

第三节 结构图模型

自动控制原理B
面向专业：微电子系
授课教师：刘剑毅

9/22/2013

1

一、结构图的基本概念：

[定义]：表示变量之间数学关系的方块图称为函数结构图或方块图。

[例]：结构： $X(t) \xrightarrow{\text{电位器}} Y(t)$ 结构图： $X(s) \xrightarrow{G(s)=K} Y(s)$

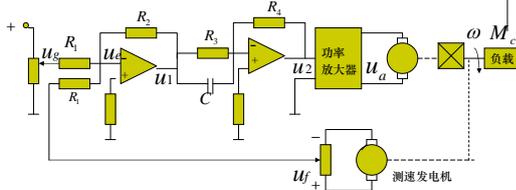
微分方程： $y(t) = kx(t)$

若已知系统的组成和各部分的传递函数，则可以画出各个部分的结构图并连成整个系统的结构图。

9/22/2013

2

[例1]. 求速度控制系统的结构图。



系统框图：



9/22/2013

3

我们已经求出了各环节的微分方程模型：

运放 I： $u_1 = K_1(u_g - u_f) = K_1 u_e$

运放 II： $u_2 = K_2(\tau \frac{du_1}{dt} + u_1)$

功率放大： $u_a = K_3 u_2$

电动机环节： $T_a T_m \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_m \frac{d\omega}{dt} + \omega = K_a u_a - K_m (T_a \frac{dM_c}{dt} + m_c)$

反馈环节： $u_f = K_f \omega$

请回顾，为求取整个系统数学模型，微分方程一节如何做，传函一节如何做？

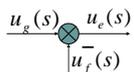
9/22/2013

4

对上式各自取拉式变换，得到各环节的传递函数：

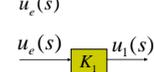
※比较环节：

$$u_e(s) = u_g(s) - u_f(s)$$



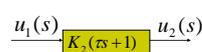
※运放 I：

$$\frac{u_1(s)}{u_e(s)} = K_1$$



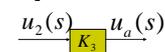
※运放 II：

$$\frac{u_2(s)}{u_1(s)} = K_2(\tau s + 1)$$



※功放环节：

$$\frac{u_a(s)}{u_2(s)} = K_3$$

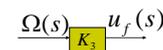


9/22/2013

5

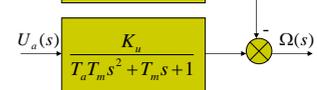
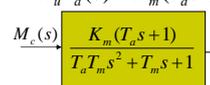
※反馈环节：

$$\frac{u_f(s)}{\Omega(s)} = K_f$$



※电动机环节：

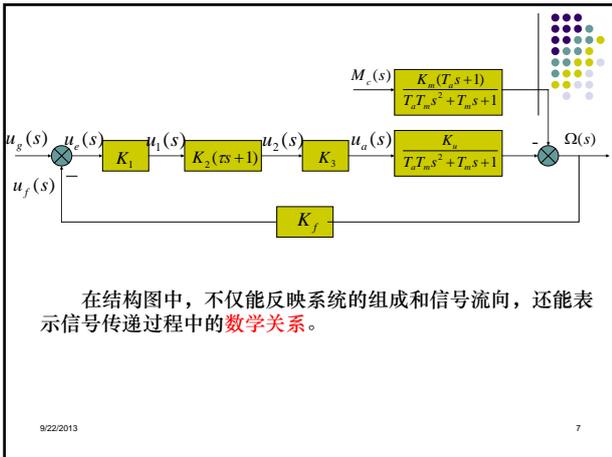
$$(T_a T_m s^2 + T_m s + 1)\Omega(s) = K_a u_a(s) - K_m (T_a s + 1)M_c(s)$$



