

车载多媒体系统数字音效 DSP 软件设计

虞晓琼¹, 陈冰冰², 季统凯¹

(1. 广东电子工业研究院, 广东 东莞 523808;

2. 佛山市顺德工业与信息技术研究中心, 广东 佛山 528300)

摘要: 详细介绍了数字音效调节算法及其在 TAS3103A 上的软件实现。本系统采用了 TI 公司的 48 位 DSP TAS3103A。该 DSP 可实现 3 声道, 12 波段的独立的信道均衡。

关键词: 多媒体系统; DSP 处理器; 均衡器

中图分类号: TP36

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)12-0047-04

DSP software design for EQ effect of car multimedia system

Yu Xiaoqiong¹, Chen Bingbing², Ji Tongkai¹

(1. Guangdong Electronics Industrial Institute, Dongguan 523808, China

2. Shunde Industry and Information Research Center, Foshan 528300, China)

Abstract: This article gives a minute description on the algorithm of digital EQ effect, and software programming of TAS3103A. 48 bit DSP, TAS3103 is adapted in this system. The TAS3103A is a fully configurable digital audio processor containing three channels and 12-Band digital parametric equalization.

Key words: multimedia system; digital signal processor; equalizer

随着中国汽车市场的不断扩大, 消费者购车的需求已经悄然发生变化, 车辆的舒适性、便捷性、娱乐设备配置逐渐成为选车的新标准。车载多媒体系统最初只装备在个别高端车型上, 随着汽车市场的不断发展和各品牌车型的更新换代, 这套系统已经逐步成为一般车型的常用装备。多媒体系统为车主提供了诸多方便, 使驾车出行变得轻松。车主可以使用广泛的信息和娱乐系统, 例如收音机、CD 播放器、TV、导航系统和车载电话等。消费者对车载多媒体系统的声音质量要求越来越高, 高水平的音效成为车载多媒体电子产品的重要卖点。设计师们通过专业的数字信号处理器来实现精准的音效处理, 提升系统的音质。

1 系统结构

本文设计的是一个高品质车载影音多媒体系统。该方案采用了全数字 16:9 液晶显示屏, 分辨率高达 800×480。

系统以双核 SoC 为主处理器, 处理器内置图形加速部件具备独立显存, 令影像播放效果更加流畅。系统可接入四路视频信号, 分别为 DVD、倒车后视摄像头、IPOD 的视频和外接备用视频, 通过 AD 转换器转换为 ITU656 标准视频信号, 输入主处理器。

在音频方面, 不同于市面上其他产品, 本系统的 CD 碟机与 SD 卡媒体播放音频采用全数字 I²S 格式输出, 音源全数字域切换, 并直接进入专业的数字音频信号处理器 (DSP) 中, 进行全数字音频均衡、高低音调节, 并可以实现 3D 声场效果。该功能完全不同于普通车载音响采用的模拟滤波器音频均衡方式, 令音质更加完美。音频数模转换部分采用业内公认的高品质 24 bit DAC 转换器, DAC 内置过采样高阶数字低通滤波器。DAC 输出后的模拟有源滤波器采用 4 阶巴特沃斯型。有源滤波采用发烧级运放 NE5532, 模拟音频部分采用 LDO 单独供电, 使得音质更完美。具体结构如图 1 所示。

2 数字音效软件设计

多媒体系统采用均衡器 EQ(Equalizer)调节音效。均衡器可以分别调节各种频率成分电信号放大量, 从而补偿扬声器和声场的缺陷, 具有补偿、修饰各种声源及其他一些特殊作用, 即音效。一般的多媒体系统都支持几种预置的音效, 如正常、摇滚、爵士、民歌、布鲁斯、古典、重金属等, 也可以由用户自己调节几个主要频段的增益。

