在公安数字集群语音处理中的应用

公安部一所 周 昕

摘要: 本文介绍了由 DSP 芯片 TMS320VC5509 与音频 CODEC 芯片 TLV320AIC23 组成的一个语音处理系统,并结合系统的硬件接口设计,详细阐述了 TMS320VC5509 DSP 软件设计的方法,以及如何采用 DMA 方式实现快速的数字音频传输。

关键词: TMS320VC5509 TLV320AIC23 DMA 语音处理

一、芯片简介

TMS320VC5509 是 TI 公司推出的一款低功耗高性能的 16 位定点数字信号处理器(DSP),最高可以运行在 144MHz 的主频。它基于 TMS320C55x DSP 的核,达到了 C54x 两倍的周期效率,而功耗则只有 C54x 的 1/6。C55x DSP 具有强大的并行特性以及方便用户编程的指令流水线的自动保护机制,保证了指令的高效率执行。C5509 采用统一编址的方式来划分存贮空间,程序与数据总线均能对其访问,从而使 C5509 便于大量数据的处理与程序的优化。C5509 具有 DMA 控制器、时钟发生器、定时器、I2C 总线控制器、McBSP 串口等丰富的外围设备,片内还集成了 128K 16Bits 的 SRAM,并具有 EMIF 接口,可以与 SDRAM 无缝连接,为完成复杂的语音算法提供了可能。

TLV320AIC23 是 TI 生产的一款高性能的立体声音频 Codec 芯片,片上包含了耳机输出放大器,支持 MIC 和 LINE IN 两种输入方式,且对输入和输出都具有可编程增益调节。AIC23 的模数转换(A/D)和数模转换(D/A)部件集成在芯片内部,采用了先进的 Sigma-delta 过采样技术,可以在 8K 到 96K 的频率范围内提供 16bit、20bit、24bit 和 32bit 的采样,ADC 和 DAC 的输出信噪比分别可以达到 90dB 和 100dB。与此同时,AIC23 还具有很低的能

耗。由于具有上述优点,AIC23 可以很好的应用在手持式数字音频播放和录音设备。图 1 是 TLV320AIC23 的结构框图。

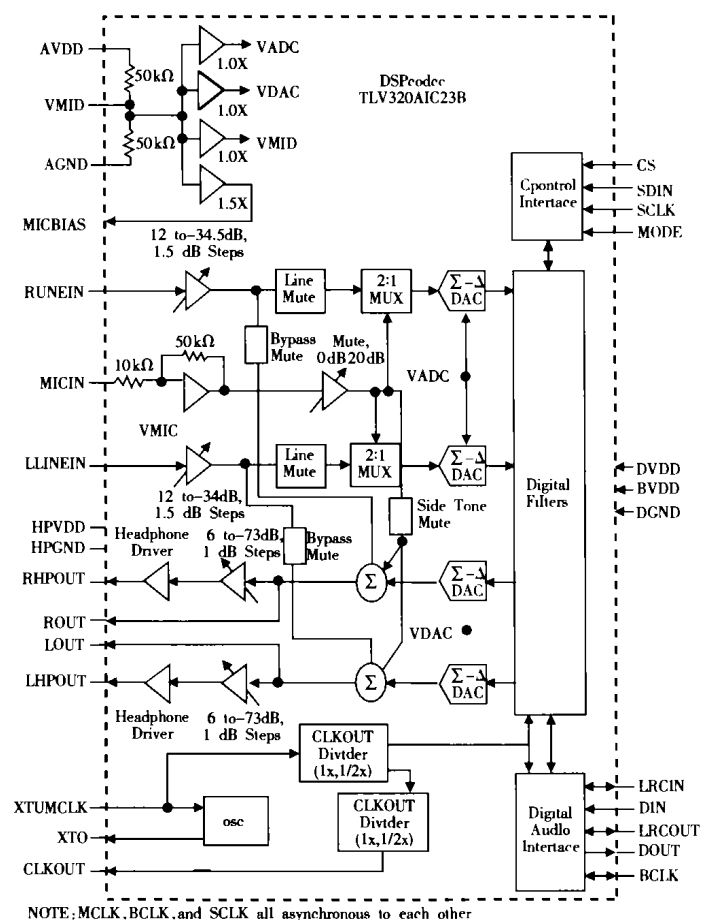


图 1 TLV320AIC23 的结构框图

结合这两种芯片的优点,可以很方便地设计出一个能够实现数字音频采集、播放和传输功能的语音处理系统。

二、硬件结构介绍

TLV320AIC23 与 TMS320VC5509 的接口有两个:一个是控制接口,用于设置 AIC23 的工作参数;另一个是数字音频接口,用于输入/输出 AIC23 的 A/D、D/A 数据。

