



2019 年 SEU-Xilinx 国际暑期学校团队项目设计文档

(Project Paper Submission Template)

作品名称	电子音乐生成、效果器
组员姓名	赵颖渊 曹新野 李辉
房间号及桌号	720 27



第一部分

小组成员分工

(各成员任务分配)

	姓名	任务分配
组长	赵颖渊	音效预设和切换, Grove Speaker 音乐生成
组员 1	曹新野	频谱分析和 Grove LED Bar 显示
组员 2	李辉	音频的基本输入输出, 滤波去噪, 音量调节
组员 3		

第二部分

设计概述 /Design Introduction

(请简要描述一下你的设计: 1. 功能说明; 2. 所用到的设备清单)

1、功能说明

1. 音频输入为 PYNQ-Z2 的音频 LINE IN 接口。
2. 音频输出为 PYNQ-Z2 的音频 HP+MIC 接口。
3. 使用 HLS 处理解码音频接口输入数据, 对音频进行降噪滤波和音效滤波。
4. 利用按键对音量参数进行调节, 利用按键对音效(直通、高音、低音、高低混合音、中音、特定频段音、截止)进行切换同时 LED 提示当前音效状态。
5. 分析音乐频谱并用 Grove LED Bar 进行显示。
6. 开关控制是否让 Grove Speaker 生成低音到高音、高音到低音的循环音乐。

2、设备清单

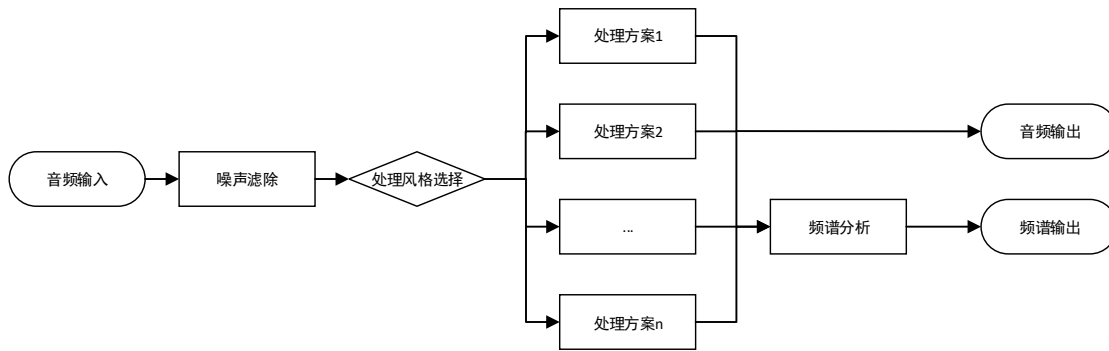
1. PYNQ-Z2 * 1
2. Grove LED Bar * 8
3. BASE SHIELD * 1
4. Grove Speaker * 1
5. 耳机(或扬声器)和音频连接线(或麦克风)
6. 杜邦线和 Grove 连接线若干

第三部分

详细设计 /Detailed Design

(请详细说明你作品要实现的所有功能以及如何组建系统以实现该功能, 还包括为实现该功能需要用到所有参数和所有操作的详细说明, 必要的地方多用图表形式表述)

