

## 任务二 基于 FFT 的数字语音信号的频域分析

任务目标:

学习和了解 FFT 的原理, 及其在信号频域谱分析中的应用。

任务内容:

### 1. 快速傅里叶变换 FFT 的原理和计算复杂度分析

《信号与系统》中, 离散时间周期信号的 FS 的分析公式为

$$a_k = \frac{1}{N} \sum_{n=\langle N \rangle} x[n] e^{-jk(2\pi/N)n} \quad (1)$$

其中, 共有  $N$  个 FS 系数需要计算。对于每个 FS 系数, 需要进行  $N$  次复数乘法运算和  $N-1$  次复数加法运算。显然, 复数乘法运算的计算量远大于复数加法运算, 由此可知, 一个周期为  $N$  的 FS 的计算的复杂度可看作  $N^2$  次复数乘法运算。

相比较而言, 快速傅里叶变换 FFT 之所以称为快速, 其计算复杂度一定比上面的  $N^2$  次复数乘法运算要低。为此, 需要自学和理解 FFT 的蝶形算法原理, 将其计算复杂度与上述常规方法进行对比。同时, 按照蝶形算法原理, MATLAB 代码完成  $N=256$  的 FFT 计算, 并验证计算结果正确。

### 2. 基于 FFT 的数字语音信号的谱分析

在 MATLAB 中读入一段数字语音信号.wav 文件, 通过 FFT 获得语音信号的频谱, 按照教材图 3.22 的形式给出语音信号的幅度频谱, 验证语音信号的频谱范围。注意: 语音信号的频谱图的横轴(频率轴)的特点(不是线性的), 而纵轴(幅度)采用 dB 为单位。

### 3. 基于 FFT 的音调的频率分析

录制或者收集某一乐器的不同音调的数字音乐信号文件，通过 FFT 计算得到并绘制频谱，并通过对频谱的分析获得该音调对应的频率值，验证该频率值与理论值一致。

通过录制和对比不同乐器的相同音调的文件，验证即使不同的乐器，如果是相同的音调，对应的频率值也是相同的。

### 4. 讨论基于 FFT 的信号谱分析需要注意的内容

例如 FFT 长度对谱分析的影响等。

### 5. OFDM 通信的原理学习和简单仿真验证

OFDM，即 Orthogonal Frequency Division Multiplexing，是目前以移动通信为代表的数字通信中常用的一种信号传输方式。OFDM 的原理，其实并不复杂，和我们上课时讲过的谐波信号的正交性是直接相关的。OFDM 的实现，需要用到 FFT。请自学和理解 OFDM 技术，并用 MATLAB 进行简单验证，其中代码只需要产生包含了随机符号的 OFDM 信号，添加信道噪声，在接收端进行 OFDM 解调，并对每个子载波的符号进行判决恢复。

要求：在完成各项内容的基础上，提交一份实践报告，包括各项内容结果、总结和讨论等。同时提交相关 MATLAB 代码以及相关音频文件等。