TLV320AIC23 的控制接口有两种工作方式,分别为:2 线制的 I2C 方式以及 3 线制的 SPI 方式。由于 C5509 具有 I2C 总线,所以直接使用 I2C 方式来控制 AIC23 比较方便。这时需要将 AIC23 的 MODE 管脚置低。C5509 作为 I2C 总线的主设备,AIC23 作为从设备。AIC23 的内部有 11 个控制寄存器。C5509 通过 I2C 总线给 AIC23 设置好相应的寄存器值,就可以启动 AIC23 开始正常工作了。

表 1 TLV320AIC23 的控制寄存器

地址	寄存器
0000000	左声道输入控制寄存器
0000001	右声道输入控制寄存器
0000010	左声道耳机输出控制寄存器
0000011	右声道耳机输出控制寄存器
0000100	模拟通道控制寄存器
0000101	数字通道控制寄存器
0000110	省电控制寄存器
0000111	数字接口格式寄存器
0001000	采样率寄存器
0001001	数字接口激活寄存器
0001111	复位寄存器

TLV320AIC23 的数字音频接口一般可采用 I-IS(一种通用的音频格式)与 DSP 两种模式,这两种工作方式均可以方便的与 C5509 的 McBSP 串口(Multi-channel buffered serial port,多通道缓存串口)相连接,区别只在于 McBSP 帧信号的宽度不同。我们采用的是 DSP 模式,此时 McBSP 的接收时钟和 AIC23 的 BCLK 都由 McBSP 的发送时钟提供。

图 2 是 TLV320AIC23 与 C5509 的接口原理框图。TLV320AIC23 的主时钟直接由 DSP 时钟产生,MODE 接数字地表示利用 I2C 控制接口来对 TLV320AIC23 进行传输控制。SCLK 和 SDIN 是

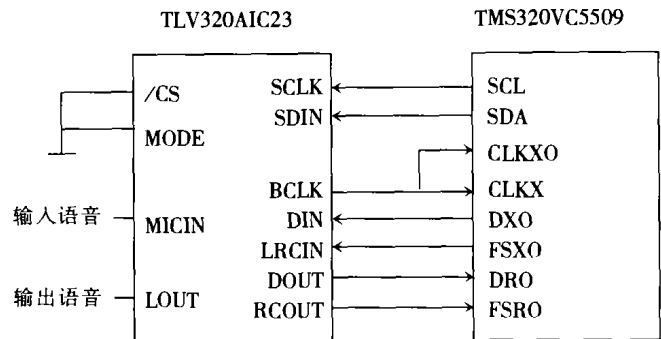


图 2 TLV320AIC23 与 C5509 的接口原理框图

TLV320AIC23 控制端口的移位时钟和数据输入端,它们分别与 TMS320VC5509 的 I2C 模块端口 SCL 和 SDA 相连。收发时钟信号 CLKXO 和 CLKR0 由 AIC23 的串行数据传输时钟 BCLK 提供,并由 TLV320AIC23 的帧同步信号 LRCIN、LRCOUT 启动串口数据传输。C5509 的 McBSP0 数据发送端 DXO 和数据接收端 DRO 分别与 AIC23 的 DIN 和 DOUT 相连,可完成 DSP 与 AIC23 之间的数字通信。

三、DSP 软件设计

本系统的工作流程是:模拟音频从麦克风端(MICIN)输入,经过 AIC23 进行 A/D 转换,通过数字音频接口将采样后的数据串行输出到与之相连的 C5509 DSP,DSP 对这些数据进行语音编解码、信道编解码等一系列算法处理后,再将处理过的数据通过数字音频接口输入给 AIC23,AIC23 进行 D/A 转换,由耳机端(LHPOUT)输出结果。

在进行 DSP 软件编程时,先使用 I2C 总线对 AIC23 的各个控制寄存器进行配置。I2C 总线由一条串行数据线 SDA 和一条串行时钟线 SCL 组成,可进行输入输出双向传输。通过 I2C 总线向 AIC23 写入一个 16bit 的数据,高字节中的高 7 位是控制寄存器的地址,余下的 9 个 bit 是要写入的配置值。我们将 AIC23 设置为 8K 采样率,MIC 输入,USB 模式。

由于 AIC23 采样输出的是串行数据,因此要对 DSP 的 McBSP 串口进行正确的设置。McBSP 分为数据通道和控制通道两部分。DR 和 DX 引脚分别负责数据的收发,发送时钟引脚 CLKX、接收时钟引脚 CLKR、发送帧同步引脚 FSX 和接收帧同步引脚 FSR 提供串行时钟和控制信号。将 McBSP 串

