

## 信号与系统第 9 周星期二

题 1: 说明波形如图 P1-1 所示的各信号是连续信号还是离散信号。

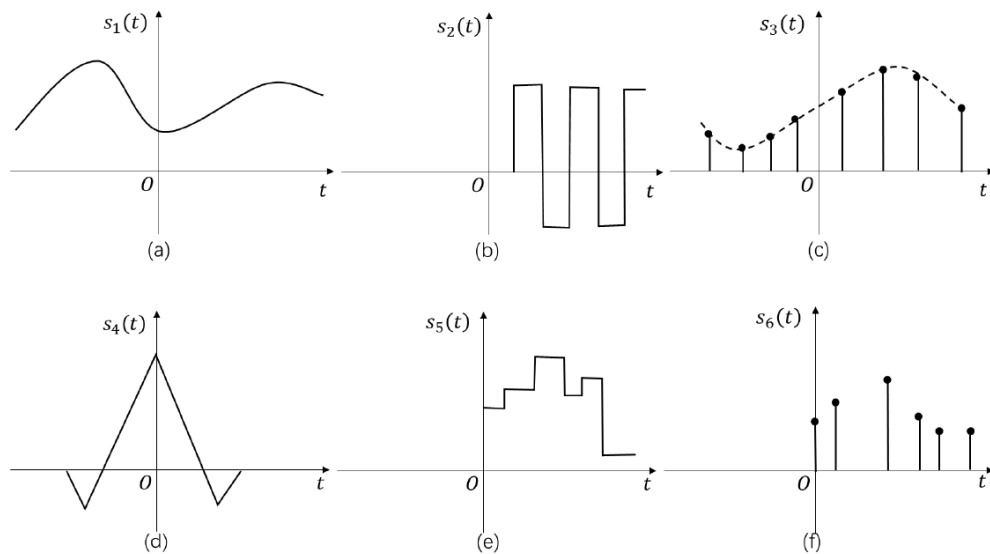


图 P1-1

题 2: 已知  $f(t)$ , 为求  $f(t_0 - at)$  应按下列哪种运算求得正确结果 (式中  $t_0, a$  都为正值) ?

- (1)  $f(-at)$  左移  $t_0$
- (2)  $f(at)$  右移  $t_0$
- (3)  $f(at)$  左移  $\frac{t_0}{a}$
- (4)  $f(-at)$  右移  $\frac{t_0}{a}$

## 信号与线性系统第一周第二次作业

1-2.1 绘出下列各信号的波形

- (1)  $[u(t) - u(t - T)] \sin(\frac{4\pi}{T} t)$
- (2)  $[u(t) - 2u(t - T) + u(t - 2T)] \sin(\frac{4\pi}{T} t)$

1-2.2 有一线性时不变系统, 当激励  $e_1(t) = u(t)$  (单位阶跃信号) 时, 响应  $r_1(t) = e^{-at}u(t)$ , 试求当激励  $e_2(t) = \delta(t)$  时, 响应  $r_2(t)$  的表达式。(假定起始时刻系统无储能。) 要求简要给出具体计算过程。

## 信号与系统第 2 周第一次作业

题 2-1.1: 图 1 是汽车底盘缓冲装置模型图, 汽车底盘的高度  $z(t) = y(t) + y_0$ , 其中  $y_0$  是

弹簧不受任何力时的位置。缓冲器等效为弹簧与减震器并联组成，刚度系数和阻尼系数分别为  $k$  和  $f$ 。由于路面的凹凸不平[表示为 $x(t)$ 的起伏]，通过缓冲器间接作用到汽车底盘，使汽车震动减弱。求汽车底盘的位移量 $y(t)$ 和路面不平度 $x(t)$ 之间的微分方程。

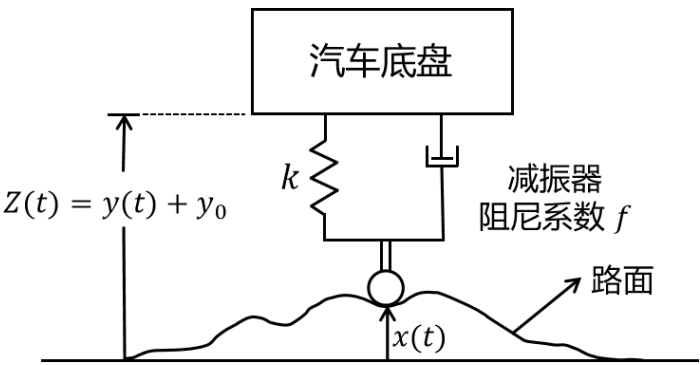


图 1

题 2-1.2：下图(a)和(b)电路中的激励信号分别为 $e(t)$ 和 $i(t)$ ， $r(t)$ 为系统响应。试分别求两电路系统的单位冲激响应 $h(t)$ 。

