



数字信号处理实验

实验七：FIR数字滤波器设计与应用





实验概述

●实验概述

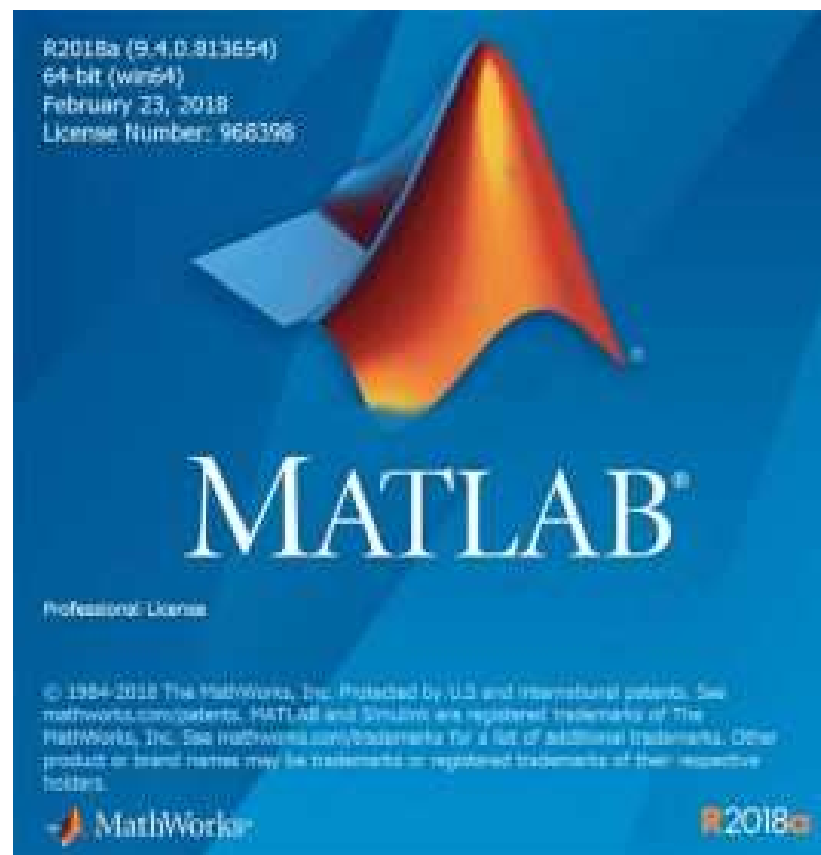
- 本次实验4共学时，针对教材的第7章

●软件平台

- MATLAB软件—2017A以上版本

●实验作用

- 夯实基础：加深理解模拟信号与数字信号的波形与频谱的概念
- 工程实践：通过设计并使用数字系统，提高分析与解决信息领域复杂工程问题的能力。





实验目的

●读取数字心电图信号

- 掌握数字心电图信号（ECG）的读取方法，掌握数字与模拟心电图信号下标之间对应关系，掌握模拟频率与数字频率的对应关系。

●设计FIR数字滤波器

- 掌握基于Hamming窗口设计FIR数字滤波器的方法，掌握幅度响应的计算与表示方法。

●利用DFT实现频域滤波

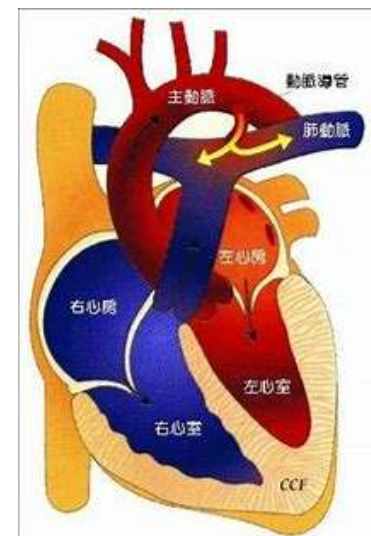
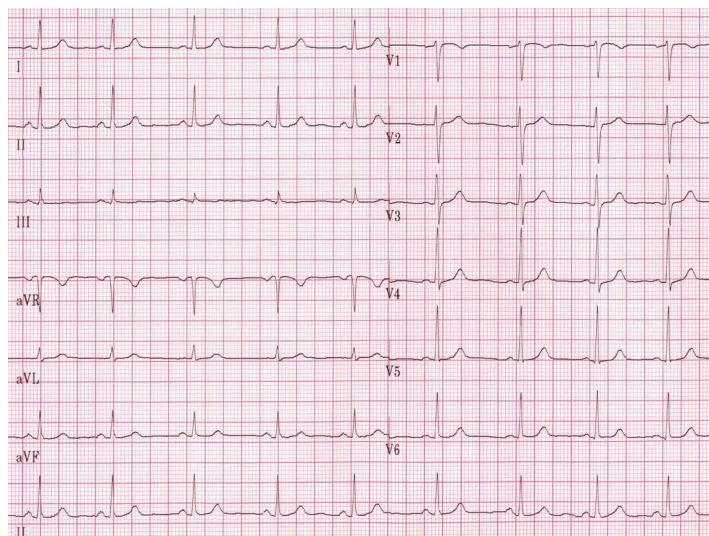
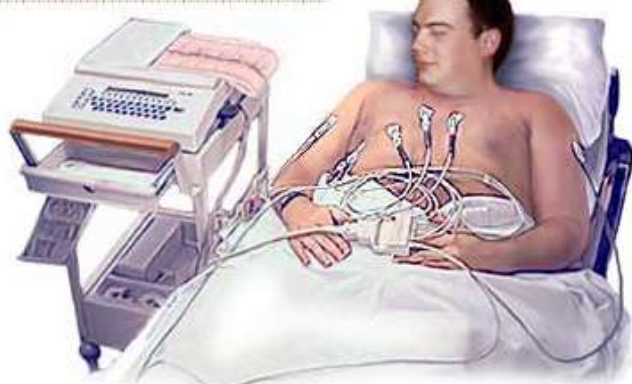
- 掌握使用FIR数字滤波器对心电信号进行频域滤波的方法，掌握滤波后信号的恢复方法。



