哈尔滨工业大学
2007 年春季学期本科生《现代控制理论基础》
考试试卷（ A 卷）

一、填空题（本题含有 **10** 个小题，每小题 **2** 分，共 **20** 分）

1. 一个线性系统的系统矩阵和输入矩阵分别为 $\mathbf{A}=\begin{bmatrix}0&1&0\\0&0&1\\m&0&0\end{bmatrix}$，$\mathbf{b}=\begin{bmatrix}0\\0\\3\end{bmatrix}$，其中 m 为一个实数，则其状态 ________（填“是”或“不是”）完全能控的。
2. 一个线性系统在某一非奇异线性变换的前后，其传递函数或传递函数矩阵 __________。
3. 线性离散时间系统 $\mathbf{x}(k+1)=\mathbf{Fx}(k)+\mathbf{Gu}(k)$，对于初始时刻 $k=h$ 的状态转移矩阵为 ____________。
4. 一个状态完全能控的线性定常系统，经过输出反馈后，闭环系统的状态是 _________控的，如果再加上条件：________________________，那么系统极点的位置可以得到任意配置。
5. 在设计带有状态观测器的线性反馈系统时，反馈系统的极点配置和观测器的极点配置可以互相 _________地进行。
6. 一个 2 输入 6 阶线性定常系统，如果引入状态反馈控制律，那么状态反馈矩阵是 _______×_______维的。
7. 一个单输入单输出线性系统的传递函数是 $G(s)=\dfrac{(s+5)(s+2)}{(s+4)(s+3)(s+1)}$，那么这个系统的状态既完全 ___________，又完全 __________。
8. 如果一个 3 输出 7 阶线性定常系统的所有状态都不可物理测量，那么其状态观测器至少是 ______维的。
9. 如果一个线性系统的能观测性矩阵满秩，那么其 ________系统的能控性矩阵也满秩。
10. 单输入单输出 n 阶线性定常系统的全维状态观测器的状态维数与全维状态观测器的输入维数之差为 _____。

二、选择题（本题含有 **10** 个小题，每小题 **4** 分，共 **40** 分）

1. 系统 $\dot{\mathbf{x}}=\mathbf{Jx}$，其中 $\mathbf{J}=\begin{bmatrix}2&1&0\\0&2&0\\0&0&-3\end{bmatrix}$ 的状态转移矩阵为（ ）。

（A）$\begin{bmatrix}e^{2t}&te^{t}&0\\0&e^{2t}&0\\0&0&e^{-3t}\end{bmatrix}$，（B）$\begin{bmatrix}e^{2t}&t^2e^{2t}&0\\0&e^{2t}&0\\0&0&e^{-3t}\end{bmatrix}$，（C）$\begin{bmatrix}e^{2t}&\frac{t}{2}e^{2t}&0\\0&e^{2t}&0\\0&0&e^{-3t}\end{bmatrix}$，（D）$\begin{bmatrix}e^{2t}&te^{2t}&0\\0&e^{2t}&0\\0&0&e^{-3t}\end{bmatrix}$

2. 状态转移矩阵 $\Phi(t_1-t_2)$ 与状态转移矩阵 $\Phi(t_2-t_3)$ 的积是（ ）。

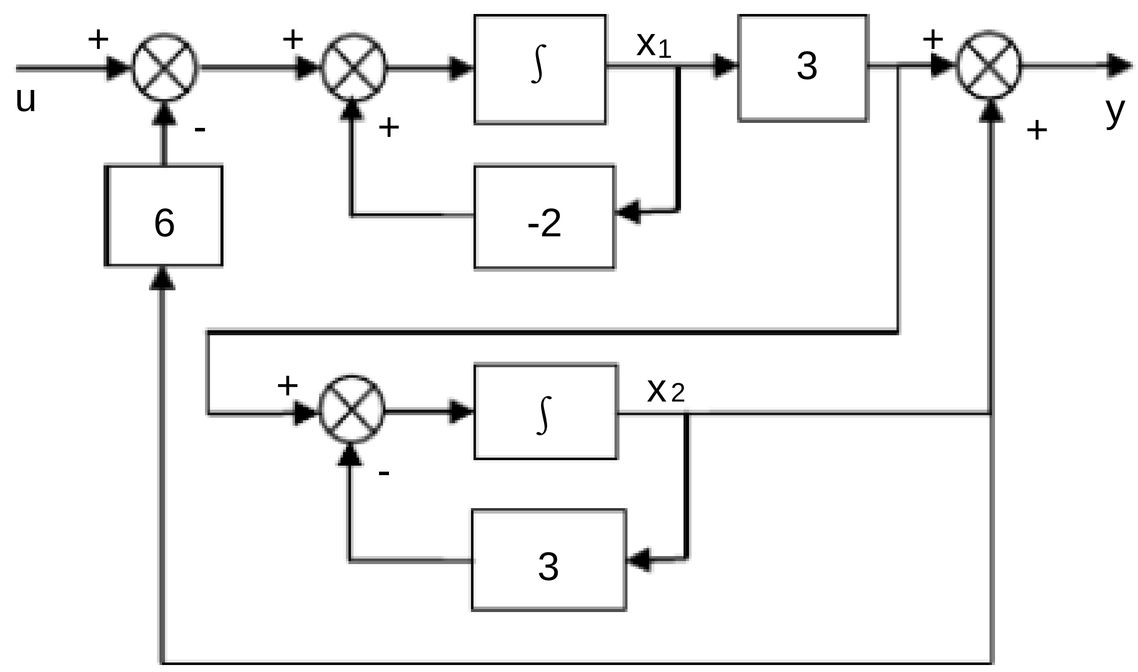
（A） $\Phi(t_1+t_3)$，（B） $\Phi(t_1-t_3)$，（C） $\Phi(t_3-t_1)$，（D） $\Phi(-t_1-t_3)$

