7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应

阶跃响应

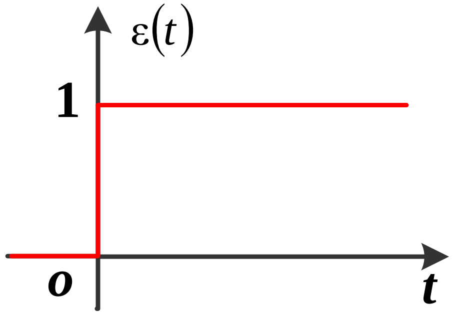
电路在零初始条件下，对单位阶跃激励的响应。

即单位阶跃激励作用下的零状态响应。

1. 单位阶跃函数

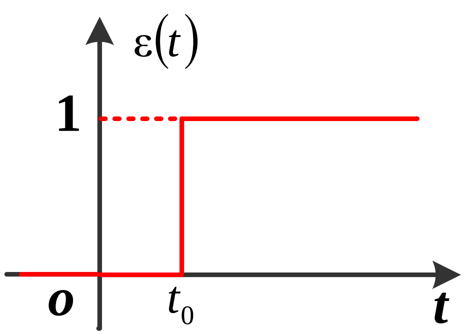
单位阶跃函数

$$\varepsilon(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ 1 & t>0\end{cases}$$



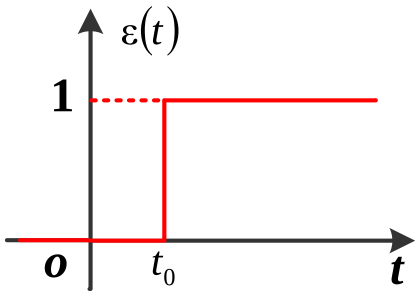
延迟的单位阶跃函数

$$\varepsilon(t-t_0)=\begin{cases}0 & t<t_0\\ 1 & t>t_0\end{cases}$$

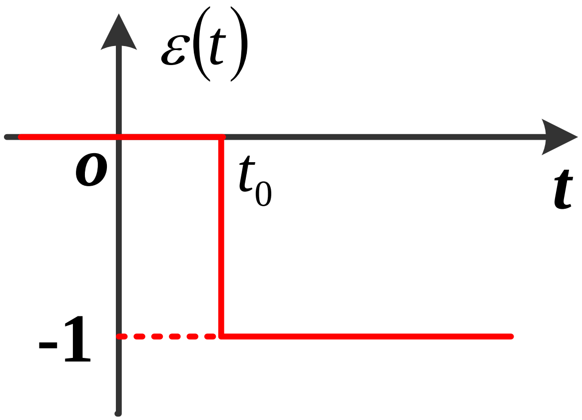


7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应

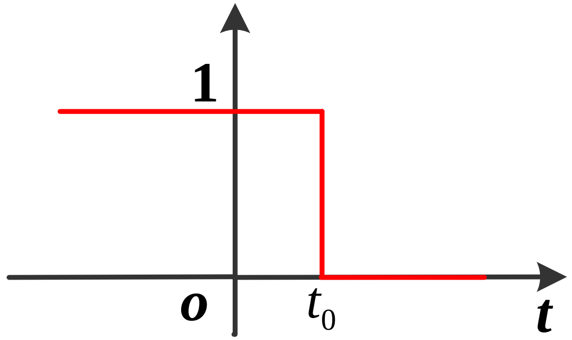
$$\varepsilon(t-t_0)=\begin{cases}0 & t<t_0\\ 1 & t>t_0\end{cases}$$



$$-\varepsilon(t-t_0)=\begin{cases}0 & t<t_0\\ -1 & t>t_0\end{cases}$$

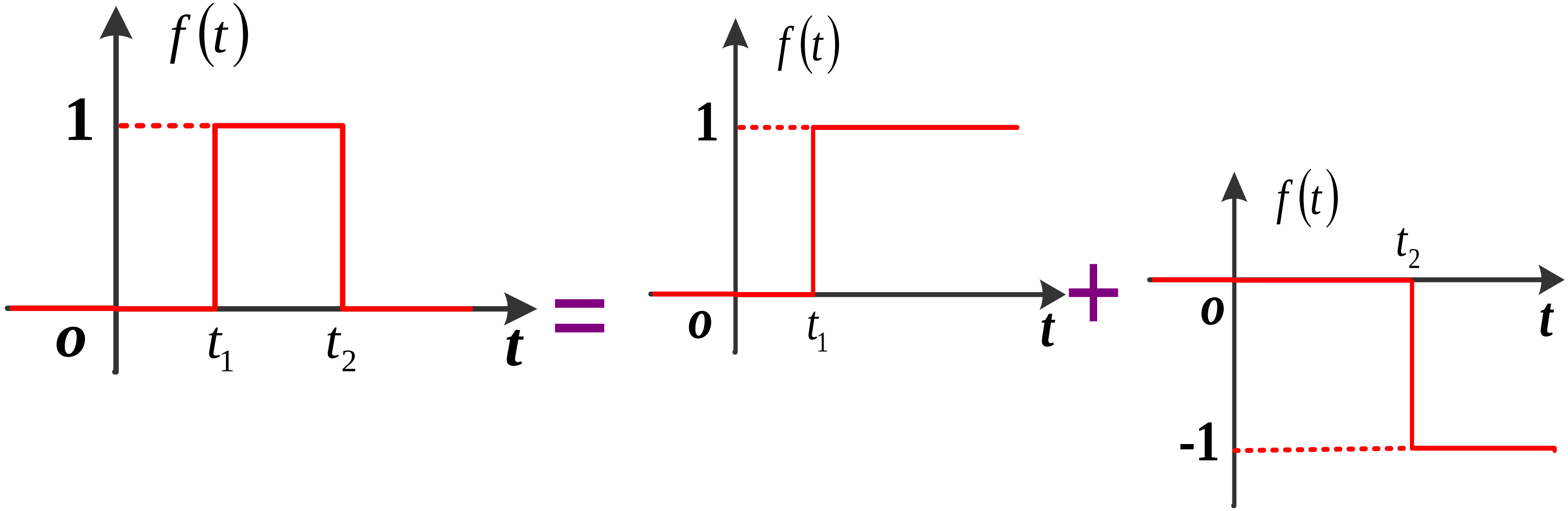


$$\varepsilon(t_0-t)=\begin{cases}0 & t>t_0\\ 1 & t<t_0\end{cases}$$



7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应

窗函数

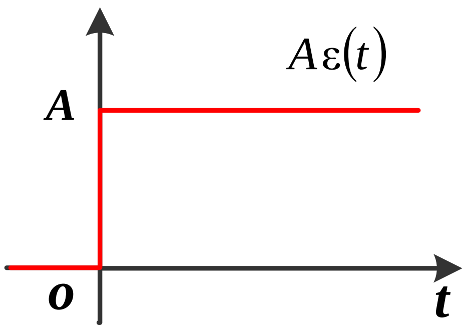


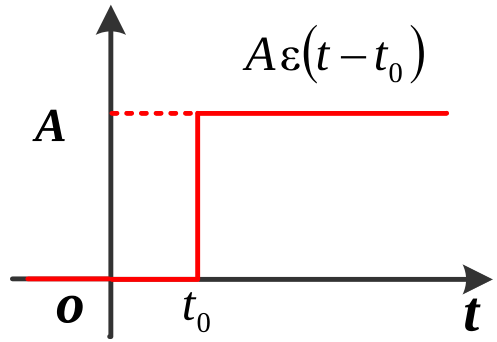
$$\varepsilon(t-t_1) \qquad -\varepsilon(t-t_2)$$

