

中国海洋大学 2021 年硕士研究生招生考试试题

科目代码： 842

科目名称： 自动控制理论

一、简答题(共 48 分，每小题 6 分)

1. 简述 R.E.Kalman 对控制理论的主要贡献。
2. 对于 SISO 线性定常系统，从传递函数是否出现零极点对消现象出发，讨论单位正、负反馈系统的能控性和能观性与其开环系统的能控性和能观性是否一致。
3. 什么是余差？为什么单纯的比例控制不能消除余差，而加上积分控制可能消除余差。
4. 简述线性定常系统的状态稳定性与其输出稳定性的相互关系。
5. 什么是调节器的控制规律，调节器有哪几种基本控制规律。
6. 什么是双位控制，有什么特点？
7. 在阶跃扰动作用下，控制系统的过渡过程有哪几种形式。其中哪些形式能基本满足控制要求。
8. 什么情况下采用串联超前校正，它为什么能改善系统的性能。

二、(12 分)对于连续线性系统、离散线性系统，详细讨论它们的能控性和能达性是否等价。

三、(10 分) 设二阶线性定常系统状态方程为： $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$ ，若已知 A 有两个不同的实特征根 λ_1 和 λ_2 ，试证明一定有 $\alpha_0(t)$ 和 $\alpha_1(t)$ 存在，使得：

$$e^{\lambda_1 t} = \alpha_0(t) + \lambda_1 \alpha_1(t), \quad e^{\lambda_2 t} = \alpha_0(t) + \lambda_2 \alpha_1(t)。$$

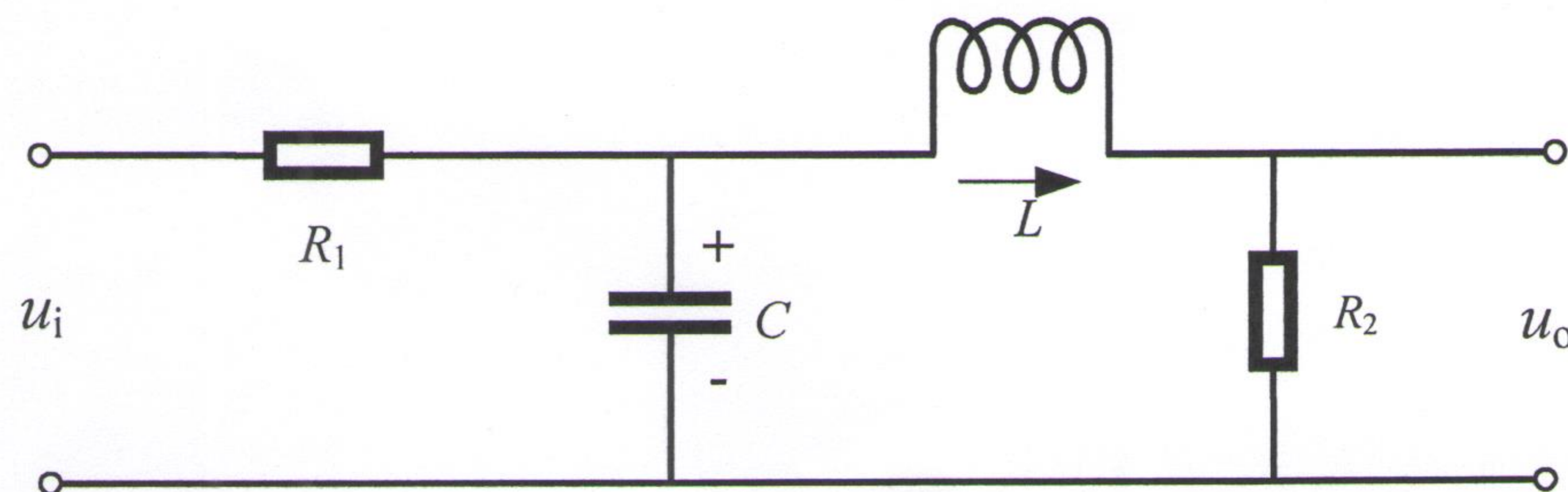
四、(10 分) 已知两个二阶系统为，

系统(I)： $\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = -(x_1 + x_1^2 x_2)$ ，