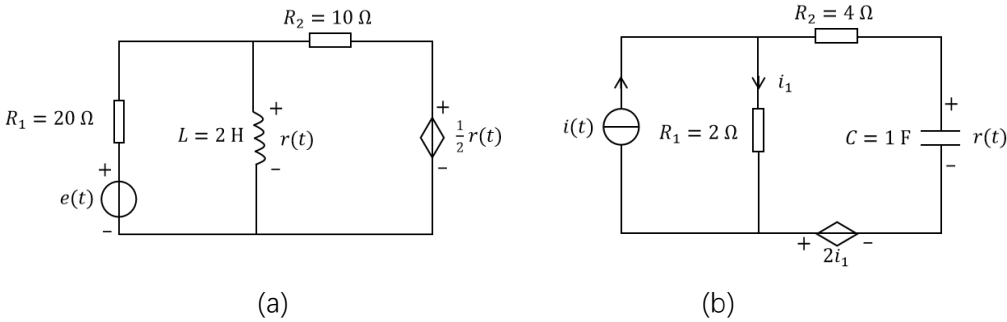


图 2

## 信号与系统第 2 周第二次作业

题 2-2.1：下图所示电路中，元件参数为 $R_1 = R_2 = 1\Omega$ ， $C = 1\text{F}$ ，激励源分别为 $e(t) = \delta(t)\text{V}$ ， $i(t) = u(t)\text{A}$ ，求电容 $C$ 上的电压 $u_c(t)$ 。

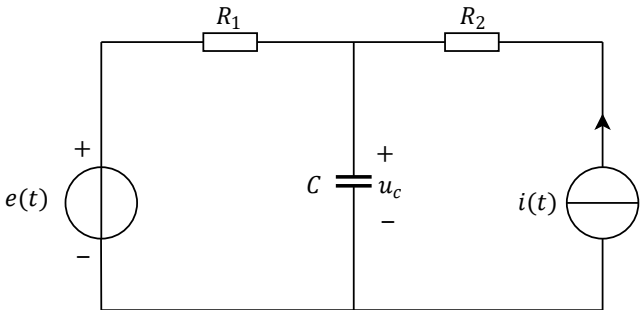


图 1

题 2-2.2：下图所示电路中， $t = 0$ 以前开关 $S_1$ 与 $S_2$ 均位于“1”，系统已进入稳态， $t = 0$ 时刻，

$S_1$ 与 $S_2$ 同时自“1”转至“2”，求输出电压 $v_o(t)$ 的完全响应，并指出其零输入、零状态、自由、强迫各响应分量（ $E$ 和 $I_s$ 均为常量）。