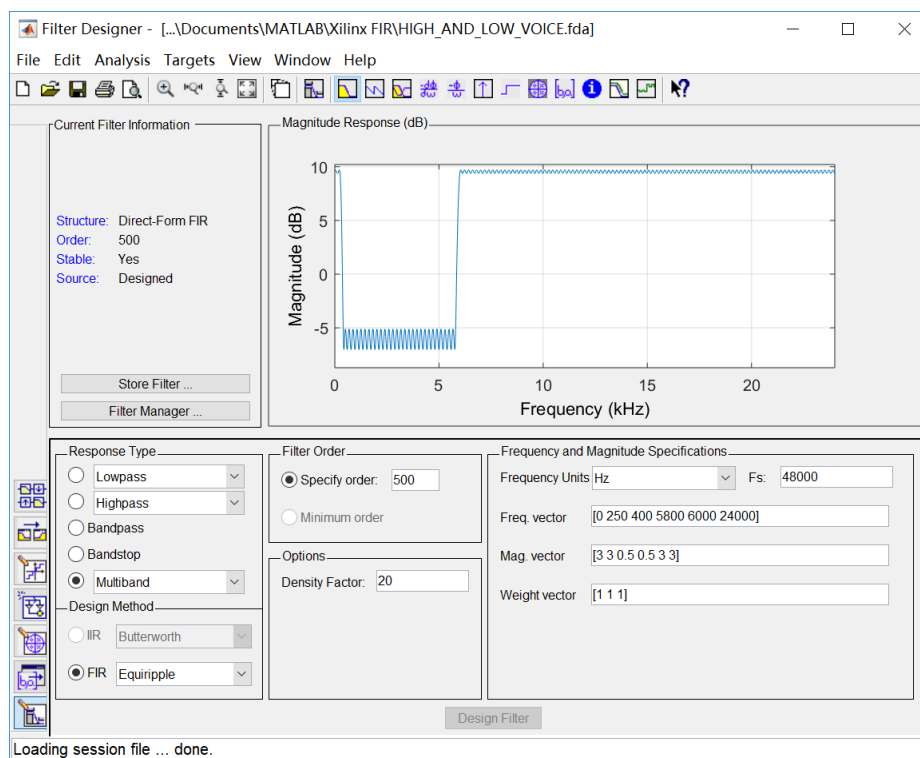
如因文档篇幅限制无法详述, 可提供附件。



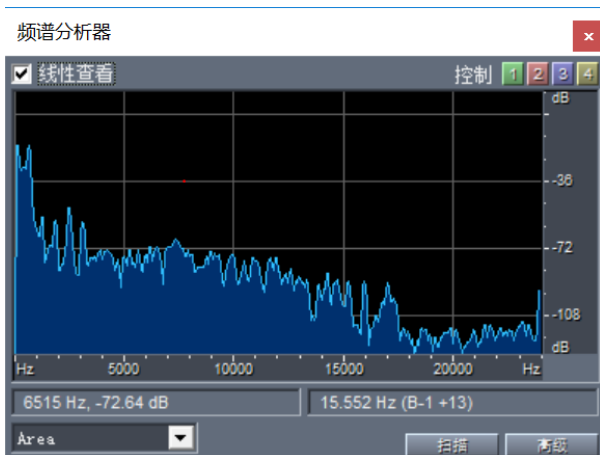
1. 音频输入为 PYNQ-Z2 的音频 LINE IN 接口。
用 zed_audio_control IP 核和 SDK 部分的中断触发联合实现音频输入。
2. 音频输出为 PYNQ-Z2 的音频 HP+MIC 接口。
用 zed_audio_control IP 核和 SDK 部分的中断触发联合实现音频输出。

3. 使用 HLS 处理解码音频接口输入数据，对音频进行降噪滤波和音效滤波。

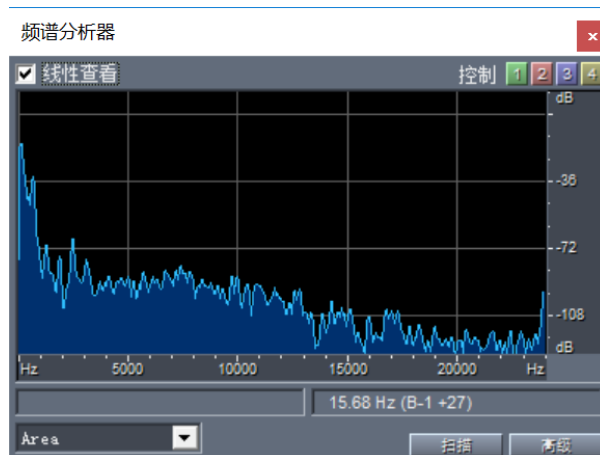
降噪滤波和音效滤波均使用 FIR 滤波器，滤波器系数在 MATLAB 的 filterDesigner 工具包里生成，在 PL 部分用 HLS 编程生成 IP 核，与 PS 部分通过 AXI 总线进行通信，其中降噪滤波 IP 核主要负责音频的噪声滤除和音量控制，音效滤波 IP 核里面有 5 个 500 阶滤波器，分别负责增强低音（250Hz 以下，声音沉闷）、增强高音（6kHz 以上，声音尖锐）、增强高低混合音（250Hz 以下，6kHz 以上，声音丰富）、增强中音（250Hz - 6kHz，人声凸显）、增强特定频段音（250Hz - 2kHz 金属感，4kHz - 5kHz 临场感），在 HLS 中经过 C 仿真和 C/RTL 联合仿真，主要负责音频的音效生成和切换。



