

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

第十章 智能控制器设计方法

模糊控制

Fuzzy Logic Control



主讲：薛定宇教授



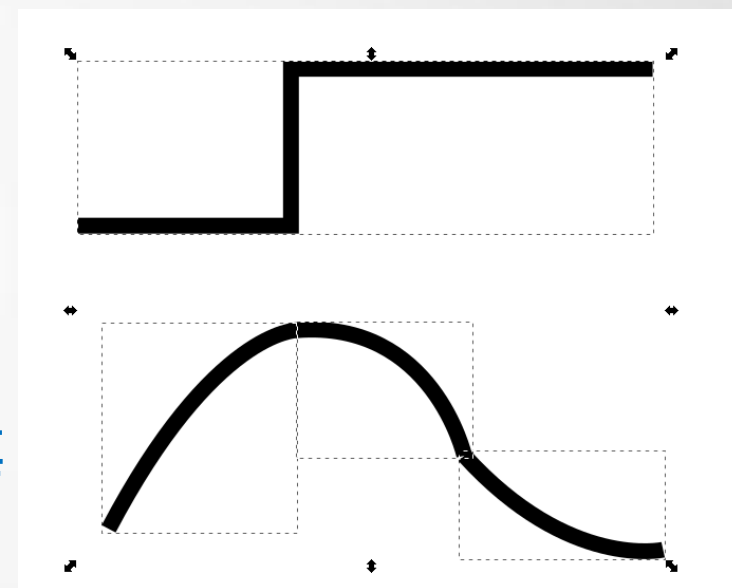
模糊控制及模糊控制器设计

- 模糊集合概念是控制论专家 Lotfi A Zadeh教授于1965年引入的。
- 模糊逻辑与模糊控制的概念与方法已广泛地应用于理、工、农、医各种各样的领域
- 本节主要内容
 - 模糊逻辑与模糊推理
 - 模糊 PD 控制器设计
 - 模糊 PID 控制器设计



模糊逻辑与模糊推理

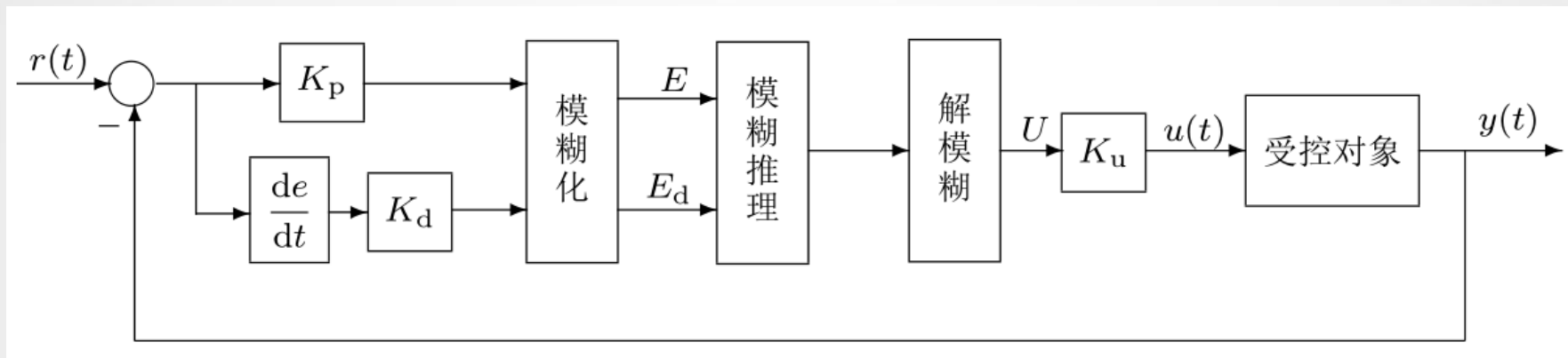
- 经典逻辑： a 要么属于 A ，要么不属于 A
- 模糊逻辑： a 以一定程度属于集合 A
- 隶属度： a 属于 A 的程度
- 用MATLAB命令建立模糊推理系统
 - newfis , addvars , addmf , evalfis, defuzz 等
- 用界面建立模糊推理系统
 - fuzzy, mfedit等





