



《现代控制理论》MOOC课程

1.2 状态空间表达式的建立

建立系统状态空间表达式的三种方法

一. 根据系统的方框图列写

二. 从系统的基本原理进行推导

三. 根据传递函数或高阶微分方程实现

一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

方框图法的基本步骤

二阶振荡环节

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\omega_n \xi s + \omega_n^2}$$

惯性微分环节

$$G(s) = \frac{T_c s}{T_d s + 1}$$

一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

方框图法的基本步骤

状态空间表达式方
框图法的基本环节



比例

积分

加法

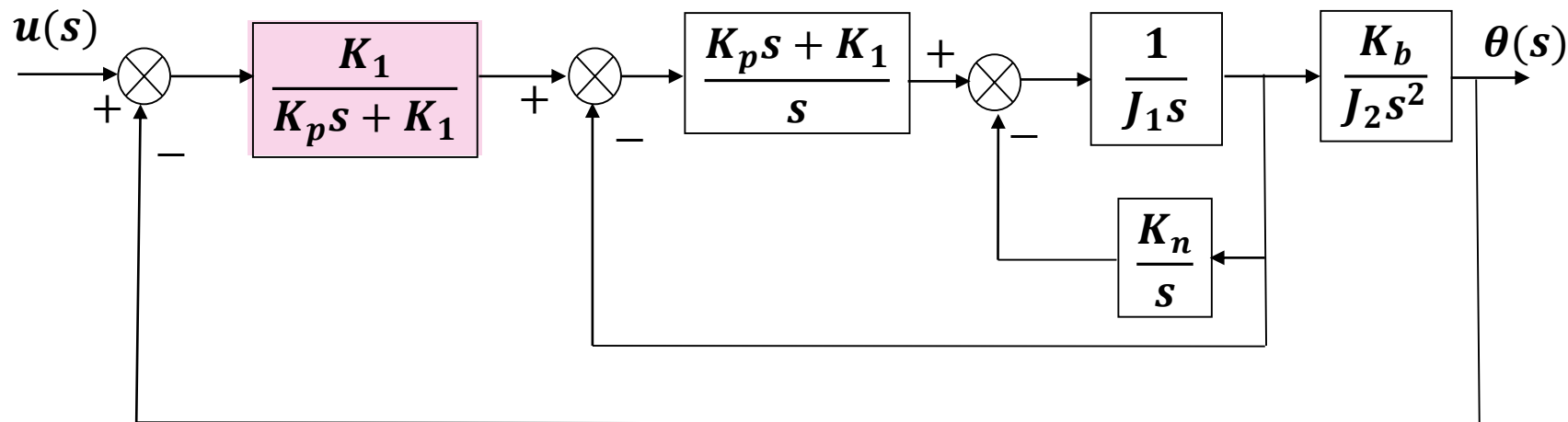
一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

方框图法的基本步骤

1. 方框图变换，将系统方框图中的各环节变换为只包含比例、积分和加法环节的方框图；
2. 选取状态变量，将每一个积分器的输出选作一个状态变量；
3. 根据方框图各环节的关联关系，列写状态空间表达式；

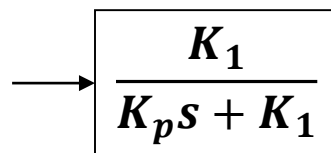
一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

