西安电子科技大学

信号与系统实验报告

学 院 专 业　　　计算机科学与技术

选 题　　　题目三

学 号　　　23009290041

学 生 姓 名　　　黄子曦

2025 年 6 月

一、选题初衷

本次作业以**“梳理知识体系，强化实战应用”**为核心目标：

1. **还原课程逻辑**：按“信号→系统→分析方法”的授课顺序，将零散知识点串联成体系，厘清“从概念到应用”的推导脉络；
2. **聚焦解题需求**：提炼卷积、变换对、稳定性判据等**高频公式与定理**，结合平时做题积累，强化“知识→解题”的直接关联；
3. **辅助长期学习**：通过结构化思维导图，为后续复习、解题提供清晰的“导航图”，提升知识调用效率。

二、整理思路："脉络 + 实战 + 分层"三维构建

1. 以课程脉络为纲，还原学习逻辑

从**“基础概念”**到**“高级分析”**逐步展开：

- **底层逻辑**：先明确信号的描述、运算（第 1 章），再定义系统的性质与模型（第 1、2、3 章）；
- **分析方法**：从时域（第 2、3 章）进阶到频域（傅里叶，第 4 章）、复频域（拉普拉斯，第 5 章）、Z 域（第 6 章）；
- **系统特性**：最后聚焦系统函数（第 7 章）与状态变量（第 8 章），形成完整知识闭环。

2. 以实战需求为锚，提炼核心内容

优先覆盖 **“解题高频模块”**（公式、定理、性质）：

- **公式类**：卷积（时域核心）、傅里叶 / 拉普拉斯 / Z 变换对（变换域核心）、状态方程（系统分析核心）；
- **定理类**：抽样定理（频域应用）、稳定性判据（罗斯 - 霍尔维茨、朱里准则，系统设计核心）；
- **性质类**：时移、频移、微分 / 差分性质（变换域运算的快捷工具）。

3. 以逻辑关联为脉，分层梳理知识

- **基础层**：信号 / 系统的定义、分类（支撑后续分析的 “底层概念”）；
- **方法层**：卷积、变换、状态方程（分析系统的 “核心手段”）；
- **应用层**：滤波、稳定性、取样（知识落地的 “实战场景”）。

