

# 基于现场可编程 FPGA 的随身听设计

黄默, 陈云

(九江职业技术学院电气工程学院, 江西九江 332007)

**摘要:** 本文依据随身听 (MP3) 的工作原理, 介绍了基于现场可编程门阵列器件的设计思想和实现。现场可编程器件具有高密度、可编程及有强大的 EDA 软件支持等特点, 所以本设计具有功能强、灵活和可靠性高等特点, 高效率的设计, 包括动态低音均衡, 高性价比驱动器提供出色的音质, 具有较高价值。

**关键词:** 现场可编程门阵列; 随身听 (MP3); 解码器; 编码器

中图分类号: TP311.5 文献标识码: B 文章编号: 1009-9522 (2010) 04-0022-03

## 一、引言

尽管 MP3 格式的数字音乐已经在因特网和光碟市场上唾手可得, 但由于其核心器件 Flash 存储器的成本居高不下, 造成 MP3 播放器卖价不菲, 如何降低成本成为业界关注的焦点? 本文将介绍利用现场可编程门阵列实现的 MP3 随身听播放器设计过程。

## 二、MP3 播放器的系统要求

MP3 播放器主要有下载模式和播放模式这两个基本工作模式。在下载模式中, PC 机上运行的软件允许用户下载 MP3 文件到播放器的闪存中。所需的音乐文件一旦下载完, 只要把播放器与 PC 机断开, 就可以通过耳机或音箱播放下载的音乐。MP3 播放机有多种播放选择控制, 如 PLAY (播放)、REW (快退)、FWD (快进)、STOP (停止)、VOL+ (增加音量)、VOL- (减小音量)、REC (录音) 和循环播放等功能。MP3 播放机包含可输入到 PC 的软件。软件提供用户接口以便通过 PC 并行端口或 USB 端口选择、定序和下载不同音乐的 MP3 文件到播放机。

## 三、MP3 播放器的工作原理

### 1. MP3 的算法分析

MP3 数据均以帧为单元, 每帧由帧首部、边带信息、编码数据和辅助数据等 4 个主要部分组成, 每帧包括 1 152 个压缩 PCM 采样点数据。设 MP3 的 PCM 采样频率为  $\text{sample freq}$ , 则可由式 (1) 得出每帧的时间; 假设

$$\text{frametime} = 1152 / \text{sample-freq} \quad (1)$$

$$\text{Frametime} = 144 * \text{bit rate} / \text{sample-freq} \quad (2)$$

CD 音质的音乐一般为双声道立体声, 采样频率为 44.1

kHz, 位速率为 128 kb/s, 则得每帧播放时间约为 0.026 12 ms。每一帧需要处理的数据长度约为 418 B。为了达到实时解码和播放的效果, 要求 MP3 解码器处理 MP3 数据的时间必须少于 MP3 的播放时间, 否则就不能实现实时连续播放。

### 2. MP3 的编码器和解码器

MP3 编码器如图 1 所示, MP3 解码器如图 2 所示。

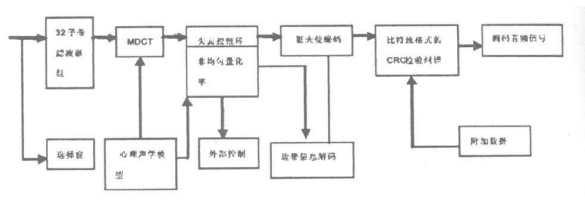


图 1 MP3 编码器

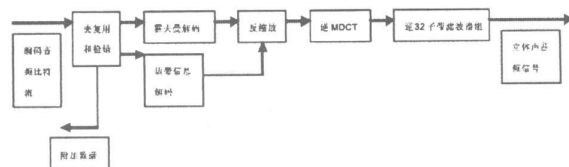


图 2 MP3 解码器

### 3. MP3 的播放原理

图 3 中模拟输入指利用内置式或外置式话筒进行录音, 模拟信号经过 PCM 编码及 MP3 压缩编码后存储在 FLASH 存储器中以备播放时调用。数字输入采用 USB 接口输入。播放时, 只需按播放键就可以将存储在 FLASH 存储器中的 MP3 文件通过 MP3 解压缩 (DSP)、D/A 转换变成模拟音频

