西安交通大學
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

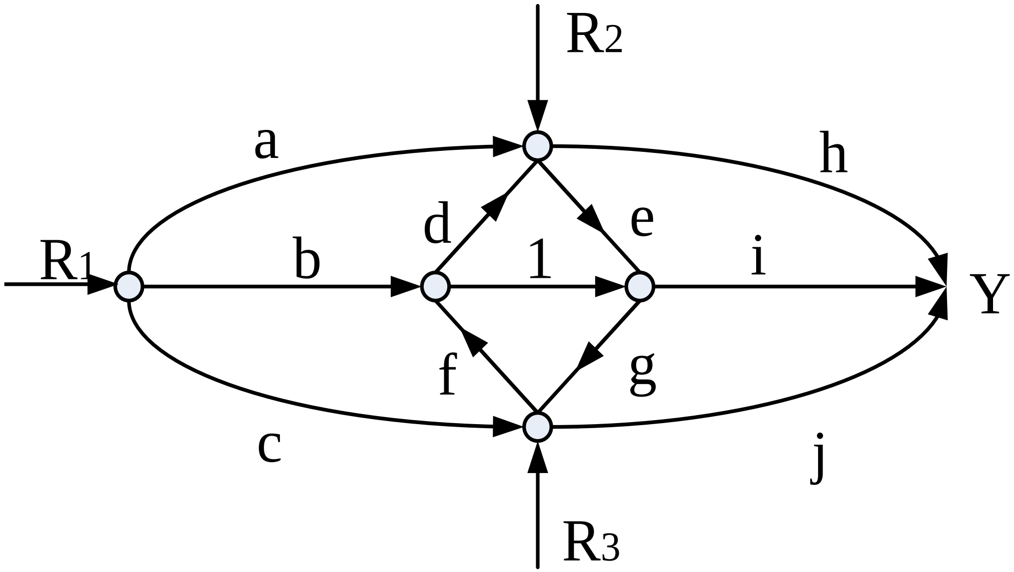
自 动 控 制 理 论
Automatic Control Theory
习 题 课

工业自动化系

习题2.14

利用梅逊增益公式求信号流图的传递函数

(*f*)

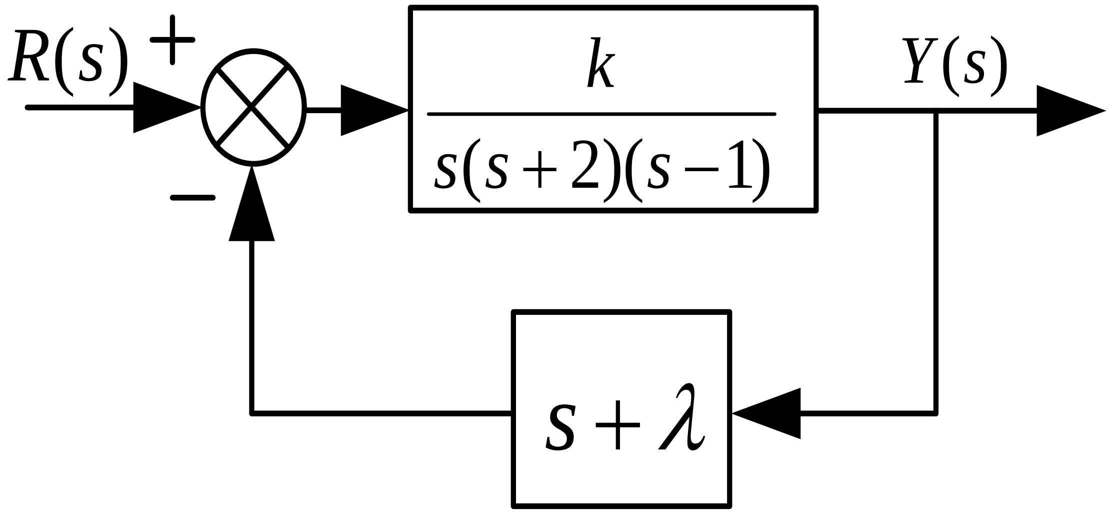


解：

$$Y=\frac{R_1\sum_{k=1}^{11}P_{1k}\Delta_{1k}+R_2\sum_{k=1}^{3}P_{2k}\Delta_{2k}+R_3\sum_{k=1}^{4}P_{3k}\Delta_{3k}}{\Delta}$$

