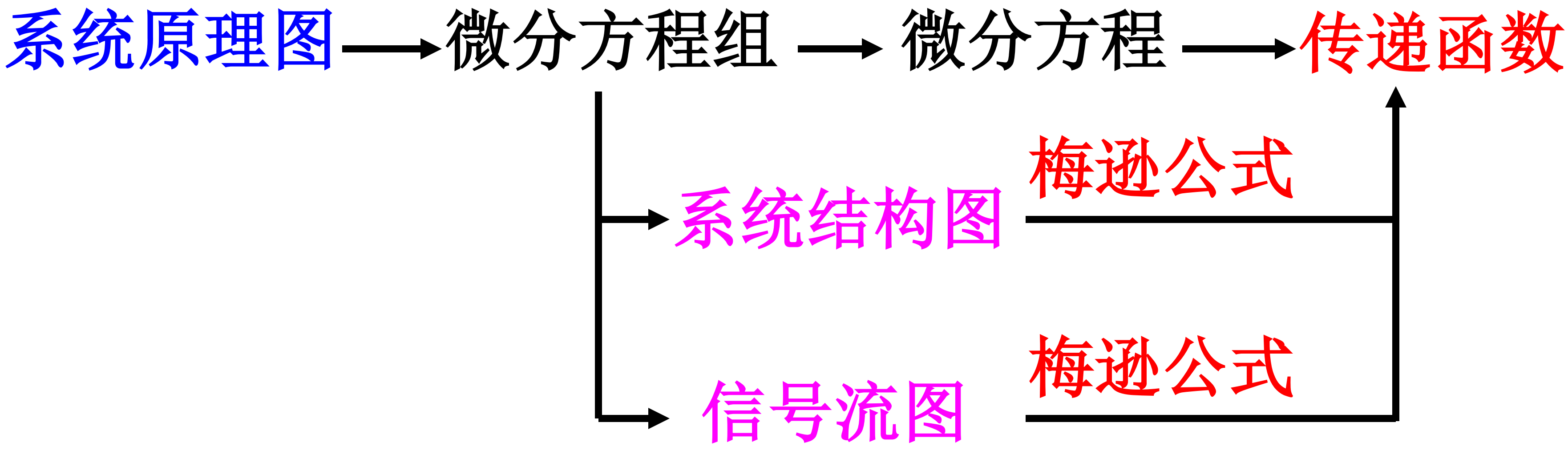
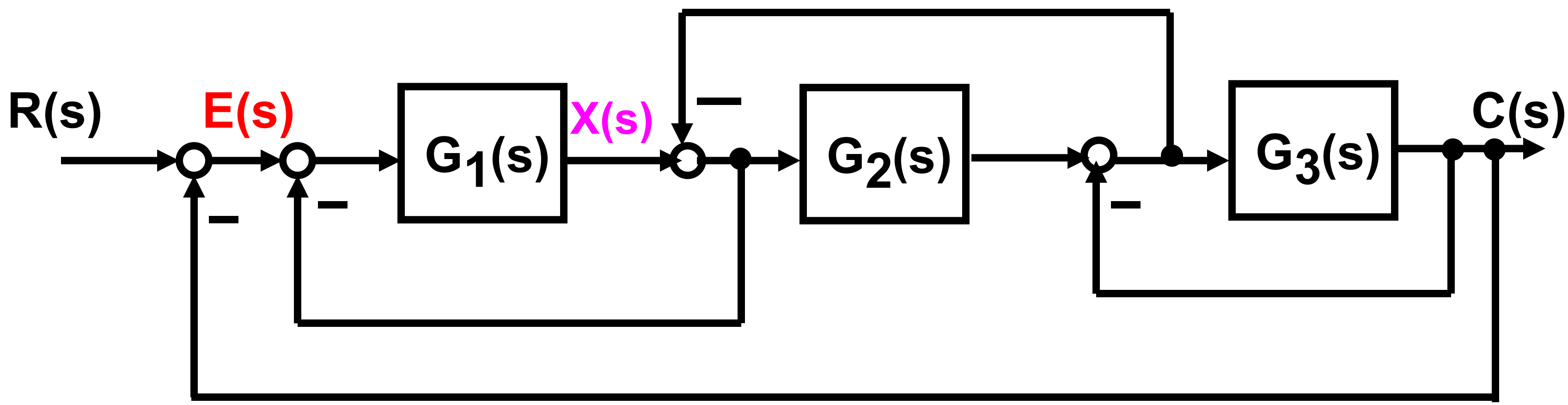
第二章　知识结构