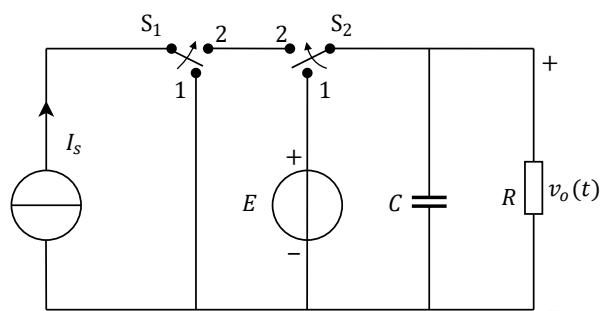


图 2

### 信号与线性系统第三周第一次作业

3-1.1

求题图 a 所示半波余弦信号的傅里叶级数。若 $E = 10\text{ V}$ ， $f = 10\text{ kHz}$ ，大致画出幅度谱。

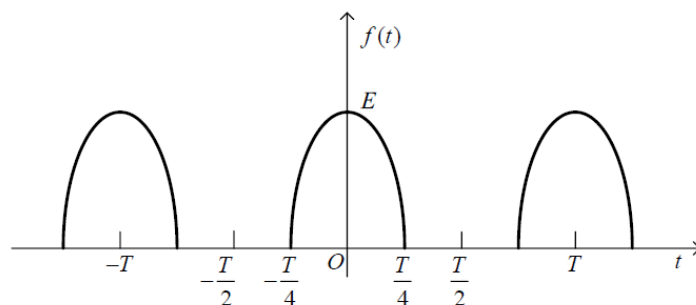


图 a

3-1.2

求题图 b 所示周期锯齿信号的指数形式傅里叶级数，并大致画出频谱图。

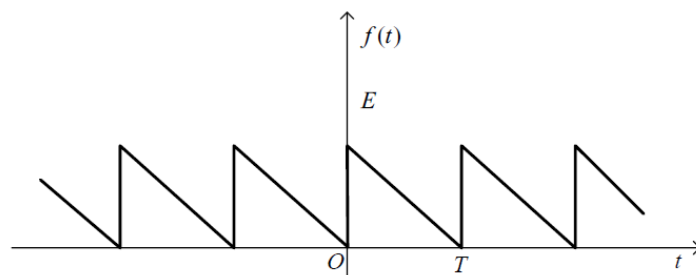


图 b

## 信号与线性系统第三周第二次作业

### 3-2.1

求题图 a 图 b 所示锯齿脉冲与图 c 图 d 所示单周正弦脉冲的傅里叶变换。

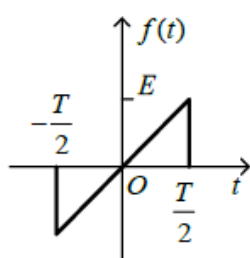


图 a

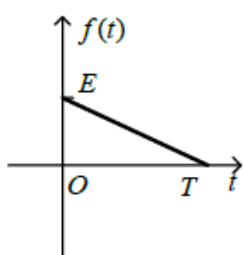


图 b

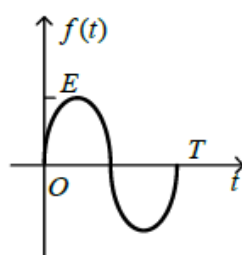


图 c

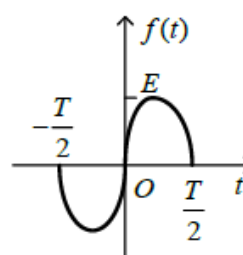


图 d

### 3-2.2

如题图 e 所示周期信号  $v_i(t)$  加到 RC 低通滤波电路。已知  $v_i(t)$  的重复频率  $f_1 = \frac{1}{T} = 1 \text{ kHz}$ , 电压幅度  $E = 1 \text{ V}$ ,  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$ 。分别求：

- 1) 稳态时电容两端电压之直流分量、基波和五次谐波之幅度；
- 2) 求上述各分量与  $v_i(t)$  相应分量的比值, 讨论此电路对各频率分量响应的特点。

(提示：利用电路课所学正弦稳态交流电路的计算方法分别求各频率分量之响应。)

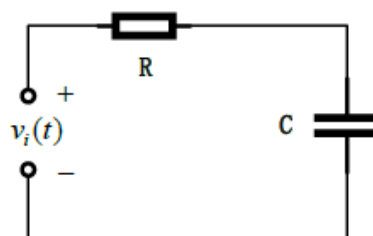
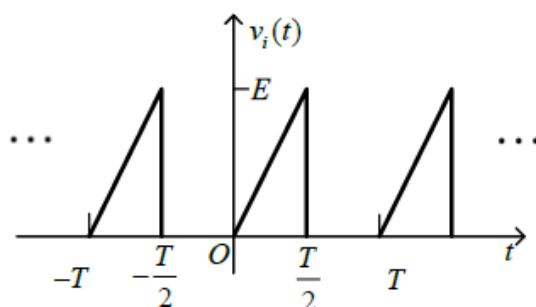


图 e

## 信号与系统第 4 周作业

题 4.1: 已知连续信号  $f(t)$  的傅里叶变换为  $F_1(j\omega)$ , 求下列信号的傅里叶变换。

- |              |                   |                          |
|--------------|-------------------|--------------------------|
| (1) $tf(2t)$ | (2) $(t-2)f(t)$   | (3) $t \frac{df(t)}{dt}$ |
| (4) $f(1-t)$ | (5) $(1-t)f(1-t)$ | (6) $f(2t+5)$            |

