

浙江大学

2024 年硕士学位研究生入学考试试题

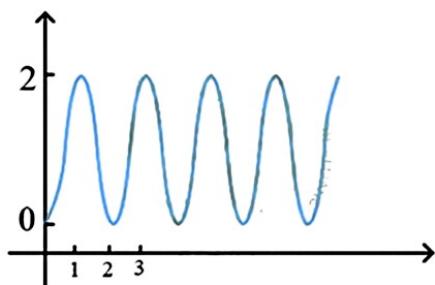
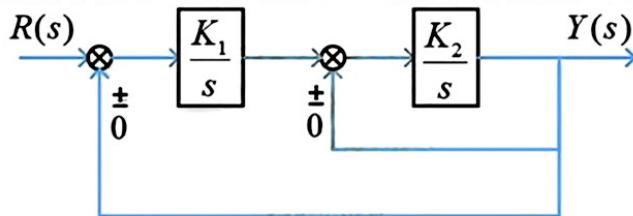
科目代码: 845

名称: 自动控制原理

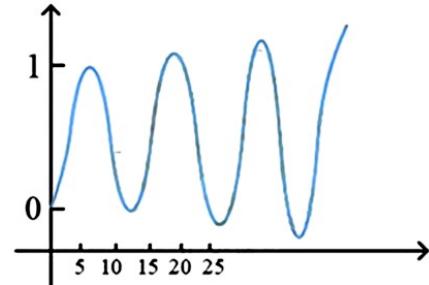
满分: 150

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

一、某反馈系统结构图如下, 在单位阶跃信号输入下有 (a) (b) 两种输出示意图, (浙大自动化考研群: 971278732) 分情况判断两处反馈的极性, 正反馈、负反馈还是断开。(0 是断开)

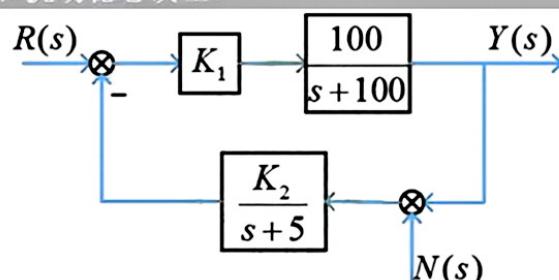


(a)

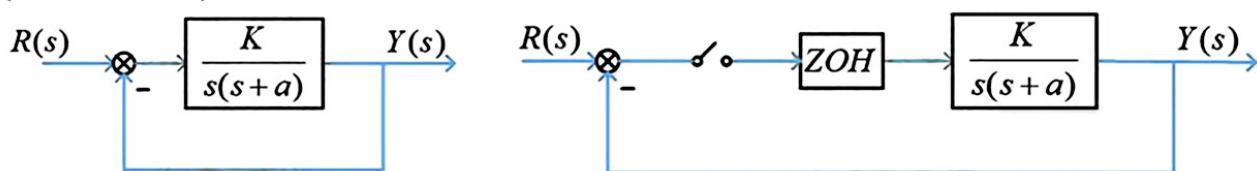


(b)

二、在单位阶跃输入作用下, 求出输入稳态误差和扰动稳态误差, 并分析调整 K_1K_2 同时使系统具有较小的输入稳态误差和扰动稳态误差。



三、某单位负反馈系统的超调量为 16%, (浙大自动化考研群: 971278732) 调节时间为 8s(2%)。然后在结构图中加入采样开关和零阶保持器, 求使系统稳定的采样周期 T 的条件。
($\ln 0.16 = -1.83$)



四、某系统状态方程如下, 画出以 $\frac{1}{a}$ 为参数的根轨迹。

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{a} & -\frac{1}{a} & 0 \\ -\frac{2}{5} & -\frac{1}{5} & -\frac{1}{5} \\ -\frac{1}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{2}{5} \\ 1 \end{bmatrix}u$$

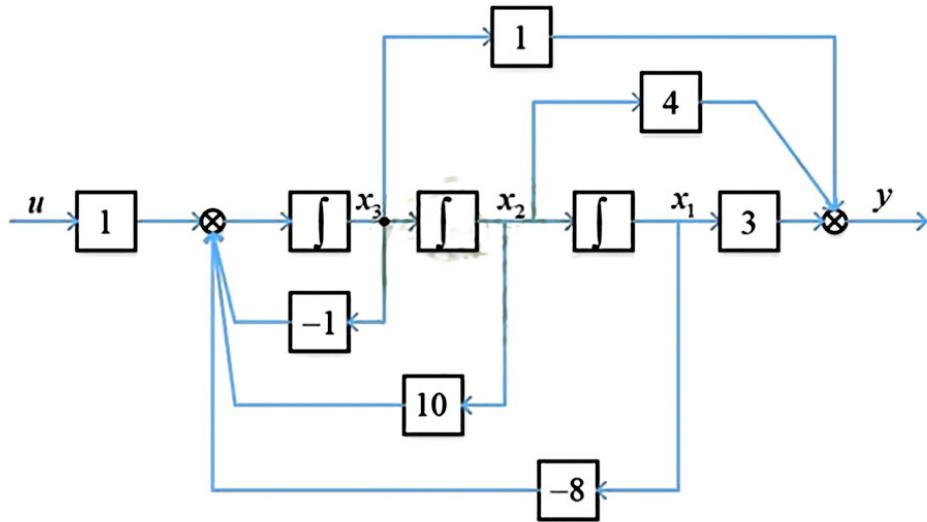
$$y = [1 \ 0 \ 0]x$$

五、某负反馈开环传递函数为 $G(s)H(s) = \frac{K}{(as+1)(bs+1)}$, ($a > 0, b > 0, K > 0$), K_{\max} 是系统达到临界稳定时 K 的值, 当 $K = \frac{1}{2}K_{\max}$ 时, 求此时系统的幅值裕度。($\lg 5 = 0.7$)

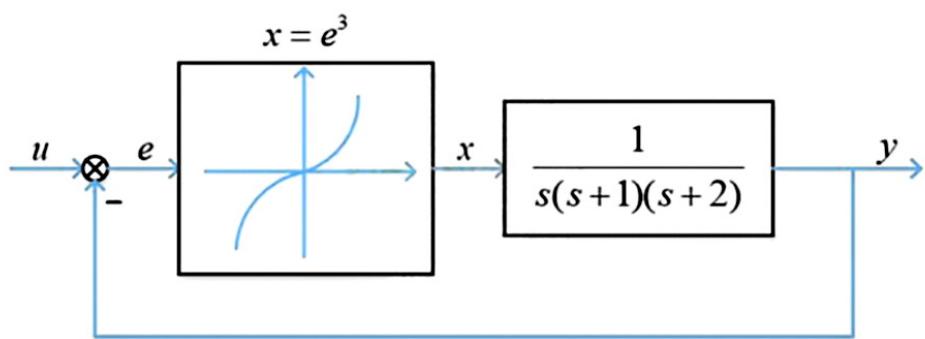
六、某离散二阶系统 $\frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{b_0}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$, (浙大自动化考研群: 971278732)求使系统稳定时, a_1, a_2 的取值范围, 并以 a_1 为横坐标, a_2 为纵坐标的图中画出符合该条件的范围。

七、某动态系统状态模型为 $\dot{x} = Ax + bu$, 其中 $x \in R^n, u \in R$ 。试证明: 系统能控的充要条件是不存在 b 正交的 A 的左特征向量 \bar{v} , 即 $\begin{cases} \bar{v}^T A = \lambda \bar{v}^T \\ \bar{v}^T b = 0 \end{cases}$ 不存在非零解, λ 为 A 的特征值。

八、某系统状态变量图如下, 试设计状态反馈控制器, 使系统闭环传递函数为 $\frac{s+1}{(s+2)(s+6)}$ 。



九、某非线性结构图如下所示, (浙大自动化考研群: 971278732)使用描述函数法求系统自激振荡的振幅和频率, 并判断此振荡的稳定性。



十、某系统的状态方程如下, (浙大自动化考研群: 971278732) 使用李雅普诺夫第二法(直接法)判断该系统在平衡点处的稳定性 (C 为常实数)。

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + cx_1(x_1^2 + x_2^2) \\ \dot{x}_2 = -x_1 + cx_2(x_1^2 + x_2^2) \end{cases}$$

浙江大学2023年攻读硕士研究生入学考试试题

考试科目：845 自动控制原理 考试时间：3 小时

一、(8分) 已知线性定常系统

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx \text{ 其中 } B = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$$

已知系统的状态转移矩阵为中 $\Phi(t) = \begin{bmatrix} 2e^{-t} - e^{-2t} & e^{-t} - e^{-2t} \\ -2e^{-t} + 2e^{-2t} & -e^{-t} + 2e^{-2t} \end{bmatrix}$, 写出系统的传递函数。

二、(8分) 已知离散系统的差分方程为 $y(n) = y(n-1) + y(n-2)$, 且 $y(0) = y(1) = 1$, 求 $y(n)$ 的解析解。

三、(8分) 单位负反馈的开环传递函数为 $G(s) = \frac{2(s+\alpha)}{s^3 + (1+\alpha)s^2 + (\alpha-2)s + (1-2\alpha)}$, 是否存在使闭环系统对单位阶跃输入的稳态误差小于 0.05 的 α ? 若存在, 给出 α 值范围; 若不存在, 说明原因。

四、(10分) 某反馈系统结构如图 1 所示, 在输入 $r(t)$ 单位阶跃作用下 $y(t)$ 可以近似为二阶系统响应, 如图 2 所示。根据图 2 求出 $G(s)$, 并判断闭环系统和开环 $G(s)$ 系统的稳定性。(已知 $\ln 0.57 = -0.562$)

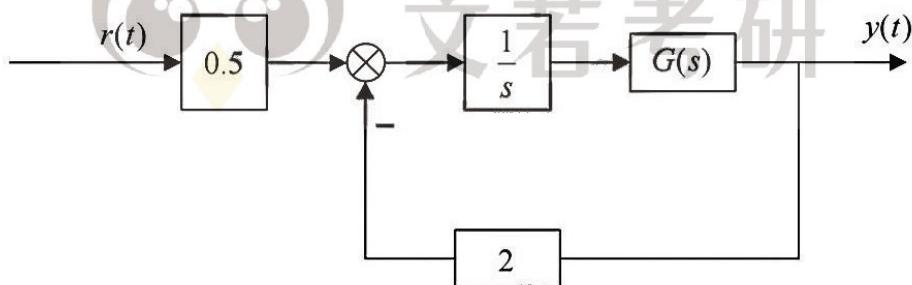


图 1

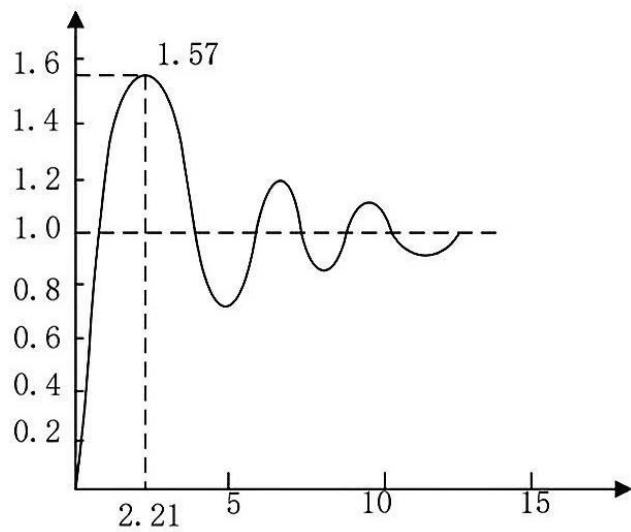


图 2

五、(10 分) 设单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{(s+1)(s+1.5)(s+2)}$

希望闭环系统所有的特征根都具有小于-1 的实部, 求 K 的最大值。

六、(22 分) 已知系统 A 的传递函数为 $\frac{1}{s^2 + 2s + 1}$, 系统 B 的传递函数为 $\frac{1}{s^2 + 2\zeta s + 1}$ ($\zeta > 1$)。

1、(4 分) 试求零初始条件系统 A 的单位阶跃响应。

2、(6 分) 试求零初始条件系统 B 的单位阶跃响应。

3、(12 分) 定义系统调节时间为其阶跃响应进入稳态值 $\pm 2\%$ 范围内所需的时间, 试证明: 系统 A 的调节时间小于系统 B 的调节时间。

七 (15 分) 某控制系统如图 3 所示, 若期望该系统阶跃响应的超调量不大于 5%, 调节时间不大于 0.95 秒 (稳态值 $\pm 2\%$), 试确定 K 值。

(已知 $\ln 0.05 = -3$, $\ln 0.0432 = -3.14$)

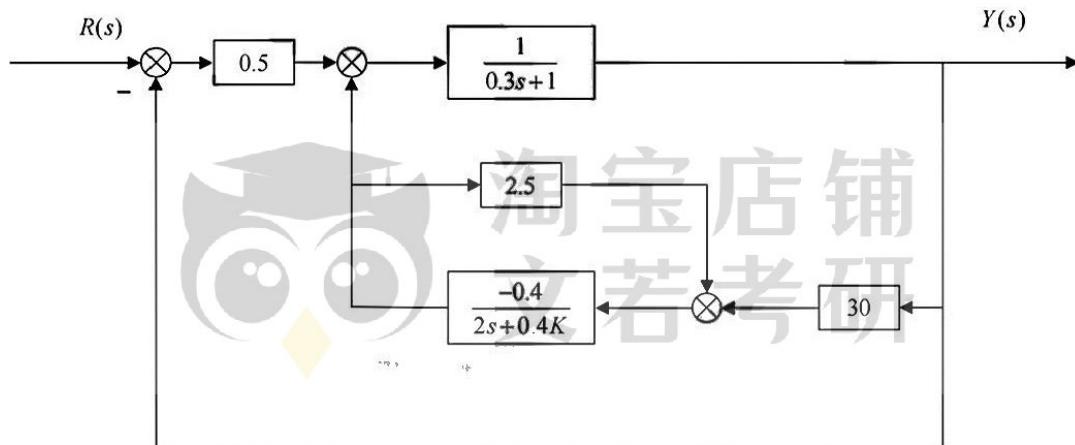


图 3

八、(18 分) 某单位负反馈系统的闭环零点为-10, 闭环极点为 $-1 \pm 2j$, 已知当参考输入为单位阶跃函数时, 系统的稳态误差为零。

1、(8 分) 画出闭环系统的特征根关于开环系统根轨迹增益的根轨迹草图;

2、(5 分) 证明系统的复数根轨迹部分满足一个圆的方程, 并写出该圆方程;

3、(3 分) 画出系统的开环对数幅频特性渐近线图;

4、(2 分) 若增加根轨迹增益值, 则系统的调节时间 t_s 会怎样变化?

九、(15 分) 某离散系统的状态变量图如图 4 所示。

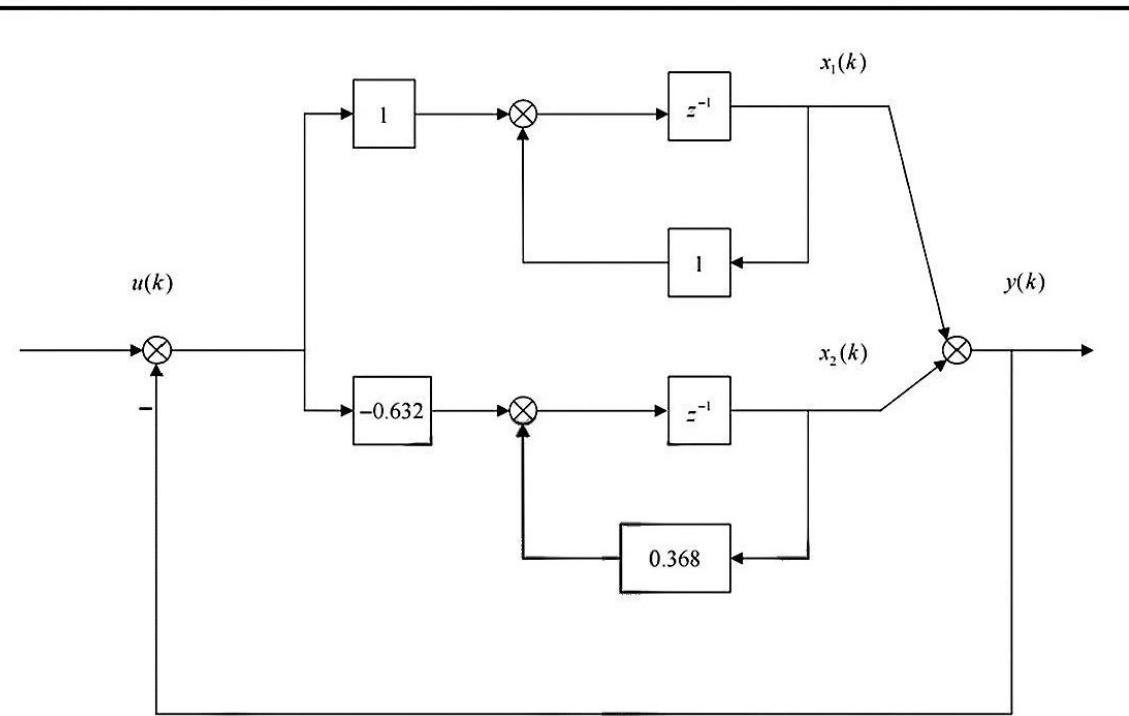


图 4

1、(10 分) 写出该系统的状态方程和输出方程。

2、(5 分) 给出系统的脉冲传递函数 $\frac{Y(z)}{U(z)}$ (假设初始条件为零)。

十、(26 分) 已知系统的状态空间表达式为:

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

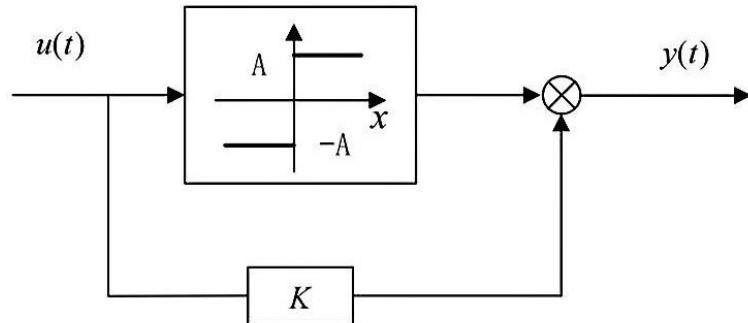
1、(10 分) 能否通过状态反馈将系统的闭环极点配置在 $-3, -0.5 + j0.5\sqrt{3}, -0.5 - j0.5\sqrt{3}$ 处? 若能, 则求出状态反馈矩阵;

2、(10 分) 能否设计该系统的状态观测器? 若能, 设计出极点位于 $-5, -5$ 处的二维状态观测器;

3、(3 分) 基于(1)和(2)的结果, 求出带有二维状态观测器的状态反馈闭环控制系统的传递函数;

4、(3 分) 画出带有二维状态观测器的状态反馈闭环控制系统的状态变量图。

十一、(10 分) 试确定图 5 所示非线性系统的描述函数。



浙江大学

2022 年攻读硕士研究生入学考试试题

考试科目：自动控制原理 编号：845 计算器：禁用

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或者草稿纸上均无效。

一、画出前馈—反馈框图，写出各环节内容，并说明前馈的前提条件。

二、下列两个环节是否是线性时不变系统，给出证明。

1、纯滞后环节： $y(t) = u(t - \tau)$ ， $t \geq 0$ ， $\tau > 0$ 且为常数；

2、采样保持环节： $y(t) = u[(k-1)t]$ ， $t \in [(k-1)T, kT]$ 。

三、已知线性系统的状态空间为

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & -3 \\ a & -b \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} d \\ 0 \end{bmatrix}u \\ y &= [0 \ 2]x\end{aligned}$$

化成对角规范型为

$$\begin{aligned}\dot{z} &= \begin{bmatrix} -3 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}z + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}u \\ y &= [-5 \ 5]z\end{aligned}$$

求 a 、 b 、 d 。

四、已知系统状态空间为： $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -4 & 0 \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u$ ，其离散控制系统的状态空间为：

$x(k+1) = G(T)x(k) + H(T)u(k)$ ，其中 $G(T) = e^{AT}$ ， $H(T) = \int_0^T e^{At}Bdt$ ，求不完全能控时 T 的取值范围。

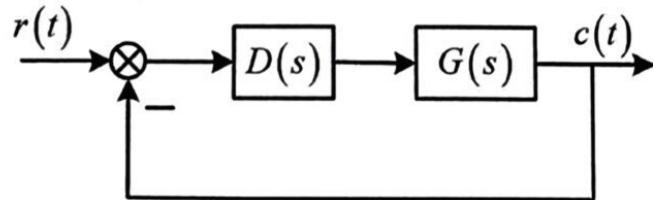
五、某单位负反馈控制系统的开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{800}{(s+20)^2(s+1+j)(s+1-j)}$$

1、根据主导极点方法化简；

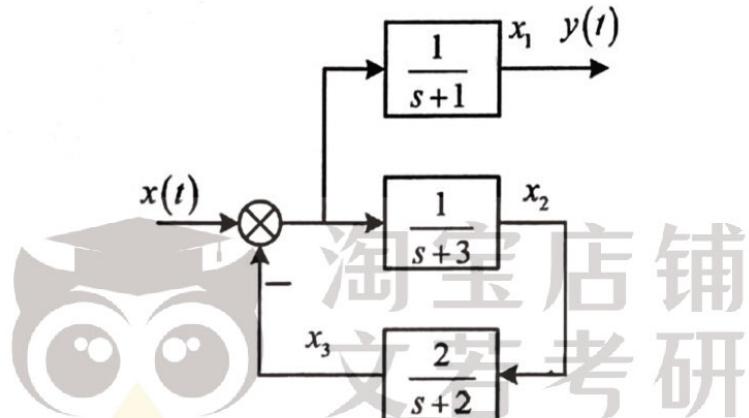
2、求化简后的单位阶跃响应上升时间，峰值时间，超调量，调节时间 ($\Delta = 2\%$)。