习题3.11

试求系统稳定时k、λ满足的关系



解：

$$k > \frac{2}{1-\lambda} \qquad 0 < \lambda < 1$$

习题3.20

单位负反馈系统的开环传递函数为： $G(s)=\dfrac{25}{s(s+5)}$

(1) 求位置误差系数K_p、速度误差系数K_v和加速度误差K_a；

(2) 求参考输入$r(t)=1+3t+0.5t^2$时的稳态误差e_{ss}。

解：

$$K_P=\lim_{s\to 0}G(s)H(s)=\lim_{s\to 0}\frac{25}{s(s+5)}=\infty$$

$$K_v=\lim_{s\to 0}sG(s)H(s)=\lim_{s\to 0}s\frac{25}{s(s+5)}=5$$

$$K_a=\lim_{s\to 0}s^2G(s)H(s)=\lim_{s\to 0}s^2\frac{25}{s(s+5)}=0$$

$$r(t)=\left(\alpha+\beta t+\frac{\gamma}{2}t^2\right)1(t)$$

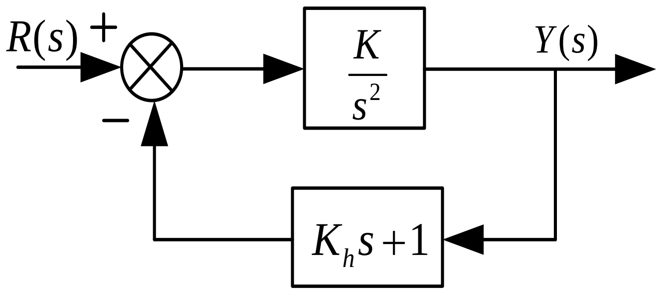
$$e_{ss}=\frac{\alpha}{1+K_p}+\frac{\beta}{K_v}+\frac{\gamma}{K_a}=\begin{cases}\dfrac{\alpha}{1+K_p}+\infty+\infty=\infty & \text{0型系统}\\ 0+\dfrac{\beta}{K_v}+\infty=\infty & \text{I型系统}\\ 0+0+\dfrac{\gamma}{K_a}=\dfrac{\gamma}{K_a} & \text{II型系统}\end{cases}$$

