

基于FPGA的音乐硬件演奏电路设计与实现

张毅波

(合肥学院 电子信息与电气工程系,安徽 合肥 230601)

摘要: 该文在EDA开发平台上,利用VHDL语言设计数控分频器电路,采用可编程逻辑器件CPLD/FPGA,经过整体分析、模块化分析、整体与模块的仿真分析三个步骤,以乐曲《梁祝》为例,使硬件实现了整体复位、按键选择演奏方式、循环演奏以及数码管显示乐谱的功能。系统能自动从头开始循环播放,也可随时起停、按键选择播放、循环播放播放中切换歌曲以及发光二极管动态显示播放的音符。经过实际电路测试验证,达到了设计要求。

关键词: EDA; VHDL语言; 硬件演奏电路

中图分类号: TP34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3044(2013)03-0636-04

The Playing Circuit Design and Implementation of FPGA-based Music Hardware

ZHANG Yi-bo

(Electronic Information and Electrical Engineering College, Hefei University, Hefei 230601, China)

Abstract: In this paper, the EDA development platform, NC divider circuit using VHDL language design, programmable logic device CPLD/FPGA overall analysis, modular analysis, simulation analysis of the overall module three steps to the song "Butterfly Lovers" example, the hardware implementation of the overall reset button to select the play mode, Loops and digital tube display sheet music functions. The system can automatically start from scratch loop can also start and stop at any time, the button to select the playback loop playback switch songs and dynamic display of light-emitting diodes play notes. Verified after the actual circuit testing met the design requirements.

Key words: EDA; VHDL language; hardware playing circuit

1 系统的设计要求

应用VHDL硬件描述语言,设计一个乐曲硬件演奏电路,它能将一首预先设置存储好的乐曲自动播放出来,除此之外,也能够通过按键的方式输入音符,使其具备简易电子琴的功能。通过此项研究,能够深切的体会利用EDA工具开发的优越性,在此基础上,对乐曲硬件演奏电路功能进行丰富,具有一定的社会实用性。

根据硬件演奏电路的功能进行全局分析,采用自上至下的设计方法,从系统总体要求出发,逐步将设计内容细化,最后完成系统结构的整体设计。将功能分为以下几个部分,1)实现预先设置乐曲的播放功能;2)实现预置乐曲的暂停和继续播放实时控制功能;3)实现预置多首乐曲间的切换功能。

预置乐曲,本文选取了《梁祝》的一段作预置,作预置时,需要将乐曲音符转换成相应的代码,通过计算逐一将音符转换成代码,通过EDA开发平台quartusii6.0进行乐曲定制。

为了提供乐曲发音所需要的发音频率,编写数控分频器程序,对单一输入高频,进行预置数分频,生成每个音符发音的相应频率。

为了给分频提供预置数,需要计算分频预置数。

对每部分结构单元逐一进行编译,生成相应的元器件符号,并对独立结构单元功能进行仿真。

2 系统的详细设计方案

2.1 顶层实体描述

按照EDA开发流程,采用VHDL硬件描述语言开发,将乐曲硬件演奏电路设计进行模块化分解,层次化设计,分成几个单独的结构体,每个结构体实现部分功能,最后,经顶层文件将各单独结构体进行综合,实现乐曲硬件演奏。

有四个输入,三个输出端口。

四输入端口分别是:clk8hz端口,作为节拍脉冲信号输入端口;clk12mhzZ端口,作为发音频率初始信号输入端口;P输入端口,

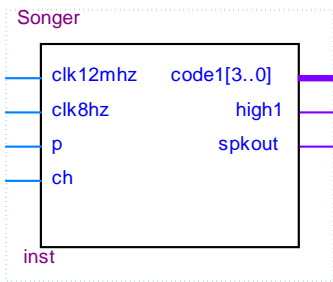


图1 顶层实体模块

作为控制歌曲暂停和继续播放的输入端口。ch输入端口,作为控制歌曲之间切换播放的输入端口。
三输出端口分别是:code1输出端口,作为音符简码输出LED显示端口;high1输出端口,作为音符高8度指示端口;spkout输出端口,作为乐曲的声音输出端口。

2.2 模块划分

本系统主要由三个功能模块组成: notetabs.vhd, tonetaba.vhd 和 speakera.vhd。第一部分 notetabs,地址发生器,实现按节拍读乐谱的功能;第二部分 tonetaba,查表电路,为 speakera 提供分频预置数,实现乐曲译码输出 CODE[3:0];第三部分 speakera,产生发音频率,实现乐曲播放。系统结构图如图2。

