

基于 TMS320VC5509 的 回声系统的设计

麦凯 苏成悦 郑柱

(广东工业大学物理与光电工程学院 广州 510006)

摘要: 本文介绍了用 TMS320C5509 的 DSP 一阶 IIR 全通滤波器实现的回声系统,该系统能够从麦克风或着从已经编辑好的波形文件输入到 DSP 中,再从 DSP 实现回声的语音输出。该系统使用的是 AD73311L 语音芯片,具有良好的输入输出特性,并且可以通过改变采样率来改变回声的特性。

关键词: DSP; IIR 滤波器; 回声系统; 梳状滤波器; 全通滤波器

Design about reecho system base on TMS320C5509

MAI Kai, SU Cheng-yue, ZHENG Zhu

(School of Physics & Photoelectricity engineering, Guangdong University of technology, Guangzhou, 510006)

Abstract: A reecho system which is implemented by a one-step IIR all-pass filter which is based upon TMS320C5509's DSP has been introduced in this paper. The system could introduce sound which comes from microphone directly or the edited sound-wave file into DSP, then implement the reecho output from the DSP. The system make use of the sound chip AD73311L, has good input&output characteristic, and could change the characteristic of reecho by change the sampling frequency

Keyword: DSP; IIR filter; reecho system; pectination filter; all-pass filter

1 TMS320C5509 和评估板的概要

1.1 TMS320C5509 DSP 的主要特点

数字信号处理 (Digital Signal Process, 简称 DSP) 是利用专用或通用数字信号处理芯片, 通过数字计算方法对信号进行处理。TMS 系列的 DSP 基本结构包括: 哈佛结构、流水线的操作、专用的硬件乘法器、特殊的 DSP 指令、快速的指令周期。这些特点能够使得 TMS320 DSP 芯片可以实现快速的 DSP 运

算, 并使大部分运算 (例如乘法) 能够在—个周期内完成。由于 TMS320 DSP 芯片是软件可编程器件, 因此具有通用微处理器方便灵活的特点。

TMS320C5000 系列是针对低功耗、高性能的实时处理而专门设计的 DSP, 广泛应用于无线通信系统识别。C55X 是目前功耗最低的一种 DSP, 这个系列的 DSP 的 CPU 有如下特征:

1. 采用改进的哈佛结构, 一条程序总线 (PB), 三条数据总线 (CB, DB, EB) 和四条地址总线

应用

(PAB,CAB,DAB,EAB),一条读操作数总线(BB),一条写操作数总线(FB),提高了性能和操作的灵活性。

2. 一个 16bit 的 ALU,一个 40bit 的算术逻辑单元(ALU)以及一个 40BIT 的移位器(shifter)和两个 40bit 的累加器,支持 32bit 或者双 16bit 的运算。

3. 17×17 bit 的乘法器和两个 40bit 专用加法器的组合(mac)可以在一个周期完成乘加的运算,速度非常快。

4. 比较、选择和存储等单元能够加速 Viterbi 译码的执行。

5. 专门的指数译码器(EXP encoder)能够在—个周期内完成累加器中 40bit 数值的指数运算

6. 单独的数据地址产生单元(DAGEN)和程序地址产生单元(PAGEN),能够同时进行三个读操作和一个写操作。

TMS320VC5509 是一个定点的 DSP,工作频率为 144MHz,每时钟周期执行 1~2 条指令。片上集成了 $128K \times 16$ bit RAM, $32K \times 16$ bit ROM,最大可扩展 $8M \times 16$ bit SDRAM,16bit 的外部扩展数据总线。片上集成外围有两个 20bit 的定时器和看门狗,6 通道 DMA 控制器,3 个 MCBSP 串口,USB 接口,I2C 总线接口,数字可编程 PLL 时钟驱动器。

1.2 TMS320VC5509 评估板概要及其在设计中的设置

这款以 TMS320VC5509 为核心的评估板可以作为软件评估板使用,也可以直接用作项目开发。该板上除了将芯片集成的外围全部引出来以外,还增加了 10bit 的 AD 和 DA 器件,使得该板可以直接接受模拟信号并将处理完的信号以模拟信号的形式输出;增加了语音处理功能,能够将由麦克风发出的音频信号转换为数字信号进行处理,并将处理的结果通过语音芯片(AD73311)以模拟信号的发送到耳机接口;还有 RS232 串口等等。

评估板上的 J18 是一个语音输入选择接口,将 1 脚和 2 脚短路就选择麦克风输入,2 脚和 3 脚短路

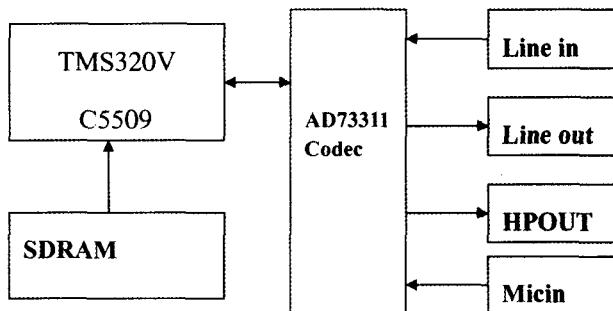


图 1 设计中使用到的开发板的部分

选择语音输入。在设计中采用 Line In,即将 1,2 短路。

J14 音频输入接口,语音输入接口使用双通道耳机插座,接口输入幅度为 $0 \sim 1.578V$ 。J16 耳机接口,耳机接口使用双通道耳机插座,接口输出幅度为 $0 \sim 1.578V$ 。

