

# 系统的概念

---

## 系统

- **系统**是由相互关联、相互制约、相互作用的一些部分组成的具有某种功能的有机整体。
- 系统按其功能或层次可划分为一些相互关联、相互制约、相互作用的组成部分。
- 如果这些组成部分本身也是系统，则称为原系统的**子系统**。而原系统又可以是更大的系统的组成部分，这就是系统概念的**相对性或层次性**。

# 系统与环境

---

## 系统与环境

- 对于所考察的具体系统，系统以外的部分称为**系统环境**，系统与系统环境的分界称为**系统边界**。
- 系统对其环境的作用称为**系统输出**。环境对系统的作用称为**系统输入**。
- 系统的组成部分及其相互关联、相互作用决定了系统的结构。对于受控系统，系统功能通过系统的**输入输出关系**表现出来，它取决于系统的结构、环境和控制。

# 动态系统的分类

---

# 动态系统分类



## 类型划分

### 无记忆系统

## 无记忆系统

任何时刻 $t$ 的输出仅仅依赖于 $t$ 时刻的输入。

$$y(t) = S(u(t)), \quad \forall t$$

例如：

放大器

组合电路

仅仅包含电阻的电路

### 因果动态系统

## 因果动态系统

任意时刻 $t$ 的输出仅仅依赖于到 $t$ 时刻为止的历史上的输入。

$$y(t) = S(u(\tau), \tau \in (-\infty, t]), \quad \forall t$$

例如

积分器

时序电路

包含电容或电感的电路

## 例子

- 无记忆
- 因果
- 非因果



$$u(k), \quad k = 0, 1, 2, K$$



$$y(k) = 2u(k), \quad k = 0, 1, 2, K$$

$$y(k) = u(k-1) + u(k-2), \quad k = 0, 1, 2, K$$

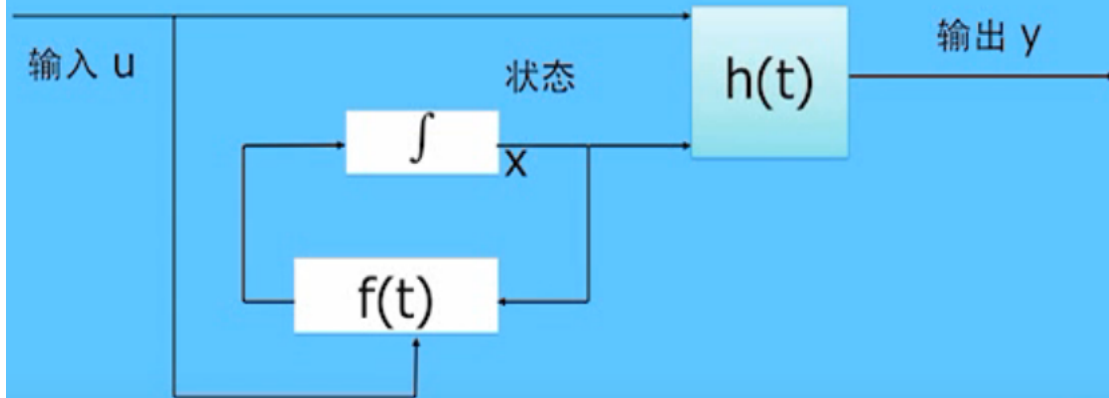
$$y(k) = [u(k-1) + u(k+1)] / 2, \quad k = 0, 1, 2, K$$

- 无记忆
- 因果
- 非因果 带未来项

## 线性系统与非线性系统

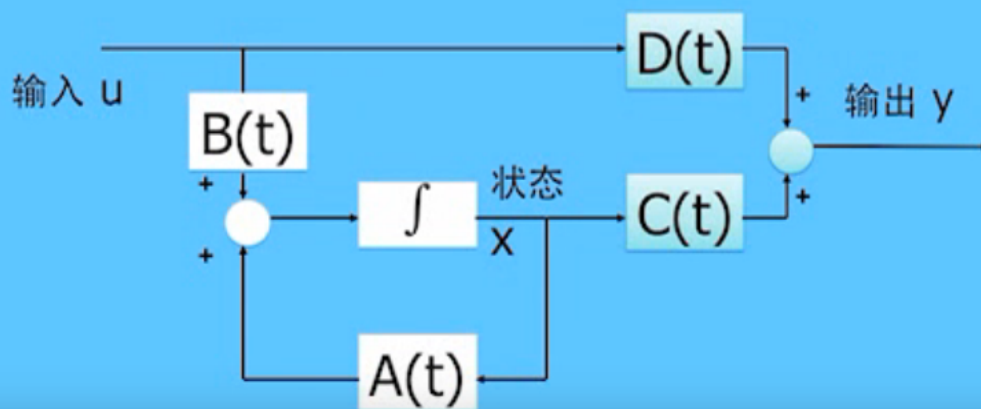
## 非线性时变系统

$$\frac{dx}{dt}=f(x,u,t), \quad x(t_0)=x_0$$
$$y=h(x,u,t)$$



## 线性系统的模型

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+B(t)u, \quad x(t_0)=x_0$$
$$y=C(t)x+D(t)u$$