信号输出。

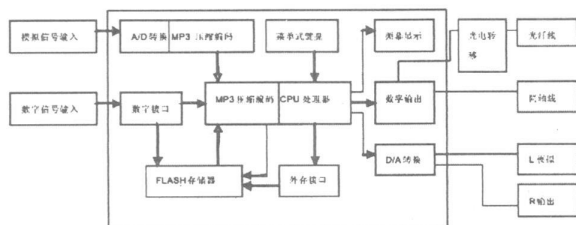


图3 MP3播放其原理框图

#### 四、用现场可编程门阵列实现MP3系统

MP3播放器结构框图如图4所示。实现此MP3播放器的关键是FPGA粘合逻辑的设计。在此,通过VHDL编程实现。首先,音乐歌曲通过USB接口下载至FLASH中,而后FLASH中数据以P10—DMA方式传输到解码芯片Signalat的STMP3410中,接着解码后的数据位流传入D/A转换芯片DAC3550A中,最后输出音频信号。以下详细解释MP3播放器FPGA粘合逻辑的设计。

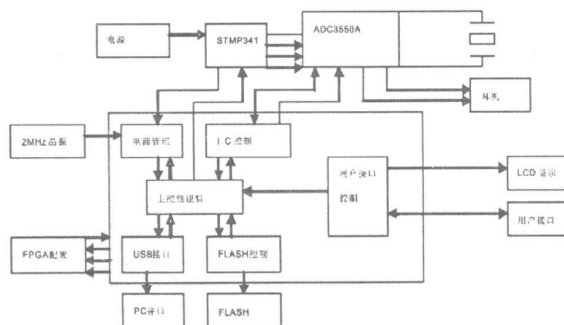


图4 总体设计框图

##### 1. 主控制逻辑模块

主控制逻辑模块在接收用户接口控制模块和USB接口模块送来的信号后产生各种控制信号,协调和控制MP3的各种操作。

主控制逻辑模块可细分为主逻辑控制和播放逻辑控制两部分。其中主逻辑控制模块控制各项功能的优先次序,为其他逻辑模块提供控制信号,并实现操作DAC3550A内部的参数寄存器,以改变其各项参数设置,如采样频率、音量、功耗模式等。播放逻辑控制模块实现MP3播放器的音乐播放操作。在接到主逻辑模块送来的PLAY操作指令后,插入Read信号送给FLASH控制模块,音乐数据从FLASH存储中以PIO—DMA模式传送给STMP3410,进行解码。

##### 2. 用户接口控制模块

用户接口控制模块用于控制用户操作及驱动LCD显示器显示当前的MP3播放器的状态。他包含用户接口和LCD显示两个部分。用户接口负责处理PLAY、REW、FWD或STOP等各种操作。当用户按下其中的任何一个按钮时,产生一个相应的上升沿。LCD显示部分负责驱动动态LCD显示器,显示系统状态信息,如音乐数、音量、播放、停止等。

##### 3. FLASH控制模块

设计的最大成本因素是储存MP3音频文件所需的大容量FLASH内存。FLASH控制模块不仅控制音乐FLASH和地址FLASH存储器,而且当执行用户操作时,还控制这些FLASH存储器的地址。

FLASH控制模块还可进一步细分为下载控制模块、用户命令控制模块和FLASH逻辑控制模块。其中下载控制模块实现与USB接口模块之间的握手协议。用户命令控制模块负责察觉和执行用户指令,并正确地控制FLASH存储器地址计数器。REW和FWD指令分别通过增加和减少音乐轨道数来实现。具体操作是从地址FLASH存储器中读入相应的音乐FLASH存储器地址到其地址计数器中。FLASH逻辑控制模块管理FLASH存储器的命令信号,负责写、删除和读数据,还有增加、减少和复位地址计数器等操作。根据所选择的操作,FLASH逻辑控制模块产生合适的FLASH控制信号。

##### 4. 音频数字模拟转换器接口

音频数字模拟转换器接口也可称作I2C控制模块,由两个独立的功能模块组成,每一个模块对应到个别的串行端口。控制端接口实际上是由软件执行的2位I/O端口,可以实现DAC中控制缓存器和状态缓存器所用的I2C协议。

##### 5. 电源管理模块

电源管理模块对于MP3播放器的可靠性和低功耗性是至关重要的。PUP信号线指示STMP3410 DC/DC转换

换电压是否已稳定,如稳定则激活信号线,开启ST—MP3410;否则电压不足,应关闭MP3播放器。

##### 6. USB接口模块

USB接口实现下载MP3音乐文件到FLASH存储器中。在下载操作开始后,下载信号被传送给主控制逻辑模块和用户接口控制模块,以在操作期间忽略其他任何操作。

接口电路采用Philips公司的PDIUSB12芯片。主要因为该芯片信息、开发资源丰富,可与任何外部微控制器/微处理器实现高速并行接口,主端点的双缓冲配置增加了数据吞吐量并轻松实现实时数据传输,完全自治的直接内存存取DMA操作,具有较高的性价比。

