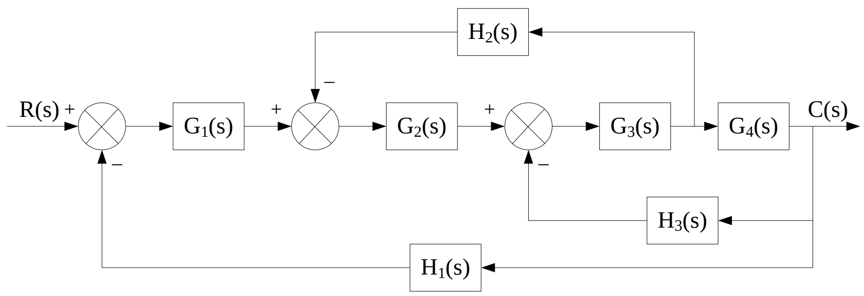
湖北汽车工业学院
2015 年硕士研究生入学考试试题

考试科目：　803 自动控制原理　（A 卷）

（答案必须写在答题纸上，写在其他地方无效）

一、（12 分）求图示系统的传递函数$\dfrac{C(s)}{R(s)}$。

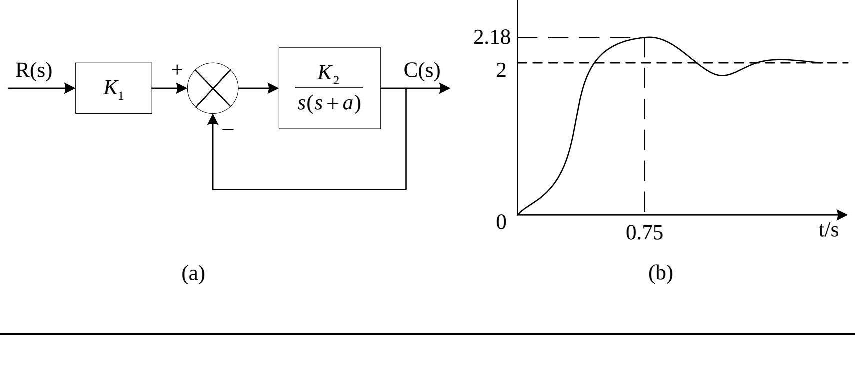


答案：

$$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{G_1(s)G_2(s)G_3(s)G_4(s)}{1+G_1(s)G_2(s)G_3(s)G_4(s)H_1(s)+G_2(s)G_3(s)H_2(s)+G_3(s)G_4(s)H_3(s)}$$

评分依据：若按梅森公式计算，前向通道、回路每个 2 分，特征式 2 分，最后结果 2 分；若按等效变换，则每一次综合点、取出点移动各 2 分，串、并、反馈化简各 2 分。

二、（20 分）已知图(a)所示系统的单位阶跃响应曲线如图(b)所示，试求参数 K_1、K_2 和 a 的值。



(a)　　　　(b)

答案：

$$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{K_1K_2}{s^2+as+K_2}$$ （2 分）

由图（b）稳态输出值为 2，可知 $K_1=2$ （2 分）

$$M_P=e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}=0.09 \Rightarrow \zeta=0.6$$ （4 分）

$$t_p=\frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}=0.75 \Rightarrow \omega_n=5.2$$ （4 分）

$$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{K_1K_2}{s^2+as+K_2}=\frac{K_1\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$$ （2 分）

$K_2=\omega_n^2=27.04$ ， $a=2\zeta\omega_n=6.24$ （6 分，每个式子 2 分，每个结果 1 分）

三、（20 分）设单位反馈控制系统的开环传递函数为 $G(s)=\dfrac{K}{s(s+1)(s+2)}$

（1）绘制系统的根轨迹图；

（2）确定引起衰减振荡响应时的 K 值范围；

（3）当系统响应为等幅振荡情况时，计算闭环极点。

答案：

开环极点 0、-1、-2，无开环零点 （1 分）

实轴上根轨迹区间为（−∞，−2）、(-1，0） （2 分）

渐近线：$\varphi_a=\pm 60^\circ,180^\circ$，$\sigma_a=\dfrac{\sum p_i-\sum z_j}{n-m}=-1$ （1 分）