六、某控制系统结构图如图所示



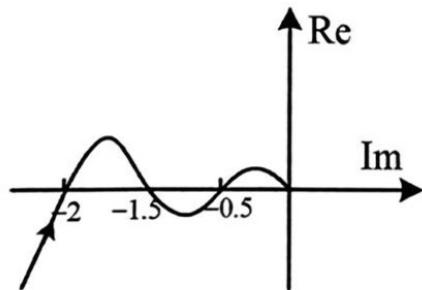
其中 $G(s) = \frac{s+0.6}{(s-0.5)(s+b)}$, $D(s) = \frac{s-0.37}{s+a}$, 要使 $-0.2 \pm 0.3j$ 为闭环极点, 求参数 a 、 b 。

七、控制系统的结构图如图所示, 试回答下列问题

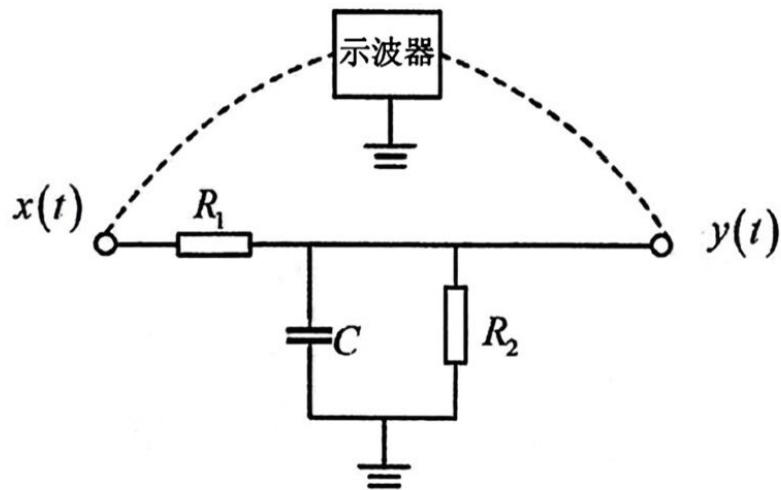


- 1、求状态空间表达式;
- 2、求传递函数, 并判断系统稳定性;
- 3、分析能控性、能观性;
- 4、能否通过状态反馈任意配置闭环极点? 如果能, 求出矩阵 K , 使主极点负实部为 -1 , 阻尼比为 0.5 , 假设非主极点负实部为 -10 ;
- 5、设计全维状态观测器使极点均为的 -10 ;
- 6、最小维观测器是几维?

八、I型最小相位系统, 开环增益 $K=5$ 时, 开环幅相特性曲线与实轴交点为 -2 , -1.5 , -0.5 , 求系统稳定时 K 的范围。

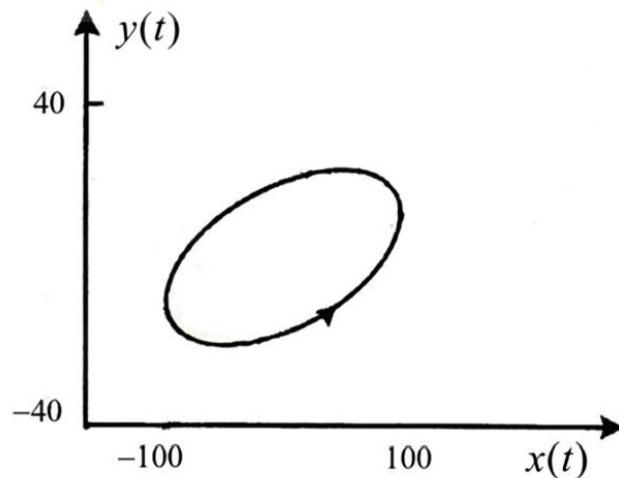


九、某电路系统如下图所示



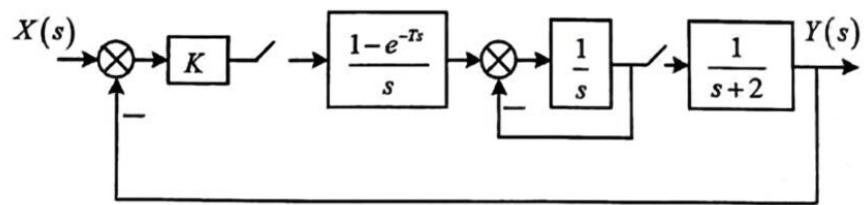
1、 $x(t)$ 为输入， $y(t)$ 为输出， 求传递函数；

2、连示波器，当输入 $x(t) = 100 \sin 2t$ 时，示波器输出为椭圆形，最高点坐标(50,25)，求逆时针走完一圈所需要的时间，以及输出稳定后 $y(t)$ 的表达式；



3、当 $C = 2 \times 10^{-4} F$ 时，求参数 R_1 、 R_2 。

十、某离散系统的结构图如下图所示



1、求系统闭环特征式；

2、 $e^{-T} = 0.2$ ，求稳态时 K 的范围；

3、 $e^{-T} = 0.2$ ， $K = 5$ ，初始状态为零， $X(s)$ 为脉冲函数 $X(s) = 1$ ，求 $y(t) = ?$

$t \in (0, 3T]$ 。



浙江大学

2021 年攻读硕士研究生入学考试试题

考试科目：自动控制原理

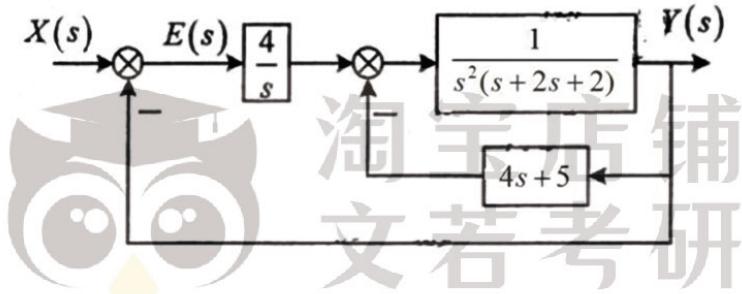
编号：845

计算器：禁用

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或者草稿纸上均无效。

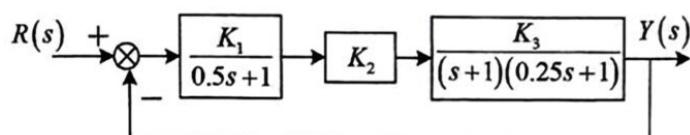
一、系统状态方程为 $\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 2 & -3 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ ，用李雅普诺夫分析系统平衡点稳定性。

二、某系统方块图如图所示，当 $x(t) = \frac{1}{2} \cdot 1(t)$ 时，其中 $1(t)$ 为单位阶跃函数，求稳态误差 $e(\infty)$ 。

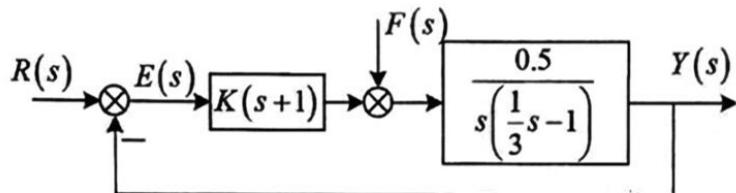


三、已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G = \frac{K}{(s+40)(s+a)(s+b)}$ ，当输入单位阶跃信号时，输出响应存在超调，稳态值为 1；当输入斜坡信号时，输出存在有限的稳态误差；当 K 增大到 $4K$ 时，输入单位脉冲信号，且 $t \rightarrow \infty$ 时，输出响应是周期 $T = \frac{\pi}{10}$ 的正弦信号，求 K , a , b 的值。

四、某系统方块图如图所示，其中 K_1 , K_2 , K_3 均大于零，若使系统稳定， K_1 , K_2 , K_3 满足什么条件；若要求系统调节时间 $t_s \leq 4$ 秒（2% 是误差），通过主导极点近似的方法确定 $K = K_1 K_2 K_3$ 的值，求出此时闭环系统的极点，并分析原系统能否满足调节时间的要求。



五、控制系统图如下图所示：



- (1) 给出 K 变化的根轨迹；
- (2) 求 $0 < \xi < 1$ 时 K 的范围 (ξ 为阻尼比)；
- (3) 求当闭环极点为 $-1.8 \pm j1.8$ 时对应的 K 值，并给出 $r(t) = f(t) = -2 \cdot 1(t)$ 时的稳态值。

六、已知某负反馈闭环系统的开环传递函数为 $G(s) \cdot H(s) = \frac{K(bs+1)}{s^2(as+1)}$, $b > a > 0$,

求 K 变化下闭环系统相角裕度的最大值。

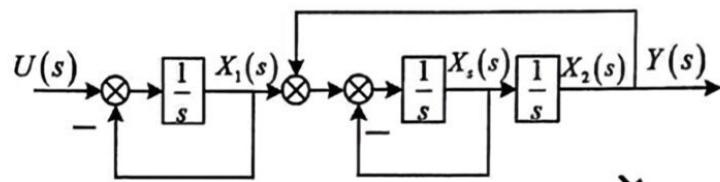
七、某负反馈闭环系统的开环传递函数 $G(s) \cdot H(s) = \frac{\sqrt{2}}{s(s+1)} \cdot e^{-\tau s}$, $\tau > 0$, 求使闭环系统稳定的 τ 的范围。

八、已知某系统的状态空间模型如下：

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -4 & -10 & -4 & -6 & -8 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u, \quad y = [0 \ 1 \ 0 \ 7 \ 0]x$$

若采样周期 $T = 1s$ ，则该系统对应的采样系统有几个特征根位于以原点为圆心，半径为 e^{-1} 的圆内。

九、已知某系统的方块图如下图所示，控制输入为 $u(t)$ ，输出为 $y(t)$ 。



要求：

- (1) 给出系统的传递函数；
- (2) 根据上图所示状态，写出状态方程；
- (3) 欲使系统的闭环极点为 $\{s^* = -2 \pm j3, -100\}$ ，请设计状态反馈控制器，并画出带状态反馈的结构图；
- (4) 若系统的参考输入为单位阶跃函数，请确定在上述状态反馈控制器的作用下系统的超调量 σ 和调节时间 t_s （2%的误差）；
- (5) 若系统的参考输入为单位阶跃函数，上述状态反馈控制器能否使系统输出对参考输入的稳态误差为零？如不能，在上述反馈控制器的基础上再应如何设计？

文若考研

浙江大学

2020 年攻读硕士研究生入学考试试题

考试科目：自动控制原理 编号：845 计算器：可用

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或者草稿纸上均无效。

一、选填

1、下列选项中，_____与系统稳定性相关

- (1) 干扰通道的特性 (2) 系统输出的通解
(3) 系统输出的特解 (4) 输入函数的形式 (5) 系统的特征方程

2、工业管道中，通过调节阀的流量 Q 满足 $Q = K\sqrt{P}$ ，其中 K 为比例常数； P 为阀门前后的压差。为设计控制系统的方便，流量 Q 与压差 P 在工作点 (Q_0, P_0) 附近近似为线性关系，则线性化流量方程应为_____，若写成增量式，则为_____。