[例] 系统的结构图如图所示，求E(s)



$$L_1 = G_1 \qquad L_2 = G_2 \qquad L_3 = G_3 \qquad L_4 = G_1G_2G_3$$

$$L_1L_3 = G_1G_3 \qquad P_1 = 1 \qquad \Delta_1 = 1 + G_1 + G_2 + G_3 + G_1G_3$$

答案:

$$E(s) = \frac{1+G_1+G_2+G_3+G_1G_3}{1+G_1+G_2+G_3+G_1G_2G_3+G_1G_3}R(s)$$

[例]

已知系统输出响应 $h(t) = 1 - e^{-2t} + e^{-t}$

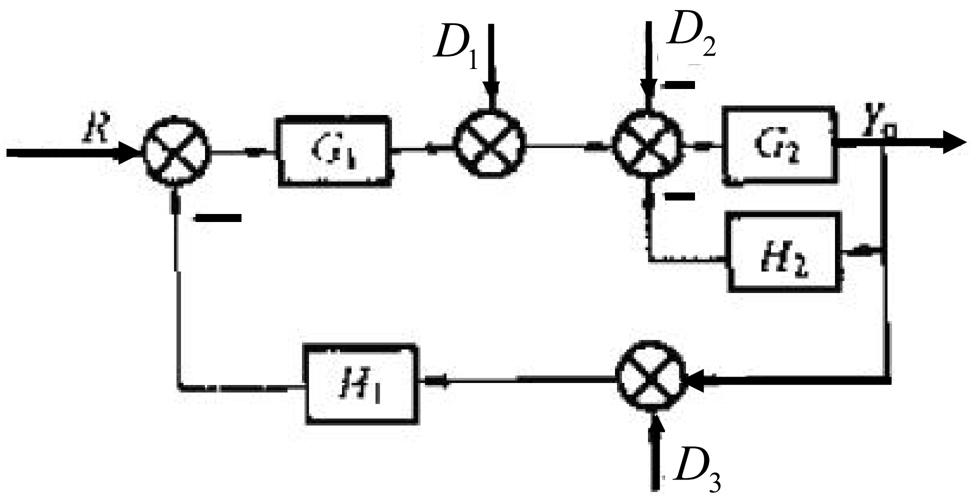
求系统的传递函数。

$$r(t) = 1(t) \qquad R(s) = \frac{1}{s}$$

$$C(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+2} + \frac{1}{s+1}$$

答案: $$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s^2 + 4s + 2}{s^2 + 3s + 2}$$

