电路理论基础

——电路理论（基础篇）

华中科技大学·电气学院
ccsfm@hust.edu.cn

第7章 电容、电感及动态电路

●重点

1. 熟练掌握单位阶跃函数、单位冲激函数的定义与一般性质，掌握分段连续波形的广义函数表示法

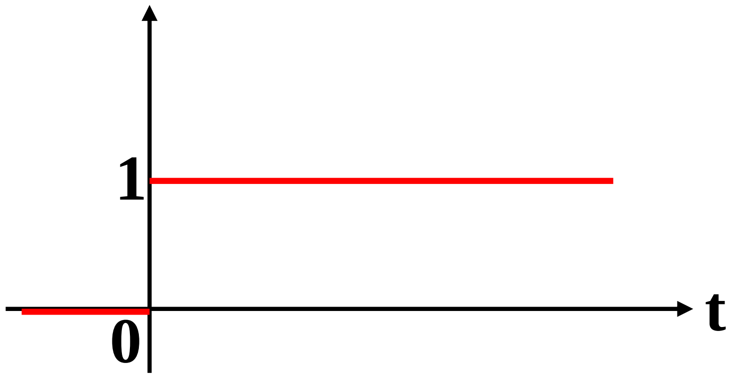
2. 电容元件、电感元件的特性

3. 电容、电感的串并联等效

◆ 单位阶跃函数ε(t)

1）波形，定义式

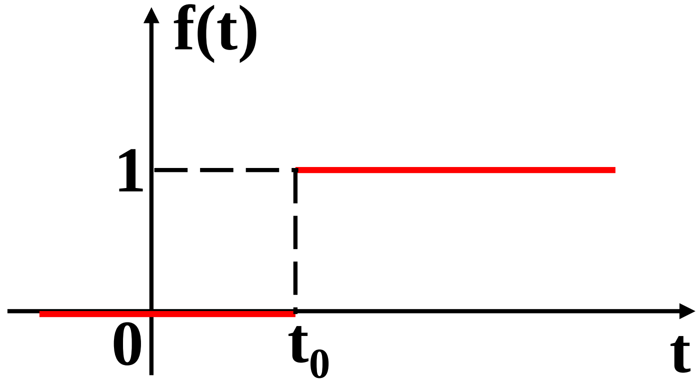
$$\varepsilon(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ 1 & t>0\end{cases}$$



◆ 延迟单位阶跃函数

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

$$f(t)=\varepsilon(t-t_0)$$



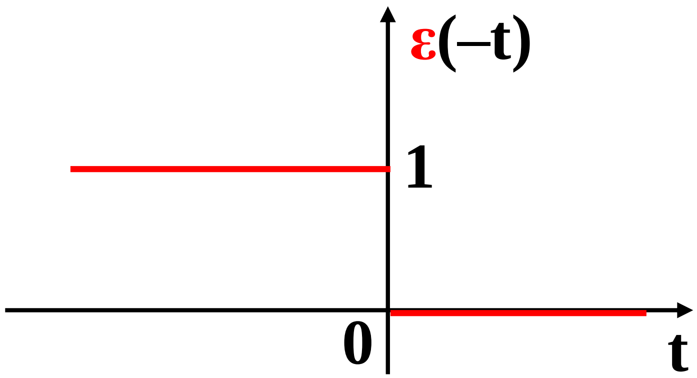
◆ 一般阶跃函数

$$f(t)=A\varepsilon(t+t_0)$$

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

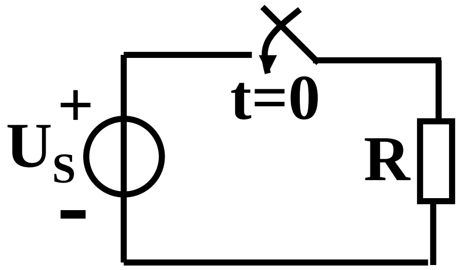
例　画出$\varepsilon(-t)$的波形

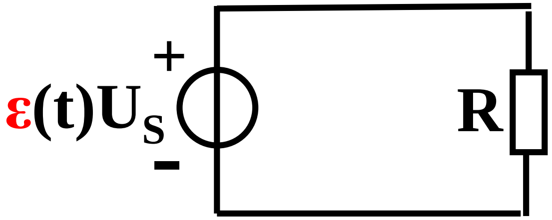
$$\varepsilon(-t)=\begin{cases} 0 & -t<0 \quad\quad t>0 \\ 1 & -t>0 \quad\quad t<0 \end{cases}$$



◆ 单位阶跃函数在电路分析中的应用

用来表示电源从某时刻起接入电路

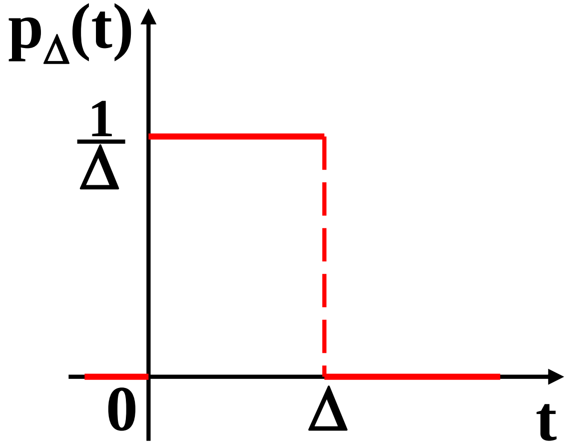




用来表示波形或函数的起止时间

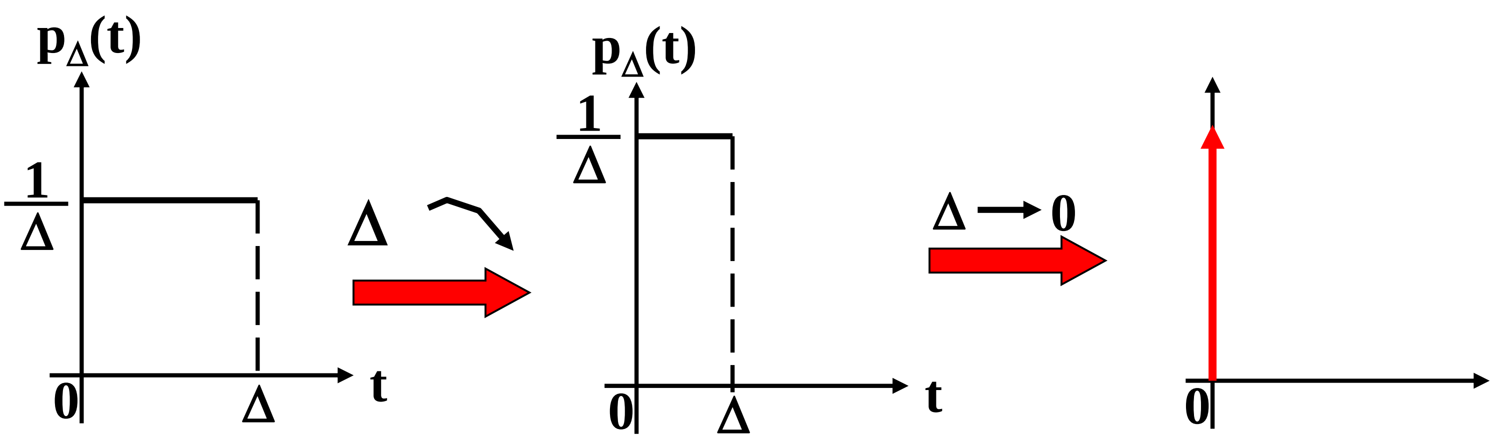
◆ 单位脉冲函数 $p_\Delta(t)$

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



特点 “单位”是指波形的面积为1

用单位阶跃函数的线性组合表示 $p_\Delta(t)=\frac{1}{\Delta}[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-\Delta)]$

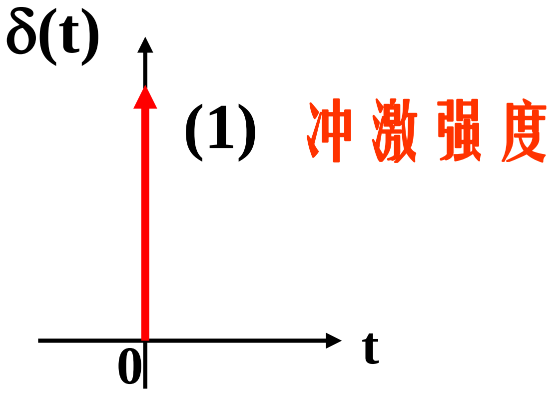


◆ 单位冲激函数δ(t)

□ 波形与定义

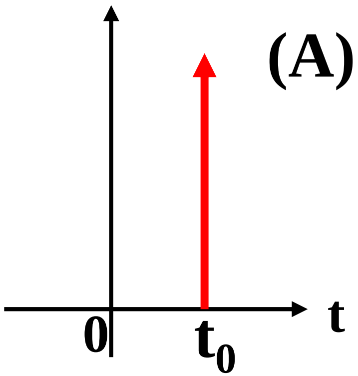
单位冲激函数表达函数值趋于无穷大的情况

$$\delta(t)=\lim_{\Delta\longrightarrow 0} p_{\Delta}(t)$$



$$\delta(t)=\begin{cases} 0 & t\neq 0 \\ \text{非零} & t=0 \end{cases}$$ 满足 $\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)dt=1$

◆ 冲激函数 $A\delta(t-t_0)$



◆ 一些重要性质

□ 与单位阶跃函数的关系

$$\delta(t)=\lim_{\Delta\to 0} p_\Delta(t)=\lim_{\Delta\to 0}\frac{1}{\Delta}[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-\Delta)]=\frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

□ 相乘特性和筛分性

$$\delta(t)f(t)=\delta(t)f(0) \qquad \int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)f(t)dt=\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)f(0)dt=f(0)$$

□ 冲激函数是偶函数，即$\delta(t)=\delta(-t)$

□ 微分特性

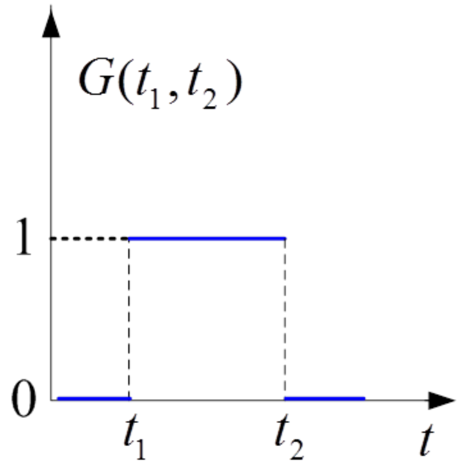
◆ 闸门函数及其表达式

（1） 闸门函数表示为两阶跃函数之差

$$G(t_1 , t_2)= \varepsilon(t–t_1)- \varepsilon(t–t_2)$$

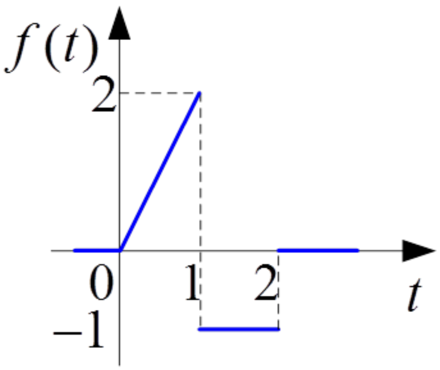
（2） 闸门函数表示为两阶跃函数的乘积

$$G(t_1 , t_2)= \varepsilon(t–t_1) \varepsilon(t_2–t)$$



例 波形的表示

$$f_1(t)=\begin{cases} A\cos\omega t & t>0 \\ 0 & t<0 \end{cases} \longrightarrow f_1(t)=A\cos(\omega t)\varepsilon(t)$$



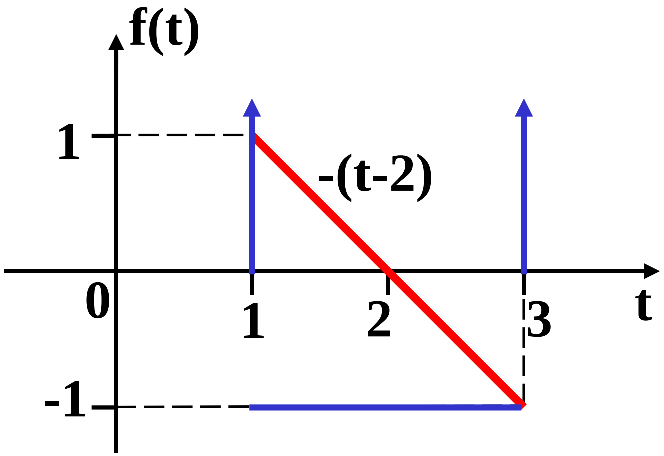
$$\begin{aligned} f(t) &= 2tG(0,1)-G(1,2) \\ &= 2t[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)]-[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-2)] \\ &= 2t\varepsilon(t)-(2t+1)\varepsilon(t-1)+\varepsilon(t-2) \end{aligned}$$

◆广义函数具有以下通式

$$\boxed{f(t)=\sum_{k=1}^{n}\phi_k(t)\varepsilon(t-t_k)}$$

例 波形的表示，f(t)及f(t)的微分

例



$$f(t)=\begin{cases} -(t-2) & 1\le t\le 3 \\ 0 & \text{其余}t \end{cases}$$

$$f(t)=[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-3)](2-t)$$
$$=\varepsilon(t-1)(2-t)+\varepsilon(t-3)(t-2)$$

$$f(t)=\varepsilon(t-1)\,\varepsilon(3-t)(2-t)$$

$$\frac{df}{dt}=\delta(t-1)(2-t)-\varepsilon(t-1)+\delta(t-3)(t-2)+\varepsilon(t-3)$$

$$=\delta(t-1)+\delta(t-3)-[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-3)]$$

例 波形的表示，f(t)的积分

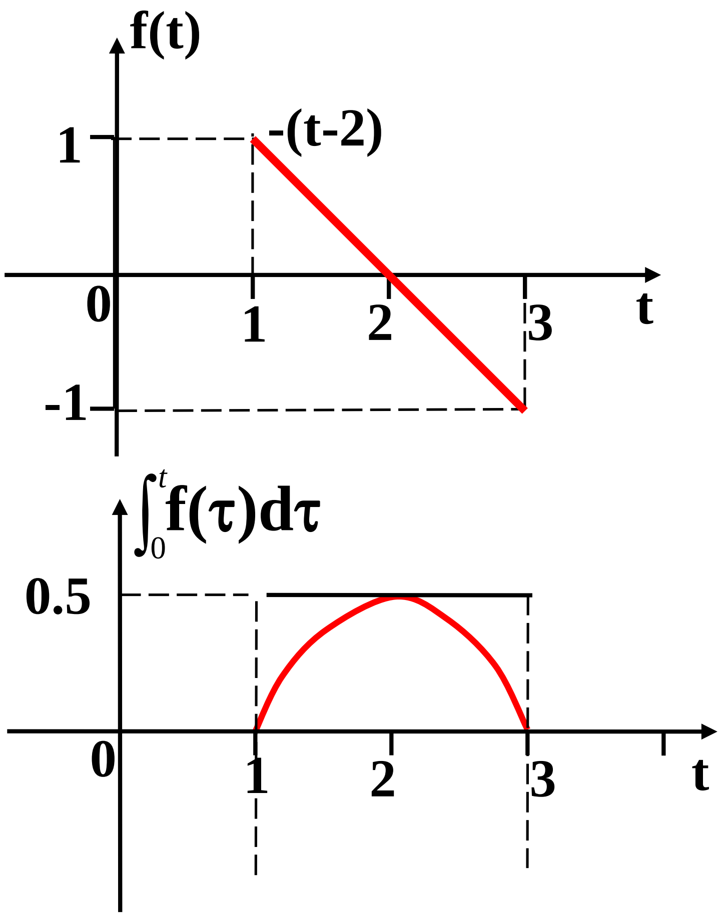
$$f(t)=\varepsilon(t-1)(2-t)+\varepsilon(t-3)(t-2)$$

$$\int_0^t f(\tau)d\tau=\int_0^t \varepsilon(\tau-1)(2-\tau)d\tau+\int_0^t \varepsilon(\tau-3)(\tau-2)d\tau$$

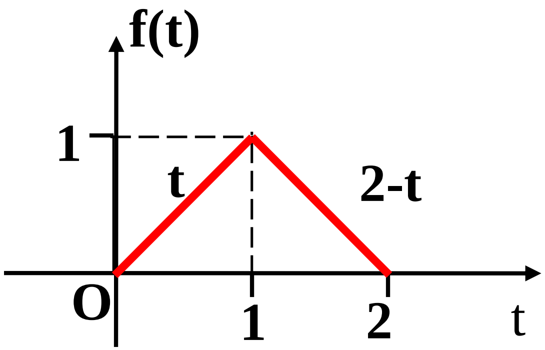
$$=\varepsilon(t-1)\int_1^t (2-\tau)d\tau+\varepsilon(t-3)\int_3^t (\tau-2)d\tau$$

$$=\underline{\varepsilon(t-1)}(-\frac{1}{2}t^2+2t-\frac{3}{2})+\underline{\varepsilon(t-3)}(\frac{1}{2}t^2-2t+\frac{3}{2})$$

$$=0.5[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-3)][1-(t-2)^2]$$



例 写出图示波形的函数表达式



$$f(t)=[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)]t+[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-2)](2-t)$$
$$=\varepsilon(t)t-2\varepsilon(t-1)(t-1)+\varepsilon(t-2)(t-2)$$

第7章 电容、电感及动态电路

7.1 概述

7.2 广义函数

7.3 电容

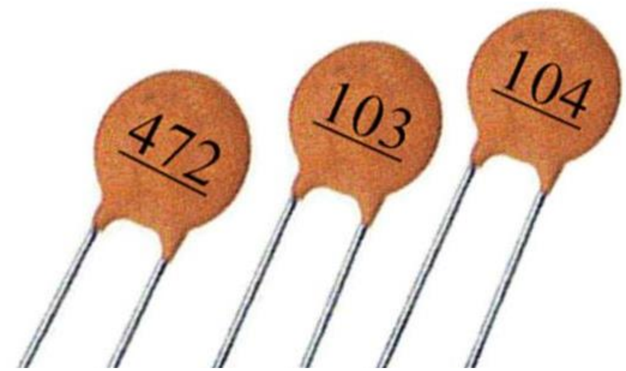
7.4 电感

7.5 动态电路的暂态分析概述

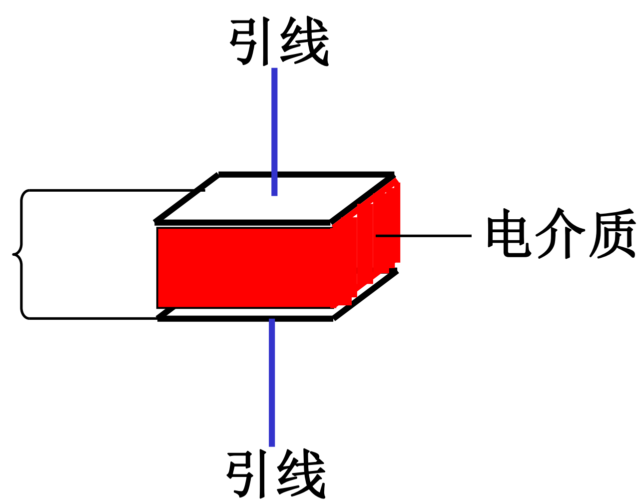
7.6 拓展与应用

按介质材料分为：

瓷片电容、聚酯膜电容、电解电容等



电路符号

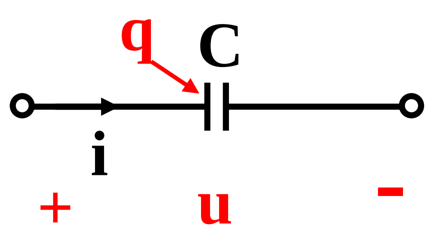


◆ 电容元件的定义与分类

储存电场能量的两端元件。任何时刻，其特性可用q ~ u 平面上的一条曲线来描述。

定义

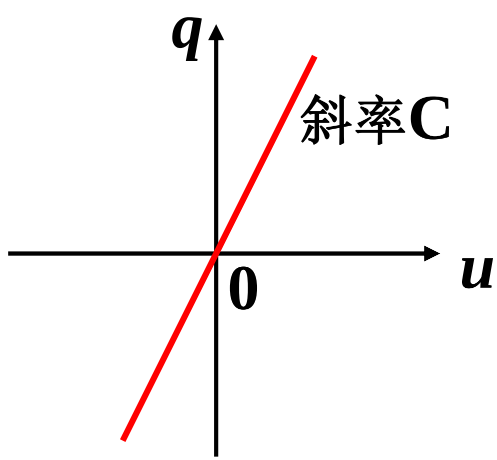
分类



◆ 线性时不变电容

1、特性曲线与约束方程

$$q = Cu$$



2、电压−电流关系（VCR）

$$i(t) = \frac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t} \longrightarrow \boxed{i(t) = C\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}}$$

$$\int_{t_0}^{t} \frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}\mathrm{d}t = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t)\mathrm{d}t \longrightarrow \boxed{u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t)\mathrm{d}t}$$

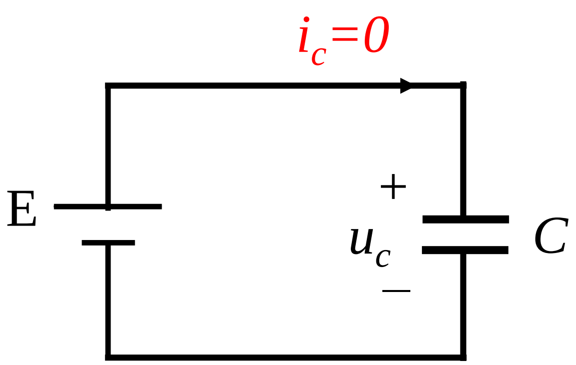
◆ 说明：

$$i_c(\mathrm{t}) = C\frac{du_c(\mathrm{t})}{dt}$$

(1) i_c的大小取决与 u_c 的变化率，与 u_c 的大小无关；(微分形式)

(2) 电容的直流稳态性质 如右图

u_c=E (直流) ⟹ $i_c=0$

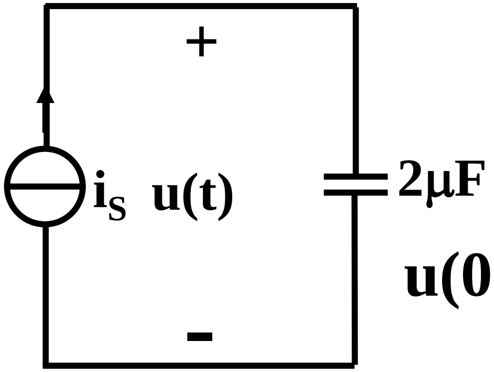


电容元件具有隔直流通交流的特点。
直流电路中电容相当于开路。

(3) 若u_c，i_c非关联取向，则 i_c= –Cdu_c/dt 。

◆ 电容的记忆性

例　简单的计数器



u(0)=0

$0 \le t \le 1$

$$u(t)=u(0)+5\times10^5\int_0^t 10^{-6}d\xi = 0.5t$$

$u(1)=0.5V$

$1 \le t \le 2$

$$u(t)=u(1)+5\times10^5\int_1^t 0d\xi$$

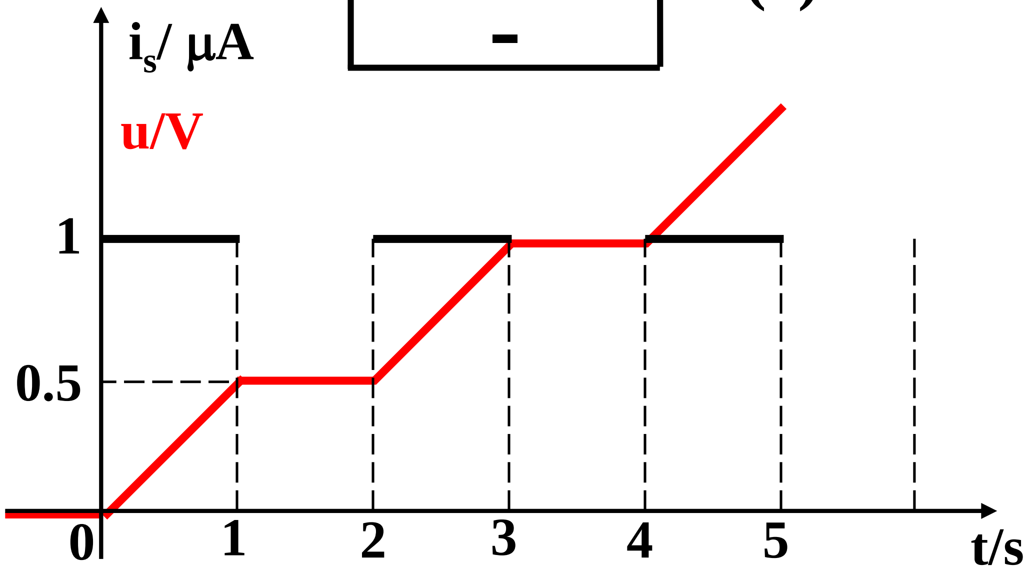
$=0.5V$

$2 \le t \le 3$

$$u(t)=u(2)+5\times10^5\int_2^t 10^{-6}d\xi$$

$=0.5+0.5(t-2)$

$u(3)=1V$



$$i(t) = C\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}$$

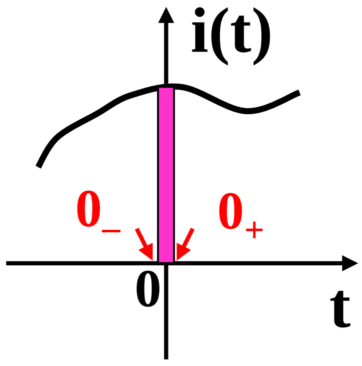
$$u(t) = u(0_-) + \frac{1}{C}\int_{0_-}^{t} i(t)\mathrm{d}t$$

◆ 电容电压连续性

➢ i(t) 为有限值

如果 i(t) 在t_0处为有限值，则 u(t) 在t_0处的变化是连续的。即在t_0处，电容电压不可能即时地从一个值跃变到另一个值。

特别，如果i(t)在t=0时为有限值，



则 $u(0_+) = u(0_-) + \frac{1}{C}\int_{0_-}^{0_+} i(t)dt$

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

0– ~ 原始时刻，0+ ~ 初始时刻.

$$i(t)=C\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}$$

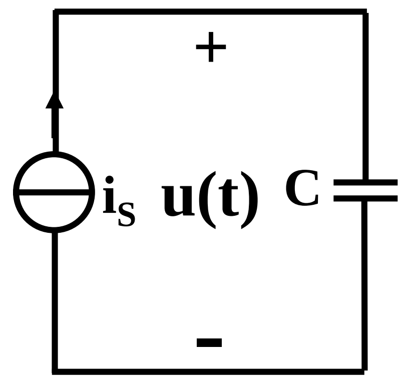
$$u(t)=u(0_-)+\frac{1}{C}\int_{0_-}^{t} i(t)\mathrm{d}t$$

➢ **i(t) 为无限大**

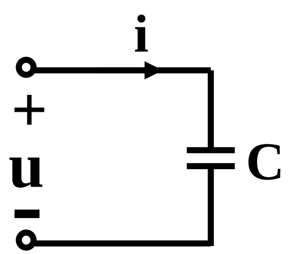
例 $i_S(t)=\delta(t)$ $u(0\_)=U_0$

$$u(0_+)=u(0\_)+\frac{1}{C}\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)dt$$

$$u(0_+)=U_0+\frac{1}{C}$$

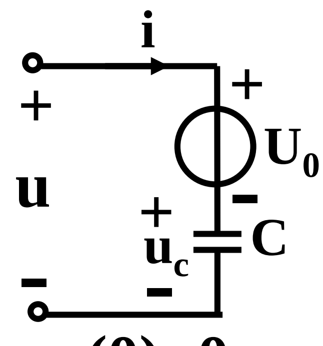


◆ **非零初始电压的电容元件的等效电路**



$u(0)=U_0$

$$u(t)=U_0+\frac{1}{C}\int_0^t i(\xi)d\xi$$



$u_c(0)=0$

◆电容的储能

$$W_C(t)=\int_{-\infty}^{t}u_c i_c \mathrm{d}\tau=\int_{-\infty}^{t}Cu_c\frac{\mathrm{d}u_c}{\mathrm{d}\tau}\mathrm{d}\tau=\frac{1}{2}Cu_c^2(\tau)\Big|_{-\infty}^{t}$$

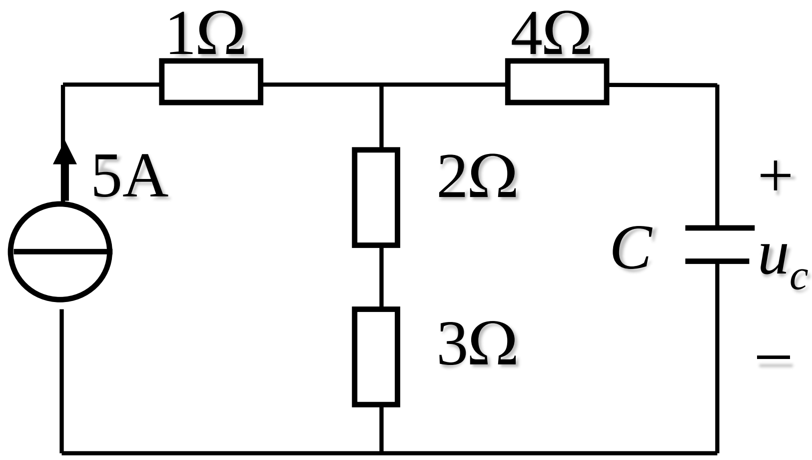
$$=\frac{1}{2}Cu_c^2(t)-\frac{1}{2}Cu_c^2(-\infty)\overset{\text{若}u_c(-\infty)=0}{=}\frac{1}{2}Cu_c^2(t)$$

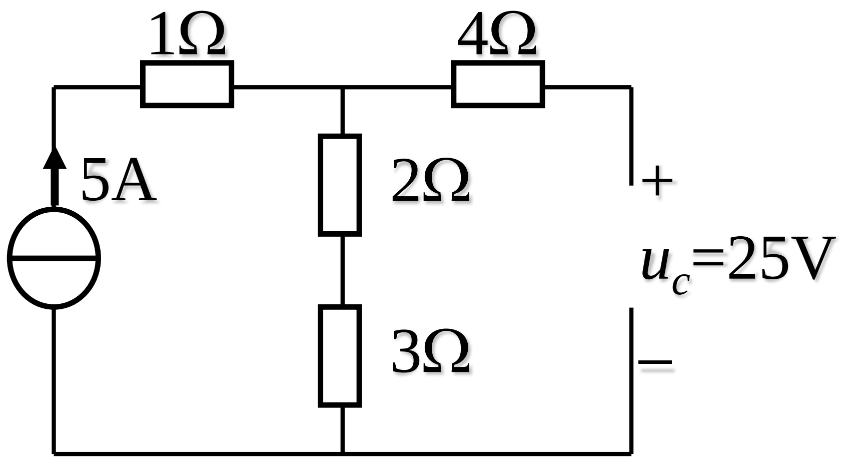
□ 从t_0到 t 电容储能的变化量：

$$\Delta W_c=\frac{1}{2}Cu_c^2(t)-\frac{1}{2}Cu_c^2(t_0)$$

可见电容储能只与该时刻电压有关，而与 i_C 无关。

求电容电压的稳态值

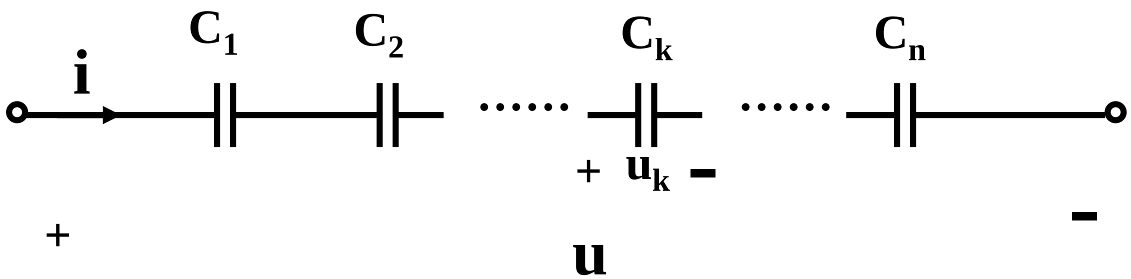




◆ 电容元件的串联与并联

$$u_k = u_k(0_+) + \frac{1}{C_k}\int_{0_+}^{t} i\mathrm{d}t$$

1、串联



$$u = \sum_{k=1}^{n} u_k = \sum_{k=1}^{n} u_k(0_+) + \sum_{k=1}^{n}\left(\frac{1}{C_k}\int_{0_+}^{t} i\mathrm{d}t\right)$$

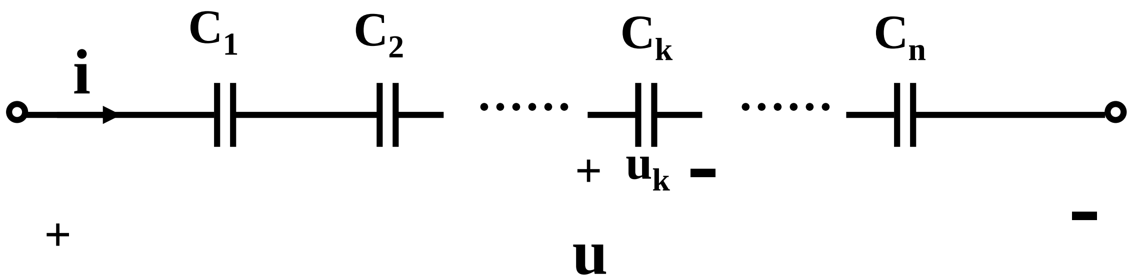
$$\boxed{u(0_+) = \sum_{k=1}^{n} u_k(0_+) = \sum_{k=1}^{n} u_k(0_-)}$$

$$\boxed{\frac{1}{C} = \sum_{k=1}^{n}\frac{1}{C_k}}$$

◆ 电容元件的串联与并联

1、串联

If $u_k(0\_) = 0(k = 1, 2, \ldots)$, then



$$u_k = \frac{1}{C_k}\int_{0_+}^{t} i\mathrm{d}t \qquad u = \frac{1}{C}\int_{0_+}^{t} i\mathrm{d}t \qquad \boxed{u_k = \frac{1/C_k}{1/C}u}$$

◆ 若k=2，求等效电容C和各电容电压

$$\mathrm{C} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \qquad u_1 = \frac{\mathrm{C}}{C_1}\mathrm{u} = \frac{C_2}{C_1 + C_2}\mathrm{u} \qquad u_2 = \frac{C}{C_2}u = \frac{C_1}{C_1 + C_2}\mathrm{u}$$

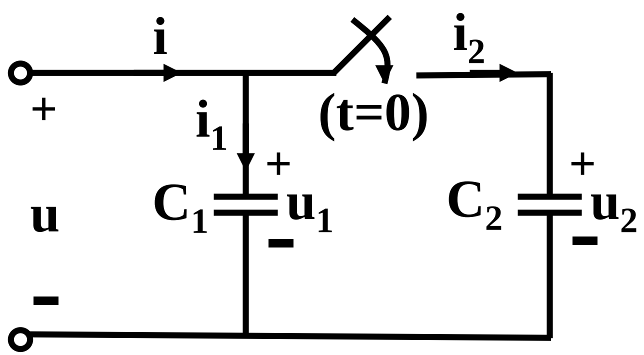
2、并联

（1）等效电容 $$i_C = \sum_{k=1}^{n} i_{Ck} = \sum_{k=1}^{n} C_k \frac{\mathrm{d}u_{Ck}}{\mathrm{d}t} = \sum_{k=1}^{n} C_k \left(\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} \right)$$

$$C=C_1+C_2+C_3+\cdots\cdots\cdots$$

（2）初始电压

情况一　并联前各电容电压相同

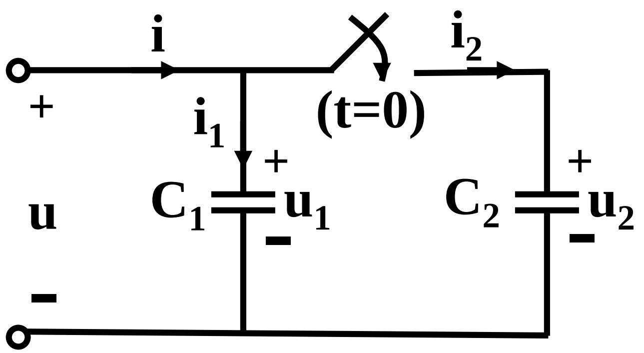


$$u_1(0_-) = u_2(0_-)$$

$$u_1(0_+)=u_2(0_+)=u(0_+)$$

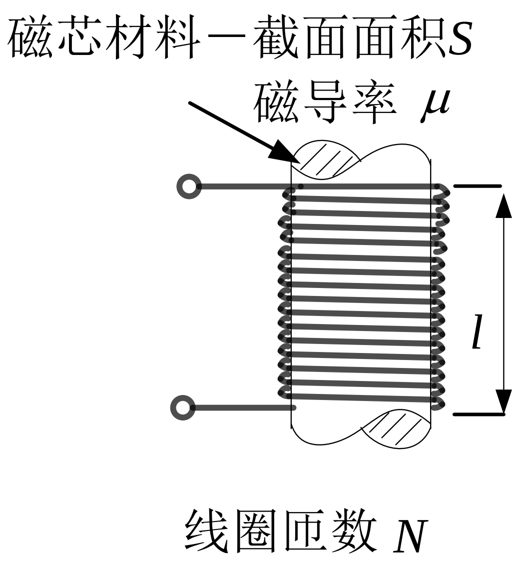
情况二 并联前各电容电压不同

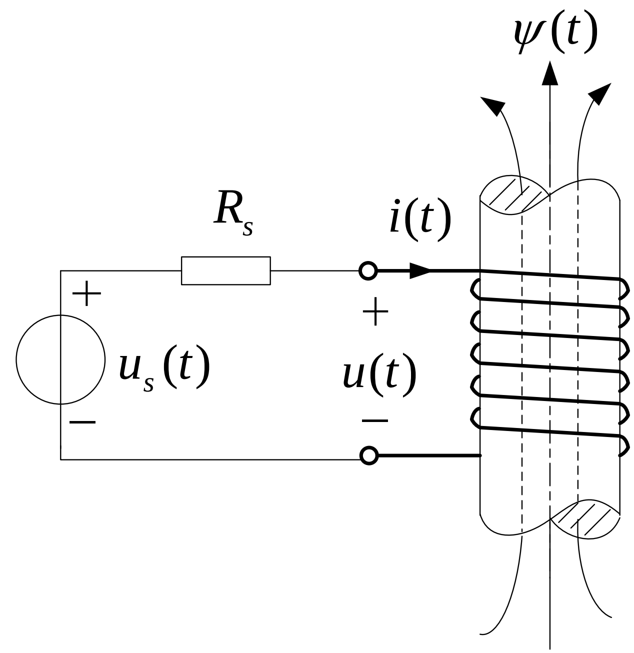
电荷守恒：并联前后，与某结点关联的所有电容极板上的电荷总量保持不变。



$$\sum_{k=1}^{m} q_k(0_+) = \sum_{k=1}^{m} q_k(0_-)$$

$$(C_1+C_2)u(0_+)=C_1u_1(0_-)+C_2u_2(0_-)$$

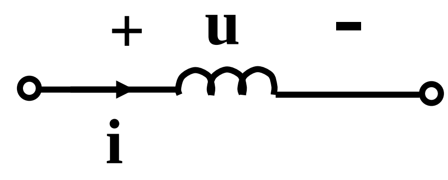




当i(t)变化时，磁链Ψ相应变化，由电磁感应定律，必产生感生电压u(t)，试图抑制磁链Ψ的变化。

◆电感元件的定义与分类

储存磁场能量的两端元件。任何时刻，其特性可用$\psi \sim i$平面上的一条曲线来描述。

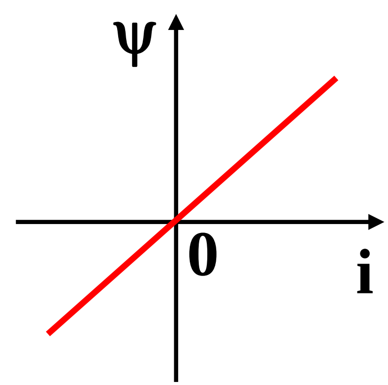


电路符号

◆线性非时变电感

1、特性曲线与约束方程

2、VCR



ψ=Li

$$u(t)=\frac{\mathrm{d}\psi(t)}{\mathrm{d}t} \rightarrow \boxed{u(t)=L\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}}$$

$$\boxed{i(t)=i(t_0)+\frac{1}{L}\int_{t_0}^{t}u(t)\mathrm{d}t}\qquad \boxed{i(t)=i(0_-)+\frac{1}{L}\int_{0_-}^{t}u(t)\mathrm{d}t}$$

$$u(t)=L\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$$

$$i(t)=i(0_{-})+\frac{1}{L}\int_{0_{-}}^{t}u(t)\mathrm{d}t$$

(1) u_L的大小取决与i_L的变化率，与i_L的大小无关。

(2) 电感的直流稳态性质

当i_L为常数(直流)时， $\mathrm{d}i_L/\mathrm{d}t=0$，$u_L$=0。

电感在直流电路中相当于短路。

(3)u_L，i_L为非关联方向时。

$$u(t)=-L\frac{\mathrm{di(t)}}{\mathrm{dt}}$$

$$u(t)=L\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$$

$$i(t)=i(0_-)+\frac{1}{L}\int_{0_-}^{t}u(t)\mathrm{d}t$$

◆电感电流的连续性

➢ u(t)为有限值

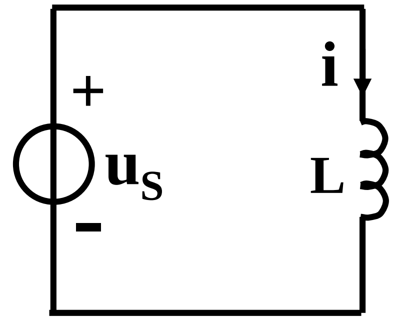
如果u(t)在任一时间都为有限值，则i(t)在任一时间的变化都是连续的。即在任一时间，电感电流都不可能**即时地**从一个值跃变到另一个值。

特别，如果u(t)在t=0时为有限值，则

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

➢ u(t)为无限大

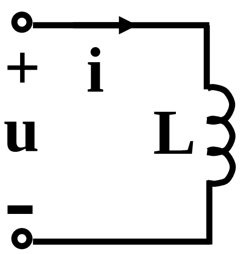
例 $u_S=\delta(t)$ $i(0_-)=I_0$



$$i(0_+)=i(0_-)+\frac{1}{L}\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)dt$$

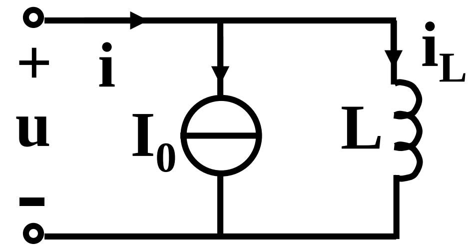
$$i(0_+)=I_0+\frac{1}{L}$$

◆ 非零初始电流电感元件的等效电路



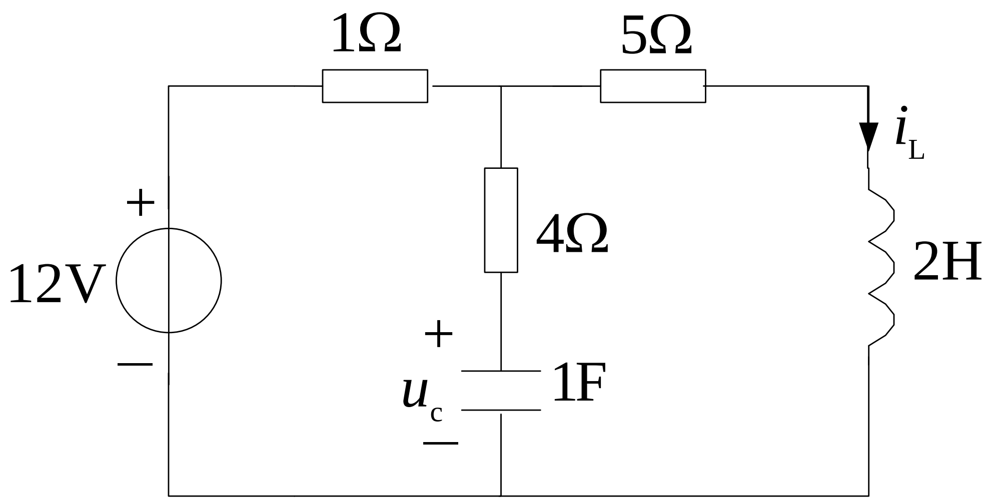
$i(0)=I_0$

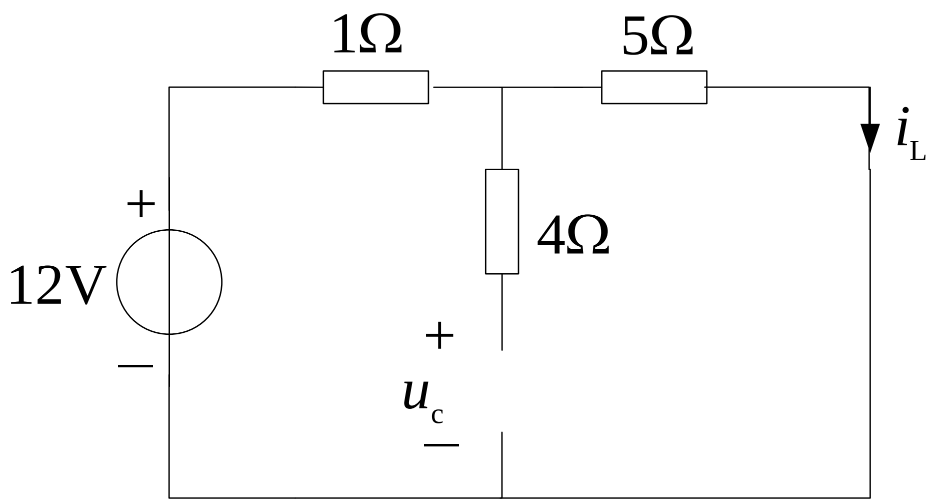
$$i(t)=i(0)+\frac{1}{L}\int_0^t u(\xi)d\xi$$



$i_L(0)=0$

例 电容电压和电感电流的稳态值

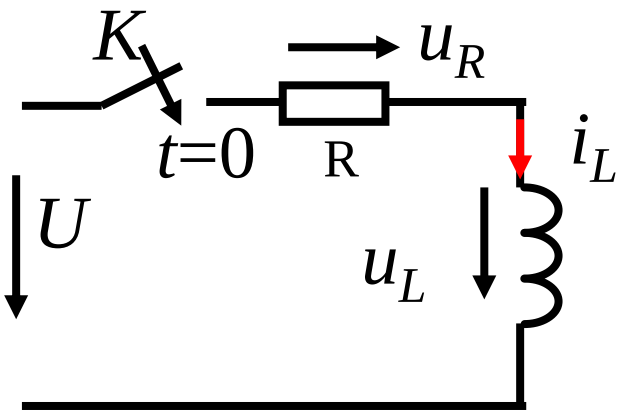




$$i_L=\frac{12}{1+5}=2\text{A}$$

$$u_c=\frac{5}{1+5}\times 12=10\text{V}$$

例



已知：R=1kΩ,

L=1H , U=20 V、

开关闭合前 i_L=0 A

设 t=0 时开关闭合

求：$i_L(0_+)$, $u_L(0_+)$

解：根据电感电流的连续性

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

i_L 不能突变

换路时电压方程：

$$U = i_L(0_+)R + u_L(0_+)$$

仍然满足基尔霍夫定律

u_L 发生了突变

$$u_L(0_+) = 20 - 0 = 20\text{V}$$

◆ 电感的功率和储能

u、 i 取关联参考方向

● 功率

$$p = ui = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\cdot i$$

①当电流增大，$p>0$, 电感吸收功率。

②当电流减小，$p<0$, 电感发出功率。

表明 电感能在一段时间内吸收外部供给的能量转化为磁场能量储存起来，在另一段时间内又把能量释放回电路，因此电感元件是无源元件、是储能元件，它本身不消耗能量。

◆ 电感的储能

$$W_L = \int_{-\infty}^{t} Li\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}\xi}\mathrm{d}\xi = \frac{1}{2}Li^2(\xi)\Big|_{-\infty}^{t}$$

$$= \frac{1}{2}Li^2(t) - \frac{1}{2}Li^2(-\infty)$$

从t_0到 t 电感储能的变化量：

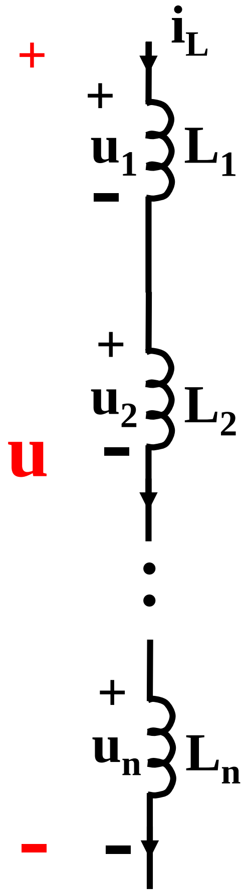
$$W_L = \frac{1}{2}Li^2(t) - \frac{1}{2}Li^2(t_0)$$

◆ 电感元件的串联与并联

1、串联

初始电流

情况一：串联前各电感电流相同



等效电感

$$u=\sum_{k=1}^{n}u_k=\sum_{k=1}^{n}L_k\frac{\mathrm{d}i_{Lk}}{\mathrm{d}t}=\sum_{k=1}^{n}L_k\left(\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}\right)$$

$$L=\sum_{k=1}^{n}L_k$$

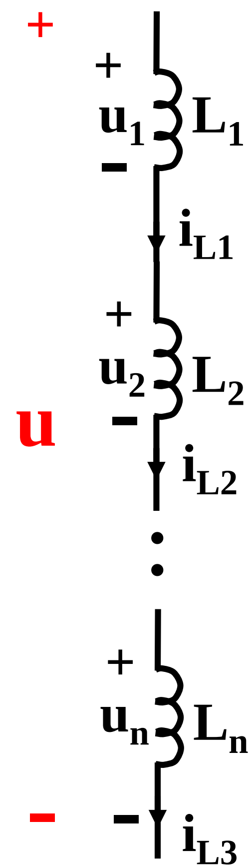
电感的串联和并联

情况二：串联前各电感电流不同

磁链守恒：串联前后，回路中的各电感磁链总和维持不变。

$$\sum_{k=1}^{n} \psi_k(0_+) = \sum_{k=1}^{n} \psi_k(0_-)$$

（n为回路包含电感元件的总数）



2、并联

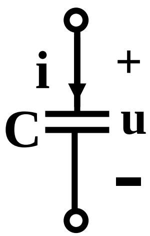
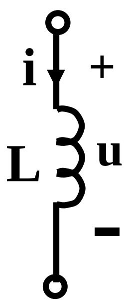
$$i_L = \sum_{k=1}^{n} i_{Lk} = \sum_{k=1}^{n}\left[i_{Lk}(0) + \frac{1}{L_k}\int_0^t u_L(\tau)\,\mathrm{d}\,\tau \right]$$

$$= \sum_{k=1}^{n} i_{Lk}(0) + \left(\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{L_k} \right) \int_0^t u_L(\tau)\,\mathrm{d}\,\tau$$

$$i_L(0) = \sum_{k=1}^{n} i_{Lk}(0) \qquad \frac{1}{L} = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{L_k}$$

动态元件的串联和并联

线性非时变电容和电感主要特性汇总

元件	约束方程	电压-电流关系		连续性	储存的能量
	$q=Cu$	$i(t)=C\dfrac{du(t)}{dt}$	$u(t)=u(0)+\dfrac{1}{C}\int_0^t i(\xi)d\xi$	电压	$e(t)=0.5Cu^2(t)$
	$\psi=Li$	$u(t)=L\dfrac{di(t)}{dt}$	$i(t)=i(0)+\dfrac{1}{L}\int_0^t u(\xi)d\xi$	电流	$e(t)=0.5Li^2(t)$

7.1 概述

7.2 广义函数

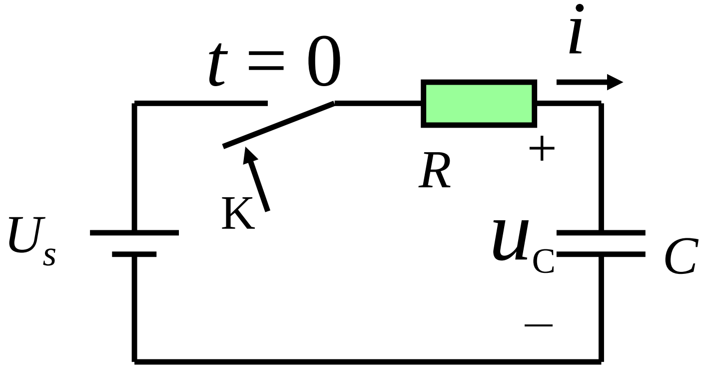
7.3 电容

7.4 电感

7.5 动态电路的暂态分析概述

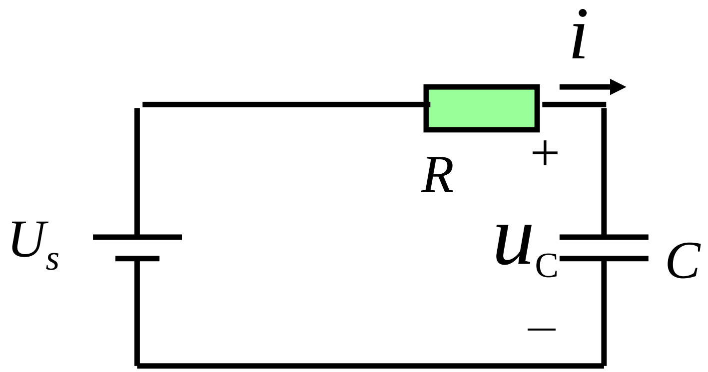
7.6 拓展与应用

◆ **什么是电路的暂态过程?**



K未动作前

$i=0$ ， $u_C=0$



K接通电源后很长时间

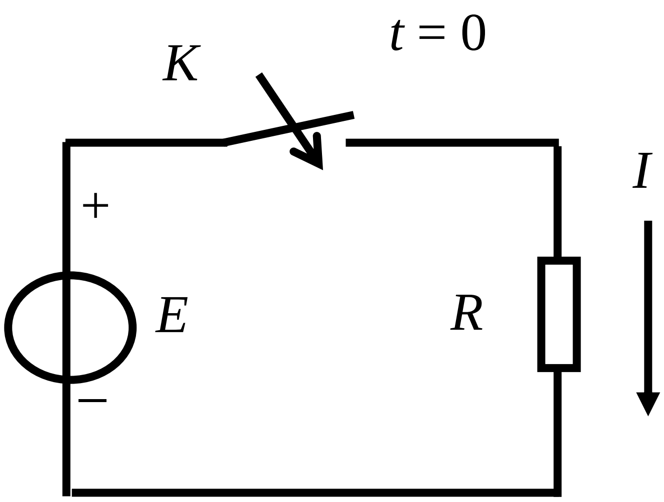
$i=0$ ， $u_C=U_s$

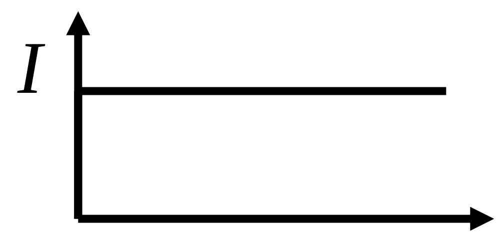
暂态过程：电路由一个稳态过渡到另一个稳态需要经历的过程。

7.5 动态电路的暂态分析概述

◆ **产生暂态过程的电路及原因?**

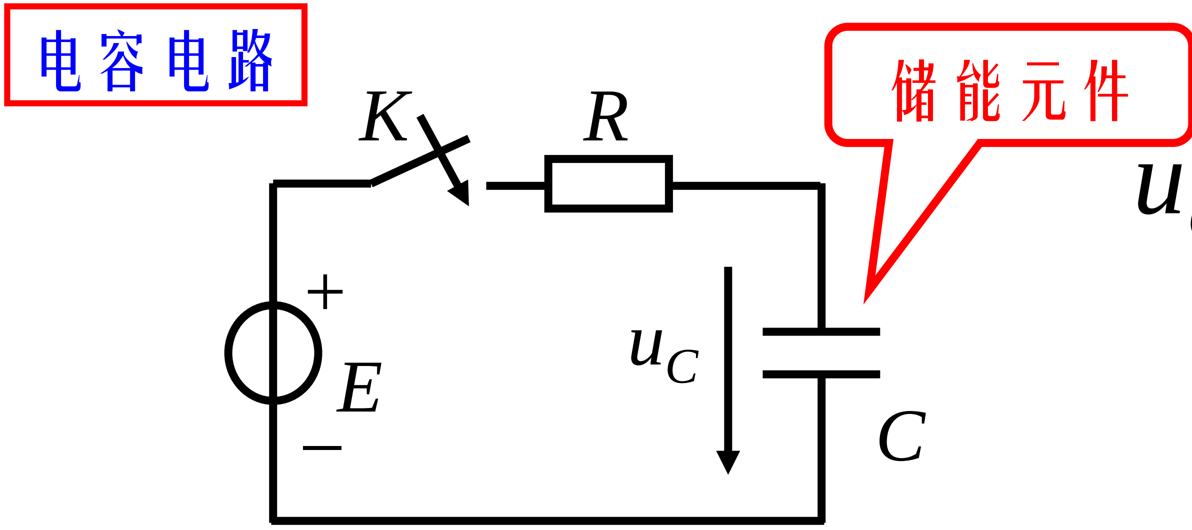
电阻电路

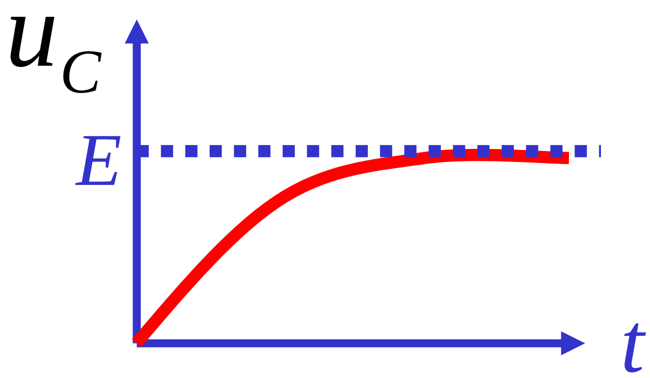




无暂态过程

电阻是耗能元件，其上电流随电压比例变化，没有暂态过程。



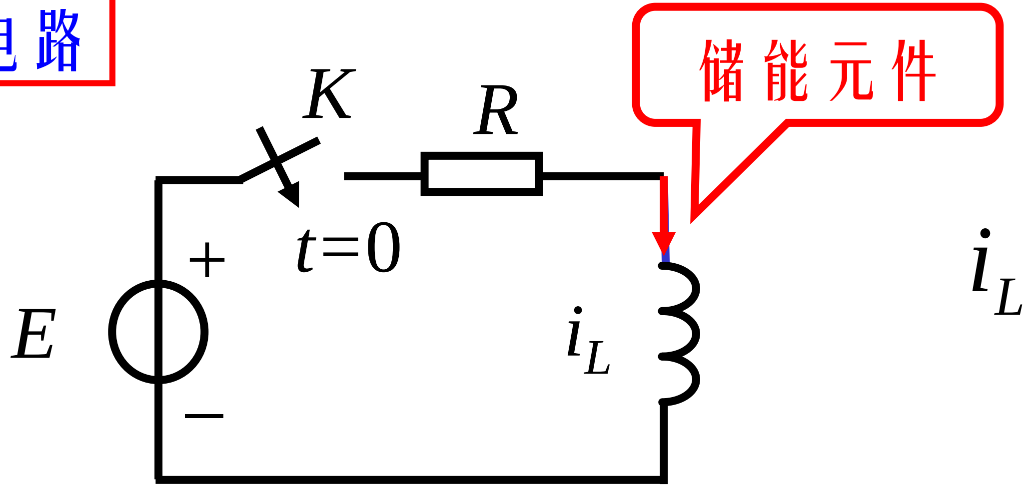


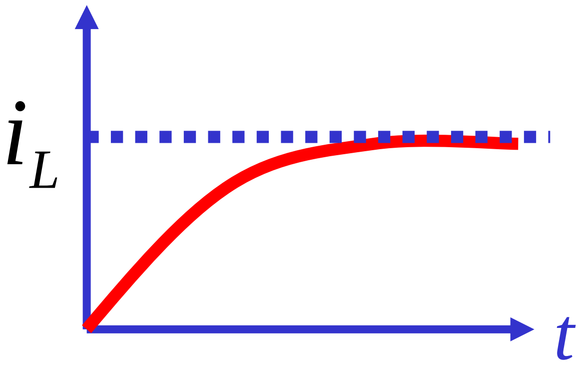
电容为储能元件，它储存的能量为电场能量。

$$W_C = \int_0^t uidt = \frac{1}{2}Cu^2$$

因为能量的存储和释放需要一个过程，所以有电容的电路存在暂态过程。

电感电路





电感为储能元件，它储存的能量为磁场能量

$$W_L = \int_0^t ui\mathrm{d}t = \frac{1}{2}Li^2$$

因为能量的存储和释放需要一个过程，所以有电感的电路存在暂态过程。

7.5 动态电路的暂态分析概述

- ◆ 含储能元件的电路是动态电路。
- ◆ 动态电路在结构、参数或激励发生突变时，响应要经历暂态过程。
- ◆ 电阻性电路没有暂态过程。

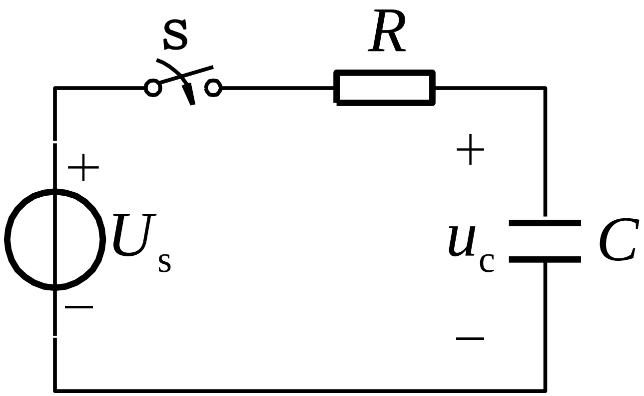
□ 动态电路经典时域分析：

微分方程

初始值

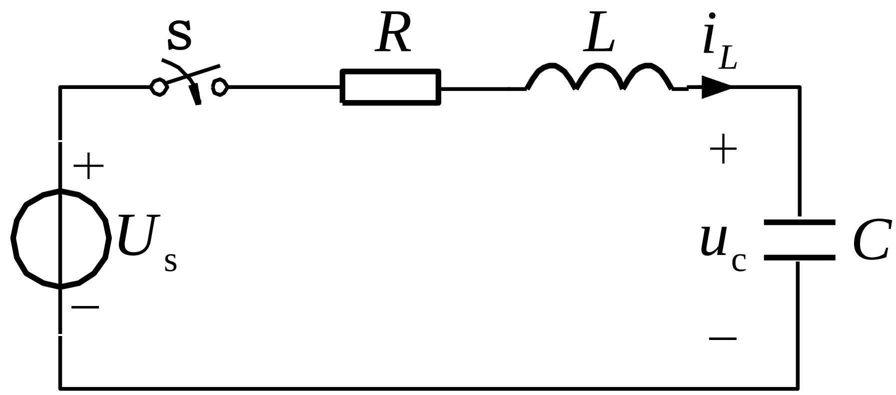
方程解

7.5.1 动态电路的微分方程



$$RC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}+u_C=U_s \qquad t>0$$

- 不同的变量，相同的齐次微分方程！
- 微分方程的阶数＝电路的阶数！
- 电路的阶数＝独立动态元件个数



$$RC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}+L\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t})+u_C=U_s \qquad t>0$$

$$LC\frac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2}+RC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}+u_C=U_s$$

$$Ri_L+L\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}+[u_C(0_+)+\frac{1}{C}\int_{0_+}^{t}i_L\mathrm{d}t]=U_s \quad t>0$$

$$LC\frac{\mathrm{d}^2i_L}{\mathrm{d}t^2}+RC\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}+i_L=0$$

7.5.3 初始值

n阶线性时不变动态电路的微分方程：

$$\frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \ldots a_{n-1} \frac{dy(t)}{dt} + a_n y(t) = f(t)$$

关于激励的函数

◆ 初始条件

电路的原始状态	→	电路的初始状态	→	待求量的初始值
original state		initial state		initial value
$u_C(0_-)$		$u_C(0_+)$		$y(0_+)$
$i_L(0_-)$		$i_L(0_+)$		$y'(0_+)$
				$\cdots$

7.5.4 换路规律

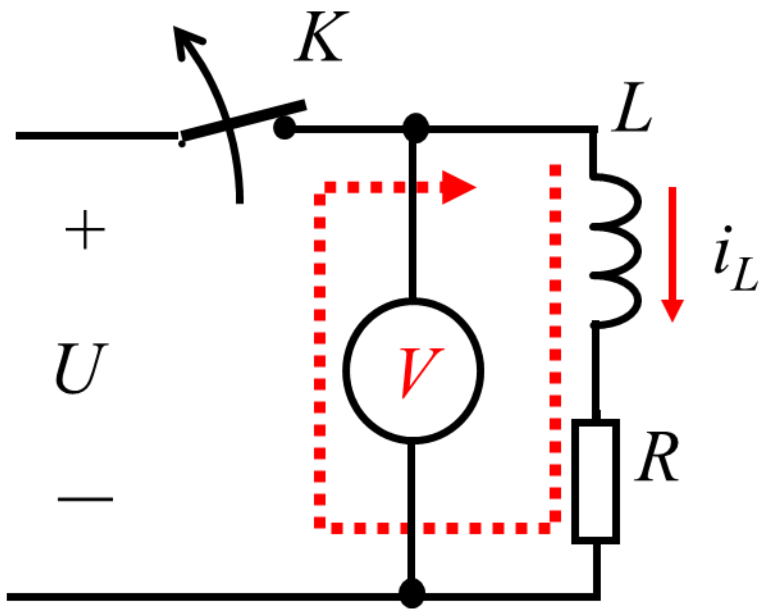
换路规律: 电路从原始状态变换到初始状态所遵循的规律。分为状态连续换路和状态跳变换路。

状态连续换路：在电容上没有冲激电流、电感上没有冲激电压的前提下，

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

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

例



已 知:

$U=20\text{V}$、$R=1\text{k}\Omega$、$L=1\text{H}$

电压表内阻 $R_V=500\,\text{k}\Omega$

设开关 K 在 $t=0$ 时打开。

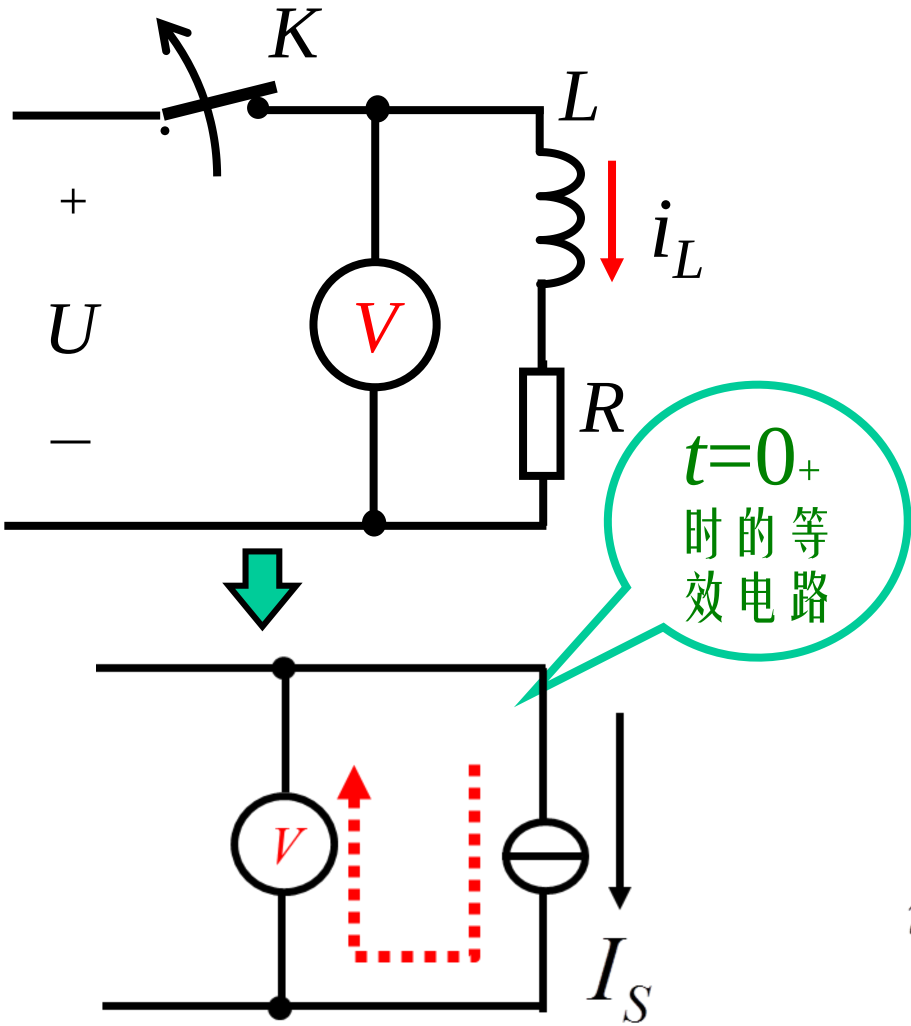
求: K 打开的瞬间,电压表两端的电压。

解: 换路前 $i_L(0_-)=\dfrac{U}{R}=\dfrac{20}{1000}=20\text{mA}$

换路瞬间 $i_L(0_+)=i_L(0_-)=20\text{mA}$

(大小,方向都不变)

7.5.4 换路规律



$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = 20\text{mA}$$

$$u_V(0_+) = i_L(0_+) R_V$$

$$u_V(0_+) = 20*10^{-3}*500*10^3$$

$$= 10000V$$

$$I_S = i_L(0_+) = 20mA$$

7.5.4 换路规律

1. 换路瞬间，u_C、i_L 不能突变。其它电量均可能突变，变不变由计算结果决定；

2. 换路瞬间，$u_C(0_-)=U_0\neq 0$，电容相当于理想电压源，其值等于 U_0； $u_C(0_-)=0$，电容相当于短路；

3. 换路瞬间，$i_L(0_-)=I_0\neq 0$ 电感相当于理想电流源，其值等于 I_0； $i_L(0_-)=0$，电感相当于断路。

谢 谢!