



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

系统的数学模型

系统的传递函数方框图及其化简（二）

主讲：吉喆

目录



在线开放课程

- 1.传递函数方框图的结构要素
- 2.传递函数方框图的绘制方法
- 3.传递函数方框图的等效变换
- 4. 举例练习

1. 传递函数方框图的等效变换

传递函数简化：等效变换，变换前后输入输出之间的数学关系保持不变

传递函数方框图的等效变换规则

基于方框的运算规则

串联

并联

反馈

基于相加点的等效

交换

分解

前移

后移

基于分支点的等效

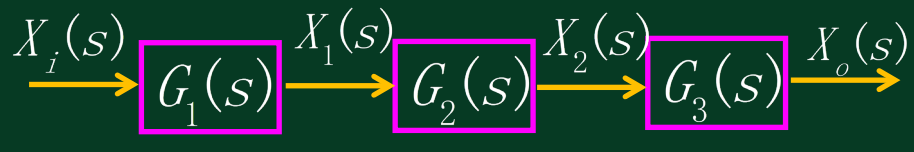
前移

后移

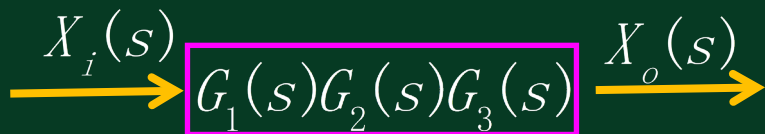
交换

① 串联环节的等效：

环节与环节首尾相连，前一环节的输出作为后一环节的输入。
忽略其负载效应时，等效环节的传递函数为各个环节的传递函数之积：

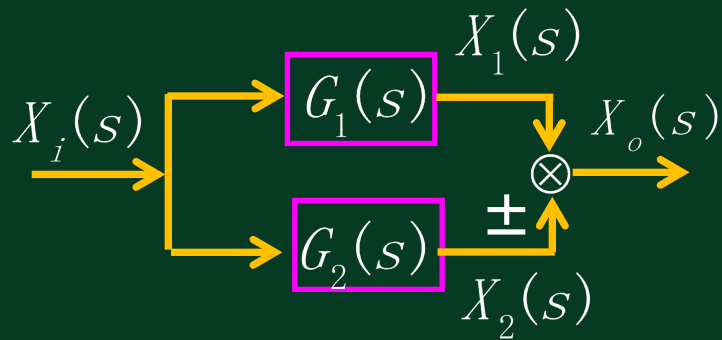

$$G(s) = \frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{X_1(s)}{X_i(s)} \frac{X_2(s)}{X_1(s)} \frac{X_o(s)}{X_2(s)} = G_1(s)G_2(s)G_3(s)$$

等效

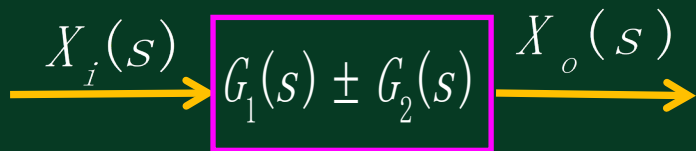
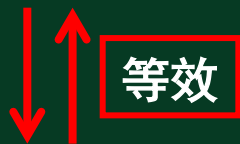

$$X_i(s) \rightarrow G_1(s)G_2(s)G_3(s) \rightarrow X_o(s)$$

② 并联环节的等效

两个或多个环节的输入相同，输出量为各个环节输出量的代数和。其等效传递函数即为各传递函数的代数和：

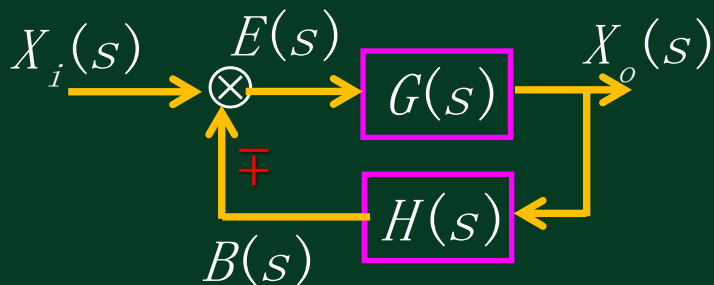


$$G(s) = \Delta = \frac{X_1(s)}{X_i(s)} \pm \frac{X_2(s)}{X_i(s)} = G_1(s) \pm G_2(s)$$



