

中山大学

计算机学院

《信号与系统》课程实践指导

适用专业：

计算机科学与技术、信息与计算科学、软件工程、
网络空间安全、保密管理

《信号与系统》课程组编

2023 年 2 月

第一部分：基础类（验证性）

一、实验目的：

基础实验以验证性实验为主，旨在加强基本理论知识的学习、理解和掌握。形式上以计算机仿真实验为主。实验前先由指导教师讲述实验目的和内容等，然后小组同学根据具体的实验步骤，完成实验，并进行实验结果分析，达到在实验过程中掌握所学理论知识的目的。内容上包括：信号的产生、表示与变换，信号的频谱分析、系统的频率响应、卷积计算、信号的合成与分解等。

二、实验内容

实验一 信号的产生与表示

实验二 银行借贷问题

实验三 连续系统的响应

实验四 离散系统的响应及卷积运算

实验五 信号的合成与分解

实验一 信号的产生与表示

1、设信号 $f(t) = (1 + \frac{t}{3})(u(t+3) - u(t-1))$ ，求 $f(t+2)$ ， $f(t-2)$ ， $f(-t)$ ， $f(2t)$ ， $-f(t)$ 及 $f(t)\sin(2\pi t)$ ，并画出信号波形。

2、试分别画出下列信号在 $t \in [0,1]$ 的波形：

1) $f_1(t) = \sin(2\pi \times 440t)$

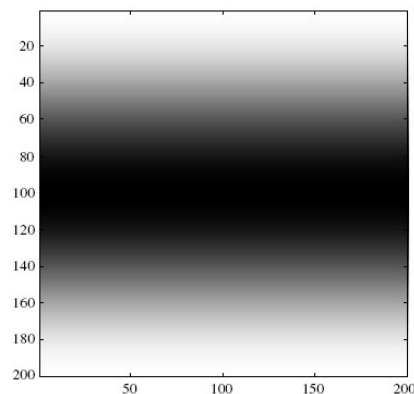
2) $f_2(t) = \exp(10t) \sin(2\pi \times 440t)$

3) $f_3(t) = \exp(-10t) \sin(2\pi \times 440t)$

若采样率为 8000 次/秒，编程播放上述信号，感觉有何不同？

3、试用程序产生一段 6 秒长的声音信号 $f(t) = \exp(10t) \sin(2\pi \times Ft)$ ，采样率为 8000 次/秒， F 依次取频率 494，440，392，440，494，494，且每种不同频率的信号持续 1 秒，听该声音信号，有何特点，可否区分各个音调？

4、试编程产生如下一幅 200×200 个像素的灰度图片，其灰度在垂直方向按正弦信号规律变化。



另外，请编程产生（1）灰度在水平方向按正弦信号规律变化的图片；

（2）灰度在水平和垂直方向都按正弦信号规律变化的图片。

实验二 银行借贷问题

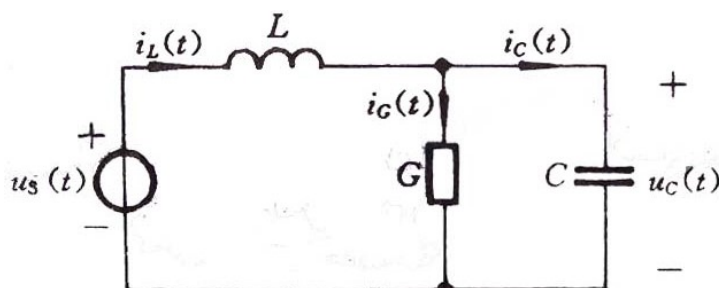
考虑差分方程 $p[n] = p[n-1] + rp[n-1] - X$ ，其中 $p[n]$ 是在时间 n 的还贷本金， r 是还贷周期的利率， X 是周期贷款还款额。

1、假定你想要买一幢房子，需要向银行贷款 50 万人民币，在 $n = 60, 72, \dots, 360$ 个月，年利率分别为 5%，6%，....., 30%，试编程绘制 X 对 n 的趋势图形，并计算在 30 年内总共付给银行的金额是多少？

