

基于 FPGA 的 MP3 编码系统设计

张 宁¹, 李方圆², 鹿珂珂³

(1. 海军航空工程学院 训练部, 山东 烟台 264001; 2. 海军航空工程学院 融合所, 山东 烟台 264001;
3. 海军航空工程学院 控制工程系, 山东 烟台 264001)

摘要: 介绍基于 FPGA 的嵌入式系统实现 MP3 编码。该系统的编码程序和指令在嵌入式系统的外部存储器 DDR SDRAM 中存储, 片内只读存储器(ROM)将 PCM 码流输出到 MicroBlaze 处理器进行编码, 编码后的 MP3 码流通过串口传送到 PC 机上, PC 机上的客户端程序将码流写入 .mp3 文件。为达到该目标, 先后完成 PCB 的绘制、系统的开发和调试, 以及客户端程序的编写, 经测试后, 达到预期目标。

关键词: MP3; 语音编码; FPGA; MicroBlaze

中图分类号: TP272

文献标志码: A

文章编号: 1006-2394(2015)11-0027-02

MP3 Encoding System Based on FPGA

ZHANG Ning¹, LI Fang-yuan², LU Ke-ke³

(1. Department of Training, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China;

2. Department of Information Fusion Institution, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China;

3. Department of Control Engineering, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China)

Abstract: An embedded system based on FPGA for MP3 encoding is developed. The program and instructions of this system is stored in the external memory(DDR SDRAM). The PCM codes are transmitted from the Read-Only Memory (ROM) to the MicroBlaze processor and are encoded here. Then the MP3 codes are transmitted to the PC via the COM (cluster communication port) and the Client writes the codes to mp3 file. Experimental result shows the good effect is achieved by the work of drawing PCB, developing and debugging of the system and developing the Client.

Key words: MP3; speech-encoding; FPGA; MicroBlaze

0 引言

MP3 音频编码的算法已经相当成熟, 市面上出现的各种功能强大的音频处理软件也都具备 MP3 编码的功能。这些软件一个共同的特点是在 PC 机上实现, 在通用 CPU 中运行。近年来, 随着嵌入式系统技术的飞速发展, 人们不断将 PC 机上实现的系统移植到嵌入式硬件平台上^{[1][2]}。嵌入式系统硬件层的核心是嵌入式微处理器, 嵌入式微处理器与通用 CPU 最大的不同在于嵌入式微处理器大多工作在为特定用户群所专用设计的系统中, 它将通用 CPU 许多由板卡完成的任务集成在芯片内部, 从而有利于嵌入式系统在设计时趋于小型化, 同时还具有很高的效率和可靠性^[3]。因此, 本文基于 Xilinx 嵌入式开发系统实现了 MP3 编码系统, 系统框图如图 1 所示。

该系统由处理器软核 MicroBlaze、只读存储器 BROM、DDR_SDRAM 和 PC 机的客户端程序组成。

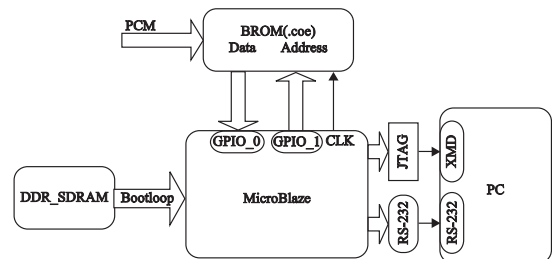


图 1 MP3 编码系统框图

BROM 中存储语音信号的 PCM 编码, 通过 GPIO 与 MicroBlaze 通信; DDR_SDRAM 存储编码主程序, 芯片上电后, 程序 Bootloop 负责引导主程序到 MicroBlaze 执行; 编码后的 MP3 码流通过串口传送到 PC 机上, 运行客户端程序, 写入 .mp3 文件; 此外, PC 机通过 JTAG 与硬件系统相连完成调试。