  通过 **“概念→方法→应用”** 分层，强化知识点间的推导关系。

二、思维导图源码

```
# 信号与系统 西电课程知识体系
## 第 1 章 信号与系统的基本概念
- 1.1 绪论
- 1.2 信号的描述与分类
- 1.3 信号的运算
- 1.4 阶跃函数和冲激函数
  - 单位阶跃：$ u(t) = \begin{cases} 0, & t<0 \\ 1, & t>0 \end{cases} $
  - 冲激筛选：$ \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-t_0)dt = f(t_0) $
- 1.5 信号的分解


## 第 2 章 连续系统时域分析
- 2.1 系统数学模型的建立
- 2.2 系统响应的经典解法
- 2.3 卷积积分
```

```
  - 公式：$ y(t) = f(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)h(t-\tau)d\tau $
- 2.4 零输入响应和零状态响应
- 2.5 系统的单位冲激响应
```

```
## 第 3 章 离散系统的时域分析
- 3.1 离散时间信号——序列
- 3.2 离散系统的数学模型
- 3.3 卷积和
  - 公式：$ y[n] = f[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f[k]h[n-k] $
- 3.4 离散系统的零输入响应
- 3.5 离散系统的零状态响应
```

```
## 第 4 章 傅里叶变换和频域分析
- 4.1 周期信号的傅里叶级数
- 4.2 典型周期信号的频谱
- 4.3 傅里叶变换
- 4.4 非周期信号的频谱（傅里叶变换）
  - 正变换：$ F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}dt $
  - 逆变换：$ f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(j\omega)e^{j\omega t}d\omega $
- 4.5 傅里叶变换的基本性质
- 4.6 周期信号的傅里叶变换
- 4.7 抽样信号的傅里叶变换
- 4.8 取样定理
  - 公式：$ f_s \geq 2f_m $（$ f_s $：采样频率，$ f_m $：信号最高频率）
```

```
## 第 5 章 连续系统的 S 域分析
- 5.1 拉普拉斯变换
  - 常用变换对：
    - 阶跃：$ \mathcal{L}\{u(t)\} = \frac{1}{s} \ (\text{Re}[s]>0) $
    - 指数：$ \mathcal{L}\{e^{-at}u(t)\} = \frac{1}{s+a} \ (\text{Re}[s]>-a) $
    - 冲激：$ \mathcal{L}\{\delta(t)\} = 1 $
- 5.2 拉普拉斯变换的性质
  - 时移：$ \mathcal{L}\{f(t-t_0)u(t-t_0)\} = e^{-st_0}F(s) $
  - 微分：$ \mathcal{L}\{f'(t)\} = sF(s) - f(0^-) $
- 5.3 拉普拉斯逆变换
- 5.4 用拉普拉斯变换分析电路、S 域元件模型
- 5.5 系统函数$ H(s) $
- 5.6 系统的零、极点分布决定系统的时域特性
```

```
- 5.7 系统的零、极点分布决定系统的频率响应
```

```
## 第 6 章 离散系统 Z 分析
- 6.1 z 变换
  - 常用变换对：
    - 阶跃：$ \mathcal{Z}\{u[n]\} = \frac{1}{1-z^{-1}} \ (|z|>1) $
    - 指数：$ \mathcal{Z}\{a^n u[n]\} = \frac{1}{1-az^{-1}} \ (|z|>|a|) $
- 6.2 Z 变换的性质
  - 时移：$ \mathcal{Z}\{f[n-n_0]u[n-n_0]\} = z^{-n_0}F(z) $
  - z 域微分：$ \mathcal{Z}\{n f[n]\} = -z\frac{dF(z)}{dz} $
- 6.3 Z 逆变换
- 6.4 用 Z 变换解差分方程
- 6.5 离散系统的系统函数$ H(z) $
- 6.6 离散系统的稳定性与因果性
```

```
## 第 7 章 系统函数
- 7.1 系统函数定义
  - 连续：$ H(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \mathcal{L}\{h(t)\} $
  - 离散：$ H(z) = \frac{Y(z)}{F(z)} = \mathcal{Z}\{h[n]\} $
- 7.2 系统稳定性判据
  - 连续（罗斯-霍尔维茨）：根满足 $ \text{Re}[s] < 0 $
  - 离散（朱里准则）：根满足 $ |z| < 1 $
- 7.3 系统的零极点分布与系统特性
- 7.4 系统的频率响应特性
```

```
## 第 8 章 系统的状态变量分析
- 8.1 状态变量与状态方程
  - 连续：$ \dot{\lambda}(t) = A\lambda(t) + Bf(t) \\ r(t) = C\lambda(t) + Df(t) $
  - 离散：$ \lambda[n+1] = A\lambda[n] + Bf[n] \\ r[n] = C\lambda[n] + Df[n] $
- 8.2 连续系统状态方程的建立
- 8.3 离散系统状态方程的建立
- 8.4 状态方程的求解
- 8.5 系统可控制性与可观测性
```

```
## 常用变换汇总
## 傅里叶变换（Fourier Transform）
### 基本定义
- 正变换：$ F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}dt $
```

```
- 逆变换：$ f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(j\omega)e^{j\omega t}d\omega $
```

```
### 常用变换对
| 信号 $f(t)$ | 傅里叶变换 $F(j\omega)$ | 收敛域 |
|------------|-------------------------|-------|
| $\delta(t)$ | $1$ | 全频域 |
| $u(t)$ | $\frac{1}{j\omega} + \pi\delta(\omega)$ | $\omega \neq 0$ |