3、某单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{20}{s(s+4)(5s+1)}$ ，当输入信号

$r(t) = 2$ 时，系统的稳态误差为_____，输入 $r(t) = 2 + 4t$ 时，误差为_____，

$r(t) = 2 + 4t + t^2$ 时，误差为_____

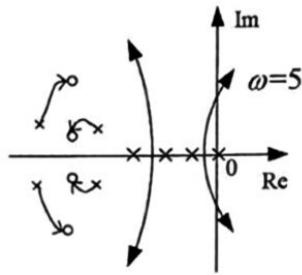
4、已知系统传函为 $G(s) = \frac{s+1}{s^3 - 2s^2 - 2s + 1}$ ，则系统的能控标准型的状态空间表达式为_____，在该状态空间实现形式下，系统状态的能观性为_____

二、简单计算

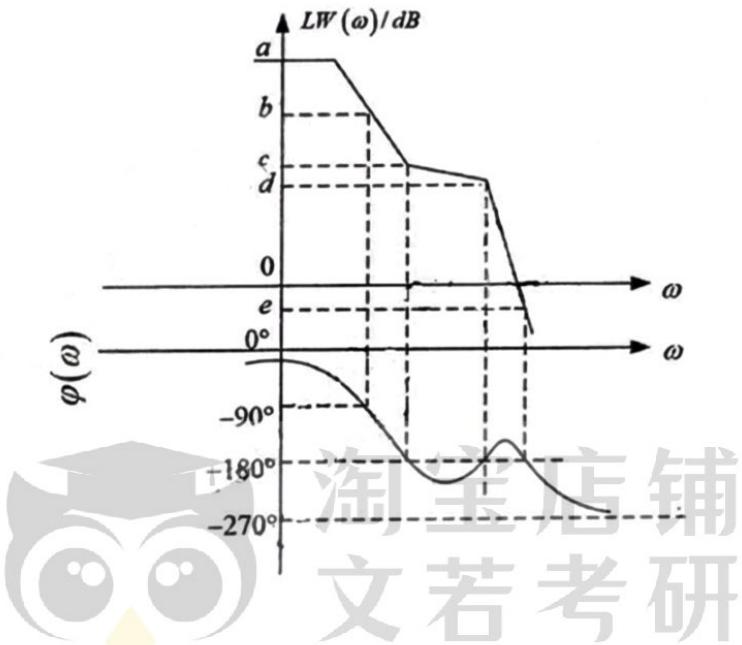
1、某单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K \prod_{j=1}^L (1 + \gamma_j s) \prod_{j=1}^M (1 + a_j s + b_j s^2)}{s^m \prod_{i=1}^n (1 + T_i s) \prod_{i=1}^N (1 + c_i s + d_i s^2)}$$

系统根轨迹如图，与虚轴交点为 $\omega = 5$ ，此时对应 $K = 6$ ，求 $K = 3$ 时幅值裕度 $h(dB)$



2、根据某系统对数频率曲线图，绘制相应 Nyquist 曲线图，标注给出的特征点与数值。



三、某工程师说“负反馈是稳定的，正反馈系统必定不稳定的”，你的观点是什么？

假如给一个系统开环传函为 $GH(s) = \frac{KK_c}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(T_3 s + 1)}$ ，其中 $KK_c > 0$ ，
 $T_i > 0, i = 1, 2, 3$ ，用此验证你的观点。

四、某系统闭环传函为 $\Phi(s) = \frac{K\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + K\omega_0^2}$

(1) 求该系统单位负反馈时的开环传递函数 $G(s)$

(2) 求当闭环极点为 $-0.5 \pm j0.5$ 时 ζ 与 ω_0 的值

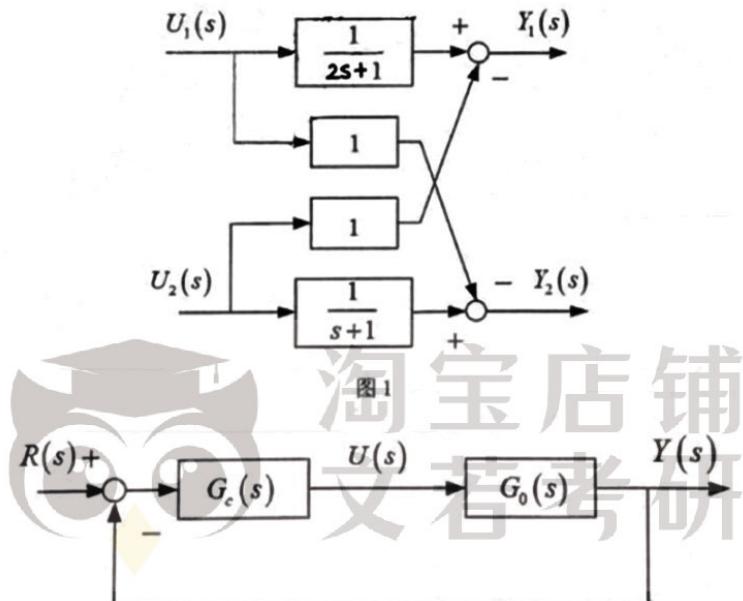
(3) 若输入为 $r(t) = 1 + \frac{1}{2}t$ ，求稳态误差不大于 0.1 时， K 范围。

五、图为一个双输入双输出系统

(1) 请给出系统输出

(2) 假设在图 1 中串联控制器 $G_c(s)$ 构成单位负反馈闭环控制系统，如图 2 所示，已知 $G_c(s) = \begin{bmatrix} -\frac{2s+1}{5s^2(2s+3)} & -\frac{2s^2+3s+1}{s^2(2s+3)} \\ -\frac{2s^2+3s+1}{5s^2(2s+3)} & -\frac{s+1}{s^2(2s+3)} \end{bmatrix}$ ，请给出闭环控制系统传函矩阵。

(3) 你认为设计该控制器的作用是什么？



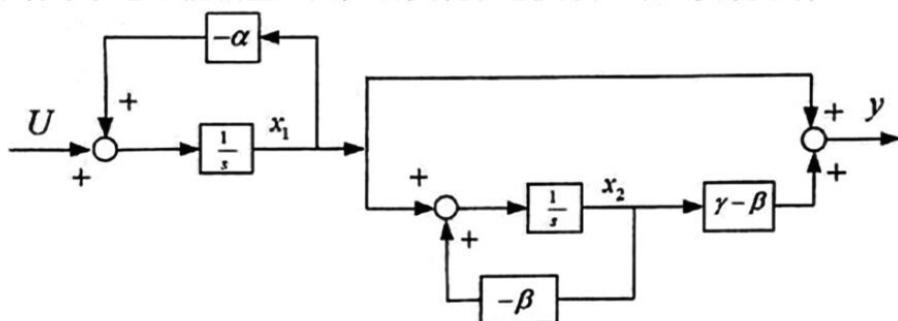
六、某系统方块图如图

(1) 写出系统状态空间表达式 (α 、 β 、 γ 均为已知参数)

(2) 设计状态反馈控制器使闭环控制系统性能满足超调量小 4.3%，调节时间小于 0.5s（考虑 Δ 小于 2% 时）

(3) 画出设计的闭环控制系统实施示意图。

(4) 若各个状态不能测量，则如何实现状态反馈？给出实现条件。



七、某对象的状态空间模型如下 (K 为实数)

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ K & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -5 \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}u \quad y = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}x$$

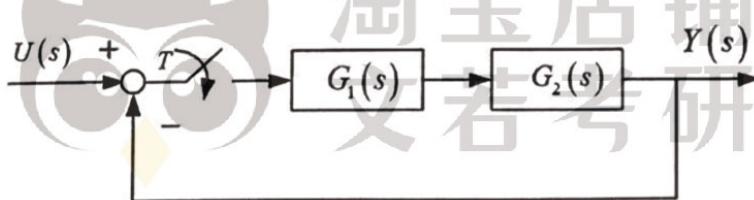
(1) 若针对该对象设计输出单位, 反馈控制系统, 请绘制该系统以 K 为参变量的根轨迹概况图。

(2) 写出使闭环系统稳定的 K 值范围

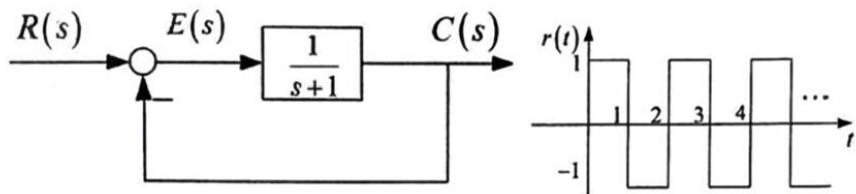
八、某采样控制系统结构如下, $G_1(s) = \frac{1-e^{-Ts}}{s}$, $G_2(s) = \frac{10K}{s(s+10)}$, 采样周期 $T = 0.1s$, 求:

(1) 系统开环脉冲传递函数

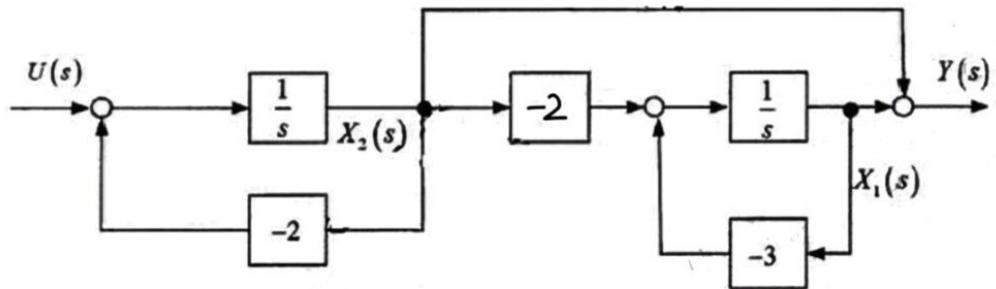
(2) 若要求静态速度误差系数 $K_v \geq 3$, K 应该如何取值, 为什么?



