



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

自动控制原理

采样控制系统分析

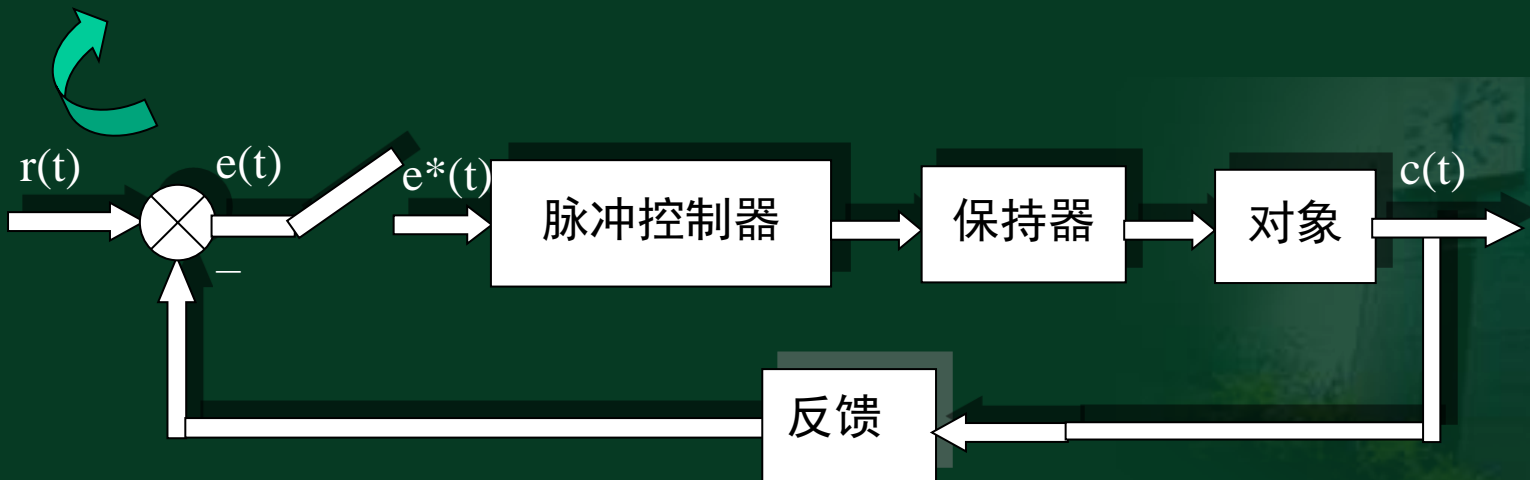
基本概念

主讲：郑海青



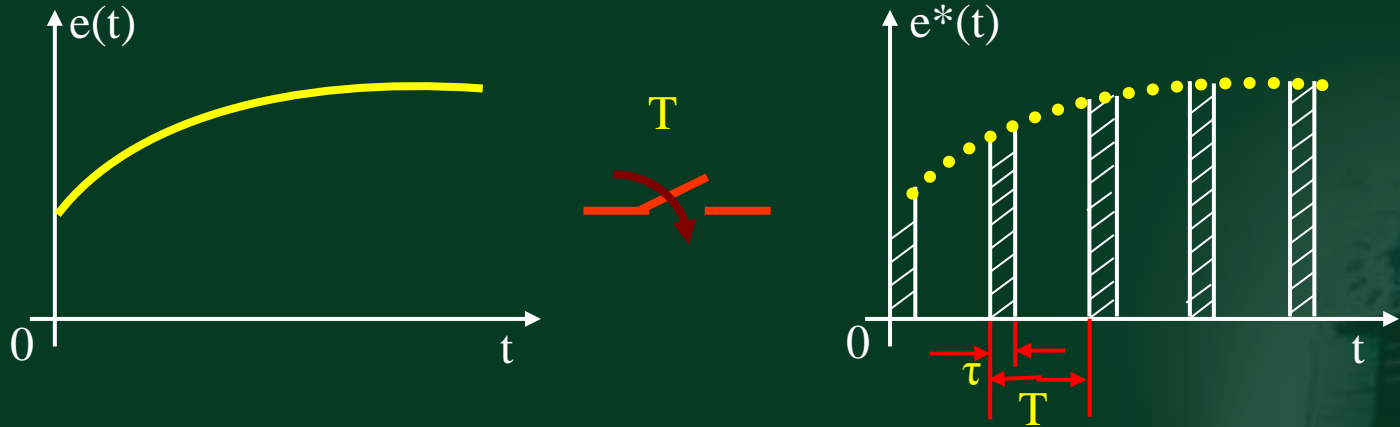
一、采样控制系统的基本结构

$e(t)$ — 连续信号 $e^*(t)$ — 离散信号 T — 采样周期





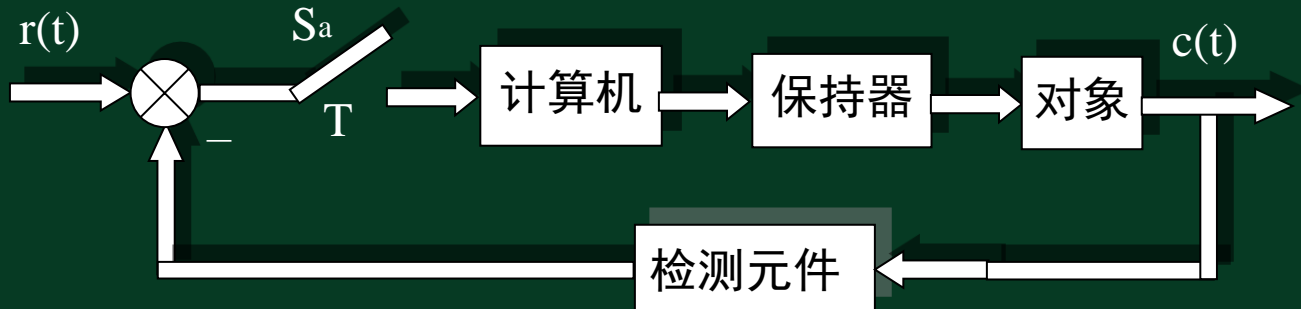