| $e^{-at}u(t)$ | $\frac{1}{a + j\omega}$ | $\text{Re}[a] > 0$ |
| $\sin(\omega_0 t)$ | $j\pi[\delta(\omega + \omega_0) - \delta(\omega - \omega_0)]$ | 全频域 |
| $\cos(\omega_0 t)$ | $\pi[\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)]$ | 全频域 |
```

```
### 主要性质
- 线性：$ \mathcal{F}\{af(t) + bg(t)\} = aF(j\omega) + bG(j\omega) $
- 时移：$ \mathcal{F}\{f(t - t_0)\} = F(j\omega)e^{-j\omega t_0} $
- 频移：$ \mathcal{F}\{f(t)e^{j\omega_0 t}\} = F(j(\omega - \omega_0)) $
- 尺度变换：$ \mathcal{F}\{f(at)\} = \frac{1}{|a|}F\left(\frac{j\omega}{a}\right) $
- 时域微分：$ \mathcal{F}\left\{\frac{df(t)}{dt}\right\} = j\omega F(j\omega) $
- 频域微分：$ \mathcal{F}\{-jtf(t)\} = \frac{dF(j\omega)}{d\omega} $
- 卷积定理：$ \mathcal{F}\{f(t) * g(t)\} = F(j\omega)G(j\omega) $
```

```
## 拉普拉斯变换（Laplace Transform）
### 基本定义
- 双边：$ \mathcal{L}\{f(t)\} = F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-st}dt $
- 单边：$ \mathcal{L}\{f(t)\} = F(s) = \int_{0^-}^{\infty} f(t)e^{-st}dt $
```

```
### 常用变换对
| 信号 $f(t)$ | 拉普拉斯变换 $F(s)$ | 收敛域（ROC） |
|------------|---------------------|--------------|
| $\delta(t)$ | $1$ | 全 $s$ 平面 |
| $u(t)$ | $\frac{1}{s}$ | $\text{Re}[s] > 0$ |
| $t^n u(t)$ | $\frac{n!}{s^{n+1}}$ | $\text{Re}[s] > 0$ |
| $e^{-at}u(t)$ | $\frac{1}{s + a}$ | $\text{Re}[s] > -a$ |
| $\sin(\omega_0 t)u(t)$ | $\frac{\omega_0}{s^2 + \omega_0^2}$ | $\text{Re}[s] > 0$ |
| $\cos(\omega_0 t)u(t)$ | $\frac{s}{s^2 + \omega_0^2}$ | $\text{Re}[s] > 0$ |
```

```
### 主要性质
- 线性：$ \mathcal{L}\{af(t) + bg(t)\} = aF(s) + bG(s) $
- 时移：$ \mathcal{L}\{f(t - t_0)u(t - t_0)\} = e^{-st_0}F(s) $
- 复频移：$ \mathcal{L}\{f(t)e^{-at}\} = F(s + a) $
- 时域微分：$ \mathcal{L}\left\{\frac{df(t)}{dt}\right\} = sF(s) - f(0^-) $
- 时域积分：$ \mathcal{L}\left\{\int_{0^-}^{t} f(\tau)d\tau\right\} = \frac{F(s)}{s} $
- 卷积定理：$ \mathcal{L}\{f(t) * g(t)\} = F(s)G(s) $
```

```
## Z 变换（Z-Transform）
### 基本定义
- 双边：$ \mathcal{Z}\{f[n]\} = F(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f[n]z^{-n} $
- 单边：$ \mathcal{Z}\{f[n]\} = F(z) = \sum_{n=0}^{\infty} f[n]z^{-n} $
```

```
### 常用变换对
| 序列 $f[n]$ | Z 变换 $F(z)$ | 收敛域（ROC） |
|------------|-------------|-------------|
| $\delta[n]$ | $1$ | 全 $z$ 平面 |
| $u[n]$ | $\frac{1}{1 - z^{-1}}$ | $|z| > 1$ |
| $a^n u[n]$ | $\frac{1}{1 - az^{-1}}$ | $|z| > |a|$ |
| $n a^n u[n]$ | $\frac{az^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$ | $|z| > |a|$ |
| $\sin(\omega_0 n)u[n]$ | $\frac{z^{-1}\sin\omega_0}{1 - 2z^{-1}\cos\omega_0 + z^{-2}}$ | $|z| > 1$ |
| $\cos(\omega_0 n)u[n]$ | $\frac{1 - z^{-1}\cos\omega_0}{1 - 2z^{-1}\cos\omega_0 + z^{-2}}$ | $|z| > 1$ |
```

```
### 主要性质
- 线性：$ \mathcal{Z}\{af[n] + bg[n]\} = aF(z) + bG(z) $
- 时移：$ \mathcal{Z}\{f[n - k]\} = z^{-k}F(z) $
- z 域尺度变换：$ \mathcal{Z}\{a^n f[n]\} = F\left(\frac{z}{a}\right) $
- 时域差分：$ \mathcal{Z}\{f[n] - f[n - 1]\} = (1 - z^{-1})F(z) $
- 卷积定理：$ \mathcal{Z}\{f[n] * g[n]\} = F(z)G(z) $
```

三、渲染与成品

公式渲染：利用 VS Code + Markmap 插件，我将上述代码渲染为网状思维导图，导出为 HTML 文件后，利用 Edge 浏览器自带 PDF 转换工具保存为 PDF。

成品：最终思维导图在本作业的另一个文件中体现。