九、系统结构图如下, 输入信号 $r(t)$ 为方波, 试确定在 $r(t)$ 为下图所示的输入信号作用下, 系统是否有存在稳定误差, 若有, 给出稳态误差 e_{ss} 。



十、已知系统的状态变量如下：已知 $t=0$ 时， $X_1(0)=X_2(0)=1$ ，若在 $t=0$ 时，施加单位阶跃输入，试求输出响应 $y(t)$ 。



淘宝店铺
文若考研

浙江大学

2019 年攻读硕士研究生入学考试试题

考试科目：自动控制原理 编号：845 计算器：可用

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或者草稿纸上均无效。

一、1. 某系统传函为 $G(s) = \frac{(s+1)(s+3)}{(s-1)(s-2)(s+4)}$ ，经过状态反馈后，传函为

$\Phi(s) = \frac{s+1}{s^2 + 8s + 12}$ ，问系统中特征方程为_____，特征根为_____。

2. 对于 $F(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} f(nT)Z^{-n}$ ，_____决定了幅值，_____给出了时间信息。

3. 离散信号 $e(n) = 1 + a^n$ ， Z 变换 $E(Z)$ 为_____，终值存在的条件为_____。

4. 一个系统的状态空间 $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -3 \\ 0 & 1 & -3 \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}u$ ， $y = [0 \ 1 \ 2]x$ ，其能控子空间维数为_____，不能控子空间维数为_____。

5. 某系统负单位反馈，开环传递函数为 $G(s) = \frac{8}{s(s+6)}$ ，则系统脉冲响应为_____，误差传函为_____。

6. 某系统负单位反馈，开环传递函数为 $G(s) = \frac{5s+1}{s^3(s+1)(s+2)}$ ，该系统是否稳定？为什么？

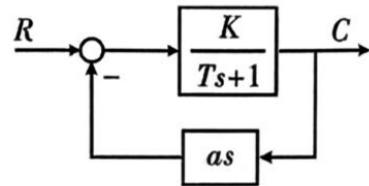
7. 请写一个平衡状态有 $x = -1, 0, 1$ 的非线性状态方程_____。

8. 某单位负反馈系统，开环传递函数为 $G(s) = \frac{K(s+1)}{s^2 + 5s + 6}$ ，它的最小转折频率为_____，系统稳定的 K 值范围_____。

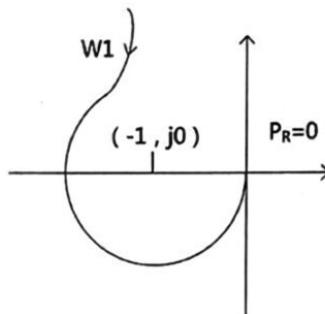
9. 某微分方程 $T \frac{dy}{dt} + y(t) = Kr(t)$ ，其初始状态为 0，问在 $r(t) = \delta(t)$ 时，它的脉冲响应 $g(t_1) = 1$ ，则 $t_1 = _____$ 。

10. 某单位负反馈系统开函 $G(s) = \frac{4}{s+1}$ ，当输入 $x(t) = \sin(5t + 45^\circ)$ 时，闭环传递函数为_____，系统稳态输出为_____。

11. 该系统的闭环传递函数为_____, 若希望该系统动态响应更快, a 应该_____。



12、已知系统奈氏图如下，系统_____型，是否稳定_____如果不稳定，判断不稳定极点数
_____.



二、某系统等效的开环传递函数为:

$$G_{eq}(s) = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_2 G_3 G_6 + G_2 G_6 G_7 - G_1 G_5 + G_1 G_2 G_3 G_4 (G_8 - 1)}.$$

(1) 该系统的闭环传递函数 $\Phi(s)$?

(2) 若反馈回路是 $H(s) = G_8$, 则该系统实际的开环传递函数是?

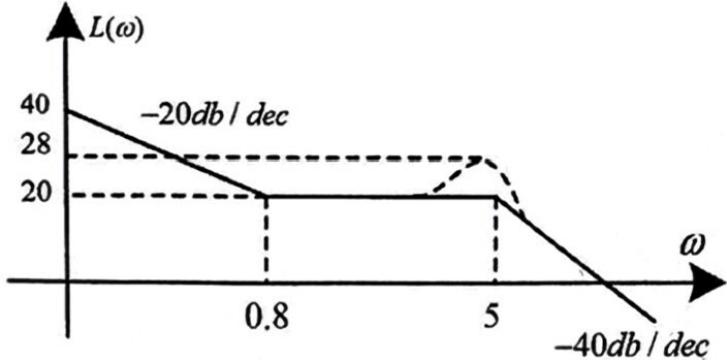
三、某单位负反馈系统, 开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{(s+2)^2 (s+6)^2}$

(1) 请绘制其根轨迹。

(2) 若要求系统 $t_s \leq 2s$ (2%), 问 K 应该为何值, 说明理由?

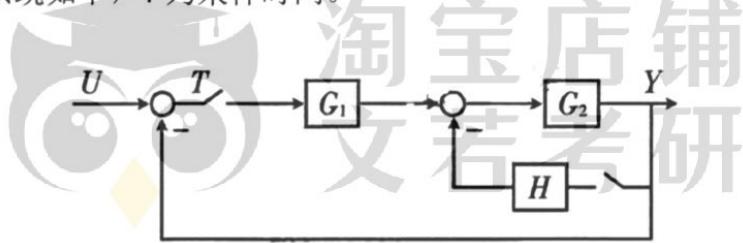
(3) 若要求系统的单位阶跃误差 $e_{ss} \leq 0.1$, K 应该为何值, 说明理由?

四、某最小相位系统的 Bode 图如下所示：



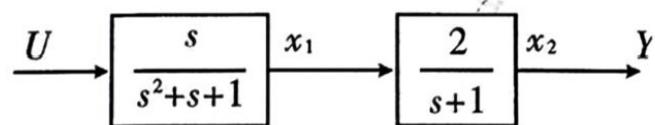
- (1) 根据 Bode 图, 请写出系统传递函数。
- (2) 当 $r(t)=1+2t$ 时, 系统的稳态误差 e_{ss} ?

五、某采样系统如下, T 为采样时间。



- (1) 该系统的脉冲传递函数。
- (2) 已知 $G_1 = \frac{1-e^{-Ts}}{s}$, $G_2 = \frac{2K}{s+2}$, $H = \frac{s+2}{K}$, 该系统的稳定 K 值的范围。

六、如图所示系统, x_1 , x_2 为已指定的状态变量。

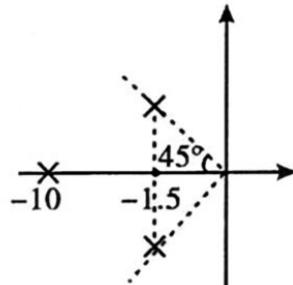


$$\text{(提示: } \frac{s}{s^2 + s + 1} = \frac{\frac{s}{s+1}}{s+1} \text{)}$$

- (1) 请写出该系统状态空间方程。
- (2) 该系统是否能观能控?

七、某系统的状态方程为 $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -3 & -4 \end{bmatrix}x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}u(t)$, $y = [1 \ 0 \ 0]x(t)$ 。

- (1) 判断系统是否能观, 如果能观, 请设计全维观测器, 使状态观测误差以设计速率 e^{-10t} 的速率衰减。
 (2) 请设计极点位于下图根轨迹所示的状态反馈控制器。



八、某非线性系统方程为 $\ddot{y} + \sqrt{y} + y \cdot \dot{y} = u^2$, u 为输入, $y(t)$ 为输出

- (1) 令 $x_1 = y$, $x_2 = \dot{y}$, 请根据 x_1 , x_2 写出该系统的状态方程。
 (2) 请写出系统的所有平衡点。
 (3) 当 $u=1$ 时, 系统处于工作点状态, 请在工作点处把该系统线性化。

浙江 大 学

2018 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 自动控制原理 编号: 845

注意: 答案必须写在答题纸上, 写在试卷或草稿纸上均无效。

一、选择题 (每小题 5 分, 共 25 分)

1. 下列系统中属于不稳定系统的是 ()。
A. 闭环特征方程为 $s^2+5s+5=0$ 的系统 B. 闭环极点为 $s_{1,2} = -2 \pm j5$ 的系统
C. 阶跃响应为 $c(t)=10(1+e^t)$ 的系统 D. 斜坡响应为 $2t + 8e^{-4st}\sin 100t$ 的系统
2. 若系统为 $G(s) = \frac{1}{s+1}$, 当输入 $\sin\left(t + \frac{\pi}{2}\right)$ 时, 系统稳态输出表达式是 ()。
A. $\sqrt{2} \sin\left(t + \frac{\pi}{2}\right)$ B. $\frac{\sqrt{2}}{2} \sin\left(t + \frac{\pi}{2}\right)$ C. $\frac{\sqrt{2}}{2} \sin\left(t + \frac{\pi}{4}\right)$ D. $\frac{\sqrt{2}}{2} \sin\left(t - \frac{\pi}{4}\right)$
3. 某负反馈系统开环传递函数为 $\frac{k(s+2)}{s}$ ($k>0$), 在其根轨迹上对应于 $k=1$ 的闭环极点是 ()。
A. $s = -2$ B. $s=0$ C. $s = -1$ D. $s=1$
4. 对有限频谱 ($-\omega_{\max} \leq \omega \leq \omega_{\max}$) 的连续信号 $e(t)$ 采样, 当希望采样信号 $e^*(t)$ 能不失真地完全复现采样前的连续信号 $e(t)$, 则要求采样周期 T_s 为 ()。
A. $T_s \leq \frac{1}{\omega_{\max}}$ B. $T_s \geq \frac{2\pi}{\omega_{\max}}$ C. $T_s \geq \frac{\pi}{\omega_{\max}}$ D. $T_s \leq \frac{\pi}{\omega_{\max}}$
5. 某系统的闭环特征方程为 $s^5+s^4+4s^3+4s^2+2s+1=0$, 则该系统一定为 ()。
A. 稳定, 在 s 右半平面没有根
B. 不稳定, 且在 s 右半平面有 1 个根
C. 不稳定, 且在 s 右半平面有 2 个根
D. 不稳定, 且在 s 右半平面有 3 个根

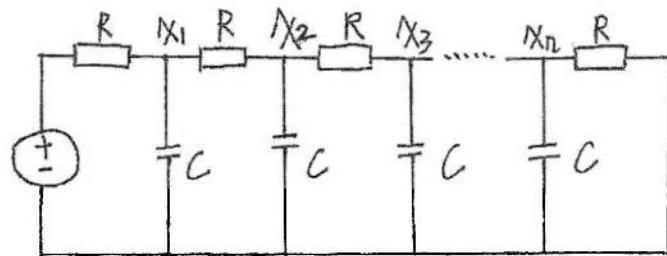
二、(10 分) 已知某单位负反馈系统的单位脉冲响应为 $k(t)=4e^{-2t}-4e^{-4t}$, 试求:

- (1) 系统的开环传递函数;

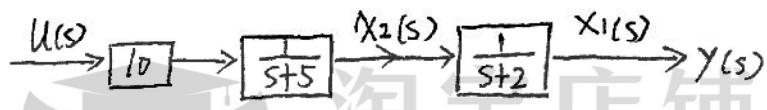
(2) 系统的误差传递函数;

(3) 当输入为 $1 + \frac{1}{3}t$ 时, 求系统的静态误差。

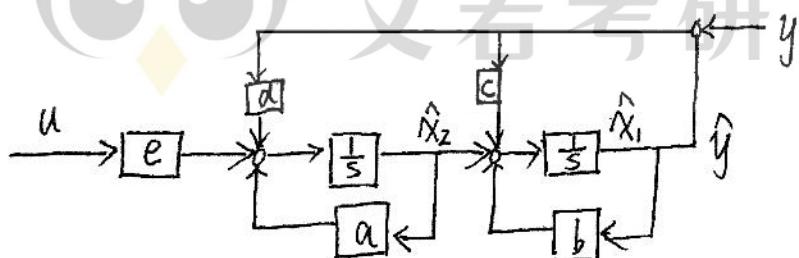
三、(15分) 某电网络如图所示, 系统输入 u_1, u_2 均为电压源, 输出为 x_n , 选取各电容器两端的电压 (自左向右) 为状态变量, 试列写系统状态方程。