filterDesigner 设计 FIR 滤波器



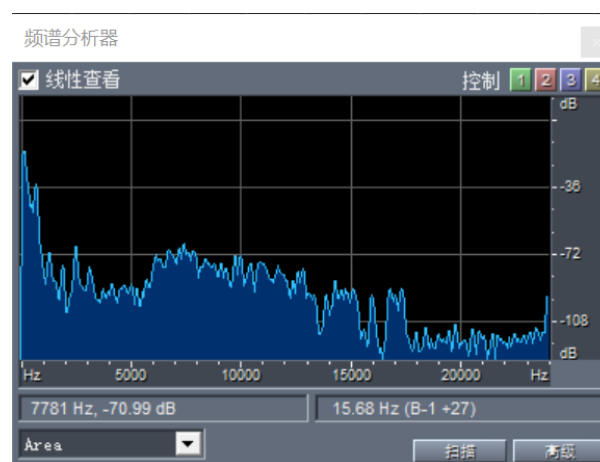
原音频信号频谱



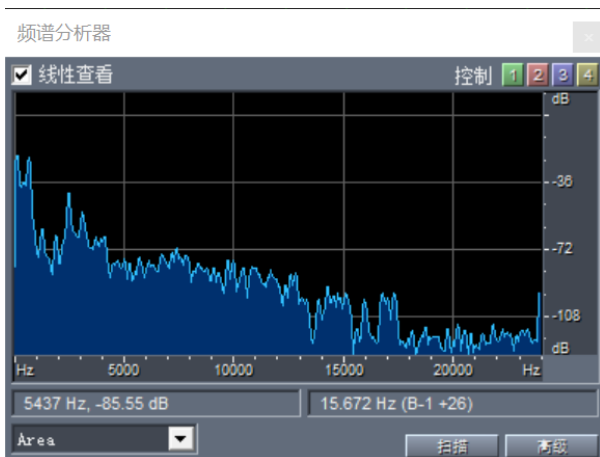
低音效果信号频谱



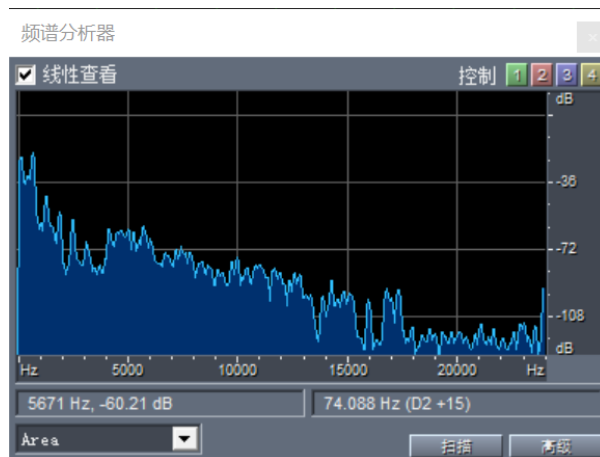
高音效果信号频谱



高低混合音信号频谱



中音效果信号频谱



特定频段音效果信号频谱

4. 利用按键对音量参数进行调节，利用按键对音效（直通、高音、低音、高低混合音、中音、特定频段音、截止）进行切换同时 LED 提示当前音效状态。

按键直接通过 PL 部分连接滤波器控制音量和音效，LED 直接通过 PL 部分连接音效滤波器提示音效状态。