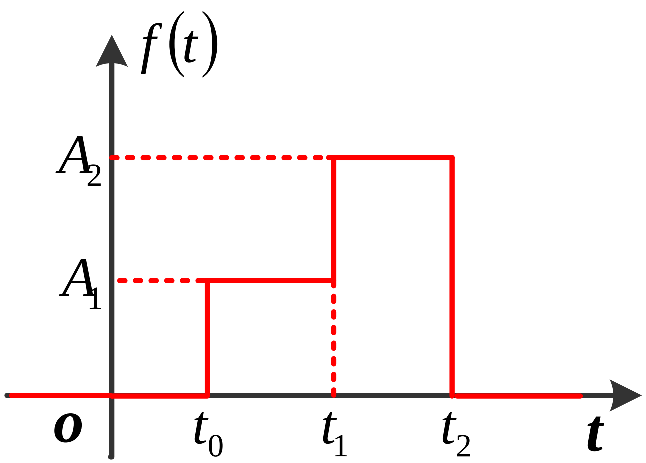
$$f(t)=\varepsilon(t-t_1)-\varepsilon(t-t_2)$$

7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应

非单位阶跃函数





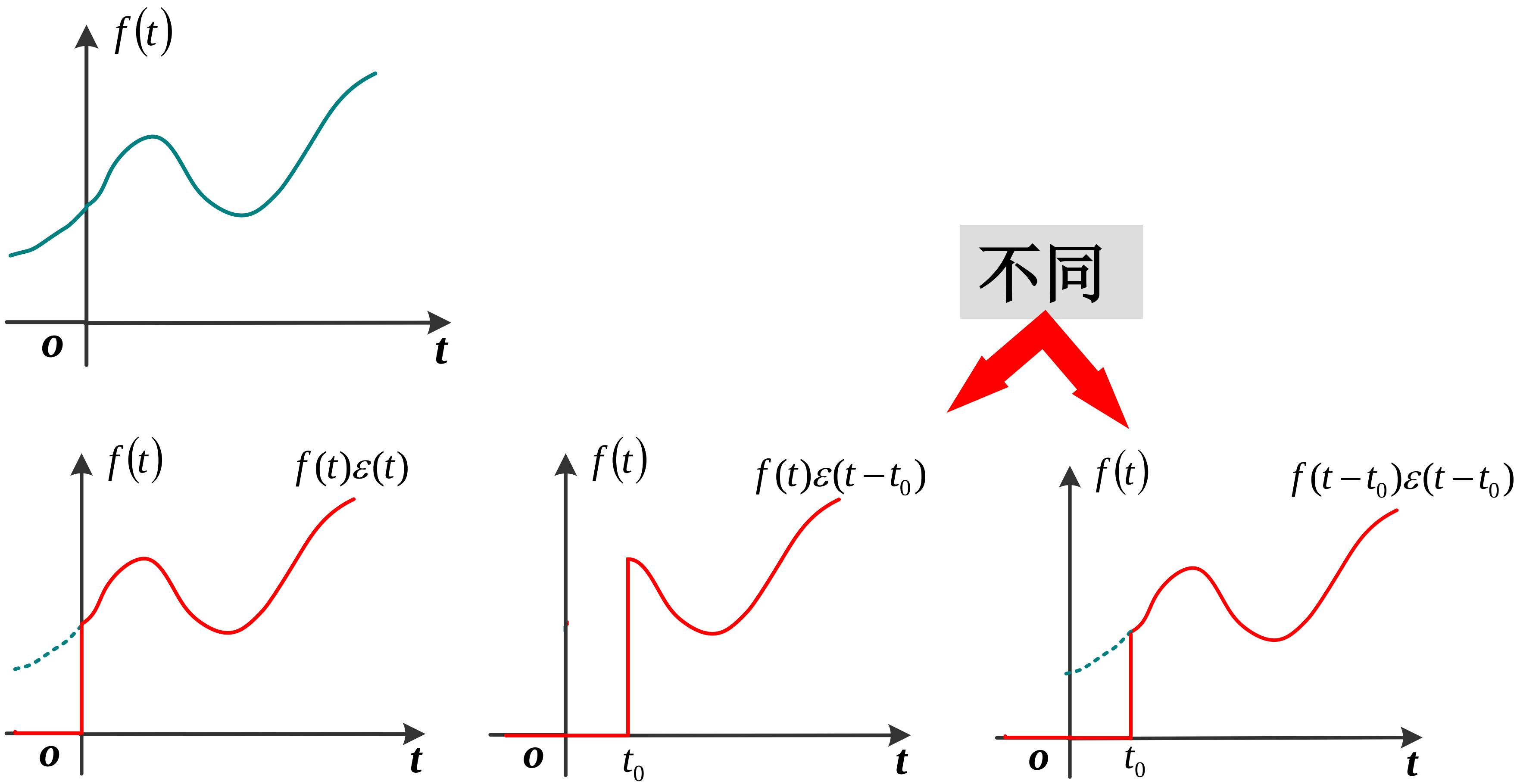


$$A_1\varepsilon(t-t_0)+(A_2-A_1)\varepsilon(t-t_1)-A_2\varepsilon(t-t_2)$$

任何形式的分段常量信号可以表示为一系列阶跃信号之和！

7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应

函数的起始与平移：阶跃函数的作用



7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应

2. 阶跃响应$s(t)$

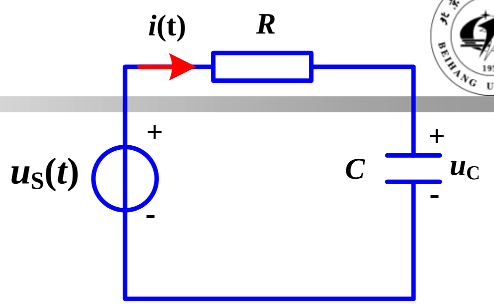
电路在零初始条件下，对单位阶跃激励的响应。即单位阶跃激励作用下的零状态响应。

$\varepsilon(t)$ → 线性电路零状态 → $s(t)$

激励	响应
$A\varepsilon(t)$	$As(t)$
$\varepsilon(t-t_0)$	$s(t-t_0)$
$A\varepsilon(t-t_0)$	$As(t-t_0)$

【例】①求u_C、i的阶跃响应；

②当$u_C(0)=0, u_S(t)=\varepsilon(t-t_1)$V时，求$u_C$, i的响应。



解 ①令 $u_S(t)=\varepsilon(t)\text{V}, u_c(0_-)=0$

则 $u_C(0_+)=0\,\text{V}$ $u_C(\infty)=1\,\text{V}$

$$u_C\text{的阶跃响应}S_{uc}(t)=\left(1-e^{-\frac{1}{RC}t}\right)\varepsilon(t)(\text{V})$$

$$i\text{的阶跃响应}S_i(t)=C\frac{dS_{uc}}{dt}=\frac{1}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}\varepsilon(t)(\text{A})$$

$$u_C\text{的阶跃响应}S_{uc}(t)=\left(1-\mathrm{e}^{-\frac{1}{RC}t}\right)\varepsilon(t)\,(\mathrm{V})$$

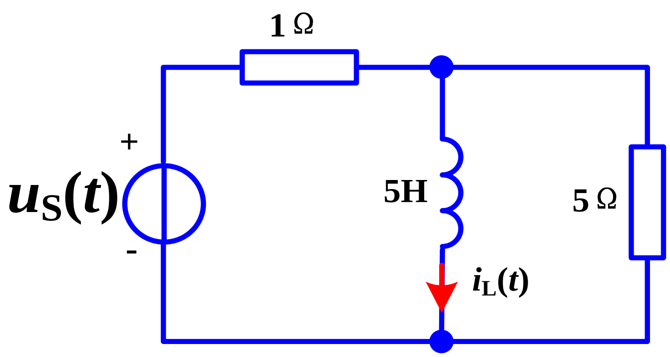
$$i\text{ 的阶跃响应}S_i(t)=\frac{1}{R}\mathrm{e}^{-\frac{1}{RC}t}\varepsilon(t)\,(\mathrm{A})$$