模糊PD控制器设计

➤ 模糊PD控制结构

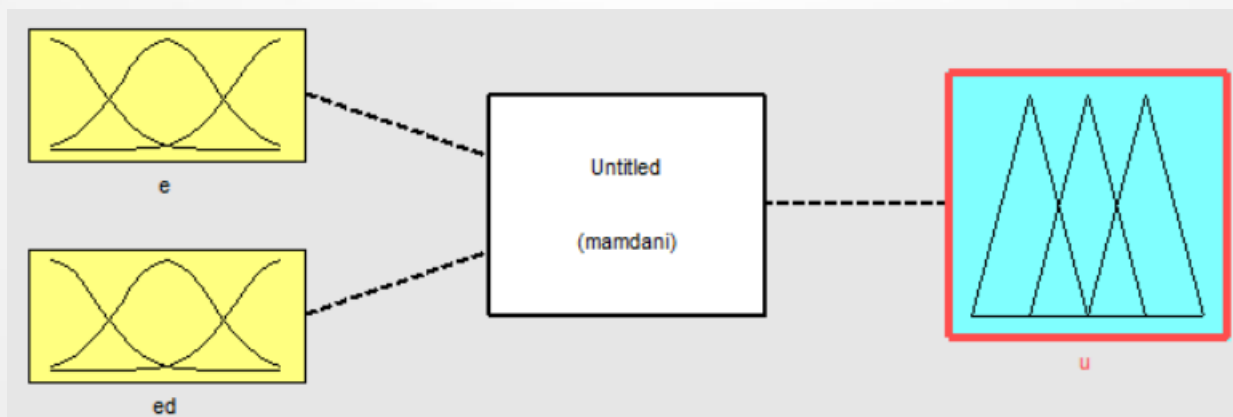


- 这部分的关键内容是，如何用MATLAB将模糊推理系统表示出来
- 建议使用界面建立模糊推理系统



模糊推理系统的MATLAB表示

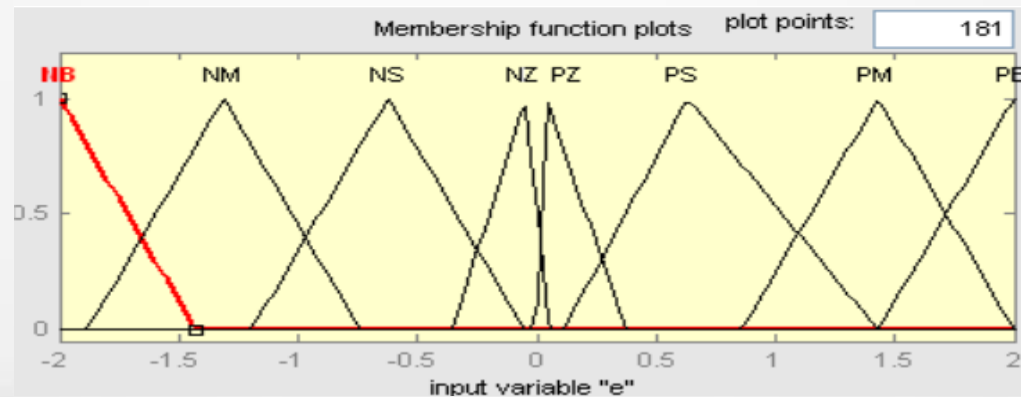
- 用fuzzy命令打开输入界面
- 添加一路输入信号：Edit | Add Variable
 - 当前模糊推理系统有两路输入、一路输出
 - 修改信号的名称：如 e, ed , u





隶属函数并编辑

- 定义每路模糊信号的模糊集合与隶属度
 - 双击 e 信号，先删除现有的隶属度函数
 - 在对话框中定义论域 Range，如 $[-2, 2]$
 - 设置隶属度函数个数，如选择8个
 - 设隶属度函数名字 NB, NM, NS, NZ, PZ, PS, PM, PB
 - 在生成的隶属度函数上修改这些名字





