****



**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。

### 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。