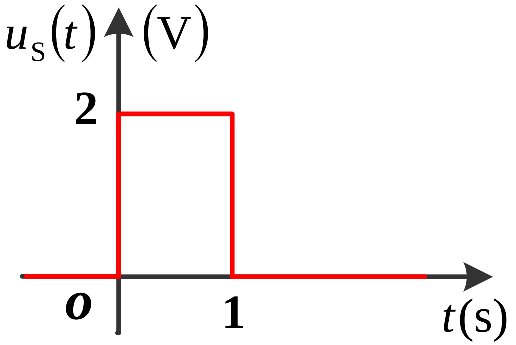
②若 $u_S(t)=\varepsilon(t-t_1)\mathrm{V}$

$$u_C(t)=\left(1-\mathrm{e}^{-\frac{t-t_1}{RC}}\right)\varepsilon(t-t_1)\,(\mathrm{V})$$

$$i(t)=\left(\frac{1}{R}\mathrm{e}^{-\frac{t-t_1}{RC}}\right)\varepsilon(t-t_1)\,(\mathrm{A})$$

【例】求$t>0$时，$i_L(t)$。





解

激励:

$$u_S(t)=\begin{cases}0\,\mathrm{V}, t<0\,\mathrm{s}\\ 2\,\mathrm{V}, 0<t<1\mathrm{s}\\ 0\,\mathrm{V}, t>1\mathrm{s}\end{cases}$$

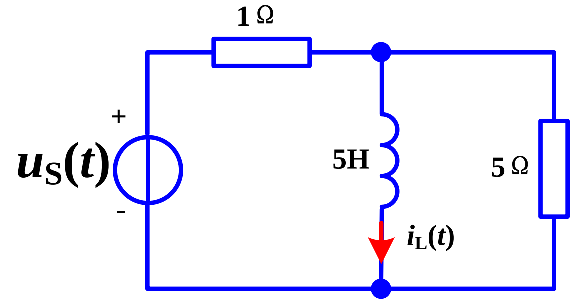
$$i_L(0_-)=0\,\mathrm{A}$$

方法1:用分段的方法求解

$0<t<1\mathrm{s}$ 时，用三要素法求零状态响应

$t>1\mathrm{s}$ 时，用三要素法求零输入响应

$0<t<1\text{s}$ 时，用三要素法求零状态响应



$$i_L(0_+)=0\ \text{A} \qquad u_S(t)=2\ \text{V} \qquad i_L(\infty)=2\ \text{A}$$

$$\tau=\frac{5}{\frac{5\times1}{5+1}}=6\text{s} \qquad i_L(t)=2-2\text{e}^{-\frac{1}{6}t}\ \text{A}$$

$t>1\text{s}$ 时，用三要素法求零输入响应

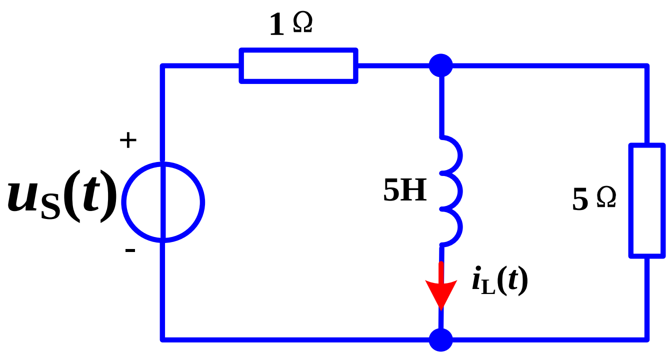
$$i_L(1_-)=2-2\text{e}^{-\frac{1}{6}}\text{A} \qquad i_L(1_+)=i_L(1_-)=2-2\text{e}^{-\frac{1}{6}}\text{A}$$

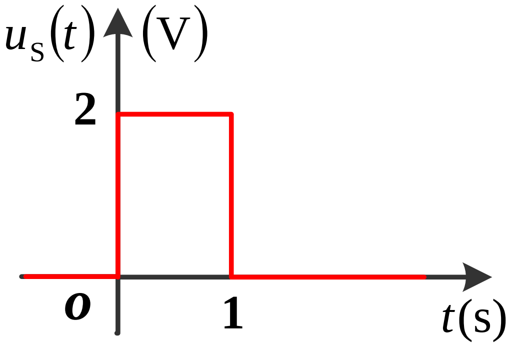
$$i_L(\infty)=0\ \text{A} \qquad i_L(t)=\left(2-2\text{e}^{-\frac{1}{6}}\right)\text{e}^{-\frac{1}{6}(t-1)}$$

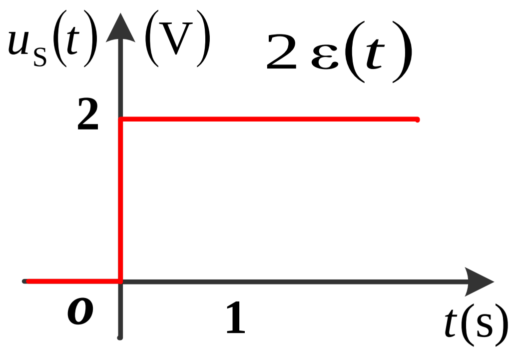
$$=2\text{e}^{-\frac{1}{6}(t-1)}-2\text{e}^{-\frac{1}{6}t}\ \text{A}$$