分离点：$s_d\approx -0.42$，K=0.38 （4 分）

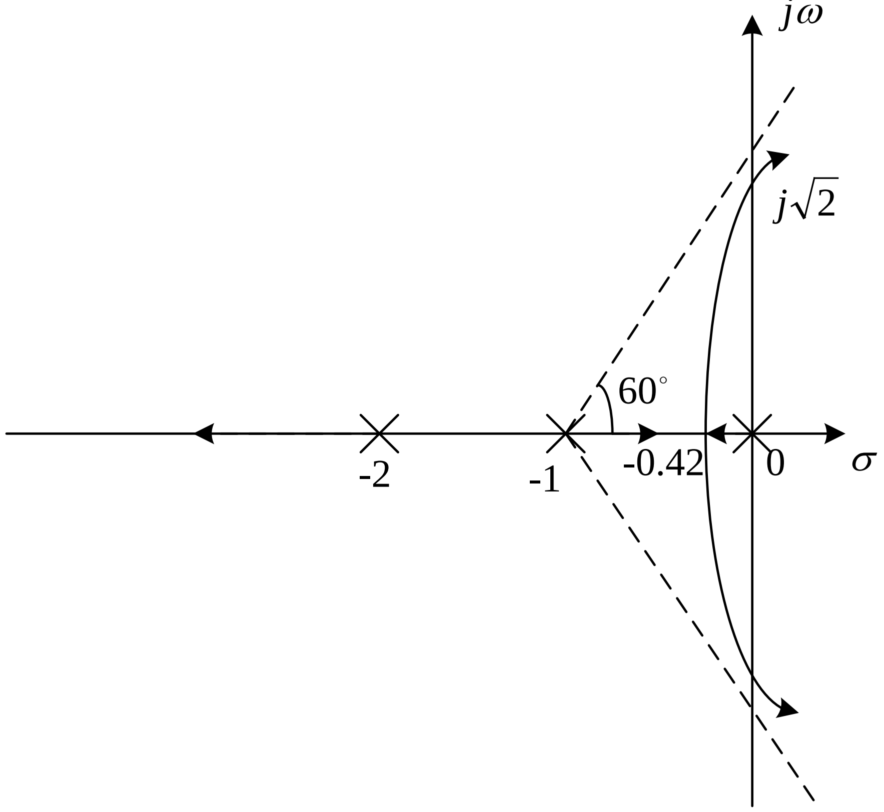
与虚轴交点：$\pm j\sqrt{2}$，K=6 （4 分）

图形

（2）衰减振荡 K 值范围（0.38，6） （2 分）

（3）$\pm j\sqrt{2}$，-3 （2 分）

图形 （4 分）

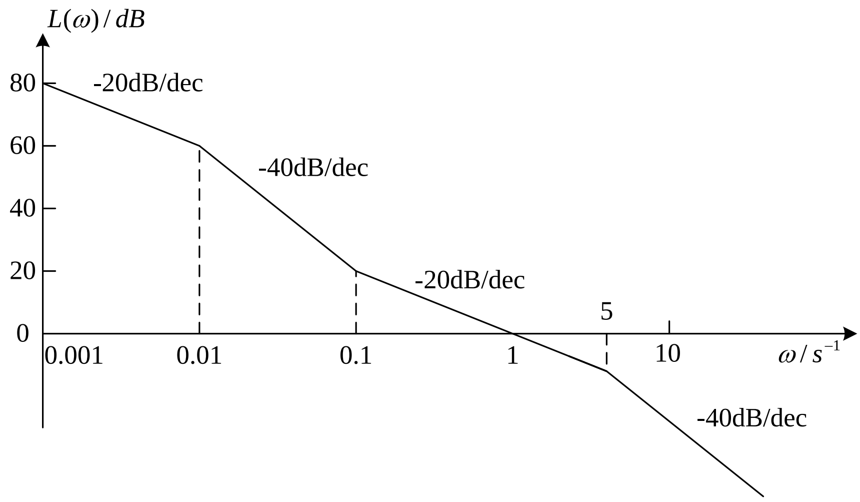


四、(20 分)如图所示为一单位反馈系统的开环对数幅频特性(最小相位系统)。试求：

（1）写出系统的开环传递函数；

（2）计算系统的相角裕度；

（3）求 $r(t)=0.5+2t$ 时的系统稳态误差。



答案：

（1）$G(s)=\dfrac{10(10s+1)}{s(100s+1)(0.2s+1)}$　　　（每个环节 2 分，共 10 分）

（2）$\omega_c=1$，$\varphi(\omega)=-90^\circ+tg^{-1}10\omega-tg^{-1}100\omega-tg^{-1}0.2\omega$　　（3 分）

$\gamma=180^\circ+\varphi(\omega_c)=73.56^\circ>0^\circ$，系统稳定　　（公式 2 分，结果 2 分）

（3）$e_{ss}=0+\dfrac{2}{K_\upsilon}=\dfrac{2}{10}=0.2$　　（3 分）

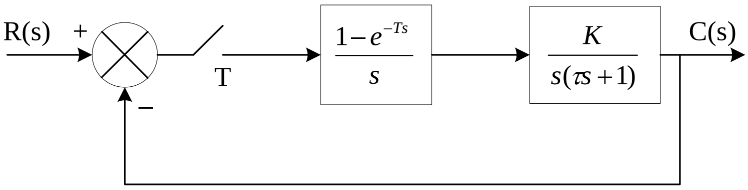
五、（8 分）写出串联超前校正装置的传递函数，说明其应用场合及所能达到的校正效果。

答案：

$G_c(s)=\dfrac{\alpha Ts+1}{Ts+1}\,(\alpha>1)$　　（2 分）