习题4.15

控制系统如图所示。

（1）使闭环极点 $s=-1\pm\sqrt{3}j$ ，试确定K和K_h；

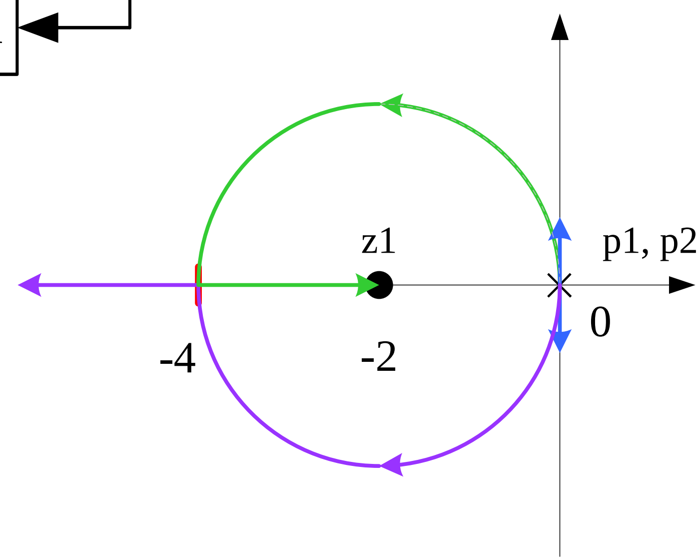
（2）根据所求K_h，画出以K为参变量的根轨迹。



解：

（1）K=4、K_h = 0.5；

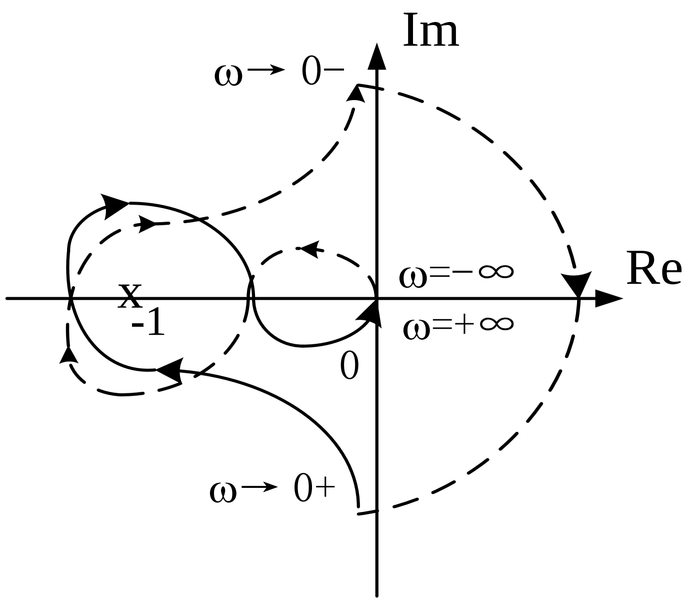
（2）根轨迹如图：



习题5.9

开环极坐标如图所示，设$G(j\omega)H(j\omega)$不含有右半S平面的极点，试用奈氏判据判断闭环系统的稳定性。

(a)：

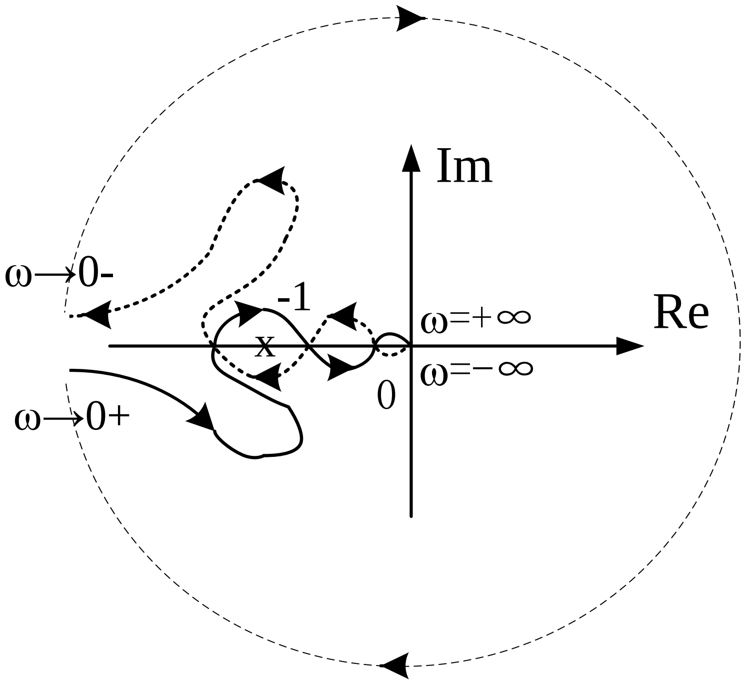


顺时针包围(-1, *j*0)点两圈，所以不稳定。

习题5.9

开环极坐标如图所示，设$G(j\omega)H(j\omega)$不含有右半S平面的极点，试用奈氏判据判断闭环系统的稳定性。

