

2023 秋季学期 DSP 大作业

---电子音乐

音乐是我们生活中最常见的“信号”之一，而电子科技的不断发展促生了电子音乐这一音乐流派。电子音乐是使用电子乐器以及电子音乐技术来制作的音乐，电子音乐的制作涉及了大量的数字信号处理的相关知识。本次大作业带你初步了解和制作简单的电子音乐。

一、 电子合成器

电子合成器是电子音乐的重要组成部分之一。电子音乐合成器可以产生不同频率的波形，并进行组合与操作，从而产生不同的音调和音色¹。

电子合成器的基础波形主要为以下四种，正弦波，三角波，锯齿波和方波。

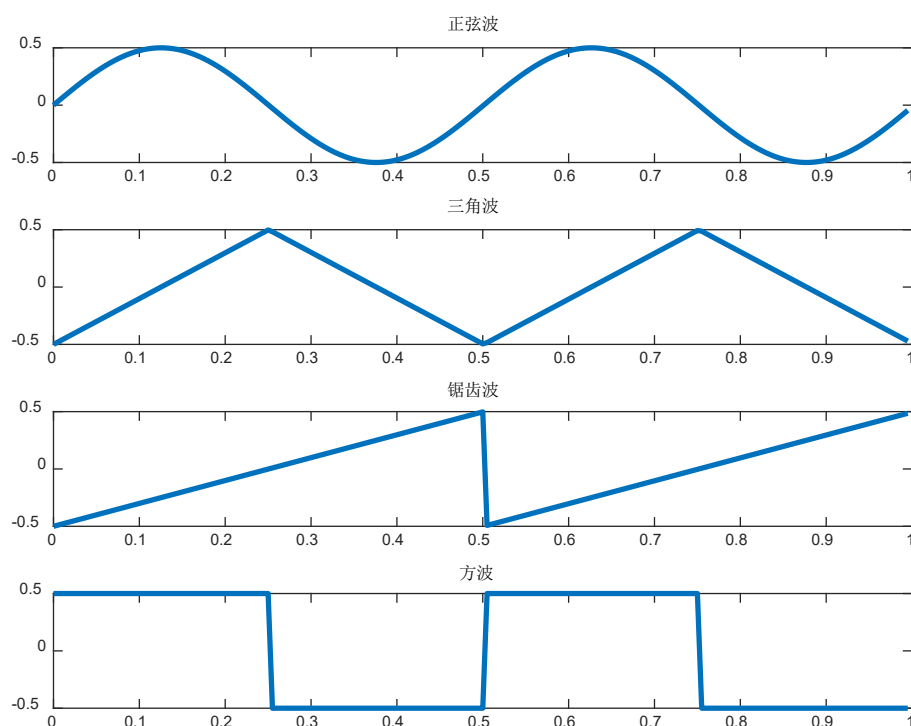


图 1：接收信号示意图

任务 1：基本波形产生（5 分）

生成频率为 440Hz 上述四种波形，要求信号采样率为 16000Hz，信号时长 1s，幅度范

¹ 音调，音色的简单数学原理可以参考这一科普视频 [（中文字幕）音乐和音色合成背后的数学 哔哩哔哩 bilibili](#)

围为[-0.5, 0.5]。使用 FFT 获取并绘制四种波形的幅度谱，要求绘图的横坐标转换为对应的连续信号的频率。分析并对比上述四种波形的频谱差异。绘图时横纵坐标需标明含义，如有单位需要写明单位。

能够产生上述 4 种波形后，我们便可以制作一些简单的音乐。和弦是指有一定音程关系的一组声音，下面我们将使用一些简单的和弦组成一小段简单的音乐。右图给出了部分音高和频率的关系。

任务 2：音乐生成（5 分）

使用任务 1 中的任意波形产生如下一段音频

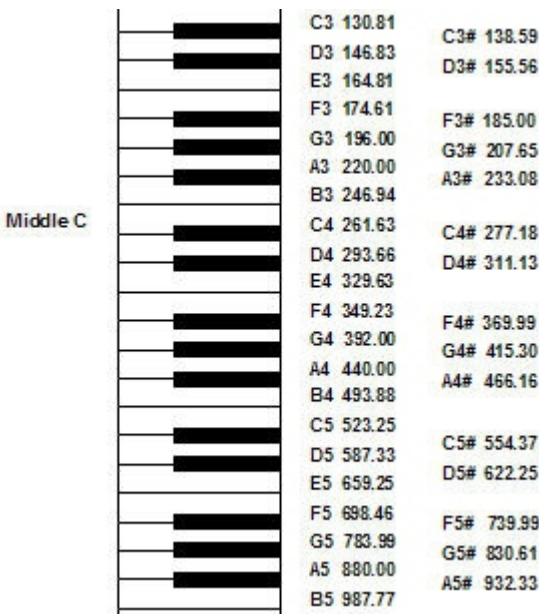


图 1 部分音高与频率的关系

第 1 秒	第 2 秒
C4	C4
E4	E4
G4	G4
	B4

表 1

使用 STFT 绘制这段音频的时频谱图，选择合适的长度的矩形窗，使得时频谱图中能够区分这段旋律中不同的音。要求给出分析过程。STFT 可以直接使用 MATLAB 自带的函数。绘图时横纵坐标需标明含义，如有单位需要写明单位。

任务 3：自动读谱（10 分）

文件 music.mat 给出了一段音乐，要求编写 MATLAB 代码可以输出这段音乐的乐谱。音乐的采样率为 16000Hz，每个音的时长为 0.25s，总长 4.75s，音乐所使用的音高不超出图 1 的范围。要求代码运行后直接输出该段音乐的乐谱，并且在最终报告中将乐谱绘制成表格，格式如表 2 所示，每一段代表 0.25s。在最终报告中要写明实现思路。

