北京交通大學

信号与系统

主讲人：陈后金

电子信息工程学院

系 统 的 分 类 (II)

※ 连续时间系统 与 离散时间系统

※ 线性系统 与 非线性系统

※ 非时变系统 与 时变系统

※ 因果系统 与 非因果系统

※ 稳定系统 与 非稳定系统

3.非时变系统与时变系统

➢ 非时变系统：在零状态条件下，系统的输出响应与输入激励的关系不随输入激励作用于系统的起点而改变。

非时变的连续时间系统表示为

Zero State(零状态)

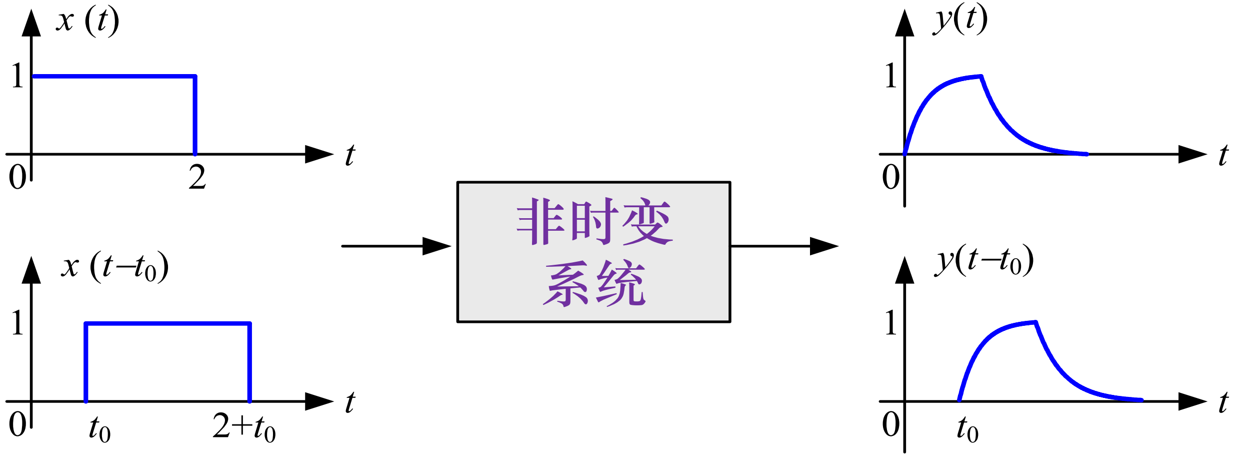
若 $x(t) \longrightarrow y_{zs}(t)$ 则 $x(t-t_0) \longrightarrow y_{zs}(t-t_0)$

非时变的离散时间系统表示为

若 $x[k] \longrightarrow y_{zs}[k]$ 则 $x[k-n] \longrightarrow y_{zs}[k-n]$

3.非时变系统与时变系统

- **非时变系统**：在零状态条件下，系统的输出响应与输入激励的关系不随输入激励作用于系统的起点而改变。

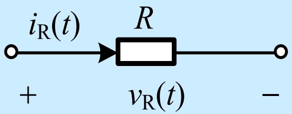


非时变系统图示

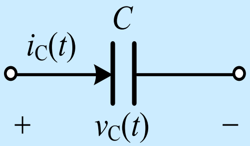
- **时变系统**：不满足非时变特性的系统。

3.非时变系统与时变系统

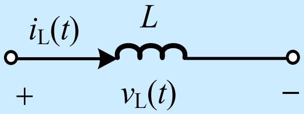
➤ 非时变系统举例



$$v_R(t)=Ri_R(t)$$



$$v_C(t)=\frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t}i_C(\tau)\mathrm{d}\tau$$



$$v_L(t)=L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$

对于电阻，若 $x(t)=i_R(t-t_0)$

则 $y(t)=Ri_R(t-t_0)$

$$=v_R(t-t_0)$$

具有非时变特性

若电阻值为$R(t)$，随时间变化，即

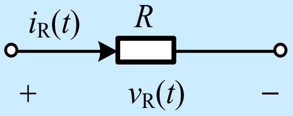
$v_R(t)=R(t)i_R(t)$ 则当电流为$x(t)$时，

$$y(t)=R(t)i_R(t-t_0)\neq v_R(t-t_0)$$

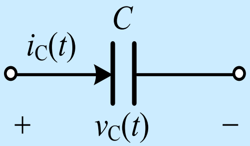
不具有非时变特性　　时变

3.非时变系统与时变系统

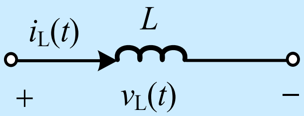
- 非时变系统举例



$$v_R(t) = Ri_R(t)$$



$$v_C(t) = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i_C(\tau)\mathrm{d}\tau$$



$$v_L(t) = L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$

对于电容，若 $x(t) = i_C(t - t_0)$

则 $y(t) = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i_C(t - t_0)\mathrm{d}\tau$

$= \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t-t_0} i_C(t)\mathrm{d}\tau = v_C(t - t_0)$

具有非时变特性

若电容值为$C(t)$，随时间变化，即

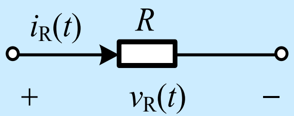
$$v_C(t) = \frac{1}{C(t)}\int_{-\infty}^{t} i_C(\tau)\mathrm{d}\tau$$

则$x(t) \rightarrow$ $y(t) = \frac{1}{C(t)}\int_{-\infty}^{t-t_0} i_C(t)\mathrm{d}\tau$

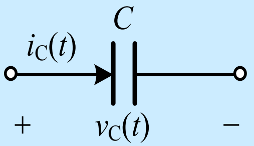
$\neq v_C(t - t_0)$ 时变

3.非时变系统与时变系统

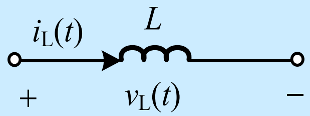
➢ 非时变系统举例



$$v_R(t)=Ri_R(t)$$



$$v_C(t)=\frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i_C(\tau)\mathrm{d}\tau$$



$$v_L(t)=L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$

对于电感，若 $x(t)=i_L(t-t_0)$

则 $y(t)=L\dfrac{\mathrm{d}i_L(t-t_0)}{\mathrm{d}t}$

$$=v_L(t-t_0)$$

具有非时变特性

若电感值为$L(t)$，随时间变化，即

$$v_L(t)=L(t)\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$

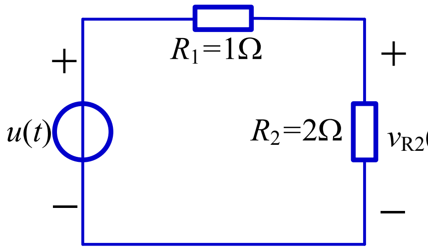
则$x(t)\rightarrow$ $y(t)=L(t)\dfrac{\mathrm{d}i_L(t-t_0)}{\mathrm{d}t}$

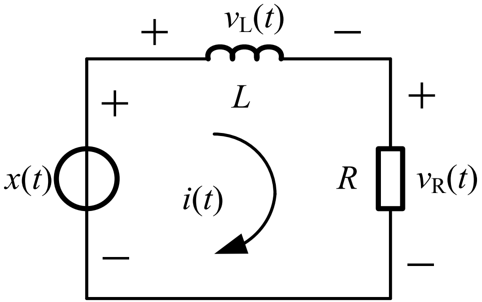
$$\neq v_L(t-t_0)$$ **时变**

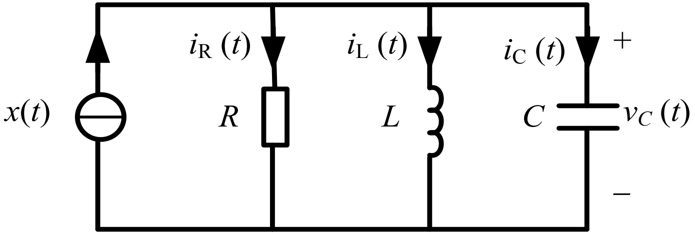
3.非时变系统与时变系统

➢ 非时变系统举例

元件参数不随时间变化的电路均为非时变系统







非时变系统

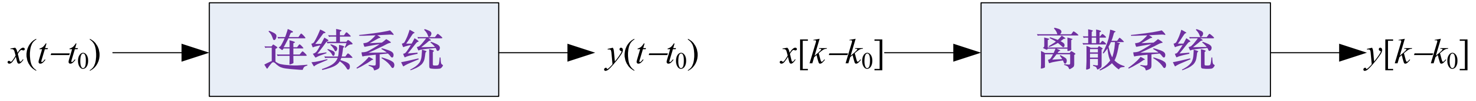
3.非时变系统与时变系统

➢ [例3]

系统的输入输出关系如下，试判断是否为非时变系统。

(1) $y(t) = 2x(t)$　　(2) $y(t) = \cos t \cdot x(t)$　　(3) $y[k] = 2k \cdot x[k]$

分析：判断一个系统是否为非时变系统，只需判断当输入激励延时，系统的零状态响应也有相同的延时。即



注意：在判断系统的非时变特性时，不涉及系统的初始状态。

3.非时变系统与时变系统

➤ [例3] $x(t) \longrightarrow$ 连续系统 $\longrightarrow y(t)$ $x[k] \longrightarrow$ 离散系统 $\longrightarrow y[k]$

系统的输入输出关系如下，试判断是否为非时变系统。

$$(1)\ y(t) = 2x(t) \qquad (2)\ y(t) = \cos t \cdot x(t) \qquad (3)\ y[k] = 2k \cdot x[k]$$

解：

$(1)\quad x(t-t_0) \longrightarrow y_1(t) = 2x(t-t_0) = y(t-t_0)$ 非时变系统

$(2)\quad x(t-t_0) \longrightarrow y_1(t) = \cos t \cdot x(t-t_0) \neq y(t-t_0)$ 时变系统

$(3)\quad x[k-k_0] \longrightarrow y_1[k] = k \cdot x[k-k_0] \neq y[k-k_0]$ 时变系统

一般，若在系统的输入输出约束关系中，除输入和输出外，还含有与t、k有关的变量，则为时变系统。

3.非时变系统与时变系统

➤ [例4] 试判断积分器、延时器是否为非时变系统。

$$x(t) \longrightarrow \boxed{\int} \longrightarrow y(t)=\int_{-\infty}^{t} x(\tau)\mathrm{d}\tau$$