(b)：

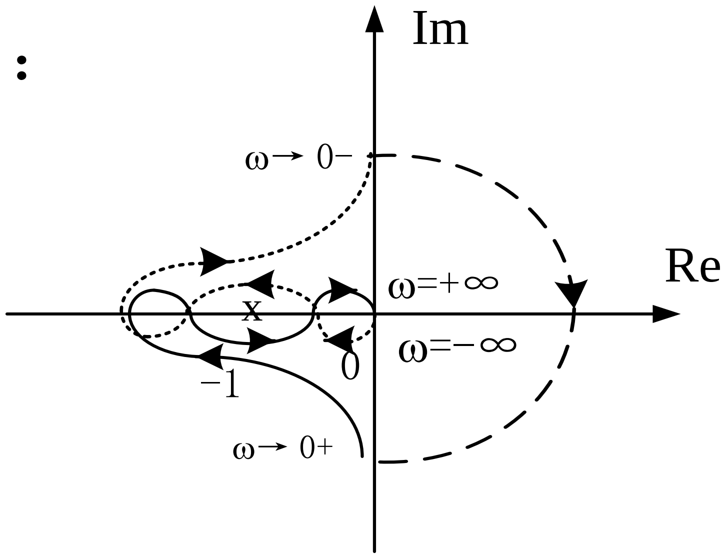


顺时针包围(-1, *j*0)点两圈，所以不稳定。

习题5.9

开环极坐标如图所示，设$G(j\omega)H(j\omega)$不含有右半S平面的极点，试用奈氏判据判断闭环系统的稳定性。

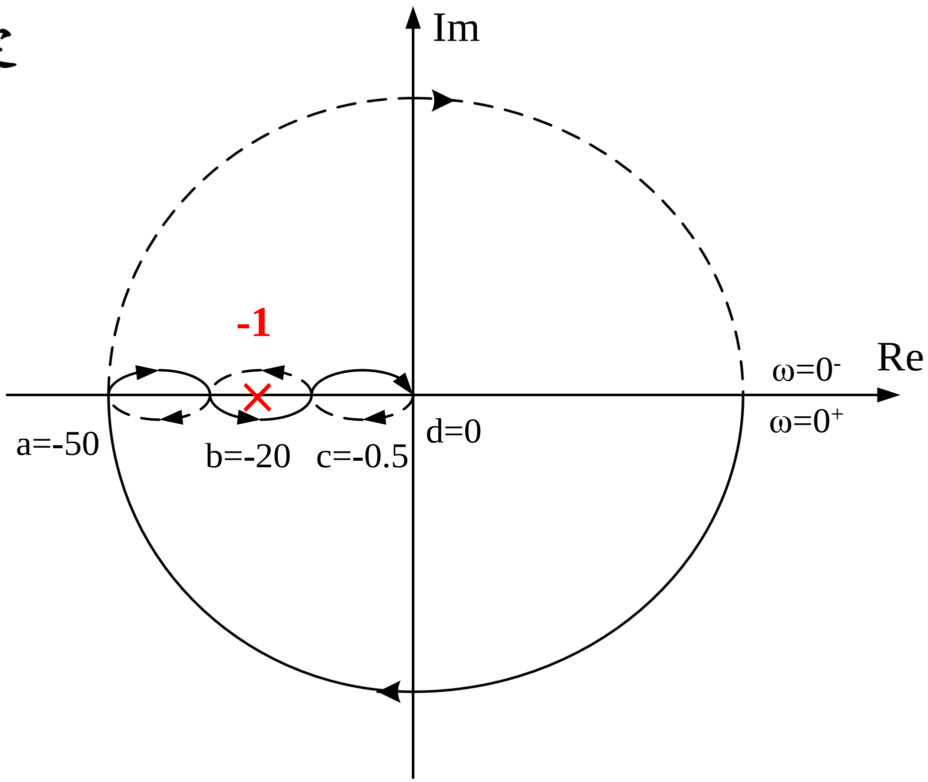
（c）：



顺时针包围(-1, *j*0)点一圈，
逆时针包围(-1, *j*0)点一圈，
等于没包围，所以稳定。

习题5.11

开环极坐标如图所示，设开环增益K=500，在右半S平面无开环极点，试确定使闭环系统稳定的K值范围。

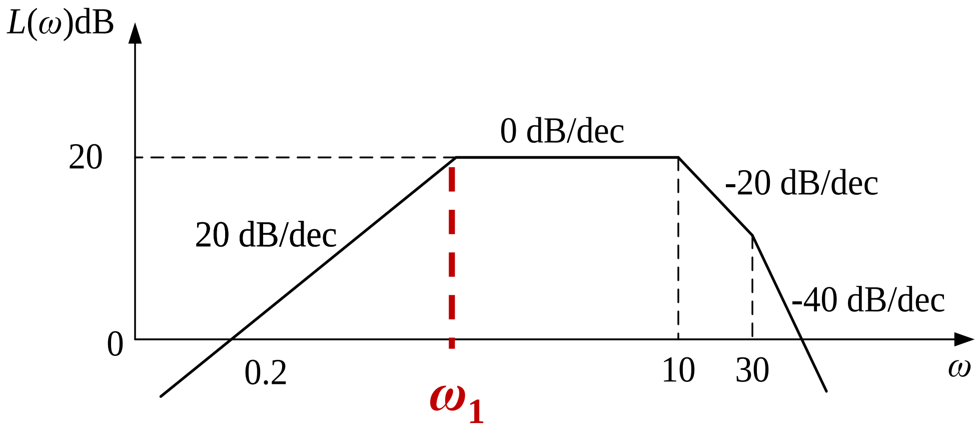


解：

K<10　或　25<K<1000

习题5.12