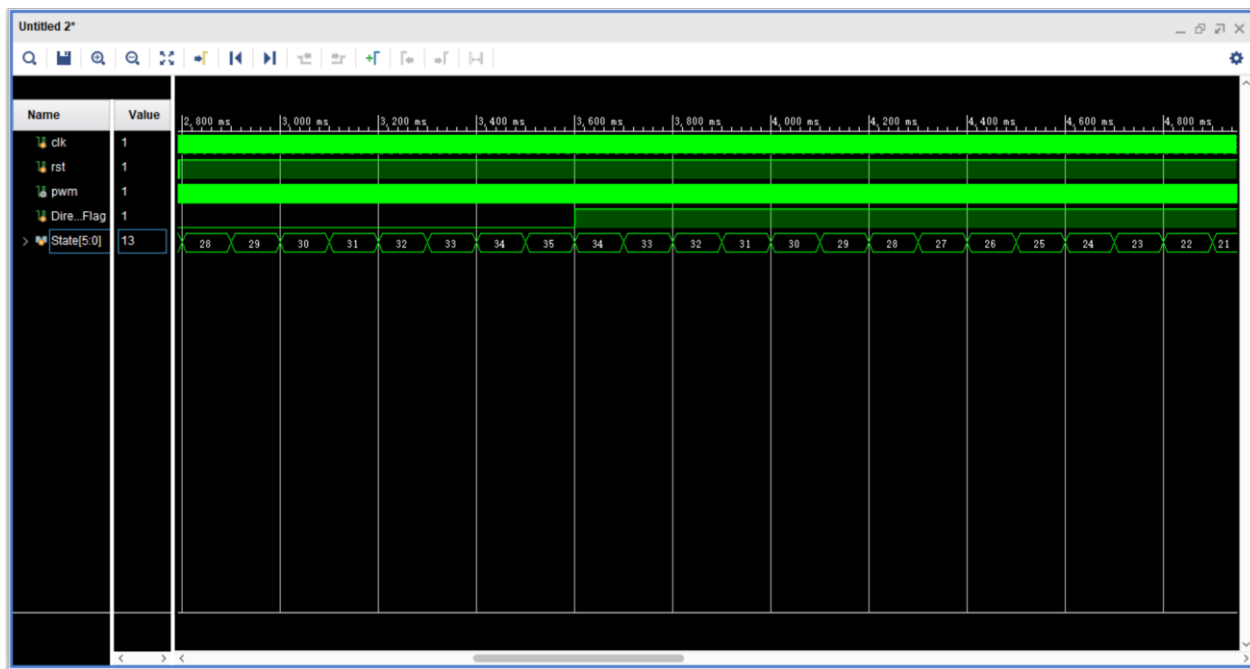
5. 分析音乐频谱并用 Grove LED Bar 进行显示。



音乐数据在 PS 部分进行 FFT 计算分析得到幅值频谱，对于 Grove LED Bar 也在 PS 部分编写底层驱动程序，得到频谱的幅值后进行合理分段，在 Grove LED Bar 上不断刷新显示。

6. 开关控制是否开启音乐播放，开关控制是否让 Grove Speaker 生成低音到高音、高音到低音的循环音乐。

开关从 PL 连接到 PS 来控制 HP+MIC 接口是否输出音频数据，对于 Grove Speaker 在 PL 部分用 Verilog 编写底层驱动程序并进行功能仿真和时序仿真，开关直接通过 PL 部分控制是否播放 Grove Speaker 的循环音乐。