2、假定你想要一笔与 1 中相同的贷款额，若打算在 15 年内还清贷款，年利率为 8%，每月应该还贷多少？总共付给银行的金额是多少？

实验三 连续系统的响应

已知某二阶电路如图所示：



若令 $\alpha = \frac{G}{2C}$, $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$, 以 $u_s(t)$ 为输入, 电容电压 $u_C(t)$ 为输出, 列写该系统的微分方程。若

a) $L = 0.5H, G = 3S, C = 1F$

b) $L = 0.4H, G = 0.6S, C = 0.1F$

c) $L = 1H, G = 4S, C = 4F$

1、请分别编程绘出该系统对应于上述几种情况时的单位冲激响应和单位阶跃响应的时域波形。

2、对应于上述几种情况, 分别确定系统频率响应函数分子和分母多项式的系数, 并编程绘制该系统的幅度频率响应特性的波特图。

3、分析该系统的滤波特性, 根据上述实验结果对系统的时频域特性进行分析。

实验四 离散系统的响应及卷积运算

1、已知某 LTI 离散系统的单位脉冲响应 $h[k] = u[k] - u[k - 3]$ ，试编程求解该系统在激励 $f[k] = u[k] - u[k - 4]$ 时的零状态响应 $y[k]$ ，绘出其时域波形图，并说明序列 $f[k]$ 和 $h[k]$ 的时域宽度与 $y[k]$ 的时域宽度的关系。

2、已知某 LTI 离散系统的差分方程如下：

$$2y[k] - y[k - 1] + 3y[k - 2] = f[k] + 2f[k - 2],$$

试编程绘制该系统 0~60 时间范围内的单位脉冲响应波形。

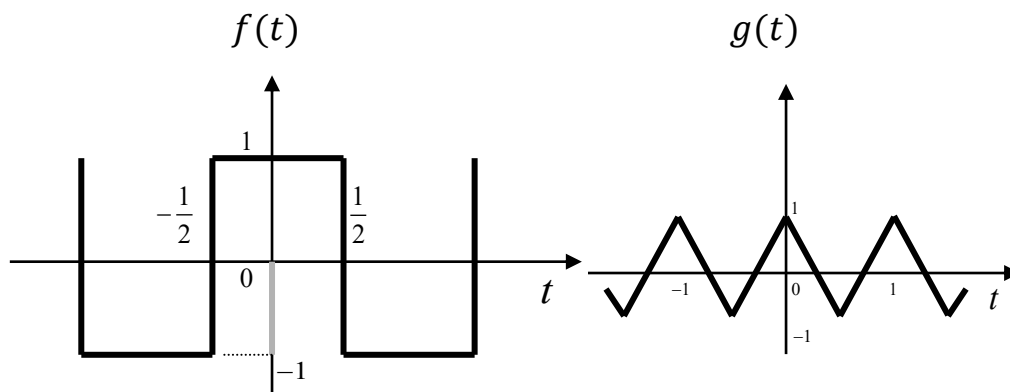
3、已知某离散系统的差分方程为

$$y[k] + 0.5y[k - 1] + y[k - 2] = f[k] - f[k - 1],$$

若输入信号为 $f[k] = e^{-2k}u[k]$ ，试编程绘制该系统在 $0 < k < 20$ 时间间隔内的零状态响应。

实验五 信号的合成与分解

1、 如图所示的周期矩形脉冲函数 $f(t)$ 和周期三角波函数 $g(t)$



请：1) 利用定义分别确定上述信号的复指数函数傅里叶展开系数；

2) 根据周期信号傅里叶展开的定义，可以得到：

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F[n]e^{jn\Omega t}, \quad g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} G[n]e^{jn\Omega t}$$

若用有限项复指数函数之和来近似，可以表示为：

$$f_M(t) = \sum_{n=-M}^M F[n]e^{jn\Omega t}, \quad g_M(t) = \sum_{n=-M}^M G[n]e^{jn\Omega t}$$

试编程绘制当 M 等于 1, 7, 29, 99 时，函数 $f_M(t)$ 和 $g_M(t)$ 的波形。

3) 在 $t = \pm \frac{1}{2}$ 时， $f_M(t)$ 的值为多少？这个值随着 M 增加而变化吗？

4) 对每个 M 值，估计一下超量误差值，请问这个误差值随着 M 增加而减小吗？随着 M 趋于无穷大，这个误差值将如何变化？

5) 增大 M ，在 $t = 0$ 时， $g_M(t)$ 如何收敛？呈现的最大误差 $|g(t) - g_M(t)|$ 随着 M 增大而减小吗？这与 $f_M(t)$ 比较情况怎样？

第二部分：综合类（设计性）

一、实验目的：

综合实验以自主设计为主，是指涉及若干知识点的非单一内容的实验。强调实验过程的自主性，即给定实验目的、内容和实验要求，由小组自行设计实验方案，拟订实验步骤及过程，并加以编程实施。根据公布的实验题目，小组需围绕任务在查阅文献资料的基础上拟定方案并实施实验，并在实验完成后撰写报告。这种面向任务的实验课题目的是给予学生发挥的空间，培养综合运用所学知识分析问题与解决问题的能力。