实验背景

●数字心电图（ECG）

➤ ECG信号：是心电图机记录的、心脏活动时心肌激动产生的生物电信号（心电信号），可以为心脏的临床诊断和科学研究提供有效地依据。

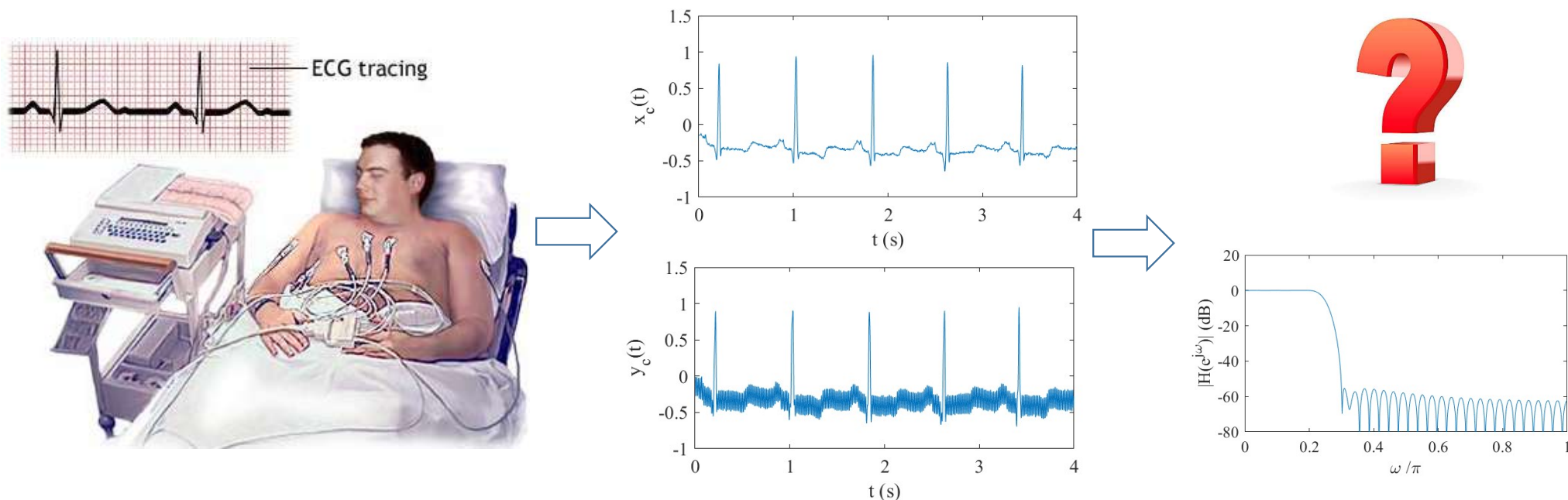




实验背景

●ECG信号特点

➤ECG信号相对比较弱，容易受到工频干扰，使心电信号无法使用。



➤实验数据：来自麻省理工学院，心电图机工作频率360 Hz，工频干扰为60Hz。



内容——读取心电图信号并计算其幅度谱

●读取ECG信号

➤读取ECG信号：

在Matlab环境下从文件Ecginf.txt中读取数字心电图信号，

➤显示ECG信号：

1) 以离散时间下标 n 的形式；2) 以连续时间下标 t 的形式。

●确定幅度谱

➤DFT变换：

对ECG序列进行DFT运算，获得ECG的幅度谱。

➤频率特性：

根据ECG的DFT结果，可以获得DTFT与CTFT的表示形式。



内容——读取心电图信号并计算其幅度谱

●根据DFT确定DTFT与CTFT:

