

# 第一章 电路基本概念与基本定律

## 1.1 电路与电路模型

## 1.2 电路分析常用基本变量

## 1.3 基尔霍夫定律

## 1.4 电阻元件及欧姆定律

## 1.5 独立电源元件

## 1.6 受控电源

## 1.7 简单电路分析

## 本章要点

# 1.1 电路和电路模型

## 1、电 路

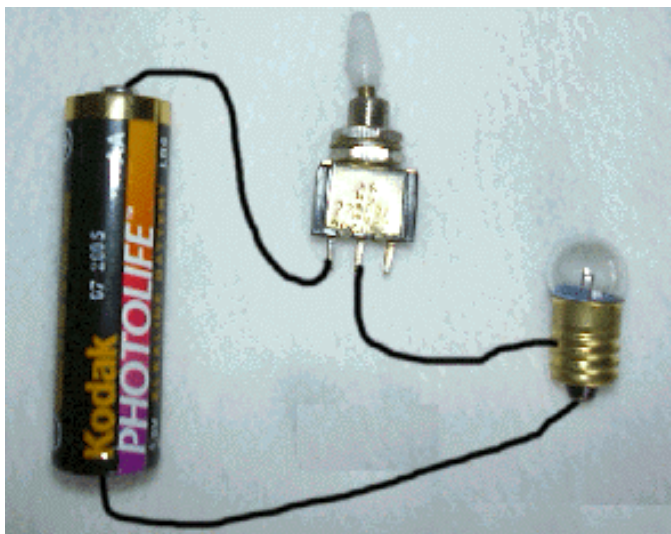
### 例1 手电筒电路

见图1—1

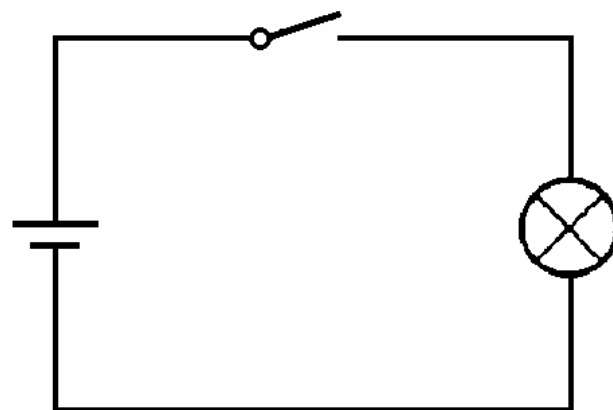
### • 例2 晶体管放大电路

见图1—2

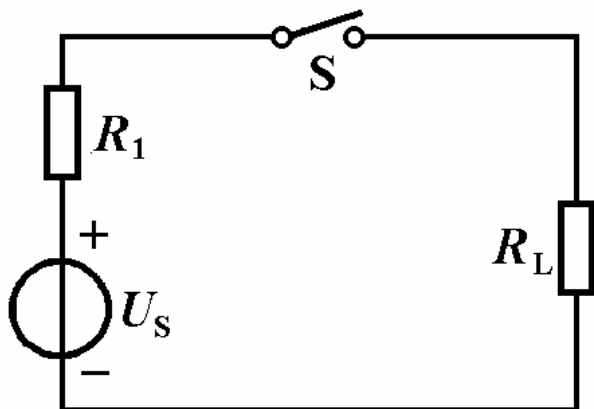
## 常用电路图来表示电路模型



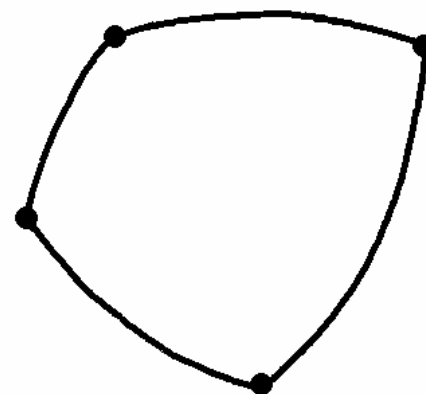
灯泡



(b)



(c)



(d)

图1—1 手电筒电路

(a) 实际电路

(b) 电原理图

(c) 电路模型

(d) 拓扑结构图

结束

开始

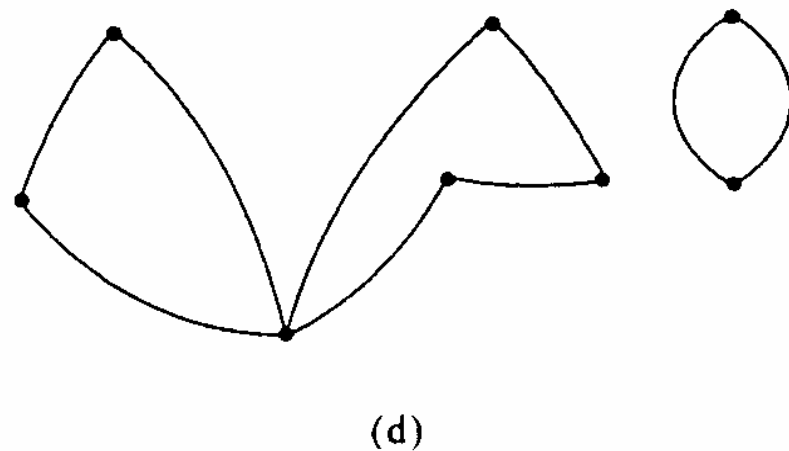
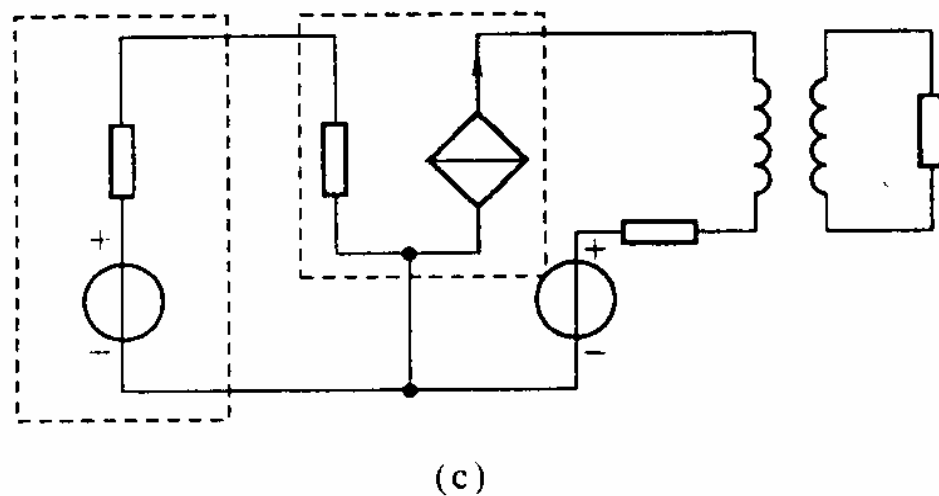
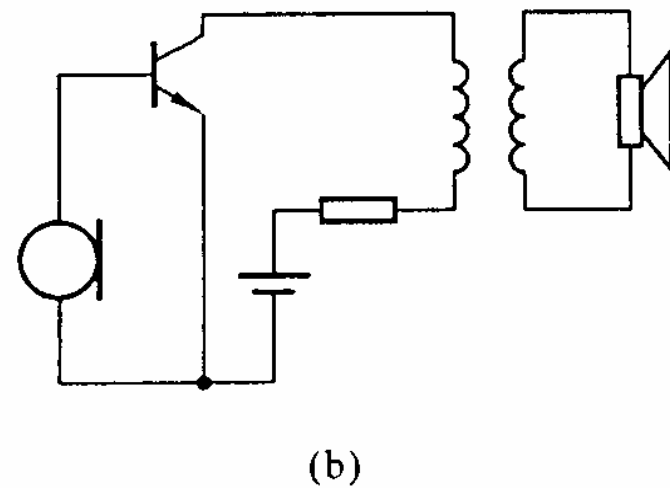
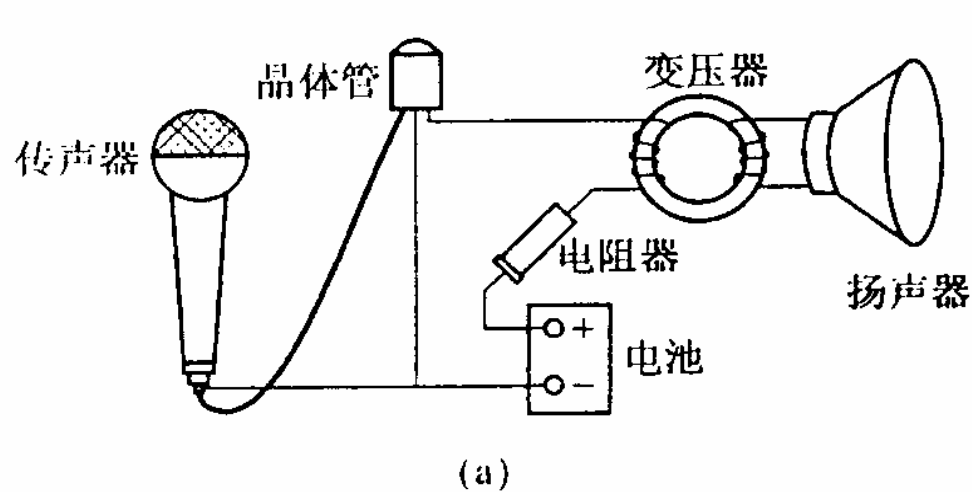


图1-2 晶体管放大电路

(a) 实际电路

(b) 电原理图

(c) 电路模型

(d) 拓扑结构图 4

结束

开始

# 电路的定义：

电器元件或设备按一定方式连接而构成的集合。

## 电路的作用：

**(1) 能量转换：**实现电能传送、转换等。例如，供电电路；

**(2) 信号处理：**实现电信号产生、加工、传输、变换等。例如，放大器电路、电话线路等。

## 2、电路分类：

线性  
非线性

激励与响应满足叠加性和齐次性的电路。

时变  
时不变

电路元件参数不随时间变化。

集中参数  
分布参数

电路几何尺寸远小于最小工作波长的电路。

$C=3 \times 10^8 \text{m/s}$

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

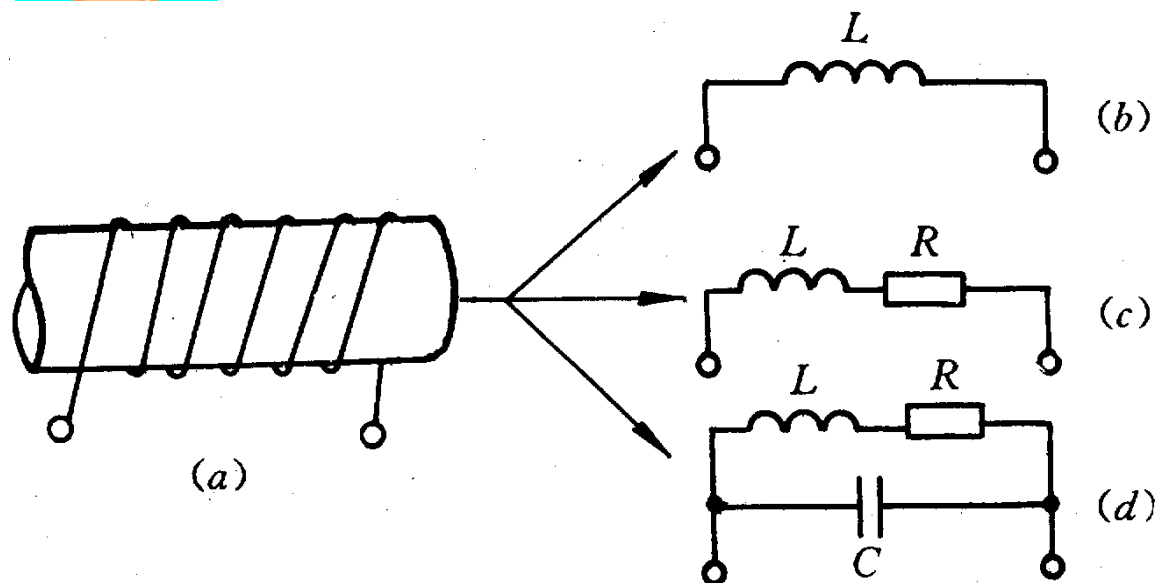
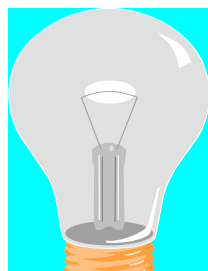
f(Hz)	50	25k	500M	30G
$\lambda(\text{m})$	$6 \times 10^6$	12k	0.6	0.01

静态  
动态

含有动态元件的电路。

### 3、电路模型

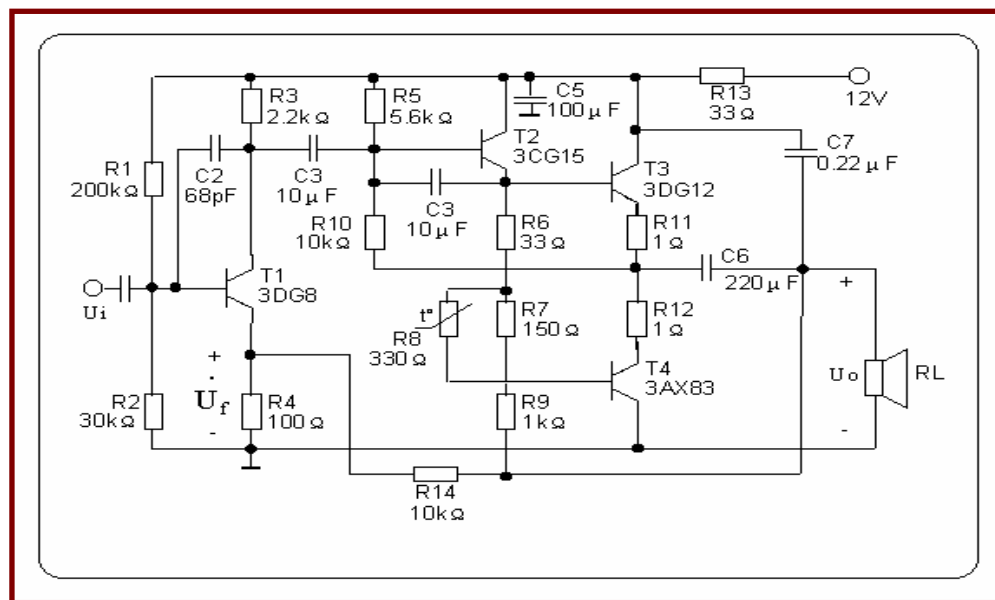
❖ 理想元件：（模型元件）



(b)—通常情况；(c)—在较低频率下；(d)---在较高频率下(考虑导体表面的电荷作用)

❖ 电路模型：理想元件组成的电路。

❖ 电路图：电路模型画在一个平面上所形成的图形。





带电质点的  
定向运动

## 1.2 电路分析常用基本变量

电 流  
电 压

电 荷  
磁 通

功 率  
能 量

电场力把单位正电荷从一点移向另一点所做的功



### 1. 电流及参考方向 (current reference direction)

Andre-Marie Ampere (1775-1836) 安培

定义

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

结束

开始

## ● 单位

A (安培)、kA、  
mA、 $\mu\text{A}$

$$1\text{kA}=10^3\text{A}$$

$$1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$$

## ● 方向

规定正电荷的运动方向为电流的实际方向

元件(导线)中电流流动的实际方向只有两种可能:



## 问题

复杂电路或电路中的电流随时间变化时,  
电流的实际方向往往很难事先判断



## ● 参考方向

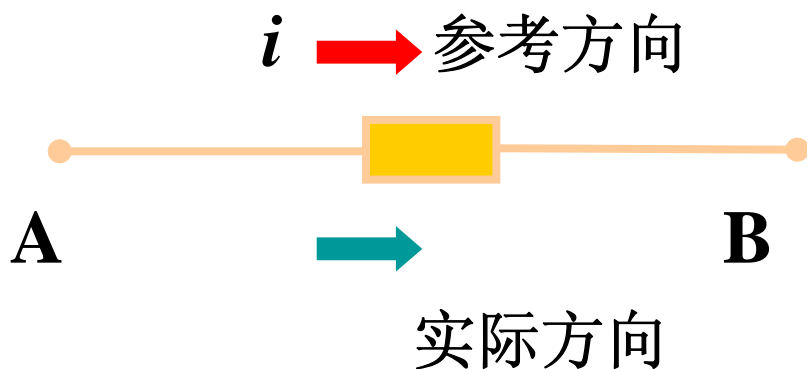
任意假定一个正电荷运动的方向即为电流的参考方向。

电流(代数量)

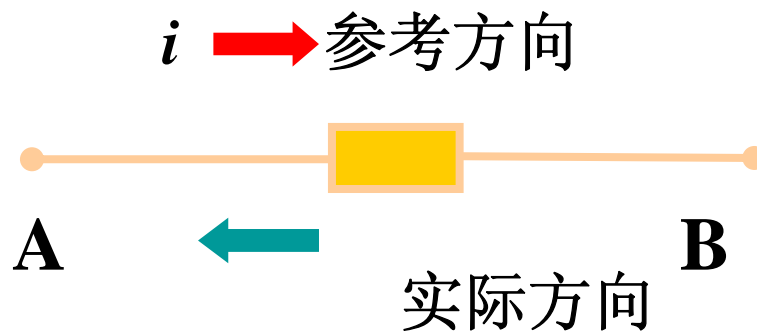
{ 大小  
方向



电流的参考方向与实际方向的关系:



$$i > 0$$



$$i < 0$$



## 电流参考方向的两种表示：

- 用箭头表示：箭头的指向为电流的参考方向。
- 用双下标表示：如 $i_{AB}$ ，电流的参考方向由A指向B。

## 2. 电压及参考方向 (voltage reference direction)

● 电位  $U_A$  → 单位正电荷  $q$  从电路中一点 A 移至参考

点 O ( $U_O = 0$ ) 时电场力做功的大小

● 电压  $U$  → 单位正电荷  $q$  从电路中一点 A 移至另一点 B 时电场力做功 ( $W$ ) 的大小

$$U_{AB} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dW}{dq}$$



Alessandro Antonio Volta (1745-1827)

伏特

● 实际电压方向 → 电位真正降低的方向

● 单位: V (伏)、kV、mV、 $\mu$ V



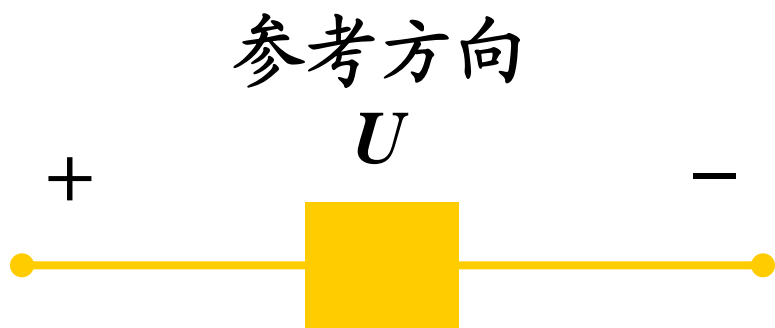
## 问题

复杂电路或交变电路中，两点间电压的实际方向往往不易判别，给实际电路问题的分析计算带来困难。

### ● 电压(降)的参考方向



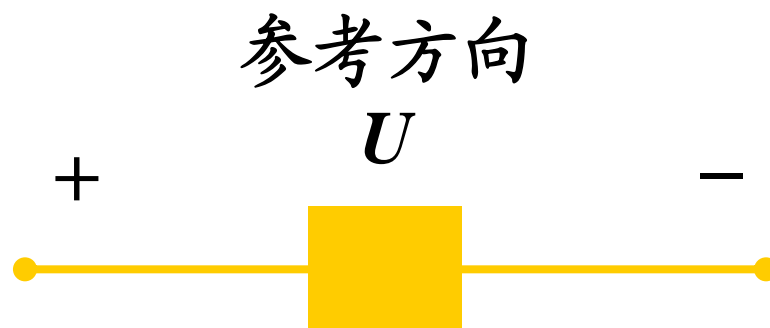
假设的电压降低方向



实际方向

— —

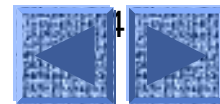
$$U > 0$$



实际方向

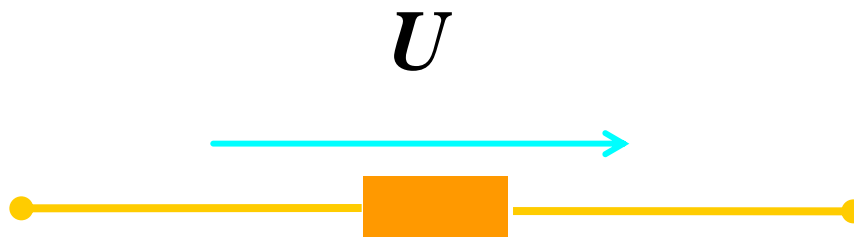
— —

$$U < 0$$



# 电压参考方向的三种表示方式:

## (1) 用箭头表示



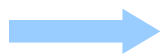
## (2) 用正负极性表示



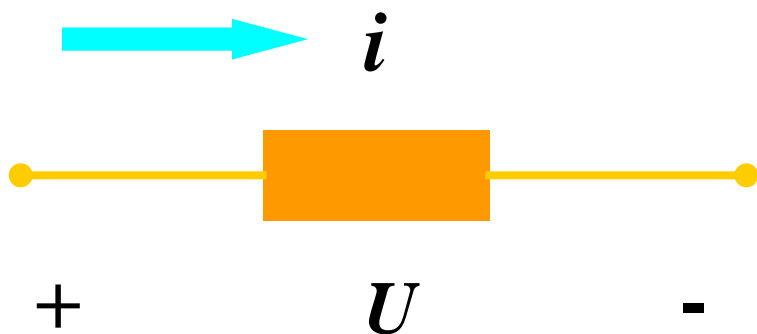
## (3) 用双下标表示



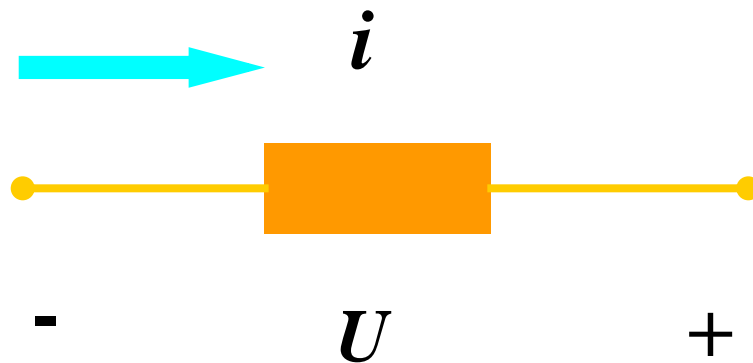
### 3. 关联参考方向



元件或支路的 $u$ ,  $i$ 采用相同的参考方向称之为**关联参考方向**。反之, 称为**非关联参考方向**。



关联参考方向

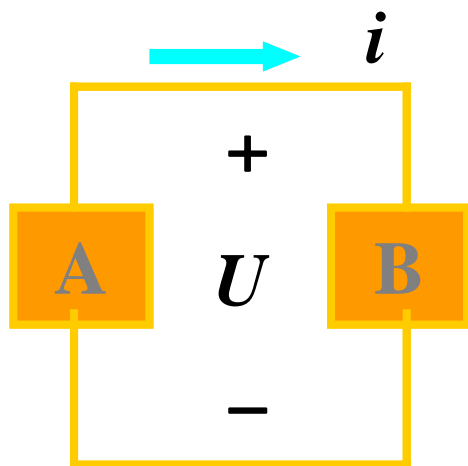


非关联参考方向





## 例



电压电流参考方向如图中所标，问：对A、B两部分电路电压电流参考方向关联否？

答： A 电压、电流参考方向非关联；  
B 电压、电流参考方向关联。

## 注

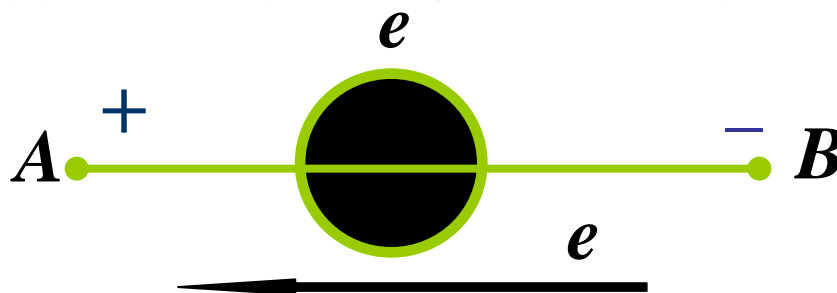
- (1) 分析电路前必须选定电压和电流的参考方向。
- (2) 参考方向一经选定，必须在图中相应位置标注（包括方向和符号），在计算过程中不得任意改变。
- (3) 参考方向不同时，其表达式相差一负号，但实际方向不变。



## 补充：电动势 (electromotive force)

### ● 电动势 $e$

电源内部的非静电力对正电荷做功，使其从负极移到正极时形成的电位差，即电源两端的电动势是电源负极到正极的电位升。



### ● 电动势与电压

电动势和电压是性质截然不同的两个概念。电动势描述的是电源内部性质的物理量，表示电源负极到正极的电位升，干电池的电动势永远为正值。而电压则是指电路元件(包括电源)上的电位降，可能是正值，也可能是负值。

● 单位：V (伏)、kV、mV、 $\mu$ V



## 4. 电路元件的功率 (power)

### ◆ 电功率

单位时间内电场力所做的功。

$$p = \frac{dw}{dt}$$

$$u = \frac{dw}{dq}$$

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = ui$$

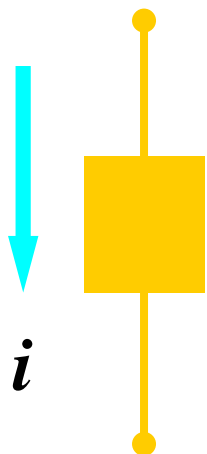
功率的单位: W (瓦) (Watt, 瓦特)

能量的单位: J (焦) (Joule, 焦耳)



## ◆ 电路吸收或发出功率的判断

### ● $u, i$ 取关联参考方向



+

$$P = ui$$

表示元件吸收的功率

$u$

$$P > 0$$

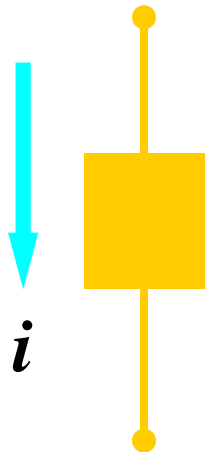
吸收正功率 (实际吸收)

-

$$P < 0$$

吸收负功率 (实际发出)

### ● $u, i$ 取非关联参考方向



-

$$p = ui$$

表示元件发出的功率

$u$

$$P > 0$$

发出正功率 (实际发出)

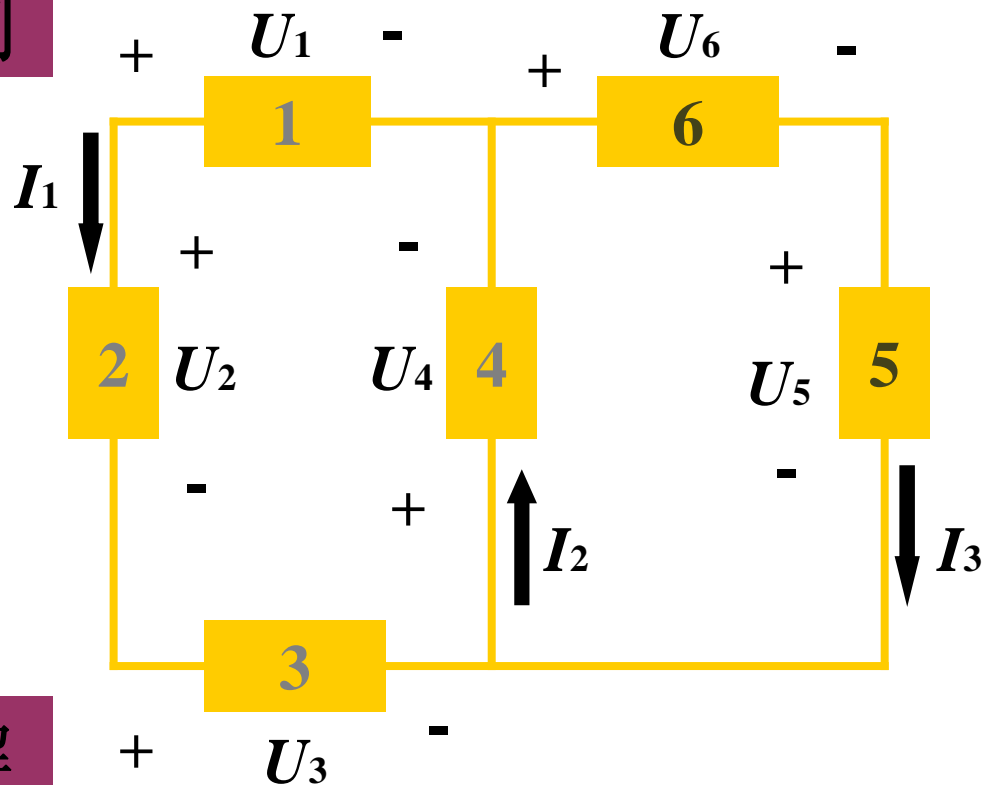
+

$$P < 0$$

发出负功率 (实际吸收)



例



求图示电路中各方框所代表的元件消耗或产生的功率。已知：

$$\begin{aligned} U_1 &= 1\text{V}, & U_2 &= -3\text{V}, \\ U_3 &= 8\text{V}, & U_4 &= -4\text{V}, \\ U_5 &= 7\text{V}, & U_6 &= -3\text{V} \\ I_1 &= 2\text{A}, & I_2 &= 1\text{A}, \\ I_3 &= -1\text{A} \end{aligned}$$

解

$$P_1 = U_1 I_1 = 1 \times 2 = 2\text{W} \text{ (发出)}$$

$$P_4 = U_4 I_2 = (-4) \times 1 = -4\text{W} \text{ (发出)}$$

$$P_2 = U_2 I_1 = (-3) \times 2 = -6\text{W} \text{ (发出)}$$

$$P_5 = U_5 I_3 = 7 \times (-1) = -7\text{W} \text{ (发出)}$$

$$P_3 = U_3 I_1 = 8 \times 2 = 16\text{W} \text{ (吸收)}$$

$$P_6 = U_6 I_3 = (-3) \times (-1) = 3\text{W} \text{ (吸收)}$$

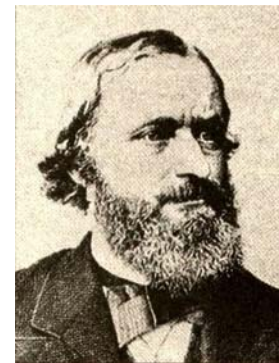
注

对一完整的电路，发出的功率 = 消耗的功率

# 1.3 基尔霍夫定律

## ( Kirchhoff's Laws )

Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887)



