南京航空航天大学

二〇二一～二〇二二 学年 第1学期《自动控制原理II》考试试题

考试日期：2022年1月7日 试卷类型：B 试卷代号：030062

班号 学号 姓名

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

本题分数	16
得 分	

一、某系统结构图如图1所示，试求出输出 $C(s)$。

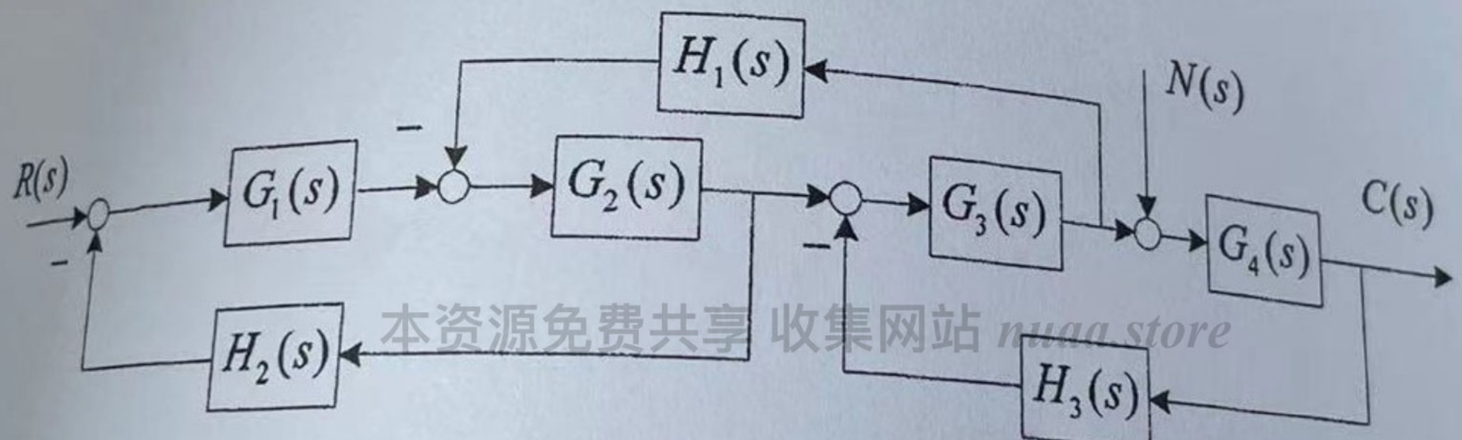


图1

本题分数	16
得　　分	

二、已知某单位反馈的三阶系统（无闭环零点）结构图如图2所示，系统满足下列条件：(1) 在单位斜坡信号输入下稳态误差 e_{ss} 为1.125；(2) 在单位阶跃信号输入下动态性能指标峰值时间 $t_p=3.626$秒，超调量 $\sigma\%=16.32\%$。试求开环传递函数 $G(s)$。

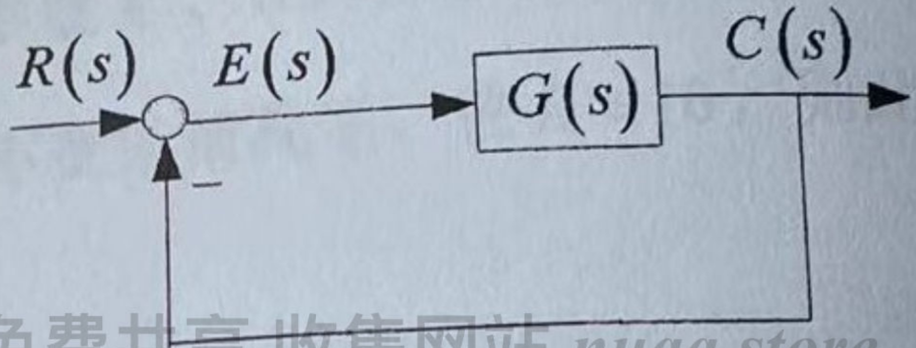


图2

本题分数	18
得　分	

三、已知某单位反馈系统的开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{(s+K)(s+4)}{s(s^2+s-3)}$$