四、(15分) 已知系统方框图如图(a)所示。试求:



图(a)

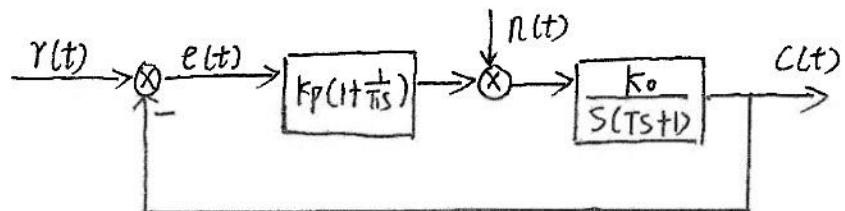


图(b)

(1) 按照指定的状态变量列写该系统的状态方程;

(2) 若该系统状态变量不直接可测, 构造一个全维状态观测器, 使得状态观测误差以 e^{-10t} 的速率衰减, 确定图(b)中字母 a, b, c, d, e 的值。

五、(15分) 如图所示控制系统, 其中 $e(t)$ 为误差传函, 参数均为非负。



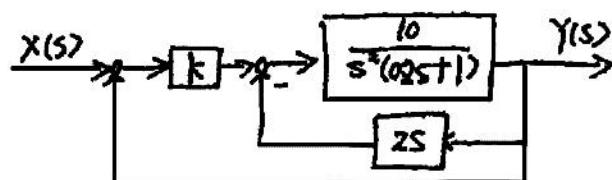
- (1) 求 $r(t)=t$, $n(t)=0$ 时, 系统的稳态误差 e_{ss} ;
- (2) 求 $r(t)=0$, $n(t)=t$ 时, 系统的稳态误差 e_{ss} ;
- (3) 求 $r(t)=t$, $n(t)=t$ 时, 系统的稳态误差 e_{ss} ;
- (4) 当系统参数 K_0 、 T 、 K_P 、 T_1 变化时, 上述结果有何变化?

六、(15分) 设单位负反馈的系统的开环传函为: $G(s) = \frac{K}{s(s+a)}$, 其中: $K>0$ 、
 $a>0$ 。

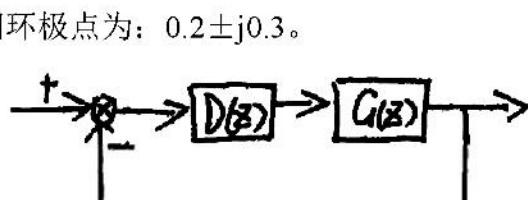
- (1) 试绘出参数 K 和 a 从零变到无穷大时的根轨迹簇;
- (2) 如果系统具有振荡形式的动态响应, 请分别求出下列情况下参数 a 和 K 的取值范围 (并在根轨迹图上示意):
 - a) 当系统百分比超调量小于 4.3% 时;
 - b) 当系统峰值时间小于 0.395 秒时;
 - c) 当系统调节时间 (考虑 2% 误差带) 小于 2 秒时。

七、(20分) 某系统结构图如下图所示, 试求:

- (1) 设图中 $K=20$, 绘制此时该系统的 Nyquist 概略曲线;
- (2) 设 K 为大于 0 的可调参数, 绘制 K 为参变量的根轨迹, 绘出使系统稳定的 K 值范围, 以及在临界稳定时的系统的闭环极点。



八、(15分) 离散闭环系统如图所示, 已知被控对象 $G(z) = \frac{z+0.5}{(z-1)(z-1.2)}$, 试设计控制器 $D(z)$ 使闭环极点为: $0.2 \pm j0.3$ 。



九、(20 分) 已知完全能控的被控对象的状态方程如下 (t 单位为秒):

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -3 & -4 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$
$$y(t) = [1 \ 0 \ 0] x(t)$$

要求设计状态反馈控制器 $u(t)=d(t)-Kx(t)$, 其中 $d(t)$ 为外部输入, 使得:

- (1) 闭环系统的一个极点在-20;
- (2) 零初始条件下, 闭环系统单位阶跃响应的超调量不大于 4.33%, 且调节时间不大于 2 秒, 试确定状态反馈矩阵 K 。



浙江 大 学

2017 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 自动控制原理 编号: 845

注意: 答案必须写在答题纸上, 写在试卷或草稿纸上均无效。

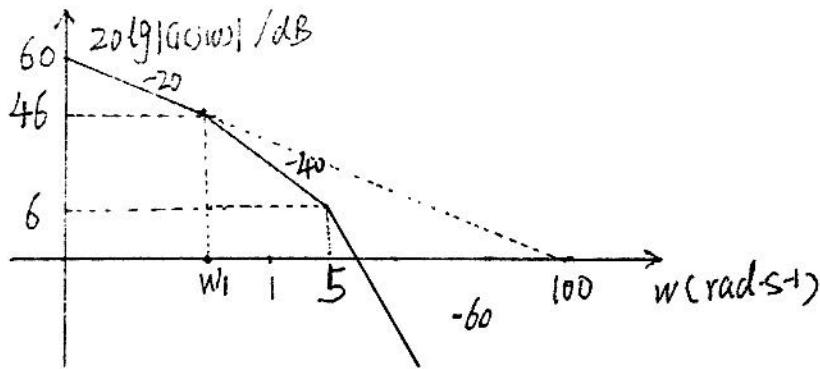
一、有电阻 R_1 、 R_2 , 电容 C_1 、 C_2 组成的无源网络。请根据以下网络的微分方程求该网络的方框图和传递函数 $\frac{u_o(s)}{u_i(s)}$ 。

$$\textcircled{1} \quad i_{R_1} = \frac{u_i - u_o}{R_1} \quad \textcircled{2} \quad i_{C_1} = C_1 \frac{d(u_i - u_o)}{dt} \quad \textcircled{3} \quad i_{R_2} = i_{R_1} + i_{C_1}$$

$$\textcircled{4} \quad u_o = i_{R_2} \cdot R_2 + \frac{1}{C_2} \int_0^t i_{R_2} dt \quad (\text{注: 全部省略了时间变量 } t)$$

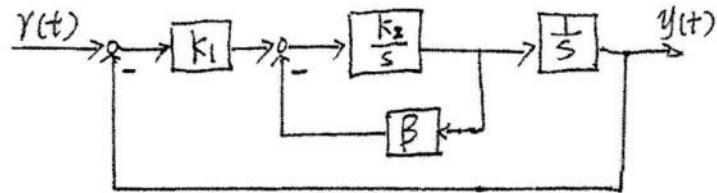
二、已知实验测得某最小相位系统的幅频特性对数坐标图如图所示。

- (1) 求系统的传递函数;
- (2) 计算系统的相角裕度和幅值裕度;
- (3) 判别系统的稳定性。



三、控制系统的结构图如图所示, 其中, 参数 $K_1 > 0$, $K_2 > 0$ 且为常数, β 为非负常数。试分析:

- (1) β 值对系统稳定性的影响;
- (2) β 值对系统阶跃响应动态性能的影响;
- (3) β 值对系统斜坡响应稳态误差的影响。



四、某单位负反馈系统的闭环传递函数为 $\Phi(s) = \frac{a_2 s + a_1}{s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1}$ 。其中 a_1, a_2, a_3 是均不为 0 的常数。

(1) 请给出 a_1, a_2, a_3 满足什么条件下，此系统对阶跃输入和斜坡输入的误差均为 0，并证明之；

(2) 求系统在输入 $r(t) = \frac{1}{2}t^2$ 作用下的稳态误差。

五、设系统的状态空间表达式为 $\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + D \end{cases}$ ，其中 x 为 n 维状态变量。若令 $x = T\bar{x}$ ，式中 T 为任意 $n \times n$ 非奇异线性变换矩阵。问：该变换是否改变系统的传递函数？请给出证明。

六、某离散系统表示为： $\begin{cases} x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \\ y(k) = Cx(k) \end{cases}$ ，其中 $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & -2 & 1 \\ 3 & 0 & 2 \end{bmatrix}$

$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{。问：}$$

(1) 第三个采样周期的输出 y 与 x_1, x_2, x_3 之间的关系？

(2) 请设计状态反馈控制器使系统受控后的闭环极点为 -2, -5, -7。

七、某线性系统模型如下： $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -8 & -5 & -k & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}u$

$$y = [0 \ 0 \ -1 \ 1]x$$

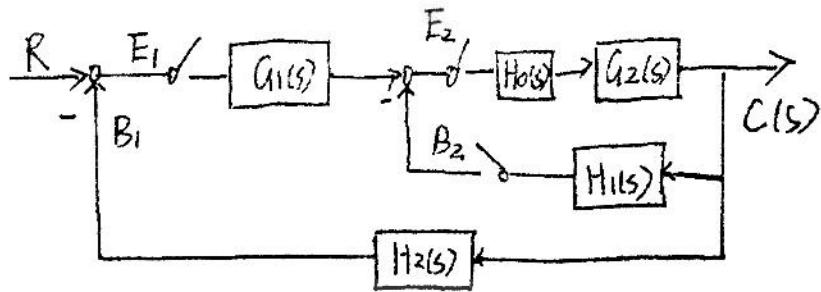
试给出该系统关于 k ($k>0$) 的根轨迹。

八、(1) 求下图所示系统的脉冲传递函数 $\frac{C(z)}{R(z)}$ 。

(2) 设采样周期 $T=1$, 若 $G_1(s)=\frac{1}{s}$, $H_0(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}$, $G_2(s)=\frac{1}{s+1}$, $H_1(s)=s+1$,

$H_2(s)=1$ 。请判断闭环系统的稳定性，并分别给出在单位阶跃和单位斜坡输入下系统的稳态误差。

(3) 若 $H_2(s)=K$, 则使得闭环系统稳定的 K 的取值范围是多少?