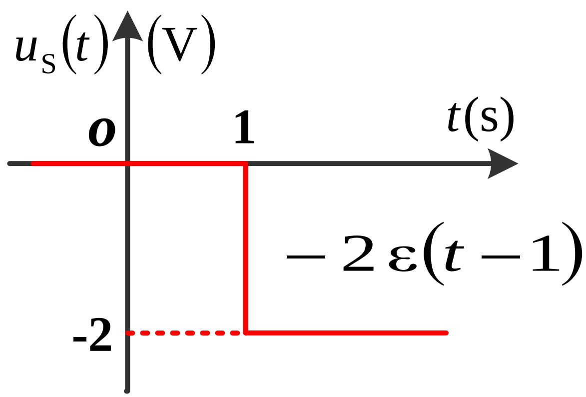
解

方法2:用阶跃响应的方法求解



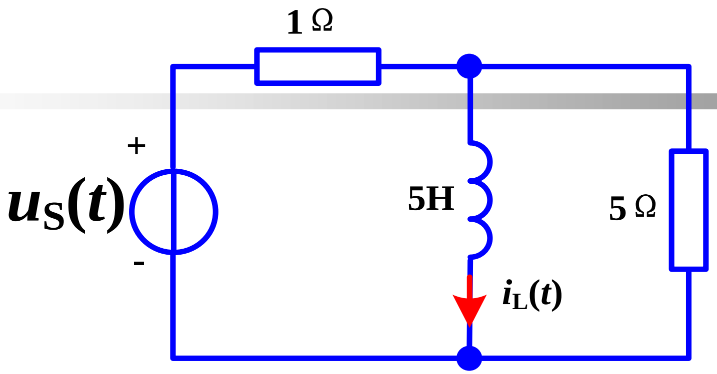






$$u_S(t) = 2\varepsilon(t) - 2\varepsilon(t-1)$$

求$S_{i_L}(t)$



令$u_S(t) = \varepsilon(t)$ V

$$S_{i_L}(0_+) = S_{i_L}(0_-) = 0\,\mathrm{A}$$

$$S_{i_L}(\infty) = \frac{1}{1} = 1\,\mathrm{A}$$

$$\tau = \frac{5}{\dfrac{5\times 1}{5+1}} = 6\,\mathrm{s}$$

$$S_{i_L}(t) = \left(1 - \mathrm{e}^{-t/6}\right)\varepsilon(t)(\mathrm{A})$$

$$S_{i_L}(t)=\left(1-e^{-t/6}\right)\varepsilon(t)(\mathrm{A})$$

$\therefore$ 当 $u_S(t)=2\varepsilon(t)-2\varepsilon(t-1)\mathrm{V}$时

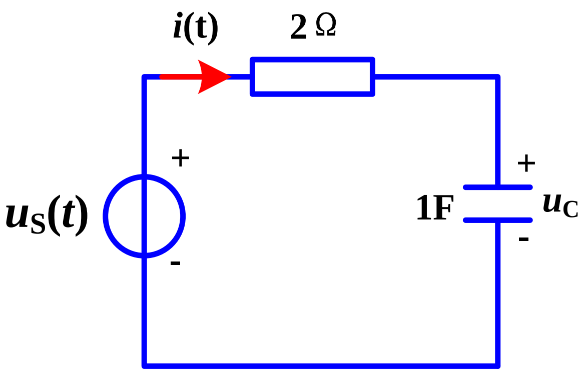
$$i_L(t)=2\left(1-e^{-\frac{t}{6}}\right)\varepsilon(t)-2\left(1-e^{-\frac{t-1}{6}}\right)\varepsilon(t-1)\mathrm{A}$$

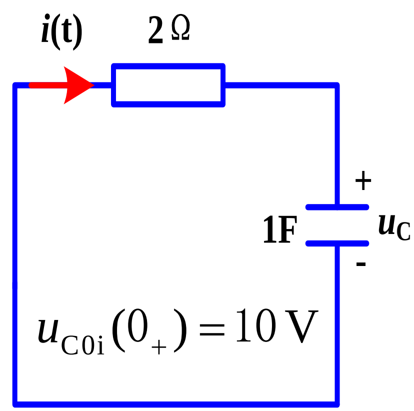
与分段法结果一致

$0<t<1\mathrm{s}$ $\quad i_L(t)=2-2e^{-\frac{1}{6}t}\mathrm{A}$

$t>1\mathrm{s}$ $\quad i_L(t)=2e^{-\frac{1}{6}(t-1)}-2e^{-\frac{1}{6}t}\mathrm{A}$

【例】已知$u_C(0)=10V$, $u_S(t)=5\varepsilon(t-2)$，求$t>0$时，$i(t)$。





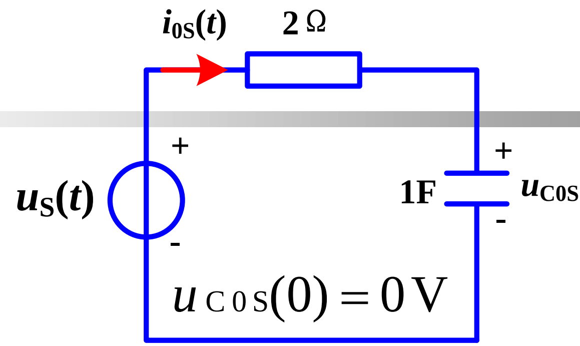
解 求零输入响应 $u_{C0i}(0_+)=10\text{ V}$

$$i_{0i}(0_+)=\frac{-u_{C0i}(0_+)}{2}=\frac{-10}{2}=-5\text{A}$$

$$i_{0i}(\infty)=0 \qquad \tau=RC=2\times1=2\text{s}$$

$$i_{0i}(t)=-5\text{e}^{-0.5t}\,\varepsilon(t)$$

求零状态响应



$$u_S(t)=5\,\varepsilon(t-2)$$

$$u_{C0S}(0)=0$$

令 $u_S(t)=\varepsilon(t)$ 求 $s_i(t)$

$$s_i(0_+)=\frac{1}{2}=0.5 \qquad s_i(\infty)=0$$

$$s_i(t)=0.5\mathrm{e}^{-0.5t}\,\varepsilon(t)$$

$$i_{0S}(t)=5\times0.5\mathrm{e}^{-0.5(t-2)}\,\varepsilon(t-2)$$

$$=2.5\mathrm{e}^{-0.5(t-2)}\,\varepsilon(t-2)$$

全响应

$$i(t)=i_{0i}(t)+i_{0S}(t)$$

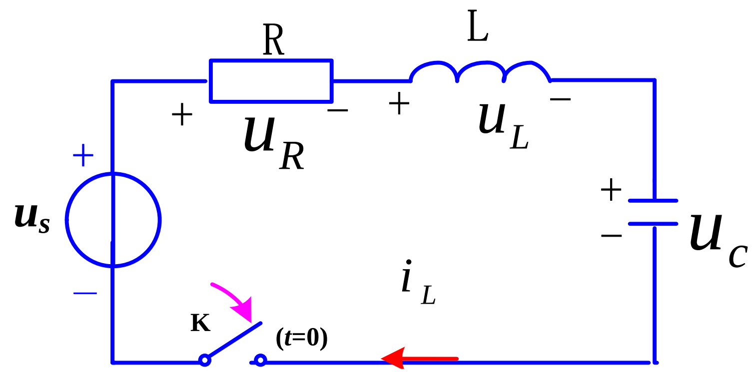
$$=-5\mathrm{e}^{-0.5t}\,\varepsilon(t)+2.5\mathrm{e}^{-0.5(t-2)}\,\varepsilon(t-2)\mathrm{A}$$

【例】已知**R=1Ω,L=1H,C=1F,求u_C的阶跃响应。**

解　令：$u_S = \varepsilon(t)V$

$$u_C(0_-) = 0, i_L(0_-) = 0$$

$$u_C(0_+) = 0, i_L(0_+) = 0$$



$$u_R + u_C + u_L = u_S, t > 0$$

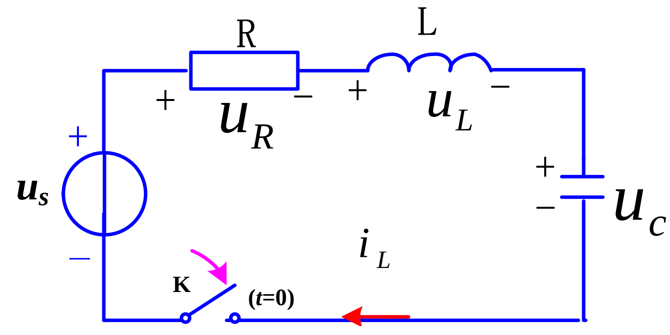
$$LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + RC\frac{du_C}{dt} + u_C = 1, t > 0$$

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{du_C}{dt} + u_C = 1$$

$$\frac{du_C}{dt}\Big|_{0+} = \frac{1}{C}i_L(0+) = 0, u_C(0+) = 0$$

$$\frac{d^2u_C}{dt^2}+\frac{du_C}{dt}+u_C=1$$

$$\left.\frac{du_C}{dt}\right|_{0+}=0, u_C(0+)=0$$



特征方程：$p^2+p+1=0$

$$p_1=-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}, \quad p_2=-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$u_C(t)=u_C'(t)+u_C''(t)=1+e^{-\frac{1}{2}t}(A_1\cos\frac{\sqrt{3}}{2}t+A_2\sin\frac{\sqrt{3}}{2}t)$$

$$1+A_1=0, \qquad -\frac{1}{2}A_1+\frac{\sqrt{3}}{2}A_2=0$$

$$A_1=-1, \qquad A_2=-\frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\therefore S_{u_C}(\mathrm{t})=[1+e^{-\frac{1}{2}t}(-\cos\frac{\sqrt{3}}{2}t-\frac{\sqrt{3}}{3}\sin\frac{\sqrt{3}}{2}t)]\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

$$=[1-\frac{2}{3}\sqrt{3}e^{-\frac{1}{2}t}\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}t+60^\circ)]\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

多选题

设
置

对于单位阶跃响应，下列叙述正确的有：

A 是一种零状态响应；

B 是一种零输入响应；

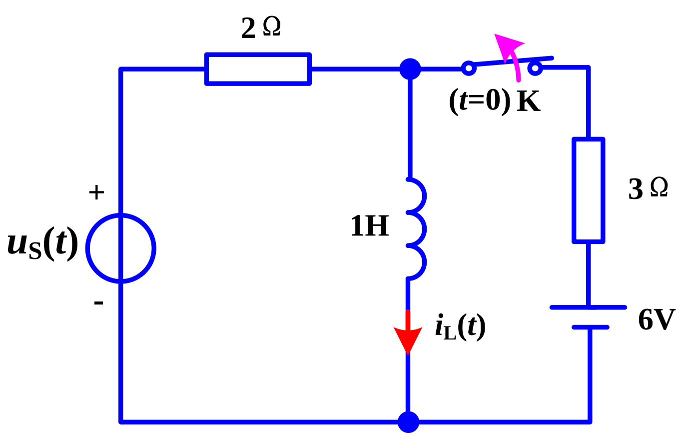
C 激励为单位阶跃函数的一种响应；

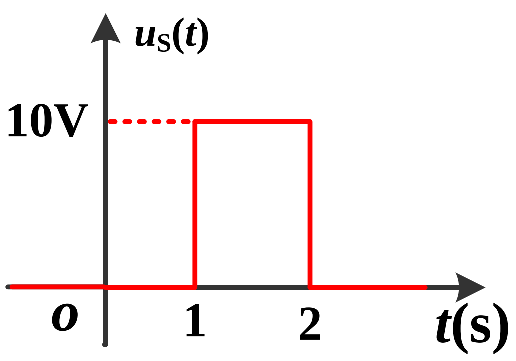
D 特别适合用来求解分段直流激励作用下的零状态响应

提交

- 7-29【RC电路，分段直流激励】
- 第7章补充题3：

求t>0时的$i_L(t)$。



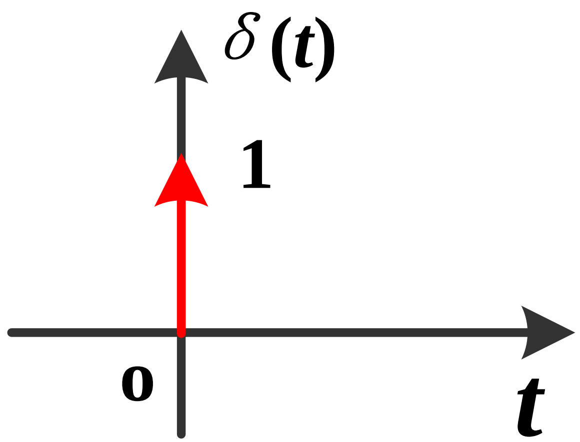


1. 单位冲激函数

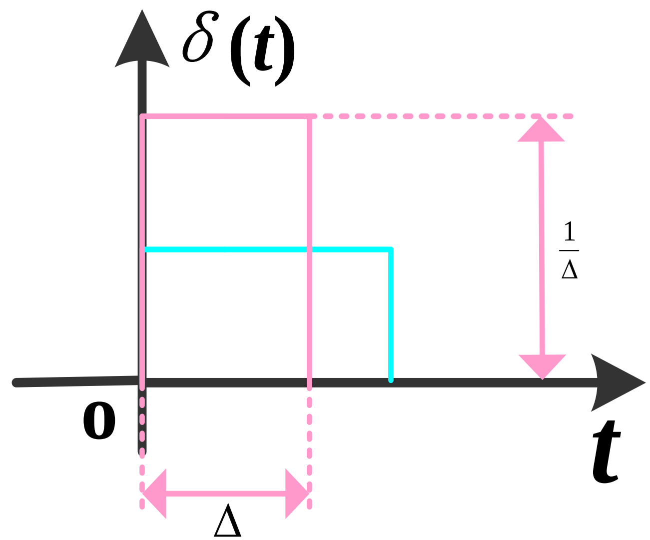
单位冲激函数（δ 函数）

$$\delta(t)=\begin{cases}0 & t\neq 0\\ \infty & t=0\end{cases}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)\,\mathrm{d}t=1$$



$$\delta(t)=\begin{cases}0 & t\neq 0\\ \infty & t=0\end{cases}$$



$$\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)\,\mathrm{d}t=1$$

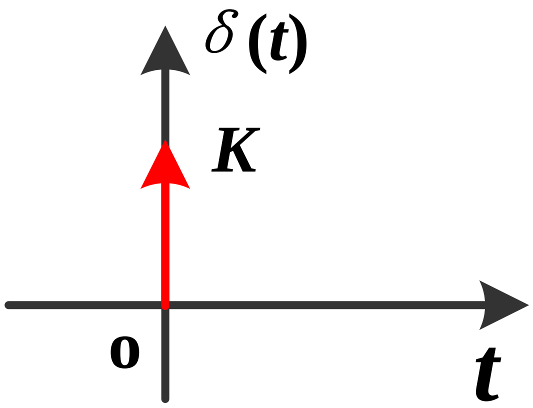
$$\int_{-\sigma}^{\sigma}\delta(t)\,\mathrm{d}t=1 \qquad (\sigma>0)$$

$$\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)\,\mathrm{d}t=1$$

强度为*K*的冲激函数

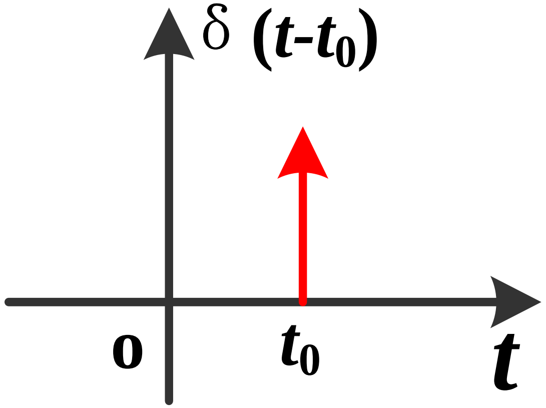
$$K\,\delta(t)=\begin{cases}0 & t\neq 0\\ \infty & t=0\end{cases}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty}K\,\delta(t)\,\mathrm{d}t=K$$



延迟的单位冲激函数

$$\delta(t-t_0)=\begin{cases}0 & t\neq t_0\\ \infty & t=t_0\end{cases}$$



$$\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t-t_0)\,\mathrm{d}t=1$$

$$\int_{t_{0_-}}^{t_{0_+}}\delta(t-t_0)\,\mathrm{d}t=1$$

2. 冲激函数的性质

(1) 筛分性

筛分出零时刻的函数值

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t)\,\mathrm{d}t = f(0)$$

$$\int_{0_-}^{0_+} f(t)\delta(t)\,\mathrm{d}t = f(0)\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)\,\mathrm{d}t = f(0)$$

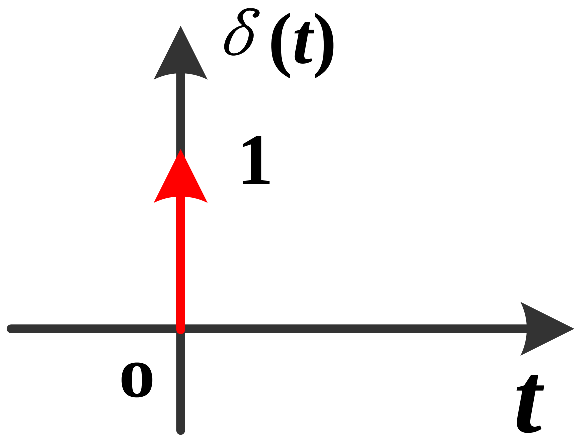
$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-t_0)\,\mathrm{d}t = f(t_0)$$

$$\int_{t_{0_-}}^{t_{0_+}} f(t)\delta(t-t_0)\,\mathrm{d}t = f(t_0)\int_{t_{0_-}}^{t_{0_+}}\delta(t-t_0)\,\mathrm{d}t = f(t_0)$$

2. 冲激函数的性质

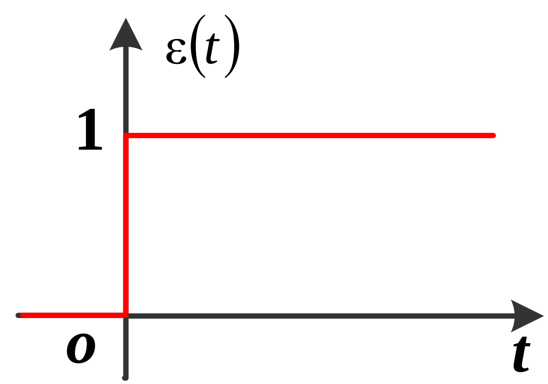
(2) δ(*t*)和ε(*t*) 的关系

$$\int_{-\infty}^{t} \delta(\xi)\,\mathrm{d}\,\xi = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t > 0 \end{cases}$$



$$\Longrightarrow \int_{-\infty}^{t} \delta(\zeta)\,\mathrm{d}\,\zeta = \varepsilon(t)$$

$$\delta(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\,t}\int_{-\infty}^{t} \delta(\xi)\,\mathrm{d}\,\xi = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\,t}\varepsilon(t)$$



$$\Longrightarrow \delta(t) = \varepsilon^{'}(t)$$

多选题

设置

对于冲激函数，其作用与特点有：

A 用来表示一个瞬间无穷大的变量；

B 用来起始一个函数；

C 表示一个开关作用；

D 通过积分运算，可以筛选出函数在某个时刻的函数值。

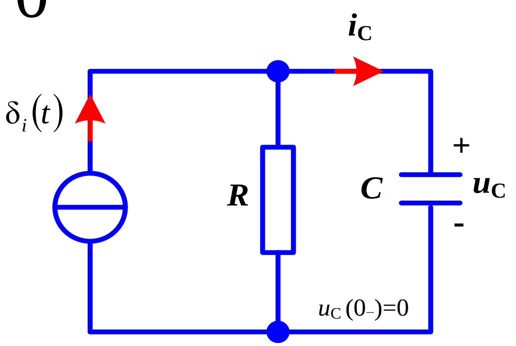
提交

3. 冲激响应$h(t)$

冲激响应$h(t)$：单位冲激激励作用下的零状态响应。

冲激响应求解方法1:分段法

微分方程 $C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}+\dfrac{u_C}{R}=\delta_i(t), t\geq 0_-$ $\quad u_C(0_-)=0$

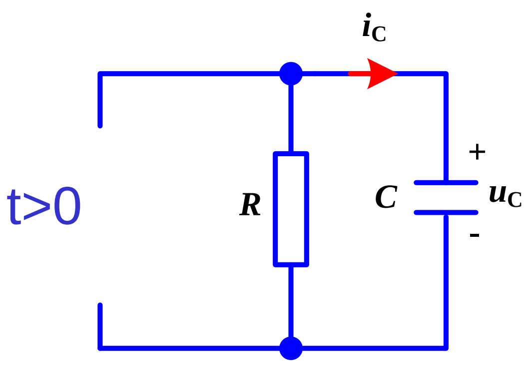


阶段一：$0_-<t<0_+$,求0_+值，不满足换路定理

$$\int_{0_-}^{0_+} C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\mathrm{d}t+\int_{0_-}^{0_+}\frac{u_C}{R}\mathrm{d}t=\int_{0_-}^{0_+}\delta_i(t)\mathrm{d}t$$

$$C[u_C(0_+)-u_C(0_-)]=1$$

阶段二：t〉0_+, 零输入响应



$$u_C(0_+)=\frac{1}{C}$$

$$u_C(t)=u_C(0_+)\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=\frac{1}{C}\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}, t\geq 0_+$$

7.8 一阶电路和二阶电路的冲激响应

冲激响应求解方法2:阶跃响应求导。

激励 $\delta(t)$ → 线性电路 零状态 → $h(t)$ 响应

$\varepsilon(t)$ —— $s(t)$

$\varepsilon(t-t_0)$ —— $s(t-t_0)$

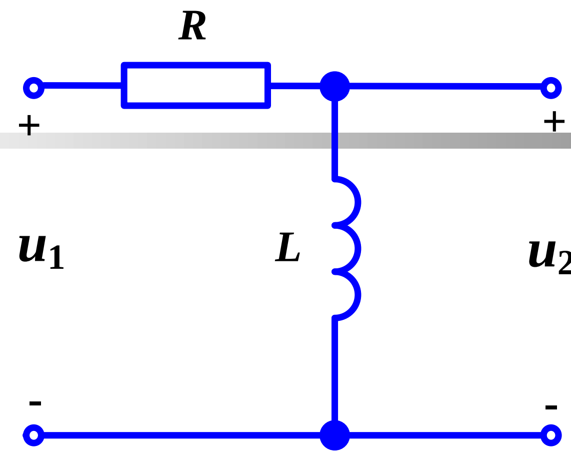
$\dfrac{\varepsilon(t)-\varepsilon(t-\Delta t)}{\Delta t}$ —— $\dfrac{s(t)-s(t-\Delta t)}{\Delta t}$

$$\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\varepsilon(t)-\varepsilon(t-\Delta t)}{\Delta t}=\varepsilon'(t)=\delta(t)$$

$$\lim_{\Delta t\to 0}\frac{s(t)-s(t-\Delta t)}{\Delta t}=s'(t)=h(t)$$

$$h(t)=s'(t)$$

【例】求u_2的冲激响应。



解

令 $u_1=\varepsilon(t)\,\mathrm{V}$，$i_L(0_-)=0$

$$i_L(0_+)=i_L(0_-)=0$$

$$s_{u_2}(0_+)=1\mathrm{V}$$

$$s_{u_2}(\infty)=0$$

$$\tau=\frac{L}{R}(\mathrm{s})$$

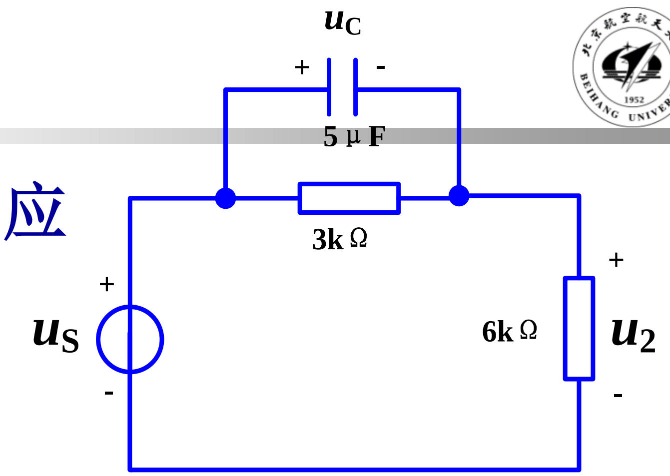
$$s_{u_2}(t)=\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

$$h_{u2}(t)=s'_{u2}(t)=\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}\delta(t)-\frac{R}{L}\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}\varepsilon(t)$$

$$=\delta(t)-\frac{R}{L}\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}\varepsilon(t)(\mathrm{V}),\quad t\geq 0$$

$t>0$或$t\geq 0_+$ $$h_{u2}(t)=-\frac{R}{L}\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

【例】求u_2、u_C的冲激响应。



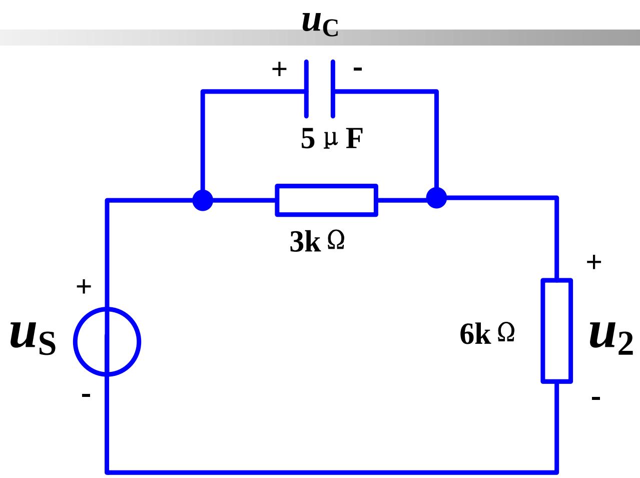
解 方法1：用阶跃响应求导来求冲激响应

令 $u_S = \varepsilon(t)\,\text{V}, u_C(0)=0$, 求$s(t)$

$$u_C(\infty) = \frac{3}{3+6}\times 1 = \frac{1}{3}\text{V}$$

$$\tau = \left(\frac{3\times 6}{3+6}\right)\times 10^3 \times 5\times 10^{-6} = 10^{-2}(\text{s})$$

$$s_{u_C}(t) = \frac{1}{3}(1-\text{e}^{-100t})\,\varepsilon(t)(\text{v})$$



$$u_2(0_+) = 1\text{V}$$

$$u_2(\infty) = \frac{6}{3+6} \times 1 = \frac{2}{3}\text{V}$$

$$s_{u_2}(t) = \frac{2}{3} + (1 - \frac{2}{3})\mathrm{e}^{-100t} = (\frac{2}{3} + \frac{1}{3}\mathrm{e}^{-100t})\varepsilon(t)(\text{v})$$

$$s_{u_C}(t)=\frac{1}{3}(1-\mathrm{e}^{-100t})\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

$$h_{u_C}(t)=s'_{u_C}(t)=\frac{1}{3}(1-\mathrm{e}^{-100t})\delta(t)+\frac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\varepsilon(t)$$

$$=\frac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

$$s_{u_2}(t)=(\frac{2}{3}+\frac{1}{3}\mathrm{e}^{-100t})\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

$$h_{u_2}(t)=s'_{u_2}(t)=(\frac{2}{3}+\frac{1}{3}\mathrm{e}^{-100t})\delta(t)-\frac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\varepsilon(t)$$

$$=\delta(t)-\frac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\varepsilon(t)(\mathrm{V})\qquad t\geq 0$$

或 $t>0$ 或 $t\geq 0_+$ $h_{u_2}(t)=-\dfrac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\varepsilon(t)$

方法2：分段，t>0₊后用零输入响应来求

$$u_C + 6\times10^3(5\times10^{-6}\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{3\times10^3}) = \delta(t)$$

$$3\times10^{-2}\frac{du_C}{dt} + 3u_C = \delta(t)$$

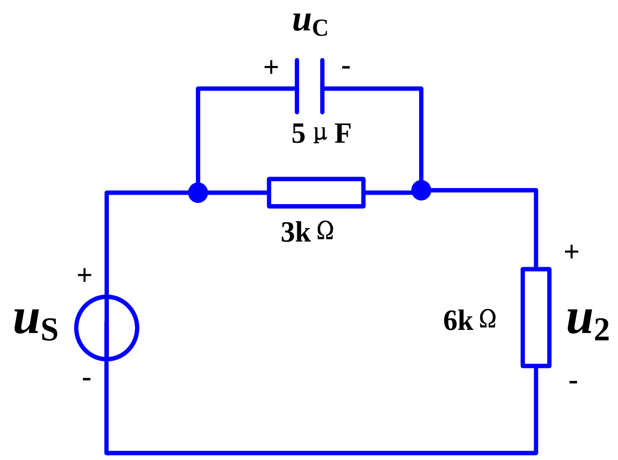
$$\int_{0-}^{0+} 3\times10^{-2}\frac{du_C}{dt}dt + \int_{0-}^{0+} 3u_C dt = \int_{0-}^{0+} \delta(t)dt$$

$\because \quad u_C(0) \neq \infty$

如果 u_C 为 $\delta(t)$，$\frac{du_C}{dt}$ 为 $\delta'(t)$，不满足KVL

$\therefore 3\times10^{-2}[u_C(0_+) - u_C(0_-)] = 1$

0_时刻与0_+时刻之间，u_c发生跳变



$$\therefore 3\times10^{-2}[u_C(0_+)-u_C(0_-)]=1$$

$$u_C(0_-)=0$$

$$u_C(0_+)=\frac{1}{3\times10^{-2}}=\frac{100}{3}(\mathrm{V})$$

$t>0_+$ 时　零输入响应　　$u_C(\infty)=0$

$$u_C(t)=h_{u_C}(t)=\frac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\quad(\mathrm{V})\ ,t>0$$

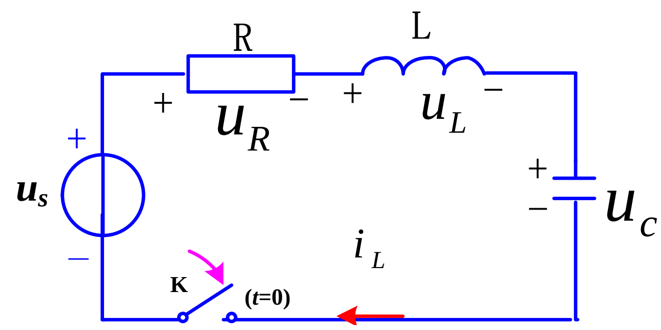
$$u_2(t)=u_s(t)-u_C(t)=\delta(t)-\frac{100}{3}\mathrm{e}^{-100t}\quad(\mathrm{V})\ ,t>0$$

【例】已知$R=1\Omega, L=1H, C=1F$,求u_C的冲激响应。

解

$$u_S=\delta(t)V$$

$$u_C(0_-)=0, i_L(0_-)=0$$



冲激响应求解方法1:分段法

$$LC\frac{d^2u_C}{dt^2}+CR\frac{du_C}{dt}+u_C=\delta(t), t>0_-$$

阶段一:0-<t< 0_+,求0_+值(不满足换路定理)

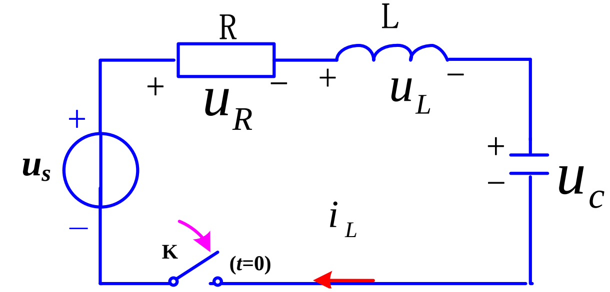
$$\int_{0_-}^{0_+}LC\frac{d^2u_C}{dt^2}dt+\int_{0_-}^{0_+}CR\frac{du_C}{dt}dt+\int_{0_-}^{0_+}u_C\,dt=\int_{0_-}^{0_+}\delta_i(t)dt$$

$$LC\left[\frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0_+}-\frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0_-}\right]+RC[u_C(0_+)-u_C(0_-)]+\int_{0_-}^{0_+}u_C dt=1$$

$$\because i_L(0_-)=0, \therefore \frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0_-}=0;$$

$$LC\frac{d^2u_C}{dt^2}+CR\frac{du_C}{dt}+u_C=\delta(t),t>0\_$$

$$u_C(0\_)=0,\frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0\_}=0;$$



若u_C是冲激函数，微分方程不成立；

若u_C是阶跃函数，$\frac{du_C}{dt}$是冲激函数，微分方程也不成立。

$\therefore \frac{du_C}{dt}$是阶跃函数

$$LC[\frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0_+}-\frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0\_}]+RC[u_C(0_+)-u_C(0\_)]+\int_{0\_}^{0_+}u_C dt=1$$

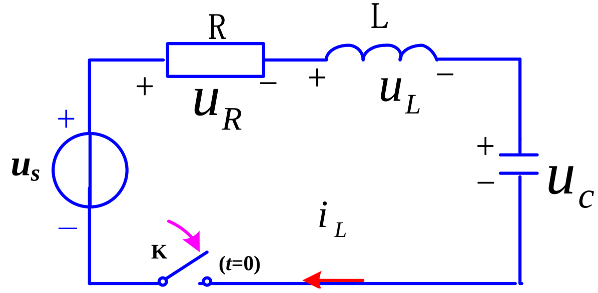
$$LC[\frac{du_C}{dt}\Big|_{t=0_+}-0]\quad +RC\times 0\quad +\quad 0=1$$

$$u_C(0_+)=u_C(0\_)=0,\frac{du_C}{dt}\Big|_{0_+}=\frac{1}{C}i_L(0_+)=\frac{1}{LC}$$

阶段二：t > 0+, 零输入响应

$$\frac{d^2u_C}{dt^2}+\frac{du_C}{dt}+u_C=0, t>0_-$$

$$u_C(0_+)=0, \frac{du_C}{dt}\bigg|_{0_+}=\frac{1}{LC}=1$$



特征方程： $p^2+p+1=0$

$$p_1=-\frac{1}{2}+\mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2},\quad p_2=-\frac{1}{2}-\mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2}$$

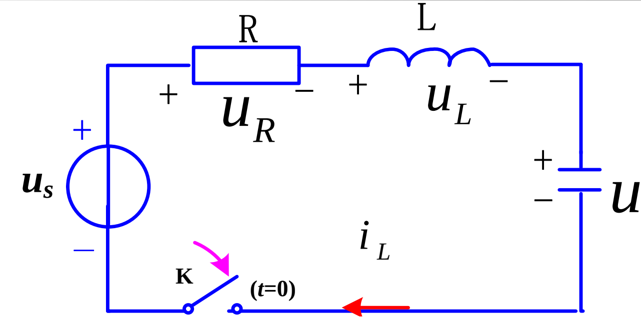
$$u_C(\mathrm{t})=e^{-\frac{1}{2}t}(A_1\cos\frac{\sqrt{3}}{2}t+A_2\sin\frac{\sqrt{3}}{2}t)$$

$$A_1=0$$

$$-\frac{1}{2}A_1+\frac{\sqrt{3}}{2}A_2=1 \qquad A_2=\frac{2\sqrt{3}}{3}$$

$$\therefore h_{u_C}(\mathrm{t})=e^{-\frac{1}{2}t}(\frac{2\sqrt{3}}{3}\sin\frac{\sqrt{3}}{2}t)\varepsilon(t)(V)$$

冲激响应求解方法2:阶跃响应求导



令： $u_S=\varepsilon(t)V, u_C(0_-)=0, i_L(0_-)=0$

$$u_C(0_+)=0, i_L(0_+)=0$$

$$S_{u_C}(t)=[1-\frac{2}{3}\sqrt{3}e^{-\frac{1}{2}t}\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}t+60^{o})]\varepsilon(t)(V)$$

$$\therefore h_{u_C}(t)=S'_{u_C}(t)=[1-\frac{2\sqrt{3}}{3}\sin 60^{O}]\delta(t)+$$

$$[-\frac{1}{2}\times\frac{2\sqrt{3}}{3}e^{-\frac{1}{2}t}\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}t+60^{O})+\frac{\sqrt{3}}{2}\times\frac{2\sqrt{3}}{3}e^{-\frac{1}{2}t}\cos(\frac{\sqrt{3}}{2}t+60^{O})]\varepsilon(t)(V)$$

$$=0\times\delta(t)+e^{-\frac{1}{2}t}[-\frac{\sqrt{3}}{3}\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}t+60^{O})+\cos(\frac{\sqrt{3}}{2}t+60^{O})]\varepsilon(t)(V)$$

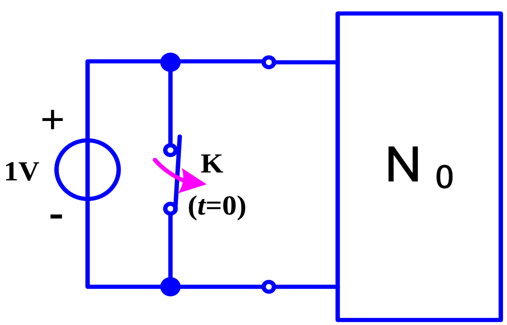
$$=(\frac{2\sqrt{3}}{3}e^{-\frac{1}{2}t}\sin\frac{\sqrt{3}}{2}t)\varepsilon(t)(V)$$

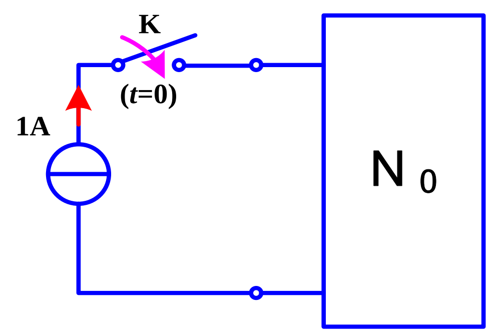
一阶电路和二阶电路的阶跃响应（小结）

电路在零初始条件下，对单位阶跃激励的响应。即单位阶跃激励作用下的零状态响应。

零初始条件。

外部激励为ε(*t*)单位阶跃函数。





任意一条支路的响应。

$\varepsilon(t)$ → 零状态电路 → $s(t)$

激励 **响应**

$A\varepsilon(t)$ — · · — · · — · · — · $As(t)$

$\varepsilon(t-t_0)$ — · · — · · — · · — · $s(t-t_0)$

$A\varepsilon(t-t_0)$ — · · — · · — · · — · $As(t-t_0)$

3. 冲激响应$h(t)$

冲激响应$h(t)$：单位冲激激励作用下的零状态响应。

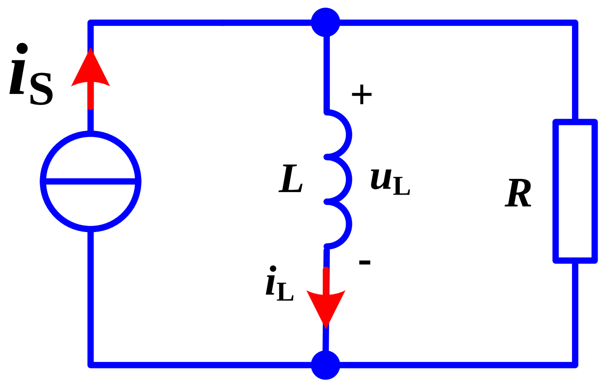
冲激响应求解方法1:微分方程求0_+值，按照零输入响应求解。

冲激响应求解方法2:阶跃响应求导。

作业

- 7-32【RC电路，阶跃、冲激响应】
- 第7章补充题题4 及题5

【补充题4】求$i_L(t)$的$S_{iL}(t), h_{iL}(t)$；　$u_L(t)$的$S_{uL}(t), h_{uL}(t)$。



【补充题5】

（1）求当us=ε(t-5)V，$i_L(5_-)=2A$，$u_c(5_-)=1V$

时的$u_c(t)$；

（2）计算电容电压$u_c(t)$的冲激响应$h_{uc}(t)$。