公安通信

口 0 设置为禁止回环,并将收发的数据设为 16bit 单帧模式,就可以方便地实现与 AIC23 之间的无缝连接。

接下来介绍一下数字音频接口的软件设计。我们采用了 DMA 方式来实现 AIC23 与 C5509 的 McBSP 口的数据交换。DMA 方式就是无需 CPU 介入,在内部存储器、外部存储器以及芯片外设之间进行数据的传输和搬移,这样可以减少 CPU 占用的时间,保证数据收发处理的实时性。DMA 具有以下几个特点:

- 有 4 个标准端口与 DARAM、SARAM、外部存储器以及外围设备相连;
- 具有 6 个通道,允许 DMA 控制器跟踪这 6 个独立通道的内容;
- 可以设置每个通道的优先级,每个通道的传输可由选定事件触发;
- 源地址和目标地址的改变都是可编程的;
- DMA 可以独立于 CPU 工作,并且可以在软件控制下配置为 idle 状态。

McBSP 串口每发送或接收到一个单元,都会自动触发 DMA 将其搬送到一个内部数据缓冲区,当缓冲区收满或发空后,通过中断方式告诉 CPU 进行处理。DMA 通道一次传输一个数据块,一个数据块由若干帧构成。根据 Tetra 标准,我们将一个数据单元定义为 16bit 的一个字,240 个字构成一帧,一个数据块包含一个单帧。AIC23 的采样率为 8K,故一帧的收发时间为 30ms。因为要进行连续的收发,当一个缓冲区满了(接收)或空了(发送)时要自动切换到下一个缓冲区,因此要将

DMA 控制器设为 ABU(Auto Buffering)模式。在这种模式下,DMA 会在传完一个数据块后,将配置参数从配置寄存器拷到工作寄存器,然后继续传输下一个数据块。

我们可以定义数据缓冲区 Buffer0 和 Buffer1,长度均为一个帧长。设置一个 DMA 接收通道和一个 DMA 发送通道,并打开 C5509 的 McBSP 串口 0 进行音频数据的输入和输出。将 DMA 接收通道的源地址设为 McBSP 串口 0 的数据发送寄存器 1 (DXR10),目的地址设为 Buffer0 的首地址。将 DMA 发送通道的源地址设为 Buffer0 的首地址,目的地址设为 McBSP 串口 0 的数据接收寄存器 1 (DRR10)。当 Buffer0 满了(接收)或空了(发送)都会给 CPU 发出中断。在接收中断处理程序里,将接收通道的目的地址设为 Buffer1 的首地址。在发送中断处理程序里,将发送通道的源地址设为 Buffer1 的首地址。当 Buffer1 满了(接收)或空了(发送)触发中断后,再将接收通道的目的地址和发送通道的源地址设为 Buffer0。依此类推,DMA 控制器在两个缓冲区之间自动进行切换,实现连续的数据传输。

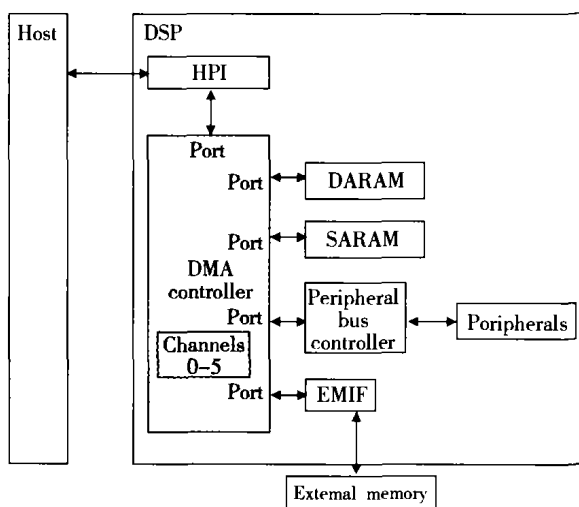
我们根据这一设计思想,已经完成了公安数字集群语音处理系统的 DSP 程序设计,在硬件平台上运行稳定,效果良好。

四、结束语

TMS320VC55x 系列 DSP 将丰富的外围设备和高性能低功耗结合在一起,具有极高的性价比,适用于无线通信、便携式、手持式多媒体设备,在媒体娱乐终端、个人识别、保密技术以及数码音像等产品中有着广泛的应用。用 C55x DSP 来实现一系列音频、视频、信道的编解码算法,这是我们公安数字集群系统的一个应用发展方向。可以预见,随着 DSP 芯片性价比的不断提高和新的实用 DSP 算法的不断出现,DSP 系统的应用在深度和广度上会有更大的发展。

参考文献:

1. TMS320VC5509 Fixed-Point Digital Signal Processor Data Manual, 2001.
2. TLV320AIC23 Data Manual, 2002.
3. 汪春梅 孙洪波 任治刚 编著, TMS320C5000 DSP 系统设计与开发实例, 电子工业出版社, 2004. ■



DMA 控制器结构图