题 4.2: “升余弦滚降信号”的波形如下图(a)所示, 它在  $t_2$  到  $t_3$  的时间范围内以升余弦的函数规律滚降变化。

设  $t_3 - \frac{\tau}{2} = \frac{\tau}{2} - t_2 = t_0$ , 升余弦脉冲信号的表达式可以写成

$$f(t) = \begin{cases} E & (|t| < \frac{\tau}{2} - t_0) \\ \frac{E}{2} \left[ 1 + \cos \frac{\pi(t - \frac{\tau}{2} + t_0)}{2t_0} \right] & (\frac{\tau}{2} - t_0 \leq |t| \leq \frac{\tau}{2} + t_0) \end{cases}$$

或写作

$$f(t) = \begin{cases} E & (|t| < \frac{\tau}{2} - t_0) \\ \frac{E}{2} \left[ 1 - \sin \frac{\pi(|t| - \frac{\tau}{2})}{k\tau} \right] & (\frac{\tau}{2} - t_0 \leq |t| \leq \frac{\tau}{2} + t_0) \end{cases}$$

其中, 滚降系数

$$k = \frac{t_0}{\frac{\tau}{2}} = \frac{2t_0}{\tau}$$

求此信号的傅里叶变换式, 并画频谱图。讨论  $k=0$  和  $k=1$  两种特殊情况的结果。

[提示: 将  $f(t)$  分解为  $f_1(t)$  和  $f_2(t)$  之和, 见图(b), 分别求傅里叶变换再相加。]

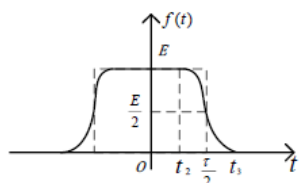


图 a 升余弦滚降信号的波形



图 b 升余弦滚降信号的分解

## 信号与系统第 5 周第 1 次作业

### 5-1.1

某系统的转移函数为： $H(j\omega) = \frac{1-j\omega}{1+j\omega}$ 。试求其单位冲激响应 $h(t)$ ，单位阶跃响应 $r_u(t)$ 及激励为 $e(t) = e^{-2t}u(t)$ 时的零状态响应 $r_{zsr}(t)$ 。

### 5-1.2

在图 a 所示系统中 $\cos(\omega_0 t)$ 是自激振荡器，理想低通滤波器的转移函数为 $H_i(j\omega) = [u(\omega + 2\Omega) - u(\omega - 2\Omega)]e^{-j\omega t_0}$ 且 $\omega_0 \gg \Omega$ 。

- 1) 求虚框内系统的冲激响应 $h(t)$ ；
- 2) 若输入信号为 $e(t) = \left[\frac{\sin(\Omega t)}{\Omega t}\right]^2 \cos(\omega_0 t)$ ，求系统输出信号 $r(t)$ ；
- 3) 若输入信号为 $e(t) = \left[\frac{\sin(\Omega t)}{\Omega t}\right]^2 \sin(\omega_0 t)$ ，求系统输出信号 $r(t)$ ；
- 4) 虚框内系统是否为线性时不变系统？

