

# 基于 Intel PXA27X 的音频驱动开发和实现

乔进, 邹涛

(武汉大学 物理科学与技术学院, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**介绍了基于 Intel PXA27X 微处理器开发平台上使用 WM9712L 音频芯片, 在 Linux 操作系统上实现了音频系统的软硬件设计, 以及在 Linux 操作系统上的驱动程序开发。介绍了 AC97 的协议, 音频的接口, 较详细地分析音频的驱动部分, 通过对寄存器的合理配置和实际中碰到音频的噪声问题的解决, 并通过实际硬件平台的测试。测试表明作为商用 PDA 的音频驱动开发可以满足用户需求, 码流比较平稳, 并取得良好的音质效果, 可作为实际应用中的一种参考方案。

**关键词:** AC97; Intel PXA27X; Linux; WM9712L

**中图分类号:** TP368.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)07-0210-03

## Development and Implementation of Audio's Driver on Intel PXA27X Processor

QIAO Jin, ZOU Tao

(Physics Science and Technology School, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** Introduces the software and hardware implementation of audio system using WM9712L based on Intel PXA27X processor, and its device driver for Linux operating system is designed. The protocol about AC97 audio is introduced. Then describes audio's hardware interface. After that detailly discuss the audio's driver, thought configuring register and resovling the noise problems in reality. Have tested the audio. Results show the audio's driver of commercial PDA can satisfy the user's need, which is steady bitrate and good sound quality. It can be a reference scheme in application.

**Key words:** AC97; Intel PXA27X; Linux; WM9712L

### 0 引言

随着人们对消费类电子产品(如 PDA, MP4, HDTV 等)需求不断增加, 高质量高清晰多媒体越来越青睐, 声音质量成为消费者关注的焦点。在音频的格式方面, 国际组织和大公司分别提出自己的标准, 如 ISO 组织的 MP3、AAC, 微软的 WMA 等, 芯片厂家也相继推出自己的音频芯片, 如 Wolfsonmicro 的 WM9712L, Philips 的 UCB1400, IT 的 TSC2101 等等。

AC97 标准是 Intel 公司在 1997 年推出的音频设备的业界标准, 它把音频设备中的数字部分和模拟部分分开, 以降低电磁干扰和杂音。在操作系统实现部分, 主要由 Wince, Vxworks, Linux, UCOS, MAC 等操作系统, 其中的 Linux 是开源免费自由的操作系统, 在业界得到更大的青睐。

笔者是针对 Intel 公司的 PXA27X 处理器, 在 Lin-

ux 操作系统中实现音频播放和录音, 并实现多媒体的音频播放的要求。文中首先介绍了 AC97 的协议, 然后阐述了音频的接口, 接着较详细分析音频的驱动部分, 最后通过实际平台的测试。

### 1 AC97 协议

AC97 标准<sup>[1]</sup>把音频设备中的数字部分和模拟部分分开, 数字部分由处理器完成, 模拟部分由专门的音频芯片完成, 而中间的链接通过 AC-Link。AC-Link 通过 5 个串口数字引脚与音频芯片连接, AC-Link 是双工的固定时钟串联的码流。AC-Link 通过时分复用来处理输入输出数据帧, 每帧有 12 个数据单元和 1 个数据头。下面只介绍输出帧(SDATAOUT)的格式, 如图 1 所示, 每帧由 13 个 slot 构成, 共有 265 个比特。slot 0 标记整个帧是否有效, 而且包含解码芯片的 ID。slot1 是读或写命令, 装载着 7 比特的编解码地址。slot2 装载着 16 比特写数据, slot 3、4、6、7、8、9 位用于装载音频数据, 剩下的 slot 由 modem 使用, 具体可以参考 AC97 标准<sup>[1]</sup>。AC-Link 的连接包括输入帧、输

收稿日期: 2008-10-20; 修回日期: 2009-02-16

作者简介: 乔进(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为原子分子物理; 导师: 乔豪学, 教授, 研究方向为极端条件下的原子。