##### 7. 整体组合

前面已经完成了MP3播放器各个模块部分的设计,下面把这些部分组装起来,形成完整的总体设计。命名为MP3,其外部端口如图5所示。

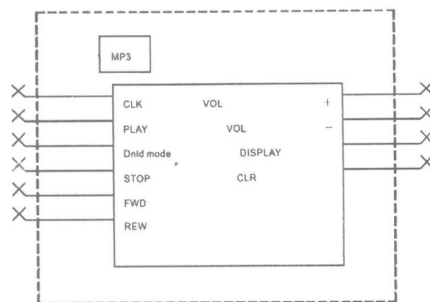


图5 MP3播放系统的外部接口

各个输入输出端口的功能如下:

- (1) CLK 为外部时钟信号, CLR 为复位信号。
- (2) PLAY 为高电平时, 表示用户按下 PLAY 键, 播放器启动。
- (3) Dnld mode 为高电平时, 表示用户插入 USB 接口信号, 下载操作开始。
- (4) STOP 为高电平时, 表示用户按下 STOP 键, 停止播放。
- (5) FWD/REW 为高电平时, 表示选中下一曲/上一曲的 FLASH 地址存储器, 读取 MP3 数据。
- (6) VOL+/VOL- 为高电平, 表示用户接口模块内的音量计数器增 1/减 1, 输出音量发生变化。
- (7) DISPLAY 表示系统的音频输出。

以上完成了 MP3 播放器的 VHDL 设计。下面使用 Quartus II 4.0 对本设计进行编译和仿真。首先创建工程, 使用文本编辑器输入本设计的所有模块的源程序, 把 MP3\_VHD 设为顶层文件, 并把本设计中的所有设计文件添加进工程。在选用 Altera 公司 Cyclone 系列的 EP1K10Q240c8 器件后, 先对每个模块进行编译纠错, 然后进行全程编译, 通过之后就可以进行仿真。

#### 五、发展方向

1. 与传统的音乐播放器相比, MP3 播放器最突出的优

势就是体积小、重量轻。现在市场上已出现仅有火柴盒和手表大小的 MP3 播放器。体积更小, 重量更轻, 是 MP3 播放器开发的一个方向。

2. 在不增加系统成本或增加很少系统成本的情况下, 可以增加一些其他功能以增加卖点。主要可以考虑的附加功能如: 视频播放、FM 收音、长时间录音、部分 PDA 功能等。

3. 在现有的便携式 MP3 基础上集成扬声器, 以取代传统盒式磁带录音机。

#### 参 考 文 献

- [1] Chihchiang Hua, Chihming Shen Control of DC/DC Converter for Solar Energy System with Maximum Power Tracking [A]. 23rd International Conference on Industrial Electronics Control and Instrumentation [C]. 1997, 2: 827-832
- [2] 刘韬, 楼兴华. FPGA 数字电子系统设计与开发实例导航 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [3] 王文林. MP3 播放机维修技术 [M]. 北京: 新时代出版社, 2004
- [4] 郑亚民, 徐敏. 基于 Quartus 的带计时器功能的秒表系统设计 [J]. 电子工程师, 2005, 31 (1): 59-61.

## Design of Walkman Based on FPGA

HUANG Mo CHENG Yun

(Jiujiang Vocational and Technical College, Jiujiang City, Jiangxi Province, 332007)

**Abstract** This paper introduces the work principle of MP3 players, and introduces the design thoughts and realization based on FPGA. With high density, high speed and strong field programmable ability, you can see it has some advantages of strong function, flexibility and high dependability. It has certain practical nature and spreading value.

**Key words:** FPGA, MP3, decoder, encoder

(上接第 26 页)

#### 参 考 文 献

- [1] 李云程. 模具制造工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003, (3)
- [2] 张学仁. 电火花线切割加工技术工人培训自学教材 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2001, (11).
- [3] 赵万生. 电火花加工技术 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000, (5).
- [4] 马名峻, 等. 电火花加工技术在模具制造中的应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004, (6).
- [5] 杨永平. 模具技术基础 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006
- [6] 赵万生. 先进电火花加工技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004
- [7] 马名峻, 蒋亨顺, 郭洁民. 电火花加工技术在模具制造中的应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006
- [8] 李必文, 唐永辉, 何彬. 数控线切割自动编程与操作 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [9] 李立. 数控线切割加工实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008

## Application of Line Cutting in Mould Processing

PENG Fu-guan WU Bin-li

(Jiujiang Vocational and Technical College, Jiujiang City, Jiangxi Province, 332007)

**Abstract** The Characteristic of EDM is to use the wire cut to the punch and die respectively in the processing and distribution practices. It also contains model processing in the cavity of the machining cone.

**Key words:** line cutting, punch, die, silk hole, model processing