2 回声的原理、IIR 滤波器的设计以及 Matlab 的仿真

2.1 回声的原理

声波碰到一个障碍物(如悬崖)时,它会弹回来,我们会再听到这个声音。这种反射回来的声音称为回声。在户外空旷的地方,回声比较模糊,因为声音的震动会向四处散开,能量会散失。而在一个密闭的空间里(如隧道),反射的声音不会跑掉,所以回声很大。

声波在室内传播时,要被墙壁、天花板、地板等障碍物反射,每反射一次都要被障碍物吸收一些。这样,当声源停止发声后,声波在室内要经过多次反射和吸收,最后才消失,我们就感觉到声源停止发声后声音还继续一段时间。这种现象叫做混响,这段时间叫做混响时间。混响时间的长短是音乐厅、剧院、礼堂等建筑物的重要声学特性。

在音乐厅听到的声音由三部分组成:从声源直接传来的声音,经过少次墙壁反射传来的前期反射声音,经过多次墙壁反射传来的后期反射的声音。这

三种声音到达的先后次序不同,并且互相混叠。如果将整个音乐厅当作一个对声源发出声音进行处理的滤波器,它的单位脉冲响应反映了它回响性能的好坏。

本设计是利用 TMS320VC5509 EVM 模拟回声的效果。其实这个系统就是一个梳状滤波器。

2.2 梳状滤波器

这个回响滤波器可以看作由一些基本模块构成。这些模块包括延迟相加模块,该模块模拟声音经过墙壁反射,产生一定的延时,并与直接到达的声音相加。其差分方程为:

$$Y(n) = x(n) + ay(n-D)$$

其中, a 表示反射的衰减, D 为反射后造成的延时。

梳状滤波器是由许多按一定频率间隔排列的通带和阻带,只让某些特定频率范围的信号通过。梳状滤波器其特性曲线象梳子一样,故称为梳状滤波器。它是一种 IIR 滤波器。

$$\text{梳状滤波器传输函数: } H(z) = \frac{1}{1-Z^{-D}}$$

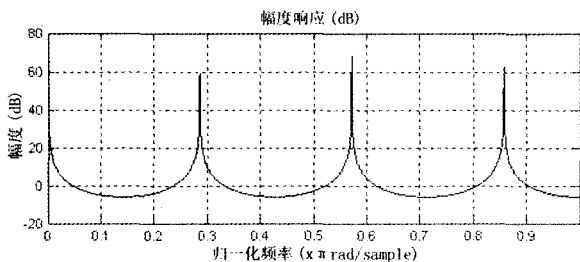


图 2

梳状滤波器的相位响应,如图 3 所示。这种延时相

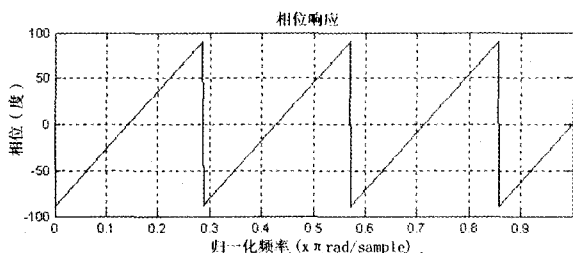


图 3

加的频谱特性在一些频率点呈现尖峰值,使得它对声音信号中的对应频率加以强调,而其他频率成分则相应地受到弱化。为了消除这种情况,我们引入了另一种延时相加模块,它具有全通特性。

2.3 全通滤波器

如果用 $A_m(z)$ 表示 m 阶实系数全通滤波器的系统函数,则

$$A_m(z)A_m(z^{-1}) = 1 \quad \left| A_m(e^{j\Omega}) \right|^2 = A_m(z)A_m(z^{-1}) \Big|_{z=e^{j\Omega}} = 1$$

全通滤波器的传输函数为: $H(z) = \frac{-\alpha + Z^{-D}}{1 - \alpha Z}$ $|\alpha| < 1$

$$\text{极点为: } p_1 = d = r e^{j\theta}$$

$$\text{零点为: } z_1 = 1/d^* = (1/r)e^{j\theta}$$

差分方程为: $Y(n) = ay(n-d) - ax(n) + x(n-d)$

全通滤波器的幅度响应,如图 4 所示。

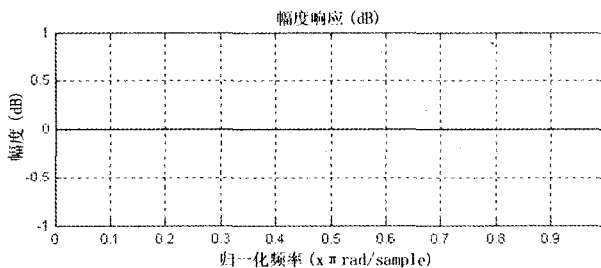


图 4

全通滤波器的相频响应为:

$$A_1(e^{j\Omega}) = \frac{e^{-j\Omega} - d^*}{1 - de^{-j\Omega}} = e^{-j\Omega} \frac{1 - d^* e^{j\Omega}}{1 - de^{-j\Omega}} \quad \left| A_1(e^{j\Omega}) \right| = 1$$

$$A_1(e^{j\Omega}) = e^{-j\Omega} \frac{1 - re^{-j\theta} e^{j\Omega}}{1 - re^{j\theta} e^{-j\Omega}}$$

$$\phi(\Omega) = -\Omega - 2 \tan^{-1} \frac{r \sin(\Omega - \theta)}{1 - r \cos(\Omega - \theta)}$$

$$\frac{d\phi(\Omega)}{d\Omega} = -\frac{1-r^2}{(1-r \cos(\Omega - \theta))^2 + r^2 \sin^2(\Omega - \theta)}$$

故一阶全通滤波器的相位响应是单调递减的。

应用

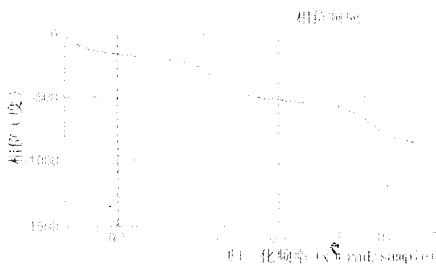


图 5

这是一个包括了延迟 D 个采样周期的器件,它可由 D 个单位延迟单元级联构成。由于它是一个 IIR 滤波器,所以没有办法做到严格的线性相位。

其脉冲响应,如图 6 所示。

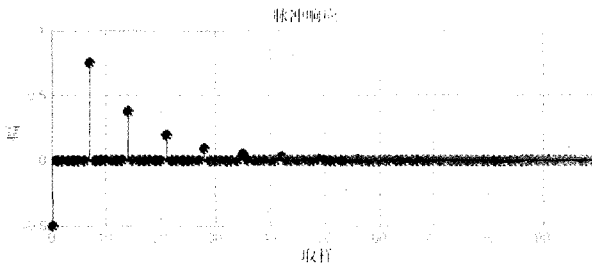


图 6

全通滤波器的阶跃响应,如图 7 所示。

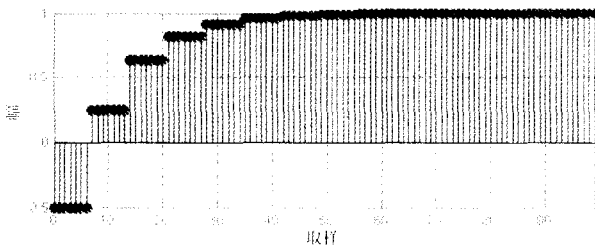


图 7

从图可以看出该数字滤波器确实反映了音乐厅的回响性能,输入一个单位脉冲,输出信号在零时刻取值代表直接到达的声音;过一段时间后的取值代

表了前期反射的声音信号;而再外后的取值代表了后期反射的声音信号。

3 结语

本文用 TMS320VC5509 实现了回声系统的设计,出色的模拟了音乐厅的混响音效音色,可以通过改变采样率来改变回声的特性,以改变某部分频率的声音,并且本系统具有良好的输入输出特性。CIC

参考文献

1. 汪春梅,孙洪波,任治刚.TMS320C5000 系列 DSP 系统设计与开发实例[M].电子工业出版社,2004
2. 马洪连,朱杰,杨凤岐.基于 DSP 的声控系统的设计与实现[J].测控技术,2005
3. 付雯潇,杜旭,徐晶.嵌入式语音系统中多路通信接口的实现[J].计算机工程,2006
4. 郭秋平,项杰.基于嵌入式系统的 CVSD 语音编解码器的实现[J].计算机工程,2006
5. 苏晓生.掌握 MATLAB 6.0 及其工程应用[M].科学出版社,2002
6. TMS320VC5509A Fixed-Point Digital Signal Processor Data Manual. Texas Instruments Incorporated. 2005

作者简介

麦凯,广东工业大学物理与光电工程学院在读硕士研究生,主要从事集成电路设计研究、芯片开发应用、光电图形处理研究。

吉时利宣布与中国 IMC 实验室合作共同推进射频测试技术的研发

近日,吉时利仪器公司宣布与位于中国成都的西南交通大学移动通信研究所(IMC)合作。这项合作计划旨在促成 IMC 和吉时利开展联合研究项目,扩展现有应用并研究新的无线应用和技术。吉时利的此次合作计划将帮助 IMC 共同研究无线通信技术,尤其是 MIMO(多人多出)应用。最新的无线标准建立在 MIMO 的基础上。IMC 和吉时利的这项合作研究项目将建立一个联合研究基地,帮助双方共同研究现有的以及新兴的应用。IMC 通过与吉时利的合作,将展开 MIMO 技术的高级研究工作。