

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

## 第九章：鲁棒控制器设计

### Chapter 9 Design of Robust Controllers



Professor Dingyu Xue, [xuedingyu@mail.neu.edu.cn](mailto:xuedingyu@mail.neu.edu.cn)  
School of Information Science and Engineering,  
Northeastern University, Shenyang, CHINA



# 鲁棒控制控制器设计

- 前面介绍了控制器设计方法
  - 如果受控对象参数发生了变化
  - 如果系统受到噪声干扰
- 原来控制器下是否仍然能保持很好的控制效果？是否闭环仍然稳定？鲁棒控制就是解决这样的问题
- 本章主要内容
  - 鲁棒控制简介、加权函数与反馈控制结构
  - $\mathcal{H}_2$  与  $\mathcal{H}_\infty$  鲁棒控制器的设计

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

# 第九章 鲁棒控制设计方法

## 鲁棒控制简介

An Introduction to Robust Controllers



主讲：薛定宇教授



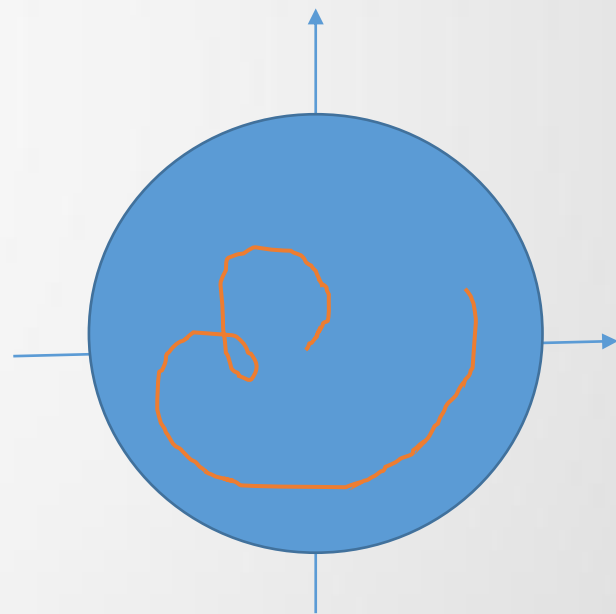
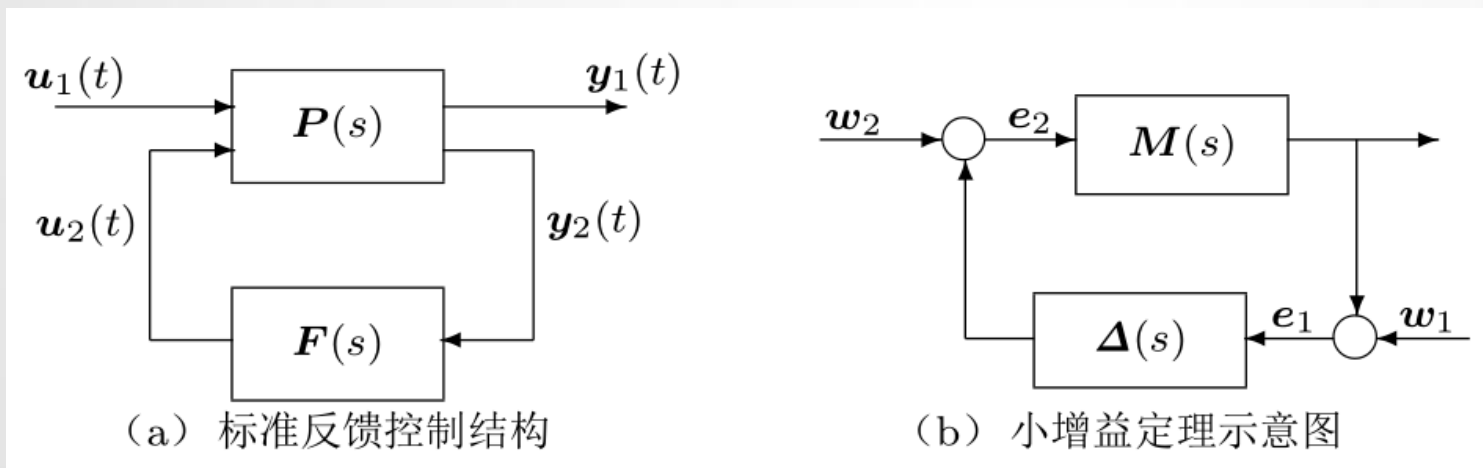
# 鲁棒控制基本概念

- 鲁棒性 (Robustness) 的概念
  - 控制系统在一定参数摄动下，维持某些性能的能力
- 系统的不确定性
  - 模型的不确定性——建模误差、模型参数变化，外部扰动
- 鲁棒控制 (robust control) 的两大类问题
  - 鲁棒稳定性
  - 性能的鲁棒性



# 小增益定理

- 反馈控制的标准结构（串联控制只是其中一个特例）
- 小增益定理  $\|M(s)\|_{\infty} \|\Delta(s)\|_{\infty} < 1$ 
  - 以单变量为例解释





# 不确定系统的描述方法

- 不确定参数的定义
  - $p = \text{ureal}('p', p_0, 'Range', [p_m, p_M])$
  - $p = \text{ureal}('p', p_0, 'PlusMinus', \delta)$
  - $p = \text{ureal}('p', p_0, 'Percentage', A)$
- 生成参数样本
  - $G_1 = \text{usample}(G, N)$
- 可以照常定义传递函数、状态方程等模型，不过该模型带有不确定参数样本
- 控制系统工具箱的函数可以直接分析
  - `bode()`、`step()` 等





## 例9-1 不确定系统分析

- 二阶开环不确定系统模型  $G(s) = \frac{\omega_n^2}{s(s+2\zeta\omega_n)}$
- 不确定参数  $\zeta \in (0.2, 0.9)$ ,  $\omega_n \in (2, 10)$ , 标称值  $\zeta_0 = 0.7$ ,  $\omega_0 = 5$
- MATLAB输入与分析



```
>> z=ureal('z',0.7,'Range',[0.2,0.9]);  
    wn=ureal('wn',5,'Range',[2,10]);  
    Go=tf(wn^2,[1 2*z*wn 0]); Go1=usample(Go,10);  
    bode(Go1);
```




```
>> step(feedback(Go1,1))
```




## 例9-2 PID控制

### ➤ 由给出的标称受控对象设计PID控制器

```
 >> s=tf('s'); w0=5; z=0.7;  
      G0=w0^2/s/(s+2*z*w0); Gc=pidtune(G0,'pidf')
```

### ➤ 不确定系统的仿真

```
 >> z=ureal('z',0.7,'Range',[0.2,0.9]);  
      wn=ureal('wn',5,'Range',[2,10]);  
      Go=tf(wn^2,[1 2*z*wn 0]); Go1=usample(Go,10);  
      step(feedback(Go1*Gc,1));
```





# 鲁棒控制简介小结

- 给出了鲁棒控制的基本概念
  - 鲁棒性、不确定性
- 介绍并解释了小增益定理
- 介绍了不确定系统的MATLAB描述方法，并演示了PID控制器在不确定性系统控制中应用
- 本课程只给出鲁棒控制的入门知识，更深入更详细的内容请参阅教材或其他文献