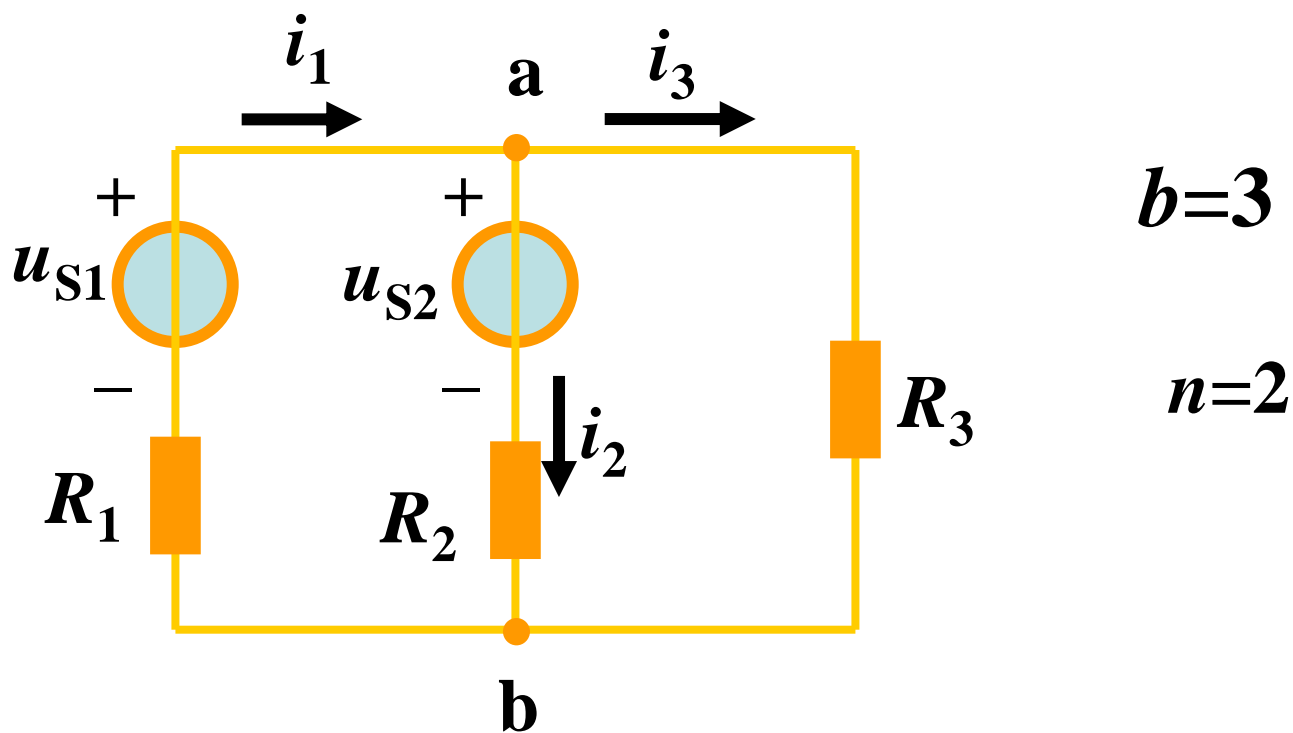
基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律 ( **KCL** ) 和基尔霍夫电压定律 ( **KVL** )。它反映了电路中所有支路电压和电流所遵循的基本规律，是分析集总参数电路的基本定律。基尔霍夫定律与元件特性构成了电路分析的基础。



# 1. 几个名词

## (1) 支路 (branch)

→ 电路中通过同一电流的分支。(b)



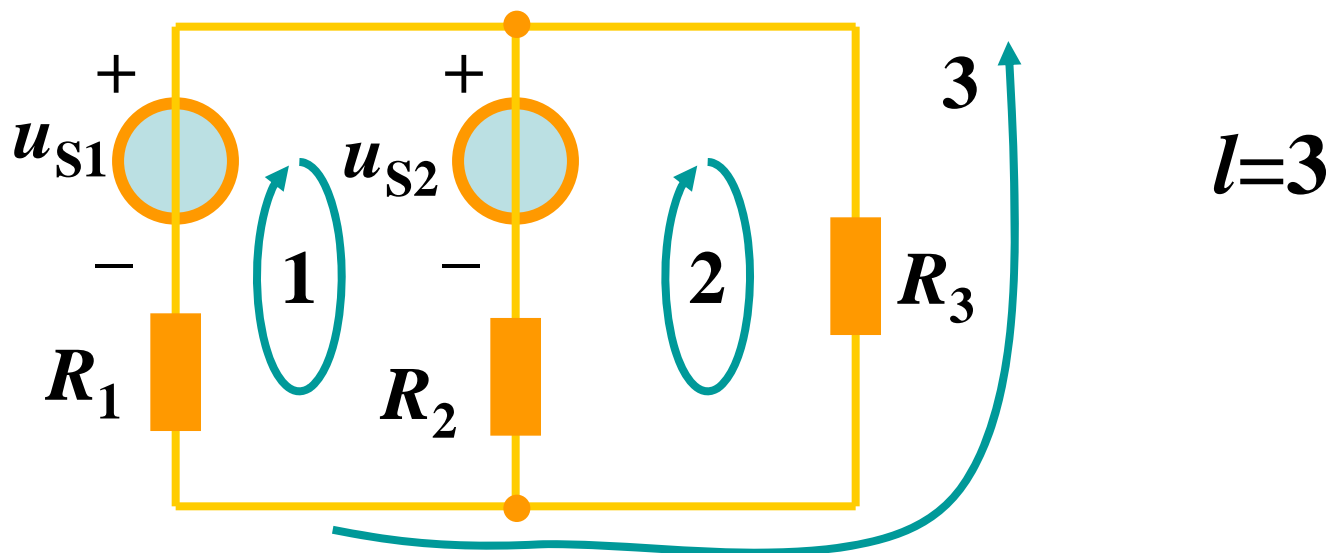
## (2) 节点 (node)

→ 三条或三条以上支路的连接点称为节点。(  $n$  )



(3) 路径 (path)  $\longrightarrow$  两节点间的一条通路。由支路构成。

(4) 回路 (loop)  $\longrightarrow$  由支路组成的闭合路径。(  $l$  )



(5) 网孔 (mesh)  $\longrightarrow$

对平面电路，其内部不含任何支路的回路称网孔。

网孔是回路，但回路不一定是网孔





## 2. 基尔霍夫电流定律 (KCL)

在集总参数电路中，任意时刻，对任意节点流出或流入该节点电流的代数和等于零。

$$\sum_{k=1}^m i(t) = 0$$

or  $\sum i_{\text{入}} = i_{\text{出}}$

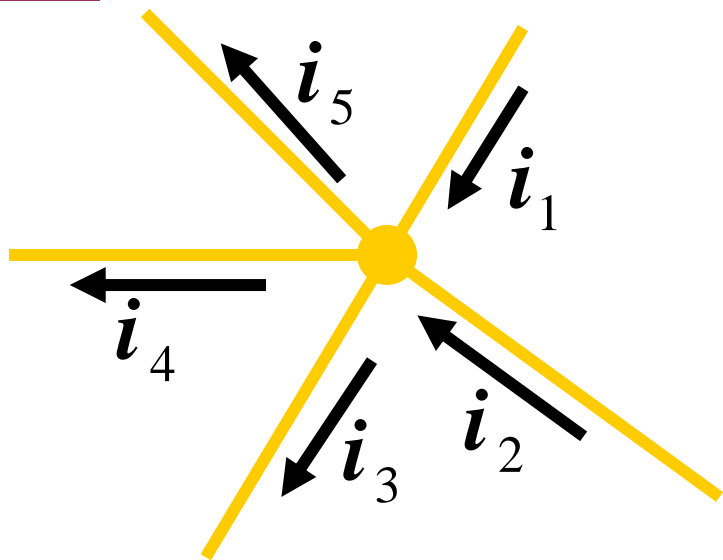
流入的电流等于流出的电流

例

令流出为“+”，有：

$$-i_1 - i_2 + i_3 + i_4 + i_5 = 0$$

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4 + i_5$$

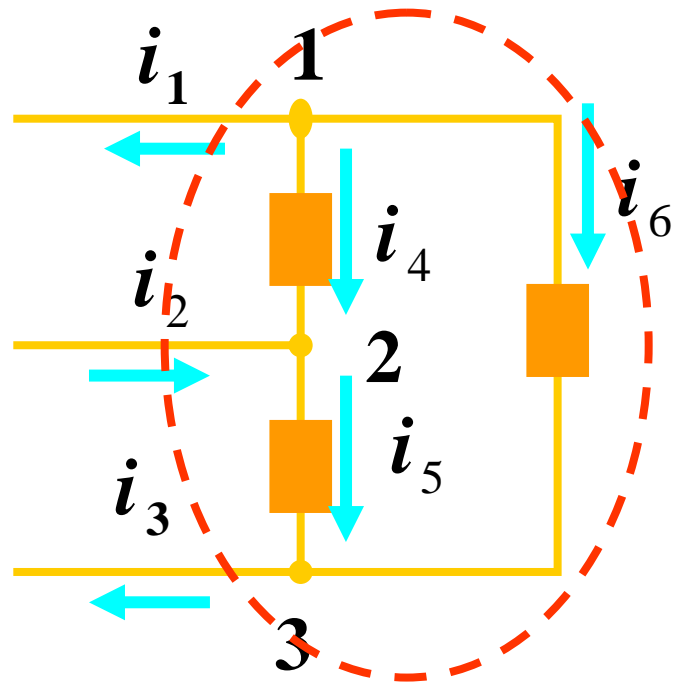


例

$$\begin{aligned} i_1 + i_4 + i_6 &= 0 \\ -i_2 - i_4 + i_5 &= 0 \\ i_3 - i_5 - i_6 &= 0 \end{aligned}$$

三式相加得:  $i_1 - i_2 + i_3 = 0$

表明**KCL**可推广应用于电路中包围多个结点的任一闭合面



- 明确
- (1) **KCL**是电荷守恒和电流连续性原理在电路中任意结点处的反映;
  - (2) **KCL**是对支路电流加的约束, 与支路上接的是什麼元件无关, 与电路是线性还是非线性无关;
  - (3) **KCL**方程是按电流参考方向列写, 与电流实际方向无关。

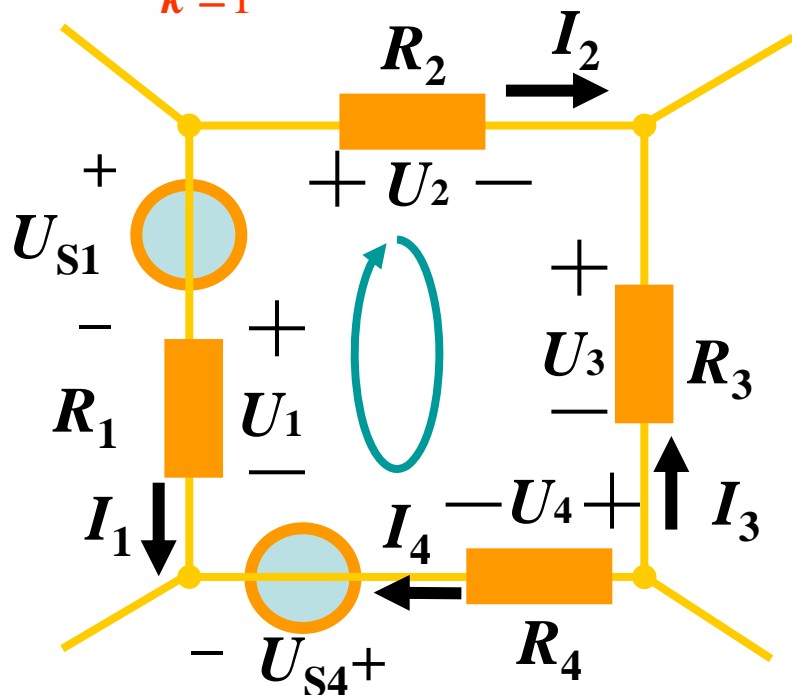


### 3. 基尔霍夫电压定律 (KVL)

在集总参数电路中，任一时刻，沿任一闭合路径绕行，各支路电压的代数和等于零。

$$\sum_{k=1}^m u(t) = 0$$

or  $\sum u_{\text{降}} = u_{\text{升}}$



- (1) 标定各元件电压参考方向
- (2) 选定回路绕行方向，  
顺时针或逆时针。

$$-U_1 - U_{S1} + U_2 + U_3 + U_4 + U_{S4} = 0$$

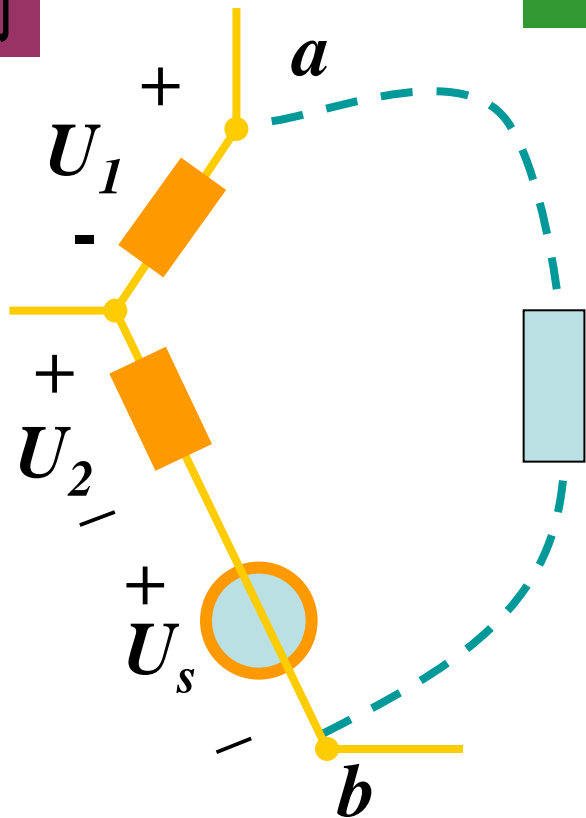
或:  $U_2 + U_3 + U_4 + U_{S4} = U_1 + U_{S1}$

$$-R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 = U_{S1} - U_{S4}$$



例

KVL也适用于电路中任一假想的回路



$$U_{ab} = U_1 + U_2 + U_s$$

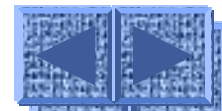
明确

- (1) KVL的实质反映了电路遵从能量守恒定律;
- (2) KVL是对回路电压加的约束,与回路各支路上接的是什么元件无关,与电路是线性还是非线性无关;
- (3) KVL方程是按电压参考方向列写,与电压实际方向无关。



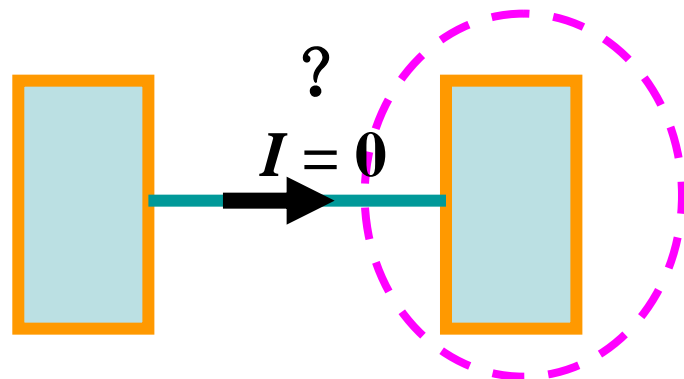
## 4. KCL、KVL小结:

- (1) **KCL**是对支路电流的线性约束, **KVL**是对回路电压的线性约束。
- (2) **KCL**、**KVL**与组成支路的元件性质及参数无关。
- (3) **KCL**表明在每一节点上电荷是守恒的; **KVL**是能量守恒的具体体现(电压与路径无关)。
- (4) **KCL**、**KVL**只适用于集总参数的电路。

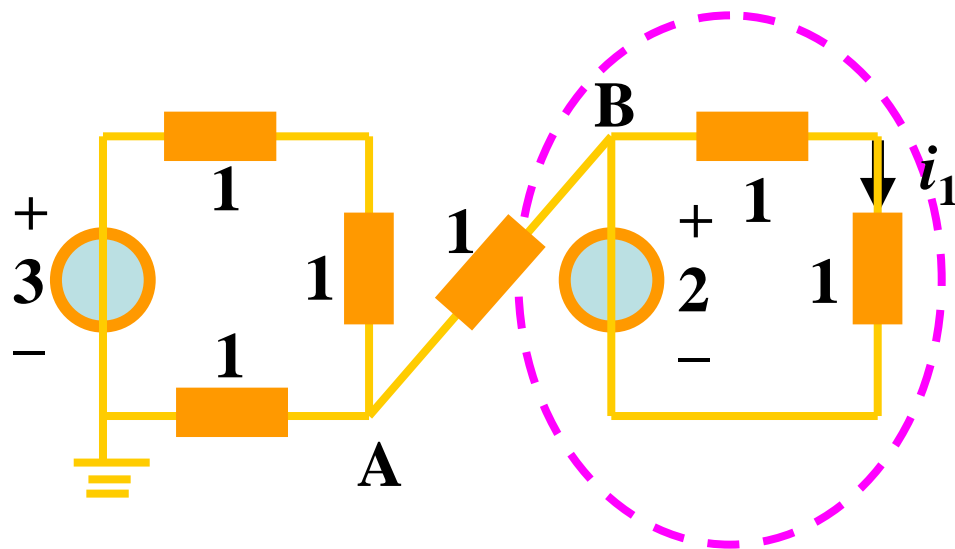


思考:

1.