[例] 试求系统的输出$Y_0(s)$



【解】 由方框图,根据梅逊公式可得

$$\frac{Y_o(s)}{R(s)}=\frac{G_1G_2}{1+G_1G_2H_1+G_2H_2}$$

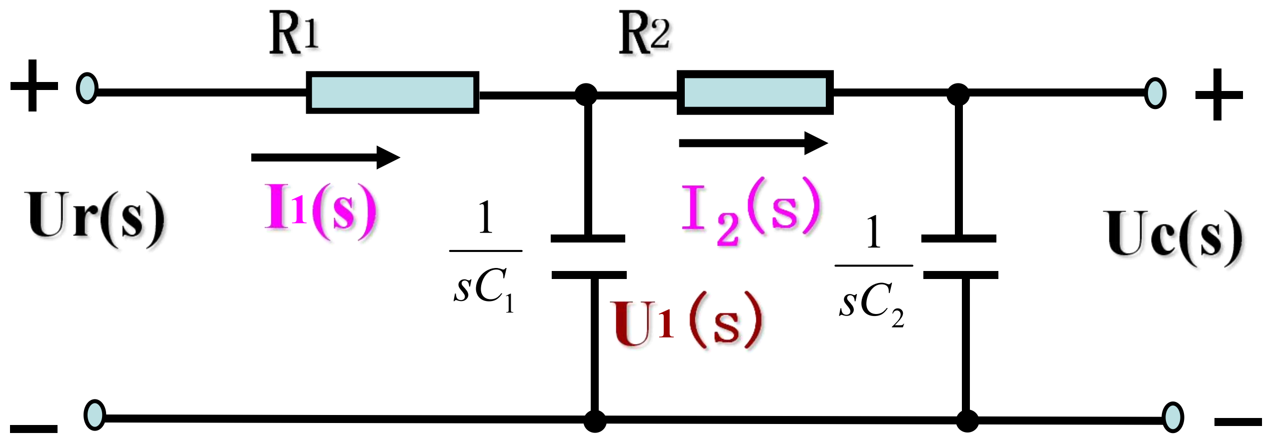
$$\frac{Y_o(s)}{D_2(s)}=\frac{-G_2}{1+G_1G_2H_1+G_2H_2}$$

$$\frac{Y_o(s)}{D_1(s)}=\frac{G_2}{1+G_1G_2H_1+G_2H_2}$$

$$\frac{Y_o(s)}{D_3(s)}=-\frac{H_1G_1G_2}{1+G_1G_2H_1+G_2H_2}$$

$$Y_o(s)=\frac{G_1G_2R(s)+G_2D_1(s)-G_2D_2(s)-H_1G_1G_2D_3(s)}{1+G_1G_2H_1+G_2H_2}$$

[例] RC无源网络，建立其结构图，并求传递函数Uc(s)/Ur(s)