系统的折线幅频特性如图所示，假定该系统为最小相位系统，求其传递函数。



解：

$$G(s)=\frac{5s}{(\frac{1}{2}s+1)(\frac{1}{10}s+1)(\frac{1}{30}s+1)}$$

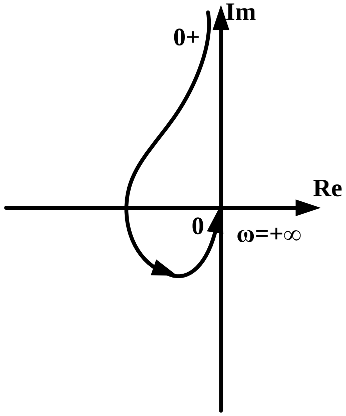
习题5.13

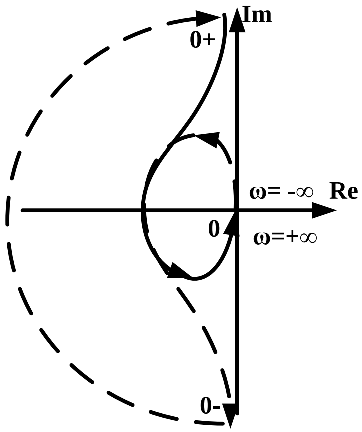
设系统的前向通道传递函数为 $G(s)=\frac{10}{s(s-1)}$，反馈环节传递函数为 $H(s)=1+K_h s$，试用奈氏判据求出使系统稳定的Kh值范围。

解：

开环传函 $$G_0(s)=G(s)H(s)=\frac{10(1+K_n s)}{s(s-1)}\Rightarrow G_0(j\omega)=\frac{10(1+K_n j\omega)}{j\omega(j\omega-1)}$$