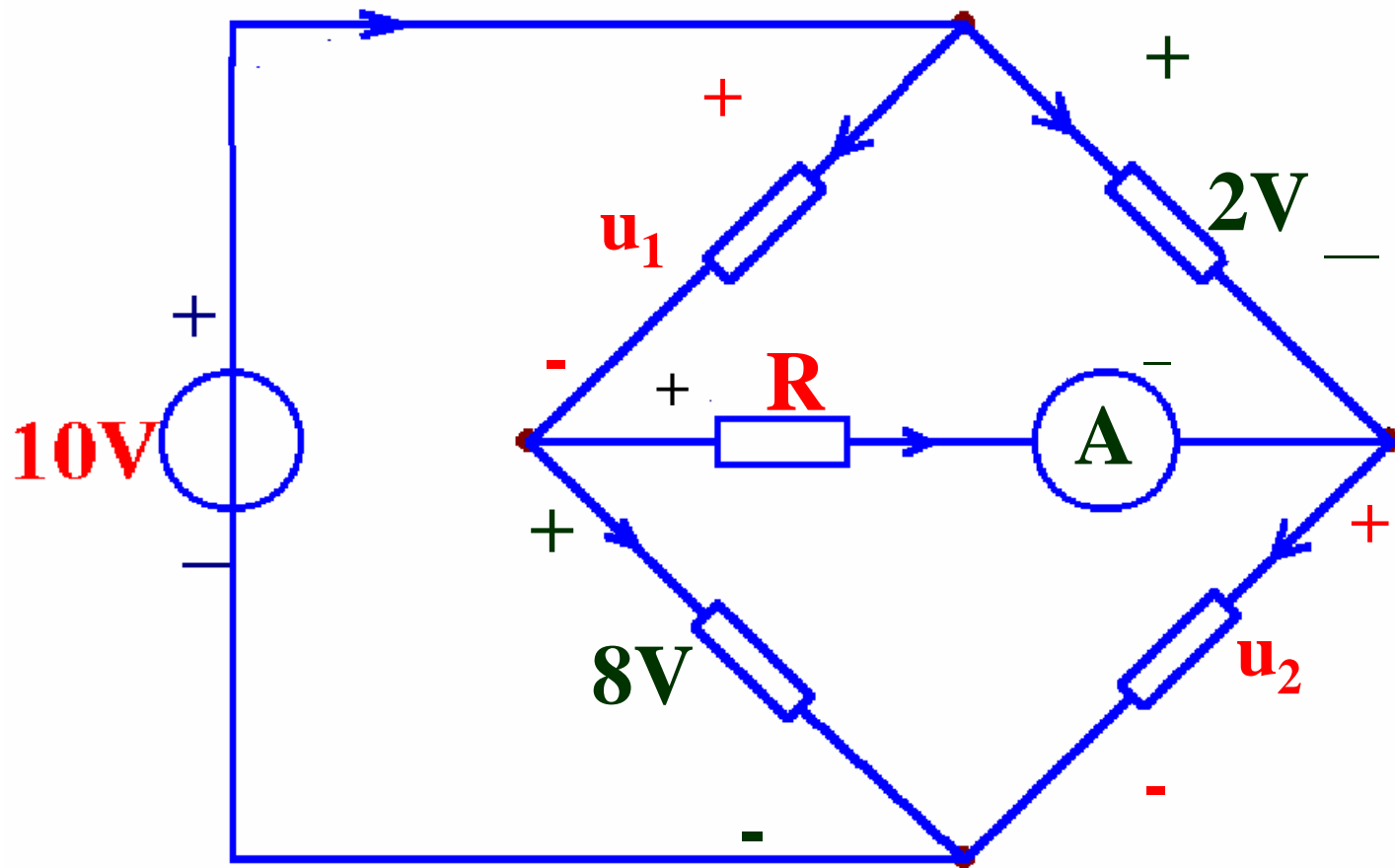
2.



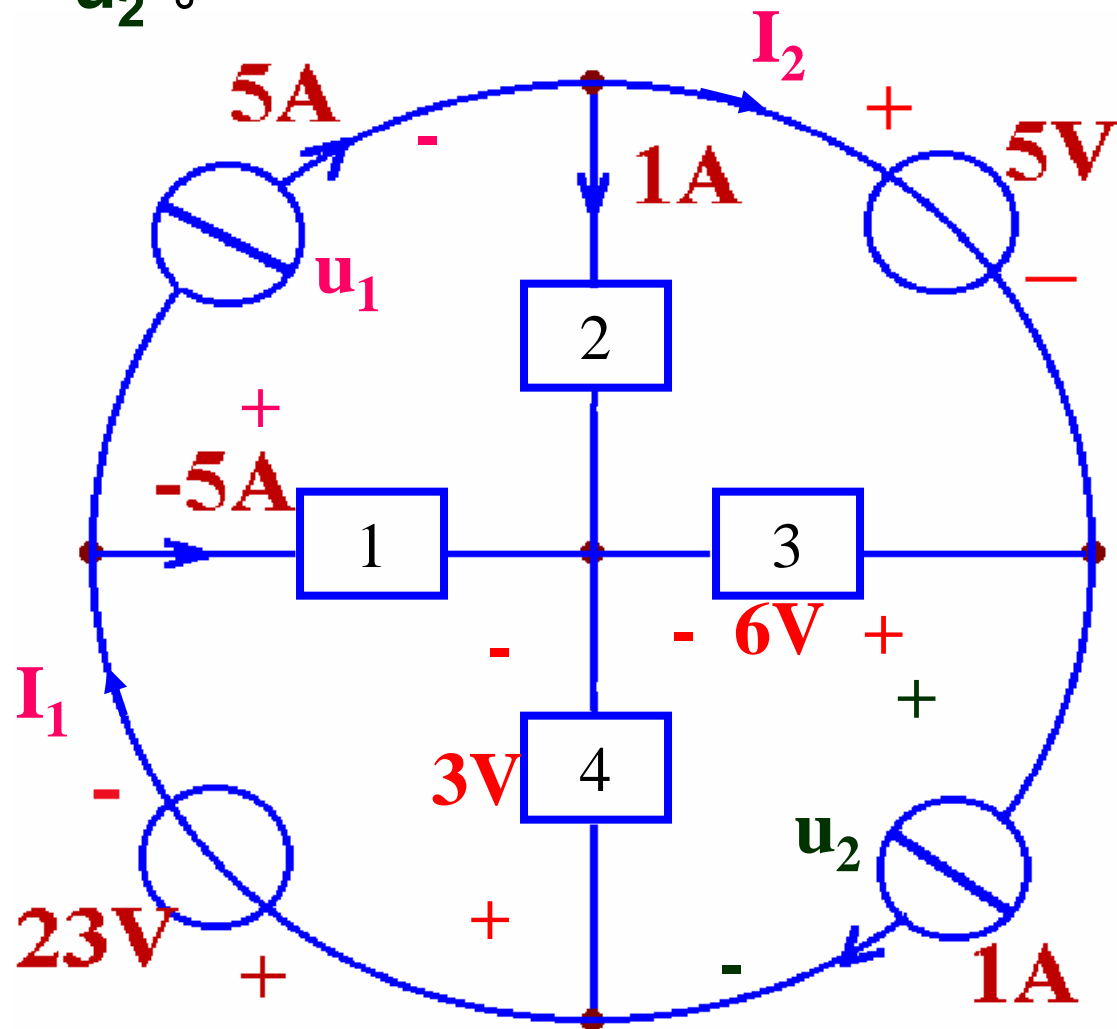
$$U_A = U_B$$



**例1：** 图示电路，电阻R有无电流？求电压 $u_1$ 和 $u_2$ 。

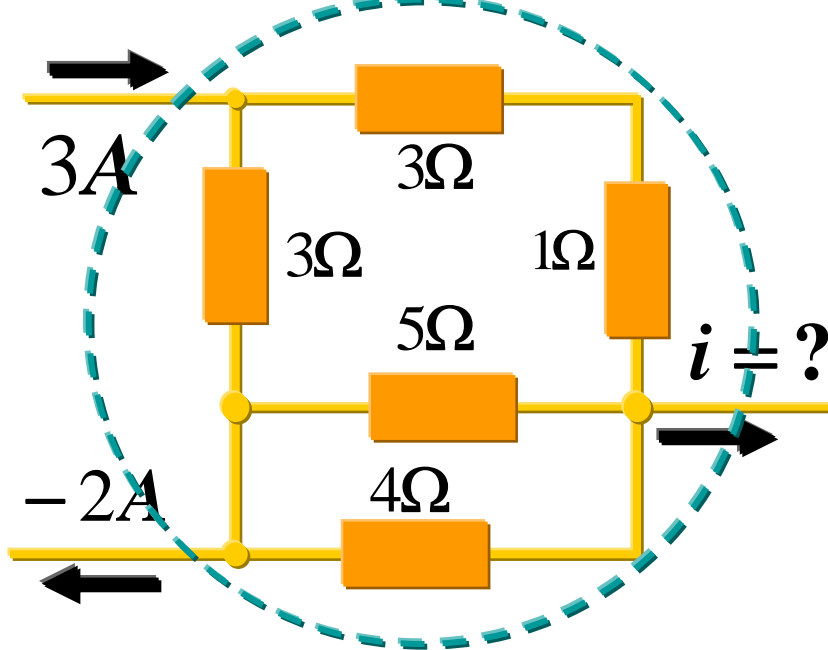


例2: 图示电路, 求电流  $I_1$ 、 $I_2$  和电压  $u_1$ 、 $u_2$ 。



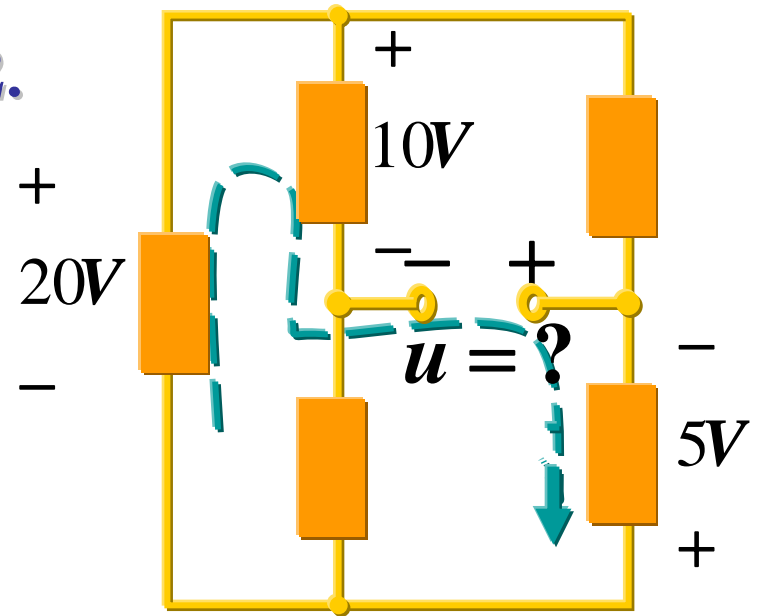


1.



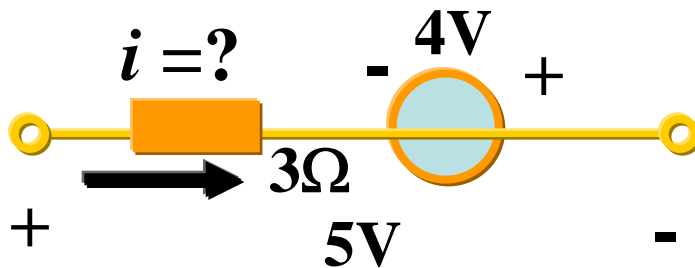
$$i = 3 - (-2) = 5A$$

2.



$$u = 10 - 20 - 5 = -15V$$

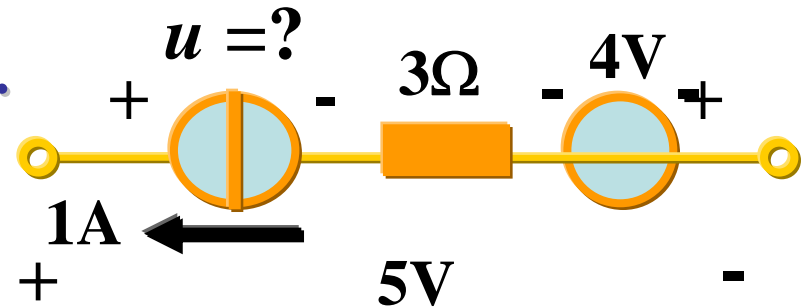
3.



$$3i - 4 = 5$$

$$i = 3A$$

4.



$$u = 5 + 7 = 12V$$



# 1.4 电阻元件 (resistor)

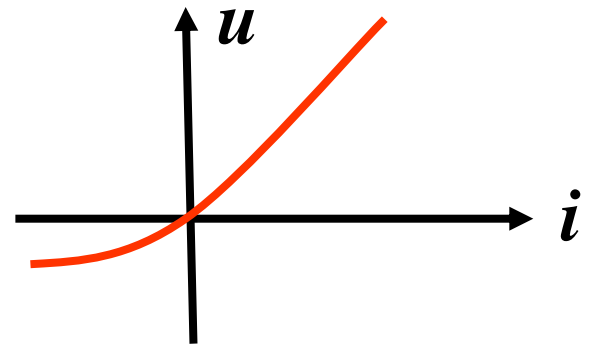
## 1. 定义

电阻元件

→ 对电流呈现阻力的元件。其伏安关系用  $u \sim i$  平面的一条曲线来描述：

$$f(u, i) = 0$$

伏安特性



## 2. 线性定常电阻元件

任何时刻端电压与其电流成正比的电阻元件。

● 电路符号



## ● $u \sim i$ 关系

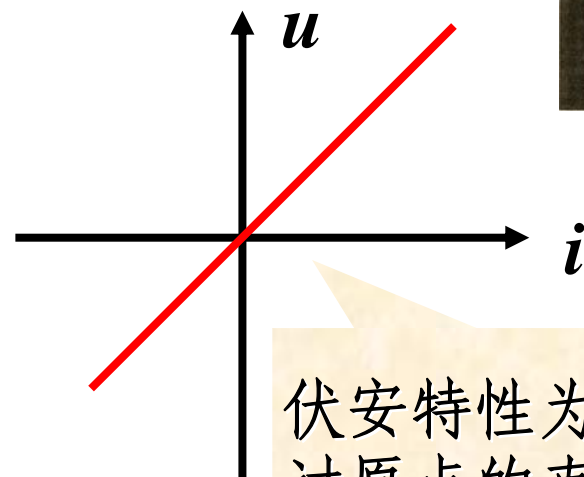
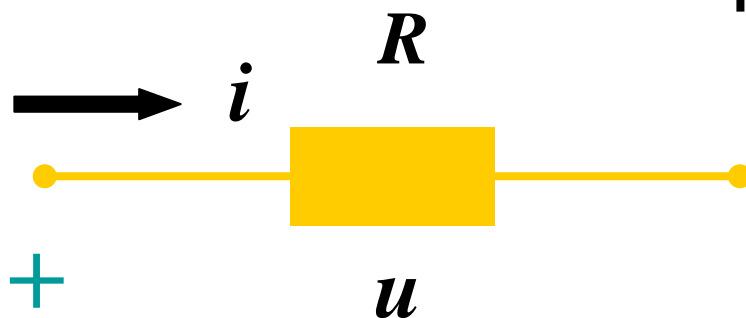
→ 满足欧姆定律 (Ohm's Law)



$$u = Ri \quad R = u/i$$

$$i = u/R = Gu$$

$u$ 、 $i$  取关联  
参考方向



伏安特性为一条  
过原点的直线

## ● 单位

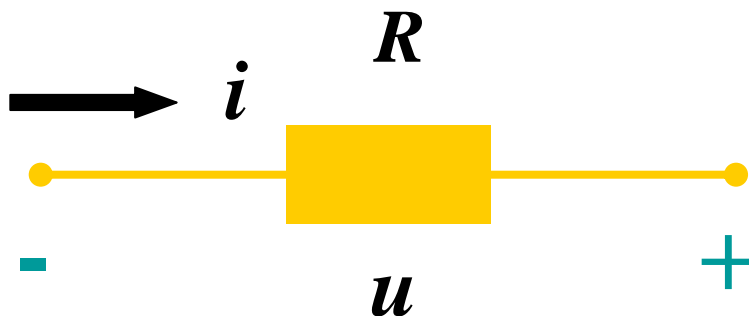
→  $R$  称为电阻, 单位:  $\Omega$  (欧) (Ohm, 欧姆)