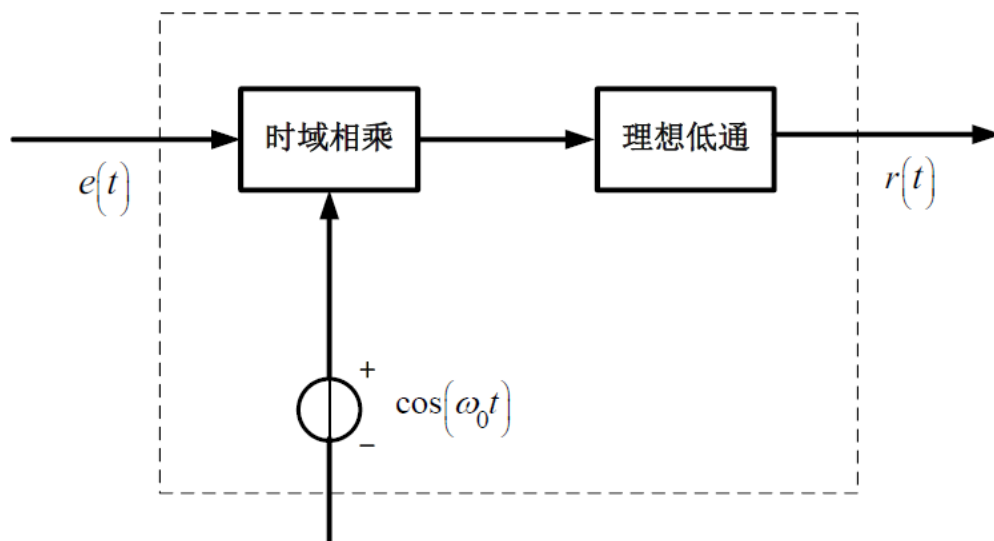


图 a

## 信号与系统第 5 周第 2 次作业

### 5-2.1

求下列信号的拉氏变换，注意阶跃信号的跳变时间。

1)  $f(t) = e^{-t}u(t - 2)$

2)  $f(t) = e^{-(t-2)}u(t - 2)$

3)  $f(t) = e^{-(t-2)}u(t)$

4)  $f(t) = \sin(2t)u(t - 1)$

5)  $f(t) = (t - 1)[u(t - 1) - u(t - 2)]$

### 5-2.2

图 a 电路中，已知电路参数为  $R = 1\ \Omega$ ， $C_1 = C_2 = 1\text{ F}$ ， $E_1 = E_2 = 1\text{ V}$ 。设开关 S 在  $t = 0$  时由①倒向②，求电容  $C_1$  上的电压  $u_{c1}(t)$  及电流  $i(t)$ 。