2.1 算法简介

调节声音效果的重要工具均衡器把若干滤波器组

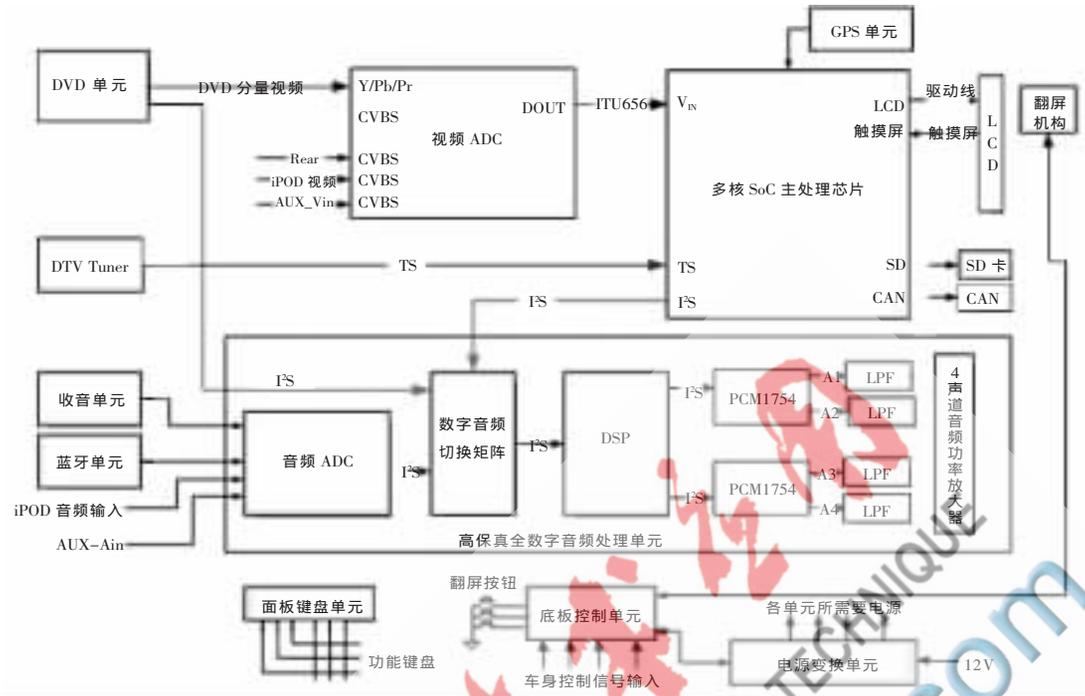


图1 系统结构

合在一起,各自带有中心频率、Q、提升或衰减量的控制,如图2所示。

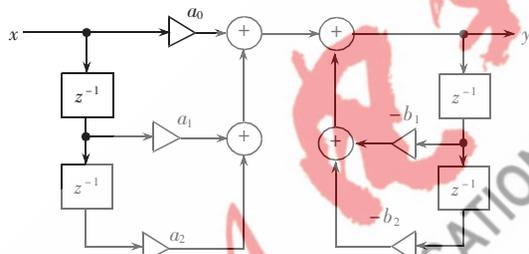


图2 均衡器

双线性传递函数定义如下:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 \times z^{-1} + b_2 \times z^{-2}}{a_0 + a_1 \times z^{-1} + a_2 \times z^{-2}} \quad (1)$$

以上传递函数定义了6个参数,也可以消去公倍数,将参数转换为5个,即:

$$H(z) = \frac{(b_0/a_0) + (b_1/a_0) \times z^{-1} + (b_2/a_0) \times z^{-2}}{1 + (a_1/a_0) \times z^{-1} + (a_2/a_0) \times z^{-2}} \quad (2)$$

或者:

$$H(z) = (b_0/a_0) \times \frac{1 + (b_1/b_0) \times z^{-1} + (b_2/b_0) \times z^{-2}}{1 + (a_1/a_0) \times z^{-1} + (a_2/a_0) \times z^{-2}} \quad (3)$$

