



JINGJIA CIRCUIT

# 电路基础

空间科学与技术学院  
贾 静



## 1.5 电阻元件

➤ **教学内容：** 电阻元件的定义与分类

欧姆定律

电阻元件消耗的功率

➤ **教学要求：** 理解欧姆定律及其应用范围

能计算电阻消耗的功率



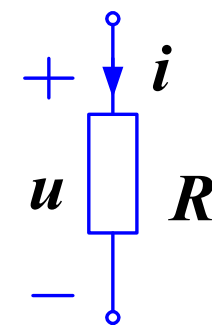
电路中最简单、最常用的元件是二端电阻元件，它是实际二端电阻器件的理想模型。

### 1.5.1 电阻元件的定义

若一个二端元件在任意时刻，其上电压和电流之间的关系(Voltage Current Relation, 缩写为VCR), 能用 $u \sim i$ 平面上过原点的曲线表示, 即有代数关系

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

则此二端元件称为电阻元件。



电阻元件的  
电路符号

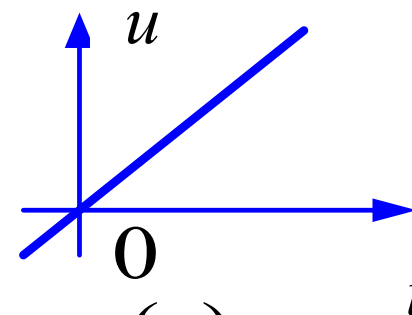
元件上的电压电流  
关系VCR也常称为伏安  
关系(VAR)或伏安特性



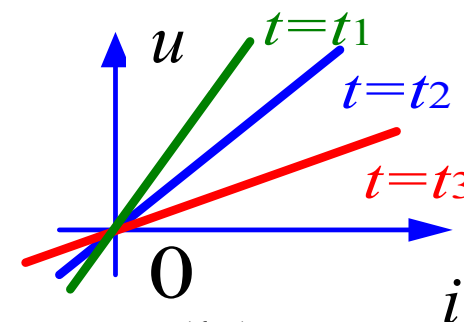
## 1.5.2 电阻元件的分类

- a) 如果电阻元件的VCR在任意时刻都是通过 $u \sim i$ 平面坐标原点的一条直线，则称该电阻为**线性时不变电阻**，其电阻值为常量，用 $R$ 表示。
- b) 若直线的斜率随时间变化，则称为**线性时变电阻**。
- c) 若电阻元件的VCR不是线性的，则称此电阻是**非线性电阻**。

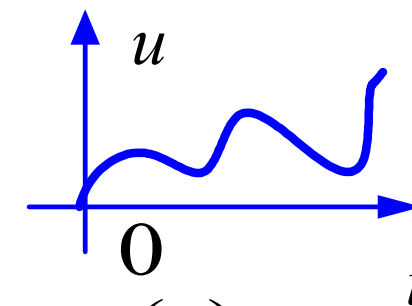
本书重点讨论线性时不变电阻，简称为**电阻**。



(a)



(b)

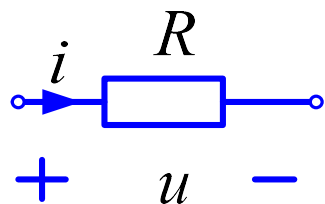


(c)

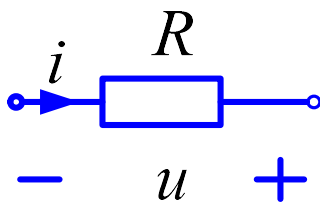


### 1.5.3 欧姆定律 (OL)

对于（线性时不变）电阻，其VCR由欧姆定律(Ohm's Law)确定。



$u$ 与 $i$ 关联时  
 $u(t) = R i(t)$



$u$ 与 $i$ 非关联时  
 $u(t) = - R i(t)$

应用OL时注意:

- 1) 只适用于线性电阻，非线性电阻不适用；
- 2) 电阻上电压电流参考方向的关联性。

电阻的单位为：欧[姆]( $\Omega$ )。常见的电阻单位还有毫欧( $\text{m } \Omega$ )、千欧( $\text{k } \Omega$ )和兆欧( $\text{M } \Omega$ )。

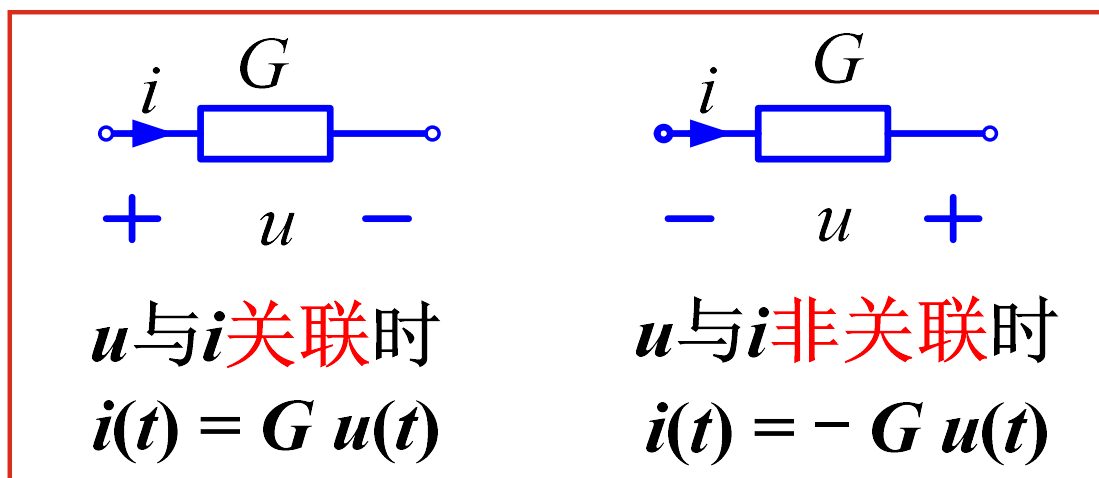
电阻的倒数称为**电导**(conductance), 用 $G$ 表示, 即  $G = 1/R$ 。