超前校正可产生正的相角移动和正的幅值斜率。通过幅值扩张可改善中频段斜率，故采用超前校正可以增大系统的稳定裕度和频带宽度，提高系统动态响应的平稳性和快速性。其对提高系统的稳态精度作用不大，且使抗干扰能力有所降低，因此一般用于稳态性能已满足要求但动态性能较差的系统。（6 分）

六、（14 分）如图所示为一采样控制系统，输入信号 $r(t)=2\times1(t)+t$，试计算系统的稳态误差（假设各参数能满足闭环系统稳定）。



答案：

$$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\cdot\frac{K}{s(\tau s+1)}=(1-e^{-Ts})\left(\frac{K}{s^2}+\frac{-K\tau}{s}+\frac{K\tau}{s+\frac{1}{\tau}}\right)$$　　（4 分）

$$G(z)=(1-z^{-1})\left(\frac{KTz}{(z-1)^2}-\frac{K\tau z}{z-1}+\frac{K\tau z}{z-e^{-\frac{T}{\tau}}}\right)=\frac{KT(z-e^{-\frac{T}{\tau}})+K\tau(z-1)(e^{-\frac{T}{\tau}}-1)}{(z-1)(z-e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

（4 分）

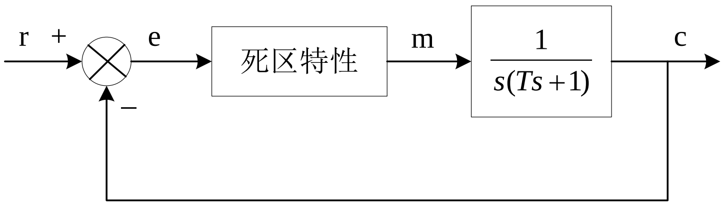
该系统为 I 型系统，$K_\upsilon=\lim\limits_{z\to1}(z-1)G(z)=KT$　　（4 分）