3. 线性系统 $\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} -3 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -7 \end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}u \\ y = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 \end{bmatrix}\mathbf{x} \end{cases}$ 的状态（　　）既完全能控，又完全能观测。

（A） x_1，（B） x_2，（C） $\mathbf{x}$，（D） x_3

4. 如图所示线性系统的能观测性矩阵为（　　）。

（A） $\begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -3 & -21 \end{bmatrix}$，（B） $\begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -5 & 21 \end{bmatrix}$，（C） $\begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -3 & 21 \end{bmatrix}$，（D） $\begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -3 & 15 \end{bmatrix}$



5. 系统 $\mathbf{x}(k+1) = \begin{bmatrix} 1-0.3e^{-4k} & 0 \\ 0 & -0.4\cos(2k-\pi/7) \end{bmatrix}\mathbf{x}(k)$，其中 k 为非负整数，是（　　）的。

（A） 不稳定，

（B） 渐近稳定，

（C）视 k 的不同取值，有可能稳定，有可能不稳定，

（D）系统的状态出现正弦振荡

6. 系统状态观测器设计的主要目的是为了（　　）

（A） 解决原系统状态不可观测问题，（B）解决原系统状态不稳定问题，

（C）解决原系统状态不可测量问题，（D）解决原系统状态不能控问题

7. 一个非线性系统 $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$ 的一次近似表达式为 $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}(\mathbf{x})$，若 $\mathbf{A}$ 阵的其中一个特征值为 $3-2i$，其中 i 表示虚数单位，则平衡点 $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$ 处是（　　）的。

（A）不稳定，（B）稳定，（C）可能稳定，（D）可能不稳定

8. Lyapunov 第二方法所涉及的稳定性定理中，任意一个系统的 Lyapunov 函数的选择是（　　）的。

（A）根据 Lyapunov 方程求解出来，（B）维一，（C）格式固定，（D）不唯一

9. 一个单输入单输出线性系统，其传递函数含有零点，且不存在零极点抵消现象，则该系统的微分方程表达式中（　　）输入信号对时间的导数项。

（A） 可能不包含，（B）一定不包含，（C）一定包含，（D）可能包含

10. 一个线性系统如果完全能控，则它的对偶系统（　　）。

（A） 完全能观测，（B）不完全能观测，（C）完全能控，（D）不完全能控

三、解答题（本题含有 **5** 个小题，每小题 **8** 分，共 **40** 分）

1. 写出系统 $\dot{\mathbf{x}}=\begin{bmatrix}1 & 2\\ n & 2\end{bmatrix}\mathbf{x}+\begin{bmatrix}-1\\ m\end{bmatrix}u$， $\mathbf{x}\in R^2$， $u\in R$状态完全能控的充分必要条件。

2. 设一个系统可用传递函数表示为 $\dfrac{Y(s)}{U(s)}=\dfrac{2}{s^3+2s^2+7s+3}$，写出该系统的一个状态空间表达形式。

3. 给定线性定常系统 $\dot{\mathbf{x}}=\begin{bmatrix}1 & -1\\ 0 & 2\end{bmatrix}\mathbf{x}+\begin{bmatrix}2\\ 1\end{bmatrix}u$，求状态反馈增益阵 $\mathbf{K}$，使得在反馈律 $u=-\mathbf{K}\mathbf{x}$ 作用下，闭环系统的极点为 $\lambda_1=-5$， $\lambda_2=-3$。

4. 设有一个 2阶非线性系统，其状态方程为 $\begin{cases}\dot{x}_1=x_2^3-3x_1\\ \dot{x}_2=-x_1x_2^2-x_2^5+\dfrac{7}{2}x_2^5\varphi(x_1,x_2)\end{cases}$，其中 $\varphi(x_1,x_2)$ 为一个不确定的实值函数， 但是满足 $|\varphi(x_1,x_2)|\le\dfrac{1}{7}$。证明该系统在坐标原点处渐近稳定。

5. 给定单输入单输出线性系统的状态空间形式为

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

对该系统设计一个全维状态观测器， 使观测器的极点为 $\lambda_1=-2+i$，$\lambda_2=-2-i$，其中 i 表示虚数单位。