

基于 DSP 的语音降噪系统设计

王 龙, 官洪运, 刘 捷

(东华大学 信息与科学技术学院, 上海 201620)

摘要: 针对语音通信中不可避免要受到各种噪声的影响, 致使通信质量下降的问题, 采用 DSP TMS320C5509 和语音采集芯片 TLV320AIC23 搭建了语音降噪系统, 实现了基于谱相减技术的实时系统来消除环境噪声。通过 DSP 开发板对信号进行采集与降噪实验, 结果表明该系统具有较好的降噪效果, 能有效地提高系统的信噪比。

关键词: 谱相减; 降噪; TMS320VC5509

中图分类号: TN850.5

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)22-0086-03

Design of speech noise reduction system based on DSP

WANG Long, GUAN Hong Yun, LIU Jie

(Science and Technology Information Institute, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: Voice is inevitable to be affected by all kinds of noise in voice communication, impacting communication quality. In this paper, DSP TMS320C5509 and CODEC TLV320AIC23 are used to build noise cancellation system, and realized the real-time system based on spectral subtraction to eliminate noise. It uses DSP development board to do the experiment on signal acquisition and noise cancellation, this experiment shows that the system has good noise reduction effect, can effectively improve the SNR of the system.

Key words: noise reduction; spectral subtraction; TMS320VC5509

在现实的语音通信中会不可避免地受到来自环境中的背景噪声影响, 致使通信质量严重下降, 甚至听不清楚对方讲话的内容, 因此对带噪语音信号进行降噪已经成为语音通信中的一个非常迫切的课题。近年来, 随着 VLSI 技术的发展和高速 DSP 芯片的出现, 语音增强方法走向实用化^[1]。本文所介绍的语音降噪系统能够有效地实现数字降噪功能, 由于降噪处理时不但要进行信号的采集与回放, 还要进行降噪算法的实时处理, 采用具有高速实时处理能力的 DSP TMS320VC5509 进行处理, 能够满足日常生活中语音通信中的降噪要求。

1 降噪系统设计

1.1 硬件系统结构图

本系统采用 TI 公司的 TMS320VC5509 芯片进行信号处理和谱相减算法的处理, 语音降噪系统如图 1 所示。系统采用 12 MHz 的晶振为 DSP 提供时钟, DSP 内部工作时钟采用 PLL 方式设置成 16 倍频, 使 DSP 的内部时钟达到 192 MHz。语音采集与回放模块采用 TLV320AIC23 语音编解码芯片。CPLD XC95114 提供读写 Flash

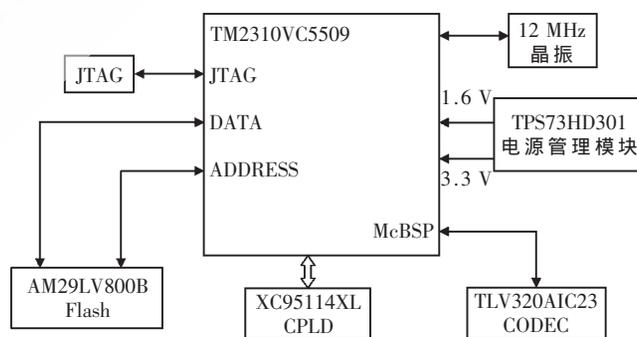


图 1 语音降噪系统

AM29LV800B 和配置, 启动语音编解码模块 AIC23 的控制信号。供电模块采用 TPS73HD301, 分别提供 DSP 芯片所需的 1.6 V 内核电压和 3.3 V 的 I/O 电压。

1.2 主要电路原理分析

图 2 为 5509 DSP 与 TLV320AIC23 的接口原理图。

音频 Codec 芯片 TLV320AIC23 通过外围器件对其内部寄存器进行编程配置, 使用灵活, 其配置接口支持 SPI 总线接口和 PC 总线接口, 数据传输格式支持右判断模