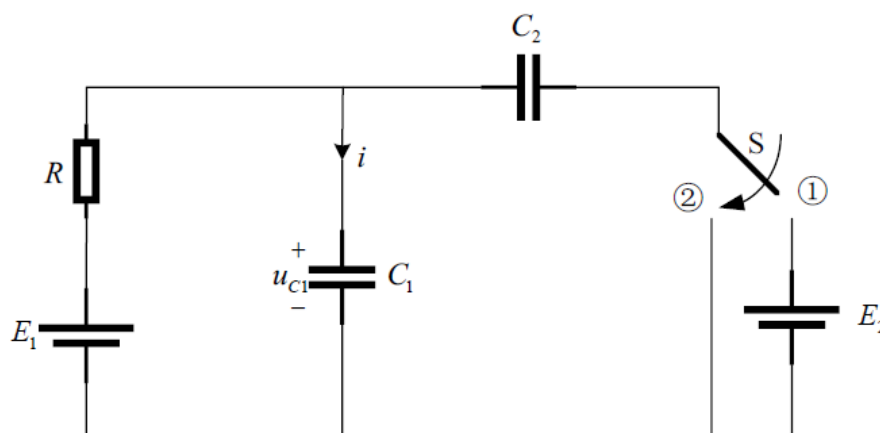


图 a

## 信号与系统第 6 周第一次作业

题 6-1：求图(a)、(b)中电路的系统函数，并绘其极零点分布图，勾画出系统的幅频和相频特性曲线，给出级联形式的模拟框图。

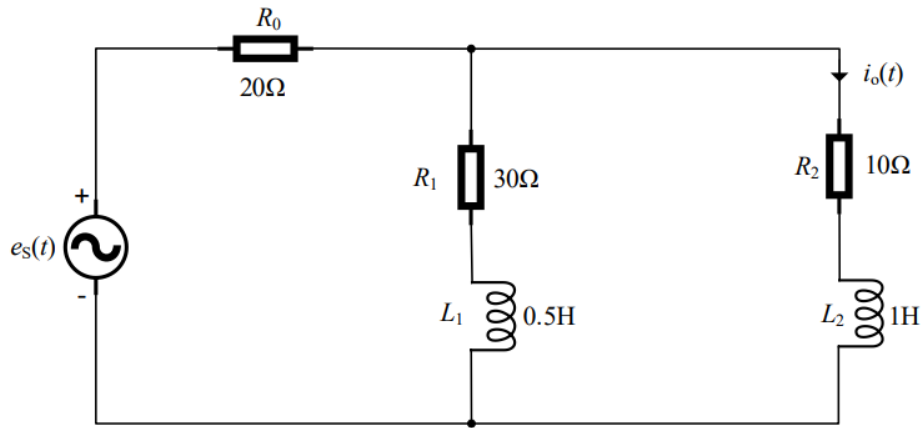


图 a

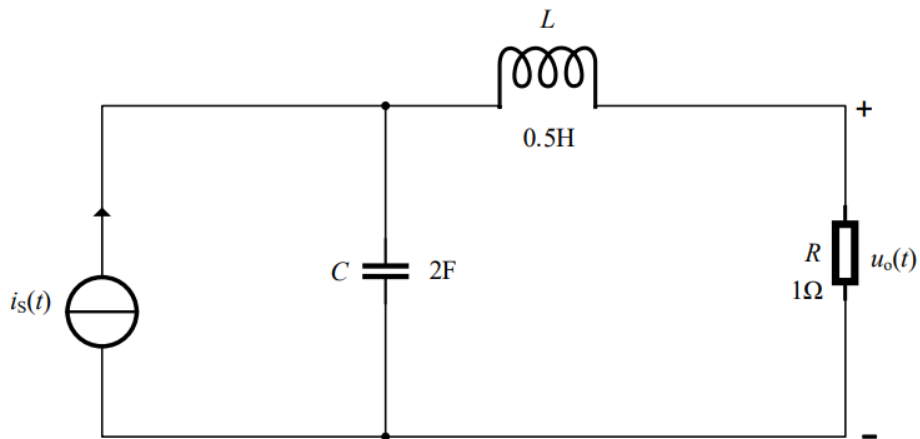


图 b



## 信号与系统第 6 周第二次作业

题 6-2: 用单位样值信号分别表示下列各序列, 求其一阶后向差分, 绘出原序列及其一阶后向差分的图形, 并简要说明你的分析和发现。

(1)  $x(n) = nu(n)$

(2)  $x(n) = -nu(-n)$

(3)  $x(n) = 2^{-n}u(n)$

(4)  $x(n) = \left(-\frac{1}{2}\right)^{-n} u(n)$

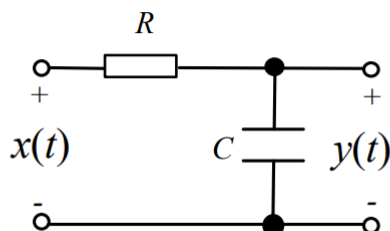
(5)  $x(n) = -\left(\frac{1}{2}\right)^n u(-n)$

(6)  $x(n) = \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1} u(n+1)$

## 信号与系统第 7 周第 1 次作业

### 7-1.1

对于下图所示的 RC 电路, 系统初始处于零状态, 试列出系统的微分方程。现以采样方式对系统进行离散化近似, 设采样周期为  $T_s$ , 试求系统离散近似的差分方程, 并判断该系统的线性时不变性。如果  $R = 1\Omega, C = 1F$ , 激励  $x(t) = u(t)V$ , 试分别求该连续系统的响应  $y(t)$  及当  $T_s = 0.1s$  时对应近似离散系统响应  $y(n)$ , 并在同一坐标中画出  $y(t)$  和  $y(n)$  波形图以便比较。(注意: 横坐标可取  $t' = \frac{T_s}{RC}$ )



### 7-1.2

已知线性时不变系统的单位样值响应  $h(n)$  以及输入  $x(n)$ , 求输出  $y(n)$ , 并绘出  $y(n)$ 。

1)  $h(n) = x(n) = u(n) - u(n-4)$

2)  $h(n) = 2^n[u(n) - u(n-4)], x(n) = \delta(n) - \delta(n-2)$

3)  $h(n) = \left(\frac{1}{2}\right)^n u(n), x(n) = u(n) - u(n-5)$

## 信号与系统第 7 周第 2 次作业

1. 求序列  $x(n] = (\frac{1}{2})^{|n|}$  的双边  $z$  变换  $X(z)$ , 标明其收敛域并绘出零、极点分布图。
2. 已知序列  $x(n]$  的  $z$  变换为  $X(z)$ 。试求  $y(n] = \sum_{k=0}^n x(k)$  的  $z$  变换  $Y(z)$ 。

## 信号与系统第 8 周作业

题 8.1: 某系统的系统函数  $H(z) = \frac{2z^3}{(z-\frac{1}{2})^2(z-1)}$ , 当收敛域分别为下列情形时, 求其单位样值响应  $h(n]$ , 并判断系统稳定性。

- (1)  $|z| > 1$
- (2)  $|z| < \frac{1}{2}$
- (3)  $\frac{1}{2} < |z| < 1$

题 8.2: 已知一阶因果离散系统的差分方程为:  $y(n] + 3y(n-1] = x(n]$ , 试求:

- (1) 系统的单位样值响应  $h(n]$ ;
- (2) 若  $x(n] = (n + n^2)u(n]$ , 求系统零状态响应  $y_{zs}(n]$ 。