例：已知系统的模拟结构图如下，建立其状态空间表达式

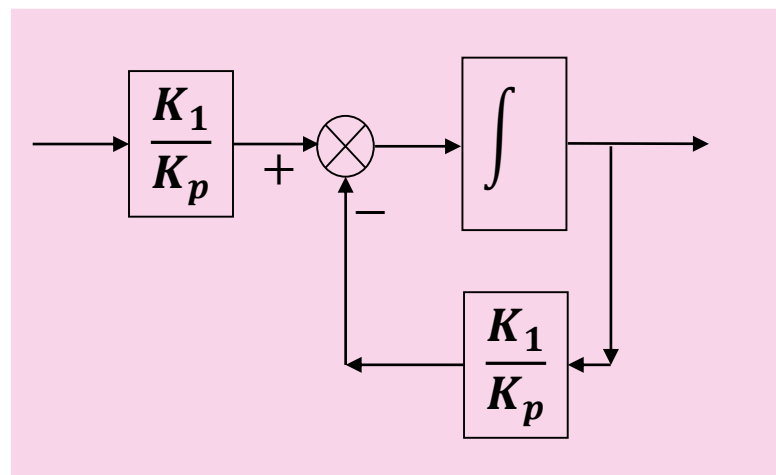


解：1. 传递函数变换

$$\frac{K_1}{K_p s + K_1} = \frac{K_1}{K_p} \left(\frac{1}{s + \frac{K_1}{K_p}} \right) = \frac{K_1}{K_p} \left(\frac{\frac{1}{s}}{1 + \frac{K_1}{K_p} \cdot \frac{1}{s}} \right)$$

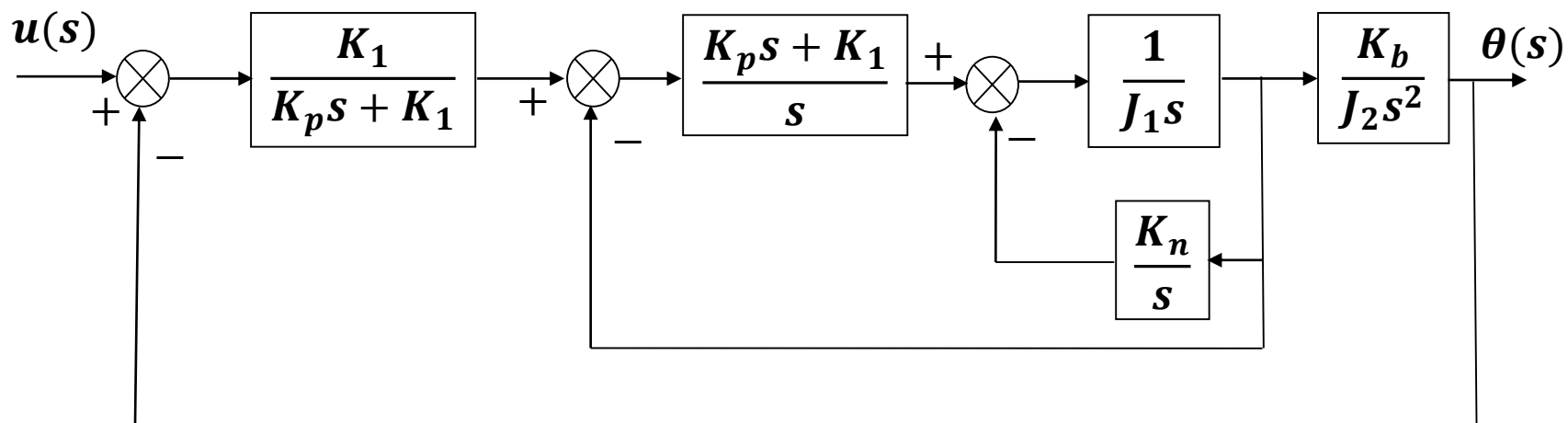


惯性环节



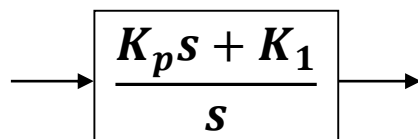
一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

