

国家精品课程/ 国家精品资源共享课程/ 国家级精品教材

国家级十一(二)五规划教材/ 教育部自动化专业教学指导委员会牵头规划系列教材

控制系统仿真与CAD

# 第四章 线性系统的数学模型

## 方框图化简

Simplification of Block Diagrams

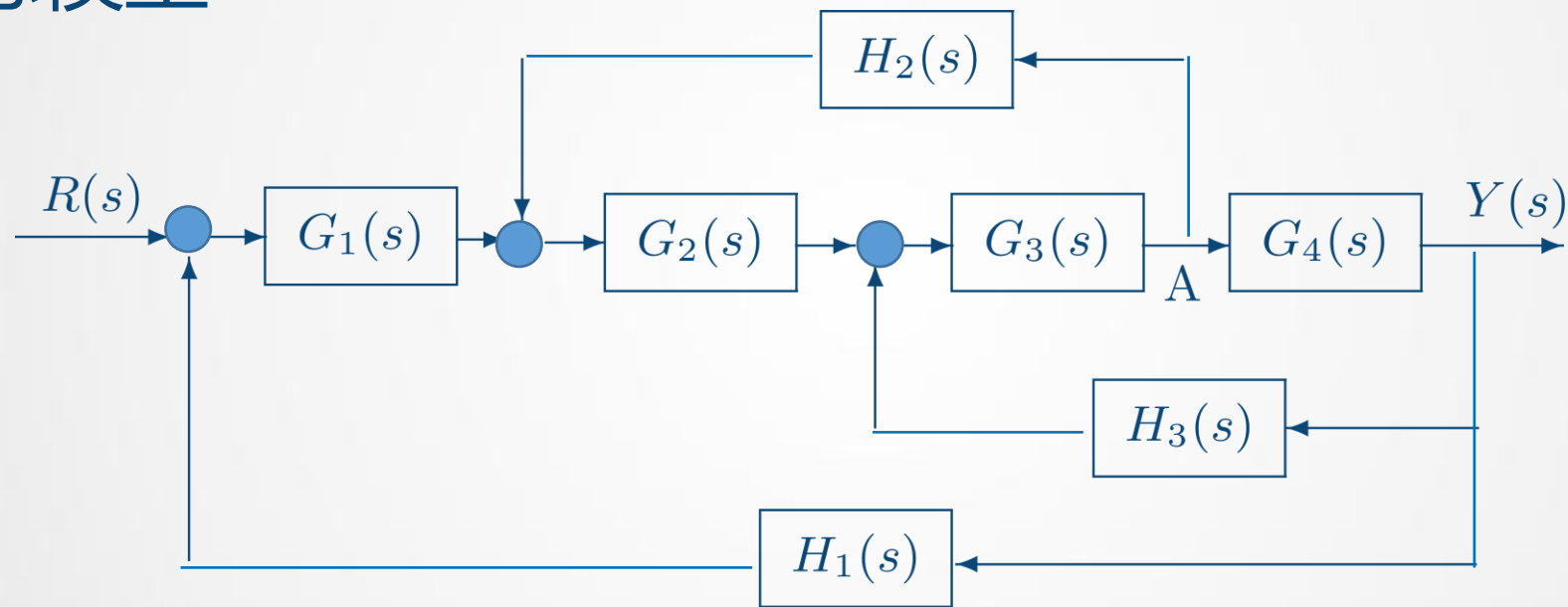


主讲：薛定宇教授



# 节点移动时的等效变换

## ➤ 考虑模型

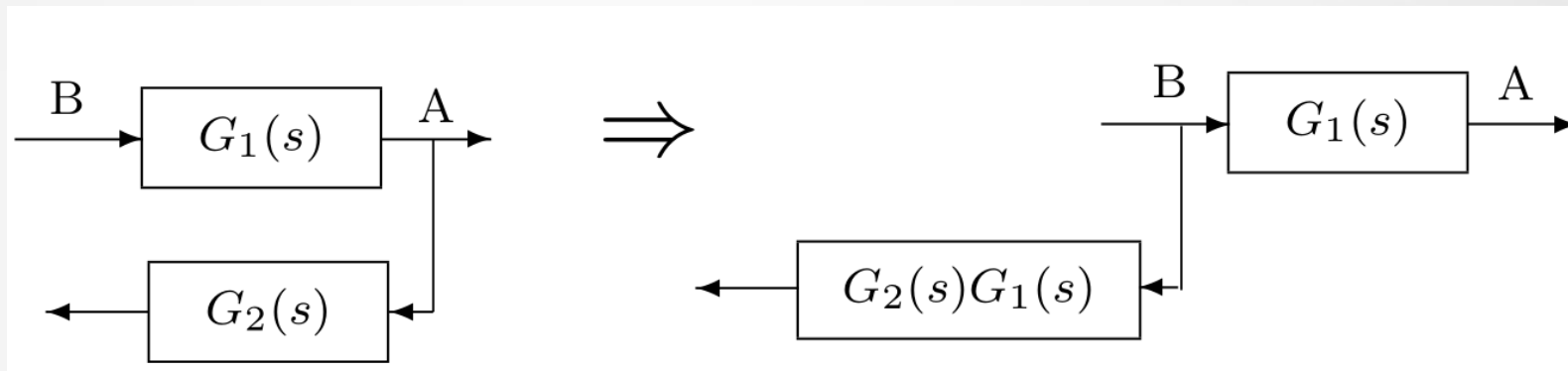