$$I_1(s)R_1 = U_r(s) - U_1(s)$$

$$U_1(s) = [I_1(s) - I_2(s)] \cdot \frac{1}{sC_1}$$

$$I_2(s)R_2 = [U_1(s) - U_c(s)]$$

$$U_c(s) = I_2(s) \cdot \frac{1}{sC_2}$$

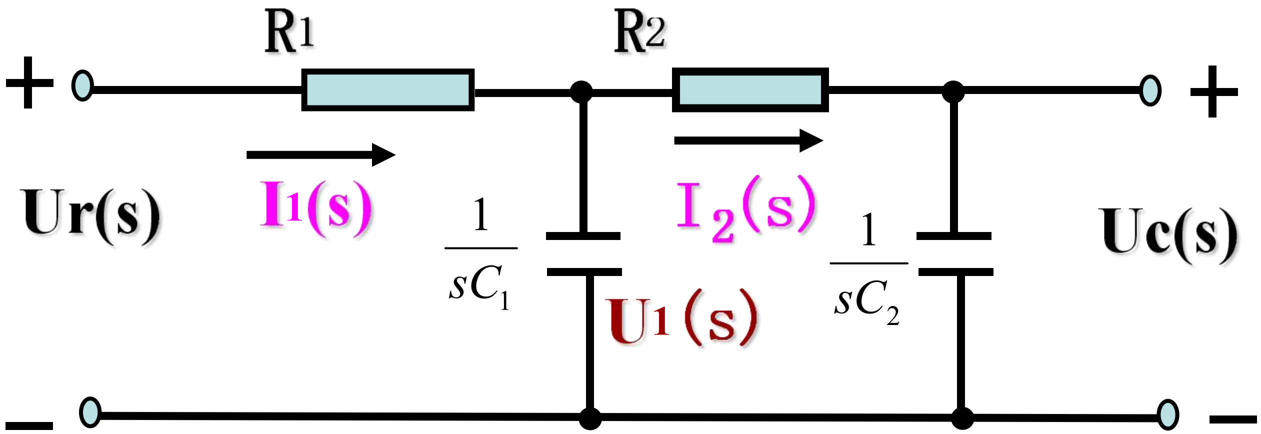
⇒

$$I_1(s) = \frac{U_r(s) - U_1(s)}{R_1}$$

$$U_1(s) = [I_1(s) - I_2(s)] \cdot \frac{1}{sC_1}$$

$$I_2(s) = \frac{U_1(s) - U_c(s)}{R_2}$$

$$U_c(s) = I_2(s) \cdot \frac{1}{sC_2}$$

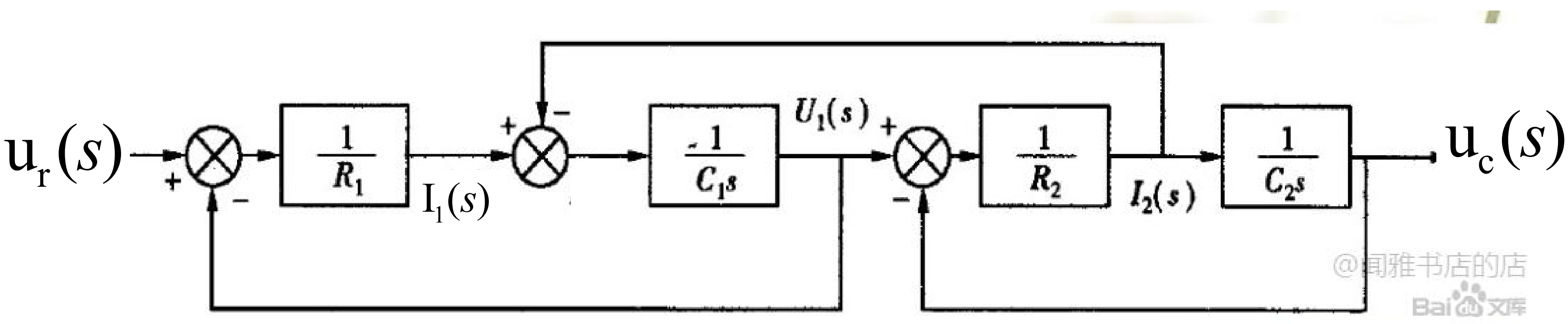


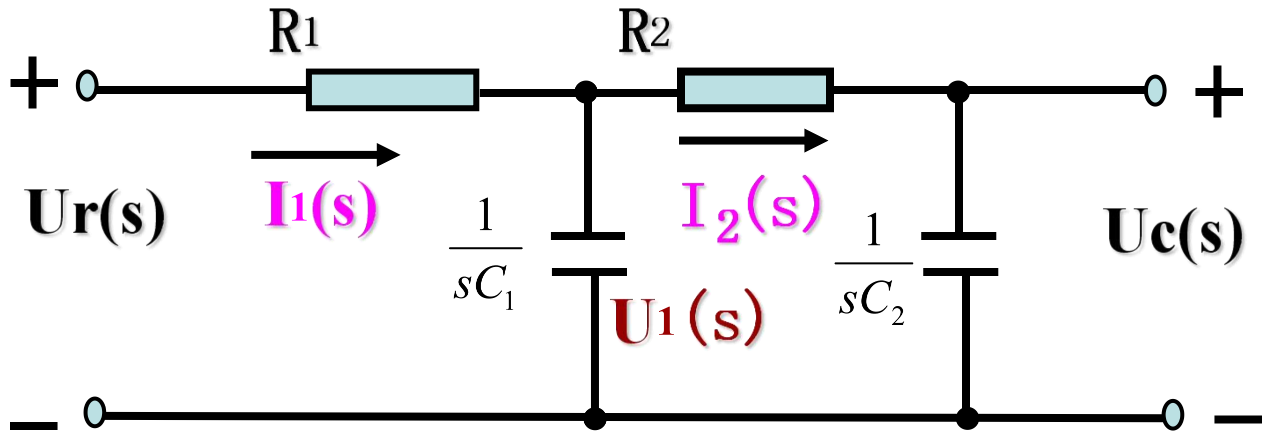
$$I_1(s) = \frac{U_r(s) - U_1(s)}{R_1}$$