出帧、同步信号、复位信号、时钟信号,在下一节硬件接口部分进一步介绍。

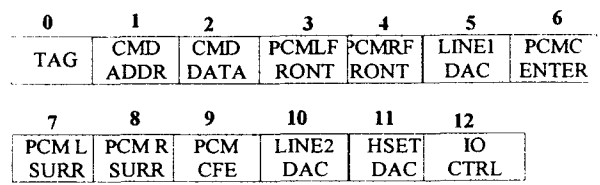


图 1 输出帧的格式 13 个 slot

2 硬件接口

本系统硬件接口主要由 PXA27X<sup>[2]</sup>和 Wolfsonmicro 的 WM9712L<sup>[3]</sup>连接起来,前者完成音频的数字部分,后者完成模拟部分<sup>[4]</sup>。PXA27X 处理器是一款具有高性能、低功耗、便携式特性的 ARM 兼容嵌入式微处理器,也是 Intel 公司目前性能最为强劲的移动处理器,已经成为高端移动设备中最受欢迎的处理器之一。PXA27X 最高主频可达 624 MHz,它引入了 X86 架构奔腾 4 系列上的多媒体技术,能够大大提升多媒体处理能力。WM9712L 是个高集成度的既能输入也能输出的音频芯片,能够输出单声道、多声道、立体声音响效果的耳机,而且具有低功耗,低电压特性。

PXA27X 音频控制器与 WM9712L 之间的通信<sup>[3,5]</sup>由 AC-Link 完成,如图 2,通过 5 个数字线连接,SDATAIN 把数据从 WM9712L 送到 PXA27X 控制器,SDATAOUT 把数据从 PXA27X 控制器送到 WM9712L,BITCLK 是个时钟信号,通常由 WM9712L 内部晶振产生,也可以从片外晶振产生。SYNC 同步信号由 PXA27X 控制器产生传输给 WM9712L,RESETB 是 M9712L 复位信号。SDATAIN 和 SDATAOUT 信号发送 AC-Link 数据帧,即 13 个 slot (见图 1),每帧 265 个比特。通过 PXA270X 的控制器来调节音量,改变增益、采样率等等,同时通过 DMA

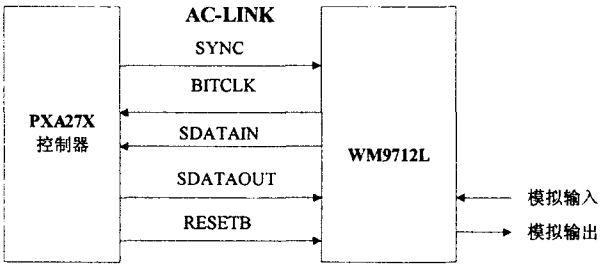


图 2 AC-LINK 接口 (PXA27X 和 WM9712L)

作为音频的流的通道如录音和放音,由下节的音频驱动进一步描述。

3 音频驱动

3.1 驱动控制

硬件驱动控制接口的实现部分是通过 ioctl 函数<sup>[6]</sup>来实现的,如立体声的音量输出信号,由可编程增益幅度来控制,通过 18h 寄存器来实现:18h 寄存器的第 15 比特,控制耳机声音的有无,第 14 位控制喇叭声音的有无,第 13 位是电话声音的有无,从第 8 位到 12 位控制声音的增量,从 -34.5dB 到 +12dB,但由于实际需要,可通过设计的增益,使消费者更方便使用。

下面介绍录音和播放简单的流程,可参考图 3,播放模块将 PCM 编码的接收数据传给了驱动模块<sup>[5,7-9]</sup>,驱动模块只需将缓冲区组织好,利用 DMA 将内存中的缓冲区数据传到 AC97 控制器的 FIFO (First In First Out)缓冲区当中,控制器就会通过 AC-Link 发到 WM9712L,让它进行 DA 转换,最后通过后置电路,送到线性输出线路上,这样就完成了播放。录音部分首先通过 AD 转换,将模拟信号转成数字信号,然后经过相反的过程,本模块将其放到缓冲区,然后交给用户态中的应用程序。