1 MP3 编码算法

MP3 编码的基本流程如图 2 所示。

收稿日期: 2015-07

作者简介: 张宁(1971—), 男, 工程师, 研究方向为计算机工程、密码保密技术。

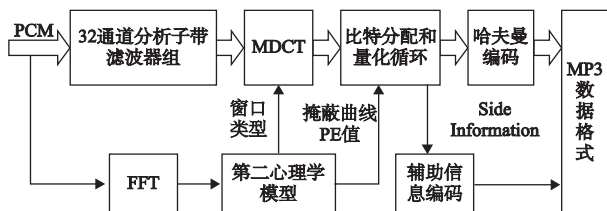


图 2 MP3 编码算法流程

原始的模拟信号经过 AD 采样器后, 转化为 PCM 样本, 作为 MP3 编码器的数据输入源。整个 MP3 编码是基于频域的编码, 必须将原始的 PCM 做时频转换。由于不可能将整个时域上的信号通过一次傅里叶变换转换到频域上(音频信号是时变的), 因此只能在时域上逐段进行, 于是将 PCM 样本分块进行处理。对单声道 MPEG-1, 一帧包含 2 个 gr; 而 MPEG-2 和 MPEG-2.5 一帧只包含 1 个 gr; MP3 编码则是以 gr 为基本单元的。首先 576 个 PCM 样本经过多相分析滤波器组, 转换成 32 个等宽频带的子带信号(Subband Signal), 然后通过改良离散余弦变换(Modified Discrete Cosine Transform, MDCT) 将子带时域信号转化为谱线值, 每个子带 18 条, 一共 576 条谱线, 在此过程中, 会用到第二心理声学模型提供的窗口类型。对于快变信号做三次连续短窗(12 点)的 MDCT, 以提高信号的时域分辨率和控制前回音; 对于慢变信号做一次长窗(36 点)的 MDCT, 以提高信号的频域分辨率; 同时, 第二心理声学模型根据左右声道的相关性计算决定用 M/S 还是用 L/R 编码方式。然后根据第二心理声学模型提供的 PE(perceptual entropy) 值分配每帧编码比特数, 对谱线值进行量化; 再将量化结果进行反量化计算量化噪声, 看其是否在遮蔽曲线以下; 否则反复调整比例因子(scalefactor) 重新量化, 直到量化噪声达到最优, 退出量化循环, 对量化结果进行哈夫曼编码。最后按照 MPEG 标准规定的格式输出^{[4][5][6]}。

2 系统测试

选取最具代表性的采样率为 44.1 kHz 的单声道的 16 位的 PCM 码流为例, 分别从时域波形和频谱形状两个方面来对原始的 PCM 文件和 MP3 文件进行比较, 以说明该编码系统的性能。

2.1 时域波形比较

图 3 和图 4 中, 横坐标是时间轴, 纵坐标是信号幅度值, 可以看出, 原始的 PCM 样本经过 MP3 压缩编码后, 时域波形差别不大, 时域上保持了较高的保真度。

2.2 频谱形状比较

图 5 和图 6 中, 横坐标是频率轴, 纵坐标是幅度值(dB)。原始的 PCM 样本经过 MP3 压缩编码后, 为达到一定的压缩比, 人耳不敏感的高频部分被削弱。

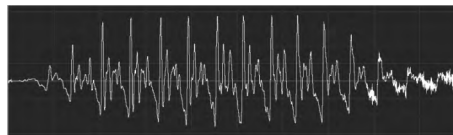


图 3 PCM 时域波形图

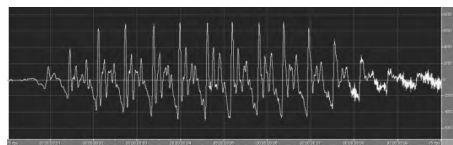


图 4 MP3 时域波形图

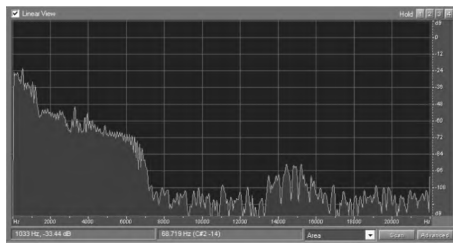


图 5 PCM 频谱形状

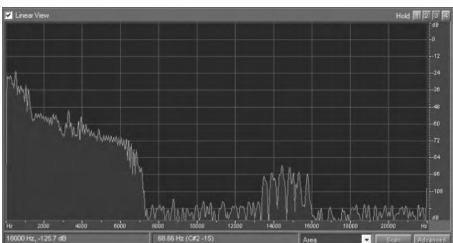


图 6 MP3 频谱形状

3 结论

本文完成了基于 FPGA 的 MP3 编码系统开发, 取得了预期的效果, 但是系统仍存在许多需要改进的方面, 如: (1) 本系统基于 MicroBlaze 微处理器软核实现, 处理速度较慢, 一段 4 s 的语音耗时 1 min 才能完成编码。提高处理速度的方法是充分利用 FPGA 的逻辑资源, 改用硬件实现, 这就需要深入研究 MP3 编码算法, 将其用硬件描述语言实现。(2) 一个成熟的 MP3 编码系统应该可以实时处理^[1], 本系统只对 ROM 中固定的语音信号作编码, 不具有实时处理的功能, 如何实现实时处理, 也是后续研究需要考虑的重要方面。

参考文献:

- [1] 蒋学鑫. MP3 实时编解码的研究与开发[D]. 成都: 电子科技大学, 2007.
- [2] 宋亚玲. MP3 音频编码算法的 DSP 实现及优化[D]. 北京: 北京工业大学, 2006.
- [3] 张驰. 基于 FPGA 的光电编码器接口设计[J]. 电子设计工程, 2014(11): 23-26.

