本题分数	16
得　分	

一、某系统结构图如图 1 所示，求 $C(s)$ 和 $E(s)$。

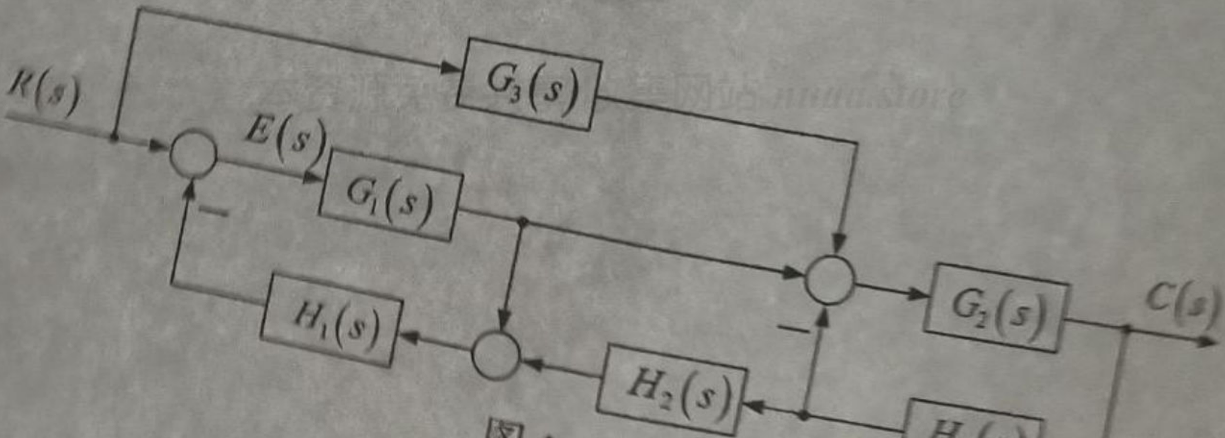


图 1

数	18
分	

二、已知某单位负反馈系统结构如图 2 所示。

(1) 求使系统单位阶跃响应无超调的 a 的取值范围；

(2) 若在单位阶跃输入下超调量为 σ%=16%，求

间t_p、调节时间t_s以及单位阶跃输入下的稳态误差e_{ss}。

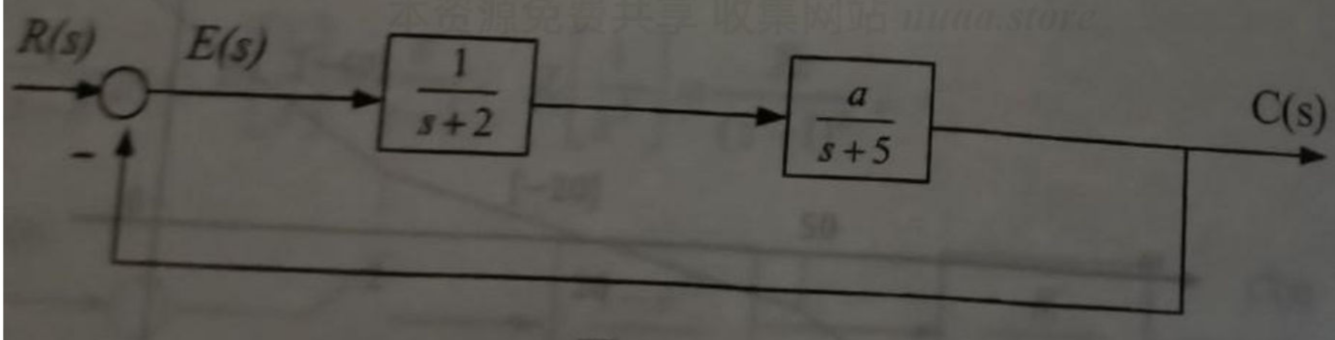


图 2

本题分数	16
得　分	

三、已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s)=\dfrac{K}{s(s+3)^2}$

(1) 试绘制K由0→+∞变化的闭环根轨迹图；

(2) 用根轨迹法确定使系统的阶跃响应出现超调的 K 值范围。

本题分数	16
得　分	

四、已知某单位负反馈系统为最小相角系统，其开环对数幅频渐近线如图 3 所示。

(1) 确定其开环传递函数；

(2) 计算相角裕度 γ。