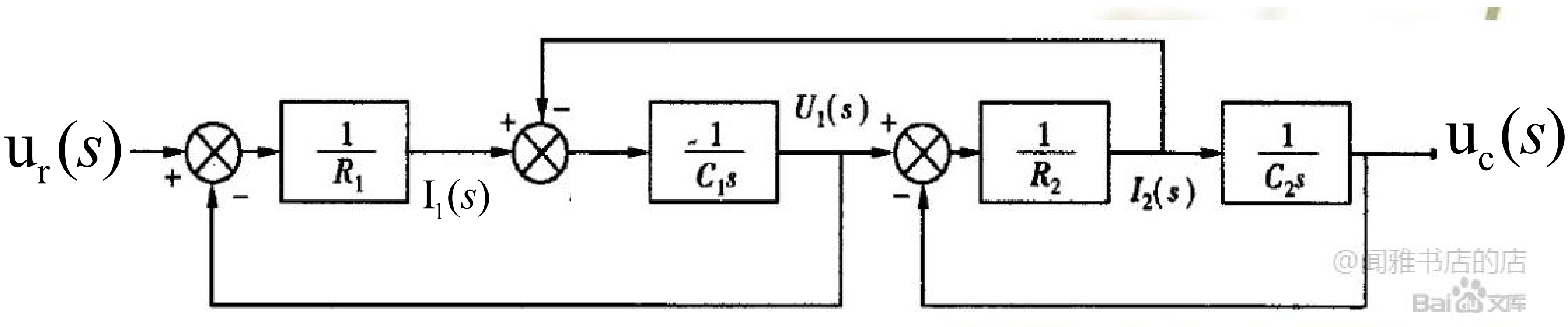
$$U_1(s) = [I_1(s) - I_2(s)] \cdot \frac{1}{sC_1}$$

$$I_2(s) = \frac{U_1(s) - U_c(s)}{R_2}$$

$$U_c(s) = I_2(s) \cdot \frac{1}{sC_2}$$

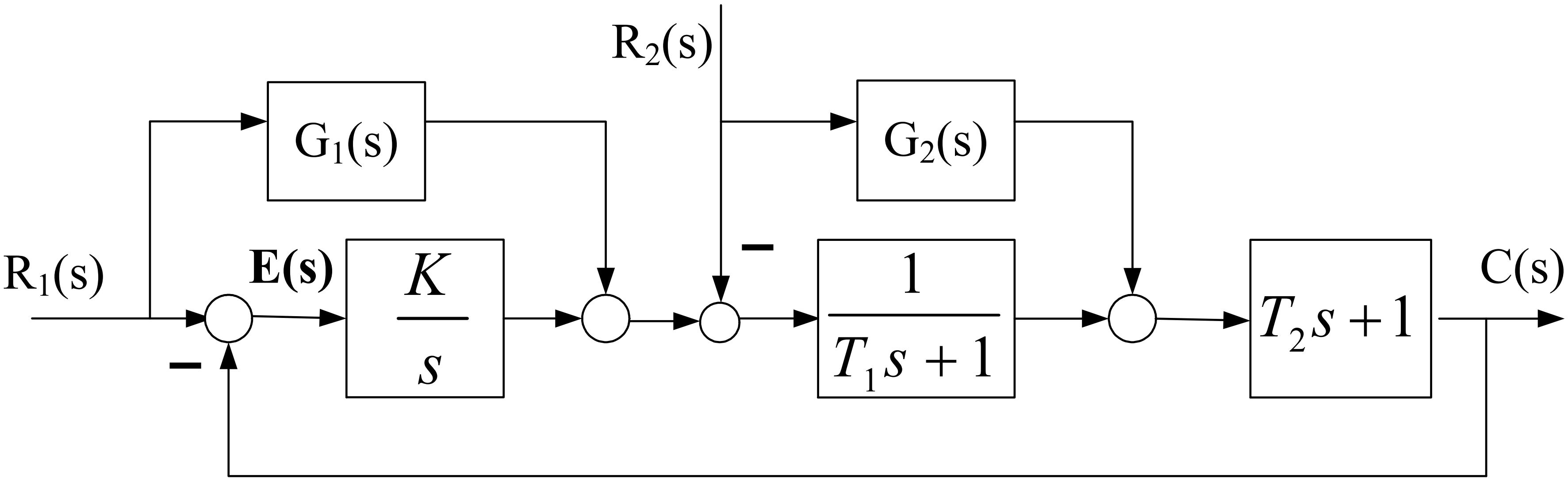






答案： $$\Phi(s)=\frac{U_c(s)}{U_r(s)}=\frac{1}{R_1R_2C_1C_2s^2+(R_1C_1+R_2C_2+R_1C_2)s+1}$$