(1) 绘制该系统的闭环根轨迹($K:0\to\infty$)；(2) 确定闭环系统有重极点时闭环传递函数（零、极点表达式）；(3) 当输入为单位斜坡信号时，欲使稳态误差$|e_{ss}|\le 1$，求此时K值范围。

本题分数	18
得　分	

四、设某单位负反馈系统开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{K}{s(s+a)}$$

设$|\varphi(j\omega)|$表示闭环幅频特性，ω_n表示系统的无阻尼震荡频率，ω_r表示系统的谐振频率，$r(t)$为系统输入，$c(t)$为系统输出，且知$|\varphi(j1)|=1$，$\omega_r=0.707$，$r(t)=1+2\sin 2t$。(1) 确定参数K、a，并求系统的稳态输出$c_{ss}(t)$；(2) 求相角裕度γ，若在相角裕度保持不变的情况下，使$K=10$，则此时的a值应为多少？

本题分数	16
得　分	

五、若某单位反馈系统的开环传递函数为$G_1(s)e^{-\tau s}$，二阶环节$G_1(j\omega)$曲线如图 3 所示，试求使该系统闭环稳定的τ值范围。

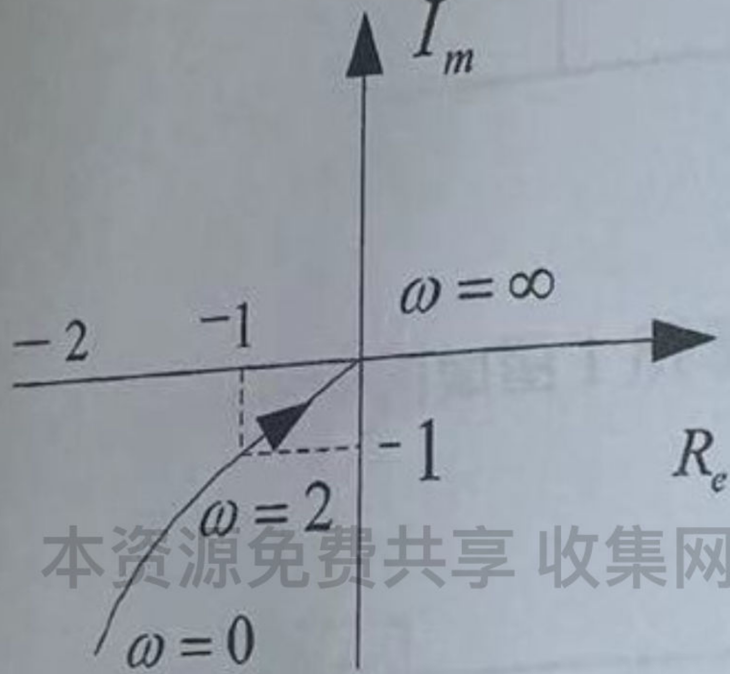


图 3

本题分数	16
得　分	

六、已知某采样系统结构图如图图 4 所示，采样周期 $T=0.693$ 秒，试分析该系统的稳定性，并求 $r(t)=1(t)$ 时的稳态输出 $c(\infty)$。[提示：$Z[\frac{1}{s+a}]=\frac{z}{z-e^{-aT}}$，$Z[\frac{1}{s}]=\frac{z}{z-1}$]