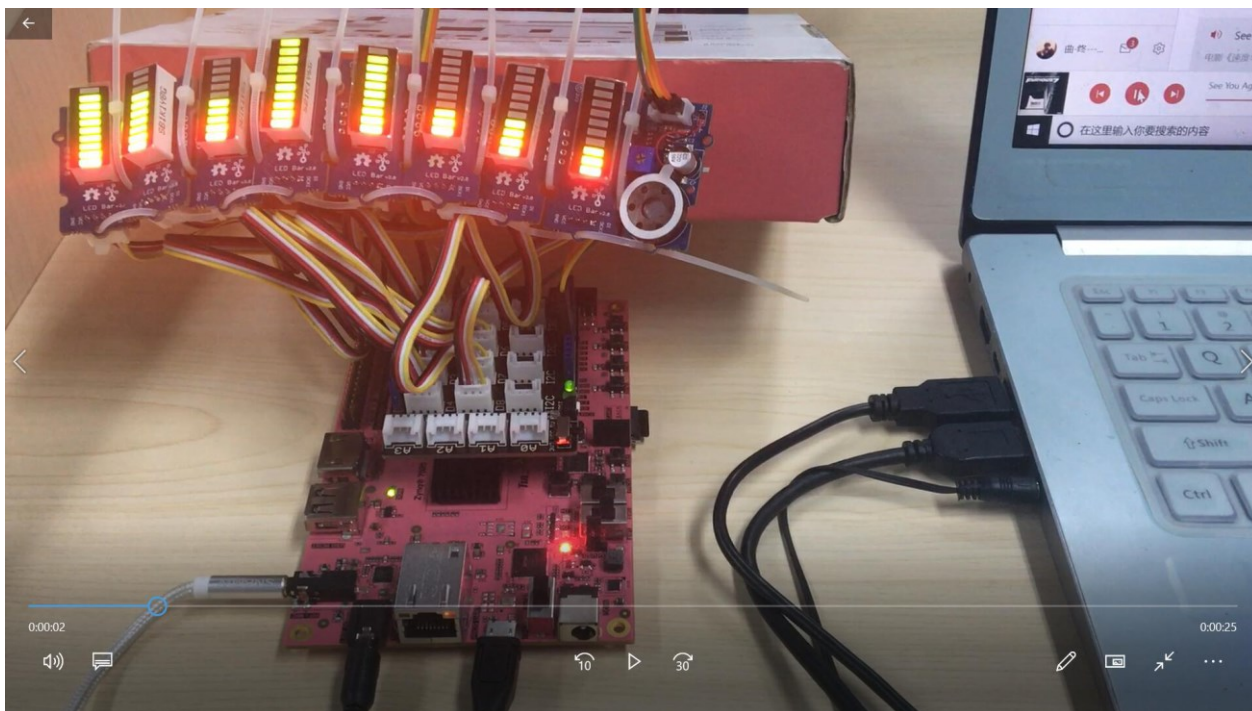


Grove Speaker 底层驱动程序时序仿真

第四部分

完成情况及性能参数 /Final Design & Performance Parameters

（作品完成情况，附照片/视频链接）



作品完成情况：

基本完成项目内容。

能够通过 LINE IN 接口获取音频数据，仿真实现滤波器音效算法，完成去噪滤波器和音效滤波器的 IP 核封装，通过 HP+MIC 接口输出音频数据，可以通过按键调节音量参数、音乐效果，通过开关控制 Grove Speaker 的高低音循环音乐播放和 HP+MIC 接口的音频输出，同时音乐频谱用 Grove LED Bar 进行显示。

第五部分

项目总结 /Conclusions

(项目中所用到的知识点，项目收获及心得)

该项目中所用到的知识点：

1. 音频数据在 FPGA 上的输入输出方法
2. 去噪滤波器和音效滤波器的设计方法
3. FFT 幅频分析方法
4. Grove LED Bar 和 Grove Speaker 的底层驱动程序设计方法
5. FPGA 内部和外部的接口互联方法

项目收获及心得：

李辉：

通过本次暑期学校的实习，了解了高级 fpga 技巧的使用，学会了从 hls 新建并且封装 ip，导入 VIVADO 中并且使用，学会了如何不使用 Verilog，只通过单纯的 ip 的设置与连接来建一个项目。此前也并未学习过如何使用 PYNQ 这一类高级的 FPGA，所以此次还学会了 SDK 的基本使用技巧，学会了如何将自己封装的 ip 的 driver 导入到 SDK 的库中，进一步完善自己的项目功能。

赵颖渊：

通过本次暑期学校的实习，重新温习了 Xilinx 的 PYNQ-Z2 开发板和 Vivado 开发环境，了解了 Verilog 时序约束对复杂工程的重要性以及一些常用的时序约束方法，还学会了使用 HLS 高级设计方法来设计 FPGA 的 PL 部分，最后还了解到了一些或新奇或前沿的 FPGA 开发技术。在项目推进的过程中，查找资料并实现方法的流程越来越熟练，对 Xilinx 的 FPGA 设计也愈加深入了解。



曹新野：

通过本次暑期学校的学习，我对 FPGA 以及 Vivado 相关软件有了更加深入的了解。在已有基础上，理解了 Zynq 系列 PS 端与 PL 端协同工作的原理，同时掌握了使用 Vivado HLS 软件生成简单 IP 核用于 Vivado Block Design 设计，并使用 SDK 或 Jupyter 完成对生成 IP 的控制。此外，在几场讲座中我也了解到了 FPGA 以及其他的一些前沿技术，丰富了我的视野。

第六部分

源代码/Source code

（作品源码 Github 链接，github 操作步骤见 *Github 项目上传简单教程*）

https://github.com/LexPG12138/Xilinx_MUSIC.git

第七部分（技术总结/心得/笔记等分享）

（可分享的技术文档附件或已发表的文章链接）

<https://www.cnblogs.com/milinker/p/5891100.html> ZYNQ GPIO 使用之 EMIO

https://blog.csdn.net/Autumn_He/article/details/77853891 Xilinx SDK GPIO API 函数笔记

<https://baike.baidu.com/item/%E9%9F%B3%E6%95%88/4124866?fr=aladdin> 音效

<https://blog.csdn.net/luobluesky/article/details/89143608> MATLAB filterDesigner 设计 FIR 滤波器

https://blog.csdn.net/qq_38769280/article/details/84205105?tdsourcetag=s_pctim_aiomsg pynq-z2 HLS 开发