## ➤ 难点：A点在回路间，移至输出端

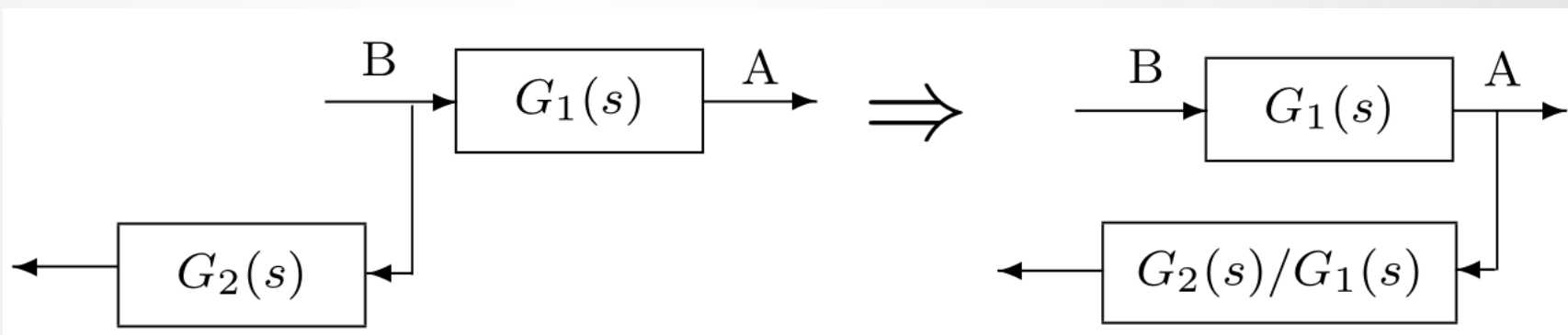


# 节点移动的等效处理

## ➤ 前向移动



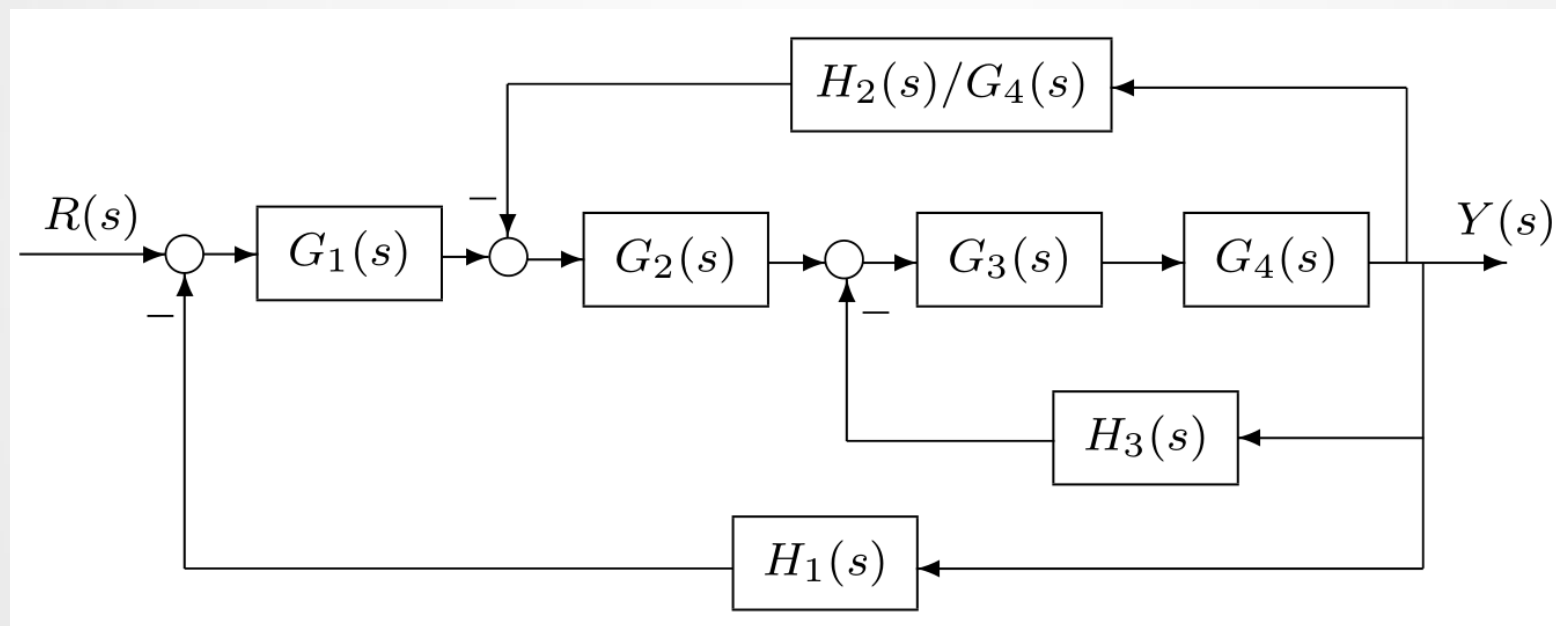
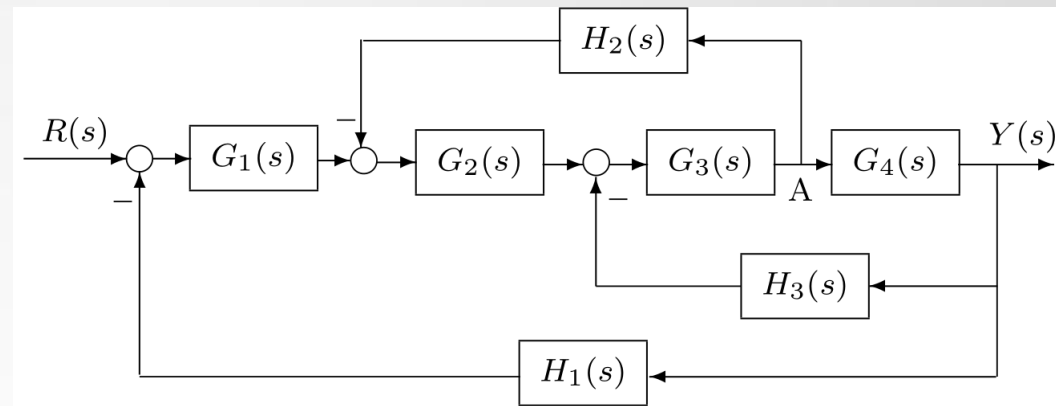
## ➤ 后向移动





## 例4-21 复杂模型化简

原系统可以移动