导的单位是: **西[门子](S)**。

电阻是用来描绘元件“阻碍”电流流通能力的。

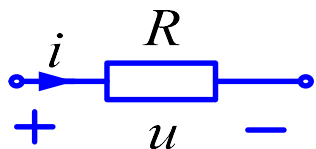
电导是用来描绘元件“导通”电流流通能力的。

用电导表示的欧姆定律为:





## 1.5.4 电阻元件消耗功率



$$p(t) = ui = i^2 R = u^2 G$$

对于正电阻R来说，吸收的功率总是大于或等于零。

**例1** 阻值为 $2\Omega$ 的电阻上的电压、电流参考方向关联，已知电阻上电压

$u(t) = 4\cos t$  (V)，求其上电流 $i(t)$ 和消耗的功率 $p(t)$ 。

**解：**因电阻上电压、电流参考方向关联，由OL得其上电流

$$i(t) = u(t) / R = 4\cos t / 2 = 2\cos t \text{ (A)}$$

消耗的功率  $p(t) = R i^2(t) = 8 \cos^2 t$  (W)。



## 1.5.5 思考

- 1) 电阻值随时间 $t$ 变化的电阻称时变电阻，对于线性、时变电阻，欧姆定律也是适用的，对吗？并说明理由。
- 2) 有人联想：若二端元件上电压 $u$ 、电流 $i$ 参考方向关联，其关系曲线为 $u$ - $i$ 平面上处在Ⅱ、Ⅳ象限过坐标原点的直线，称这样的电路元件为负电阻，而且对这样的负电阻欧姆定律也适用，对吗？
- 3) 线性电阻有两种特殊情况，即 $R=0$ 和 $R=\infty$ 的情况，其伏安特性有何特点？