连续信号的采样过程：



采样开关每次闭合的时间为 τ 一般 $\tau \ll T$



系统中的A/D转换器相当于一个采样开关，D/A转换器相当于一个保持器。

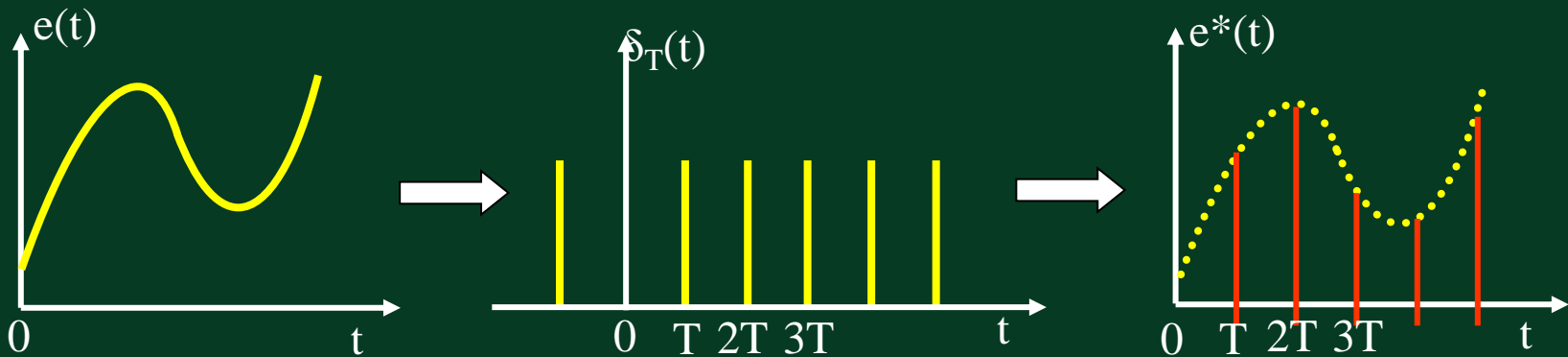




二、采样过程与采样定理

1. 采样函数的数学表示

采样过程如图所示：





2. 采样定理

为 $e^*(t)$ 不失真地复现原信号 $e(t)$ ，对 $e(t)$ 与 $e^*(t)$ 的频谱分析得出如下关系：

$$\omega_s \geq 2\omega_{max}$$