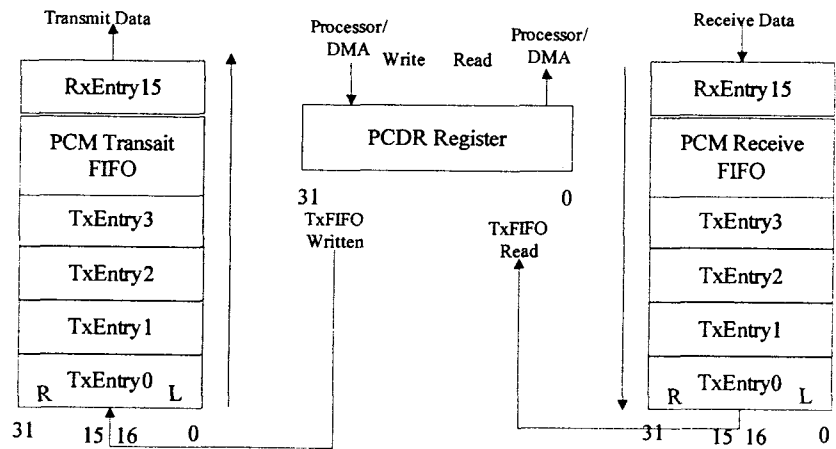


图 3 播放和录音数据的传输

在录音和播放的最主要寄存器配置是 PCM 数据寄存器<sup>[2]</sup>(PCDR),PCDR 寄存器在 PXA27X 处理器分配的物理地址为 0x4050\_0040,32 位比特。高 16 位为 PCM 右声道数据,低 16 位为 PCM 左声道数据。PCDR 寄存器写操作:写 32 比特的数据来更新由 FIFO 传输的 PCM 数据。PCDR 寄存器读操作:读取由接收 FIFO 的 PCM 数据,来更新(PCDR),低 16 位是左声道。如图 3<sup>[2]</sup>。当接收的 FIFO 有大于或等于 8 个数据时,接收的 FIFO 就会触发一个 DMA 请求,当传输的 FIFO 小于 8 个或等于 8 个数据时,传输的 FIFO 就

触发一个 DMA 请求。

### 3.2 软件驱动模块

初始化模块 pxa\_ac97\_init 函数:首先防止喇叭啸叫,要把喇叭断开,通过 pxa\_ac97\_in 函数设置 GPIO 初值。然后 headphone\_detect\_handler 函数对耳机处理,如耳机插上,喇叭无声等等。对电源的处理调用 battery\_alarm\_handler 函数,读取电源的大小来判断是否继续工作。最后进行 register\_sound\_dsp 函数和 register\_sound\_mixer 函数的登记和初始化。读写模块: PXA27 提供一个寄存器 CAR,来判断 AC-link 是否完成,具体的是通过 pxa\_ac97\_write/read 函数读写正确完成等过程来判断。

播放模块:以播音 audio\_write 为例,将数据搬到缓冲区 copy\_from\_user(b->data + b->offset, buffer, chunksize) 函数将 DMA 上一个描述符字段 DDADR 的停 n 位取消:,DMA 未启动将本缓冲区的描述符告知 DMA 控制器,并启动。

清空缓冲模块<sup>[8]</sup>:对清空缓冲模块 pxa\_audio\_clear\_buf 函数清空缓冲区在音频管理中是一个比较常用的操作,不只是驱动模块退出时需要,当应用程序要

结束录音、放音或者要改动一些关键参数时也需要,比如设置缓冲区大小等等。要清除已经存在的缓冲区并非简单的将数据结构释放,因为处理器与 DMA 并行在动作,DMA 的传送过程要涉及到内存中的内容,为此就必须等待 DMA 停止。

### 4 实际测试

通过 Intel PXA27X 微处理器开发平台上对音乐进行测试,对 MP3, WMA 的音乐测试,其中如图 4、5 对 MP3 格式的测试,图 4 为世界杯主题曲世界杯,图 5 为贝多芬的“月光”。图 6 对 WMA 格式的音乐测试,为贝多芬的“春天”小提琴奏鸣曲。测试结果表明跟台式机音质效果相当。

### 5 结束语

针对 Intel 公司的 PXA27X 微处理器开发平台,在 Linux 操作系统中实现音频播放和录音的功能。但是消费类产品对音频的音质有更高的要求,特别是在喇叭声音很大的时候,对噪声的处理仍然是难点,同时对电源的管理仍是音频驱动开发的研究重点。