奈氏曲线





开环右极点数P=1，因此系统稳定必须使得（-1,j0）在图中小圆圈内，即逆时针包围一圈，求与实轴交点，即可得

$$K_h > 0.1$$

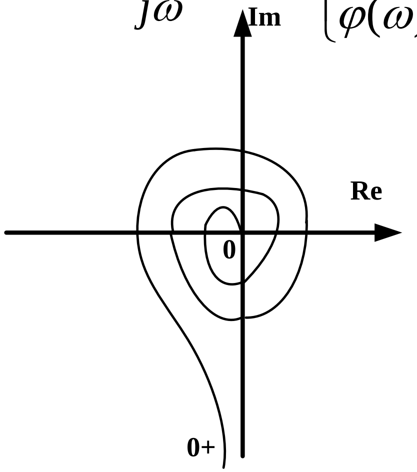
习题5.14

设系统开环传递函数为 $G_0(s)=\dfrac{Ke^{-2s}}{s}, K>0$ ，试求系统稳定时k值范围，并画奈氏图

解： $G_0(s)=\dfrac{Ke^{-2s}}{s} \Rightarrow G_0(j\omega)=\dfrac{Ke^{-j2\omega}}{j\omega}$

$$\begin{cases} A(\omega)=\dfrac{K}{\omega} \\ \varphi(\omega)=-90^\circ-2\omega \end{cases}$$

奈氏曲线



无开环右极点数P=0，因此系统稳定应使奈氏曲线位于(-1,j0)右侧，求外圈交点 $\varphi(\omega)=-180^\circ$，即可得

$$K<0.785$$

习题6.3

$$G_g(s)=\frac{K}{s(1+s/10)}$$

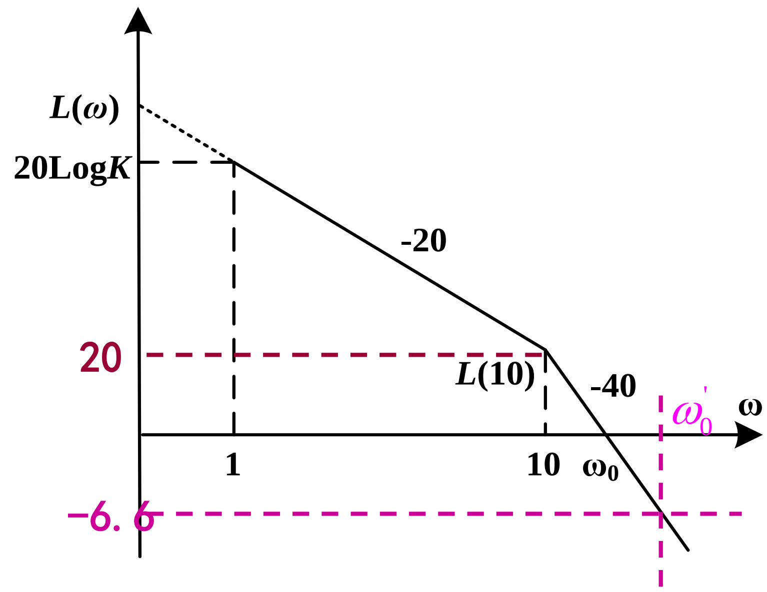
已知控制系统传递函数，试设计串联超前校正装置$G_J(s)$，使校正后满足：稳态速度误差系数$K_v \ge 100$，相角裕量$\gamma \ge 50^o$。