[例] 欲使下图所示系统中E(s)=0，求G1(s)和G2(s)的表达式。



$$l_1=-\frac{k}{s}\frac{1}{T_1s+1}(T_2s+1)$$

R1输入下：

$$E_1(s)=\frac{1-G_1\dfrac{T_2s+1}{T_1s+1}}{1-l_1}R_1(s)$$

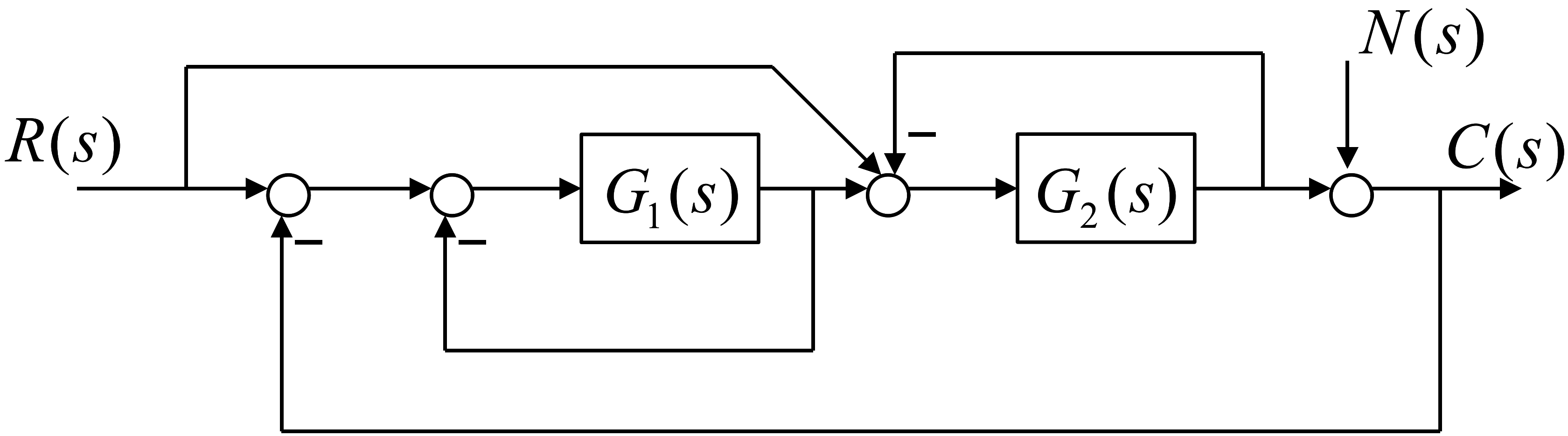
R2输入下：

$$E_2(s)=\frac{\dfrac{T_2s+1}{T_1s+1}-G_2(T_2s+1)}{1-l_1}R_2(s)$$

若E(s)=0, 则E1(s)=0, E2(s)=0;