二、实验内容

实验一 语音信号采样与传输

实验二 回波产生与消除

实验三 滤波器设计在图像处理中的应用

实验一 语音信号采样与传输

一、实验目的

通过编程设计仿真实验，理解如下知识点：

- 1、信号的采样及混叠
- 2、信号的频谱分析
- 3、信号的幅度调制解调的方法
- 4、理想滤波器的时频域特性
- 5、滤波器设计

二、实验内容：

- 1、录制一段自己的语音信号(大概数秒)；
- 2、采用合适的频率，对录制的信号进行采样，画出采样后语音信号的时域波形和频谱图；
- 3、给原始语音信号加噪声，画出加噪声后的语音信号和频谱图；
- 4、设计一个频域的理想带通信道；
- 5、对加噪声后的语音信号进行幅度调制，画出调制后的语音信号和频谱图；
- 6、利用理想带通信道对信号进行传输；
- 7、对接收到的信号进行解调，画出解调后的语音信号和频谱图；
- 8、设计性能良好的滤波器对信号进行滤波；
- 9、对滤波后的语音信号进行回放，并与原始语音进行对比。

三、实验要求

- 1、 根据实验内容自主查找相关资料、设计方案、实现系统；
- 2、 滤波器的性能指标可根据实际情况进行调整；
- 3、 对设计结果进行思考和分析；
- 4、 设计完成，提交相关资料（实验报告和源代码）；
- 5、 在基本要求的基础上，可根据自己情况添加一些新的实验内容。

四、实验思考

- 1、 如果有两段语音信号，分别但同时经由上述过程进行处理，应该如何设计系统，使得两段语音信号在传输过程中不相互干扰？
- 2、 如果信道不是理想的，而是具有多径干扰的通信信道，会对系统产生怎样的影响？

实验二 回波产生与消除

一、实验目的

- 1、系统的设计模拟
- 2、系统特性的分析
- 3、可逆滤波器的设计

二、实验内容

- 1、录制一段自己的语音信号；
- 2、设计回波产生器对原始语音信号进行处理，使其产生回声；
- 3、根据现有的回波产生器的参数，设计一个回波消除系统，对语音信号进行处理；
- 4、对处理后的语音信号进行回放，并与原始语音信号和带回声的语音信号进行对比；
- 5、调整参数，使回波消除效果达到最佳；

三、实验要求

- 1、根据实验内容自主查找相关资料、设计方案、实现系统；
- 2、对设计结果进行思考和分析；
- 3、设计完成，提交相关资料（实验报告和源代码）；
- 4、在基本要求的基础上，可根据自己情况添加一些新的实验内容。

四、实验思考

如果回波产生系统的参数未知，如何消除回波？

实验三 滤波器设计在图像处理中的应用

一、实验目的

- 1、 傅里叶变换的二维推广
- 2、 图像信号的频域表示与分析
- 3、 图像处理常见任务与滤波器设计

二、实验内容

- 1、 对数字图像进行不同参数下的理想滤波（低通、高通、带通），并分析得到的结果；
- 2、 设计适当的非理想滤波器（如巴特沃斯滤波器）对相同的图像进行滤波，并与理想滤波结果进行对比分析；
- 3、 假设图像拍摄时存在运动模糊，之后还叠加了一定程度的高斯随机噪声，试通过编程对这一图像质量退化过程进行仿真；
- 4、 如果已知上述图像退化过程的参数，请编程实现对已退化图像的复原。

三、实验要求

- 1、 根据实验内容自主查找相关资料、设计方案、实现系统；
- 2、 对设计结果进行思考和分析；
- 3、 设计完成，提交相关资料（实验报告和源代码）；
- 4、 在基本要求的基础上，可根据自己情况添加一些新的实验内容。

四、实验思考

如果退化过程的参数未知，如何进行复原？请编程实现，并与参数已知时的结果进行比较。

第三部分：探索类（研究性）

一、实验目的：

探索实验以学生自主研究为主，其目的是提高学生查阅文献、运用知识、自我设计的能力，开发创新性思维。实验中不会给出设计的原理和步骤，只提供选题和一些简单的提示，小组同学不仅要运用所学“信号与系统”知识，还要查阅相关文献，设计出所需要的系统。最后要提交实验报告，说明自己所设计实验的目的、原理、方法和结果。授课老师根据实验目的，分析其原理和方法的对错，并对所设计实验的创新性进行评估。

二、实验内容：

实验一 简易数字音乐合成器的设计

实验二 简易语音识别系统的设计

实验三 汽车速度自动控制系统的的设计

实验四 取样示波器的设计

实验五 多径干扰信道均衡器的设计

实验六 汽车速度自动控制系统的的设计