第 1 段	C4		
第 2 段	C4	A4	B3
...
第 N 段	G4	F4	

表 2

附加题：自动读谱（2 分）

自己寻找一段喜欢的纯音乐（时长至少 5s），编写 MATLAB 代码以实现自动读谱。要

求代码运行后直接识别并输出该段音乐的乐谱，在**最终报告**中写明所获得的乐谱，并提供音乐原文件，音乐的乐谱和乐曲名。要求乐谱均用图 2 中[字母]+[数字]的音高标记形式，不接受其他形式。附加题只有实现全部功能，且乐谱全部正确才能获得 2 分。

二、 作业要求

- 1、大作业请直接在网络学堂提交。提交时要求包含研究报告及源代码。提交时注意保证代码的完整性，并应进行详细注释以保证可读性，并方便核查。同时，在提交代码里写一个 Readme 文档，用于说明代码的功能和使用方法。
- 2、研究报告**只接受 PDF 格式**，中英文不限，但须为本人独立完成。
- 3、研究报告内容应详实，能充分体现本人在算法的设计、优化和实现中的探索、分析和思考过程，报告内容应以文字、公式、图表、流程图等为主体。如没有确实的必要性，**不要在研究报告中大段粘贴源代码**。
- 4、提交的源代码要与报告中所提出的方法对应，需保证你提出的方法是你可以用程序实际实现的，并且可以顺利、正确的运行。
- 5、本Project没有标准答案，即使是实际工程上也不存在一种绝对最优的解决方案。因此强烈鼓励创新。对具有创新性想法和内容的设计，只要想法合理、分析论证充分，均给予适当加分。
- 6、作业应独立完成，杜绝抄袭。研究报告或代码会统一采用学校的查重系统完成查重，一经发现抄袭现象，无论抄袭者还是被抄者一律计0分。源代码运行结果与报告中结果不一致且报告中无任何解释说明，也属于学术不端。
- 7、如有任何关于本次大作业的问题，请联系助教张鑫辰：zhangxc21@mails.tsinghua.edu.cn.

《清华大学学生纪律处分管理规定实施细则》第二十一条

有下列违反课程学习纪律情形之一的，给予警告以上、留校察看以下处分：

- （一）课程作业抄袭严重的；
- （二）实验报告抄袭严重或者篡改实验数据的；
- （三）期中、期末课程论文抄袭严重的；
- （四）在课程学习过程中严重弄虚作假的其他情形。

三、 补充说明

本次大作业可能涉及了较多同学们之前并不熟悉的 MATLAB 函数，这些函数的使用方法都可以在 MATLAB 中通过 help [函数名]获取。

最后的图 2 给出了更全面的音高与频率的关系。

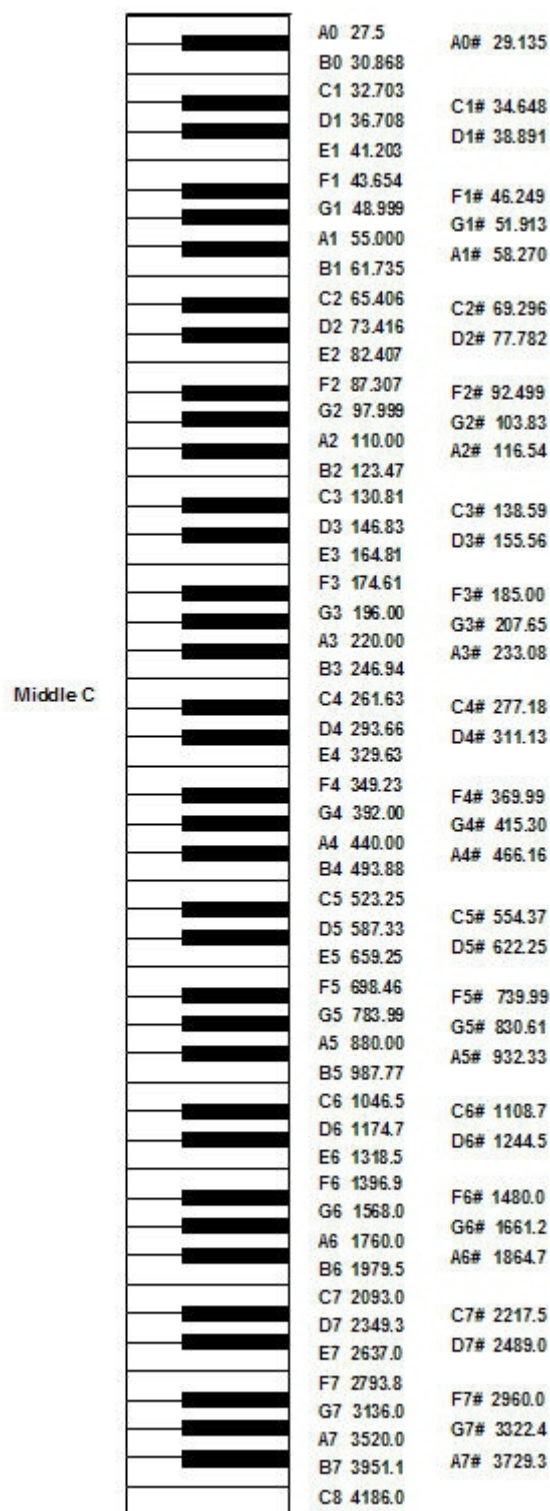


图 2 音高与频率的关系