(下转第 31 页)

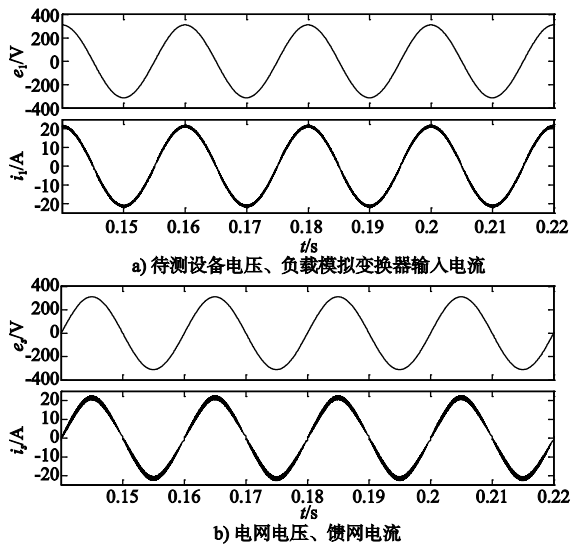


图 4 纯阻性负载时仿真波形

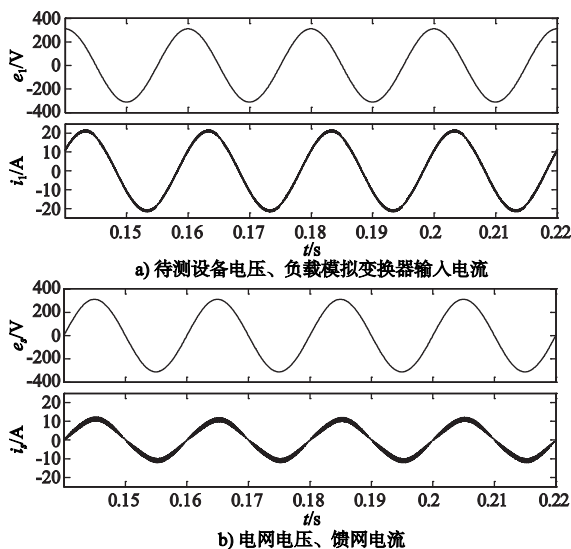


图 5 阻感性负载时仿真波形

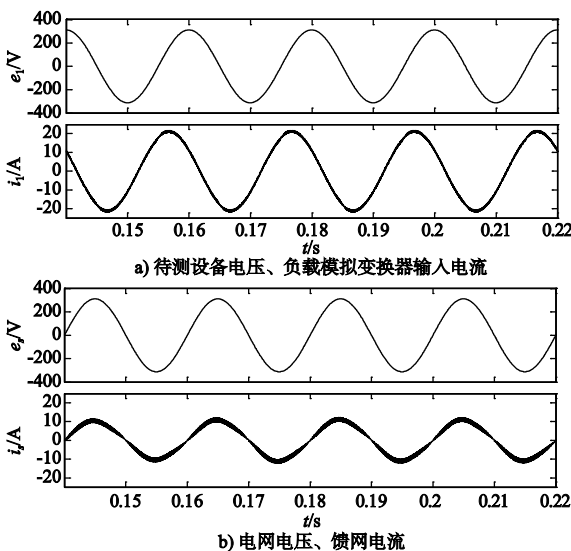


图 6 阻容性负载时仿真波形

特性的模拟,并网变换器能够以单位功率因数将测试电能回馈电网,馈网电流谐波含量低,减少了对电网的谐波污染。

4 总结

本文将 PR 控制应用于能馈型单相交流电子负载的并网变换器中,并以固定开关频率 PWM 电流控制方式取代了滞环 PWM 电流控制方式,利用 Matlab/Simulink 对各种负载特性进行了仿真。仿真结果表明,采用 PR 控制能馈型单相交流电子负载能够较好地完成对各种负载特性的模拟,并以单位功率因数将测试电能回馈电网。

参考文献:

- [1] Ming-Tsung Tsai, Charles Tsai. Energy recycling for electrical AC power source burn-in test [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2000, 47(4): 974-976.
- [2] 李芬, 邹旭东, 王成智, 等. 基于双 PWM 变换器的交流电子负载研究 [J]. 高电压技术, 2008, 34(5): 930-934.
- [3] 张厚升, 李素玲, 赵艳雷. 能馈型双 PWM 变换器交流电子负载研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(14): 129-132.
- [4] 黄朝霞, 邹云屏, 王成智. 基于 PI 控制的电力电子负载 [J]. 高电压技术, 2009, 35(6): 1451-1456.
- [5] 贾月朋, 任程林, 祁承超, 等. 能量回馈型单相交流电子负载的研究 [J]. 电力电子技术, 2011, 45(6): 91-93.
- [6] 严雪飞, 朱长青, 赵月飞, 等. 交流电子负载中电感参数的选取 [J]. 电网与清洁能源, 2014, 30(6): 11-14.
- [7] C. Roncero, M. Milanés, M. Guerrero, et al. Controllable electronic load with energy recycling capability [J]. Przegląd Elektrotechniczny, 2011, 87(4): 154-159.
- [8] 张崇巍, 张兴. PWM 整流器及其控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [9] D. N. Zmood, D. G. Holmes, G. Bode. Frequency domain analysis of three-phase linear current regulators [J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2001, 37(2): 601-610.

(郁菁编发)

(上接第 28 页)

- [4] 孟宪元, 钱伟康. FPGA 嵌入式系统 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [5] 田耘, 徐文波. linux FPGA 开发使用教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [6] 张燕. 基于 FPGA 的光电信号转换系统的设计 [J]. 电子技术应用, 2014(10): 15-18.

(郁菁编发)