## 1.5.6 常见电阻



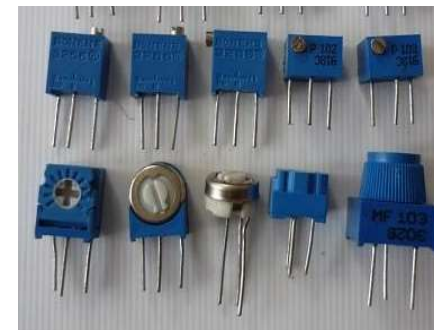
色环电阻



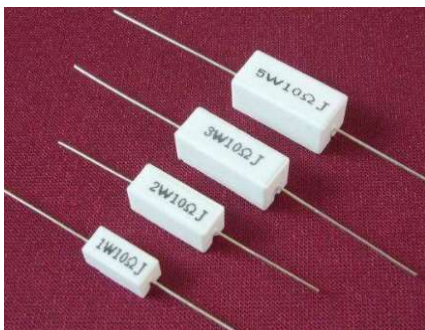
贴片电阻



敏感电阻



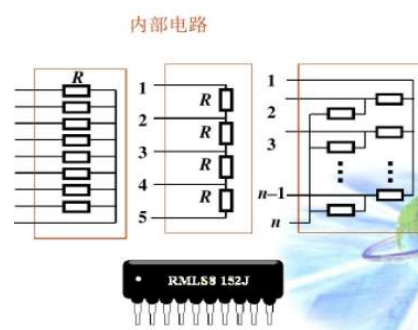
可变电阻：电位器



水泥电阻



绕线电阻

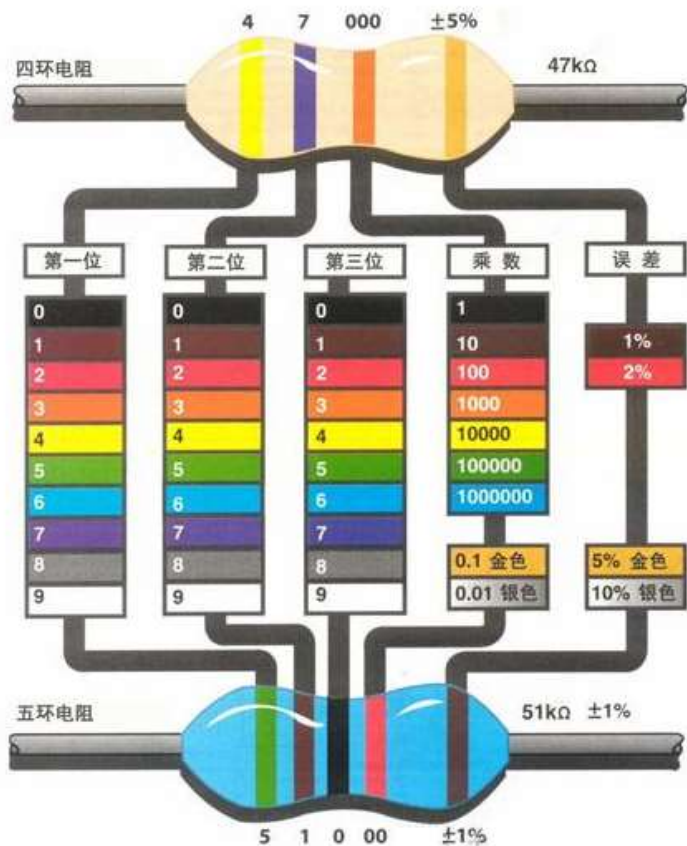


排电阻



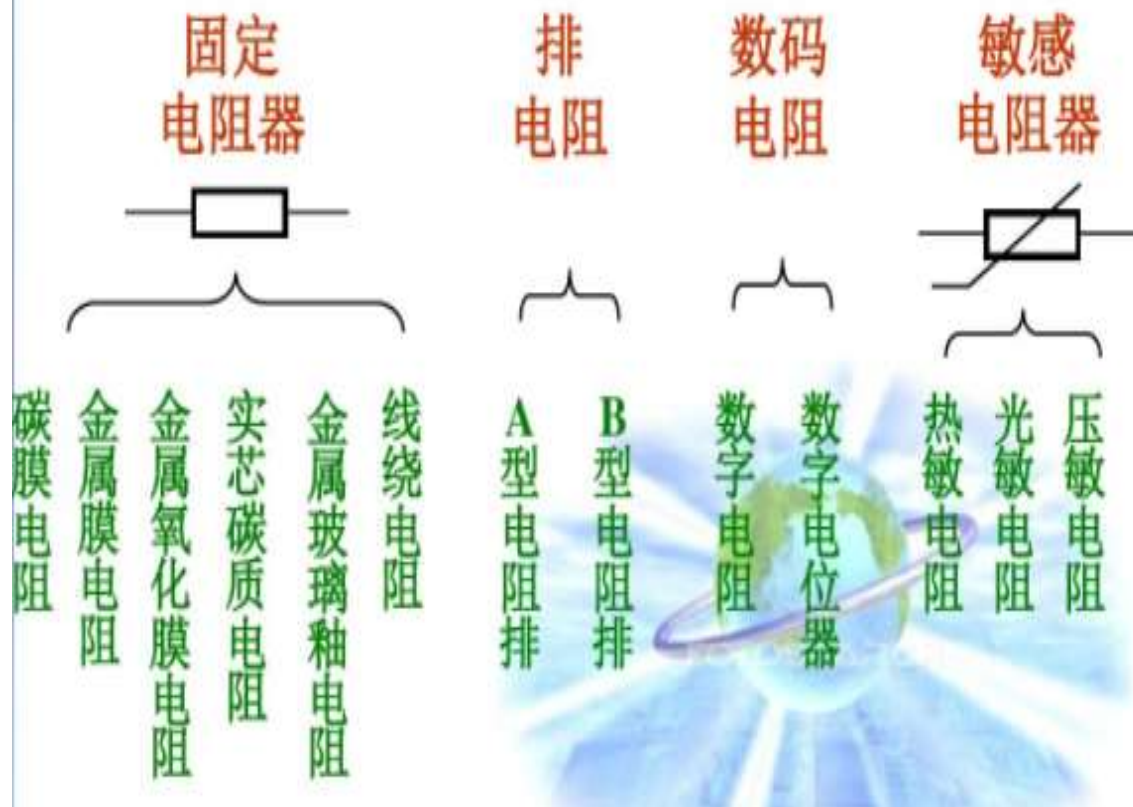
带散热铝壳的电阻

## 电阻器色环对照表



SXPI

## 电阻器的分类



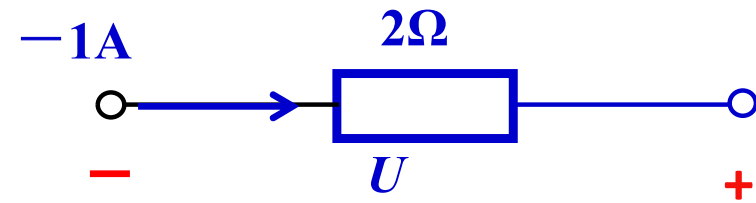
•  $U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

A

$2\text{V}$

B

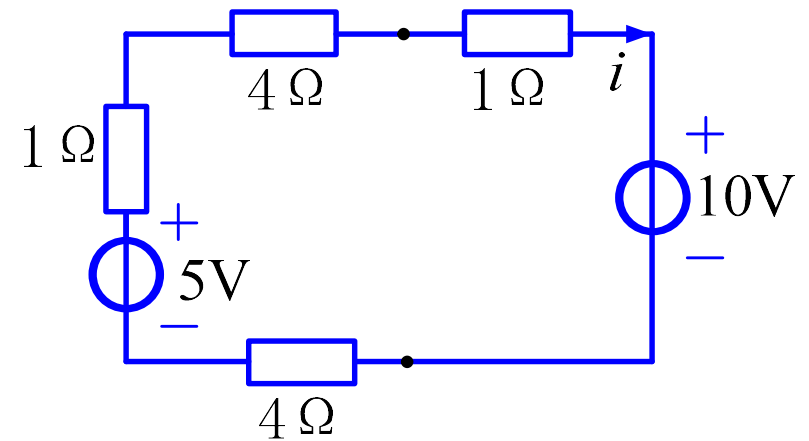
$-2\text{V}$



提交

如图所示电路，则 $i =$ \_\_\_\_\_A

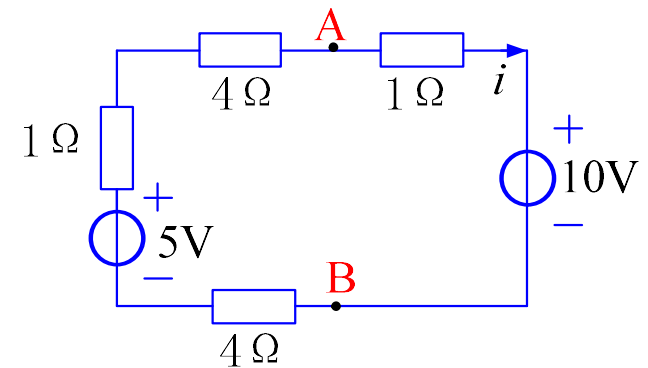
- ☐ A 0.5
- ☒ B -0.5
- ☐ C 1.5
- ☐ D -1.5



提交

如图所示电路，则  $U_{AB} = \underline{\hspace{2cm}} V$

- ☒ A 9.5
- ☐ B 10
- ☐ C 10.5
- ☐ D 5



提交



## 1.6 独立源

➤ 教学内容：独立电压源和独立电流源

电路的数值极性表示法

➤ 教学要求：理解独立电源的特性

理解节点电位与电压的关系



## 1.6.1 理想独立源的元件模型

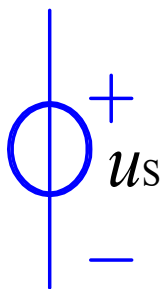
任何一种实际电路必须由电源提供能量。实际中的电源各种各样，本节要讲的独立电源，也称理想电源，是在一定的条件下从各种实际电源抽象而定义的一种理想化模型。