香农(shannon) 定理: 指明复现原信号所必须的最低采样频率。



三、采样信号的复现

信号的复现：采样信号恢复成相应的连续信号的过程。

保持器：将采样信号复现为原来连续信号的装置。

解决两相邻采样时刻间的插值问题。工程中一般都采用时域外推的原理，下面重点介绍应用最广泛的**零阶保持器**。

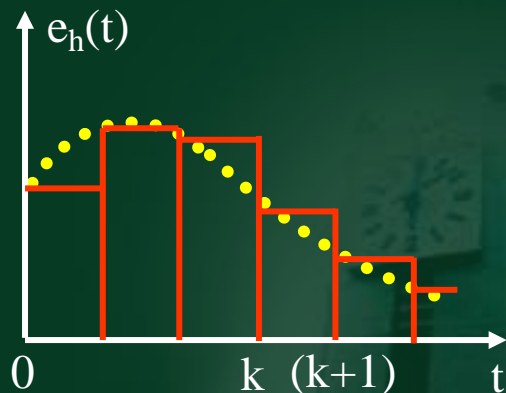
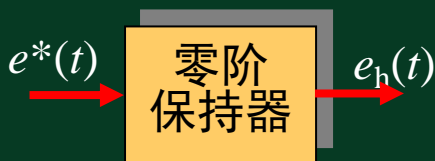
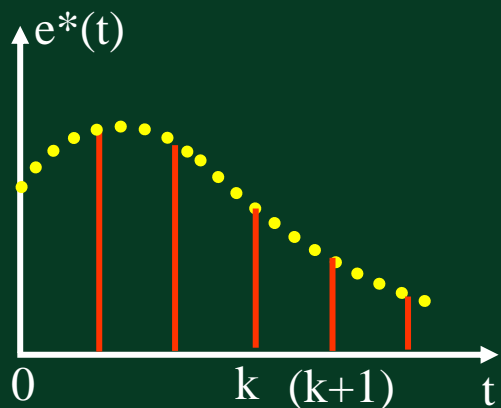