③反馈连接的等效

传递函数分别为 $G(s)$ 和 $H(s)$ 的两个环节，若按下图所示的方法连接，称为反馈连接。反馈信号 $B(s)$



$$G_B(s) = \frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{G(s)}{1 \pm H(s)G(s)}$$

等效



几个重要的概念

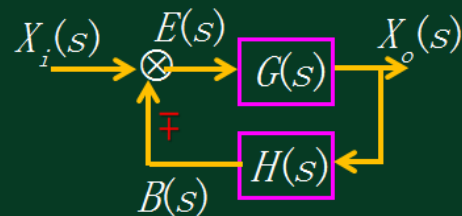
前向通道传递函数——输出与偏差之比： $G(s) = X_o(s) / E(s)$

反馈回路传递函数——反馈与输出之比： $H(s) = B(s) / X_o(s)$

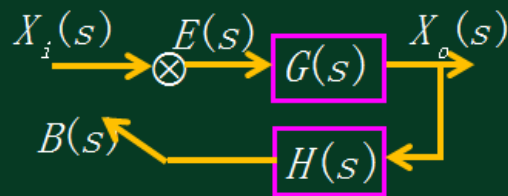
开环传递函数——等效为在相加点处将反馈回路断开，系统成为开环系统，它以 $E(s)$ 作为输入，经 $G(s)$ 、 $H(s)$ 而产生输出 $B(s)$

$$G_K(s) = B(s) / E(s) = G(s)H(s)$$

闭环传递函数—— $G_B(s) = X_o(s) / X_i(s) = \frac{G(s)}{1 \pm H(s)G(s)}$



反馈环节传递框图

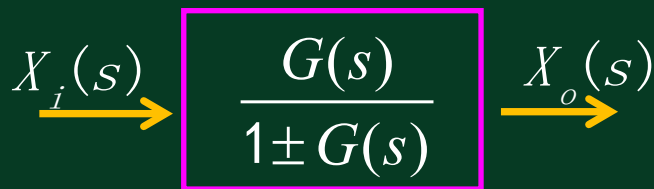
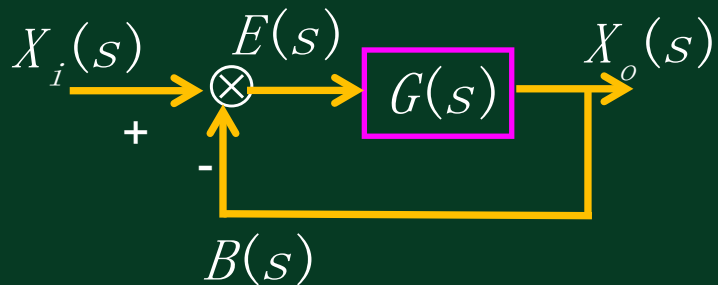


开环传递框图

说明：

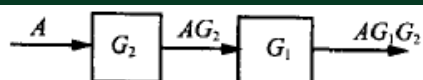
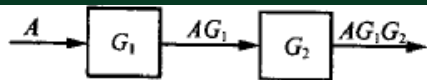
1. 前向通道、反馈通道、开环传递函数都只是闭环系统部分环节（或环节组合）的传递函数，而闭环传递函数才是系统的传递函数；
2. 相加点 $B(s)$ 处的符号不代表闭环系统的反馈是正反馈还是负反馈

特别地，若 $H(s)=1$ ，则为单位反馈

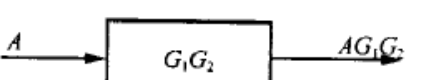
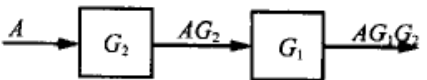


基于方框图的运算规则汇总

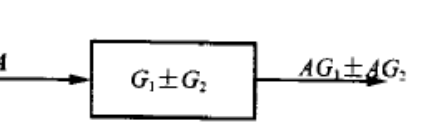
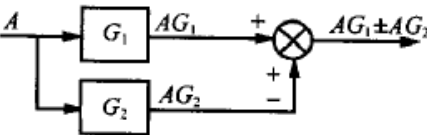
交换方块



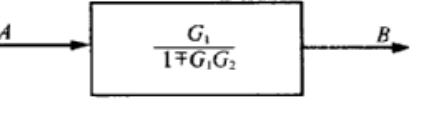
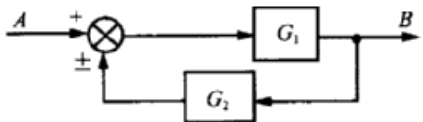
方块串联