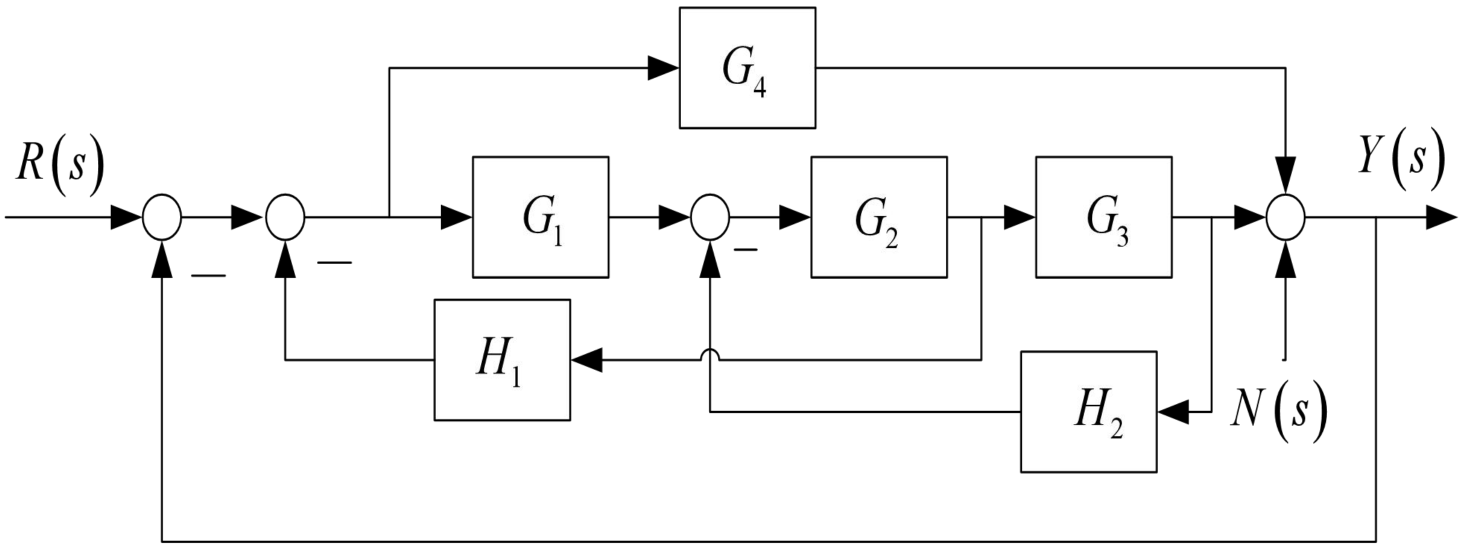
$$G_1=\frac{T_1s+1}{T_2s+1}\qquad G_2=\frac{1}{T_1s+1}$$

[例]用梅逊公式求下图所示系统在R(s) 和N(s)同时作用下的输出C(s)



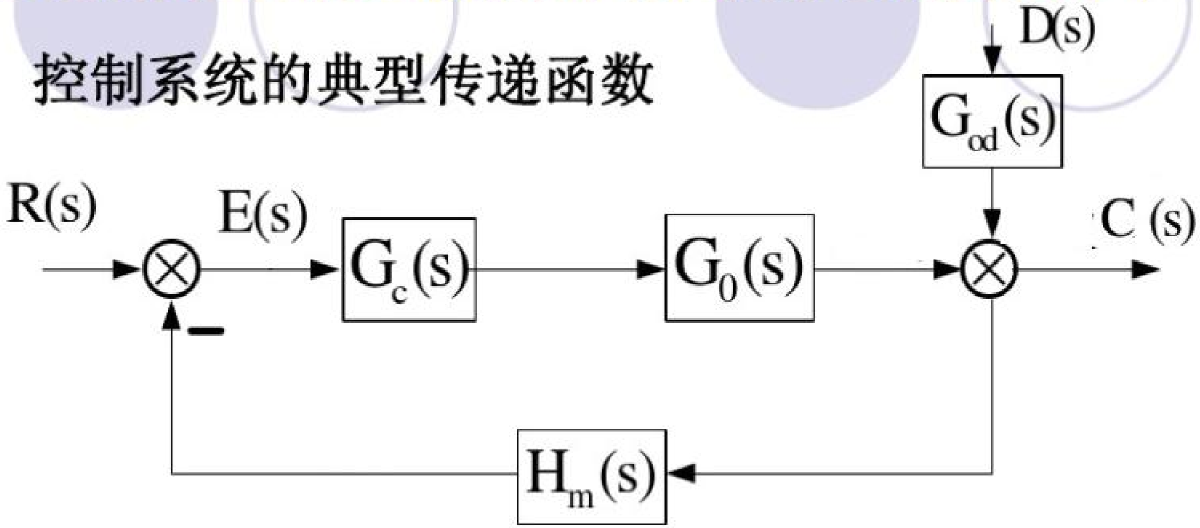
$$C(s)=\frac{G_1G_2+G_2(1+G_1)}{1+G_1+G_2+2G_1G_2}R(s)+\frac{1+G_1+G_2+G_1G_2}{1+G_1+G_2+2G_1G_2}N(s)$$

求 $Y(s)$ 的表达式。



$$Y(s)=\frac{[G_1G_2G_3+G_4(1+G_2G_3H_2)]\cdot R(s)+[1\cdot(1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2)]\cdot N(s)}{1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2+G_4+G_1G_2G_3+G_2G_3G_4H_2}$$

控制系统的典型传递函数



求传递函数?