九、某单位负反馈系统的闭环传递函数为 $\Phi(s)=\frac{P(s+1)}{s^3-9s^2+s+P}$ 。

(1) 求该系统的开环传递函数? 并求使得该系统稳定的 P 的取值范围;

(2) 若 $P=1$, 且是能控标准型实现, 请设计状态反馈矩阵 K , 使得闭环系统满足系统超调量 $\leq 5\%$, 峰值时间 $t_p \leq 0.5$ 的性能指标; (提示: $t_p = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1-\zeta^2}}$, 并假

设有一个闭环极点为 $s=-50$)

(3) 给出实施状态反馈后的闭环传递函数, 并分析此时系统的闭环稳定性;

(4) 若上面 (2) 小题所设计的状态反馈控制器因状态不能获取, 问能否仍然实现系统的状态反馈? 如果可以, 请设计闭环极点均位于{-18}的全维观测器, 并求出观测器的动态响应时间。(假设误差均为 2%)

浙江 大 学

2016 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

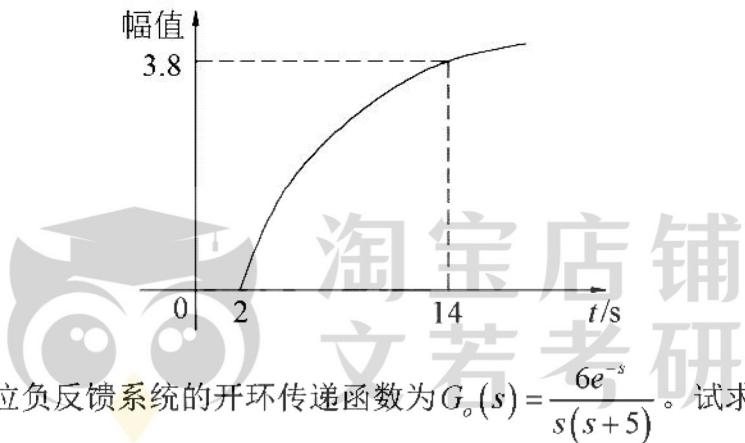
考试科目 自动控制原理 编号: 845

注意: 答案必须写在答题纸上, 写在试卷或草稿纸上均无效。

一、

1. 已知系统闭环传递函数为 $G_p(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts+1}$, 单位阶跃响应的图像如下图所示,

试求 K 、 T 、 τ 。



2. 已知一单位负反馈系统的开环传递函数为 $G_o(s) = \frac{6e^{-s}}{s(s+5)}$ 。试求:

(1) 求闭环传递函数 $\Phi(s)$;

(2) 当输入 $u(t) = 2 \cdot 1(t)$ 时, 求 $e_{ss}(\infty)$ 。

3. 已知差分方程 $y(k+2) - 3y(k+1) + 2y(k) = x(k)$ 。试求:

(1) 脉冲传递函数 $G(z)$;

(2) 当 $k \leq 0$ 时, $y(k)=0$, 输入为单位阶跃信号, 请给出差分方程的解并求终值。

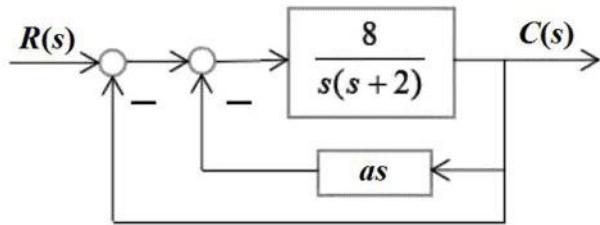
4. 已知某系统特征方程为 $s^6 + 4s^5 - 4s^4 + 4s^3 - 7s^2 - 8s + 10 = 0$, 问:

(1) 判断系统是否稳定;

(2) 系统有多少个特征根, 其中 s 左平面几个, s 右平面几个?

5. 已知 $\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -x_1(t) \\ \dot{x}_2(t) = x_1(t) + x_2(t) - [x_2(t)]^3 \end{cases}$, 试求其平衡状态。

二、已知系统结构图如图所示。试求：



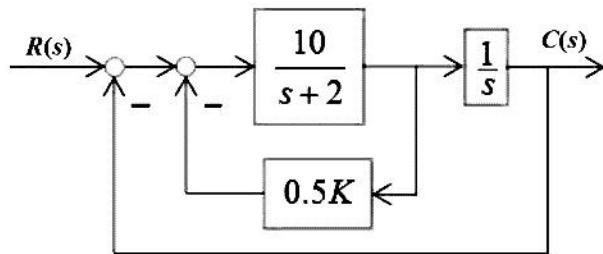
- (1) 当 $a=0$ 时, 求 ξ 、 ω_n 和单位斜坡输入时的 $e_{ss}(\infty)$;
- (2) 若 $\xi=0.7$, 求 a 及单位斜坡输入时的 $e_{ss}(\infty)$;
- (3) 若 $a \neq 0$, 8 变为 K , 且已知 $\xi=0.7$ 、单位斜坡输入下的 $e_{ss}(\infty)=0.25$, 求 a 、 K 。

三、已知系统方框图如下图所示, 其中 $T_1=0.5$, $T_3=1$, $T_4=0.25$, $K=K_1K_2K_3$ 。试求:



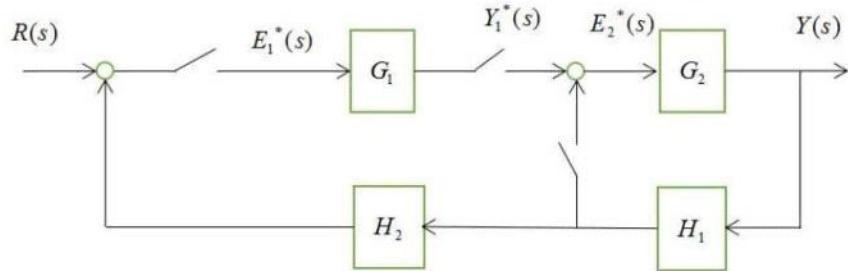
- (1) 使得系统稳定的 K 的取值范围;
- (2) 单位阶跃输入时系统的调节时间为 4s ($\Delta=2\%$), 请计算系统的特征根。

四、系统方框图如下图所示, 求使得 ξ 在 0.707~1.0 之间的 K 的范围。

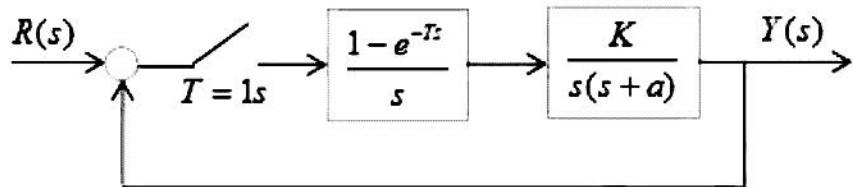


五、已知一单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s)=\frac{5s^2e^{-\tau s}}{(s+1)^4}$, $\tau > 0$ 。若闭环系统稳定, 求 τ 的取值范围。

六、已知离散系统框图如下图所示，试求出 $Y(z)$ 、 $\frac{Y(z)}{R(z)}$ 。



七、已知离散系统框图如下图所示，其中 $T=1s$, $a=1$ 。试求：



- (1) 系统稳定时 K 的取值范围；
- (2) 若 $K=1$ ，求单位脉冲响应；
- (3) 若 $K=3$ ，求单位阶跃输入下的稳态误差 $e_{ss}(\infty)$ 。

八、已知系统的传递函数为 $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{s+1}{s^2 + 3s + 2}$ ，请分别写出系统可控不可观、可观不可控、不可控不可观的状态描述。

九、已知系统的传递函数为 $G(s) = \frac{10s+10}{s^3 - 9s^2 - 9s}$ 。试求：

- (1) 判断系统的稳定性；
- (2) 设计状态反馈矩阵 K ，要求 $\sigma_p \leq 5\%$ 、 $t_p \leq 0.5$ 、 $t_p = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1-\xi^2}}$ ；
- (3) 若系统的状态不可获取，能否设计闭环极点均位于-10的全维状态观测器；
- (4) 若要求观测器动态响应至少比状态反馈控制器动态响应快 2.5 倍以上，问所设计的观测器是否满足要求；
- (5) 该系统能够设计的观测器最小维数是多少？

浙江 大 学

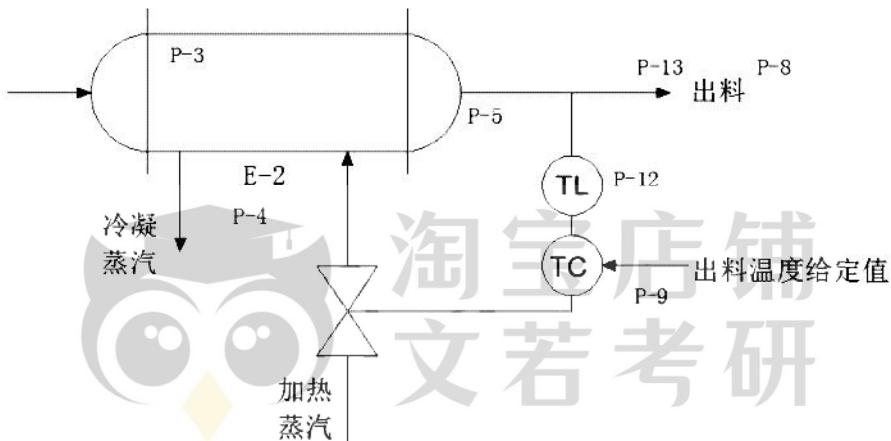
2015 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 自动控制原理 编号: 845

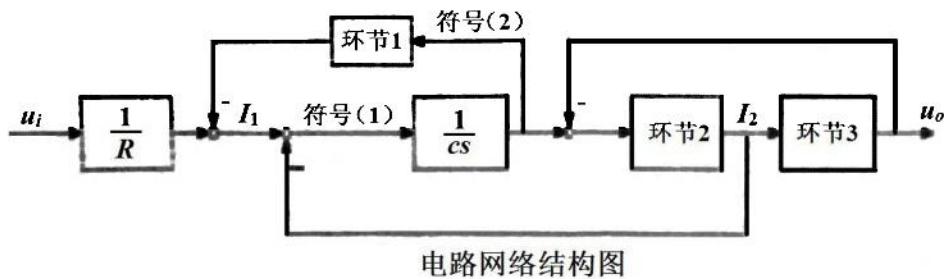
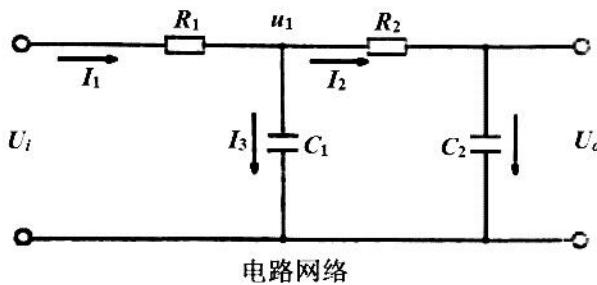
注意: 答案必须写在答题纸上, 写在试卷或草稿纸上均无效。

一、填空题 (60 分)

1. (10 分) 蒸汽加热器被控对象_____，被控变量_____，给定值_____，控制变量_____，主要干扰量_____，并画出系统方块图。

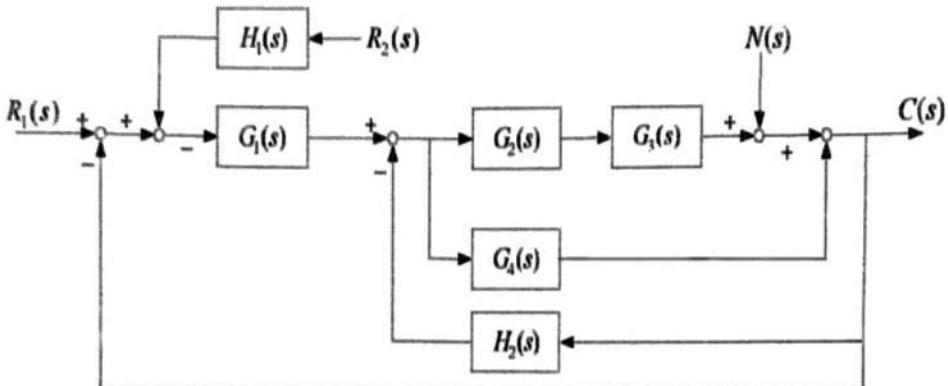


2. (10 分) 图示电路中, 电路网络缺失的部分是什么: 符号 (1) _____, 符号 (2) _____, 环节 1 _____, 环节 2 _____, 环节 3 _____, 电路传递函数 _____, 系统微分方程模型为 _____。($R_1=R_2=R$, $C_1=C_2=C$)