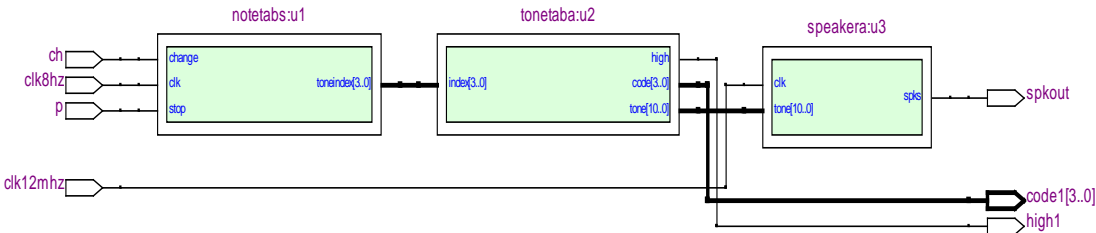


图2 系统结构图

为了实现乐曲的播放,首先需要将曲谱定制到音符数据ROM里面,然后才能按照一定的节拍从ROM中读出曲谱。由于所选曲子中不含低音,转换关系如表1所示。

表1 简谱中音符与频率的关系

音符	频率
中音 1	773
中音 2	912
中音 3	1036
中音 4	1197
中音 5	1290
中音 6	1372
高音 1	1410
高音 2	1480
高音 3	1542
高音 4	1622
高音 5	1668
高音 6	1728

2.3 模块描述

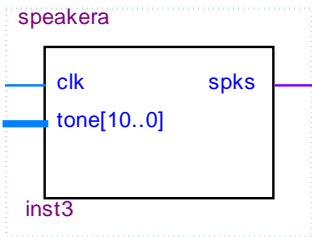


图3 sperkera 模块

sperkera 是一个数控分频器,由其 clk 端输入一个 12mhz 信号,通过 speakera 分频后,由 spkout,通过一 d 触发器, pinlv 变为原来的二分之一, sperakera 对 clk 的输入信号的分频比由 11 位 tone[10..0] 决定, spkout 的输出频率为音符的音调。

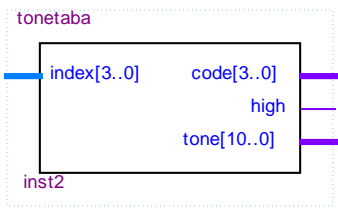


图 4 tonetaba 模块

tonetaba 的功能首先是为 speakera 提供分频预置数,此数的停留时间即为音符的节拍值,此模块为歌曲简谱码提供对应的分频预置查表电路,音符停留时间由 clk 的输入频率决定,再次为 4hz。

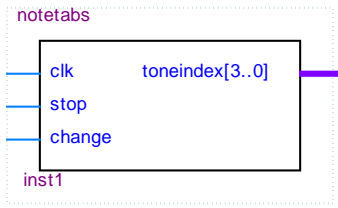


图 5 notetabs 模块

3 系统的方案实现

3.1 各模块仿真及描述

notetabs 作为音符 rom 的地址发生器,此模块中设置了一个 8 位 2 进制计数器,频率为 4hz,即为 4 个音符一秒时间四四拍的 4 分音符。notetabs 计数器按 4hz 时钟频率做加法计数,当 stop 为高电平时停止加法运算,而当 change 可设置 rom 中数据的跳转,rom 通过 toneindex[3..0] 端口输向 tonetaba 模块。乐曲就演奏起来了。

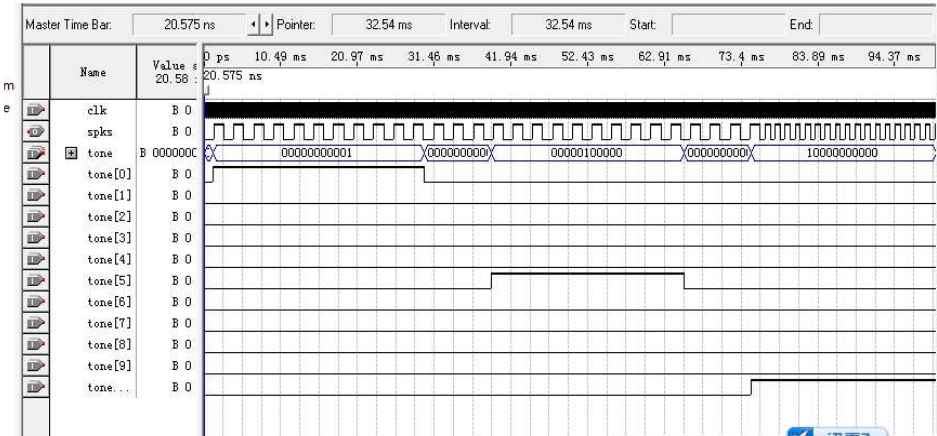


图 6 sperkera 仿真波形

由图 6 sperkera 仿真波形可以看出,当 clk 输入时钟频率为 12mhz 时,输出端信号 clk 输出的频率,随 tong 信号的不同,输出不同频率的声音信号。