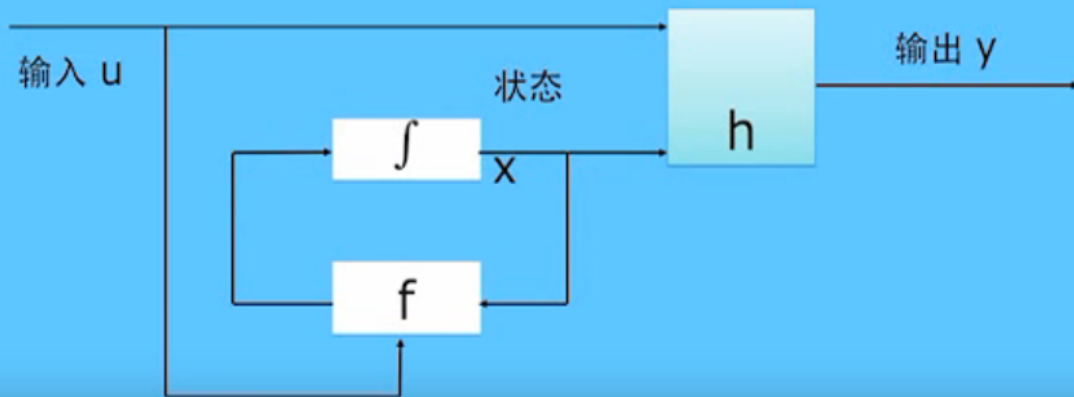


线性时变系统

## 时变系统非线性定常系统

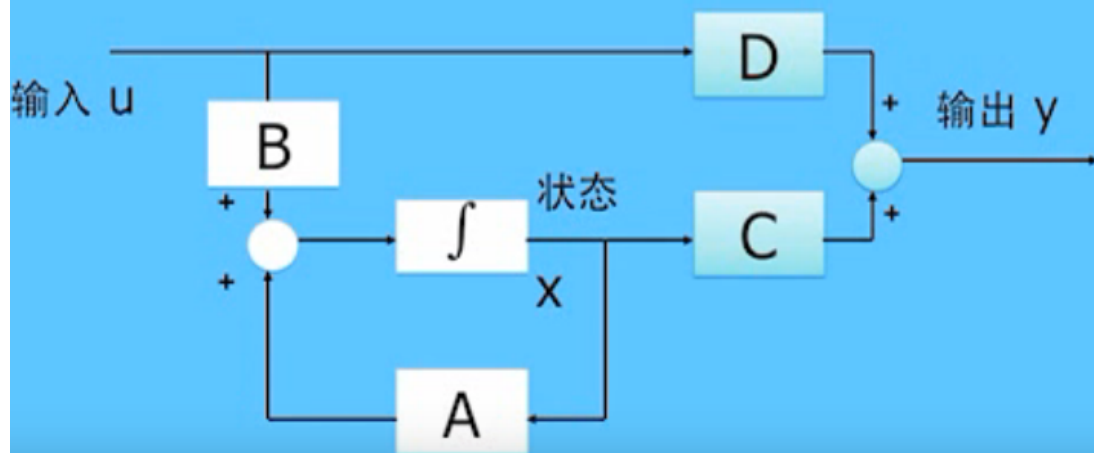
## 非线性定常系统

$$\frac{dx}{dt}=f(x,u), \quad x(t_0)=x_0$$
$$y=h(x,u)$$



## 线性定常系统的模型

$$\frac{dx}{dt}=Ax+Bu, \quad x(0)=x_0$$
$$y=Cx+Du$$



核心为：线性定常系统

## 非线性系统的工程近似

##

## 非线性系统的工程近似

### “输入点冻结法”

给定状态  $\mathbf{x}_0$  和输入  $\mathbf{u}_0$ ，如果限于讨论系统在  $(\mathbf{x}_0, \mathbf{u}_0)$  这样的输入组合的足够小的邻域内演化，那么可以在这一邻域内用一个线性系统模型作为系统的“一阶”近似。

## 非线性系统的工程近似

非线性系统

线性系统

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ \mathbf{y} = \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} \delta \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}(t) \delta \mathbf{x} + \mathbf{B}(t) \delta \mathbf{u} \\ \delta \mathbf{y} = \mathbf{C}(t) \delta \mathbf{x} + \mathbf{D}(t) \delta \mathbf{u} \end{cases}$$

$$\delta \mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_0, \delta \mathbf{u} = \mathbf{u} - \mathbf{u}_0$$

在非常一般的条件下，线性化模型仍能反映原系统的稳定性。

## 时变系统工程近似

用线性定常系统代替

## 时变系统的工程近似

### “冻结参数法”

给定时刻  $t_0$ ，如果限于讨论系统在  $t_0$  一个足够小的时间邻域内的演化，那么可以在这一邻域内用一个线性定常系统模型作为时变系统的近似。

# 时变系统的工程近似

## 具体做法

对于给定时刻  $t_0$ ，把状态方程和输出方程中的有关参数矩阵用时刻  $t_0$  的值代替：

$$\begin{cases} \dot{x} = A(t)x + B(t)u \\ y = C(t)x + D(t)u \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} \dot{x} = A(t_0)x + B(t_0)u \\ y = C(t_0)x + D(t_0)u \end{cases}$$

条件：时间变化距离 $t_0$ 的范围不太远

时间变化远或者动态变化快