将上面几部分不用消去中间变量（unlike 解析法），而直接连接起来，即形成完整结构图。

9/22/2013

6



二、结构图的简化技术：

[定义]： 在结构图上进行数学方程的运算。

[用途]： 适合化简复杂系统，这是一种**基于图 (graph-based)** 的方法，可以获得系统传函，比解析法（消去中间变量）更加直观。

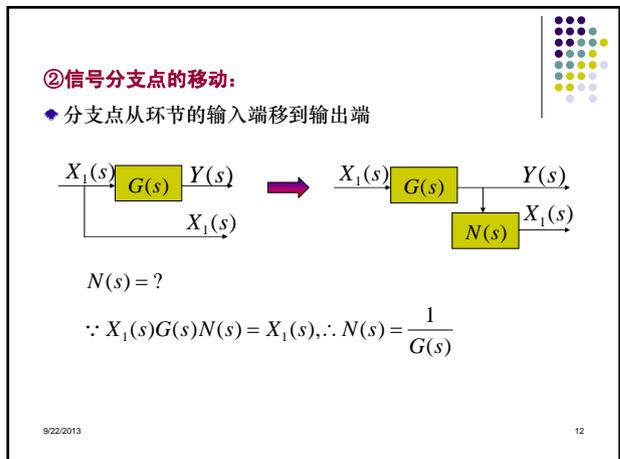
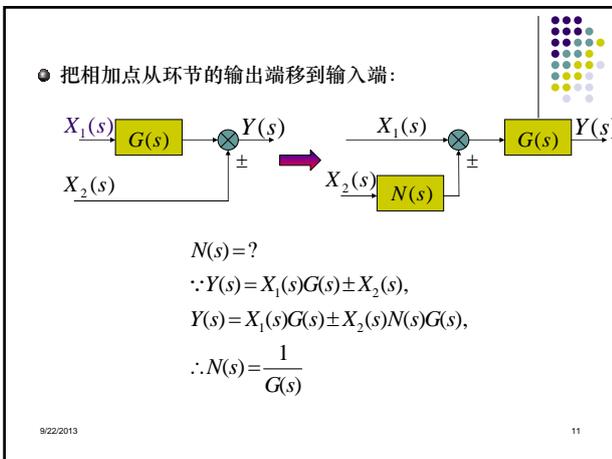
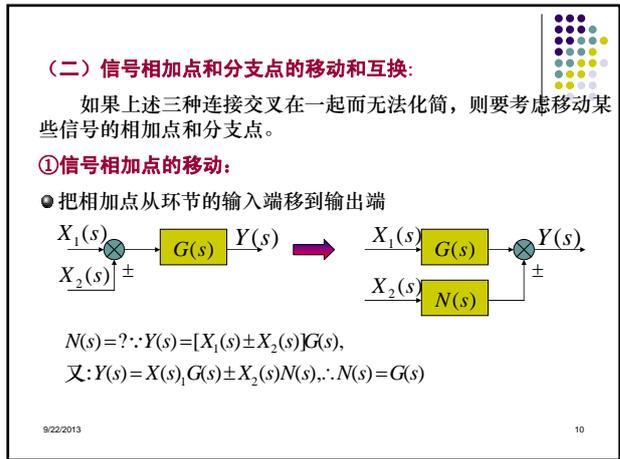
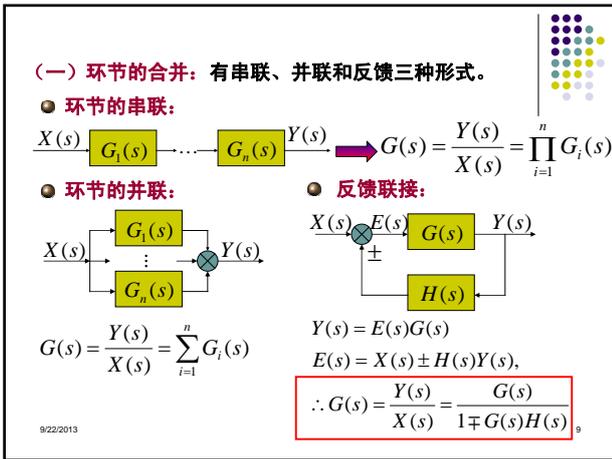
[类型]： ① 环节的合并；

- --串联
- --并联
- --反馈连接

② 信号分支点或相加点的移动。

[原则]： 变换前后环节的数学关系保持不变。

9/22/2013 8



◆ 分支点从环节的输出端移到输入端:

$N(s) = ? \because X_1(s)G(s) = Y(s), X_1(s)N(s) = Y(s), \therefore N(s) = G(s)$

[注意]:

◆ 相邻的信号相加点位置可以互换; 见下例

9/22/2013 13

◆ 同一信号的分支点位置可以互换: 见下例

◆ 相加点和分支点在一般情况下, 不能互换。

所以, 一般情况下, 相加点向相加点移动, 分支点向分支点移动。

9/22/2013 14

[例1] 设有两个RC串联电路如下图所示, 分别求其传递函数。

$\frac{U_2(s)}{U_1(s)} = G_1(s) = \frac{1}{R_1 C_1 s + 1}$ $\frac{U_4(s)}{U_3(s)} = G_2(s) = \frac{1}{R_2 C_2 s + 1}$

~~$\frac{U_4(s)}{U_1(s)} = G_1(s)G_2(s) = \frac{1}{R_1 C_1 s + 1} \frac{1}{R_2 C_2 s + 1}$~~