➤ 新支路模型  $H_2(s)/G_4(s)$



# 等效模型的化简

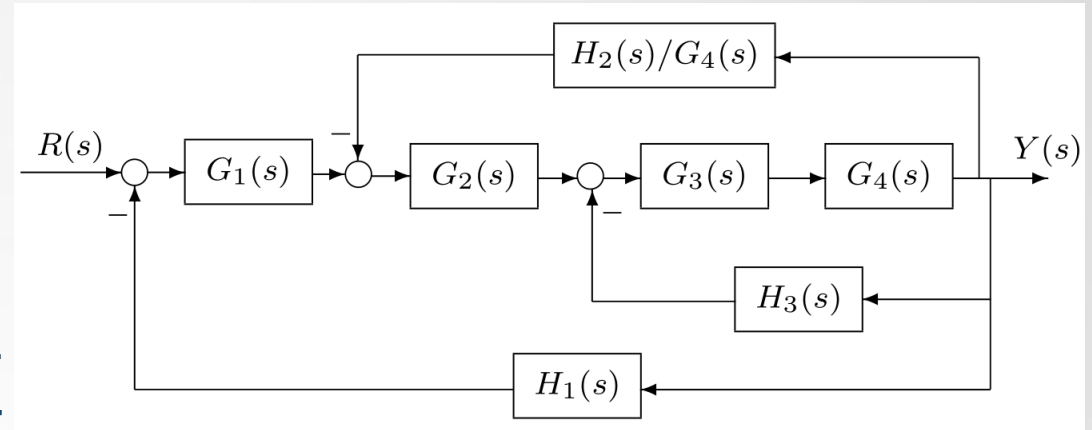
## ➤ 从 $R(s)$ 到 $Y(s)$ 的等效模型计算



```
>> syms G1 G2 G3 G4 H1 H2 H3  
c1=feedbacksym(G4*G3,H3);  
c2=feedbacksym(c1*G2,H2/G4);  
G=feedbacksym(c2*G1,H1); pretty(G)
```