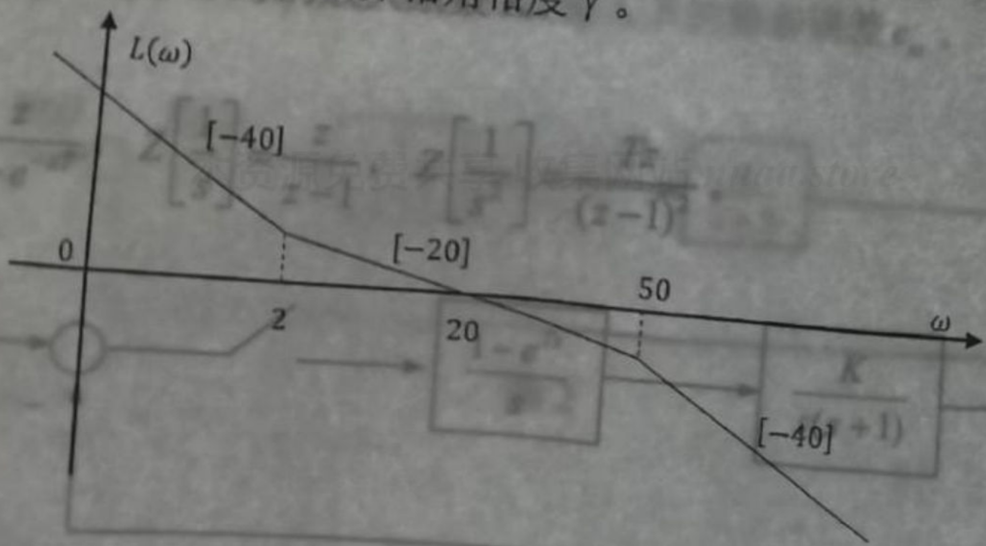


图 3

本题分数	18
得　分	

五、某系统结构图如图 4 所示，当输入信号 $r(t)=A\cos3$

输入输出的幅值相等，相位差-90 度。

(1) 确定参数 a, K 的值；

(2) 若 $r(t)=3\cos\omega t$,确定 ω 为何值时，稳态输出 c(t)幅值最大，并求此幅值。

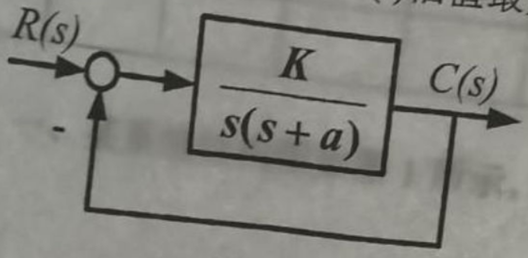


图 4

本题分数	16
得　分	

六、设系统的结构如图 5 所示，采样周期 T=1s。

(1) 当 K=10 时，试求出系统的闭环脉冲传递函数；

(2) 当 K=10 时，试分析系统的稳定性，并求系统临界稳定时的放大系数 K。

Z 变换表：

$$Z\left[\frac{1}{s+a}\right]=\frac{z}{z-e^{-aT}},\quad Z\left[\frac{1}{s}\right]=\frac{z}{z-1},\quad Z\left[\frac{1}{s^2}\right]=\frac{Tz}{(z-1)^2}。$$