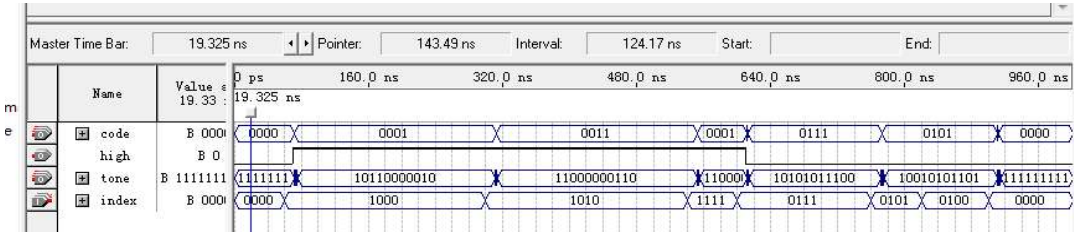


图 7 tonetaba 仿真波形

由图 7 tonetaba 信号的仿真波形,可以看出,当输入信号 index[3..0] 输入不同信号值,code 输出端输出音符的显示,high 为音符高位信号,tone 大于 7 时 high 为高电平。

图 8 为 notetabs 仿真波形,当 clk 输入时钟信号,toneindex[3..0] 端从 rom 中读入音符数据,当输入端口 stop 为“1”时,暂停从 rom 中读入数据,stop 为“0”继续读取音符信号,change 为高低电平时,模块分别读取 rom 不同位置的数据。

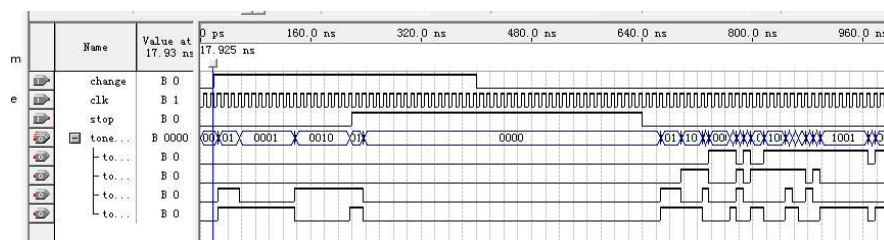


图8 notetabs 仿真波形

3.2 顶层电路仿真及描述

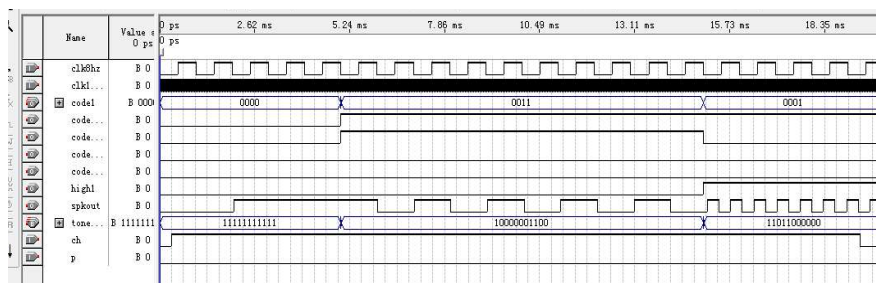


图9 顶层电路仿真波形

clk8hz端输入8hz时钟信号,另一个clk12mhz输入12mhz时钟信号,系统将自动从music.mif中读取音符信号,以频率不同输出到spkout,同时输出到显示端口,和高音端口,code1[3..0],high1。p端口可以是音符暂停输出(高电平时),ch端口控制歌曲间的切换。

4 硬件测试及说明

选择实验电路模式1,将引脚锁定时clk12mhz于clock9连接,短路帽clock接12mhz。clk8hz与clock2连接。发音输出spkout接speaker。简谱码输出code1由数码管5显示,high高8度指示由发光管d5指示,p与按键d16连接,ch与的15连接。最后向目标芯片下载适配后的sof逻辑设计文件。

5 结论

本次设计在EDA开发工具QuartusII平台上,应用语言层次化和模块化的设计方法,通过音符编码的设计思想,预先定制乐曲,在此基础上设计了一个乐曲硬件演奏电路,经过对整体进行模块化分析、编程、综合、仿真及最终下载,完整实现简易音乐器的播放功能。

通过学生自己手动完成简单的数字器件的设计,在加强以传统电子设计方法为基础的工程设计训练的同时,使学生能够更快地掌握现代电子电路设计自动化的新方法和新手段,提高了学生对基础实验的兴趣。

参考文献:

- [1] 黄继业.EDA 技术实用教程[M].2版.北京:科学出版社,2004.
- [2] 施奇,毛丽民,张笠君,等.基于FPGA的乐曲演奏电路的设计[J].中国科技信息,2011(10).
- [3] 鲁才.数字电路EDA设计与应用[M].北京:人民邮电出版社,2010.
- [4] 翁木云.FPGA设计及应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.