

# 西安电子科技大学 2024 年《信号与系统》期中考试

吉小鹏

Email: jixiaopeng@nuist.edu.cn

南京信息工程大学 电子与信息工程学院

2024 年 4 月 20 日

## 1 填空题 (20 分: 每小题 4 分, 共 5 题)

1.  $f(t) = \int_0^t (2\tau^2 - 6)\delta(2\tau - 4)d\tau =$  \_\_\_\_\_; 试画出  $f(t)$  的波形: \_\_\_\_\_。
2. 连续系统的微分方程为:  $y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = f^2(t - 1)$ , 假定系统的初始状态为零, 则该系统是 \_\_\_\_\_ (线性/非线性)、\_\_\_\_\_ (时变/时不变) 系统。
3. 一阶连续 LTI 系统的微分方程为:  $y'(t) + 6y(t) = f'(t) + 12f(t)$ , 若已知  $y(0_-) = 1$ ,  $f(t) = \delta(t)$ , 则  $y(0_+) =$  \_\_\_\_\_; 系统阶跃响应  $g(t) =$  \_\_\_\_\_。
4.  $f_1(k) = u(k)$ ,  $f_2(k) = \sum_{i=-\infty}^k \delta(i - 1)$ , 则  $f_1(k - 23) * f_2(k + 24) =$  \_\_\_\_\_。
5. 连续时间实周期信号  $f(t)$  如图 1 所示。 $f(t)$  的周期  $T =$  \_\_\_\_\_, 直流分量 = \_\_\_\_\_。若基于傅里叶级数的三角形式  $I: f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\Omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\Omega t)$ ,  $\Omega = \frac{2\pi}{T}$ , 试确定该周期信号所包含的谐波成分 (直流不计在内): \_\_\_\_\_。

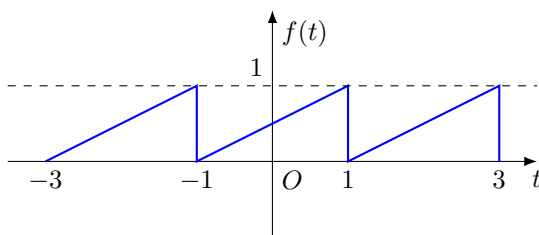


图 1

## 2 单项选择题 (20 分: 每小题 4 分, 共 5 题)

6. 以下关于系统属性的陈述正确的是 ( )。
  - A. 两个连续时间周期信号的差一定具有周期性。
  - B. 序列  $\sin(\beta k)$  一定具有周期性, 这里的  $\beta$  是不等于零的实常数。
  - C. 系统  $y(t) = f(-t)$  具备线性, 但不具备因果性。
  - D.  $u(t)$  是功率信号,  $e^{-t}$  也是功率信号。
7. 以下信号等式中不正确的是 ( )。
  - A.  $u(t) = \int_{-\infty}^t \delta(\tau)d\tau$ 。
  - B.  $f(t)\delta'(t - t_0) = f'(t_0)\delta(t - t_0) - f(t_0)\delta'(t - t_0)$ , 这里  $t_0$  是实常数,  $f(t)$  在  $t = t_0$  处连续且可导。

- C.  $\delta(k - k_0) = u(k - k_0) - u(k - k_0 - 1)$ , 这里  $k_0$  是整常数。
- D.  $u(k + 1) = \sum_{i=-1}^{\infty} \delta(k - i)$ 。
8. 微分器的输入输出关系为  $y(t) = \frac{df(t)}{dt}$ , 则其冲激响应  $h(t)$  为 ( )。
- A.  $u(t)$ 。
- B.  $\delta(t)$ 。
- C.  $\delta'(t)$ 。
- D.  $\delta''(t)$ 。

9. 离散 LTI 系统的模拟框图如图 2 所示, 则系统方程 (后向差分形式) 为 ( )。

- A.  $y(k) + a_1y(k - 1) + a_0y(k - 2) = b_1f(k - 1) + b_0f(k - 2)$ 。
- B.  $y(k) - a_1y(k - 1) - a_0y(k - 2) = b_1f(k - 1) + b_0f(k - 2)$ 。
- C.  $y(k) + a_1y(k - 1) + a_0y(k - 2) = b_1f(k) + b_0f(k - 1)$ 。
- D.  $y(k) - a_1y(k - 1) - a_0y(k - 2) = b_1f(k) + b_0f(k - 1)$ 。

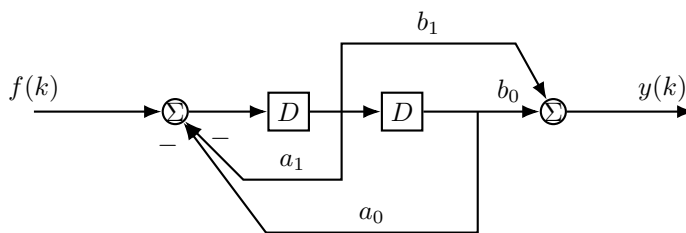


图 2: 题 9

10. 信号  $f_1(t)$  和  $f_2(t)$  是时间有限信号, 波形如图 3 所示。若  $f(t) = f_1(t) * f_2(t)$ , 则  $f(t)$  波形的对称形式及对称轴 (或对称中心) 为 ( )。
- A. 偶对称, 对称轴为  $t = 3$ 。
- B. 奇对称, 对称中心为  $t = 3$ 。
- C. 偶对称, 对称轴为  $t = 2$ 。
- D. 奇对称, 对称中心为  $t = 2$ 。