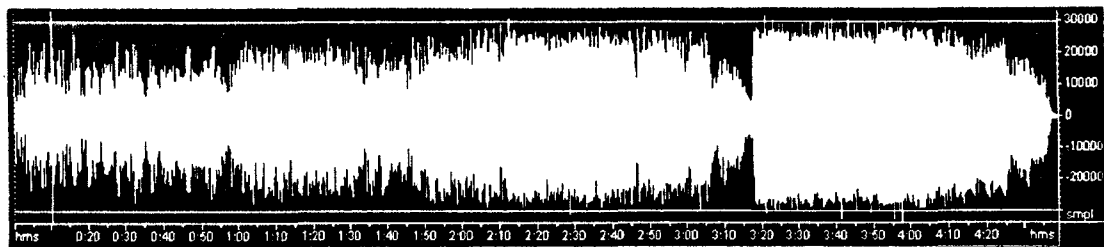


图4 世界杯主题曲-世界杯mp3

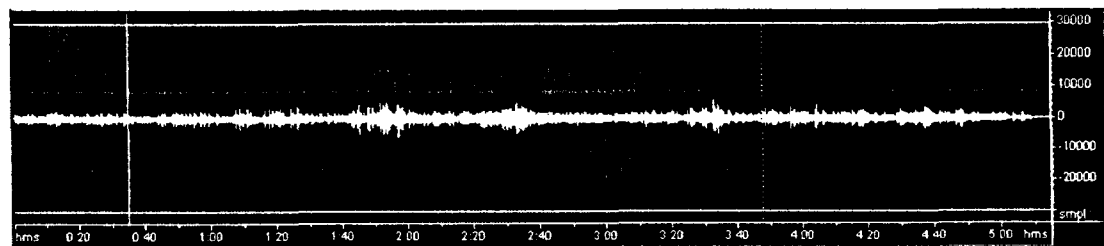


图5 月光-贝多芬.mp3

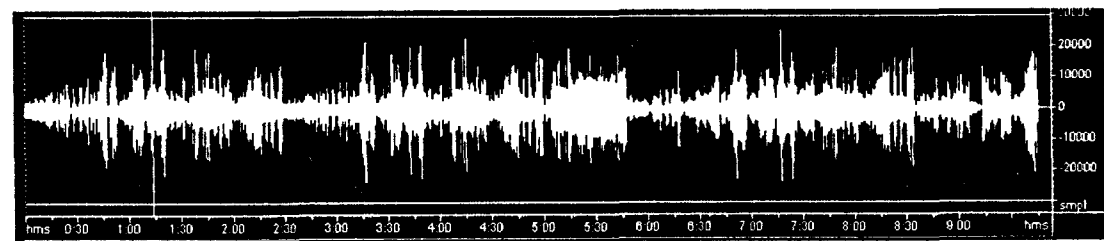


图6 “春天”小提琴奏鸣曲-贝多芬.wma

#### 参考文献:

- [1] Intel Corporation. AC'97 Component Specification (Revision 2.3)[S]. Santa Clara, Calif., USA:[s.n.],2002.

- [2] Intel Corporation. Intel PXA27x Processor Family Developer's Manual[S]. Santa Clara, Calif., USA:[s.n.],2004.

(下转第 219 页)

利用蚁群聚类算法 LF<sup>[9]</sup> 对上数据源进行测试, 当采用参数: 蚂蚁数目 40, 迭代次数 40,  $\alpha = 0.2$ ,  $k_1 = 1.3$ ,  $k_2 = 1.4$  时, 相应的聚类结果如图 4 所示, 其中图 4 横轴  $x$  为 LF 算法中网格内二维点的横坐标值, 纵轴  $y$  为该点的纵坐标值。由图 4 可以看出, 采用 LF 算法进行聚类其效果并不佳, 它将数据源中 4 类数据划分成了 3 类, 这主要由蚂蚁移动的随机性所致, 为此有必要考虑算法的改进问题, 此即为下一步目标。

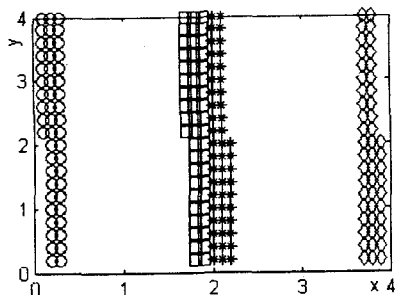


图 4 LF 作用后

## 5 结束语

从蚁群聚类数据源产生需求出发, 利用 Matlab 当前最新版 R2008a 对 .Net 的强大功能支持, 结合 C# 被广泛应用的背景, 通过二者的混合编程方式实现了随机向量的动态生成和存储, 并通过 LF 算法对产生的数据源  $G$  进行处理, 从而说明该方法产生的数据源是