独立电源 { 独立电压源，简称电压源(Voltage Source)  
独立电流源，简称电流源(Current Source)

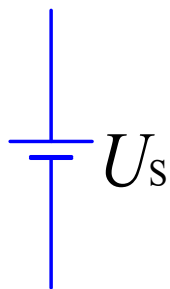


## 一、独立电压源

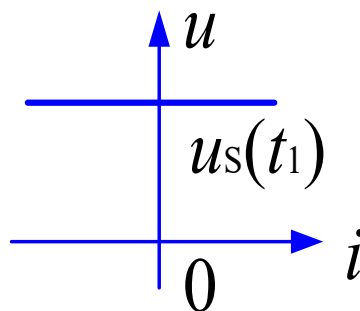
不管外部电路如何，其两端电压总能保持定值（直流源）或给定的时间函数（交流源）的电源称为独立电压源。若 $u_s(t)$ 是不随时间变化的常数，即是直流电压源。



电压源符号  
(a)



电池符号  
(b)



伏安特性  
(c)



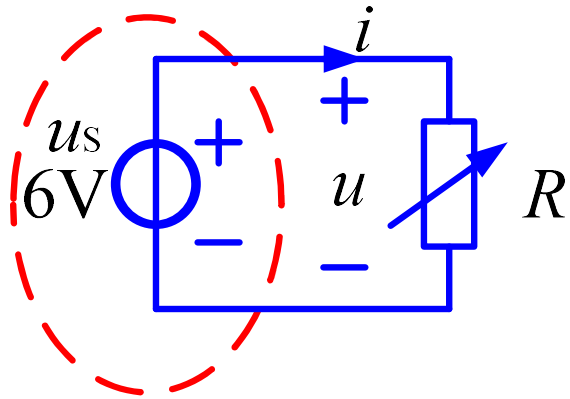
$$\begin{cases} u(t) = u_s(t), \forall t \\ i(t) \text{任意} \end{cases}$$

$u_s(t)$ 为独立电压源的电压，“+”，“-”是它的参考极性。





## 例



$$\begin{aligned} R = \infty, & \quad u = 6\text{V}, \quad i = 0 (\text{开路}) \\ R = 6\ \Omega, & \quad u = 6\text{V}, \quad i = 1\ \text{A} \\ R = 3\ \Omega, & \quad u = 6\text{V}, \quad i = 2\ \text{A} \\ R \downarrow 0, & \quad u = 6\text{V}, \quad i \uparrow \infty \end{aligned}$$

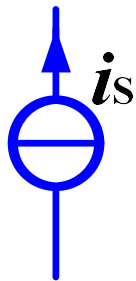
**$i$ 无穷大!  
功率无穷大!**

## 2) 说明

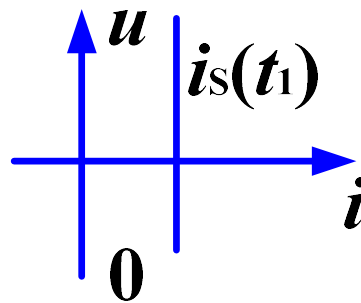
- ① 电压源的电压与流过它的电流方向大小无关，当 $u_s = 0$ ，电压源 相当于短路。
- ② 电压源的电压由其自身决定的，流过的电流由电压源与外电路共同决定。
- ③ 理想电压源可以产生**无穷大功率**！这种理想的电压源在实际中是**不存在的**！
- ④ 电压源**不允许短路!!!**

## 二、独立电流源

不管外部电路如何，其提供电流总能保持定值（直流源）或给定的时间函数（交流源）的电源称为独立电流源。若 $i_s(t)$ 是不随时间变化的常数，即是直流独立电流源。



电流源符号



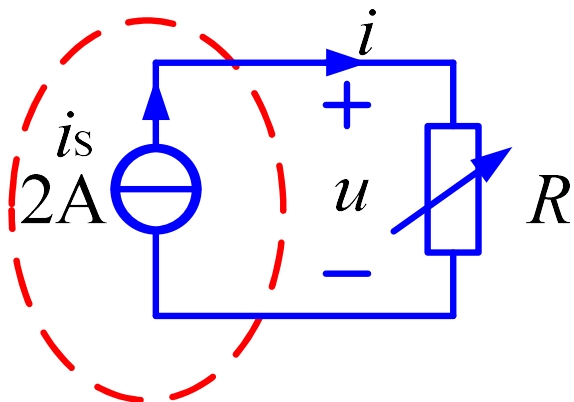
伏安特性



$$\left\{ \begin{array}{l} i(t) = i_s(t) , \quad \forall t \\ u(t) \text{任意} \end{array} \right.$$



例



$R = 0 \Omega$  (短路),  $i = 2A$ ,  $u = 0V$

$R = 3\Omega$ ,  $i = 2A$ ,  $u = 6V$

$R = 6\Omega$ ,  $i = 2A$ ,  $u = 12V$

$R \uparrow \infty$  (开路),  $i = 2A$ ,  $u \uparrow \infty$

$u$  无穷大!!!  
功率无穷大!!!