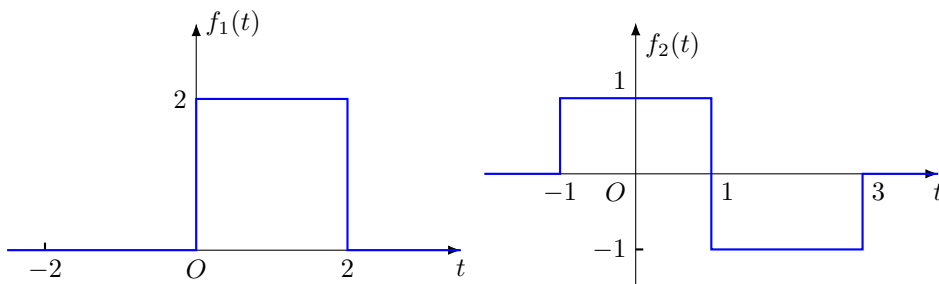


图 3

### 3 画图、证明、计算题 (60 分: 共 4 题)

本大题 11、13、14 题的题解应给出必要的计算步骤, 直接写出答案将酌情扣分或不得分。

11. 画图与计算题 (共计 25 分):

(1) (6 分) 若  $r(t) = tu(t)$ , 那么有:  $f(t) = r(t) - r(t-1) - r(t-2) + r(t-3)$ , 试画出  $f_1(t) = f(-0.5t + 1.5)$ 、 $f'_1(t)$  和  $f''_1(t)$  的波形。

(2) (4 分) 如图 4 所示的 LTI 离散级联复合系统, 若  $h_1(k) = 1(k=0), -1, 1$ ,  $h_2(k) = u(k) - u(k-2)$ 。试计算复合系统的单位序列响应  $h(k)$ , 并画出其波形。

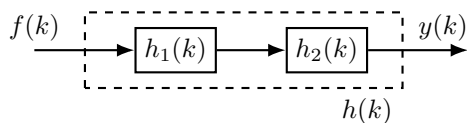


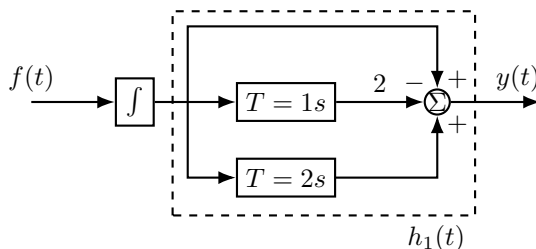
图 4: 题 11(2)

(3) (8 分) 周期信号  $f(t)$  的三角函数形式的傅里叶级数如下:

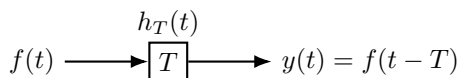
$$f(t) = -1 - \cos\left(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{2}\right) + 2\sin\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{2\pi}{3}\right),$$

试确定其 (基本) 周期  $T$ ; 写出其虚指数函数形式傅里叶级数的系数  $F_n (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ , 并画出其单边振幅 (幅度) 谱、单边相位谱; 计算  $f(t)$  的平均功率  $\bar{P}$ 。

(4) (7 分) LTI 连续时间复合系统框图如图 5(a) 所示, 其中时间延迟器 (子系统) 如图 5(b) 所示, 是分别画出虚线框定系统的冲激响应  $h_1(t)$  和整个复合系统阶跃响应  $g(t)$  的波形。



(a) LTI 连续时间复合系统框图



(b) 时间延迟器

图 5: 题 9

12. 证明题 (共计 10 分);

(1) (4 分) 若周期信号  $f(t)$  的周期为  $T$ , 其指数型傅里叶级数为  $f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\Omega t}$ , 其中,  $F_n$  是复傅里叶系数,  $\Omega = \frac{2\pi}{T}$ 。

试证明: 若  $f_1(t) = f(at)$ ,  $a$  是大于零的实常数, 则:

A)  $f_1(t)$  的周期为  $T_1 = \frac{T}{a}$ ;

B) 若  $f_1(t)$  的指数型傅里叶级数为  $f_1(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_{1n} e^{jn\Omega_1 t}$ , 其中,  $F_{1n}$  是  $f_1(t)$  的复傅里叶系数,  $\Omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ , 则有:  $F_{1n} = F_n, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 。

(2) (6 分) 若  $f(t) \leftrightarrow F(j\omega)$ ,  $a, b$  为实常数, 且  $a \neq 0$ , 则:

$$f(at - b) \leftrightarrow \frac{1}{|a|} F(j\frac{\omega}{a}) e^{-j\frac{b}{a}\omega}.$$

请用傅里叶变换的定义, 即  $F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$ , 证明以上结论。

13. 计算题 (13 分): 描述某 LTI 连续系统的微分方程为:

$$y''(t) + 2y'(t) + y(t) = f'(t) + 2f(t),$$

已知  $y(0_-) = 1, y'(0_-) = 0, f(t) = e^{-2t}u(t)$ 。

试求系统的零输入响应  $y_{zi}(t)$ 、零状态响应  $y_{zs}(t)$  及全响应  $y(t)$ ，并指出  $y(t)$  中固有响应和强迫响应。

14. 计算题 (12 分): 描述某 LIT 离散系统的差分方程为:

$$y(k) + 3y(k-1) + 2y(k-2) = f(k) - f(k-1),$$

试求:

(1) 系统的单位序列响应  $h(k)$ ;

(2)  $f(k) = u(k)$ ,  $y(-1) = 0$ ,  $y(-2) = 1$  时, 系统的零输入响应  $y_{zi}(k)$ 、零状态响应  $y_{zs}(k)$  及全响应  $y(k)$ 。