



登记号 _____

北京航空航天大学
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

数字信号处理实验

综合实验

机械与控制工程国家级虚拟仿真实验教学中心

2020 年 6 月

《数字信号处理实验》综合实验

一、实验目的

1. 巩固《数字信号处理》课程的基本概念、基本原理、基本方法与典型应用，加深对相关知识的理解与掌握。
2. 巩固 MATLAB 平台下开展数字信号处理实验的基本能力，包括分析问题能力、解决问题能力、程序编写能力、图形绘制能力等。
3. 增强数字信号处理系统的设计与实现能力，提高运用数字信号处理知识解决自动控制领域中复杂工程问题的能力。

二、实验内容

本次综合实验共 4 个学时，主要包括：1) 生成受到工频（50Hz）与白噪声干扰的数字心电图信号，并绘制信号波形图与频谱图；2) 基于 Kaiser 窗设计 FIR 数字滤波器，并绘制系统频率响应特性及零极点图；3) 基于离散傅里叶变换（DFT）的循环卷积，实现与线性卷积等效的频域滤波。

1、生成受干扰的数字心电信号

（1）读取原始的数字心电信号

数字心电图机的工作频率（采样频率）为 360 Hz、采样时间为 5 s，原始数字心电图信号存储于文件 Ecg360.txt；在 MATLAB 环境下读取数字心电图信号，分别绘制以离散时间 n 与连续时间 t 为下标的心电信号波形。

（2）生成受干扰的心电信号

生成对应于模拟频率 50 Hz、幅度为 0.2、初相位为 0 的工频干扰序列，以及均值为 0，最大幅度为 0.1 的均匀白噪声序列，并将它们叠加于第（1）步读取的心电信号；绘制受干扰的心电信号波形图及其离散傅里叶变换（DFT）、离散时间傅里叶变换（DTFT）、连续时间傅里叶变换（CTFT）的幅度谱及分贝形式，分析受干扰心电信号的频谱。

2、基于 Kaiser 窗设计 FIR 数字滤波器

（1）计算 Kaiser 窗口的基本参数

利用 Kaiser 窗口设计 FIR 数字滤波器，技术指标为截止频率为 $\omega_0 = 0.2\pi$ 、过渡带宽

为 $\Delta\omega = 0.1\pi$ 、阻带衰减为 40 dB。根据过度带宽、阻带衰减、kaiser 经验公式可以计算出 Kaiser 窗口序列的形状参数 β 与长度参数 N ；将它们代入 MATLAB 提供的函数 `kaiser` 可以得到 Kaiser 窗口序列，绘制 Kaiser 窗口序列及其幅度谱（分贝形式）。

（2）基于 Kaiser 窗设计 FIR 数字滤波器

根据第（1）步计算的 Kaiser 窗口序列，对理想数字滤波器的单位脉冲响应 $h_d[n]$ 进行加窗，可以得到 FIR 数字滤波器的单位脉冲响应 $h[n]$ 。绘制理想数字滤波器与 FIR 数字滤波器的单位脉冲响应；绘制 FIR 数字滤波器的零极点图与幅度响应、相位响应与群延时；分析并讨论基于 Kaiser 窗设计的 FIR 数字滤波器特性。

3、基于循环卷积方法对心电信号滤波

（1）确定循环卷积实现线性卷积条件

根据实验内容 1 中的受干扰的心电信号的长度、实验内容 2 中的 FIR 数字滤波器的长度，确定利用离散傅里叶变换（DFT）计算序列循环卷积（用于求解线性卷积）的基本条件；在同一横坐标尺度下（补零后的长度范围）绘制受干扰心电信号波形、以及利用线性卷积方法得到滤波后的心电信号波形。

（2）利用循环卷积实现心电信号滤波

利用离散傅里叶变换（DFT）计算循环卷积方法，计算 FIR 数字滤波器的补零 DFT、受干扰心电信号的补零 DFT，并计算二者乘积的 IDFT，以此恢复出滤波后的心电信号。绘制滤波前后心电信号的波形、滤波前后的 DFT 幅度谱及其分贝表示形式（对于心电信号 DFT 结果，可以不考虑直流分量）；分析并讨论基于循环卷积方法的滤波结果。

三、 实验要求

1、读取受干扰的数字心电信号

（1）读取原始的数字心电信号

在 Matlab 环境中利用 `subplot` 函数将以离散时间 n 与连续时间 t 为下标的原始数字心电信号波形绘制在同一窗口中。

（2）计算受干扰心电信号频谱

利用 `subplot` 函数将受干扰的心电信号、不同类型（DFT、DTFT、CTFT）的幅度谱及其分贝形式分别绘制到对应的窗口，分析并讨论受干扰的心电信号及其频谱。

2、基于 Kaiser 窗设计 FIR 数字滤波器

(1) 计算 Kaiser 窗口的基本参数

在 Matlab 环境中利用 subplot 函数将 Kaiser 窗口序列及其幅度谱（分贝形式）绘制在同一窗口中。

(2) 基于 Kaiser 窗设计 FIR 数字滤波器

将理想数字滤波器与 FIR 数字滤波器的单位脉冲响应绘制在同一窗口内；将幅度响应（及分贝形式）绘制在同一窗口内，将相位响应与群延时绘制同一窗口内；绘制 FIR 数字滤波器的零极点图；分析并讨论 FIR 数字滤波器的频域响应特性。

3、基于循环卷积方法对心电信号滤波

(1) 确定循环卷积实现线性卷积条件

利用 subplot 函数在同一横坐标尺度范围内（补零序列的长度范围），在同一窗口内绘制受干扰的心电信号波形、经过线性卷积滤波的心电信号波形。

(2) 利用循环卷积实现心电信号滤波

利用 subplot 函数，将滤波前后心电信号的波形绘制在同一窗口内，将它的 DFT 幅度谱的分贝表示形式（对于心电信号 DFT 结果，可以不考虑直流分量）对应绘制在同一窗口内；分析并讨论基于循环卷积方法的滤波结果。

四、实验报告要求

1、实验报告内容

按照模板撰写实验报告且排版规范，要包含以下内容：

- 1) 程序源代码、实验过程；
- 2) 相关实验结果的分析与讨论；
- 3) 本学期《数字信号处理实验》的个人体会与建议；
- 4) 以上各项内容字数由本人决定。

2、提交实验报告时间

1) 本次综合实验时间（2020 年 6 月 10 日 14:00-20:00）包含了撰写实验报告与排版时间，务必在规定时间内要撰写提交向课程中心最终实验报告。

2) 最终实验报告包括前 7 次实验报告与本次综合实验报告，要合并为一个 Word 文档一次性提交到课程中心。文件名为：组号-学号-姓名，如：1 组-1737XXXX-XXX。

3) 因课程中心做了时间限制, 逾期将会导致无法提交, 届时本人将负全部责任。
将对提交的最终实验报告进行查重, 请同学们自觉遵守实验考核纪律!