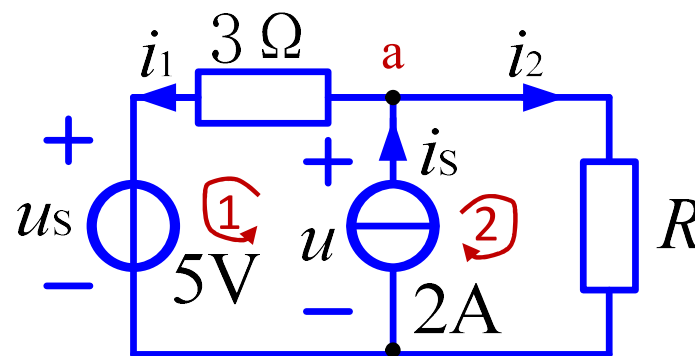
## 2) 说明

- ① 其上电流是定值或时间的函数，与它两端的电压无关。当  $i_s = 0$ ，电流源相当于开路。
- ② 电流源的电流是由它本身决定的，其上的电压由电流源与外电路共同决定。
- ③ 理想电流源可以产生无穷大功率！这种理想电流源实际中不存在。
- ④ 电流源不允许开路！



### 三、举例

例1 如图电路，已知 $i_2 = 1\text{A}$ ，试求电流 $i_1$ 、电压 $u$ 、电阻 $R$ 和两电源产生的功率。



**解：**在节点a处，由KCL得： $i_1 = i_s - i_2 = 1\text{A}$

在回路1，由KVL得： $u = 3 i_1 + u_s = 3 + 5 = 8(\text{V})$

在回路2，由OL得： $R = u / i_2 = 8 / 1 = 8\Omega$

则电流源 $i_s$ 产生的功率： $P_1 = u i_s = 8 \times 2 = 16 (\text{W})$

电压源 $u_s$ 产生的功率： $P_2 = - u i_1 = - 5 \times 1 = - 5 (\text{W})$

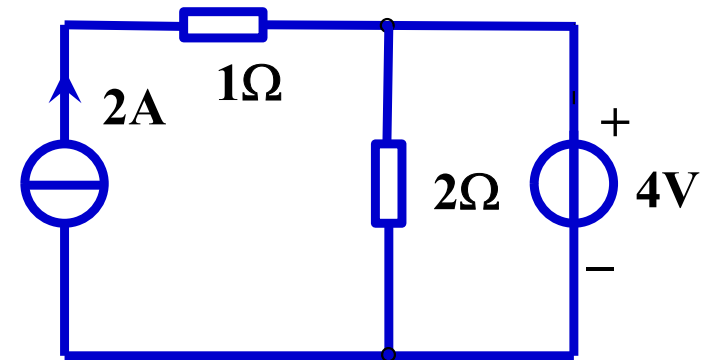
电流源产生16W的功率！

电压源吸收5W的功率！

**结论：**独立源可能产生功率，也可能吸收功率。

$P_{us发} = \underline{\hspace{2cm}} W$

- ☒ A 0
- ☐ B 1
- ☐ C 2
- ☐ D 3



提交



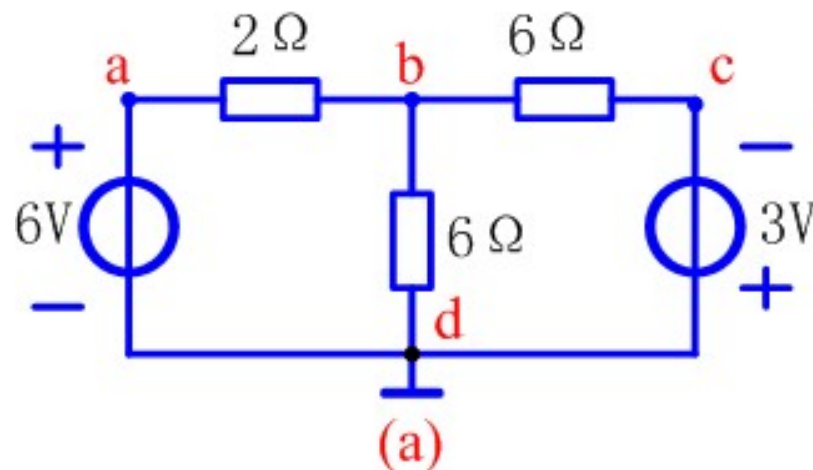
## 四、电路的数值极性表示

### 1. 参考点——零电位点

- ◆ 在电力系统中，常选大地为参考点。
- ◆ 在电子线路中，常规定一条公共导线作为参考点，这条公共导线常是众多元件的汇集点。
- ◆ 在电路分析中，常常指定电路中的某节点为参考点。
- ◆ 参考点用接地符号“ $\perp$ ”表示。