例：已知系统的模拟结构图如下，建立其状态空间表达式

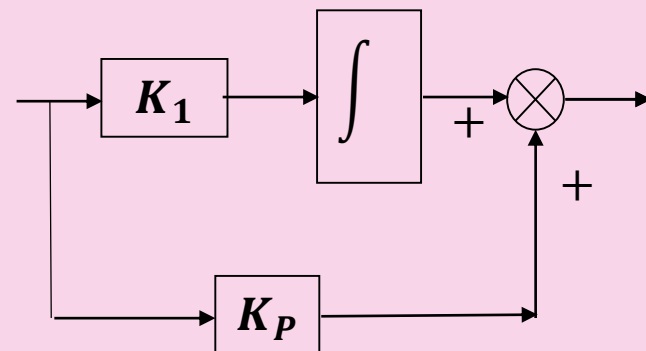


解：1. 传递函数变换

$$\frac{K_p s + K_1}{s} = K_p + K_1 \frac{1}{s}$$

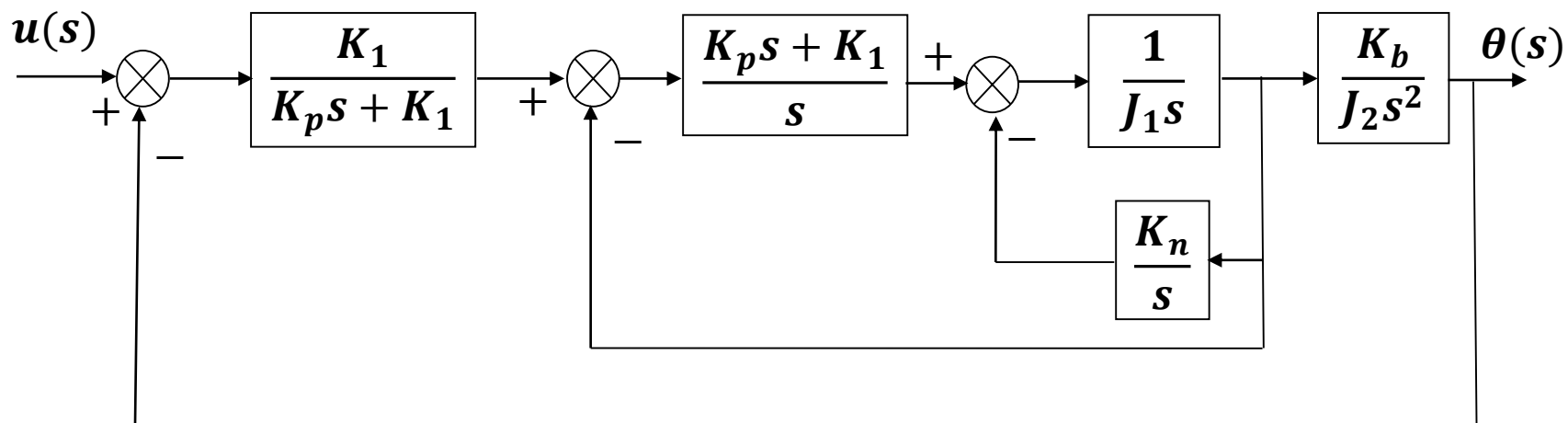


PI环节

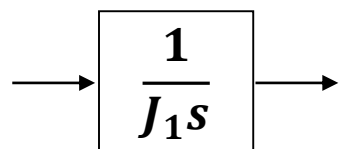


一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

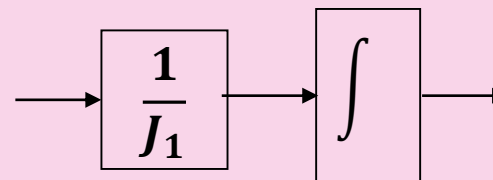
例：已知系统的模拟结构图如下，建立其状态空间表达式



解：1. 传递函数变换

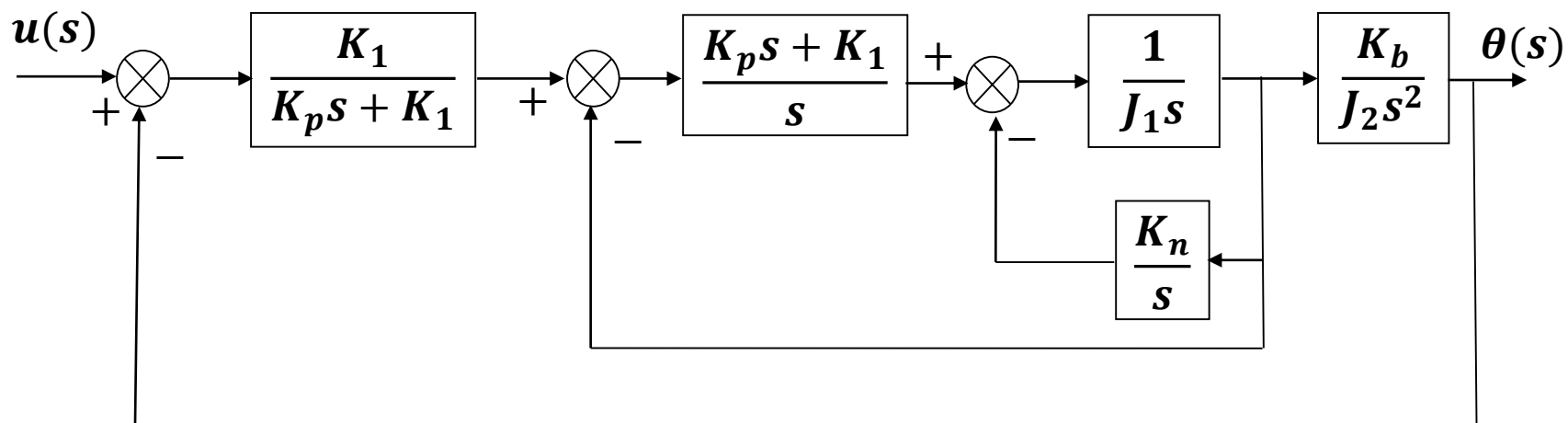


积分环节

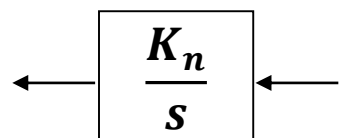


一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