$G$  称为电导, 单位: S(西门子) (Siemens, 西门子)

注

欧姆定律

- (1) 只适用于线性电阻, ( $R$  为常数)
- (2) 如电阻上的电压与电流参考方向非关联公式中应冠以负号
- (3) 说明线性电阻是无记忆、双向性的元件



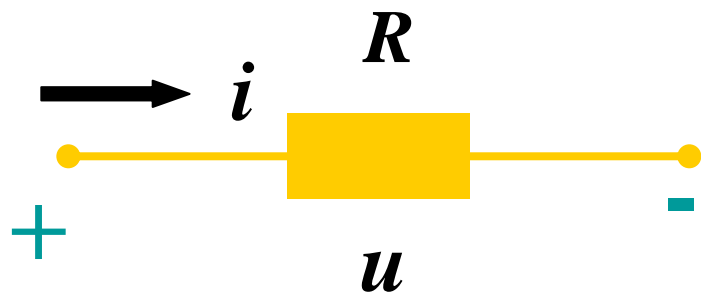
则欧姆定律写为

$$u = -R i \quad i = -G u$$

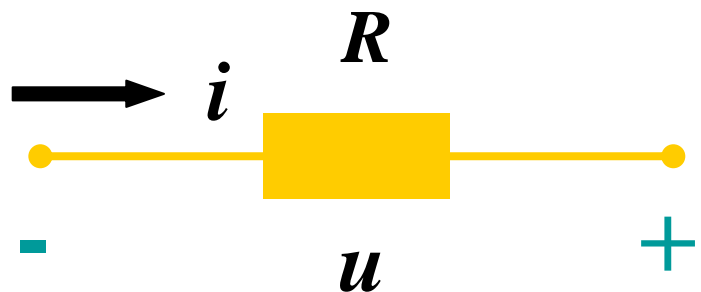
公式和参考方向必须配套使用!

### 3. 功率和能量

功率：



$$p = u i = i^2 R = u^2 / R$$



$$\begin{aligned} p &= -u i = -(-R i) i = i^2 R \\ &= -u(-u/R) = u^2 / R \end{aligned}$$

上述结果说明电阻元件在任何时刻总是消耗功率的。



## 4. 含源支路的欧姆定律

### 电动势与电阻相串联的支路

如图（a）所示含源支路。

$$U_{ab} = U_{ac} + U_{cb}$$

其中  $U_{ac} = IR$ ,  $U_{cb} = E$  代入上式，得

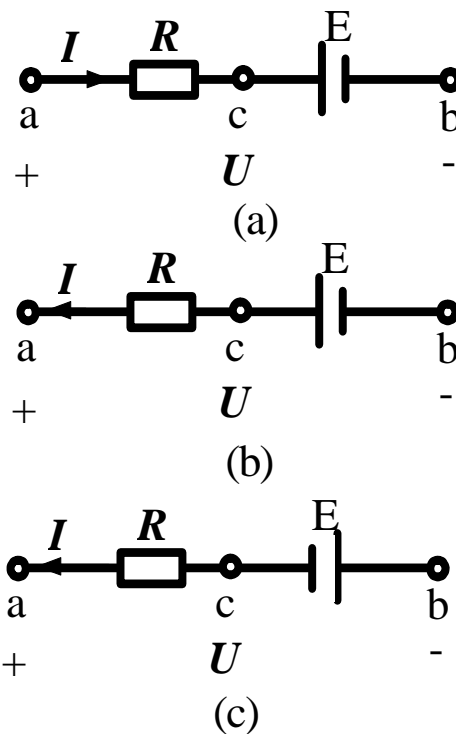
$$U = IR + E$$

从而，有  $I = \frac{U - E}{R}$  称含源支路的欧姆定律。

对应图(b)有  $U = -IR + E$  从而，

$$I = \frac{-U + E}{R}$$

请同学们写出(c)图的欧姆定律



## 5. 分立与集成电路中的电阻元件

### ● 电阻器的元件参数

阻值、误差、温度系数和额定功率等。

### ● 电阻器的类型

碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器和绕线功率电阻器等。碳膜电阻器价格较低，最为常见，广泛应用于各种电子产品中；金属膜电阻器精度较高，温度系数较小，但价格高；金属氧化膜电阻器价格低廉，承受功率的能力强，但阻值范围小；绕线电阻器精度高，温度系数低，但高频特性较差。

### ● 集成电路中的电阻元件

在集成电路中，某些电阻是由金属氧化物半导体场效应管(MOSFET)来实现的。



# 常用的各种二端电阻器件





# 1.5 电源元件 (independent source)

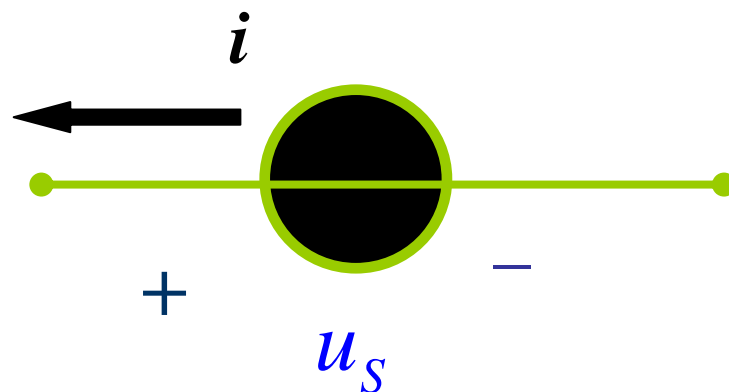
## 1. 理想电压源

### ● 定义



其两端电压总能保持定值或一定的时间函数，其值与流过它的电流  $i$  无关的元件叫理想电压源。

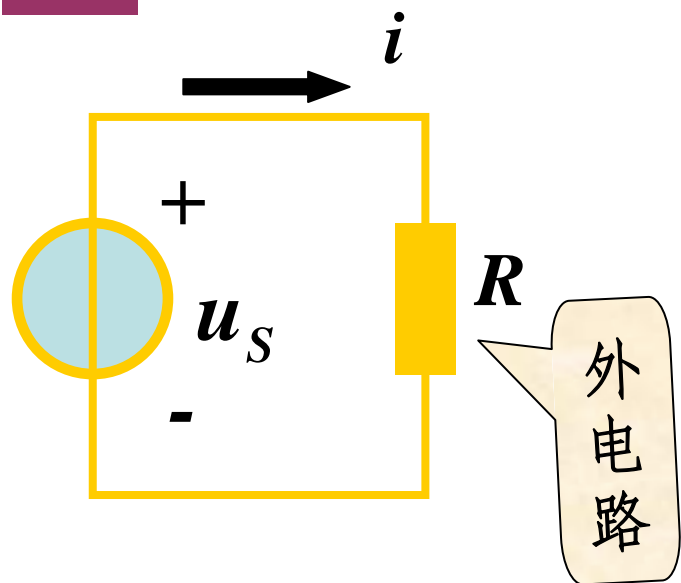
### ● 电路符号



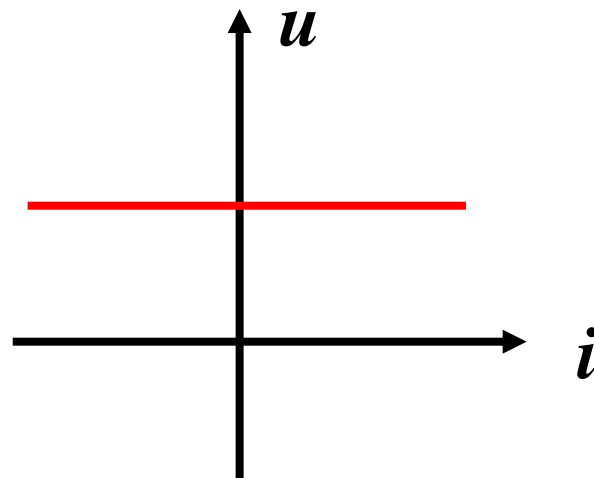
## ● 理想电压源的电压、电流关系

- (1) 电源两端电压由电源本身决定，  
与外电路无关；与流经它的电流方向、大小无关。
- (2) 通过电压源的电流由电源及外电路共同决定。

例



伏安关系

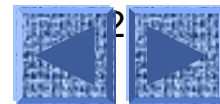


$$i = \frac{u_s}{R}$$

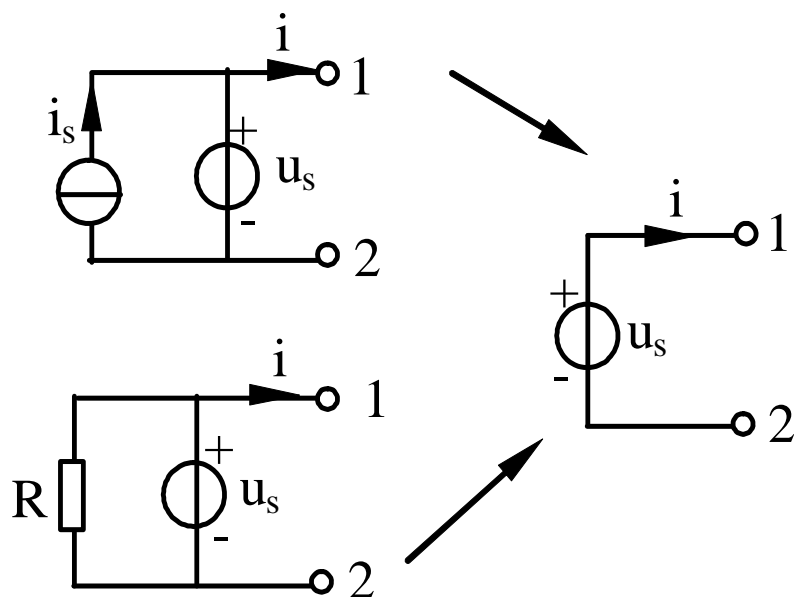
$$i = 0 \quad (R = \infty)$$

$$i = \infty \quad (R = 0)$$

电压源不能短路！



# 任意电路元件(当然也包含理想电流源元件) 与理想电压源 $u_s$ 并联



电压源与支路的并联

## ●电压源的功率

$$\longrightarrow P = u_s i$$

(1) 电压、电流的参考方向非关联;

物理意义:

电流 (正电荷) 由低电位向高电位移动, 外力克服电场力作功电源发出功率。

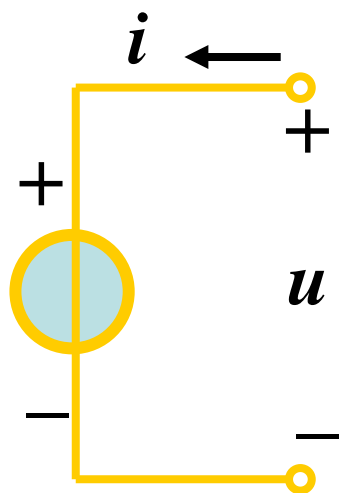
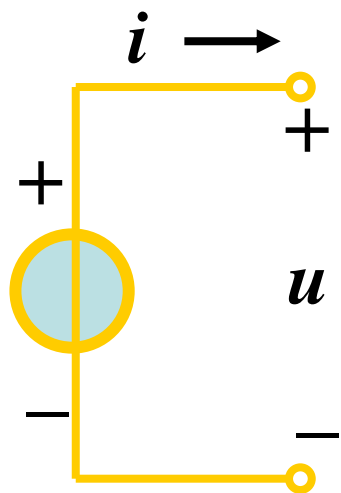
$$P = u_s i \longrightarrow \text{发出功率, 起电源作用}$$

(2) 电压、电流的参考方向关联;

物理意义: 电场力做功, 电源吸收功率。

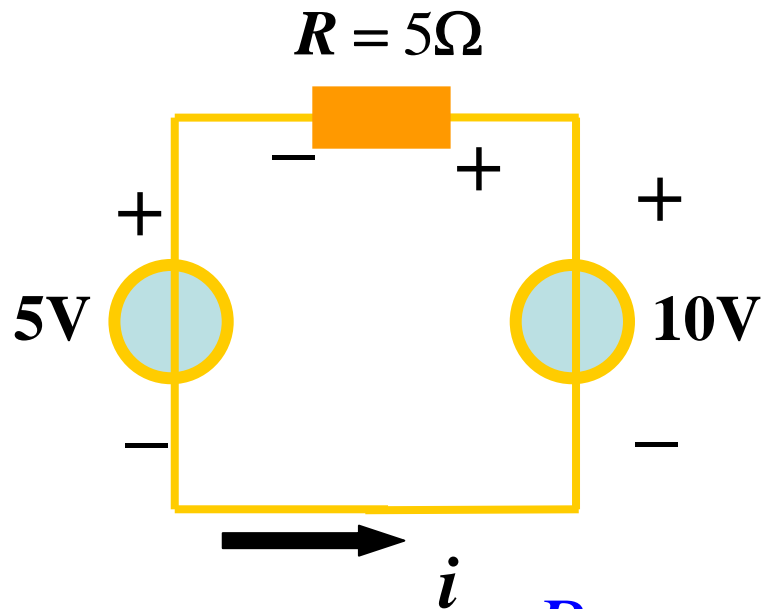
$$P = u_s i \longrightarrow \text{吸收功率, 充当负载}$$