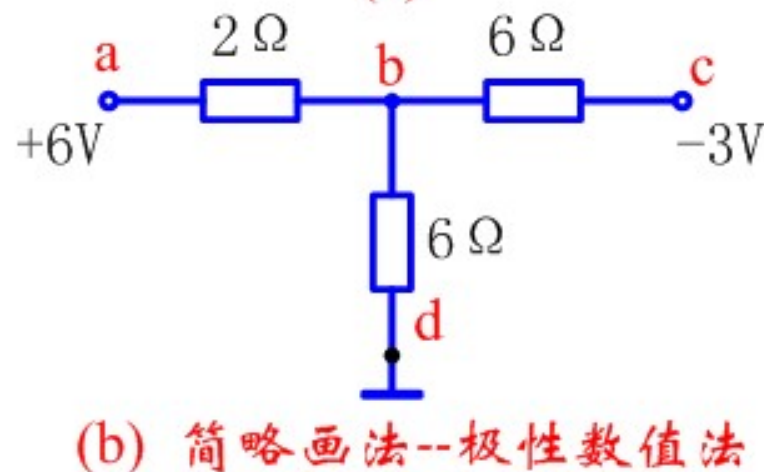
## 2. 节点电位与零电位点

如图(a)，选d为参考点，b节点的电位即为b点至参考点d的电压降 $u_{bd}$ ，可记为 $u_b$ 。参考点又称为“零电位点”。

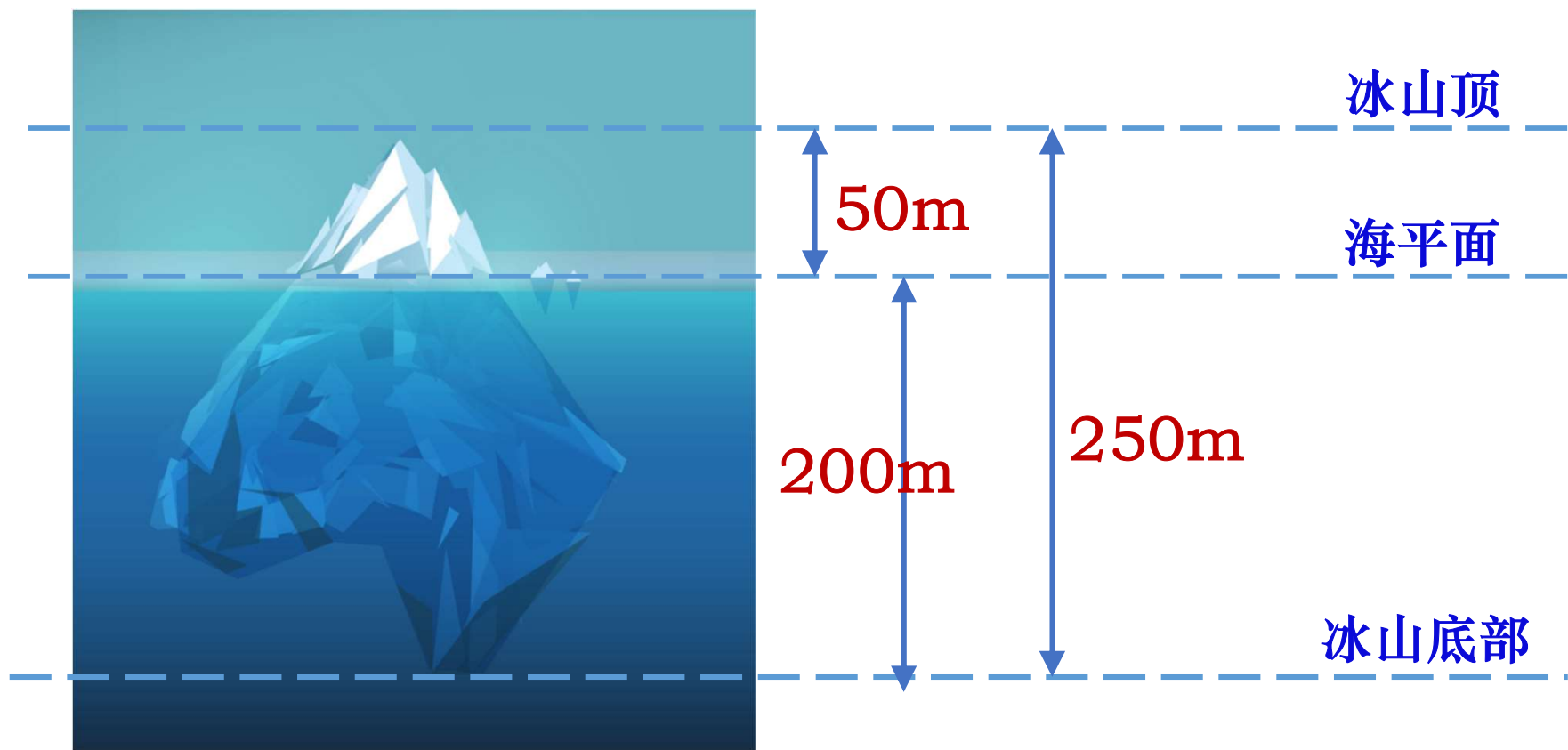


## 3. 电路的数值极性法表示

根据以上特点，电子线路中常用一种简化的习惯画法—**极性数值法**，来简画有一端接地的电压源，如图(b)所示。



## 4. 电压与电位的关系



若以海平面为参考点 (0m) :  
冰山顶高50m, 冰山底高  
-200m, 冰山总高度为250m。

若以冰山底部为参考点 (0m) :  
冰山顶高250m, 冰山底高 0m,  
冰山总高度为250m。

参考点可任意选取, 冰山总高度与参考点无关。



## 4. 电压与电位的关系

电位是某节点相对参考点的电位差。

电压是两点之间的电位差。

若选d为参考点：

d点电位是  $u_d = 0$  b点电位是  $u_a = 6V$

ab两点之间的电压是

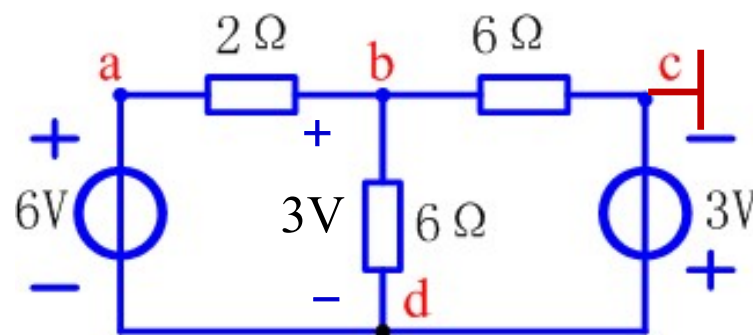
$$u_{ab} = u_a - u_b = 6 - 3 = 3V$$

若选c为参考点：

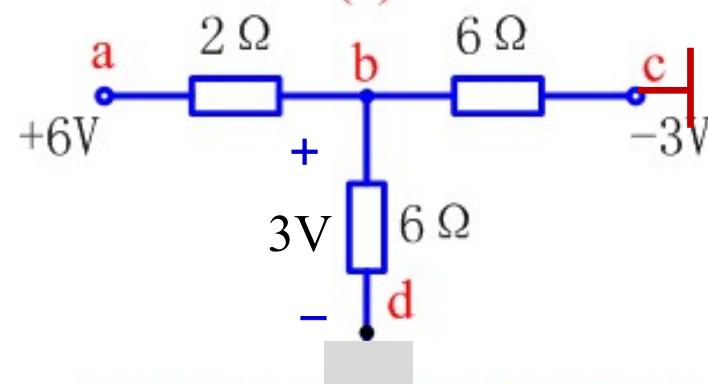
c点电位是  $u_c = 0$  d点电位是  $u_d = 3V$

ab两点之间的电压是

$$u_{ab} = u_a - u_b = 9 - 6 = 3V$$



(a)