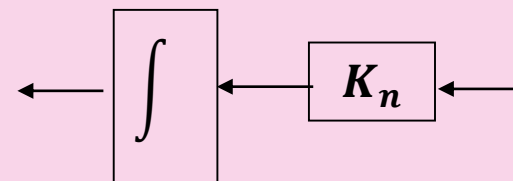
例：已知系统的模拟结构图如下，建立其状态空间表达式



解：1. 传递函数变换

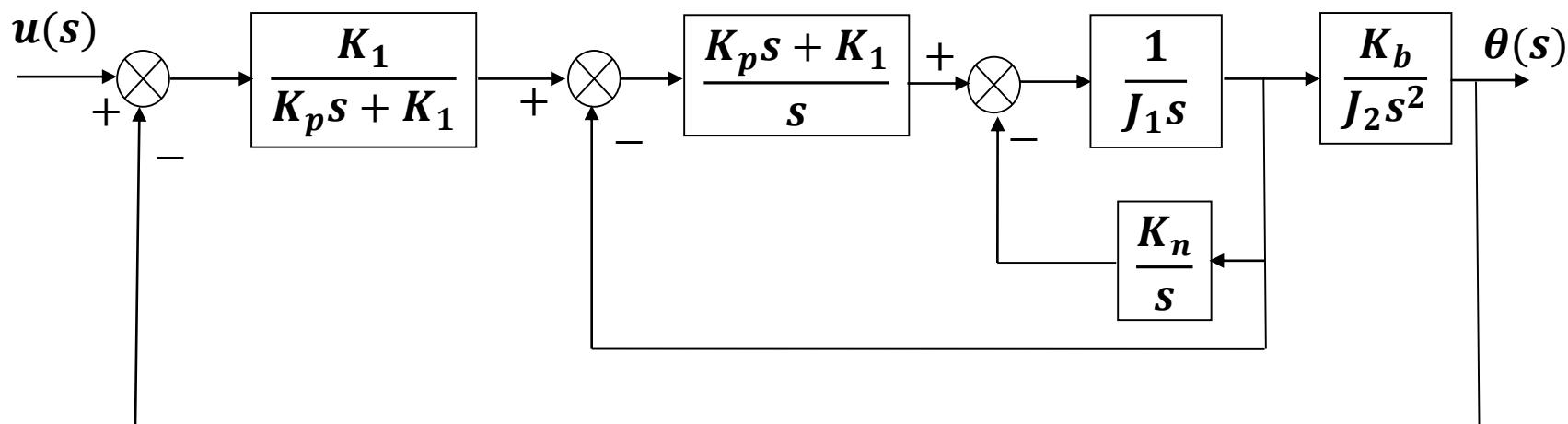


积分环节

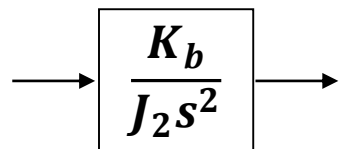


一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

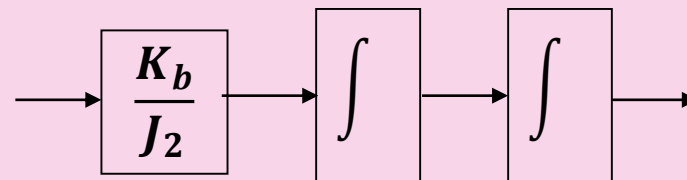
例：已知系统的模拟结构图如下，建立其状态空间表达式



解：1. 传递函数变换

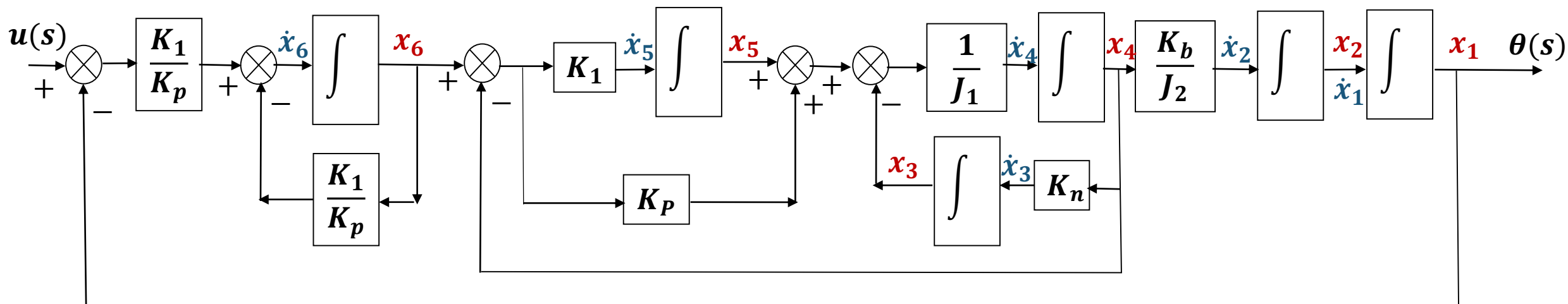


重积分环节



一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

解: 1. 传递函数变换



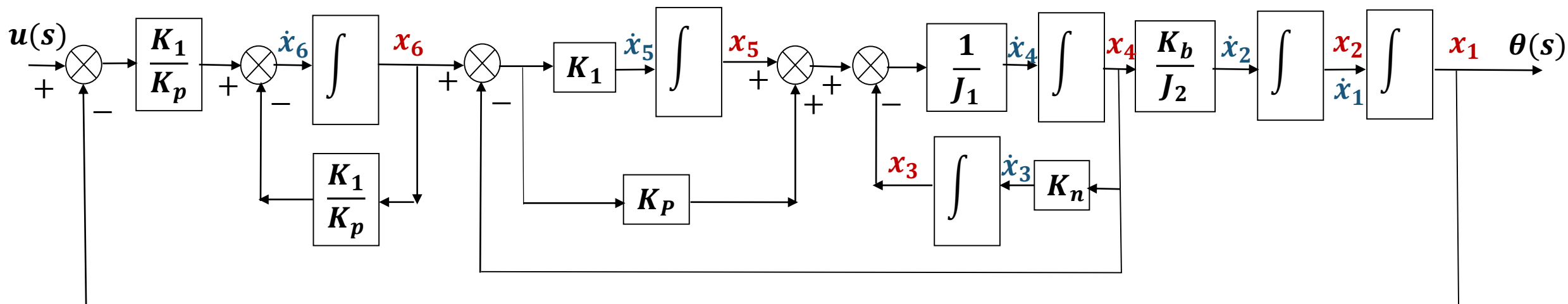
2. 选取状态变量

每个积分器的输出选做一个状态变量, 共6个状态变量:

$$x_1, x_2, \dots, x_6$$