系统(II)： $\dot{x}_1 = -x_1, \quad \dot{x}_2 = x_1 + x_2 - x_2^3$ ；

- (1) 试问平衡点的含义是什么，简述如何求取平衡点，并分别求出上述两个系统的平衡点；
- (2) 对于系统(I)，试用李雅普诺夫第二方法分析平衡点的稳定性，并讨论该系统是否是大范围稳定。

五、(14 分) 已知电路如下图所示，



特别提醒：答案必须写在答题纸上，若写在试卷或草稿纸上无效。

(1) 若记电阻 R_2 上的电压 $u_o(t)$ 为 $x_1(t)$ ，电感上的电流 $i_L(t)$ 为 $x_2(t)$ ，令 $x(t) = (x_1(t), x_2(t))^T$ ，分别取 $u_i(t)$ 和 $u_o(t)$ 为输入和输出变量，试建立系统的状态空间表达式。

(2) 若记电容上的电压 $u_c(t)$ 为 $x_1(t)$ ，电感上的电流 $i_L(t)$ 为 $x_2(t)$ ，令 $x(t) = (x_1(t), x_2(t))^T$ ，分别取 $u_i(t)$ 和 $u_o(t)$ 为输入和输出变量，请完成以下工作：

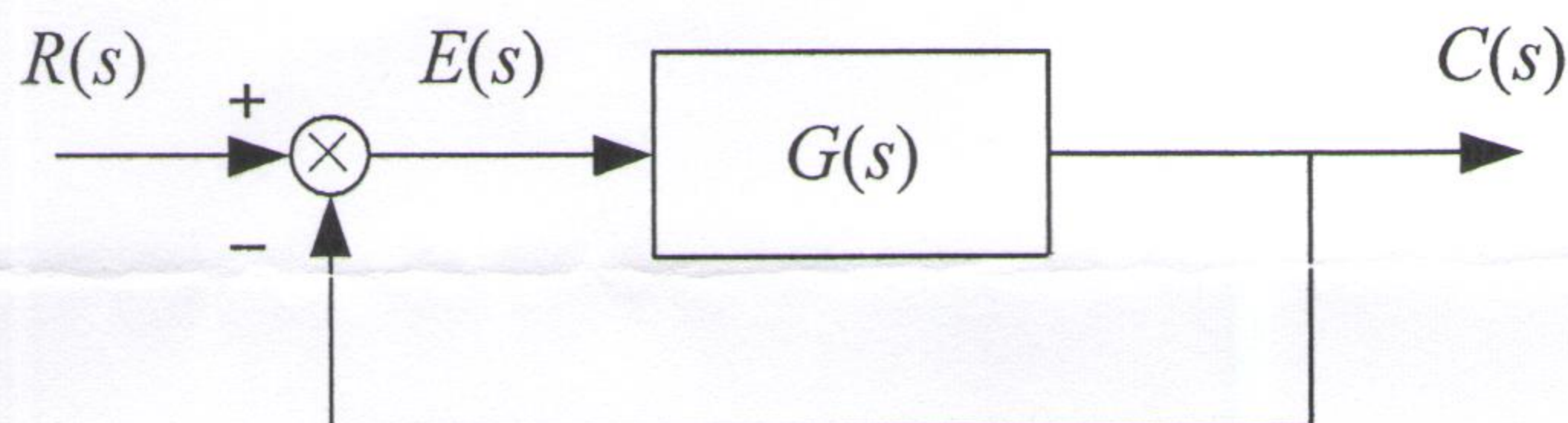
① 试建立系统的状态空间表达式；

② 若电路图中 $R_1 = 1\Omega$ 、 $R_2 = 2\Omega$ 、 $C = 1F$ 、 $L = 0.5H$ ，初始状态 $x(0) = (1, 2)^T$ ，试利用 Cayley-Hamilton 定理求出状态转移矩阵和系统的单位阶跃响应。