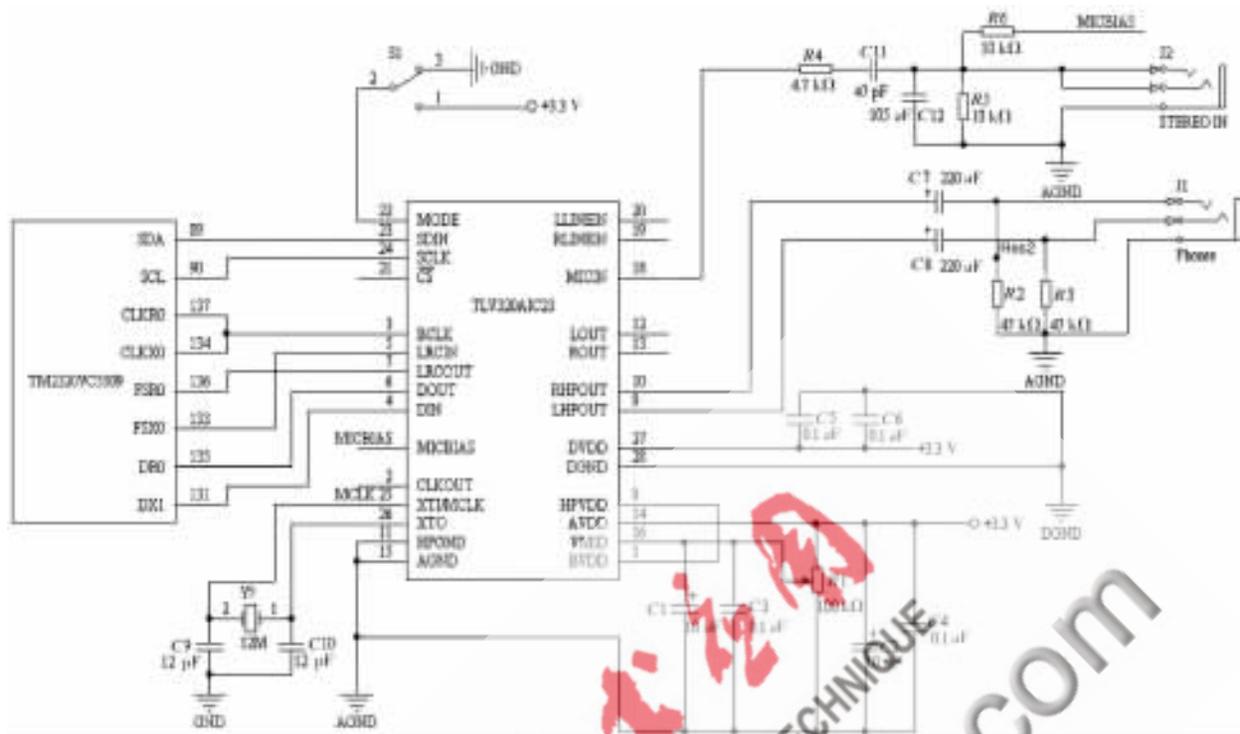


图2 DSP5509与AIC23 CODEC的电路图

式、左判断模式、I²S模式和DSP模式4种方式,其中TI模式专门针对TI DSP设计^[2-3]。C5509的多通道缓冲串口MCBSP可以配置为SPI总线接口,其串行数据传输格式与TLV320AIC23的DSP模式兼容,此外,这两款芯片的I/O电压兼容,从而使得C5509与TLV320AIC23可以无缝连接,系统设计简单。

MODE引脚作为串行接口输入模式选择端,0为I²C模式,1为SPI模式;由于C5509片内外设含有I²C模块,直接使用C5509的I²C模块控制TLV320AIC23,此时C5509作为I²C总线的主设备,TLV320AIC23作为从设备,通过编程完成对TLV320AIC23的配置。

TLV320AIC23的数字音频接口采用DSP模式,将TLV320AIC23配置为主设备。与DSP的McBSP0无缝连接,将其作为双向的数据收发通道。输入输出的帧同步信号LRCIN、LRCOUT分别接McBSP串口的FSX0与FSR0,时钟信号BCLK与McBSP的串口输出时钟CLKX0相连,同时通过CLKX0驱动输入串行时钟CLKR0,以保证串口数据收发的一致与同步。SCL和SDI分别是TLV320AIC23的控制端口和数据输入端,分别和C5509的I²C模块端口SCL和SDA相连。