分 数	
评卷人	

一、(本题 15 分, 每小题 5 分) 计算题。

(1)  $\int_{-\infty}^{+\infty} (t + \cos t) \delta(t - \frac{\pi}{3}) dt$

(2)  $[\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)] * [\delta(t) + \delta(t-1)]$       (3)  $\varepsilon(n) * \varepsilon(n-1)$

分 数	
评卷人	

二、(本题 15 分) 已知信号  $f(t) = 4 + \cos(\pi t) + 2\sin(2\pi t - \frac{\pi}{6})$ 。

- (1) 该信号是否是周期信号? 如果是, 请求出该信号的周期  $T$  和基波角频率  $\Omega_1$ ;
- (2) 画出  $f(t)$  的单边振幅频谱图, 注明坐标;
- (3) 对  $f(t)$  进行理想抽样, 抽样间隔  $T_s$  至多为多少时信号  $f(t)$  可由抽样样本值  $f(nT_s)$  唯一地确定? 写出分析过程。

$\frac{3}{4}a = 1 \quad a = \frac{4}{3} \quad b = -\frac{1}{3} \quad a = 2$   
 $a + b = 1$

分 数	
评卷人	

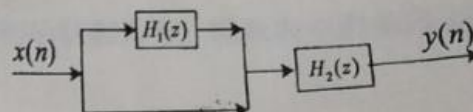
三、(本题 10 分) 某连续时间 LTI 系统有非零的初始状态。已知当激励为  $e(t)$  时系统的全响应为  $r_1(t) = e^{-t} + 2\cos \pi t, t > 0$ ；若初始状态不变，当激励为  $2e(t)$  时系统的全响应为  $r_2(t) = 3\cos \pi t, t > 0$ 。求在同样初始状态条件下当激励为  $3e(t)$  时系统的全响应  $r_3(t)$ 。

分 数	
评卷人	

四、(本题 10 分) 求离散序列  $R_4(k) = \varepsilon(k) - \varepsilon(k-4)$  的傅里叶变换  $R_4(e^{j\omega})$ ，画出该离散序列的幅频特性曲线。要求画出  $0 \leq \omega < 2\pi$  的部分并注明坐标。

分 数	
评卷人	

五、(本题 10 分) 某离散时间线性移不变系统由几个因果线性移不变子系统组成，如下图所示。

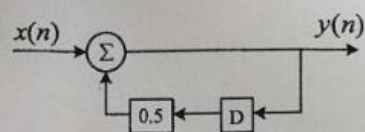


其中各子系统的系统函数分别为： $H_1(z) = \frac{1}{z-1}$ ， $H_2(z) = \frac{1}{z-2}$ 。

- (1) 试求整个系统的系统函数  $H(z)$  和单位函数响应  $h(n)$ ；
- (2) 若系统的输入  $x(n) = \varepsilon(n) - \varepsilon(n-1)$ ，求系统的输出  $y(n)$ 。

分 数	
评卷人	

六、(本题 20 分) 某离散时间线性移不变系统的直接模拟框图如下图所示, 其中  $x(n]$  是输入,  $y(n]$  是输出, D 是延时器。

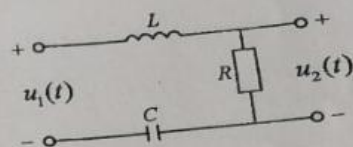


- (1) 写出描述系统的差分方程, 求系统函数  $H(z)$  和单位函数 (样值) 响应  $h(n]$ ;
- (2) 判定系统的稳定性, 说明理由;
- (3) 求该系统的频响函数  $H(e^{j\omega})$ , 粗略画出幅频特性曲线, 要求画出  $0 \leq \omega < 2\pi$  的部分并注明坐标;
- (4) 若  $x(n] = \varepsilon(n]$ , 求系统的零状态响应  $y(n]$ 。

分 数	
评卷人	

七、(本题 20 分, 每小题 5 分) 设 RLC 电路 (如下图所示) 自输入是电压源  $u_1(t)$ , 通过选取不同的输出可获得不同的滤

波器。已知  $R = 1\Omega$ ,  $L = 1H$ ,  $C = 1F$ , 假设初始状态为零。现选取电阻电压  $u_2(t)$  作为系统的输出。



- (1) 写出描述系统的微分方程;
- (2) 求系统函数  $H(s)$  和单位冲激响应  $h(t)$ ;
- (3) 求系统的频响函数  $H(j\omega)$ , 粗略画出幅频特性曲线, 说明其滤波特点;
- (4) 若选取电容电压作为系统的输出, 则系统滤波特性如何?