模糊推理表格的输入

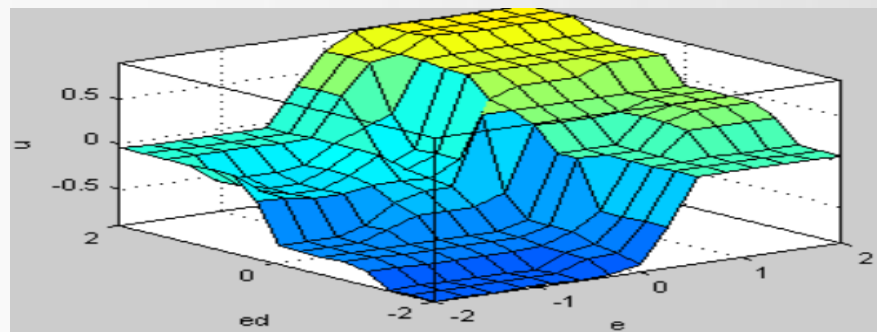
- 相应信号的论域、隶属度函数，调整隶属度函数的形状
- 输入模糊推理表格

		$de(t)/dt$							
		NB	NM	NS	NZ	PZ	PS	PM	PB
$e(t)$	NB	NB	NB	NM	NM	NS	NS	NZ	NZ
	NM	NB	NB	NM	NM	NS	NS	NZ	NZ
	NS	NB	NB	NM	NS	NS	NZ	NZ	NZ
	NZ	NB	NM	NM	NZ	NS	NZ	PM	PM
	PZ	NM	NM	PZ	PS	PZ	PM	PM	PB
	PS	PZ	PZ	PZ	PS	PS	PM	PB	PB
	PM	PZ	PZ	PS	PS	PM	PM	PB	PB
	PB	PZ	PZ	PS	PS	PM	PM	PB	PB



模糊推理

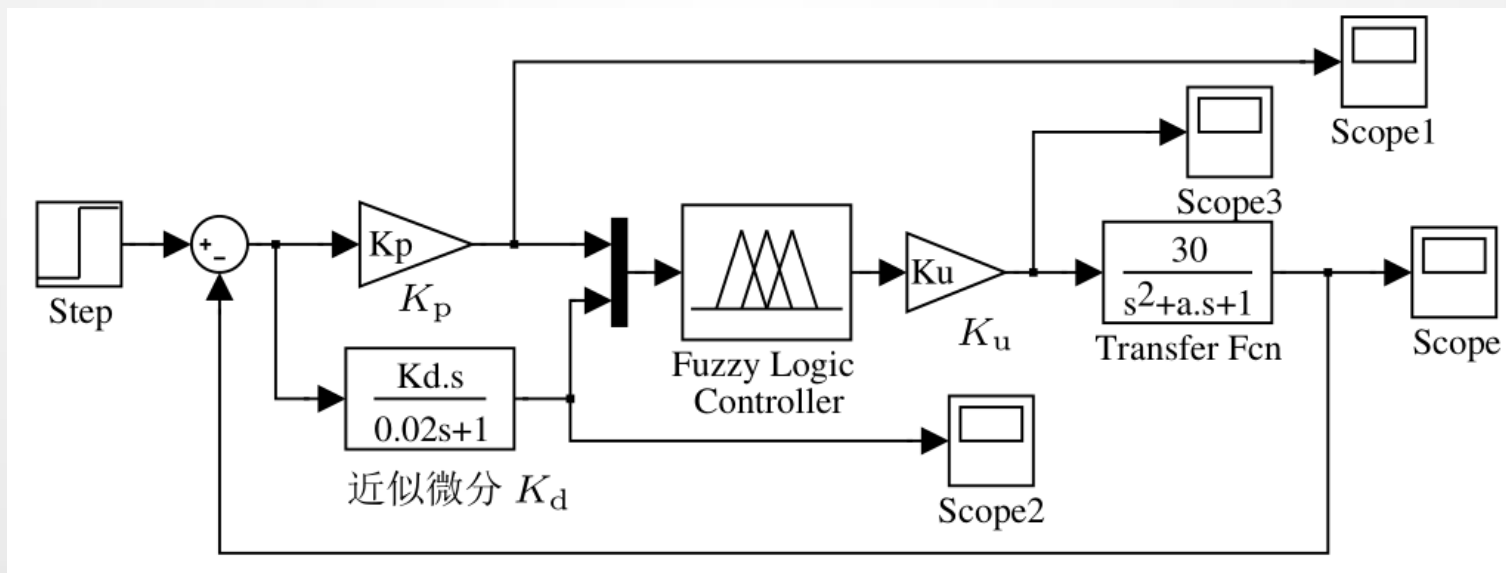
- 模糊推理表格
 - 每条模糊规则都是由 if then 语句表示
 - 可以通过界面直接输入
 - 可以观察模糊推理规则曲面或图形显示
- 模糊推理系统的存储，File | Export
 - 后缀名为 *.fis
 - 现有模糊系统可以参考 c10fzpd.fis