3. (10 分) 系统结构如图所示, 系统输出 $C(s)$ 的表达式为 _____。(请给出你认

为必须的步骤)



题3 方块图

4. (15 分) (1) 已知系统特征方程为: $s^6-2s^5+2s^4-s^2+2s-2=0$, 请用劳斯判据判别系统(稳定/不稳定); 极点在 S 平面的左半平面有_____个, 在右半平面有_____个, 以及位于虚轴上有_____个。

(2) 如图 1-4(a)所示开环频率特性曲线, 其中 $\omega = 0^+$ 为不稳定开环极点数。请根据给出的 Nyquist 图, 确定图 1-4(a)系统为_____型, 闭环_____ (稳定/不稳定), 且闭环不稳定极点_____个; 确定图 1-4(b)系统为_____型, 闭环_____ (稳定/不稳定), 且闭环不稳定极点_____个。

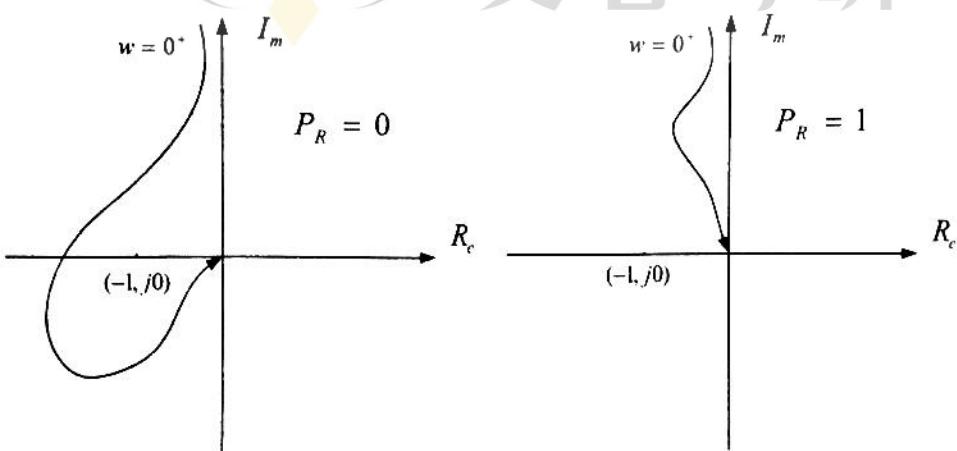


图1-4(a)

图1-4(b)

5. (15 分) 如图 1-5 所示系统, 已知其满足性能指标: 超调量和峰值时间分别为 $\sigma_p\% = 10\%$, $t_p = 0.5\text{s}$ 。

(1) 要求写出该系统的开环传递函数_____, 闭环传递函数_____. 系统参数 K _____, 系统参数 A _____; 系统上升时间 t_r _____, 调节时间 t_s _____;

(2) 于是系统无震荡, 设 $A=1$, 则 K 应取_____. 当输入 $r(t)$ 分别为单位阶跃信号、单位斜坡信号、单位抛物线信号时, 系统的稳态误差 e_{ss} 分别为_____,

_____、_____。

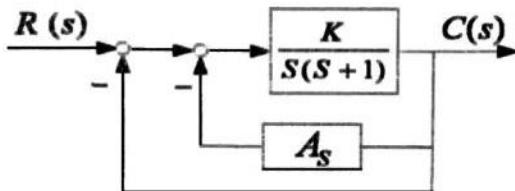


图1-5 题5系统

二、(15分) 已知复合控制系统如图2所示。

- (1) 若要求闭环回路过阻尼，试确定参数 K 的取值范围；
- (2) 在系统闭环回路过阻尼的条件下，若 $G_r(s) = \tau s$ ，且要使系统在斜坡输入作用下的稳态误差为 0，确定参数 τ 的范围。

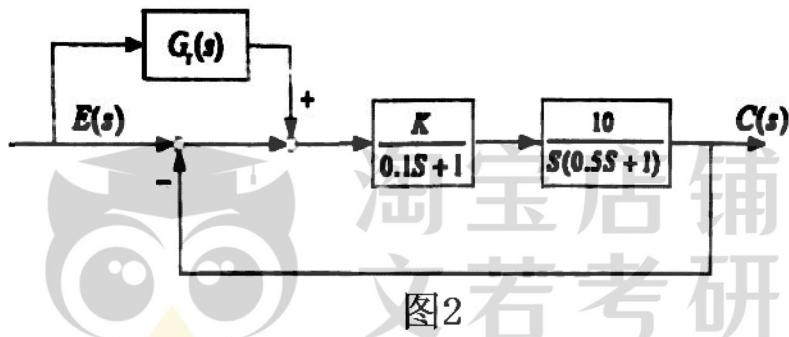


图2

三、(10分) 已知系统 $G(s) = \frac{K}{Ts+1} e^{-0.1s}$, $K, T > 0$, 当对 $G(s)$ 输入 $2\sin\left(t + \frac{\pi}{4}\right)$ 时，

其稳态输出为 $3\sin\left(t - \frac{\pi}{6}\right)$ ，当对 $G(s)$ 输入 $2\sin\left(2t + \frac{2\pi}{3}\right)$ ，求其稳态输出。

四、(10分) 某系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K \prod_{j=1}^l (1+r_j s)}{s^m \prod_{i=1}^n (1+T_i s)}$ 的根轨迹如图4所示，

已知 $\omega = 3$ ，此时对应的系统 $K=4$ ，问：当 $K=2$ 时该开环传递函数的幅值裕度 h 为多少 dB？

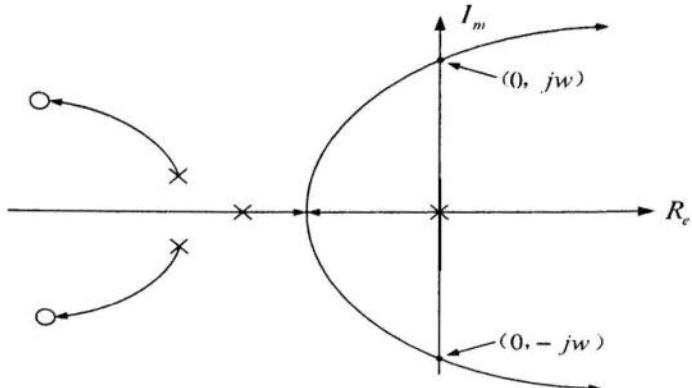


图4 根轨迹图

五、证明题 (10 分)

请证明：系统能控性的 PBH 秩判据中的充要条件。

注：PBH 秩判据：线性常连续系统 $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$ 完全能控的充分必要条件是对系统矩阵的所有特征值 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, n)$, $\text{rank}[\lambda_i I - A, B] = n (i=1, 2, \dots, n)$ 均成立。

六、(15 分) 已知某采样系统如图 6 所示，有四个环节组成：ZOH 为零阶保持器，环节 A 、 B 、 P 分别是比例控制器，积分器和放大倍数 k 为 1 的一阶惯性环节（其中时间常数 $T=2s$ ）

- (1) 请给出 A 、 B 、 P 这三个环节在连续域的输入输出传递函数关系；
- (2) 求出图 6 中所示的开环系统的脉冲传递函数；
- (3) 当采样周期 $T_s=0.5s$ 时，求使系统稳定的 k 值范围；
- (4) 若要求动态过程没有震荡，给出临界震荡时的极点坐标及 k 值，并以根轨迹草图示意；
- (5) 若系统输入为 $r(t)=1+\frac{1}{2}t$ ，请问系统的稳态误差为多少。

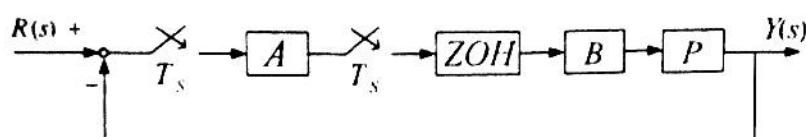


图6 含有零阶保持器的采样系统

七、(30分) 已知如图7(a)所示的被控对象，试回答下列问题。

- (1) 若该系统加上虚线构成7(b)所示闭环系统，要求：(a) 判断该系统的型别；
(b) 给出使得系统稳定的A的范围；(c) 在阶跃输入下的系统稳态误差。
- (2) 假设状态变量如图7(a)中所示，要求：(a) 写出A=1时的系统状态空间表达式；(b) 对该系统设计状态反馈控制器：①给出状态反馈矩阵K，使得系统的闭环传递函数为 $\Phi(s) = \frac{s-1}{(s+2)(s+3)}$ ；②画出反馈后的状态变量图；③判别状态反馈后的系统稳定性。
- (3) 在上面第二步设计的状态反馈器的基础上，按照7(c)、7(d)进行等效变换，给出等效传递函数 $H_{eq}(s)$ 、 $G_x(s)$ 与 $G_{eq}(s)$ ，问如何可以使系统在单位阶跃输入下达到零稳态误差；系统在单位斜坡输入下的稳态误差为多少？
- (4) 若该系统的状态不可检测，请对该控制系统设计状态观测器，使得状态观测器的闭环极点均为 $s=-5$ 。

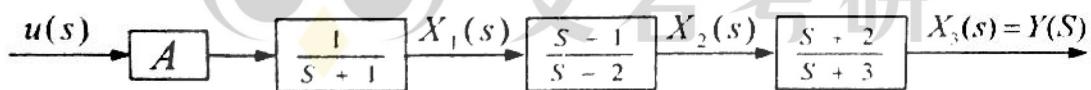


图7(a)

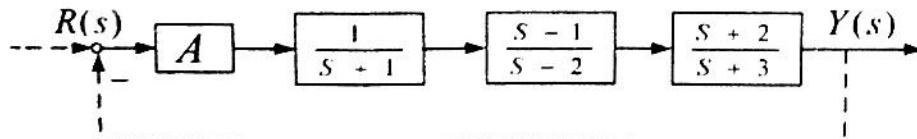


图7(b)

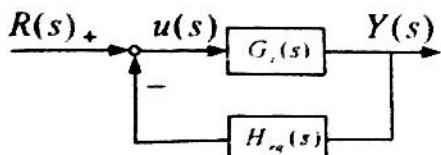


图7(c)

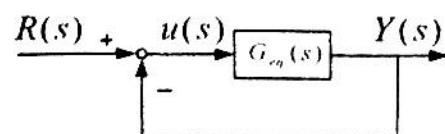


图8(d)

