石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

线性动态电路的复频域分析

网络函数

主讲 ： 蔡承才

本节将介绍网络函数及其零极点的相关内容，主要包括：

网络函数的定义；

网络函数与冲击响应。

1. 网络函数H（s）的定义

线性时不变网络在单一电源激励下，其零状态响应的像函数与激励的像函数之比定义为该电路的网络函数$H(s)$。

$$H(s)\overset{\text{def}}{=}\frac{\mathcal{L}\left[\text{零状态响应}\right]}{\mathcal{L}\left[\text{激励函数}\right]}=\frac{\mathcal{L}\left[r(t)\right]}{\mathcal{L}\left[e(t)\right]}=\frac{R(s)}{E(s)}$$

注意

① 由于激励$E(s)$可以是电压源或电流源，响应$R(s)$可以是电压或电流，故 s 域网络函数可以是驱动点阻抗（导纳），转移阻抗（导纳），电压转移函数或电流转移函数。

② 若$E(s)=1$，响应$R(s)=H(s)$，即网络函数是该响应的像函数。网络函数的原函数是电路的冲激响应 $h(t)$。

2.网络函数的应用

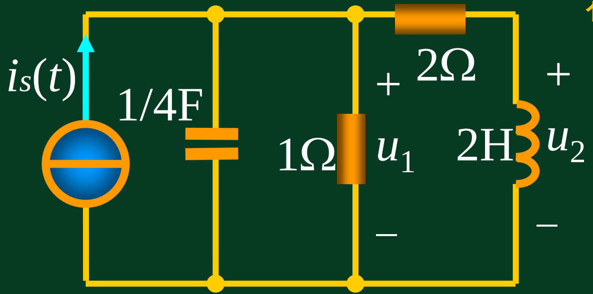
由网络函数求取任意激励的零状态响应

$$H(s)=\frac{R(s)}{E(s)} \longrightarrow R(s)=H(s)E(s)$$

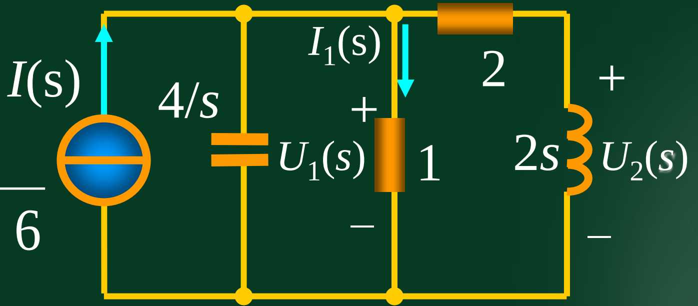
例 图示电路，$i_s(t)=\varepsilon(t)$，响应为u_1、u_2，求阶跃响应$S_1(t)$、$S_2(t)$

石家庄铁道大学 SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程



解 **画运算电路**



$$H_1(s)=\frac{U_1(s)}{I_S(s)}$$

$$=\frac{1}{\frac{4}{s}+1+\frac{1}{2+2s}}=\frac{4s+4}{s^2+5s+6}$$

$$H_2(s)=\frac{U_1(s)}{I_S(s)}=\frac{2sU_1(s)}{2+2s}=\frac{4s}{s^2+5s+6}$$

$$U_1(s)=H_1(s)I_S(s)=\frac{4s+4}{s(s^2+5s+6)}$$

$$S_1(t)=\frac{2}{3}+2e^{-2t}-\frac{8}{3}e^{-3t}$$

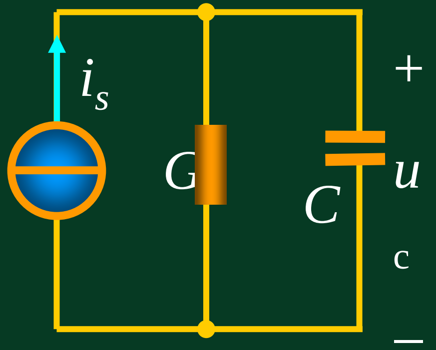
$$U_2(s)=H_2(s)I_S(s)=\frac{4s}{s(s^2+5s+6)}$$

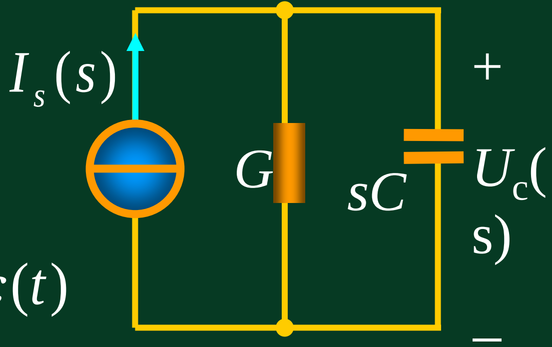
$$S_2(t)=4e^{-2t}-4e^{-3t}$$

在线开放课程

例　**电路激励为** $i_S(t)=\delta(t)$ **，求冲激响应** $u_C(t)$

解　**画运算电路**





$$H(s)=\frac{R(s)}{E(s)}=\frac{U_C(s)}{1}=Z(s)$$

$$=\frac{1}{sC+G}=\frac{1}{C}\cdot\frac{1}{s+\frac{1}{RC}}$$

$$h(t)=u_C(t)=\mathcal{L}^{-1}[H(s)]$$

$$=\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{C}\cdot\frac{1}{s+\frac{1}{RC}}\right]=\frac{1}{C}\mathrm{e}^{-\frac{1}{RC}t}\varepsilon(t)$$

3. 应用卷积定理求电路响应

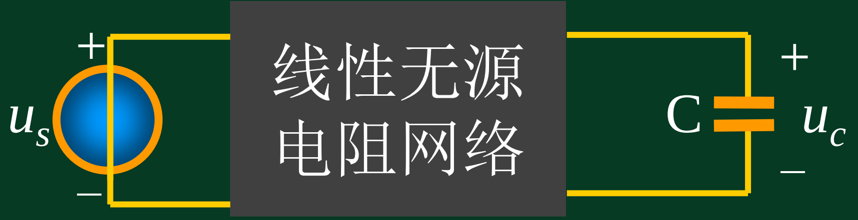
$$R(s) = H(s)E(s)$$

$$r(t) = \mathcal{L}^{-1}\left[E(s)H(s)\right] = e(t) * h(t)$$

$$= \int_0^t e(t-\xi)h(\xi)\mathrm{d}\xi = \int_0^t e(\xi)h(t-\xi)\mathrm{d}\xi$$

结论 **可以通过求网络函数$H(s)$与任意激励的象函数$E(s)$之积的拉氏反变换求得该网络在任何激励下的零状态响应。**

例 **图示电路** $u_s = 0.6e^{-2t}$，**冲激响应** $h(t) = 5e^{-t}$；**求** $u_C(t)$。



解

$$u_C(t) = r(t) = \mathrm{L}^{-1}\left[H(s)E(s)\right]$$

$$U_C(s) = \frac{5}{s+1}\cdot\frac{0.6}{s+2} = \frac{K_1}{s+1} + \frac{K_2}{s+2}$$

$K_1=3$，$K_2= -3$

$$u_c = -3e^{-2t} + 3e^{-t}$$

本节小结

本节我们介绍了网络函数的相关概念，要求掌握：

网络函数的概念和求解；

网络函数与冲击响应的关系。