## ➤ 结果的数学表示

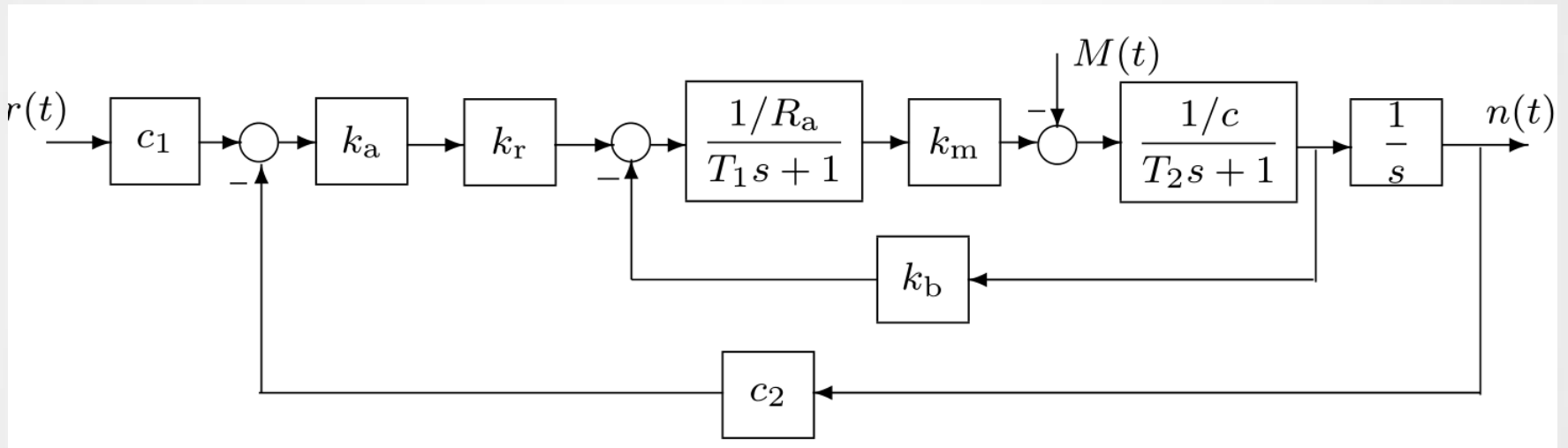
$$G(s) = \frac{G_2 G_4 G_3 G_1}{1 + G_4 G_3 H_3 + G_3 G_2 H_2 + G_2 G_4 G_3 G_1 H_1}$$