由传递函数式(2)可得:

$$y(n) = (b_0/a_0) \times x(n) + (b_1/a_0) \times x(n-1) + (b_2/a_0) \times x(n-2) - (a_1/a_0) \times y(n-1) - (a_2/a_0) \times y(n-2) \quad (4)$$

定义如下均衡器参数: F_s 为采样频率、 f_0 为中心频率、 dB_{gain} 为增益,以分贝为单位、 Q 为品质因数(中心频率 f_0 和带宽 B 之比, Q 值越大,表明滤波器频率分辨率越高)。

然后计算一些中间变量:

《微型机与应用》2011年 第30卷 第12期

$$A = \sqrt{10^{dB_{gain}/20}}$$

$$= 10^{dB_{gain}/40}$$

$$w_0 = 2\pi f_0 / F_s$$

$$\cos(w_0)$$

$$\sin(w_0)$$

$$\alpha = \sin(w_0) / (2 \times Q)$$

最后推出参数:

$$H(s) = (s^2 + s \times (A/Q) + 1) / (s^2 + s / (A \times Q) + 1)$$

$$b_0 = 1 + \alpha \times A$$

$$b_1 = -2 \times \cos(w_0)$$

$$b_2 = 1 - \alpha \times A$$

$$a_0 = 1 + \alpha / A$$

$$a_1 = -2 \times \cos(w_0)$$

$$a_2 = 1 - \alpha / A$$

2.2 DSP 简介

TAS3103 支持 3D 和环绕立体声的算法,可实现软件音量控制,低音和重音控制功能,以及每一信道多达 12 波段的独立的信道均衡。3 个通道中各有 12 个双线性滤波器,可以实现 12 个波段的增益调节。双线性滤波器的结构如图 3 所示。

双线性滤波器传递函数为:

$$\frac{V_{OUT}(z)}{V_{IN}(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 - a_1 z^{-1} - a_2 z^{-2}} \quad (5)$$

2.3 DSP 软件实现

本系统音效调节有两种方式:

(1) 选择预置音效模式:包括 NOMAL(一般)、POP(流行)、CLASSIC(经典)、JAZZ(爵士)、ROCK(摇滚)共 5 种模式。

(2) 用户自定义模式:手动设定各个频点的增益,本欢迎网上投稿 www.pcachina.com 53

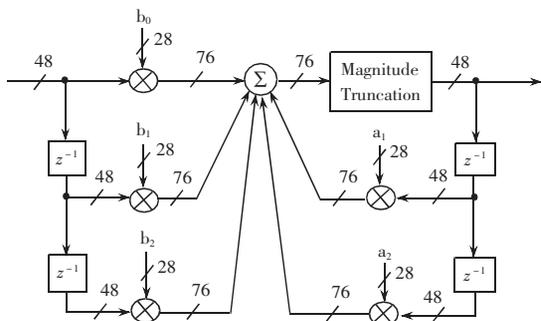


图3 双线性滤波器结构图

DSP 可支持多至 12 个频点的增益设置，为产品升级预留空间，本界面实现了 5 个频点，但具体实现方法和流程是完全相同的。

音效调节界面如图 4 所示。



图4 音效调节界面

音效调节的流程如图 5 所示。

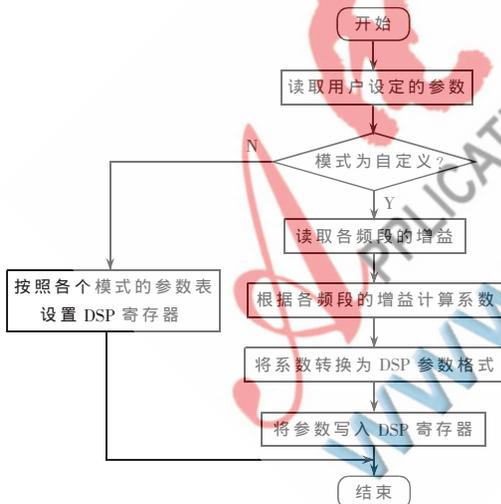


图5 音效调节流程图

当用户选择预置的音效模式(一般、流行、经典、爵士、摇滚)时,将预置的参数设定入存储器。

在自定义模式下,实现音效调节需要进行增益读取、系数计算、参数转换和参数设置几个步骤。

2.3.1 增益读取

增益限定为-12 dB~12 dB,由于是图形化界面调节,为使用方便,参数取整数。单击“+”,增益值加 1;单击“-”,增益值减 1。将增益通过驱动 DeviceIoControl() 函