➤DFT与DTFT的关系:

$$X[k] = X(e^{j\omega})|_{\omega=2\pi k/N} \quad \Rightarrow \quad \omega_k = \frac{2\pi}{N}k$$

➤DTFT与CTFT的关系:

$$X(e^{j\omega}) = \frac{1}{T} X_c(j\Omega)|_{\Omega=\omega/T} \quad \Rightarrow \quad \Omega_k = \frac{2\pi}{NT}k, \quad f_k = \frac{1}{NT}k$$

➤绘制ECG信号幅度谱:

注意: DFT-下标为k, DTFT-下标为 ω (rad), CTFT-下标为f (Hz)。





内容——读取心电图信号并计算其幅度谱

●实验要求

➤读取ECG信号：

- 1) 绘制以 n 为下标的序列；
- 2) 绘制以 t 为下标的波形；

➤确定频率特性：幅度谱 $|X|$ 及其分贝形式 $20\log_{10}|X|$

- 1) 绘制DFT的幅度谱；
- 2) 绘制DTFT的幅度谱；
- 3) 绘制CTFT的幅度谱；
- 4) 分析与讨论幅度谱（不少于100字）。

➤实验内容一：至少8个子图，4个figure窗口。



内容二—基于Hamming窗设计FIR滤波器

●生成Hamming窗口序列

➤Hamming窗口：

是性能优良的经典窗口，广泛用于工程技术领域。

➤生成窗口序列 $w[n]$ ：

1) 利用Hamming函数公式；2) 窗口长度 $N=67$ 。

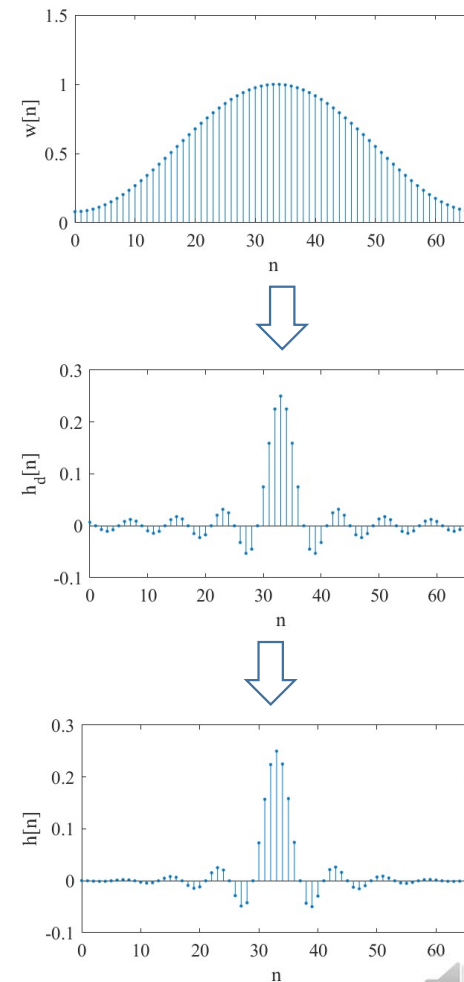
●设计FIR数字滤波器

➤确定截止频率 ω_c ：

根据对应的45 Hz截止频率要求，以及360Hz采样频率确定。

➤加窗设计滤波器：

根据 ω_c 可以确定理想滤波器 $h_d[n]$ ，对其加窗得到FIR滤波器。





内容二—基于Hamming窗设计FIR滤波器

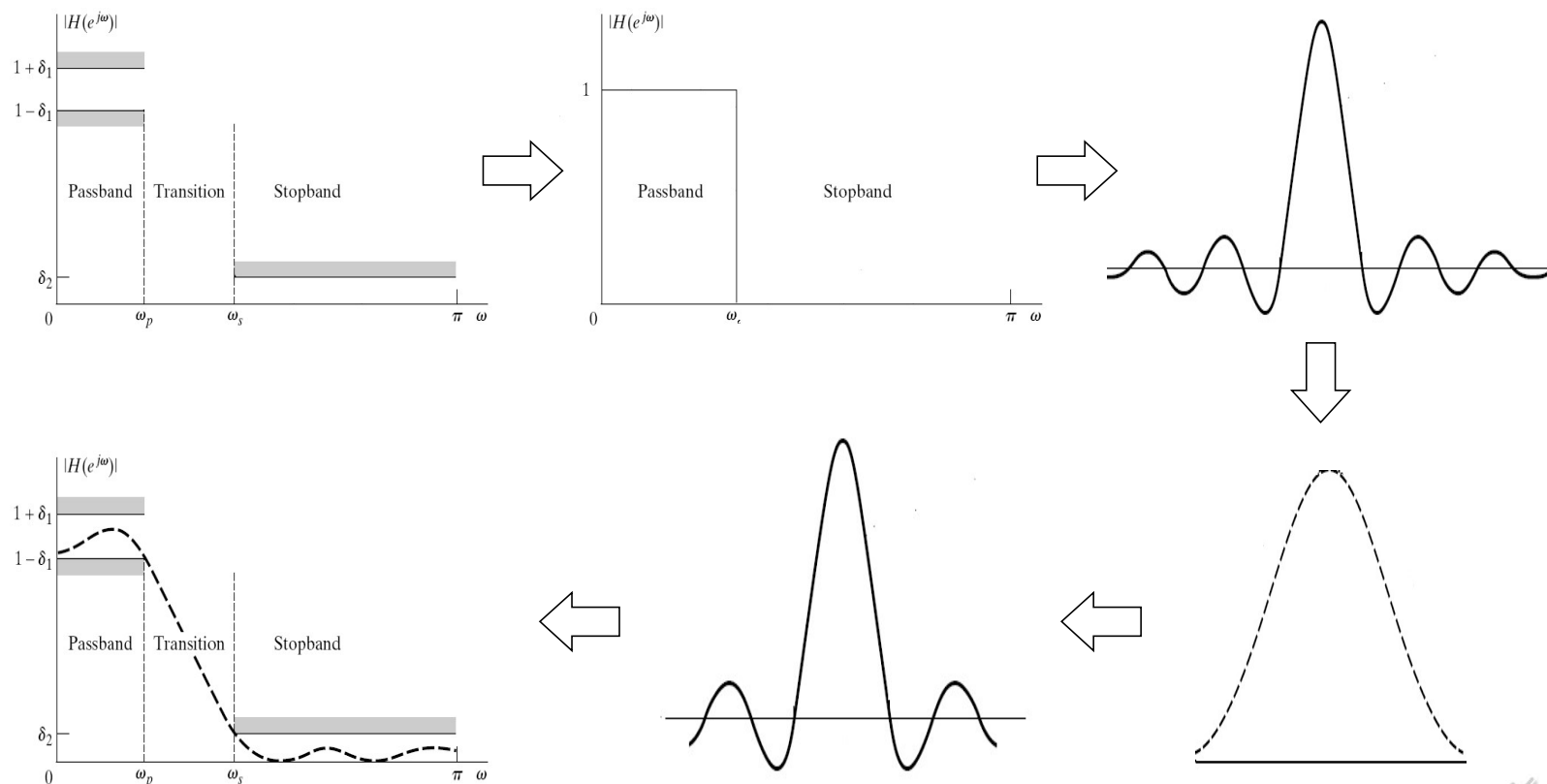