或:  $P = -u_s i \longrightarrow \text{发出负功}$



例

计算图示电路各元件的功率。



解

$$u_R = (10 - 5) = 5V$$

$$i = \frac{u_R}{R} = \frac{5}{5} = 1A$$

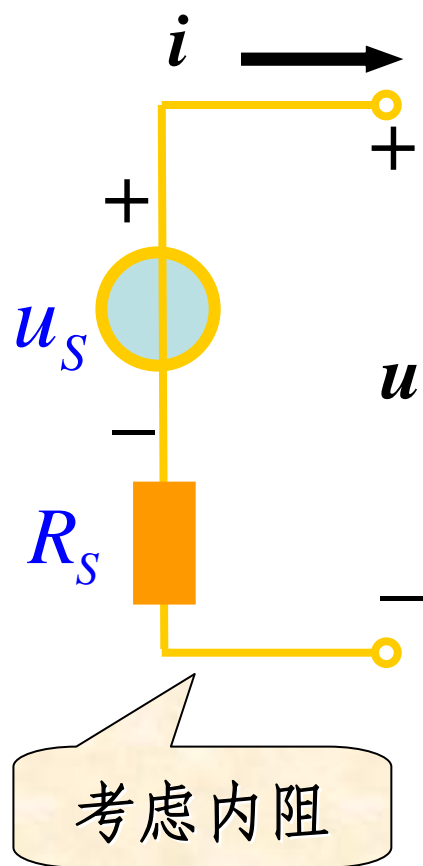
$$P_{10V} = u_S i = 10 \times 1 = 10W \quad \text{发出}$$

$$P_{5V} = -u_S i = -5 \times 1 = -5W \quad \text{发出}$$

$$P_R = Ri^2 = 5 \times 1 = 5W \quad \text{吸收}$$

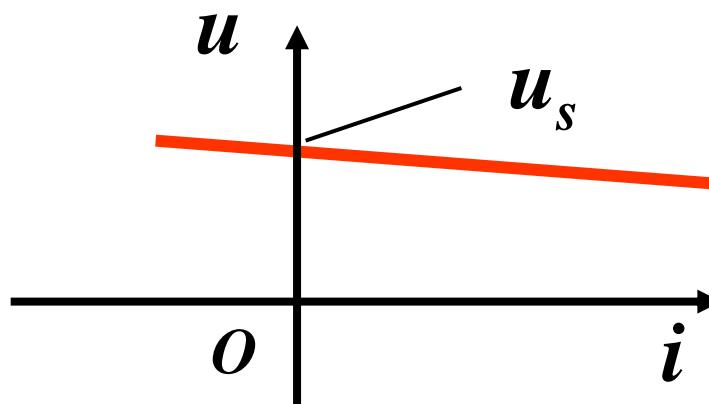
满足:  $P(\text{发}) = P(\text{吸})$

## ● 实际电压源



伏安特性

$$u = u_s - R_s i$$



一个好的电压源要求

$$R_s \rightarrow 0$$

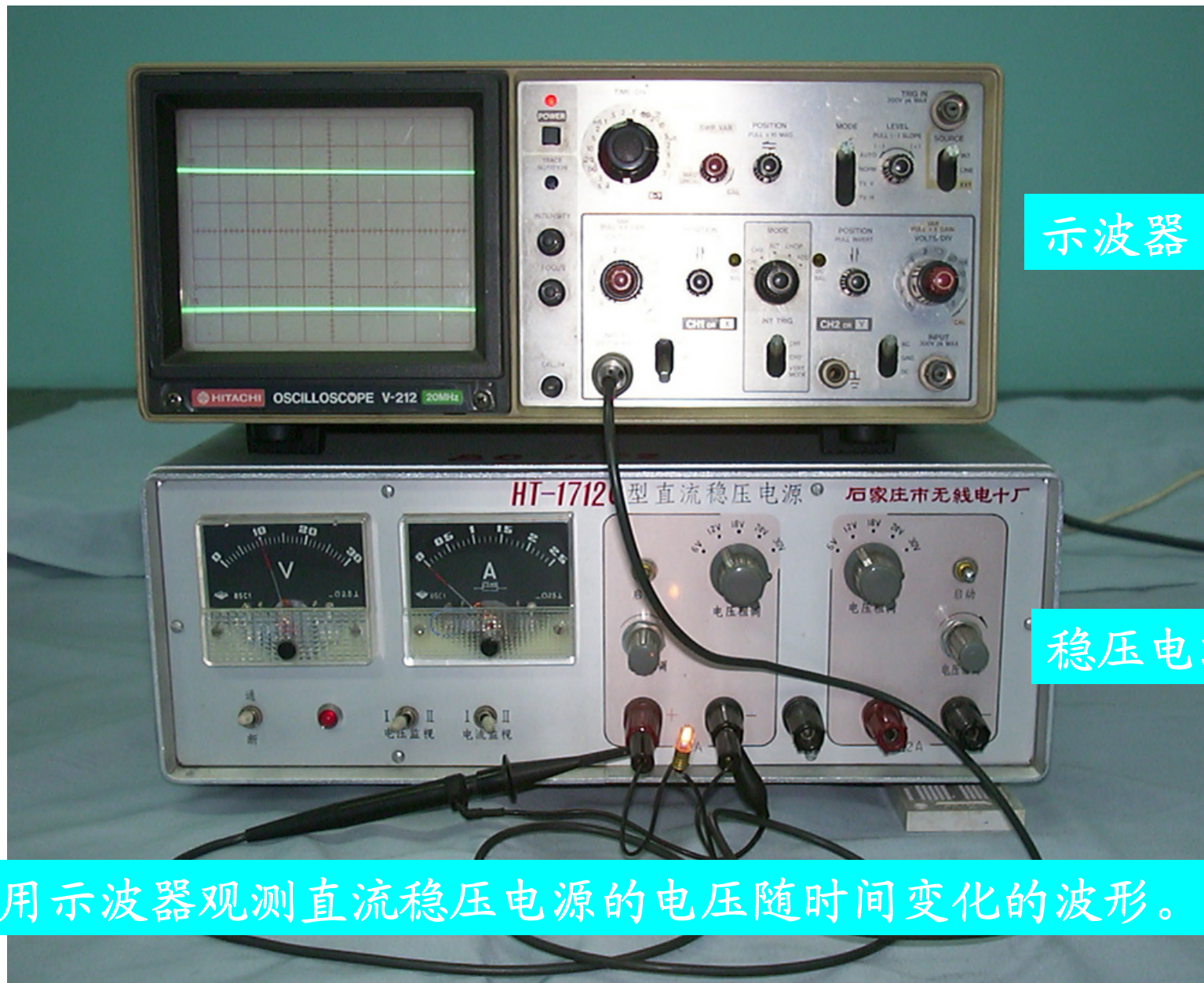
实际电压源也不允许短路。因其内阻小，若短路，电流很大，可能烧毁电源。

## 常用的干电池和可充电电池





# 实验室使用的直流稳压电源



示波器

稳压电源

用示波器观测直流稳压电源的电压随时间变化的波形。

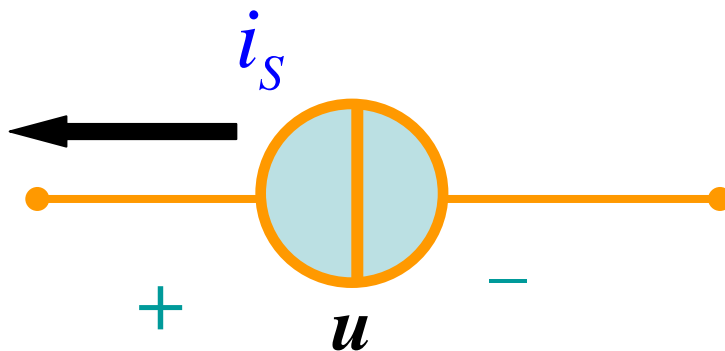


## 2. 理想电流源

### ● 定义

其输出电流总能保持定值或一定的  
时间函数，其值与它的两端电压 $u$   
无关的元件叫理想电流源。

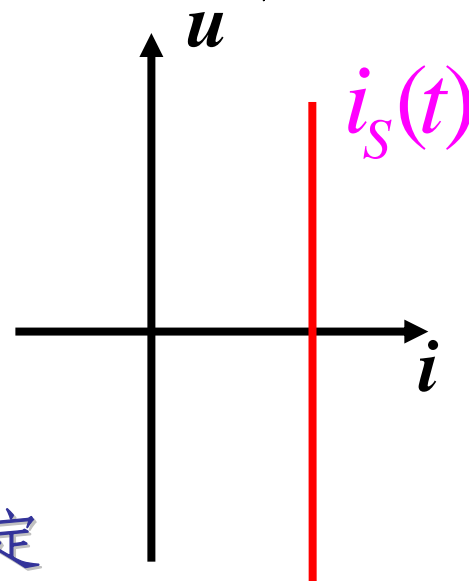
### ● 电路符号



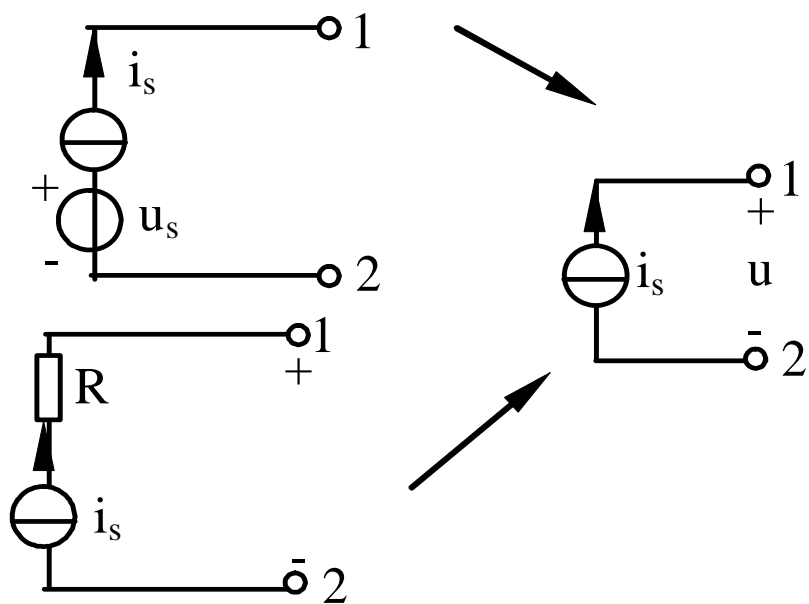
伏安  
关系

### ● 理想电流源的电压、电流关系

- (1) 电流源的输出电流由电源本身决定，与外电路无关；与它两端电压方向、大小无关
- (2) 电流源两端的电压由电源及外电路共同决定

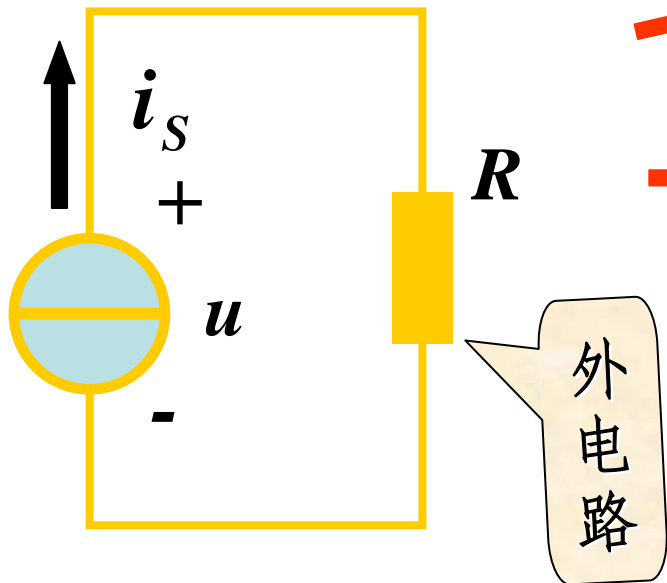


# 任意电路元件(当然也包含理想电压源元件) 与理想电流源 $i_s$ 串联



电流源与支路的串联

例



$$u = Ri_s$$

$$u = 0 \quad (R = 0)$$

$$u = \infty \quad (R = \infty)$$

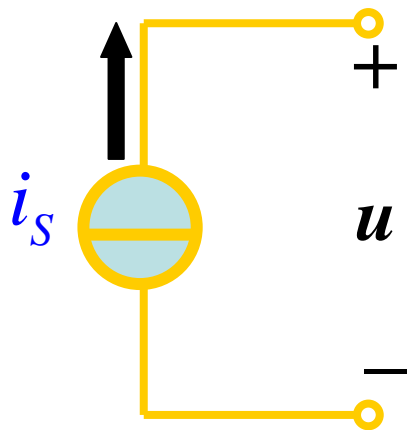
电流源不能开路！

## 实际电流源的产生

可由稳流电子设备产生，如晶体管的集电极电流与负载无关；光电池在一定光线照射下光电池被激发产生一定值的电流等。



## ● 电流源的功率

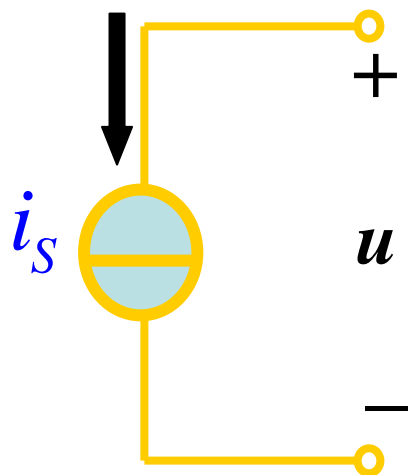


$$\longrightarrow P = ui_s$$

(1) 电压、电流的参考方向非关联;

$$P = ui_s \longrightarrow \text{发出功率, 起电源作用}$$

(2) 电压、电流的参考方向关联;



$$P = ui_s \longrightarrow \text{吸收功率, 充当负载}$$

或:

$$P = -i_s u \longrightarrow \text{发出负功}$$

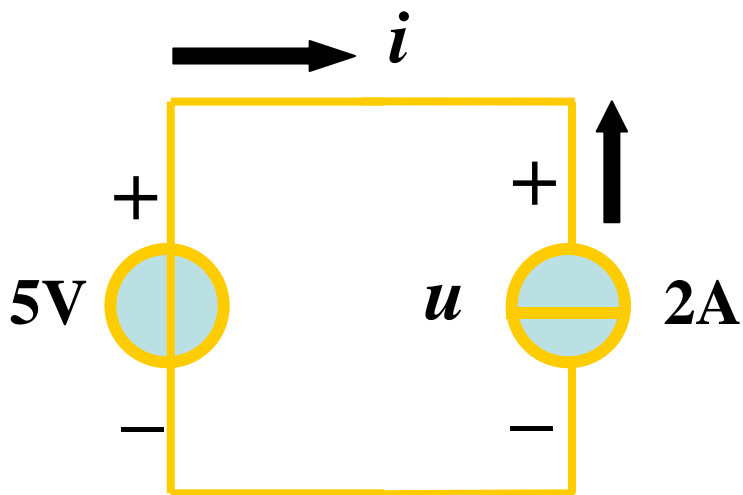
例

计算图示电路各元件的功率。

解

$$i = -2A$$

$$u = 5V$$

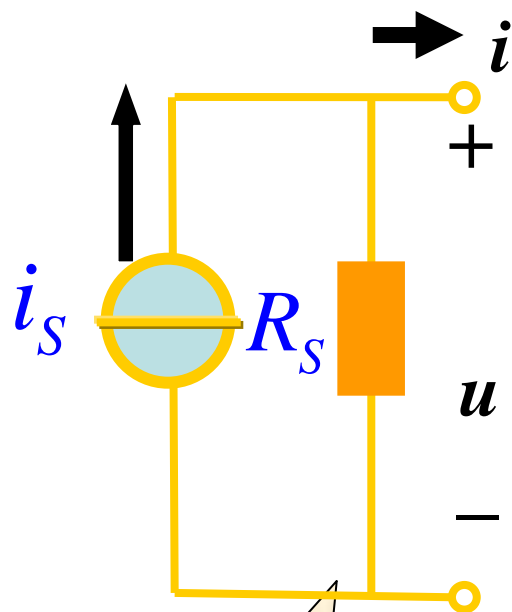


$$P_{2A} = i_S u = 2 \times 5 = 10W \quad \text{发出}$$

$$P_{5V} = u_S i = 5 \times (-2) = -10W \quad \text{发出}$$

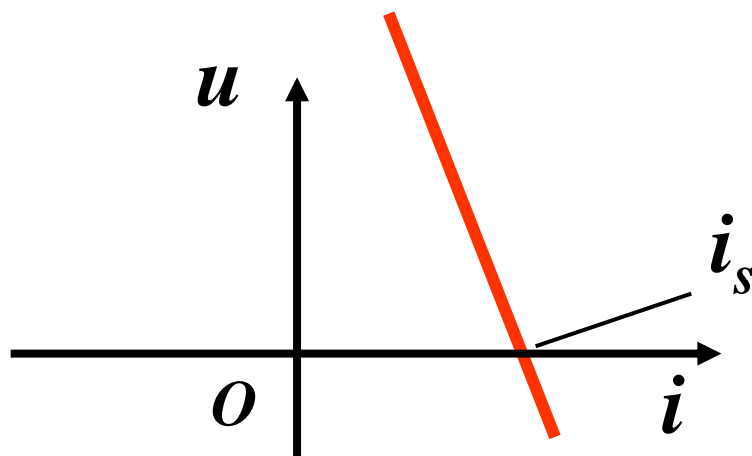
满足:  $P(\text{发}) = P(\text{吸})$

## ● 实际电流源



伏安特性

$$i = i_s - \frac{u}{R_s}$$

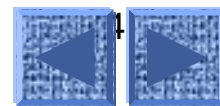


一个好的电流源要求

$$R_s \rightarrow \infty$$

考虑内阻

实际电流源也不允许开路。因其内阻大，若开路，电压很高，可能烧毁电源。



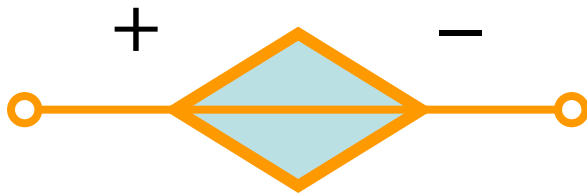
# 1.6 受控电源 (非独立源) (controlled source or dependent source)