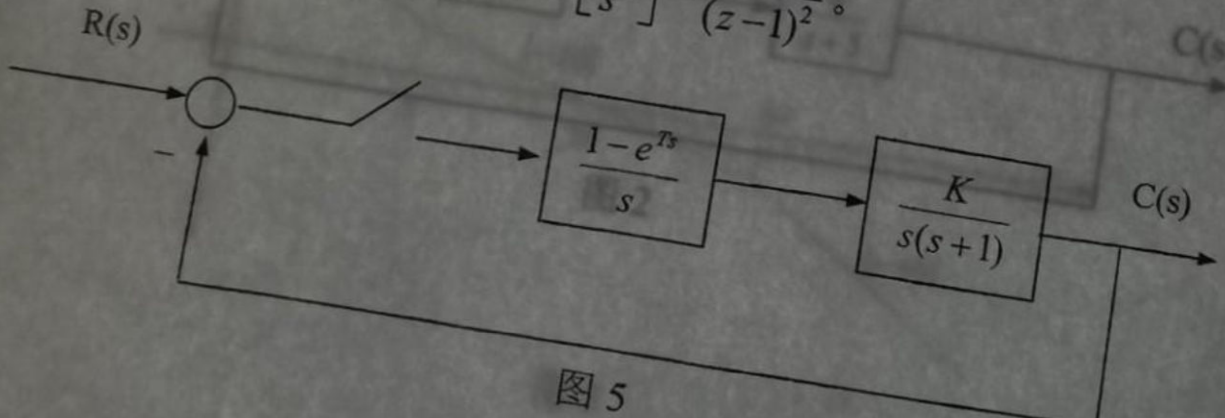


图 5

一.

回路: $L_1: -G_1H_1$

$L_2: -G_2H_3$

$L_3: -G_1G_2H_1H_2H_3$

$L_1L_2: G_1G_2H_1H_3$

前向: $P_1: G_1G_2 \quad \Delta_1=1$

$P_2: G_2G_3 \quad \Delta_2=1+G_1H_1$

$$C(s)=\frac{G_1G_2+G_2G_3(1+G_1H_1)}{1+G_1H_1+G_2H_3+G_1G_2H_1H_2H_3+G_1G_2H_1H_3}R(s)$$

前向: $P_1: 1 \quad \Delta_1=1+G_2H_3$

$P_2: -G_2G_3H_1H_2H_3 \quad \Delta_2=1$

$$E(s)=\frac{1+G_2H_3-G_2G_3H_1H_2H_3}{1+G_1H_1+G_2H_3+G_1G_2H_1H_2H_3+G_1G_2H_1H_3}R(s)$$

二 解 (1) $\Phi(s) = \dfrac{a/(s+2)(s+5)}{1+\dfrac{a}{(s+2)(s+5)}}$

$$= \frac{a}{s^2+7s+10+a}$$

无超调时，$\xi \geq 1$

$$\begin{cases} 2\omega_n \xi = 7 \\ \omega_n^2 = 10+a \end{cases} \qquad 0 \leq a \leq 2.25$$

(2) $\sigma\% = e^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}} \times 100\% = 16\%$ 时

$\xi = 0.5 \qquad \omega_n = 7 \qquad a = 39$

$t_s = \dfrac{3}{\xi\omega_n} = 0.857\,s \quad (\Delta = \pm 5\%)$

$G(s) = \dfrac{39}{(s+2)(s+5)}$

$K_p = \lim\limits_{s \to 0} G(s) = 3.9$

$e_{ss} = \dfrac{1}{1+K_p} = 0.204$

1、绘制根轨迹

(1)系统有有 3 个开环极点（起点）：0、-3、-3，无开环零点（有限终点）；

(2)实轴上的轨迹：(-∞，-3) 及 (-3，0)；

(3) 3 条渐近线：
$$\begin{cases}\sigma_a = \dfrac{-3-3}{3} = -2 \\ \pm 60^\circ,\ \ 180^\circ\end{cases}$$