$e_{ss}=0+\frac{T}{K_v}=\frac{1}{K}$　　　　（2 分）

七、（20 分）图示系统中的非线性特性为死区特性，其死区宽度为 a（a<1），线性输出的斜率为 K，在单位阶跃信号输入下，写出利用相平面法分析系统时的以下方程：

（1）各区域的相轨迹方程；

（2）各区域的等倾线方程；



答案：

线性部分微分方程：$T\ddot{c}+\dot{c}=m$　　　　（2 分 ）

e=r-c，$\dot{r}=\ddot{r}=0$，则 $T\ddot{e}+\dot{e}+m=0$　　　　（2 分 ）

按非线性特性分区：

$T\ddot{e}+\dot{e}=0$，$|e|<a$　　　　（2 分 ）

$T\ddot{e}+\dot{e}+K(e-a)=0$，$e>a$　　　　（2 分 ）

$T\ddot{e}+\dot{e}+K(e+a)=0$，$e<-a$　　　　（2 分 ）

$\ddot{e}=\dot{e}\cdot\frac{d\dot{e}}{de}=\dot{e}\cdot q$，

当 $|e|<a$，$q=-\frac{1}{T}$　　　　（2 分 ）

当 $e>a$，$\dot{e}=\frac{-K(e-a)}{Tq+1}$　　　　（2 分 ）

令 $\dot{e}=\ddot{e}=0$，得奇点坐标为(a，0)　　　　（2 分 ）

当 $e<-a$，$\dot{e}=\frac{-K(e+a)}{Tq+1}$　　　　（2 分 ）

令 $\dot{e}=\ddot{e}=0$，得奇点坐标为(-a，0)　　　　（2 分 ）

八、（16 分）已知系统的状态方程为

$$\dot{x}=\begin{bmatrix}-1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}1\\1\end{bmatrix}u,\quad y=[1\quad 0]x$$

（1）判断系统的能控性、能观性、稳定性；

（2）求出系统的传递函数；

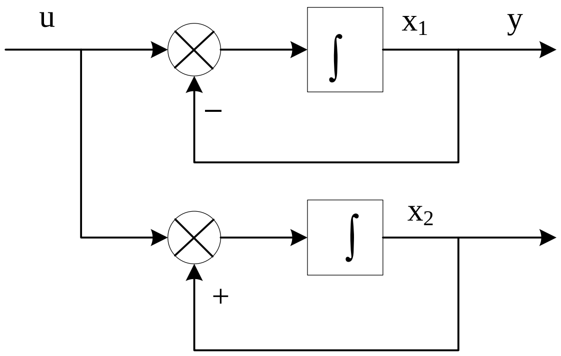
（3）画出系统的模拟结构图。

答案：

（1）系统矩阵为对角阵，特征值为-1，1，控制矩阵均不为 0，可判断系统状态能控（2 分）；由输出方程可知 y 只与 x_1 有关，而 x_1、x_2 无耦合关系，故系统状态不完全能观（2 分）；有位于 s 右半平面的特征根，系统不稳定。（2 分）

（2）$\dfrac{Y(s)}{U(s)}=c(sI-A)^{-1}b=\dfrac{1}{s+1}$　　　　（式子 3 分，结果 3 分）

（3）图形　　　　（4 分）



九、（20 分）系统的传递函数为 $G(s)=\dfrac{10}{s(s+1)(s+2)}$

（1）写出系统的能控标准 I 型状态空间描述；

（2）设计一状态反馈矩阵，使闭环极点配置在−2，$-1\pm j$。

答案：

（1）$\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1 & 1\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & -2 & -3\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}u$，$y=\begin{bmatrix}10 & 0 & 0\end{bmatrix}x$　　　　（6 分）

（2）系统能控，可实现任意极点配置。

期望特征多项式 $f^*(\lambda)=\lambda^3+4\lambda^2+6\lambda+4$　　　　（2 分）

$f(\lambda)=\det[\lambda I-(A+bK)]=\lambda^3+(k_3+3)\lambda^2+(k_2+2)\lambda+k_1$　　　　（6 分）

令 $f(\lambda)=f^*(\lambda)$，解得 K=[4，4，1]　　　　（6 分）