## 1. 定义

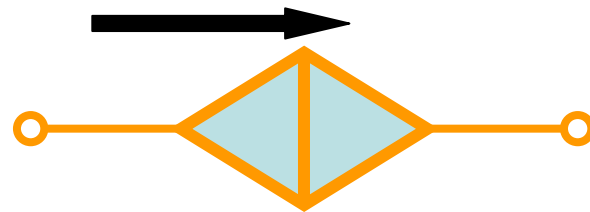


电压或电流的大小和方向不是给定的时间函数，而是受电路中某个地方的电压(或电流)控制的电源，称受控源

### ● 电路符号



受控电压源



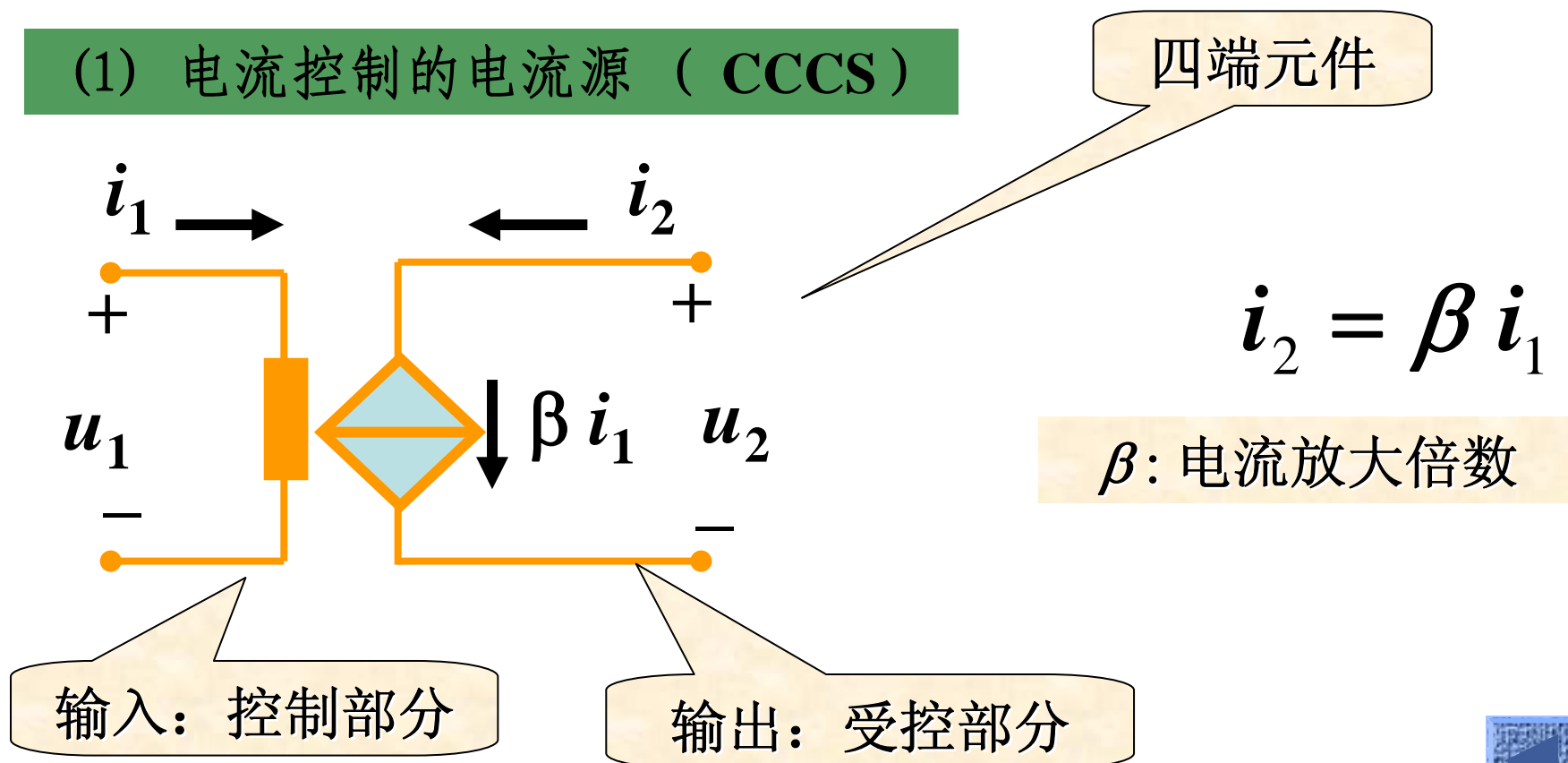
受控电流源



## 2. 分类

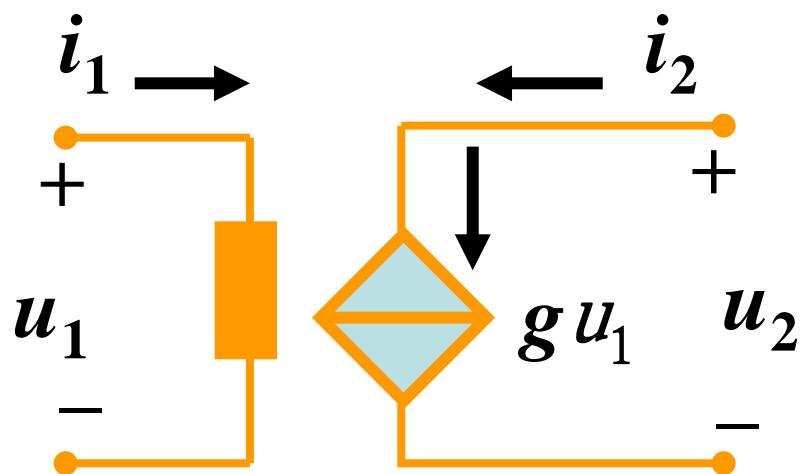
根据控制量和被控制量是电压  $u$  或电流  $i$ ，受控源可分四种类型：当被控制量是电压时，用受控电压源表示；当被控制量是电流时，用受控电流源表示。

### (1) 电流控制的电流源 ( CCCS )





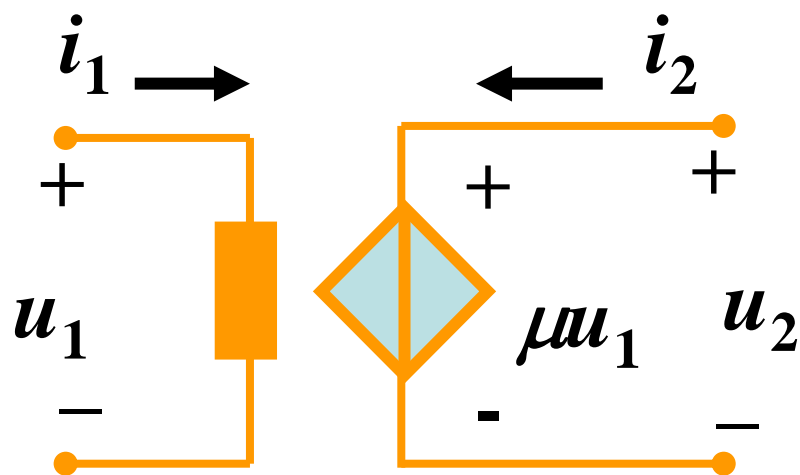
## (2) 电压控制的电流源 (VCCS)



$$i_2 = g u_1$$

$g$ : 转移电导

## (3) 电压控制的电压源 (VCVS)

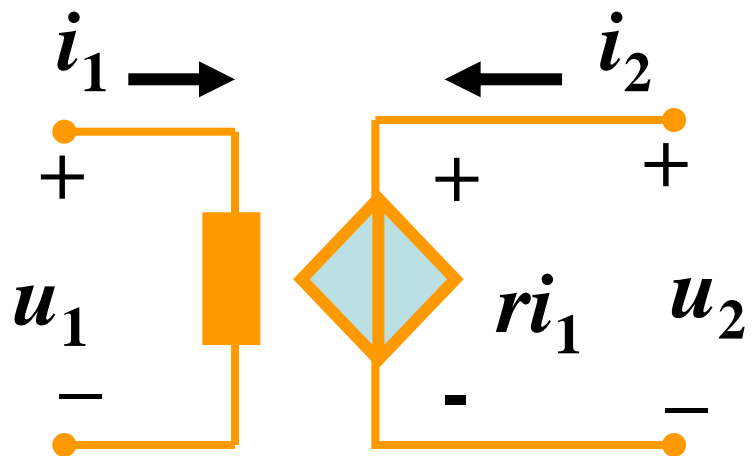


$$u_2 = \mu u_1$$

$\mu$ : 电压放大倍数



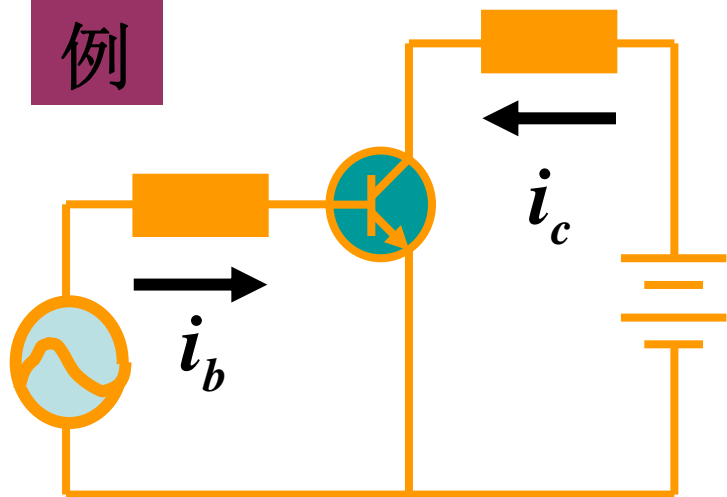
#### (4) 电流控制的电压源 (CCVS)



$$u_2 = ri_1$$

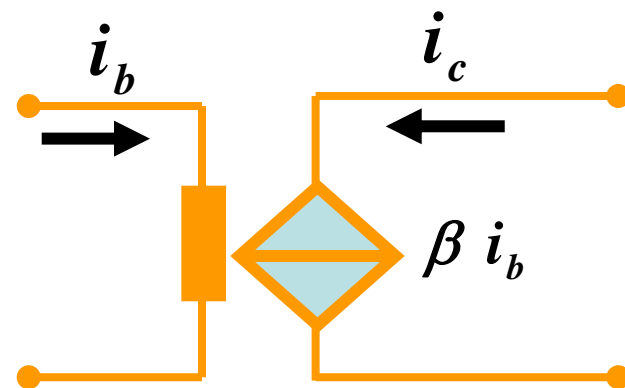
$r$  : 转移电阻

例



$$i_c = \beta i_b$$

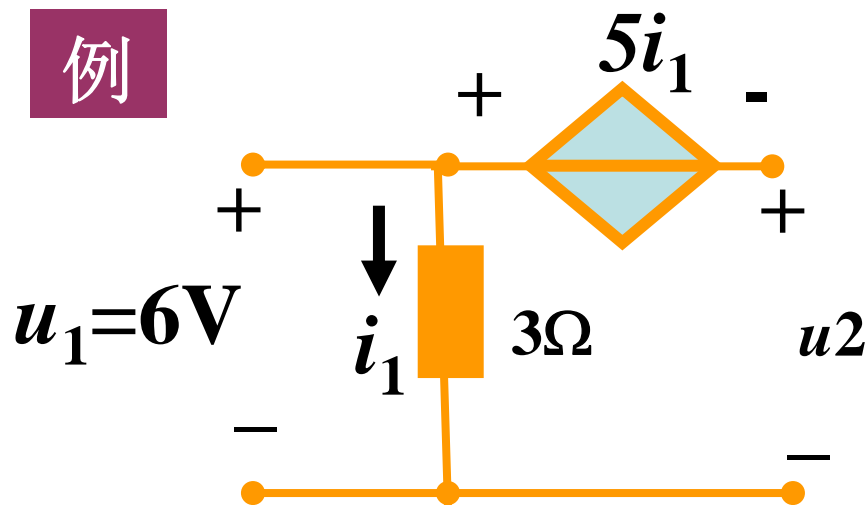
电路模型



### 3. 受控源与独立源的比较

- (1) 独立源电压(或电流)由电源本身决定, 与电路中其它电压、电流无关, 而受控源电压(或电流)由控制量决定。
- (2) 独立源在电路起“激励”作用, 在电路中产生电压、电流, 而受控源只是反映输出端与输入端的受控关系, 在电路中不能作为“激励”。

例



求: 电压  $u_2$ 。

解

$$i_1 = \frac{6}{3} = 2A$$

$$\begin{aligned} u_2 &= -5i_1 + 6 \\ &= -10 + 6 = -4V \end{aligned}$$



# 1.7 简单电路分析

两类约束的概念:

(1) 结构约束 (**KCL, KVL**): 与电路支路性质无关, 只取决于电路的连接结构。

(2) 支路约束 (支路**VAR**): 取决于支路元件的性质 (元件约束)。

说明:

利用两类约束可以直接列写电路方程求解电路, 因此这两类约束是电路分析的基本依据。

**例 1 :** 图示电路, 求电压**U**和电流**I**。

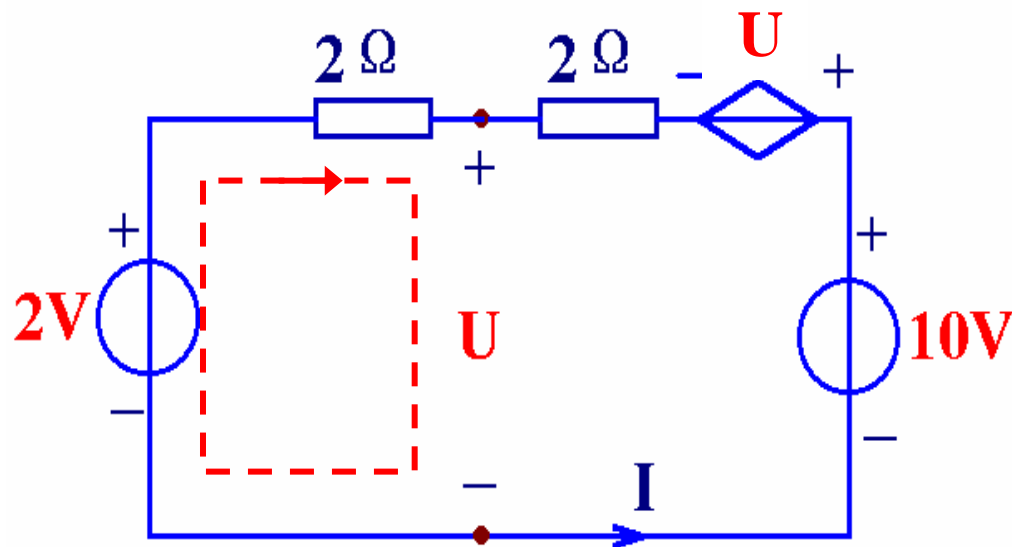
**解:**

由**KVL**, 有

$$-2 - 2I - 2I - 6U + 10 = 0$$

$$-4I - 6U = -8$$

又有  $U = 2I + 2$



联立解得  $U = 1.5\text{v}$      $I = -0.25\text{A}$

受控源:  $P = 6UI = -2.25\text{W}$  (具有电源性)