(4) 分离点：
$$\frac{1}{d} + \frac{2}{d+3} = 0 \quad \text{得：} \quad d = -1$$

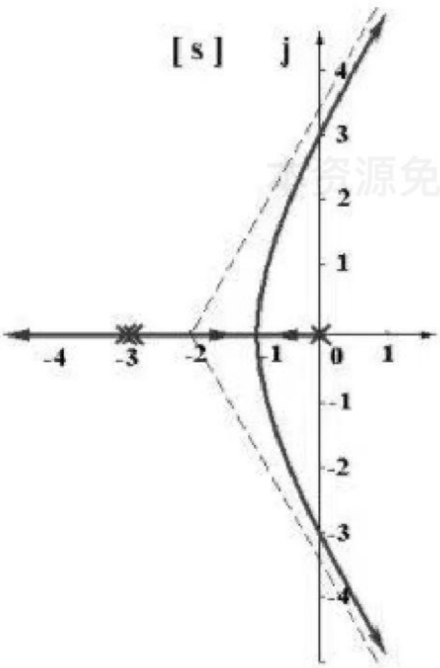
$$K_r = |d| \cdot |d+3|^2 = 4$$

三题

(5)与虚轴交点：$D(s) = s^3 + 6s^2 + 9s + K_r = 0$

$$\begin{cases}\mathrm{Im}\left[D(j\omega)\right] = -\omega^3 + 9\omega = 0 \\ \mathrm{Re}\left[D(j\omega)\right] = -6\omega^2 + K_r = 0\end{cases} \qquad \begin{cases}\omega = 3 \\ K_r = 54\end{cases}$$

绘制根轨迹如右图所示。



Kr换成K

三

2、　　开环增益 K 与根轨迹增益 K_r 的关系：$G(s) = \dfrac{K_r}{s(s+3)^2} = \dfrac{\frac{K_r}{9}}{s\left[\left(\frac{s}{3}\right)^2 + 1\right]}$

得 $K = K_r / 9$

系统稳定时根轨迹增益 K_r 的取值范围：$K_r < 54$，

系统稳定且为欠阻尼状态时根轨迹增益 K_r 的取值范围：$4 < K_r < 54$，

⑩ 解 (1) 由图可知

$$G(s)=\frac{K\left(\frac{s}{\omega_1}+1\right)}{s^2\left(\frac{s}{\omega_2}+1\right)}$$

$\omega_1=2 \qquad \omega_2=50$

$\omega_c=20.$

$$|G(j\omega_c)|=\frac{K\,\frac{20}{2}}{20^2}=1$$

$K=40$

$$G(s)=\frac{40\left(\frac{s}{2}+1\right)}{s^2\left(\frac{s}{50}+1\right)}$$

(2). $\gamma=180^\circ+\arctan\frac{\omega_c}{2}-180^\circ$

$-\arctan\frac{\omega_c}{50}=62.49^\circ$

五解：(1) $\Phi(s) = \dfrac{\frac{K}{s(s+a)}}{1+\frac{K}{s(s+a)}} = \dfrac{K}{s^2+as+K}$

令 $s=j\omega$　$\Phi(j\omega) = \dfrac{K}{-\omega^2+a\omega j+K}$

$|\Phi(j\omega)| = \dfrac{K}{\sqrt{(K-\omega^2)^2+a^2\omega^2}}$

$\angle\Phi(j\omega) = -\arctan\dfrac{a\omega}{K-\omega^2}$

由频率特性

$\angle\Phi(j3) = -90^\circ$　　$K-3^2=0$　$K=9$.

$|\Phi(j3)| = \dfrac{9}{3a} = 1$　　$a=3$

(2). $|C(t)| = \cancel{3|\Phi(j3)|} = 3|\Phi(j\omega)| = \dfrac{27}{\sqrt{(9-\omega^2)^2+9\omega^2}}$

$\angle C(t) = -\arctan\dfrac{a\omega}{K-\omega^2}$

$\omega=3$ 时　$C(t)$最大

$C_{max} = 3$

六

(1) $K=10$, $T=1$

$$G(z)=\frac{z-1}{z}\left[\frac{Tz}{(z-1)^2}-\frac{z}{z-1}+\frac{z}{z-e^{-T}}\right]K$$

$$G(z)=\frac{3.68z+2.64}{(z-1)(z-0.368)}$$

$$\Phi(z)=\frac{G(z)}{1+G(z)}=\frac{3.68z+2.64}{z^2+2.312z+3.008}$$

(2) $D(z)=z^2+2.312z+3.008$

$D(1)>0$
$D(-1)>0$
$\Rightarrow$ 稳定

$$D(z)=z^2+(0.368K-1.368)z+0.264K+0.368$$

$D(-1)=2.736-0.104K$ [redacted] $=0$

$\Rightarrow$ [redacted] $K=26.3$ 临界稳定