例10-6 模糊PD控制仿真

- 受控对象 $G(s) = \frac{30}{s^2 + as}$, $a \in [5, 50]$
- 控制器参数 $K_p = 2$, $K_d = K_u = 1$
- Simulink 模型 (c10mfzpd.mdl)





不同参数的受控对象控制

➤ 读入模糊推理系统

 >> fuz=readfis('c10fzpd.fis'); a=5; Kp=2; Kd=1; Ku=1;

➤ 对不同的 a 进行仿真

➤ 取不同的 a 值，如 $a=5, 10, 30$ 对系统仿真并观察仿真结果

➤ 如果受控对象不含有积分项 $G(s) = \frac{30}{s^2 + 5s + 1}$

➤ 控制器参数选择准则

➤ 可以与 OCD 结合选择控制器参数



模糊**PID**控制器设计

- 模糊 PID 控制器调节控制器参数 K_p, K_i, K_d
- 模糊PID控制器的参数表达式为

$$\begin{cases} K_p(k) = K_p(k-1) + \gamma_p(k)\Delta K_p \\ K_i(k) = K_i(k-1) + \gamma_i(k)\Delta K_i \\ K_d(k) = K_d(k-1) + \gamma_d(k)\Delta K_d \end{cases}$$

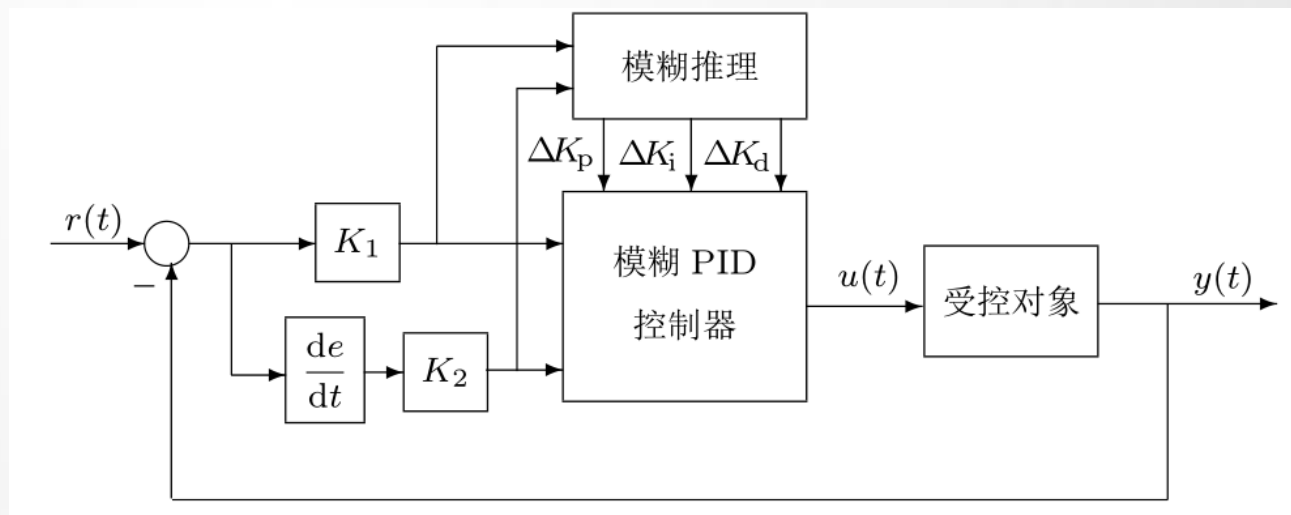
- 控制量计算

$$u(k) = K_p(k)e(k) + K_i(k) \sum_{i=0}^k e(i) + K_d(k) [e(k) - e(k-1)]$$



模糊PID控制器的结构

- 可以仿照增量PID形式 $x(k) = \sum_{i=0}^k e(i)$
- 控制量 $u(k) = K_p(k)e(k) + K_i(k)x(k) + K_d(k)[e(k) - e(k-1)]$
- 模糊PID控制系统





模糊控制小结

- 模糊逻辑基础
 - 论域、模糊集合、隶属函数
 - 模糊化、解模糊、模糊推理表格
- 模糊PD控制 `fuzzy()` —— 可视编辑
- 模糊PID控制器结构