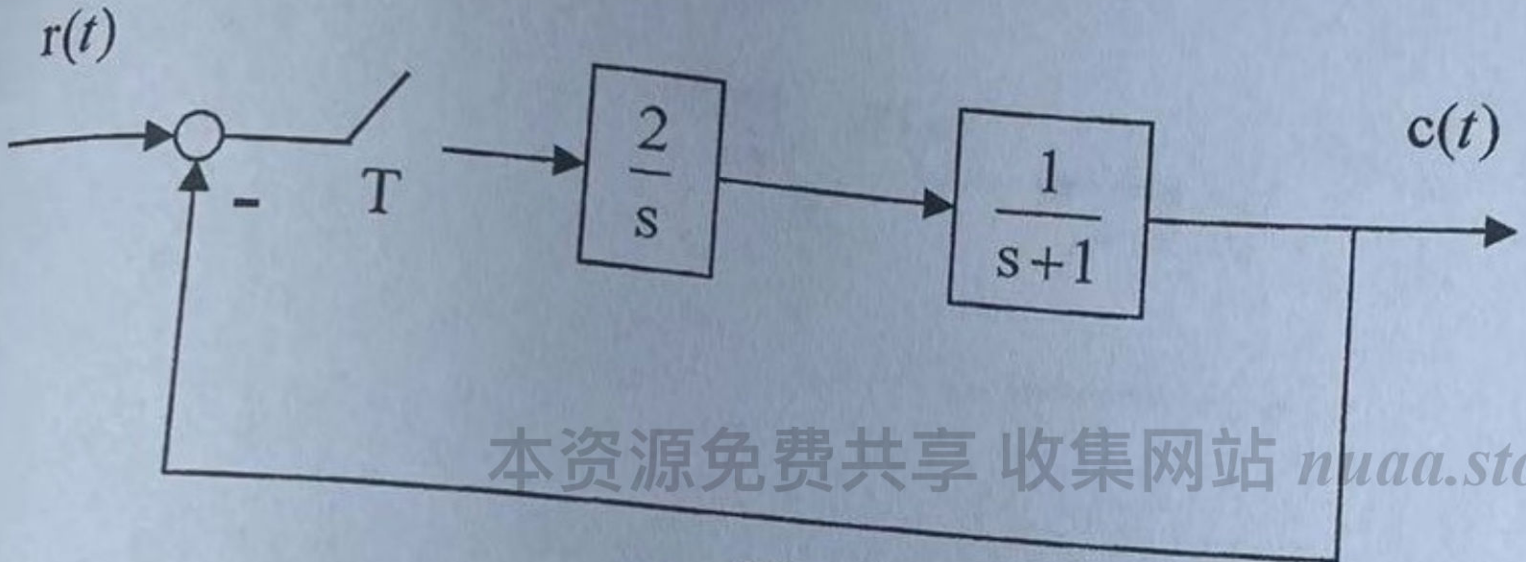


图 4

系统单独闭合回路

$L_1 = -G_1G_2H_2$

$L_2 = -G_2G_3H_1$

$L_3 = -G_3G_4H_3$

两两互不接触回路：L_1L_3

$\Delta = 1 - L_1 - L_2 - L_3 + L_1L_3$

前向通道 $P_1 = G_1G_2G_3G_4 \quad \Delta_1 = 1$

由梅森公式可得

系统传递函数为

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{P_1\Delta_1}{\Delta} = \frac{G_1G_2G_3G_4}{1+G_1G_2H_2+G_2G_3H_1+G_3G_4H_3+G_1G_2G_3G_4H_2H_3}$$

一、

仅考虑 $N(s)$ 输入

$$P_1 = G_4 \qquad \Delta_1 = 1$$

$$\therefore \frac{C(s)}{N(s)} = \frac{P_1\Delta_1}{\Delta}$$

$$\therefore C(s) = \frac{G_1G_2G_3G_4}{1+G_1G_2H_2+G_2G_3H_1+G_3G_4H_3+G_1G_2G_3G_4H_2H_3}\cdot R(s)$$

$$+\frac{G_4}{1+G_1G_2H_2+G_2G_3H_1+G_3G_4H_3+G_1G_2G_3G_4H_2H_3}\cdot N(s)$$

二、$\because r(t)=t$时

$e_{ss}=1.125=\frac{1}{K_V}=\frac{1}{K} \Rightarrow K=0.89$

$\therefore$是Ⅰ型系统

设$G(s)=\frac{K}{s(T_1 s+1)(T_2 s+1)}=\frac{0.89}{s(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$

$t_p=\frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}}=3.626$

$\sigma\%=e^{-\frac{\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}\times 100\%=16.32\%$

$\Rightarrow \xi=0.5$

$\omega_n=1$

三、 $D(s) = s(s^2+s-3)+(s+k)(s+4)$

$$= s^3+2s^2+s+ks+4k$$

构造新 $G(s) = \dfrac{k(s+4)}{s(s+1)^2}$

全部修改 三

① 根轨迹的分支和起点与终点

由于 $n=3$，$m=1$，$n-m=2$

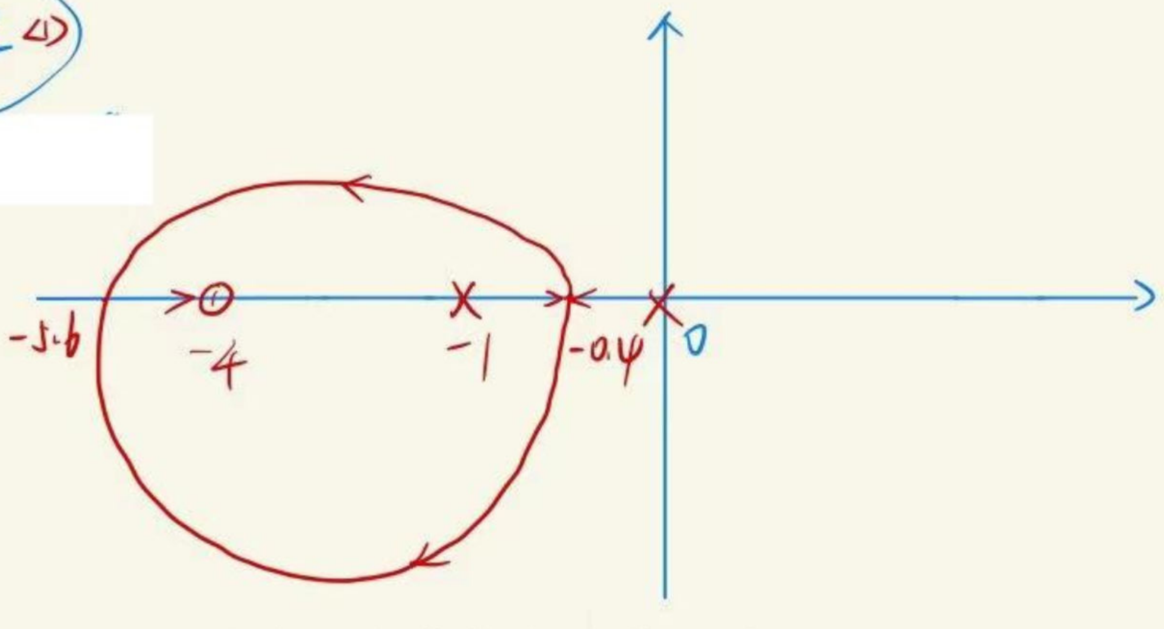
故系统有三条根轨迹，其中起点分别为 $p_1=0, p_2=p_3=-1$

$z_1=-4$

$$\frac{1}{d}+\frac{2}{d+1}=\frac{1}{d+4} \Rightarrow d_1=-5.6$$

$$d_2=-0.4$$

三(1)