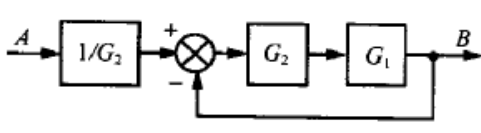
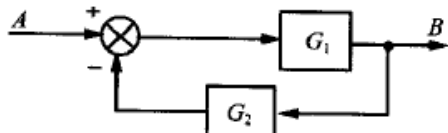
方块并联



取消反馈环



非单位反馈
化为单位反馈

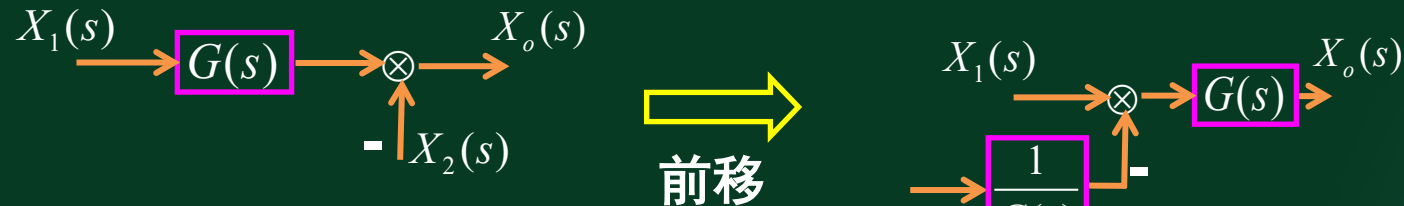


2. 信号分支点和相加点的移动和互换

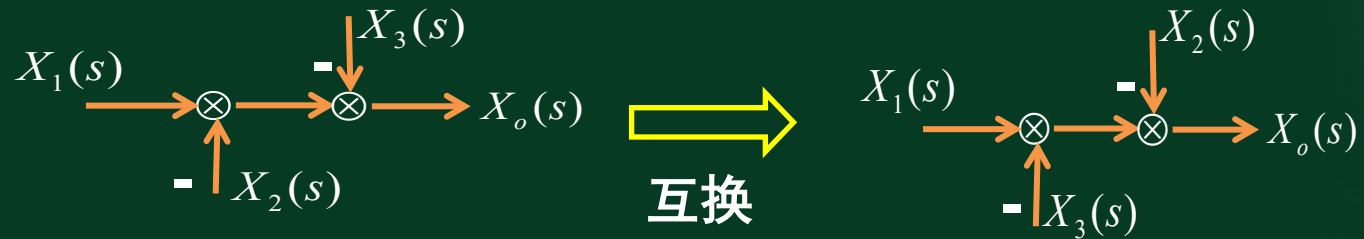
在某些系统的结构图中，往往是串联环节、并联环节和反馈环节交叉在一起，无法用前面所介绍的方法进行简化，这时，需要采用移动分支点和相加点的方法，来消除各种交叉连接。

信号相加点的移动和互换（三种情形）

传递函数简化：等效变换，变换前后输入输出之间的数学关系保持不变



相邻相加点的移动规则



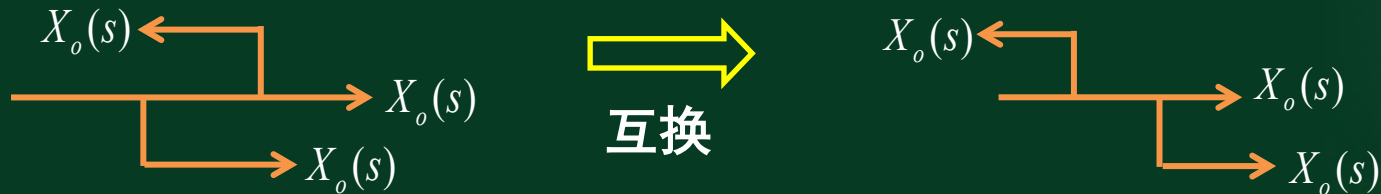
分支点的移动和互换（三种情形）

传递函数简化：等效变换，变换前后输入输出之间的数学关系保持不变

在线开放课程



相邻分支点的移动规则



小结



在线开放课程

- 基于方框的运算规则
- 基于相加点的等效
- 基于分支点的等效