(b) 简略画法--极性数值法



## 5. 举例

**例1** 如图电路，求节点电压 $U_a$ 。

**解：**显然有  $i_2 = 0$ ,

因此

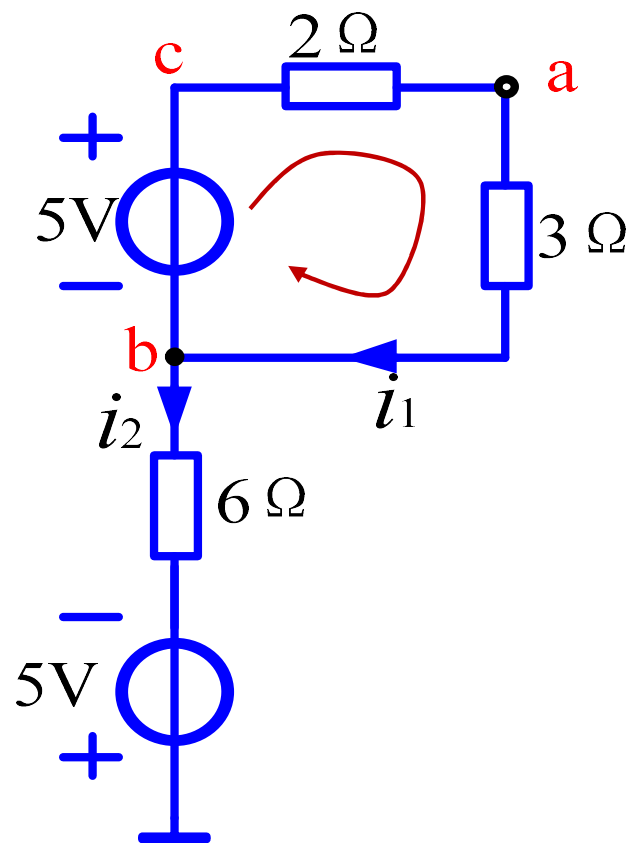
在回路abc中，由KVL和OL列方程得

$$3i_1 - 5 + 2i_1 = 0$$

$$\text{故 } i_1 = 1 \text{ (A)}$$

故

$$U_a = 3i_1 + 6i_2 - 5 = 3 - 5 = -2 \text{ (V)}$$





**例2** 如图电路，若 $R_1 = R_2 = R_3 = R = 1\Omega$ ，求节点电压 $U_a$ 。

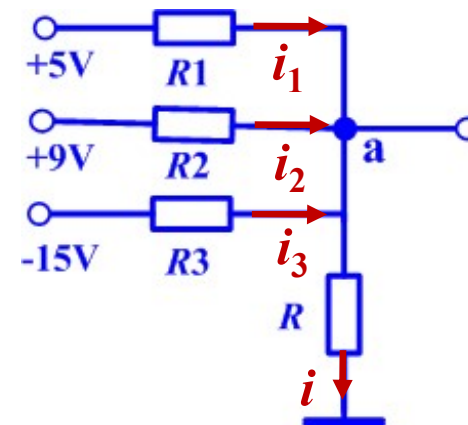
**解：** 设流过电阻 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R$ 的电流分别为  $i_1$ 、 $i_2$ 、 $i_3$ 、 $i$ ，由KVL、KCL和OL列方程得

$$\begin{cases} i_1 = \frac{5 - U_a}{R_1}, i_2 = \frac{9 - U_a}{R_2}, i_3 = \frac{-15 - U_a}{R_3} \\ i = i_1 + i_2 + i_3 \end{cases}$$

从而有

$$\frac{5 - U_a}{R_1} + \frac{9 - U_a}{R_2} + \frac{-15 - U_a}{R_3} = \frac{U_a}{R}$$

解得 $U_a = -0.25V$ 。



## 1.6.2 常见实际电源



电池



开关电源 (输入220V交流, 输出直流, 例如24V)



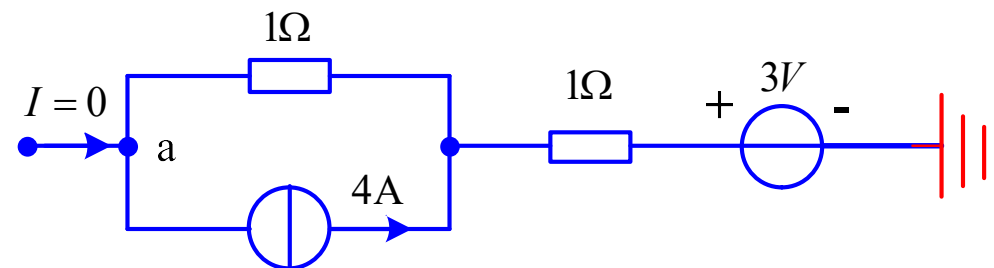
笔记本电源适配器  
(交流转直流)



任意信号发生器  
(信号处理电路中的信号源)