三.(2) $\phi(s) = \dfrac{G(s)}{1+G(s)}$

$$= \frac{K(s+4)}{s(s+1)^2 + K(s+4)}$$

(3) $r(t) = t$

$$K_V = \lim_{s \to 0} sG(s) = 4K$$

$$e_{ss} = \frac{1}{K_V} = \frac{1}{4K} \le 1$$

$\therefore K \geq 0.25$

四. $\phi(s) = \dfrac{K}{s^2+as+K} = \dfrac{1}{\dfrac{s^2}{K}+\dfrac{as}{K}+1}$

$\therefore \phi(jw) = \dfrac{1}{-\dfrac{w^2}{K}+\dfrac{a}{K}wj+1}$

$|\phi(jw)| = \dfrac{1}{\sqrt{(1-\dfrac{w^2}{K})^2+\dfrac{a^2}{K^2}w^2}}$

$w_n^2 = K \qquad 2\xi w_n = a$

$w_r = w_n\sqrt{1-2\xi^2} = 0.707$

$|\phi(j1)| = 1$

$\therefore \xi = 0.5 \quad \Rightarrow \quad K = 1$

$w_n = 1 \qquad\qquad a = 1$

$r(t) = 1$ 时

$R(s) = \dfrac{1}{s}$

$C(s) = \dfrac{1}{s^2(s+1)} = \dfrac{1}{s} - \dfrac{1}{s+1} + \dfrac{1}{s^2}$

$\therefore c(t) = 1 - e^{-t} + t$

当 $r(t) = 2\sin 2t$ 时

$|\phi(j2)| = \dfrac{\sqrt{13}}{13} \quad \angle\phi(j2) = -146.3^\circ$

$\therefore c(t) = \dfrac{2\sqrt{13}}{13}\sin(2t-146.3^\circ)$

综上. $c_{ss}(t) = 1 - e^{-t} + t + \dfrac{2\sqrt{13}}{13}\sin(2t-146.3^\circ)$

四(2) $G(j\omega)=\dfrac{\frac{K}{a}}{j\omega(\frac{1}{a}j\omega+1)}$

$A(\omega)=\dfrac{\frac{K}{a}}{\omega\sqrt{\frac{1}{a^2}\omega^2+1}}$ $\quad\phi(\omega)=-90^\circ-\arctan\frac{1}{a}\omega$

令 $A(\omega_c)=1 \Rightarrow \omega_c=1$

$\gamma=180^\circ+\phi(\omega_c)=90^\circ-45^\circ=45^\circ$

$\because A(\omega_c')=1 \quad \Rightarrow \quad a=10$

$K=10$

$\gamma'=\gamma$

五、

$$G_1(s) = \frac{K}{s(T_1 s+1)}$$

$$G_1(j\omega) = \frac{K}{j\omega(T_1\omega j+1)} = \frac{Kj(T_1 j\omega - 1)}{\omega(T_1^2\omega^2+1)}$$

由图得 $|G_1(j\omega)| = \sqrt{2}$

$$\angle G_1(j\omega) = -\frac{3}{4}\pi$$

$$\therefore G_1(s) = \frac{4}{s(\frac{s}{2}+1)} \qquad G(s) = \frac{4e^{-\tau s}}{s(\frac{s}{2}+1)}$$

由 $|G_1(s)e^{-\tau s}|_{s=j\omega} = 1 \Rightarrow \omega_c = 2.5$

$$\gamma = 180^\circ - 90^\circ - \arctan\frac{\omega_c}{2} - 57.3\tau\omega > 0$$

$$\Rightarrow 0 < \tau < 0.27$$

六、$G(z) = \frac{z-1}{z} \mathcal{Z}\left[\frac{2}{s(s+1)}\right]$

$= \frac{2(z-1)}{z}\left(\frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-0.5}\right)$

$= \frac{1}{z-0.5}$ $\therefore \phi(z) = \frac{G(z)}{1+G(z)} = \frac{1}{z+0.5} = \frac{C(z)}{R(z)}$

$\therefore r(t) = 1(t)$ 时，

$R(z) = \frac{z}{z-1}$

$\therefore C(z) = \frac{1}{z+0.5} \cdot \frac{z}{z-1} = \frac{\frac{2}{3}}{z+\frac{1}{2}} + \frac{\frac{1}{3}}{z-1}$

$\therefore C(\infty) = \frac{4}{3} + \infty = \infty$