解：

$$G_g(s)=\frac{100}{s(1+s/10)}$$

$$G_J(s)=\frac{\tau s+1}{\alpha\tau s+1}=\frac{0.052s+1}{0.011s+1}$$

$$G_0(s)=G_J(s)G_g(s)=\frac{100(0.052s+1)}{s(\frac{1}{10}s+1)(0.011s+1)}$$



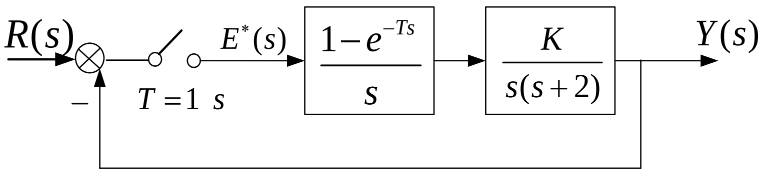
习题7.11

已知采样控制系统，试求：

(1)系统开环脉冲传递函数$Y(z)/E(z)$；

(2)系统闭环脉冲传递函数$Y(z)/R(z)$；

(3)用劳斯判据确定系统稳定时K的取值范围。



解：

$$(1)\quad G_o(z)=\frac{K}{4}\frac{(1+e^{-2})z+1-3e^{-2}}{(z-1)(z-e^{-2})}$$

$$(2)\quad G(z)=\frac{G_0(z)}{1+G_0(z)}=\frac{0.28Kz+0.149K}{z^2+(0.28K-1.135)z+0.135+0.149K}$$

$$(3)\quad 0<K<5.8$$

习题8.9

已知控制系统的状态方程为 $\dot{x} = Ax$ ，其中 $A=\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & 2 \end{bmatrix}$ ，初始状态向量 $\begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$ ，试求解 $x_1(t)和x_2(t)$ 。

解：

$$\dot{x}(t) = Ax(t)$$

$$\Rightarrow \; x(t) = e^{At}x(0)$$

$$\Phi(t) = e^{At} \qquad e^{At} = L^{-1}[(sI - A)^{-1}]$$

$$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = \Phi(t)\cdot x(0) = \begin{bmatrix} e^t\cos(\sqrt{2}t) - \frac{\sqrt{2}}{2}e^t\sin(\sqrt{2}t) & \frac{\sqrt{2}}{2}e^t\sin(\sqrt{2}t) \\ -\frac{3\sqrt{2}}{2}e^t\sin(\sqrt{2}t) & e^t\cos(\sqrt{2}t) + \frac{\sqrt{2}}{2}e^t\sin(\sqrt{2}t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

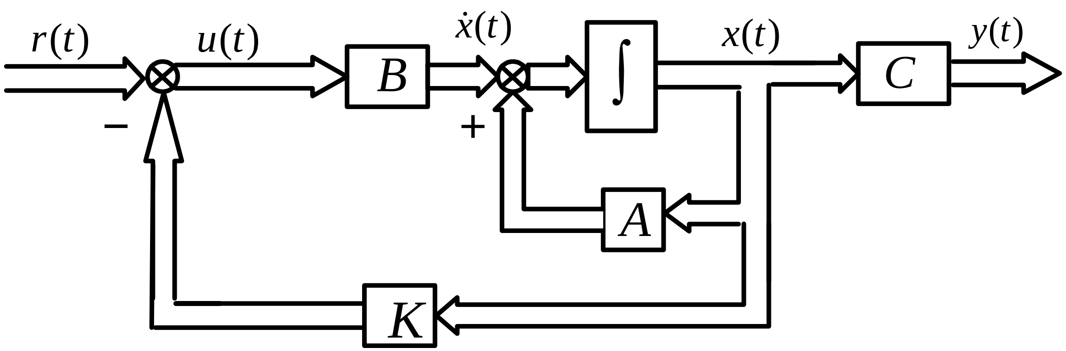
$$= \begin{bmatrix} e^t\cos(\sqrt{2}t) - \sqrt{2}e^t\sin(\sqrt{2}t) \\ -2\sqrt{2}e^t\sin(\sqrt{2}t) - e^t\cos(\sqrt{2}t) \end{bmatrix}$$

习题8.17

设系统的状态方程为 $\dot{x}=\begin{bmatrix}2 & 1\\ -1 & 1\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}1\\ 2\end{bmatrix}u, y=\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}x$ ，试求状态反馈矩阵 $K=\begin{bmatrix}k_1 & k_2\end{bmatrix}$ ，使闭环系统的特征根为-1和-2.并画出系统校正后的状态结构图。

解： 状态反馈系统特征方程为： $\Delta=|\lambda I-(A-bK)|$

期望闭环极点对应的系统特征方程为： $(\lambda+1)(\lambda+2)=\lambda^2+3\lambda+2$



西安交通大學
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

祝 大家考试顺利