## 例4-22 直流电机拖动系统

### ➤ 双输入系统



### ➤ 输入 $r(t)$ 单独激励

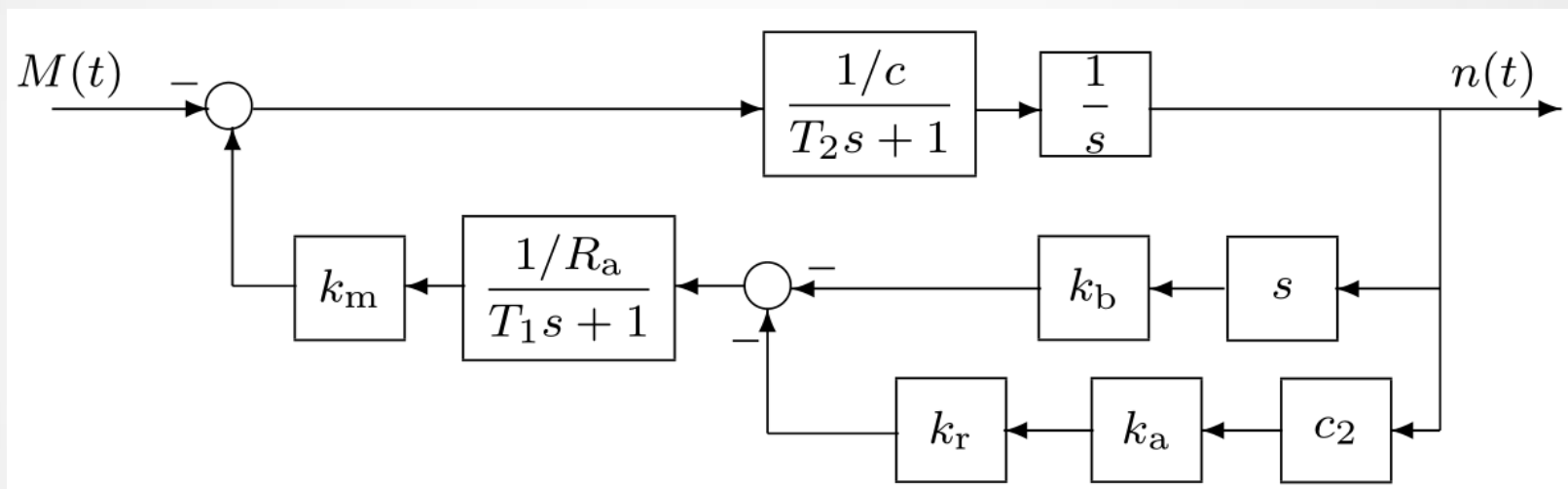
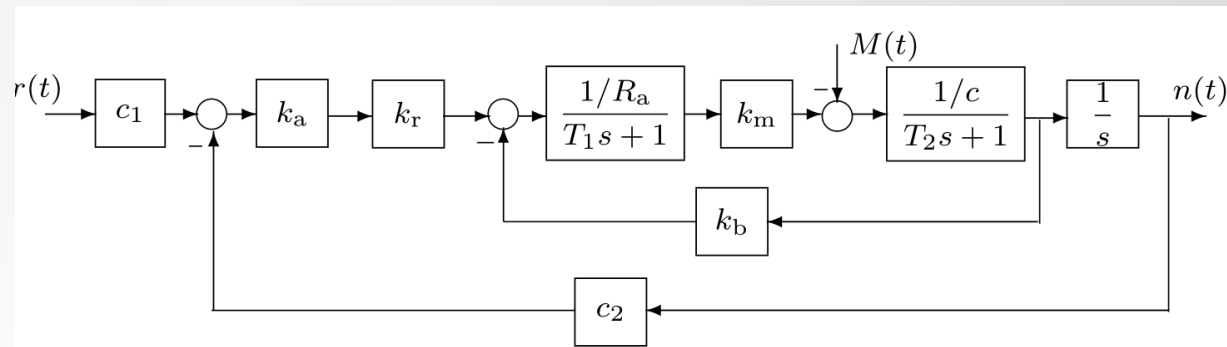


```
>> syms Ka Kr c1 c2 c Ra T1 T2 Km Kb s  
Ga=feedbacksym(1/Ra/(T1*s+1)*Km*1/c/(T2*s+1),Kb);  
G1=c1*feedbacksym(Ka*Kr*Ga/s,c2); G1=collect(G1,s)
```



# 另一个传递函数

## ➤ $M(t)$ 信号单独输入重新绘图



## ➤ 得出另一个传递函数



```
>> G2=-feedbacksym(1/c/(T2*s+1)/s, ...
    Km/Ra/(T1*s+1)*(Kb*s+c2*Ka*Kr));
G2=collect(simplify(G2),s)
```



# 结果的数学形式

## ➤ 传递函数矩阵

$$G^T(s) = \begin{bmatrix} \frac{c_1 k_m k_a k_r}{R_a c T_1 T_2 s^3 + (R_a c T_1 + R_a c T_2) s^2 + (k_m k_b + R_a c) s + k_a k_r k_m c_2} \\ - \frac{(T_1 s + 1) R_a}{R_a c T_1 T_2 s^3 + (R_a c T_1 + R_a c T_2) s^2 + (k_m k_b + R_a c) s + k_a k_r k_m c_2} \end{bmatrix}$$





# 方框图化简小结

- 需要手工处理
  - 节点的前向移动或后向移动
  - 复杂问题可能需要手工重新画图
  - 将图形化成明显的串并联、反馈结构
  - 嵌套使用  $+$ ,  $*$ , `feedback` , `feedbacksym` 函数
- 需要更容易使用的工具