数传递给 DSP TAS3103A。

2.3.2 系数计算

系数计算要用到采样频率、中心频率、增益、品质因数几个参数。

(1)增益:由于用户设定的各频点增益单位是 dB,因此先要换算为倍数。

(2)采样频率:由音源的采样频率确定,本系统中 TAS3103A 的输入端为 DVD 光驱,其采样频率为 44.1 kHz。

(3)中心频率:根据人耳的特性,5 个中心频点分别为:50 Hz、200 Hz、1 kHz、3 kHz、14 kHz。

(4)品质因数:按照业内通行算法,取值为 1。

系数计算流程如图 6 所示。

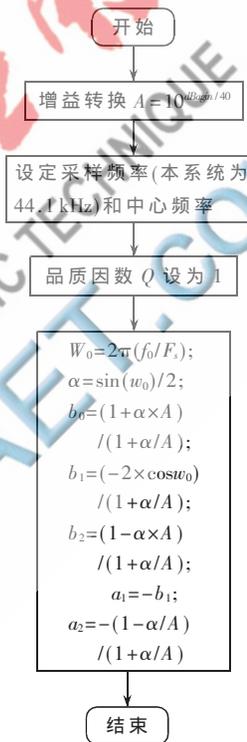


图6 系数计算流程图

2.3.3 参数转换

32 位寄存器中有效位数为 28 位,格式为 5.23 形式,5 位是整数部分(最高位为符号位),23 位是小数部分,具体示意如图 7 所示。

将系数转换为 5.23 参数的格式的具体流程如图 8 所示。

2.3.4 参数设置

参数设置通过 I²C 总线对 TAS3103A 进行读写操作来实现。

3 应用效果

选用预定模式中爵士音效,实现从 2 kHz 开始,高音 shelf 滤波,使得 JAZZ 模式乐器和声音效果更加饱满,如图 9、图 10 所示。

本文介绍了车载影音多媒体系统的总体设计,并重

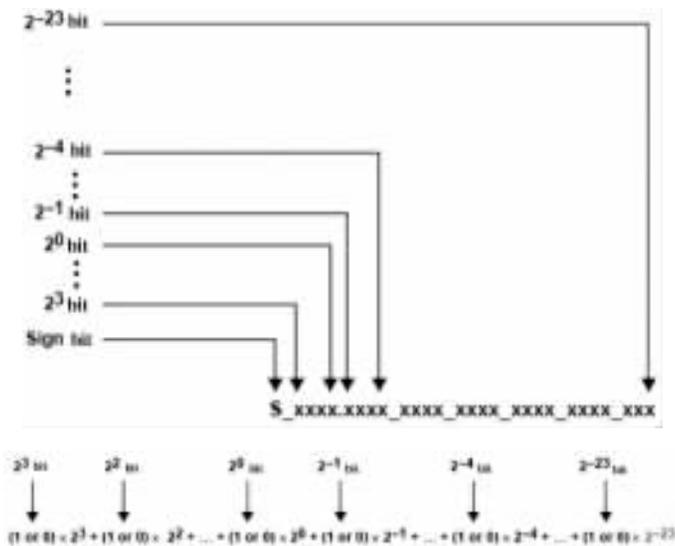


图 7 5.23 形式示意图

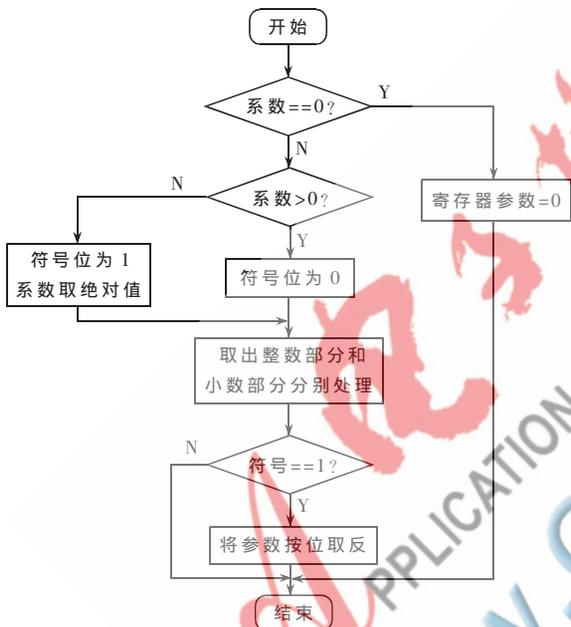


图 8 将系数转换为 5.23 格式的流程图

点说明了多媒体系统中用均衡器来调节音效的原理、算法以及在 TI 公司的音频 DSP TAS3103A 上实现的方法。目前该系统音效已成为产品的突出卖点。

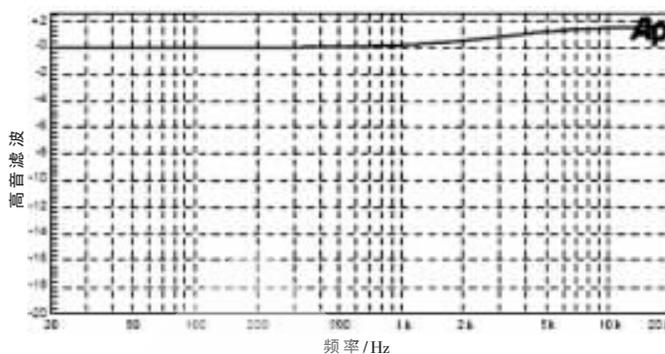


图 9 JAZZ 模式频率图

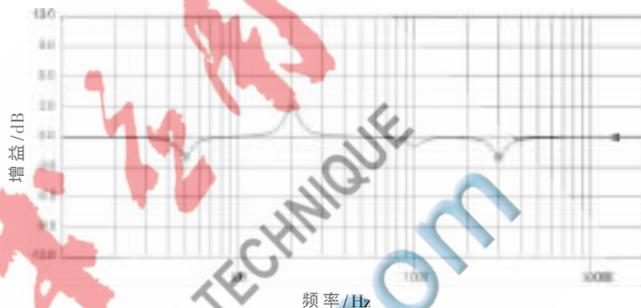


图 10 频率响应图

参考文献

- [1] TI. TAS3103A digital audio processor with 3D effects, 2006.
- [2] 张涛, 贺家琳, 杨东明. TI DSP 在音频处理中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [3] 韩纪庆. 音频信息处理技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [4] TI. TAS3103 equalization filters, 2003.
- [5] JOHNSON R B. Cookbook formulae for audio EQ biquad filter coefficients[M]. 2002.
- [6] TI. Single TAS3103 in 5.1 channel audio system, 2002.

(收稿日期: 2011-04-15)

作者简介:

虞晓琼, 女, 1979 年生, 硕士, 主要研究方向: 嵌入式系统开发, IC 设计。

陈冰冰, 男, 1974 年生, 博士, 副研究员, 主要研究方向: 工业技术与信息技术融合。

季统凯, 男, 1972 年生, 博士, 院长, 主要研究方向: 通信、图像处理和 3S 综合应用。