1.3 音频信号的采集与回放

此系统中采用MICPHONE采集语音信号,把采集的语音信号经过模数变换,进入DSP后再经过滤波存储到DSP的片内存储空间。然后调用谱相减算法降噪软件进行降噪处理,得到新的处理后的数据再经过数模变换,放大后从耳机输出。

通过MIC采集的语音信号通过TLV320AIC23语音

编解码芯片对语音进行模数转换。TLV320AIC23是一个高性能的多媒体数字信号编解码器,该模块具有模数转换器、数模转换器,使用了高效的Multibit sigma-delta和过采样数字插补滤波技术,支持16、20、24和32位格式从8 kHz~96 kHz采样频率的音频信号的采集与回放,并具有较高的信噪比(SNR)和较低的能耗。利用多通道缓冲串口McBSP(multiply-channel buffer interference)与DSP通信。把通过TLV320AIC23模数转换后的数据通过McBSP1传送给DSP进行降噪处理,处理后的数据经过数模转化后传送到耳机输出。

2 系统算法与软件设计

2.1 谱相减算法^[4,5]

目前降噪算法具有代表性的有自相关算法、自适应噪声滤波法、短时谱幅度估计法、谱相减算法、小波变换等。谱相减算法因具有运算量小、容易实时实现、增强效果好等特点,是目前在降噪系统中最常用的算法之一。

谱相减算法的基本原理是在频域将噪声的频谱分量从带噪语音信号的频谱中减去。谱减的提出前提是假设语音信号与加性噪声相互独立,它假设噪声是统计平稳的,即有语音期间噪声振幅谱的期望值与无语音间隙噪声的振幅谱的期望值相等,用无语音期间测得的噪声频谱的估计值取代有语音期间的噪声频谱,与含有噪音的语音频谱相减,即可得到语音频谱估计值。假设带噪语音的模型表达式如式(1):

$$y_m(n) = s_m(n) + d_m(n) \quad (0 \leq n \leq N-1) \quad (1)$$

其中 $s_m(n)$ 表示纯净的语音, $d_m(n)$ 表示噪声, $y_m(n)$ 表示带噪语音。其中 $m=0,1,2,\dots,M-1;n=0,1,2,\dots,N-1;M,N$

技术与方法 Technique and Method

分别表示一段语音中包含的帧数和每帧信号的长度。

在实际中由于语音信号是不平稳的,但是具有短时平稳性,因此计算时通常要加窗处理。设 Y_k 、 S_k 、 d_k 分别表示带噪语音,纯净语音和噪声的傅里叶系数。对(1)式进行傅里叶变换,由于假设的语音与噪声是不相关的,可得式(2),即

$$\bar{Y}(W) = \bar{S}(W) + \bar{D}(W) \quad (2)$$

对上式的两边进行平方可得:

$$|Y_k|^2 = |S_k|^2 + |d_k|^2 + S_k d_k^* + S_k^* d_k \quad (3)$$

对上式两边进行变换可得式(4)

$$E[|Y_k|^2] = E[|S_k|^2] + E[|d_k|^2] \quad (4)$$

对于一个分析帧内的短时平稳语音信号分析可得:

$$|\hat{S}_k| = [|Y_k|^2 - |d_k|^2]^{1/2} \quad (5)$$

上式中如果出现负值,则用 0 替换。利用人耳对相位的不敏感性可以用带早语音信号的相位直接代替计算以后的相位,即用 Y_k 的相位 θ_k 代替 S_k 的 γ_k , 即 $S_k = |\hat{S}_k| \exp[j\theta_k]$, 对其进行傅里叶反变换可得:

$$S(n) = \text{IFFT} \left\{ |\hat{S}_k| \exp[j\theta_k] \right\} \quad (6)$$

谱相减算法原理图如图 3 所示。

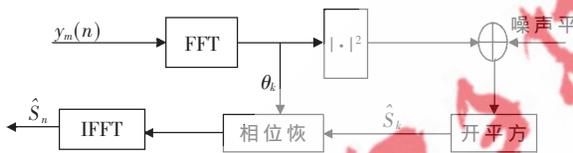


图3 基本谱减法的原理框图

2.2 系统软件设计

在本系统的软件设计中,软件系统主要包括主程序、中断服务程序、中断向量和链接命令文件,其中最重要的是主程序和中断服务程序,中断服务程序主要功能是实现数据采集与数据更新。

