

计算机控制系统

教学模块5 数字控制器 的直接设计方法

东北大学 · 关守平
guanshouping@ise.neu.edu.cn



信息科学与工程学院
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING

本教学模块内容:

- 教学单元1-模块导学
- 教学单元2-最小拍控制器的设计方法
- 教学单元3-最小拍控制器的工程化改进
- 教学单元4-大林算法控制器的设计
- 教学单元5-大林算法工程应用中关键参数的选择



教学模块5 数字控制器的直接设计方法

教学单元1 模块导学

东北大学 · 关守平

guanshouping@ise.neu.edu.cn



信息科学与工程学院
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING

1.1 学习本教学模块所需掌握的基础知识

熟悉

- 1、 z 变换与 z 反变换
- 2、典型输入信号的特征
(阶跃信号, 速度信号, 加速度信号)

掌握

- 1、离散系统脉冲传递函数的建立
- 2、系统的稳定性分析
- 3、系统稳态与暂态性能分析



1.2 数字控制器经典设计方法分析

模拟设计方法

(离散控制器)

模拟控制器的离散化

直接设计方法

(离散对象)

- 1、根轨迹设计方法
- 2、频率响应设计方法
- 3、解析设计方法

- ↓
- (1) 最小拍控制
 - (2) 大林算法

↓

工程化应用问题

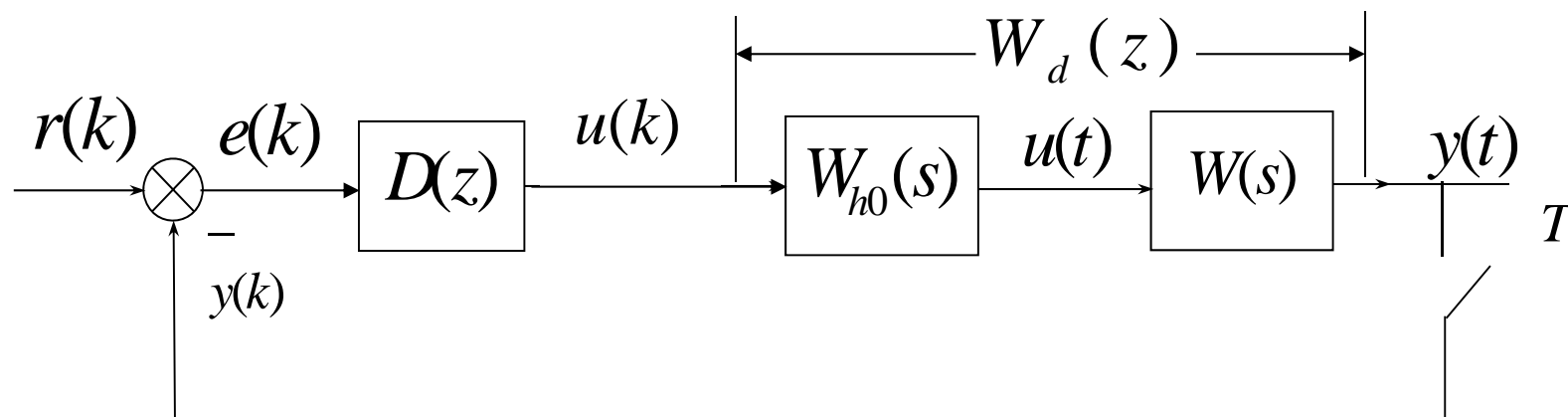
- ① 学术研究能力
- ② 工程应用能力



信息科学与工程学院
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING

1.3 解析设计方法基本原理

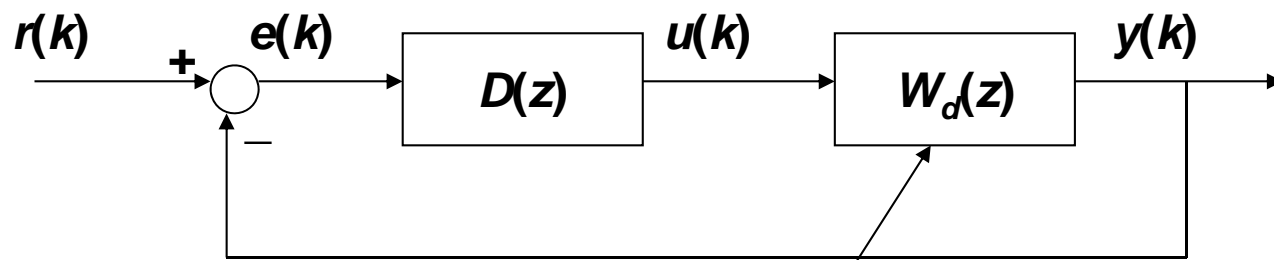
计算机控制系统的基本结构：



离散化设计方法——把连续部分离散化，把整个系统变成离散化系统，直接设计数字控制器 $D(z)$ ——直接数字控制设计方法



直接数字化设计方法



部分分式法
留数算法

$$W_{h0}(s)W(s)$$



闭环系统传递函数:

- $$W_B(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{D(z)W_d(z)}{1 + D(z)W_d(z)} \quad (1)$$

闭环系统误差传递函数:

- $$W_e(z) = \frac{E(z)}{R(z)} = \frac{1}{1 + D(z)W_d(z)} = 1 - W_B(z) \quad (2)$$



于是得到:

$$D(z) = \frac{W_B(z)}{W_d(z)[1-W_B(z)]} = \frac{W_B(z)}{W_d(z)W_e(z)} = \frac{1-W_e(z)}{W_d(z)W_e(z)} \quad (3)$$

设计步骤:

- (1) 确定 $W_d(z)$
- (2) 确定 $W_B(z)$ 或 $W_e(z)$
- (3) 计算得到 $D(z)$
- (4) 编制控制算法 (差分方程)



问题：如何给定 $W_B(z)$ 或 $W_e(z)$?

- (1) 考虑 $D(z)$ 的物理可实现性
- (2) 考虑闭环系统的稳定性 ($y(k)$ 和 $u(k)$ 收敛)
- (3) 考虑满足系统的稳态指标的要求：准确性
- (4) 考虑满足系统的暂态指标的要求



物理可实现性：

指设计得到的数字控制器 $D(z)$ ，在物理逻辑上必须满足因果关系。

判断 $D(z)$ 在物理上能够实现的条件：

分母多项式最高阶次 n 大于或等于分子多项式的最高阶次 m ，即 $n \geq m$ 。否则就会出现要求数字控制器有超前输出，这是无法实现的。



物理不可实现举例

$$D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{z^2 + z + 1}{z - 1} = \frac{1 + z^{-1} + z^{-2}}{z^{-1} - z^{-2}}$$

对上式进行交叉相乘，得

$$(z^{-1} - z^{-2})U(z) = (1 + z^{-1} + z^{-2})E(z)$$

z 反变换，得

$$u(k-1) - u(k-2) = e(k) + e(k-1) + e(k-2)$$

或

$$u(k) = u(k-1) + e(k+1) + e(k) + e(k-1)$$



稳定性:

指由计算机作为数字控制器的闭环控制系统，必须是稳定的。

计算机控制系统的稳定性包含两方面的含义:

一是整个系统的输出 $Y(z)$ 能够较好地复现控制系统的输入 $R(z)$ ，不能发散；进一步，当被控对象模型的参数发生微小变化时， $Y(z)$ 也不能发散；

二是数字控制器的输出 $U(z)$ 不能发散，应以较少的振荡次数驱动系统的输出达到稳定状态。



稳态指标：指系统的稳态误差指标，即准确性。

对于离散系统来说，要求在特定输入信号作用下，其输出序列值应该与输入序列值相等，即稳态误差为零，这就是“无差”的概念。

对于计算机控制系统来说，可能还会进一步要求系统在采样点之间也没有稳态误差。



暂态指标：调节时间和超调量。

最小拍控制着重**强调**系统的**调节时间**，即系统的输出响应能够在**尽量短的时间内**，达到稳定状态；

大林控制算法则**强调**系统的**超调量**，即要求系统的输出响应无超调或很小的超调。



·教学单元一结束·



信息科学与工程学院
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING