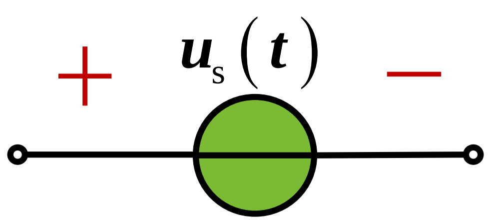
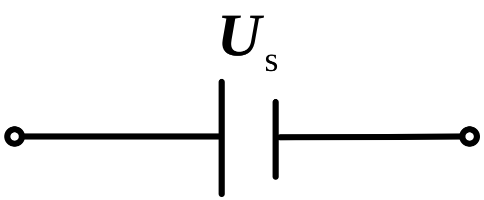
二、独立电源 (Independent Source)

实际电源抽象出来的电路模型，是电路中能独立提供能量的电路元件。独立电源分为〔独立〕电压源和〔独立〕电流源两种。

1. 电压源(Ideal Voltage Source)

端电压既与流经其电流无关，又独立于其他支路的电压和电流。





性质:

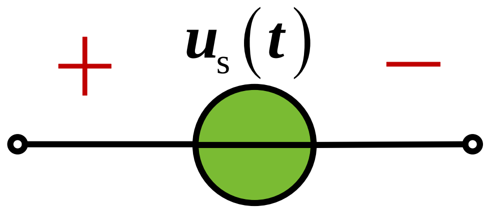
（a）电压源两端电压由它本身决定（定值或特定函数），与外电路无关；

（b）通过电压源的电流由外电路决定，为任意值。（由外电路和电压源共同决定）

§ 1.3 二端元件

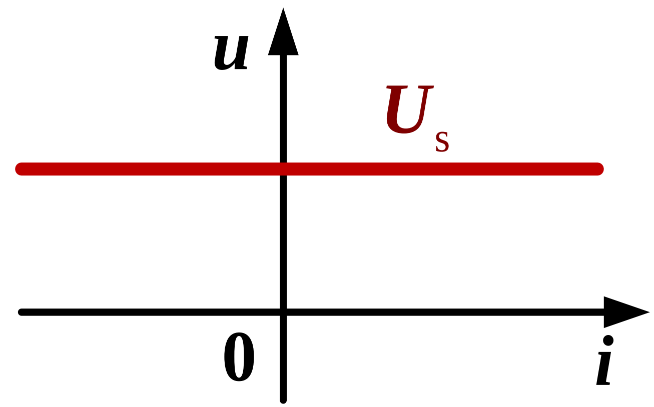
二、独立电源 (Independent Source)

1. 电压源(Ideal Voltage Source)



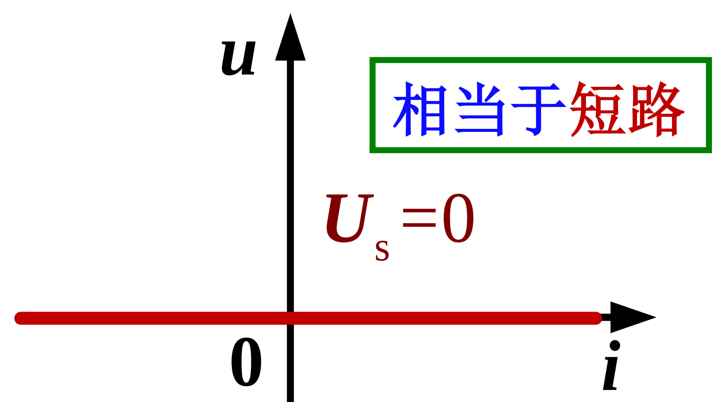
伏安关系：

（a）若$u_s(t)=U_s$　　直流电压源



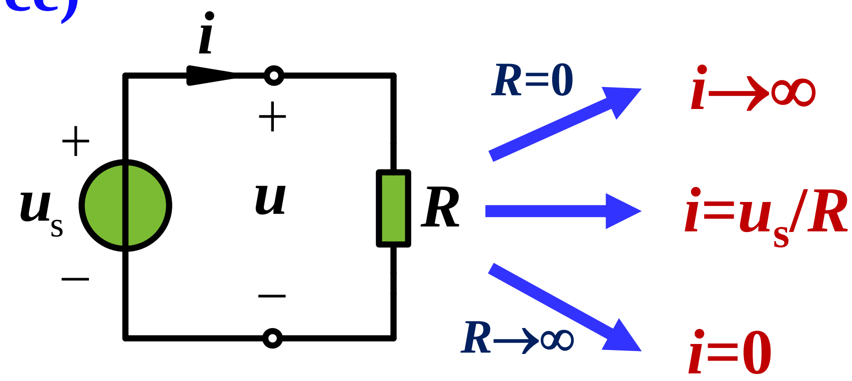
（b）若$u_s(t)=0V$　　零值电压源

(相当于短路状态)



二、独立电源 (Independent Source)

1. 电压源(Ideal Voltage Source)



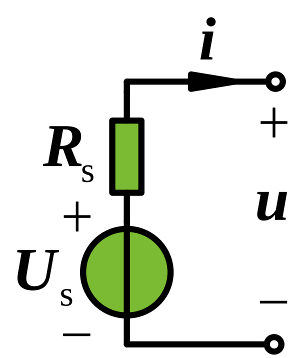
电压源的开路和短路：

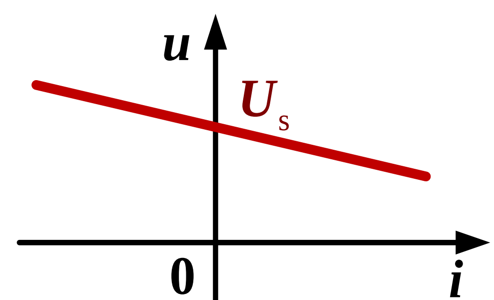
（a）开路：$R\to\infty$

$i=0$，$u=u_s$

（b）理想电压源不允许短路（此时电路模型不再存在）

实际电压源模型





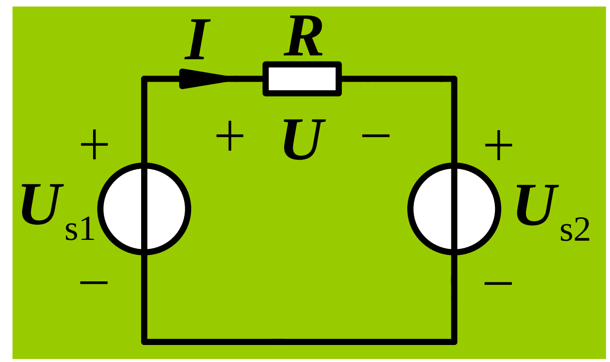
$$u = U_s - R_s i$$

二、独立电源 (Independent Source)

1. 电压源(Ideal Voltage Source)

【例】 如图所示电路中，$U_{s1}=10\text{V}$, $U_{s2}=5\text{V}$, $R=5\Omega$

求各元件的功率。



$$U+5-10=0$$

$$U=5I \longrightarrow I=1(\text{A})$$

电压源 U_{s1} 发出的功率为 $P_{s1}=U_{s1}I=10\times1=10(\text{W})$

电压源 U_{s2} 发出的功率为 $P_{s2}=-U_{s2}I=-5\times1=-5(\text{W})$

电阻 R 消耗的功率为 $P_{R}=RI^2=5\times1^2=5(\text{W})$

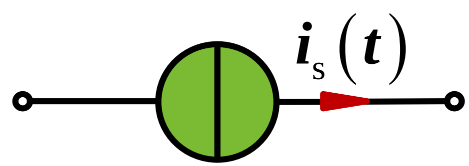
★ 功率守恒：$P_{s1}+P_{s2}=P_{R}$

二、独立电源 (Independent Source)

实际电源抽象出来的电路模型，是电路中能独立提供能量的电路元件。独立电源分为〔独立〕电压源和〔独立〕电流源两种。

2. 电流源(Ideal Current Source)

流经电流既与其端电压无关，又独立于其他支路的电压和电流。



性质：

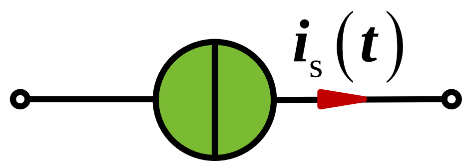
（a）电流源的电流由它本身决定（定值或特定函数），与外电路无关；

（b）电流源的两端电压由外电路决定，为任意值。

（由外电路和电流源共同决定）

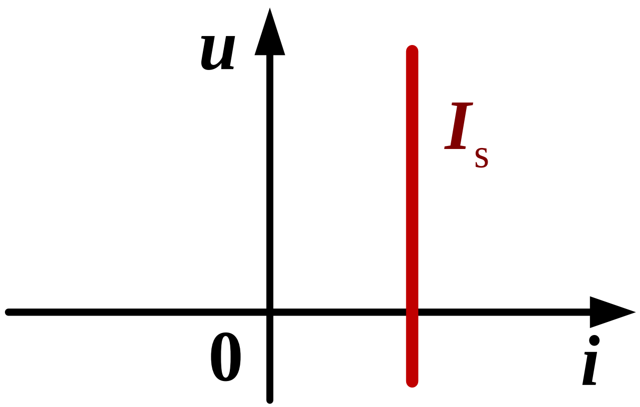
二、独立电源 (Independent Source)

2. 电流源(Ideal Current Source)



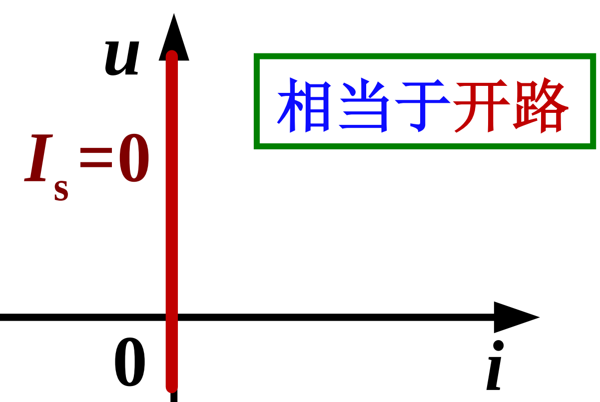
伏安关系:

（a）若$i_s(t)=I_s$　　直流电流源



（b）若$i_s(t)=0\mathrm{A}$　　零值电流源

(相当于开路状态)

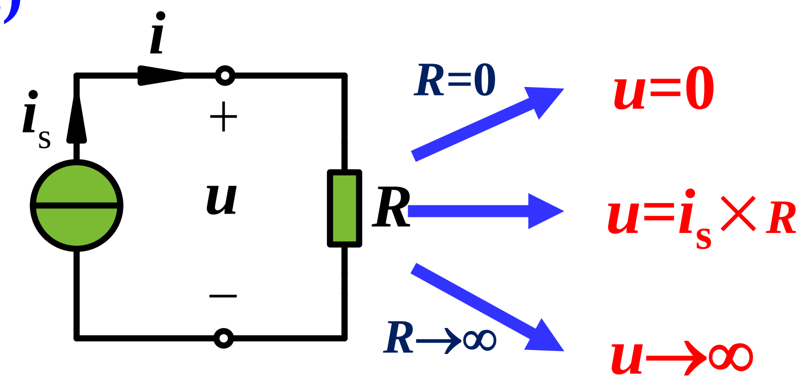


§ 1.3 二端元件

二、独立电源 (Independent Source)

2. 电流源(Ideal Current Source)

电流源的开路和短路：

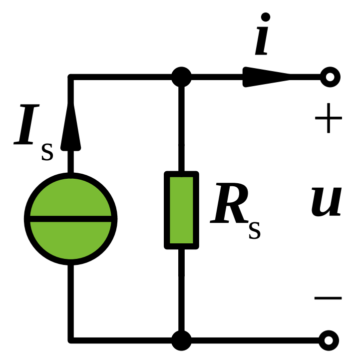


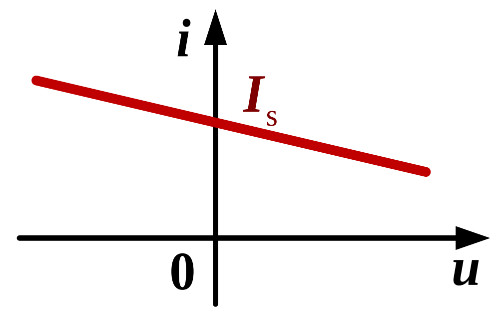
（a）短路：R=0

u=0，i=i_s

（b）理想电流源不允许开路（此时电路模型不再存在）

实际电流源模型



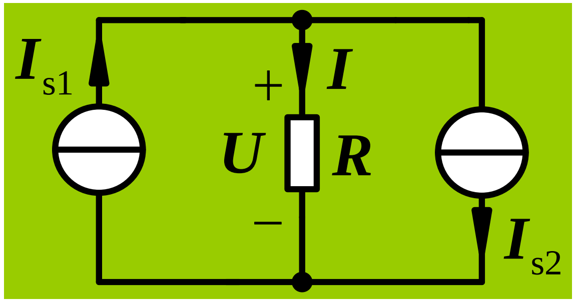


$$i = I_s - u/R_s$$

二、独立电源 (Independent Source)

2. 电流源(Ideal Current Source)

【例】 如图所示电路中，$I_{s1}=10\text{A}$ ，$I_{s2}=5\text{A}$ ，$R=2\Omega$ 求各元件的功率。



解： $I-I_{s1}+I_{s2}=0$

$\longrightarrow I=5(\text{A})$

$U=RI=2\times5=10(\text{V})$

则电阻消耗的功率为 $P_R=UI=10\times5=50(\text{W})$

电流源 I_{s1}发出的功率为 $P_{s1}=UI_{s1}=10\times10=100(\text{W})$

电流源 I_{s2}发出的功率为 $P_{s2}=-UI_{s2}=-10\times5=-50(\text{W})$

★ 功率守恒： $P_{s1}+P_{s2}=P_R$

三、电容 (Capacitance)

“莱顿瓶” (Leyden jar)

1746年，荷兰物理学家彼得·范·穆森布鲁克，在荷兰莱顿城莱顿大学做了一个水瓶存储静电的实验。

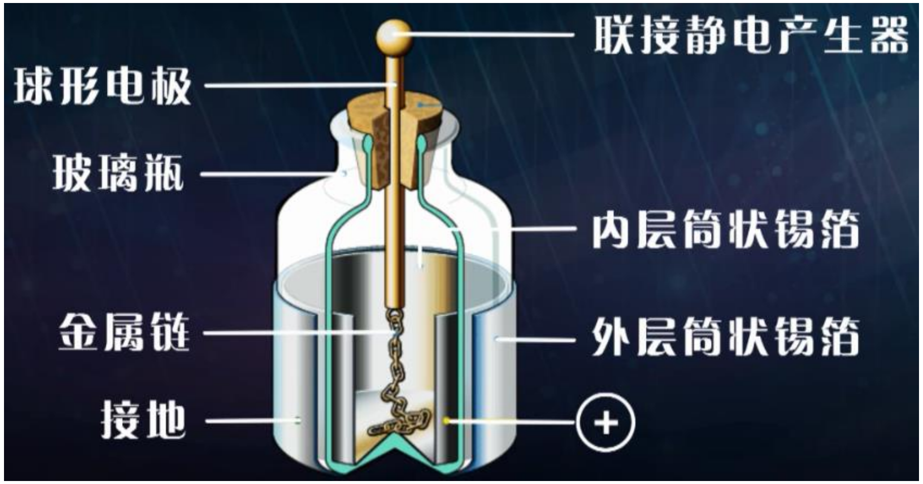
彼得·范·穆森布鲁克
(Pieter van Musschenbroek)
荷兰科学家
(1692-1761)

§ 1.3 二端元件

三、电容 (Capacitance)

“莱顿瓶” (Leyden jar)

1746年，荷兰物理学家彼得·范·穆森布鲁克，在荷兰莱顿城莱顿大学做了一个水瓶存储静电的实验。



【1】荷兰莱顿市布尔哈夫博物馆馆藏的“莱顿瓶”

三、电容 (Capacitance)

“莱顿瓶” (Leyden jar)

1746年，荷兰物理学家彼得·范·穆森布鲁克，在荷兰莱顿城莱顿大学做了一个水瓶存储静电的实验。

1748年，法国神父诺莱特，在巴黎圣母院广场为法国国王“路易十五”及王公大臣表演了一场震惊世界的魔术。

三、电容 (Capacitance)

“莱顿瓶” (Leyden jar)

1746年，荷兰物理学家**彼得·范·穆森布鲁克**，在荷兰莱顿城莱顿大学做了一个水瓶存储静电的实验。

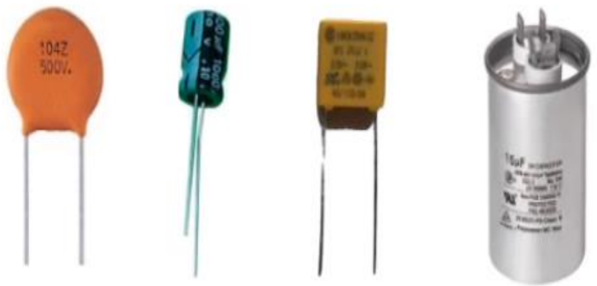
1748年，法国神父诺莱特，在巴黎圣母院广场为法国国王“路易十五”及王公大臣表演了一场震惊世界的魔术。

作为**原始形式的电容器**，莱顿瓶曾被用来作为电学实验的供电来源，也是电学研究的重大基础。莱顿瓶的发明，标志着对电的本质和特性进行研究的开始。

还记得那个用风筝引电的富兰克林吗？他在用风筝引电之前，还做了一个伟大的实验，就是使用莱顿瓶发现了电荷守恒定律。

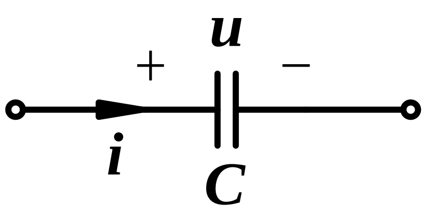
§ 1.3 二端元件

三、电容 (Capacitance)

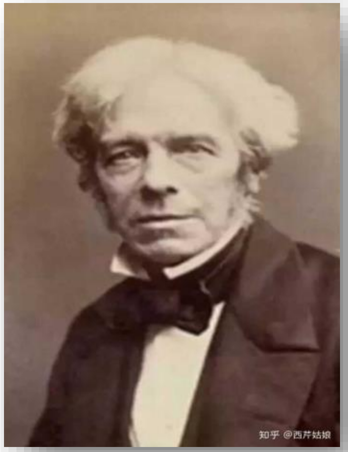


定义：

任何一个二端元件，在任一时刻 t，它所存储的电荷 q 与其端电压 u 之间的关系可用代数关系表示。



$$q(t) = Cu(t)$$



迈克尔·法拉第
(Michael Faraday)
英国物理学家、化学家
（1791-1867）

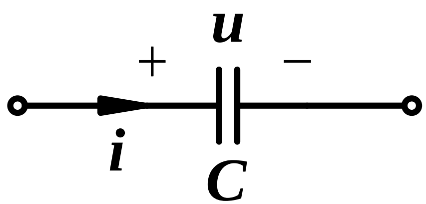
单位：法（拉）

F　μF　pF

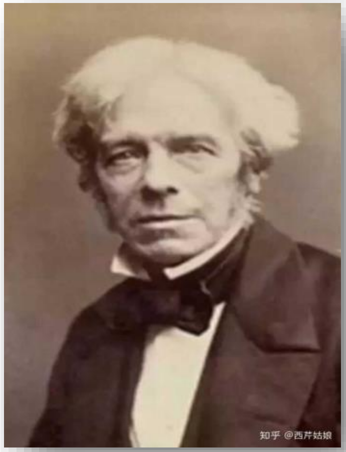
$$1\mu F = 10^{-6} F$$

$$1pF = 10^{-12} F$$

三、电容 (Capacitance)



$$q(t)=Cu(t)$$



迈克尔·法拉第
(Michael Faraday)
英国物理学家、化学家
（1791-1867）

两边对t求导：$\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}=C\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$

电容VAR： $i=C\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$ 或 $u(t)=\dfrac{1}{C}\int_{-\infty}^{t}i(\tau)\mathrm{d}\tau$

$$u_{\mathrm{C}}(t)=\frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t}i_{\mathrm{C}}(\tau)\mathrm{d}\tau=\frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t_0}i_{\mathrm{C}}(\tau)\mathrm{d}\tau+\frac{1}{C}\int_{t_0}^{t}i_{\mathrm{C}}(\tau)\mathrm{d}\tau$$

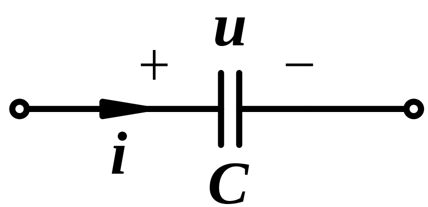
★记忆元件

$$=u_{\mathrm{C}}(t_0)+\frac{1}{C}\int_{t_0}^{t}i_{\mathrm{C}}(\tau)\mathrm{d}\tau$$

$u_{\mathrm{C}}(t_0)$： 初始电压

反映电容初始时刻的储能状态

三、电容 (Capacitance)



$$q(t)=Cu(t)$$

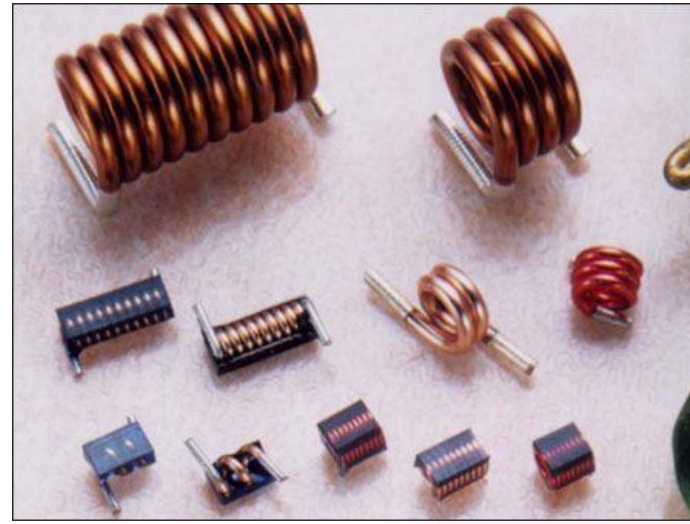
设在 t_0 到 t 区间给电容充电，则此时间区间电容增加的能量为

$$\mathrm{W}_C(t)=\int_{t_0}^{t}p(\tau)\mathrm{d}\tau=\int_{t_0}^{t}u(\tau)\cdot i(\tau)\mathrm{d}\tau=C\int_{t_0}^{t}u(\tau)\cdot\frac{\mathrm{d}u(\tau)}{\mathrm{d}\tau}\mathrm{d}\tau$$

$$=C\int_{u(t_0)}^{u(\tau)}u(\tau)\mathrm{d}u(\tau)=\frac{1}{2}C\left[u^2(t)-u^2(t_0)\right]$$

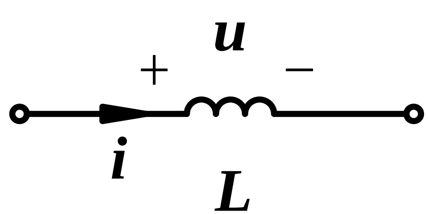
则 t 时刻电容的储能为 $$\mathrm{W}_C(t)=\frac{1}{2}Cu^2(t)$$ ★ 储能元件

四、电感 (Inductance)



定义：

任何一个二端元件，在任一时刻 t，它所存储的其电流 i 与磁链 Ψ 之间的关系可用代数关系表示。



$$\Psi(t) = Li(t)$$

亨利
(Henry)
美国物理学家
(1797-1878)

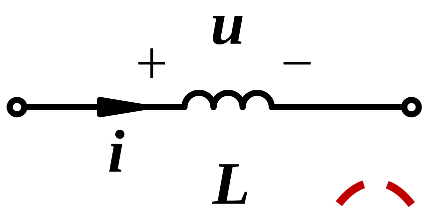
单位： 亨（利）

H　mH　μH

$1\text{H}=10^3\ \text{mH}$

$1\text{mH}=10^3\mu\text{H}$

四、电感 (Inductance)



$$\Psi(t) = Li(t)$$

亨利

(Henry)

美国物理学家

（1797-1878）

两边对 t 求导：$\dfrac{\mathrm{d}\Psi}{\mathrm{d}t} = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$

电感VAR： $u = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ 或 $i(t) = \dfrac{1}{L}\displaystyle\int_{-\infty}^{t} u(\tau)\mathrm{d}\tau$

$$i_{\mathrm{L}}(t) = \frac{1}{L}\int_{-\infty}^{t} u_{\mathrm{L}}(\tau)\mathrm{d}\tau = \frac{1}{L}\int_{-\infty}^{t_0} u_{\mathrm{L}}(\tau)\mathrm{d}\tau + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u_{\mathrm{L}}(\tau)\mathrm{d}\tau$$

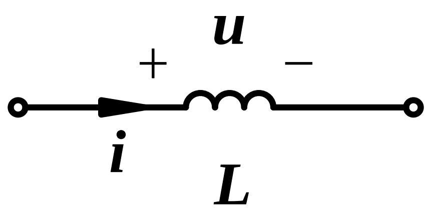
★ 记忆元件

$$= i_{\mathrm{L}}(t_0) + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u_{\mathrm{L}}(\tau)\mathrm{d}\tau$$

$i_{\mathrm{L}}(t_0)$： 初始电流

反映电感初始时刻的储能状态

四、电感 (Inductance)



$$\Psi(t) = Li(t)$$

设在 t_0 到 t 区间给电感充磁，则此时间区间电感增加的能量为

$$W_L(t) = \int_{t_0}^{t} p(\tau)\mathrm{d}\tau = \int_{t_0}^{t} u(\tau)\cdot i(\tau)\mathrm{d}\tau = L\int_{t_0}^{t} i(\tau)\cdot\frac{\mathrm{d}i(\tau)}{\mathrm{d}\tau}\mathrm{d}\tau$$

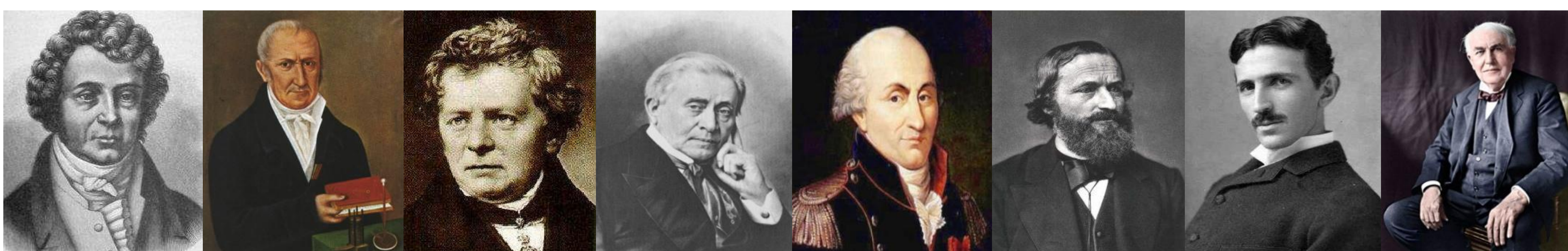
$$= L\int_{i(t_0)}^{i(\tau)} i(\tau)\mathrm{d}i(\tau) = \frac{1}{2}L\left[i^2(t) - i^2(t_0)\right]$$

则 t 时刻电感的储能为 $W_L(t) = \frac{1}{2}Li^2(t)$ ★ 储能元件

电 路 理 论
Principles of Electric Circuits

第一章　电路模型及其基本规律

§1.4 受控源

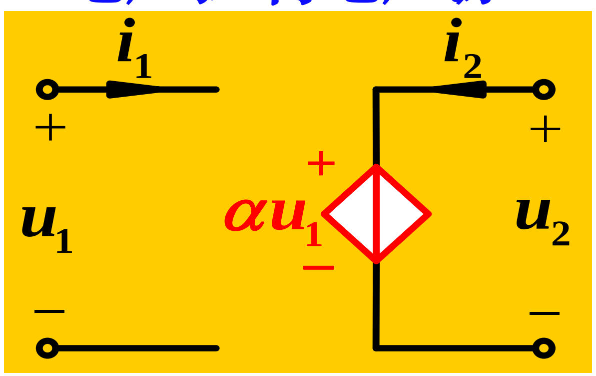


五、受控源 (Dependent Source)

电压源电压或**电流源电流**不是给定的时间函数，而是受电路中某个支路（或元件）的**电压（或电流）的控制**。

四种基本类型

电压控制电压源

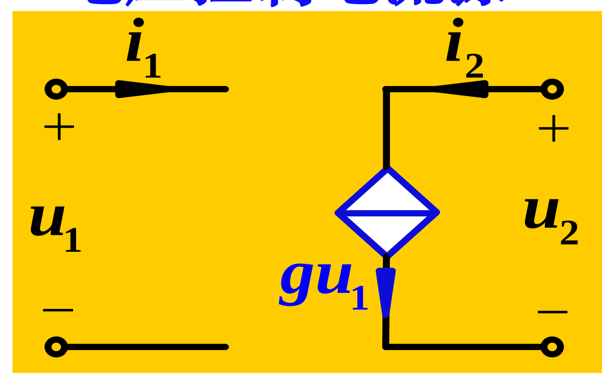


VCVS

$$\begin{cases} i_1 = 0 \\ u_2 = \alpha u_1 \end{cases}$$

电压传输比

电压控制电流源



VCCS

$$\begin{cases} i_1 = 0 \\ i_2 = g u_1 \end{cases}$$

传输电导

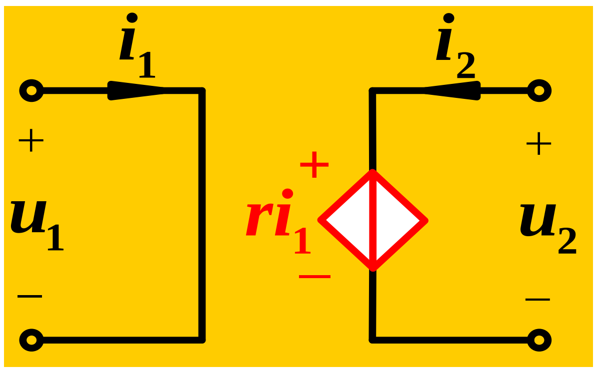
§ 1.4 受控源

五、受控源 (Dependent Source)

电压源电压或电流源电流不是给定的时间函数，而是受电路中某个支路（或元件）的电压（或电流）的控制。

四种基本类型

电流控制电压源

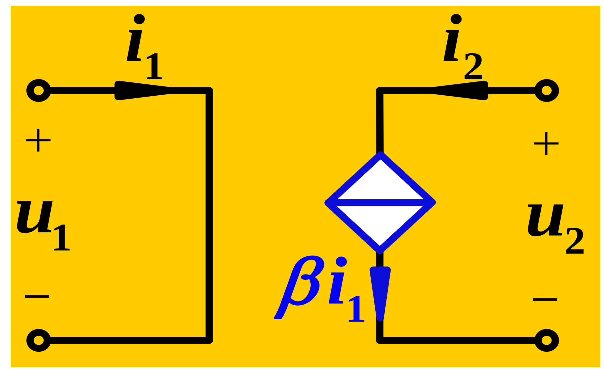


CCVS

$$\begin{cases} u_1 = 0 \\ u_2 = ri_1 \end{cases}$$

传输电阻

电流控制电流源



CCCS

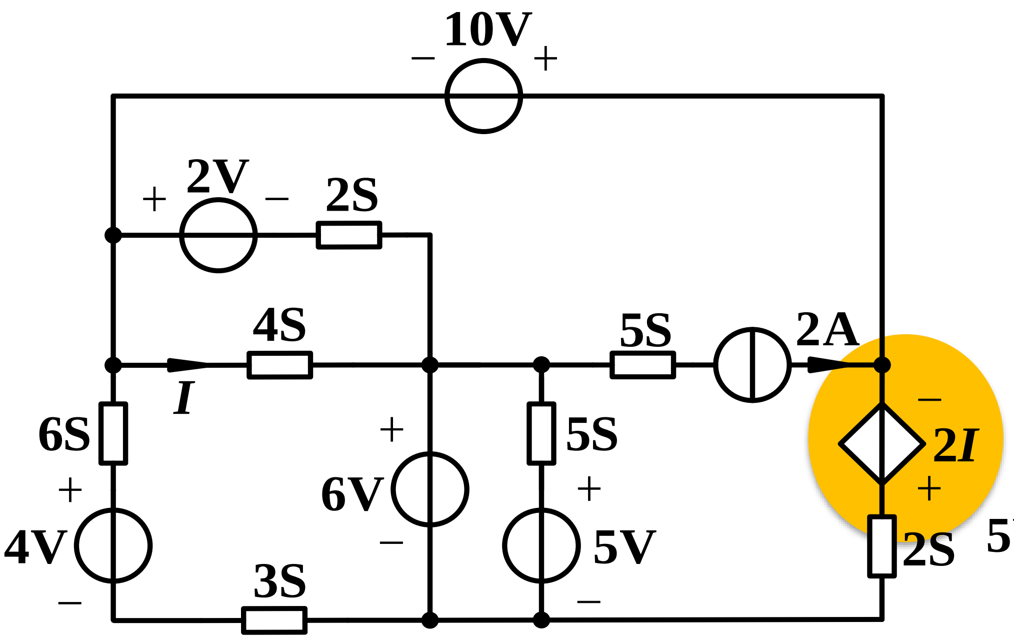
$$\begin{cases} u_1 = 0 \\ i_2 = \beta i_1 \end{cases}$$

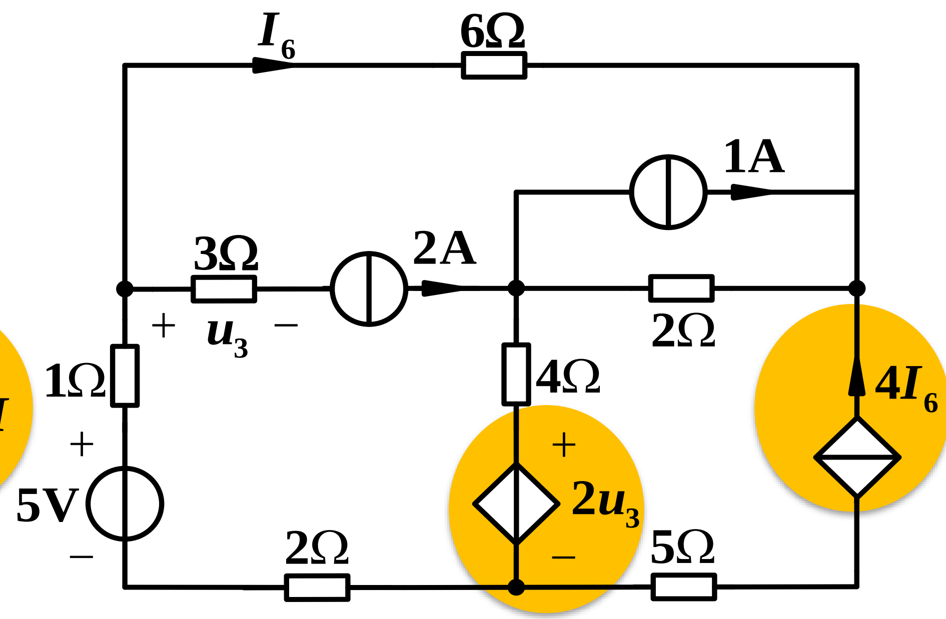
电流传输比

五、受控源 (Dependent Source)

电压源电压或电流源电流不是给定的时间函数，而是受电路中某个支路（或元件）的电压（或电流）的控制。

★ 具体电路中的受控源





五、受控源 (Dependent Source)

电压源电压或电流源电流不是给定的时间函数，而是受电路中某个支路（或元件）的电压（或电流）的控制。

★ 受控源的特点

(1) 独立源电压(或电流)由电源本身决定，而受控源电压(或电流)直接由控制量决定。

(2) 独立源作为电路中“激励”，在电路中产生电压、电流，而受控源在电路中不能作为“激励”。

(3) 受控源是有源元件，在电路中可能发出功率，也可能吸收功率。

(4) 受控源属于线性电阻元件。