恒值外推原理：把采样时刻 kT 的采样值 $e(kT)$ 保持到下一个采样时刻 $(k+1)T$ 。

$$kT \leq t \leq (k+1)T \quad e_h(t) = e(kT)$$

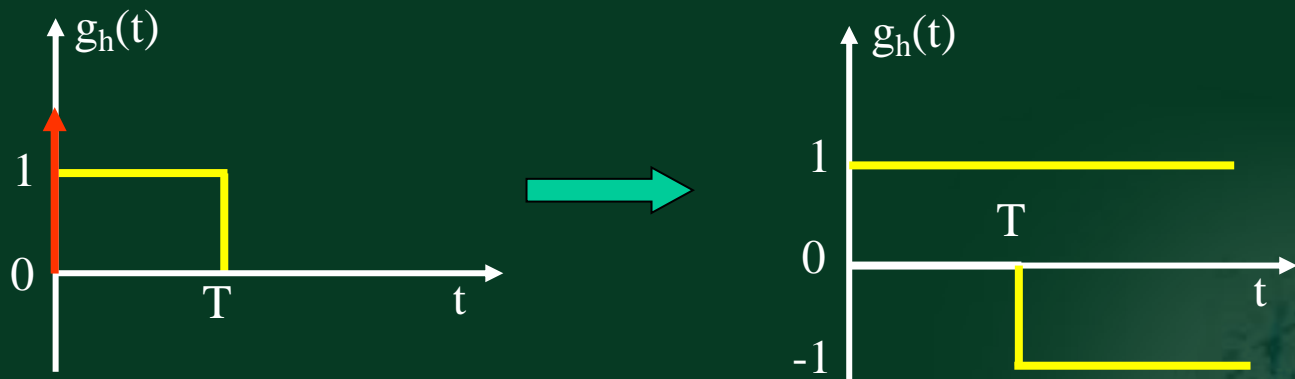


零阶保持器的输入输出特性





零阶保持器的单位脉冲响应曲线



零阶保持器的单位脉冲响应为： $g_h(t) = 1(t) - 1(t-T)$

零阶保持器的传递函数： $G_h(s) = \frac{1}{s} - \frac{e^{-Ts}}{s} = \frac{1 - e^{-Ts}}{s}$



$$\begin{aligned} \text{频率特性: } G_h(j\omega) &= \frac{1-e^{-j\omega T}}{j\omega} = \frac{-j[1-\cos(\omega T)+j\sin(\omega T)]}{\omega} \\ &= \frac{\sin(\omega T)-j[1-\cos(\omega T)]}{\omega} \end{aligned}$$

幅频特性:

$$|G_h(j\omega)| = \frac{\sqrt{\sin^2(\omega T) + [1-\cos(\omega T)]^2}}{\omega} = \frac{2}{\omega} \sin\frac{\omega T}{2}$$

$A(\omega)$ 随 ω 增大减小, 具有低通滤波特性



相频特性： $\angle G_h(j\omega) = \text{tg}^{-1} \frac{-[1-\cos(\omega T)]}{\sin(\omega T)} = -\frac{\omega T}{2}$

滞后相位，降低了系统的稳定性

传递函数中的 e^{-Ts} 展开为级数形式

$$G_h(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s} = \frac{1}{s} \left(1 - \frac{1}{1 + Ts + T^2 s^2 / 2 + \dots} \right)$$
$$\approx \frac{1}{s} \left(1 - \frac{1}{1 + Ts} \right) = \frac{T}{Ts + 1}$$

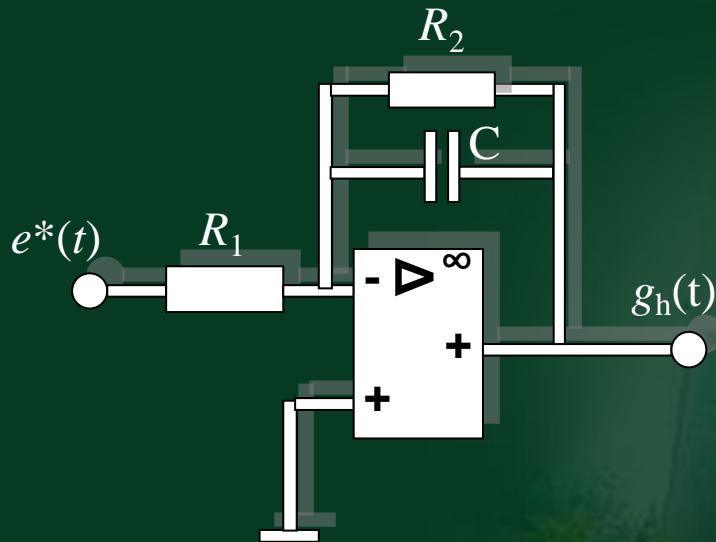


零阶保持器用RC网络来近似实现如图

传递函数为：

$$G_h(s) = \frac{K_p}{Ts + 1}$$

$$K_p = \frac{R_2}{R_1} \quad T = R_2C$$





石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

谢谢