$$x[k] \longrightarrow \boxed{\mathrm{D}} \longrightarrow y[k]=x[k-1]$$

解：

设 $x_1(t)=x(t-t_0)$

$\Downarrow$

则 $y_1(t)=\int_{-\infty}^{t} x(\tau-t_0)\mathrm{d}\tau$

$$=\int_{-\infty}^{t-t_0} x(\tau)\mathrm{d}\tau = y(t-t_0)$$

设 $x_1[k]=x[k-k_0]$

$\Downarrow$

则 $y_1[k]=x[k-k_0-1]$

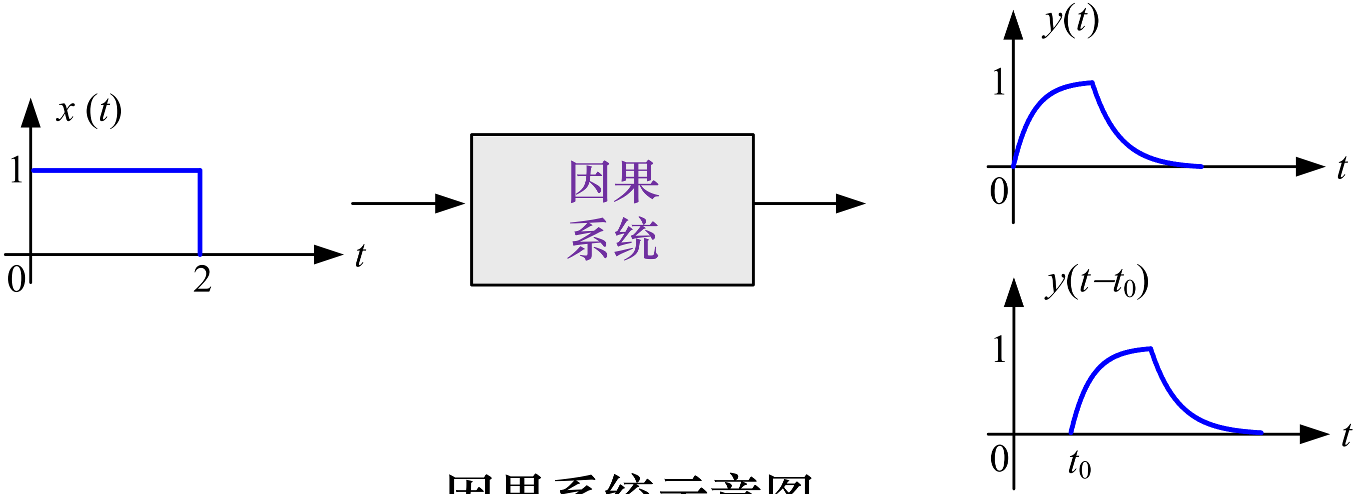
$$=y[k-k_0]$$

积分器、延时器是非时变系统

4. 因果系统与非因果系统

➢ 因果系统：

当且仅当输入信号激励系统时才产生输出响应的系统。



因果系统示意图

4. 因果系统与非因果系统

➢ 非因果系统：不具有因果特性的系统称为非因果系统。

非因果系统示意图

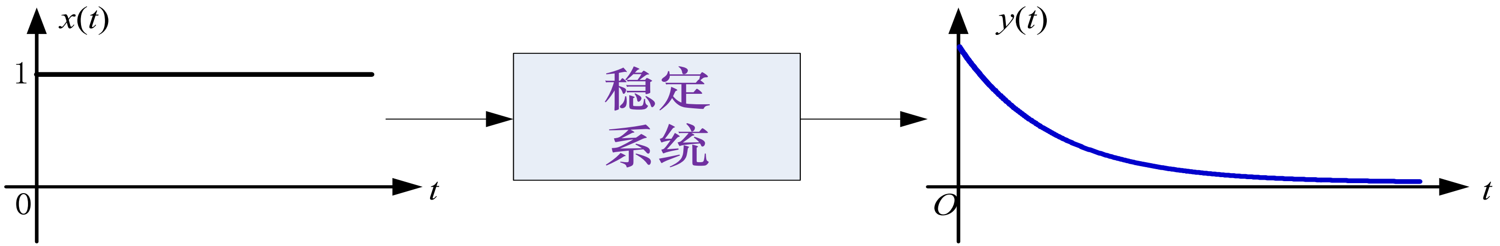
物理可实现系统均为因果系统

5. 稳定系统 与 非稳定系统

➢ 稳定系统：

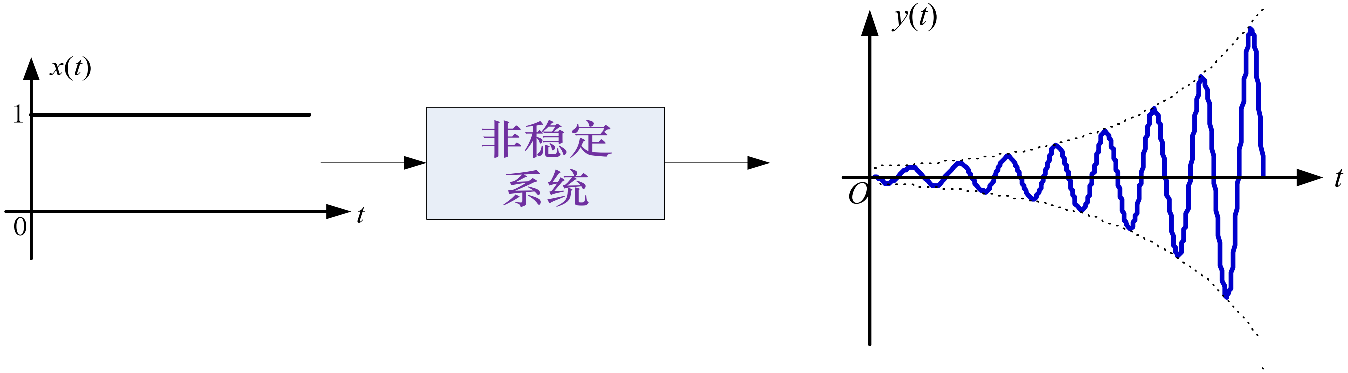
系统对任意的有界输入其输出也有界。简称BIBO稳定系统。

BIBO：Bounded Input, Bounded Output



5. 稳定系统 与 非稳定系统

➢ 不稳定系统：系统输入有界而输出无界。



系 统 的 分 类

- 连续时间系统 与 离散时间系统
- 线性系统 与 ~~非线性系统~~
- 非时变系统 与 ~~时变系统~~
- 因果系统 与 非因果系统
- 稳定系统 与 非稳定系统

谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事、同行、朋友的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！