若受控源:  $6U \rightarrow U$      $U = 4\text{v}$      $I = 1\text{A}$  (具有电阻性)

**例 2 :** 图示电路, 求电压 $u$ 、电流 $I_1$ 和电阻 $R$ 。

**解:**

$$I_3 = -1\text{A}$$

$$I_2 = 3\text{A}$$

$$u = 2I_2 - 2 = 4\text{V}$$

由KVL, 有

$$u - U_1 - 2I_3 + 2 = 0$$

$$U_1 = 8\text{V} \quad I_4 = 1\text{A}$$

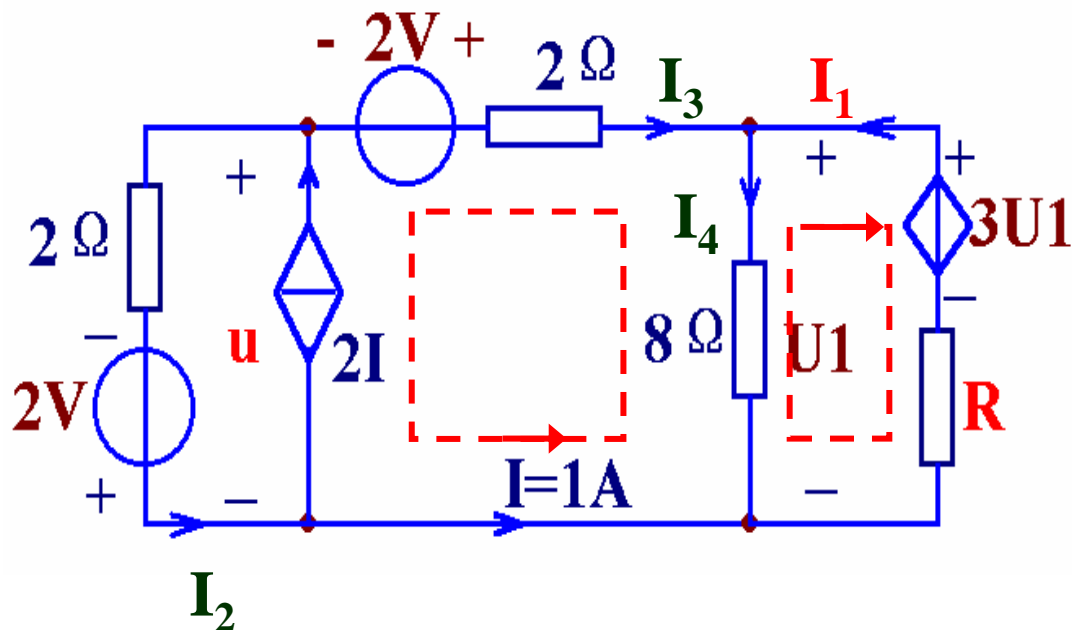
由KCL, 有

$$I_1 = I + I_4 = 2\text{A}$$

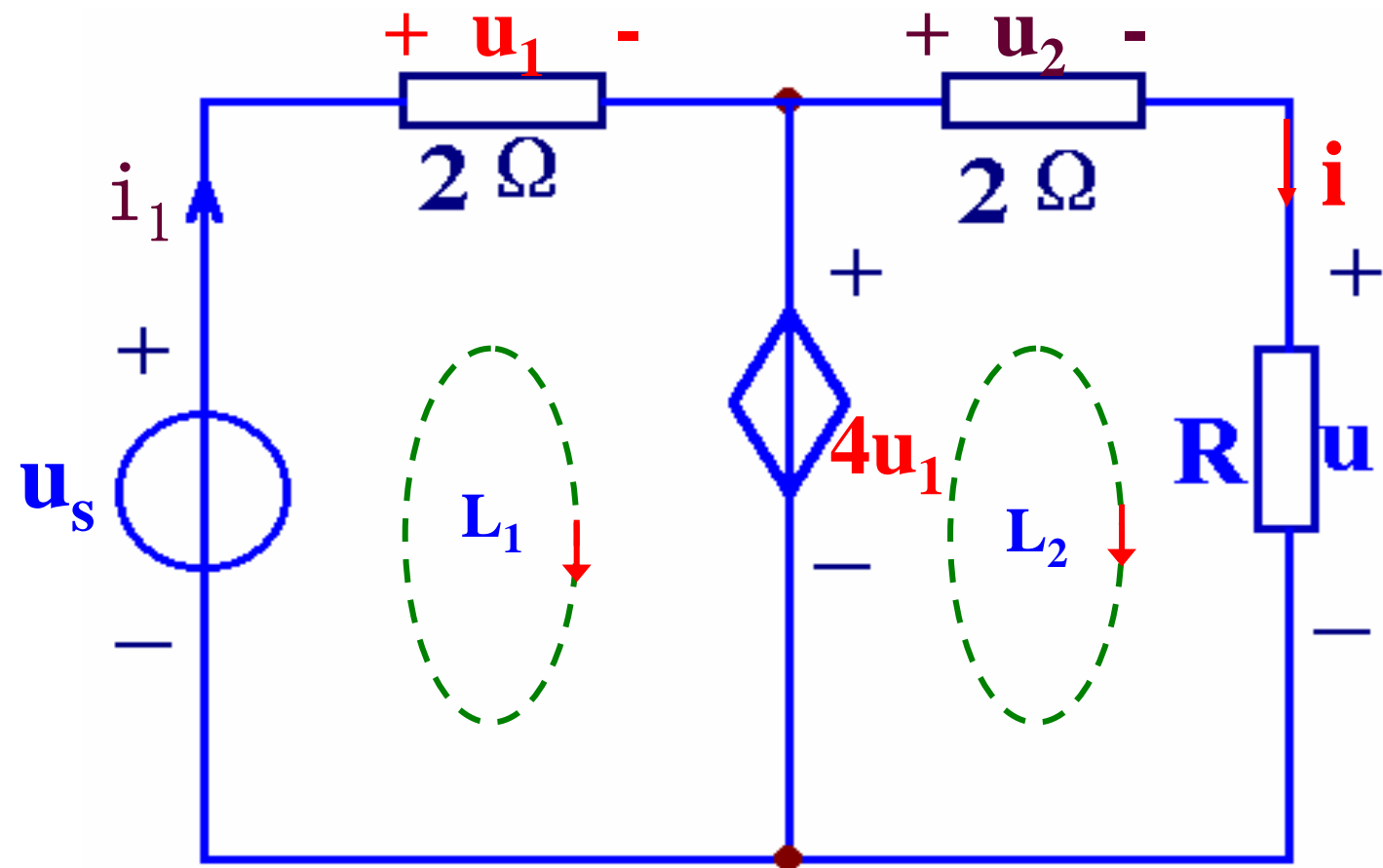
由KVL, 有

$$U_1 = 3U_1 - RI_1$$

故  $R = 8\Omega$



**练习题：** 1. 图示电路， $i_1 = 3\text{A}$ ， $u_2 = 4\text{V}$ 。求电流  $i$ 、电压  $u$ 、 $u_s$  和电阻  $R$ ，并求电源、受控源发出的功率。



$$u_s = 30\text{V}$$

$$u = 20\text{V}$$

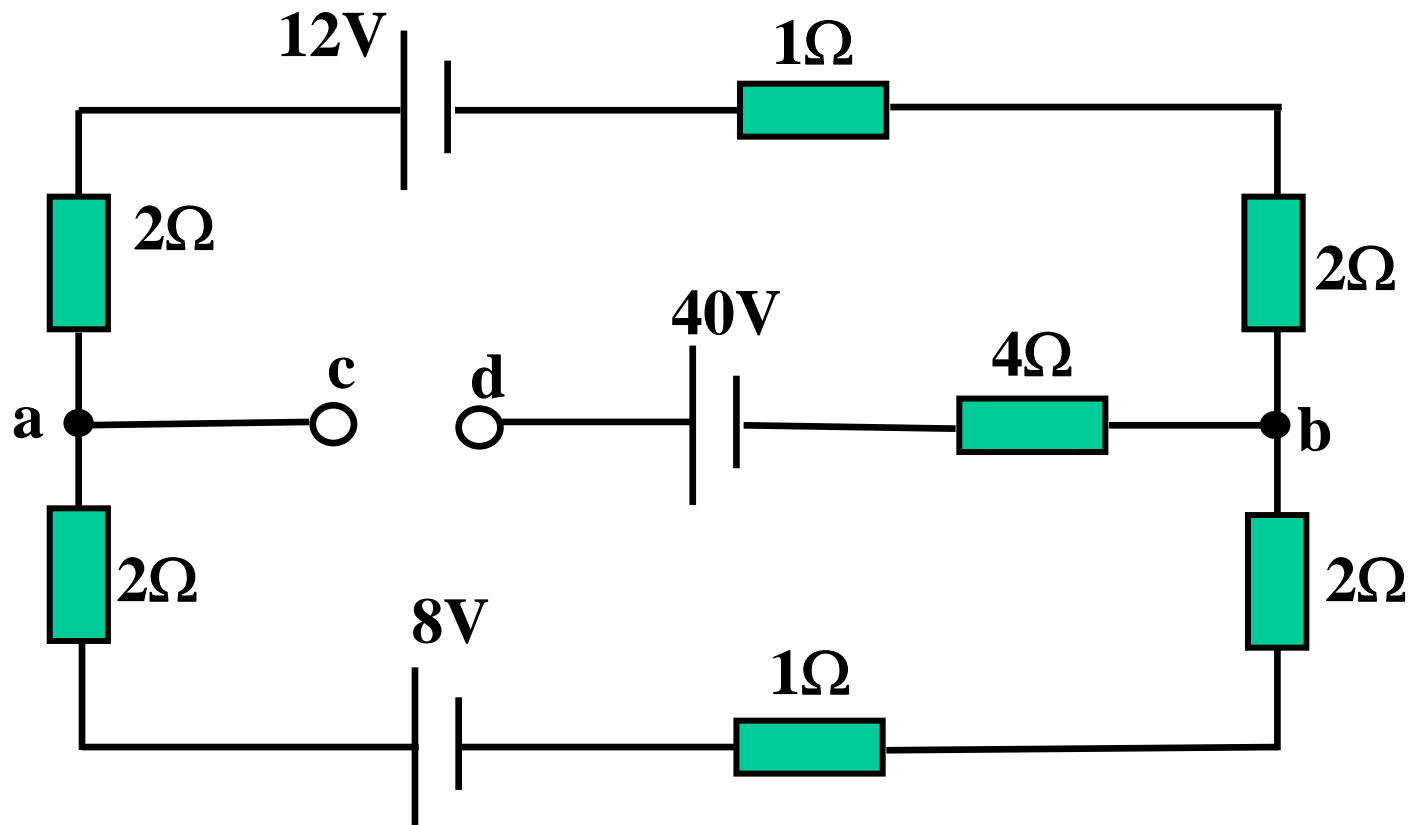
$$i = 2\text{A}$$

$$R = 10\Omega$$

$$P_{us} = 90\text{W}$$

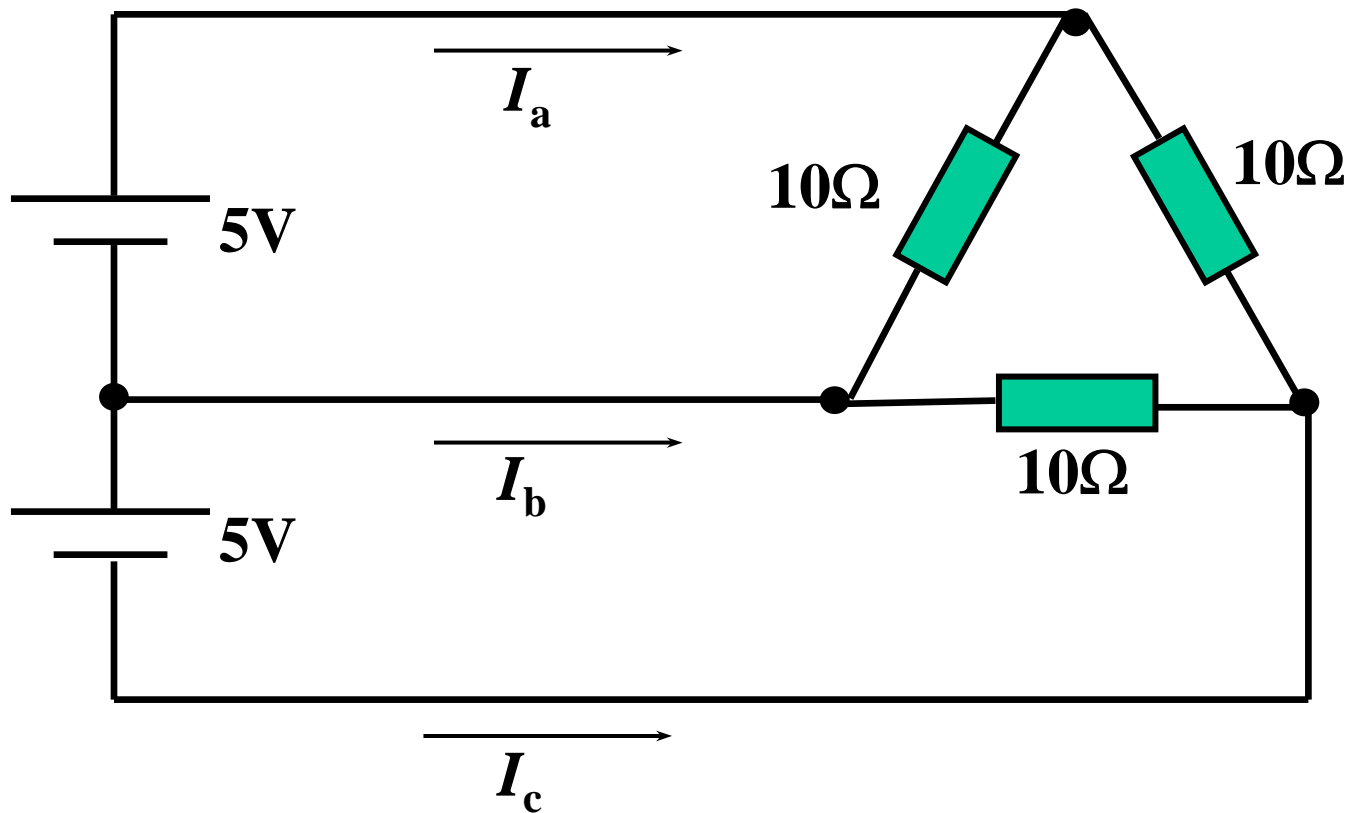
$$P_{4u_1} = -24\text{W}$$

2. 图示电路，求 $U_{ab}$ 和 $U_{cd}$ 。(10V, -30V)





3. 图示电路, 求  $I_a$ ,  $I_b$  和  $I_c$ 。(1.5A, 0A, -1.5A)



# 本章要点:

## 1 电路及电路模型:

电路作用、分类、理想元件、理想电路模型

## 2 电路分析基本变量

定义、大小、单位；方向：关联参考方向

## 3 基尔霍夫定律

**KCL**、**KVL**内容、推广形式、物理意义

## 4 电路常用元件

无源元件（电阻、电感、电容）；

有源元件（理想电压源、理想电流源）；

受控源（**VCCS**、**CCCS**、**VCVS**、**CCVS**）