系统主函数是程序执行的入口并完成需要的初始化工作。主函数中主要包括对时钟、多通道缓冲串口 McBSP1 以及对 AIC23 的初始化配置。接着启动串口进行正常工作,最后进行谱相减法降噪算法处理,输出降噪后的语音信号。

在该系统中,音频信号通过 MIC 被采集,然后经过 TLV320AIC23 语音编解码模块,把采集的语音信号进行信号保持、采样、量化后转换成数字信号,转换成的数字语音信号以中断方式被 DSP 读取,通过 DSP 的多通道缓冲串口 McBSP1 以数据帧的方式把数据存储在片上缓冲区里。当一帧数据采集完后,中断返回到主程序对数据的进行加窗处理、FFT 变换,然后再进行有声无声检测,判断是否需要降噪处理。处理后的数据通过 McBSP1 输出到 TLV320AIC23 进行回放。软件处理流程结构如图 4 所示。

CPU 在相应接收中断服务程序后,在服务程序中将 128 个采样值拷贝到处理缓冲区中等待处理,实现缓冲区的数据转换,然后置 1 使程序进入主程序中进行降噪处理。

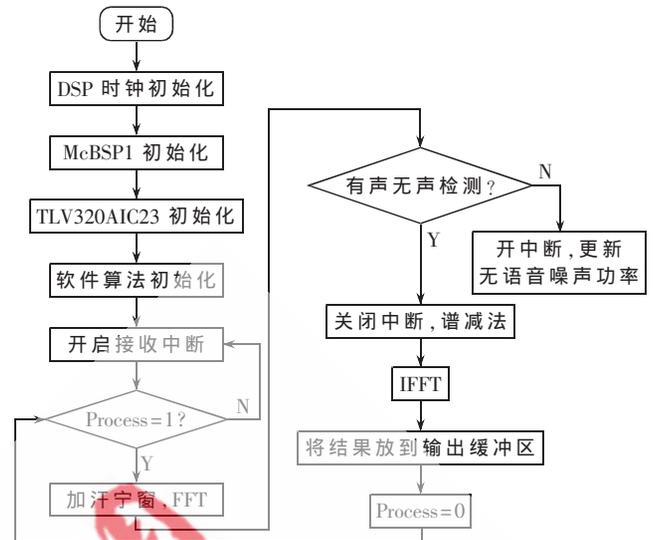


图4 系统算法实现流程图

本系统中实时设计中的关键技术有加窗处理、帧间重叠、帧移位、快速傅里叶变换(FFT)、快速傅里叶反变换、定点数与浮点数的转化。在进行 FFT 变换的时候必然会产生大量的数据,所以在对数据进行读取与存储时不可避免地会造成流水线冲突,为了解决这样的问题,可以在产生流水线冲突的两条指令间加上三个 NOP 指令^[6,7]。

通过谱相减算法在 DSP 开发板上搭建的语音降噪系统中进行降噪实验,实验结果表明,本系统能够有效地降低环境噪声对语音的影响,能够有效地提高信噪比,改善语音通信质量,达到降低语音通信中的背景噪声的目的。

参考文献

- [1] 黄苏雨,梁声灼,黄苏园.语音增强方法综述[J].计算机与现代化,2007,23(3):16-20.
- [2] 汪春梅,孙红波.TMS320C5000 系列 DSP 系统设计与开发实例[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [3] 丁祥,余小清.音频编解码器 TLV320AIC23 及其与 DSP 接口设计[J].单片机与嵌入式系统,2002,2(6):35-37.
- [4] 王欣,罗代升,王正勇.基于改进谱减算法的语音增强研究[J].成都信息工程学院学报,2007,22(2):201-204.
- [5] 张俊.基于谱减算法语音增强的研究[J].信息技术,2009,33(3):74-76.
- [6] Texas Instruments.TLV320AIC23B stereo audio CODEC datamanual[Z],2003.
- [7] 北京瑞泰创新科技有限责任公司.ICETEK-VCS5509 EVM 用户使用手册 V1.0[Z],2004.

(收稿日期:2010-05-17)

作者简介:

王龙,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向: DSP 嵌入式系统开发。

官洪运,男,1960年生,高级工程师,硕士生导师,主要研究方向:光纤通信及宽带网络。