如图所示电路，则a点电位 $U = \underline{\hspace{2cm}}$  V

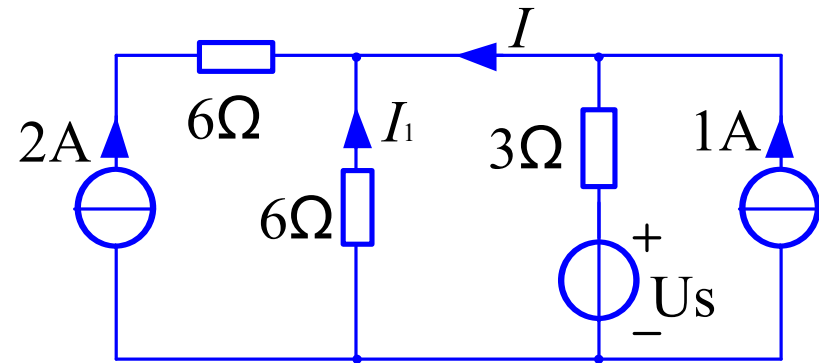
- A -4
- B -1**
- C 1
- D 3



提交

如图所示电路，则  $I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  A

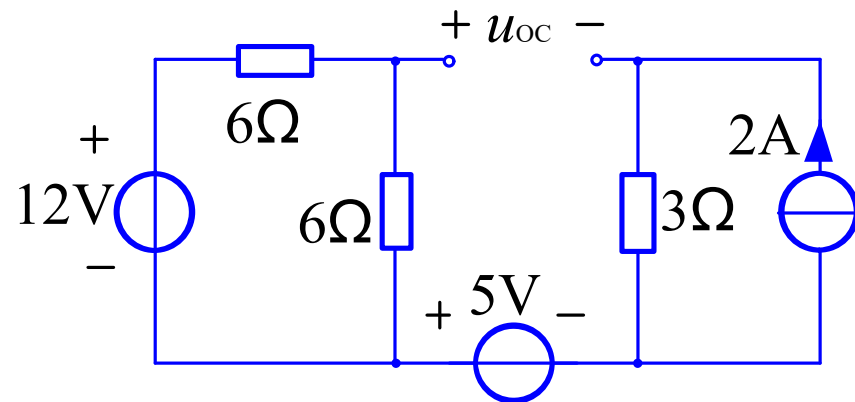
- ☒ A -2
- ☐ B -1
- ☐ C 2
- ☐ D 1



提交

如图所示电路，则 $u_{oc} = \underline{\hspace{2cm}}$  V

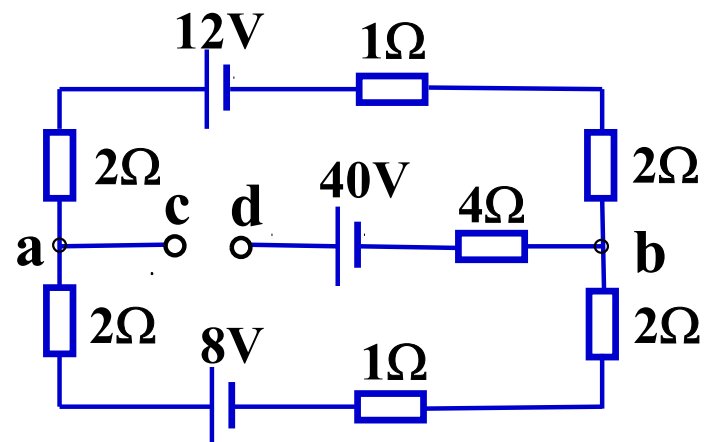
- ☐ A -5
- ☐ B -6
- ☒ C 5
- ☐ D 6



提交

cd两点之间开路，求 $U_{cd}$ = \_\_\_\_\_ V

- ☐ A 10
- ☐ B 50
- ☒ C -30
- ☐ D 28.4

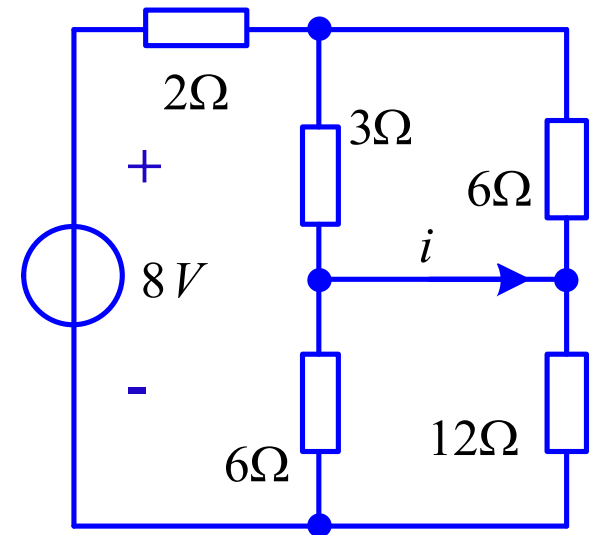


提交



如图所示电路，则  $i =$  \_\_\_\_\_ A

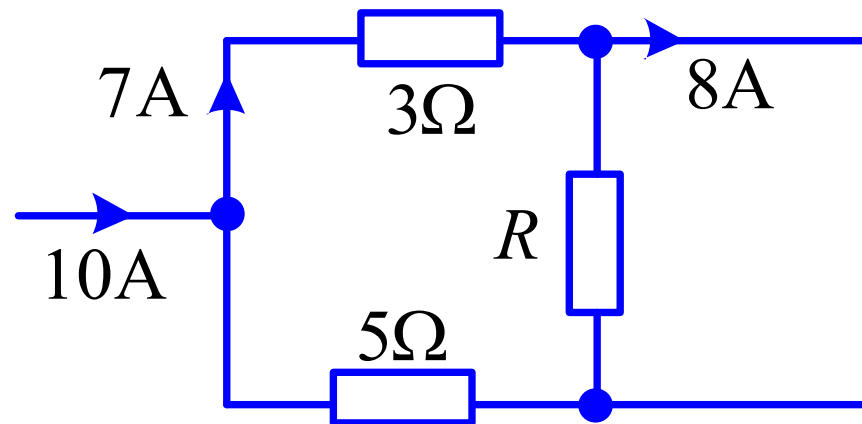
- ☒ A 0
- ☐ B 1
- ☐ C 1
- ☐ D 2



提交

如图所示电路，则  $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

- ☐ A 2
- ☐ B 4
- ☐ C 5
- ☒ D 6



提交



## 6、思考

独立电源特性与  
外电路有关吗？

独立电压源和独立电  
流源是线性元件吗？

独立电源在电路中  
总是提供功率吗？

实验中可以把电压  
源短路吗？