$\Phi_{cr}(s)$ $\Phi_{cd}(s)$

$\Phi_{er}(s)$ $\Phi_{ed}(s)$

若系统输出量是C(s)

1、$\Phi_{cr}(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{C_r(s)}{R(s)}=\dfrac{G_c(s)G_0(s)}{1+G_c(s)G_0(s)H_m(s)}[D(s)=0]$

2、$\Phi_{cd}(s)=\dfrac{C(s)}{D(s)}=\dfrac{C_d(s)}{D(s)}=\dfrac{G_{od}(s)}{1+G_c(s)G_0(s)H_m(s)}[R(s)=0]$

若系统输出量是E(s)

3、$\Phi_{er}(s)=\dfrac{E(s)}{R(s)}=\dfrac{E_r(s)}{R(s)}=\dfrac{1}{1+G_c(s)G_0(s)H_m(s)}[D(s)=0]$

4、$\Phi_{ed}(s)=\dfrac{E(s)}{D(s)}=\dfrac{E_d(s)}{D(s)}=\dfrac{-G_{od}(s)H_m(s)}{1+G_c(s)G_0(s)H_m(s)}[R(s)=0]$

数学模型的MATLAB描述

传递函数（Transfer Function：TF）模型

$$G(s)=\frac{L[c(t)]}{L[r(t)]}=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{b_0s^m+b_1s^{m-1}+\cdots+b_{m-1}s+b_m}{a_0s^n+a_1s^{n-1}+\cdots+a_{n-1}s+a_m}=\frac{M(s)}{N(s)}$$

在MATLAB中，控制系统的分子多项式系数和分母多项式系数分别用向量num和den表示，即

num＝［b_0 b_1 … $b_{m\text{-}1}$ b_m］

den＝［a_0 a_1 … $a_{\mathrm{n}\text{-}1}$ a_n］

sys＝tf（num， den） 生成传递函数模型sys

【例】 已知控制系统的传递函数为

$$G(s)=\frac{s^2+3s+2}{s^3+5s^2+7s+3}$$

用MATLAB建立其数学模型

【解】（1）

num＝［1 3 2］；
den＝［1 5 7 3］；
sys＝tf（num， den）
运行结果为：
Transfer function:

    s^2+3s+2
----
s^3+5s^2+7s+3

（2） sys＝tf（［1 3 2］， ［1 5 7 3］）

运行结果为：
Transfer function:

    s^2+3s+2
----
s^3+5s^2+7s+3

零极点增益模型

使用函数zpk（）建立或转换线性定常系统的零极点增益模型。

sys＝zpk（z， p， k） % 建立连续系统的零极点增益模型

z，p， k分别对应系统的零点向量， 极点向量和增益

【例】 系统的零极点增益模型为

$$G(s)=\frac{(s+0.1)(s+0.2)}{(s+0.3)^2}$$

用MATLAB建立其传递函数模型。

【解】

```
z=[-0.1 -0.2];

p=[-0.3 -0.3];

k=1;

sys=zpk(z,p,k),          %建立系统的零极点增益模型
```

线性定常系统数学模型的生成及转换函数

函数名称	功　　能
tf	生成(或转换)传递函数模型
ss	生成(或转换)状态空间模型
zpk	生成(或转换)零极点增益模型

函数名称	功　　能
series	两个状态空间模型串联
parallel	两个状态空间模型并联
feedback	两个状态空间模型按照反馈方式连接
append	两个以上模型进行添加连接
connect，blkbuild	将结构图转换为状态空间模型

2.4 数学模型的连接

【例】 求传递函数

```
G1=tf([1], [1 3])

G2=tf([1], [1 5])

G=feedback(G1,G2,-1)
 % +1 为正反馈，-1为负反馈
```

```
Transfer function:

       s + 5
   --------------
   s^2 + 8 s + 16
```