一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式

解:



3. 列写状态方程

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = \frac{K_b}{J_2} x_4$$

$$\dot{x}_3 = K_n x_4$$

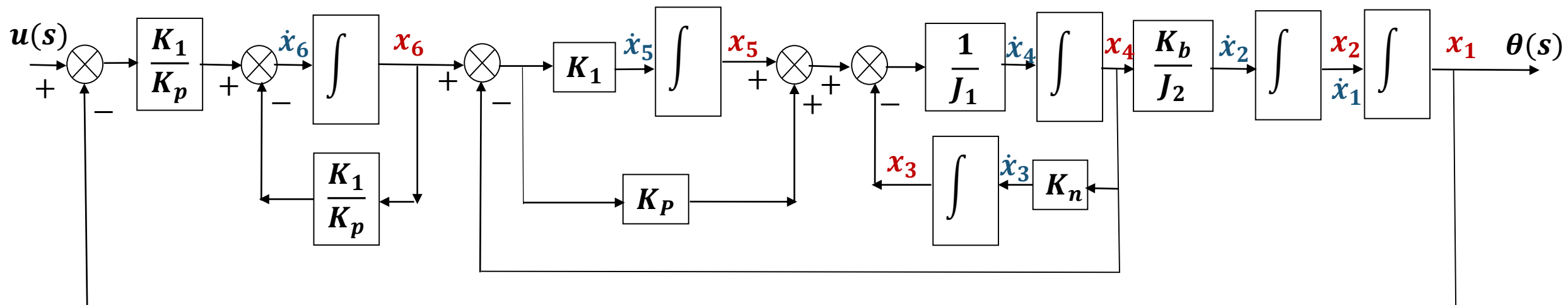
$$\dot{x}_4 = \frac{1}{J_1} ((x_5 + K_p(x_6 - x_4)) - x_3) = -\frac{1}{J_1} x_3 - \frac{K_p}{J_1} x_4 + \frac{1}{J_1} x_5 + \frac{K_p}{J_1} x_6$$

$$\dot{x}_5 = K_1(x_6 - x_4) = -K_1 x_4 + K_1 x_6$$

$$\dot{x}_6 = \frac{K_1}{K_p} (u(s) - x_1) - \frac{K_1}{K_p} x_6 = -\frac{K_1}{K_p} x_1 - \frac{K_1}{K_p} x_6 + \frac{K_1}{K_p} u(s)$$

$$\theta(s) = x_1$$

一. 从系统方框图出发建立状态空间表达式



状态空间表达式

状态方程

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \\ \dot{x}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{K_b}{J_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{J_1} & -\frac{K_p}{J_1} & \frac{1}{J_1} & \frac{K_p}{J_1} \\ 0 & 0 & 0 & -K_1 & 0 & K_1 \\ -\frac{K_1}{K_p} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_1}{K_p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{K_1}{K_p} \end{bmatrix} u(s)$$

输出方程

$$\theta(s) = x_1$$