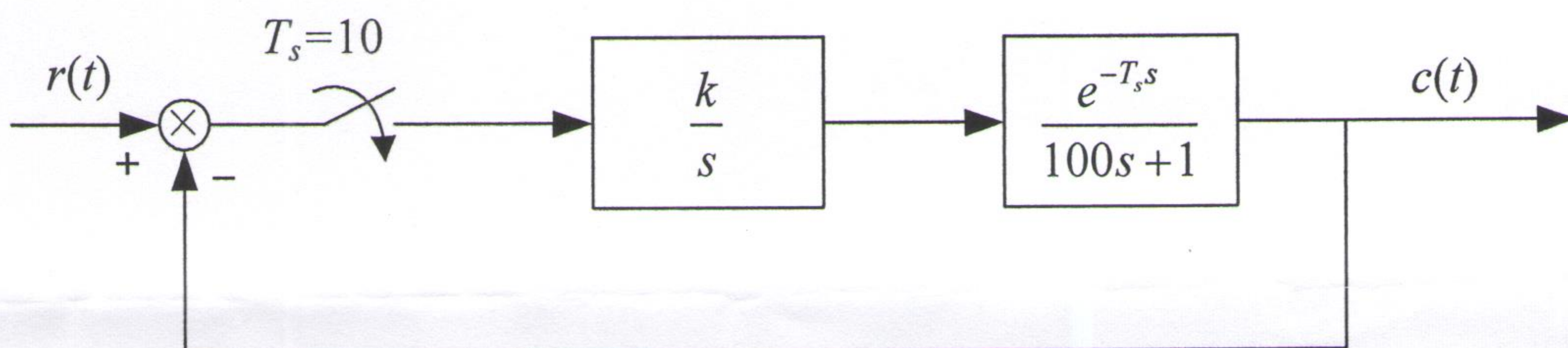
六、(14分) 闭环控制系统结构如图所示，试求满足下列条件的三阶开环传递函数 $G(s)$ 。

$G(s)$ 应满足的条件为：

- (1) $G(s) = k/A(s)$ ，其中 k 为开环放大系数， $A(s)$ 为多项式；
- (2) 由单位阶跃函数输入引起的系统稳态误差为零；
- (3) 闭环系统的特征方程为 $s^3 + 4s^2 + 6s + 10 = 0$ 。



七、(14分) 下图所示采样系统的采样周期 $T_s = 10s$ ，若系统稳定，试求 k 的取值范围（计算时精度到小数点后 1 位）。



八、(14分) 已知单位负反馈系统的闭环传递函数为 $\Phi(s) = \frac{as}{s^2 + as + 16}$ ，($a > 0$)，要求

- (1) 讨论参数 a 对该系统的开环稳定性影响；
- (2) 画出闭环系统的根轨迹 ($0 \leq a \leq \infty$)，并判断 $(-\sqrt{3}, j)$ 点是否在根轨迹上；

特别提醒：答案必须写在答题纸上，若写在试卷或草稿纸上无效。

(3) 当闭环根轨迹中对应的阻尼比 $\xi = 0.5$ 时, 求参数 a 。

九、(14分) 已知某非线性环节在正弦信号 $x(t) = A \sin \omega t$ 作用下的输出为:

$$y(t) = \begin{cases} KA \sin \omega t, & 0 \leq \omega t \leq \varphi_1 \\ KA & , \varphi_1 \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

其中: $\varphi_1 = \arcsin \frac{a}{A}$, a 为线性范围, K 为线性部分的斜率。请完成以下工作:

- (1) 画出该非线性环节的输入 x 与输出 y 的关系曲线图、画出输出 $y(t)$ 与 ωt 的关系曲线图;
- (2) 基于曲线图和描述函数的定义, 推导该非线性环节的描述函数(要求有详细的推导过程);
- (3) 当正弦输入 $x(t) = A \sin \omega t$ 的振幅只在小范围内变化, 使得输入输出关系维持线性时, 描述函数的物理意义是什么。

特别提醒: 答案必须写在答题纸上, 若写在试卷或草稿纸上无效。