上式只有当两个电路之间有隔离放大器才成立。

9/22/2013 15

[原因] 存在负载效应, 回路2的输入阻抗并非无穷大, 因此损耗了回路1的部分能量。

[解]: 根据基尔霍夫电路定理, 有以下回路方程:

$[u_i(s) - u(s)] \frac{1}{R_1} = I_1(s)$

$I_1(s) - I_2(s) = I(s)$

$I(s) \times \frac{1}{C_1 s} = u(s)$

$[u(s) - u_o(s)] \times \frac{1}{R_2} = I_2(s)$

$I_2(s) \times \frac{1}{C_2 s} = u_o(s)$

9/22/2013 16

解法1: 解析法求系统传函

◆ 利用代数运算, 消去中间变量 $I(s)$ $I_1(s)$ $I_2(s)$ $U(s)$, 可得传递函数为:

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{1}{(1 + R_1 C_1 s)(1 + R_2 C_2 s) + R_1 C_2 s}$$

9/22/2013 17

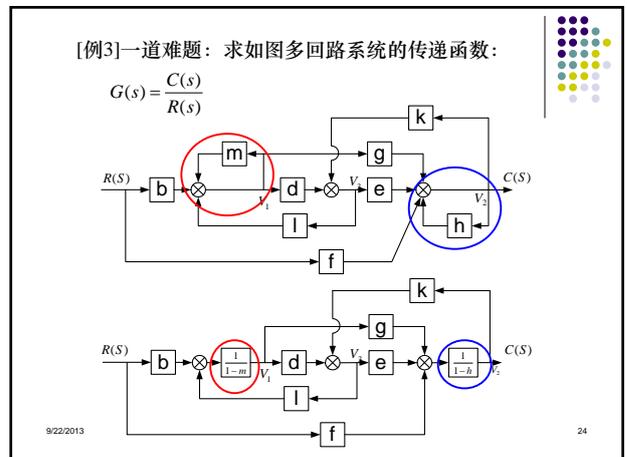
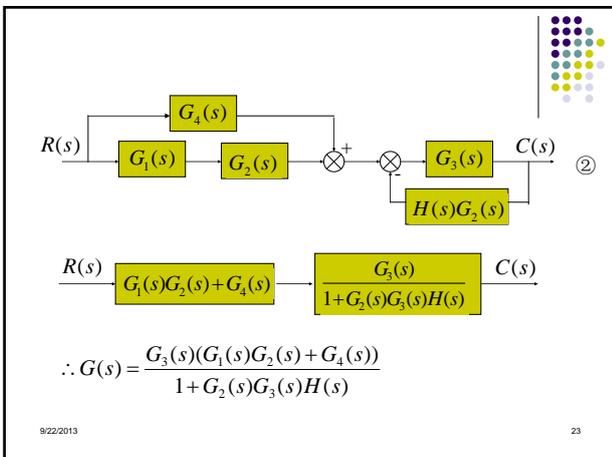
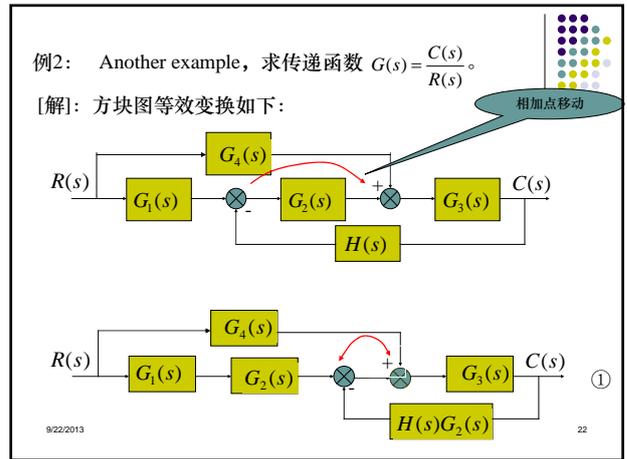
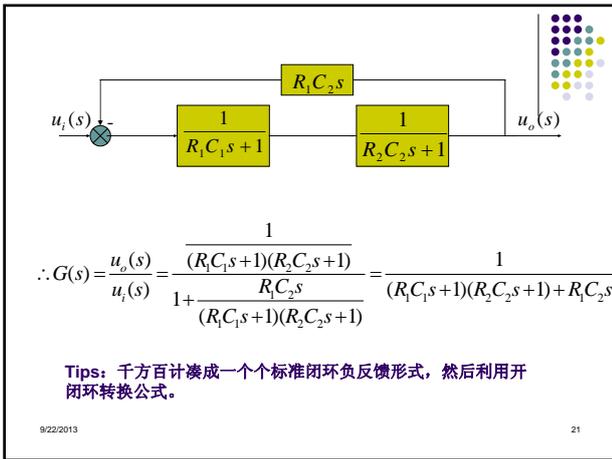
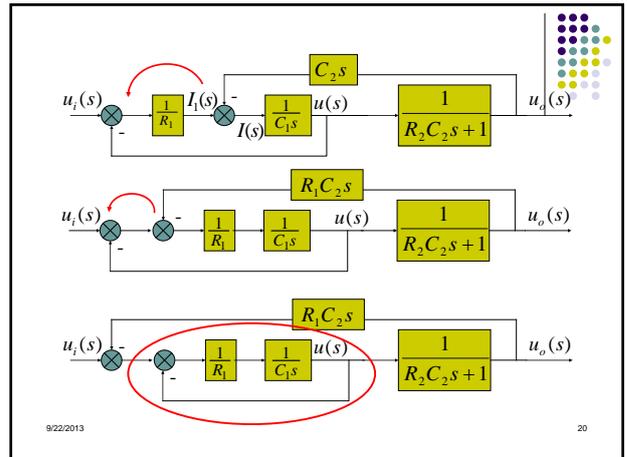
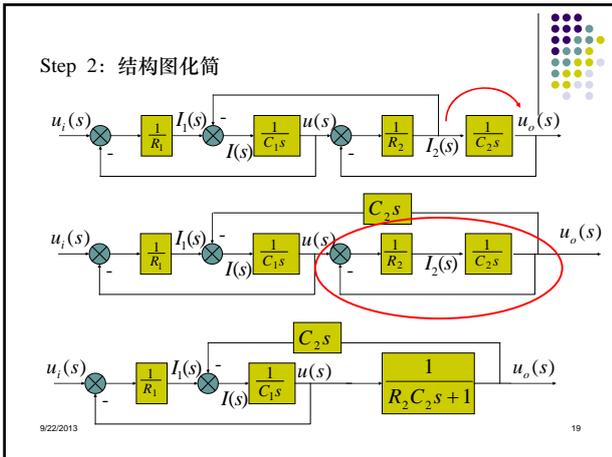
解法2: 利用结构图化简技术求系统传函:

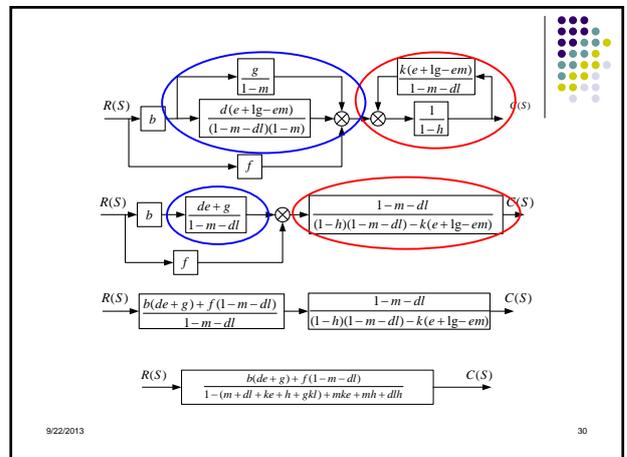
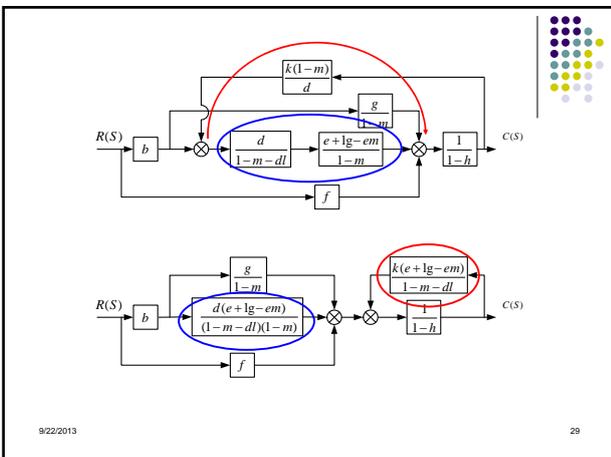
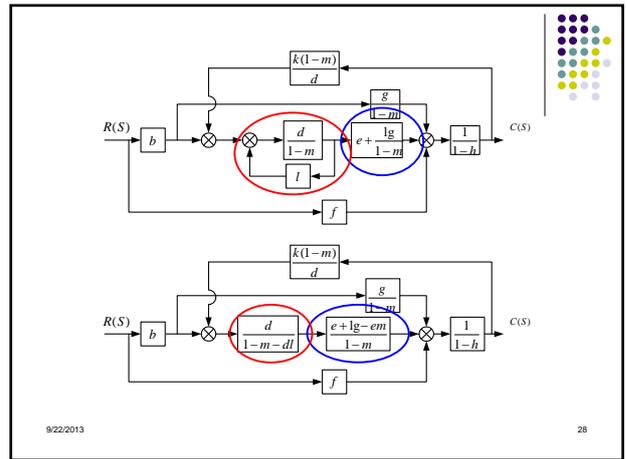
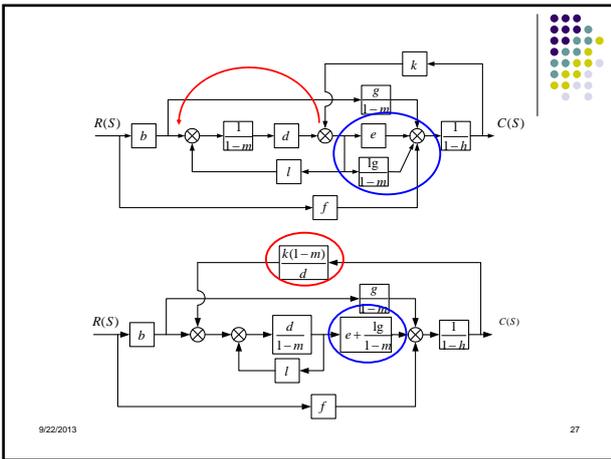
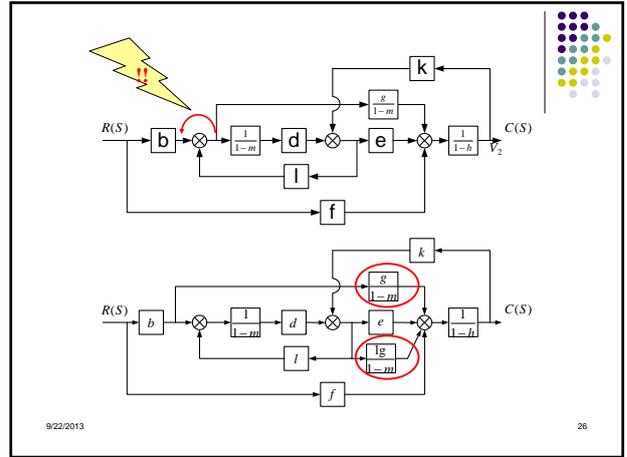
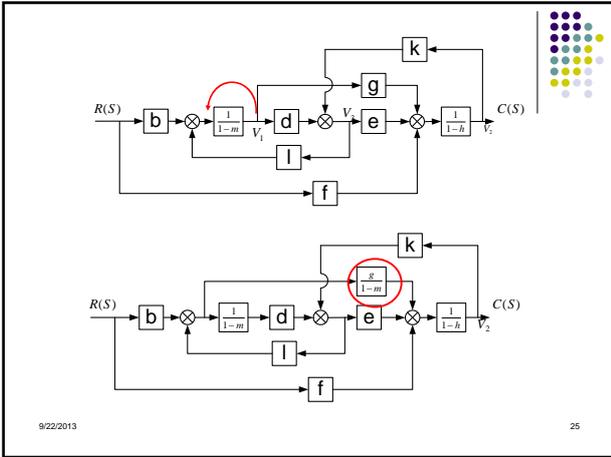
Step 1: 将各个环节组装起来, 无论复杂;

» 方法: 利用同名信号端的对接;

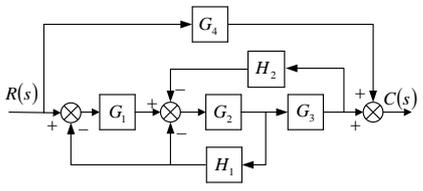
» 注意看和电路图的本质区别。

9/22/2013 18





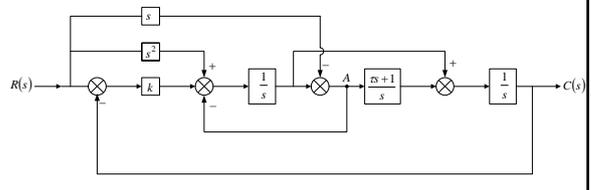
补充作业题1: 简化下面系统结构图, 并求出传递函数 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 。



9/22/2013

31

补充作业题2: 某系统的结构图如图所示, 试求系统的传递函数 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 。



9/22/2013

32