分 数	
评卷人	

一、(本题 15 分，每小题 5 分) 计算题。

(1)  $\int_{-\infty}^{+\infty} (t + \cos t) \delta(t - \frac{\pi}{3}) dt$

(2)  $[\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)] * [\delta(t) + \delta(t-1)]$

(3)  $\varepsilon(n) * \varepsilon(n-1)$

分 数	
评卷人	

二、(本题 15 分) 已知信号  $f(t) = 4 + \cos(\pi t) + 2 \sin(2\pi t - \frac{\pi}{6})$ 。

- (1) 该信号是否是周期信号？如果是，请求出该信号的周期  $T$  和基波角频率  $\omega_1$ ；
- (2) 画出  $f(t)$  的单边振幅频谱图，注明坐标；
- (3) 对  $f(t)$  进行理想抽样，抽样间隔  $T_s$  至多为多少时信号  $f(t)$  可由抽样样本值  $f(nT_s)$  唯一地确定？写出分析过程。

分 数	
评卷人	

三、(本题 10 分) 某连续时间 LTI 系统有非零的初始状态。

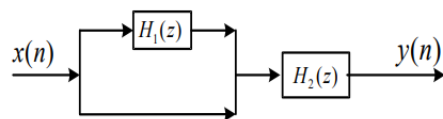
已知当激励为  $e(t)$  时系统的全响应为  $r_1(t) = e^{-t} + 2\cos\pi t, t > 0$ ；若初始状态不变，当激励为  $2e(t)$  时系统的全响应为  $r_2(t) = 3\cos\pi t, t > 0$ 。求在同样初始状态条件下当激励为  $3e(t)$  时系统的全响应  $r_3(t)$ 。

分 数	
评卷人	

四、(本题 10 分) 求离散序列  $R_4(k) = \varepsilon(k) - \varepsilon(k-4)$  的傅里叶变换  $R_4(e^{j\omega})$ ，画出该离散序列的幅频特性曲线。要求画出  $0 \leq \omega < 2\pi$  的部分并注明坐标。

分 数	
评卷人	

五、(本题 10 分) 某离散时间线性移不变系统由几个因果线性移不变子系统组成，如下图所示。



其中各子系统的系统函数分别为：  $H_1(z) = \frac{1}{z-1}$ ，  $H_2(z) = \frac{1}{z-2}$ 。

(1) 试求整个系统的系统函数  $H(z)$  和单位函数响应  $h(n)$ ；

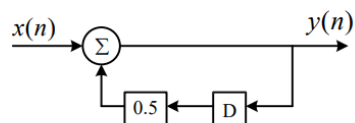
(2) 若系统的输入  $x(n] = \varepsilon(n) - \varepsilon(n-1)$ ，求系统的输出  $y(n)$ 。



分 数	
评卷人	

六、(本题 20 分) 某离散时间线性移不变系统的直接模拟框图

如下图所示，其中  $x(n)$  是输入， $y(n)$  是输出，D 是延时器。



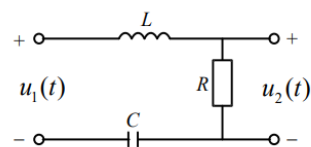
- (1) 写出描述系统的差分方程，求系统函数  $H(z)$  和单位函数（样值）响应  $h(n)$ ；
- (2) 判定系统的稳定性，说明理由；
- (3) 求该系统的频响函数  $H(e^{j\omega})$ ，粗略画出幅频特性曲线，要求画出  $0 \leq \omega < 2\pi$  的部分并注明坐标；
- (4) 若  $x(n) = \varepsilon(n)$ ，求系统的零状态响应  $y(n)$ 。

分 数	
评卷人	

七、(本题 20 分，每小题 5 分) 设 RLC 电路（如下图所示）的

输入是电压源  $u_1(t)$ ，通过选取不同的输出可获得不同的滤

波器。已知  $R = 1\Omega$ ， $L = 1H$ ， $C = 1F$ ，假设初始状态为零。现选取电阻电压  $u_2(t)$  作为系统的输出。



- (1) 写出描述系统的微分方程；
- (2) 求系统函数  $H(s)$  和单位冲激响应  $h(t)$ ；
- (3) 求系统的频响函数  $H(j\omega)$ ，粗略画出幅频特性曲线，说明其滤波特点；
- (4) 若选取电容电压作为系统的输出，则系统滤波特性如何？