有效的。其为蚁群聚类算法改进提供了数据源, 也为随机向量的产生提供了一种适用设计方法。

## 参考文献:

- [1] 孟繁娟, 杜永平. VB 和 Matlab 混合编程方法 - MatrixVB [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(5): 76-78.
- [2] 熊 凌. 基于 .net 的 Matlab 网络动态数据交换的研究与实现 [J]. 微计算机信息, 2005, 20(8): 31-33.
- [3] 张建华, 赵东东, 江 贺, 等. 一种基于信息素的蚁群聚类算法 [J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(3): 157-159.
- [4] 赵伟丽, 孙艳蕊, 张志国, 等. 基于信息熵的蚁群聚类算法的改进 [J]. 沈阳化工学院学报, 2005, 19(4): 296-300.
- [5] Kanade P M, Hall L O. Fuzzy Ants as a Clustering Concept [C]// NAFIPS 2003, 22nd International Conference Proceedings. Chicago: North American Fuzzy Information Processing Society, 2003: 227-232.
- [6] 马荣国, 李平凡. Matlab 接口技术及仿真随机数的生成 [J]. 长安大学学报, 2003, 23(6): 111-114.
- [7] 朱晓玲, 姜 浩. 任意概率分布的伪随机数研究和实现 [J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(12): 116-118.
- [8] Phan J. Matlab C# Book [M]. America: Colorado State University LePhan Publishing, 2004.
- [9] Vazine A, Decastro L, Hruschka E, et al. Towards improving clustering ants: An adaptive ant clustering algorithm [J]. Informatica, 2005, 29(2): 143-154.

(上接第 212 页)

- [3] Wolfson Microelectronics plc. AC'97 Audio and Touchpanel CODEC WM9712L [S]. Edinburgh, United Kingdom: [s. n.], 2003.
- [4] 於少峰, 严菊明, 胡 晨. 基于 AC97 标准的嵌入式音频系统设计与实现 [J]. 电子器件, 2004, 27(4): 733-736.
- [5] 凌 杰, 曹 强. 基于 IntelXscale 的嵌入式音频系统的研究与实现 [J]. 嵌入式应用系统, 2006, 5(2): 11-13.
- [6] Rubini A. Linux Device Drivers 3rd Edition [S]. Sebastopol, Calif., USA: O'Reilly Press, 2005.
- [7] 李英伦, 杜 旭, 项 杰. 基于 IntelXscale 和嵌入式 Linux 的视频模块设计与开发 [J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(9): 2282-2284.
- [8] 肖文鹏. Linux 音频编程指南 [S/OL]. 2004-02. <http://www.ibm.com/developerworks/cn/linux/1-audio/index.html>.
- [9] 黄晓峰. 多功能芯片驱动设计与实现 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.

(上接第 215 页)

- [J]. 天津科技大学学报, 2004, 19(1): 11-14.
- [2] 付保川, 班建民, 陆卫忠. 基于嵌入式 Web 的远程监控系统设计 [J]. 微计算机信息, 2005, 21(7): 58-60.
- [3] 马忠梅, 徐英慧, 叶勇建, 等. AT91 系列 ARM 核为控制器结构与开发 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [4] 周立功. ARM 嵌入式系统软件开发实例 (一) [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [5] 李善姬, 朴相范, 金弘哲. 粮食温度无线检测系统设计 [J]. 微计算机信息, 2005, 21(10): 93-94.
- [6] 王田苗. 嵌入式系统设计与实例开发 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [7] 周小兵. 嵌入式系统 Internet 方案的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2004.
- [8] 罗淳榕, 秦现生, 马新刚. 基于 CGI 的嵌入式远程控制系统 [J]. 测控技术, 2006, 25(8): 50-52.
- [9] 王彦丽, 陈 明, 陈 峰, 等. 基于 Web Services 企业应用集成的设计与分析 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(9): 212-215.
- [10] 韩树人, 周贤娟. 基于嵌入式 Web 服务器的远程实时数据采集 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 206-209.