●基于Hamming窗设计FIR滤波器

➤设计流程:

➤关键参数:

截止频率 ω_c

序列长度N





内容二—基于Hamming窗设计FIR滤波器

●实验要求

➤生成Hamming窗口

- 1) 绘制Hamming窗口序列;
- 2) 绘制Hamming窗的幅度谱;

➤设计FIR数字滤波器

- 1) 绘制理想滤波器 $h_d[n]$
- 2) 绘制FIR滤波器 $h[n]$
- 3) 绘制 $h[n]$ 的幅度谱及分贝形式;
- 4) 分析与讨论幅度谱（不少于100字）。

➤实验内容二：至少6个子图，3个figure窗口。



内容三—利用DFT对ECG信号滤波与恢复

●基于DFT的滤波

➤计算序列的DFT

1) 计算ECG的DFT $X[k]$; 2) 计算 $h[n]$ 的DFT $H[k]$ 。

➤执行频域滤波

计算 $Y[k]=X[k]H[k]$ 。

➤分析滤波结果

●ECG的信号恢复

➤计算 $Y[k]$ 的IDFT;

➤比较 $x[n]$ 与 $y[n]$ 。



内容三—利用DFT对ECG信号滤波与恢复

●实验要求

➤基于DFT的频域滤波

- 1) 绘制滤波前后的ECG幅度谱—绝对形式；
- 2) 绘制滤波前后的ECG幅度谱—分贝形式；

➤数字ECG的信号恢复

- 1) 绘制滤波前后的ECG信号序列
- 2) 分析与讨论滤波结果（不少于100字）。

➤实验内容三：至少6个子图，3个figure窗口。



实验报告

●内容要求

- 实验目的
- 实验过程与实验结果（含程序源代码）
- 结果分析与实验结论
- 实验收获、体会及建议

●时间要求

- 本次实验结束后一周内，将Word版实验报告提交到教务处实验系统。



谢谢大家！

王秋生： wangqiusheng@buaa.edu.cn

袁 梅： yuanm@buaa.edu.cn

崔 勇： cuiyong@buaa.edu.cn

张军香： zhangjunxiang@buaa.edu.cn

董韶鹏： dspsx@buaa.edu.cn

