

数字逻辑设计报告 Music3D 组

潘传宇 任一

June 13, 2020

Contents

1	实验目的	3
2	实验完成情况与任务分工	3
2.1	完成情况	3
2.2	任务分工	3
3	实验演示说明	4
4	文件说明	5
5	总体设计	5
6	关键技术分析	5
6.1	Fast Fourier Transformation	5
6.2	串口协议通信	5
6.3	灯光信息整合输出	5
7	程序注释	6
8	波形仿真结果说明	6
9	遇到问题与解决方法	6
10	实验总结	6

1 实验目的

本实验的最终目的是希望实现一个能够接收音频信号，并将音乐的律动以“立体”的方式显示出来的音频可视化系统。其中我们使用 AN831 模块作为音频的输入模块，并使用光立方模块作为“立体显示”模块。具体目标有以下几点：

1. 实现音频的数字信号输入及处理；
2. 借助 FFT 算法实现音频的时域信号向频域信号转换；
3. 实现频域信号向光立方所需的灯光信号的转换；
4. 实现灯光信号的“队列式”存储与移位；
5. 实现灯光信号的“整合打包”与串口协议输出；

2 实验完成情况与任务分工

2.1 完成情况

时间	任务
第九、十周	确定主题以及大致设计框架，购买外设，熟悉 FPGA 板使用
第十一周	确定设计框架，开始编写音频处理部分代码，调试外设
第十二周	完成音频输入、串口输出部分的代码编写，进一步完善设计框架
第十三周	完成音频 FFT 部分的代码编写，上板调试音频部分
第十四周	完成灯光信号处理部分的代码编写，上板进行整体调试
第十五周	尝试多种模式设计，优化效果
第十六周	准备课堂展示

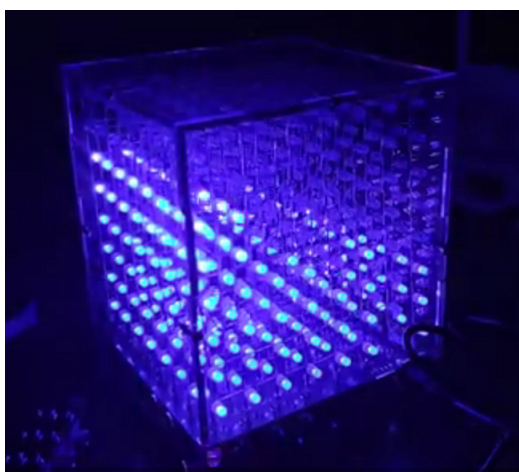
2.2 任务分工

- 潘传宇：调试板子及外设，编写灯光信号处理部分的代码，编写光立方通信协议部分的代码；
- 任一：选购音频模块 AN831，编写音频输入及 FFT 处理部分的代码，协助调试硬件；

3 实验演示说明

实验演示按照如下步骤进行：

1. 按照引脚分配将 AN831 模块和光立方模块接入 FPGA 板；
2. 将板子接入电源，并将程序烧写进入板子；
3. 启动光立方，通过设置单片机工作模式进入“串口接收模式”；
4. 烧写完成后，板子立即进入工作状态，此时通过音频线将音频接入 AN831 模块后，即可看到光立方上随音乐变化的显示效果；
5. 默认模式为“舒缓模式”，按住实验板上的 reset 键可进入“动感模式”；



展示效果图

展示视频链接如下：

4 文件说明

5 总体设计

6 关键技术分析

6.1 Fast Fourier Transformation

为了从时域信号中提取频域信息，我们需要使用快速傅里叶变换 (FFT)。在本代码中，我们配置 WM8731 芯片的采样频率为 8KHz, 进行 64 点的 FFT, 得到了 125Hz, 250Hz, 375Hz, 500Hz, 625Hz, 750Hz, 875Hz, 1000Hz 这 8 个频率处的频谱分量，正好对应光立方每一帧的 8 列灯光信息。为了节约计算成本，我们在进行 FFT 时，提前通过定点数的方式，储存了旋转因子。

6.2 串口协议通信

通过 UART 串口传送串行信号，可以将设计好的灯光信息传给光立方模块上的单片机（相当于下位机），并由单片机控制灯的亮灭。每一时刻的灯光信号由 65 个 8 位（并行）逻辑向量构成，需要将这些 8 位并行数据转化为串行的 01 输出，因此需要编写串口协议通信模块。该模块基于状态机实现，通过不同状态表示当前输出处于起始位、数据位、校验位还是停止位，并通过计数方法使之适应相应的波特率。

6.3 灯光信息整合输出

灯光信息采用“队列”结构存储，即每一时刻由采样模块收集频域信息并转化为灯光信息，将该灯光信息传入“队尾”，然后将“队顶”信息弹出。

每次传给光立方的数据是 65 个 8 位逻辑向量，它是由 1 个“起始位”和 64 个“数据位”构成的；在传输时需要依次将这些 8 位逻辑向量传给“串口通信模块”。实现这一功能的难点在于与频域采样频率和串口波特率之间相适配。此模块同样基于状态机实现，用不同状态判断当前输出处于起始位、数据位还是停止位；同时由于采样频率远小于波特率，可以通过计数方法将灯光信息输送频率调整到一个较为恰当的值。

- 7 程序注释
- 8 波形仿真结果说明
- 9 遇到问题与解决方法
- 10 实验总结