

刘建丽

13573256227

ljlxy100@163.com

电工学 { 上册 电工技术 (16)
下册 电子技术 (16)

上册：电工技术 { 电路及其分析
磁路与变压器
电机 { 交流电机
直流电机
控制电机
继电器控制
可编程控制器
工厂供电

电阻电路
R, L, C 电路
正弦交流电路
三相电路

下册：电子技术 { 模拟电子技术
数字电子技术

半导体二极管和三极管
基本放大电路
差动放大电路
集成运算放大电路
放大电路中的反馈
直流稳压电源

逻辑代数基础
组合逻辑电路
触发器
时序逻辑电路

第一章 电路的基本概念与基本定律

1.1 电路的作用与组成部分

1.2 电路模型

1.3 电压和电流的参考方向

1.4 欧姆定律

1.5 电路的工作状态

1.6 基尔霍夫定律

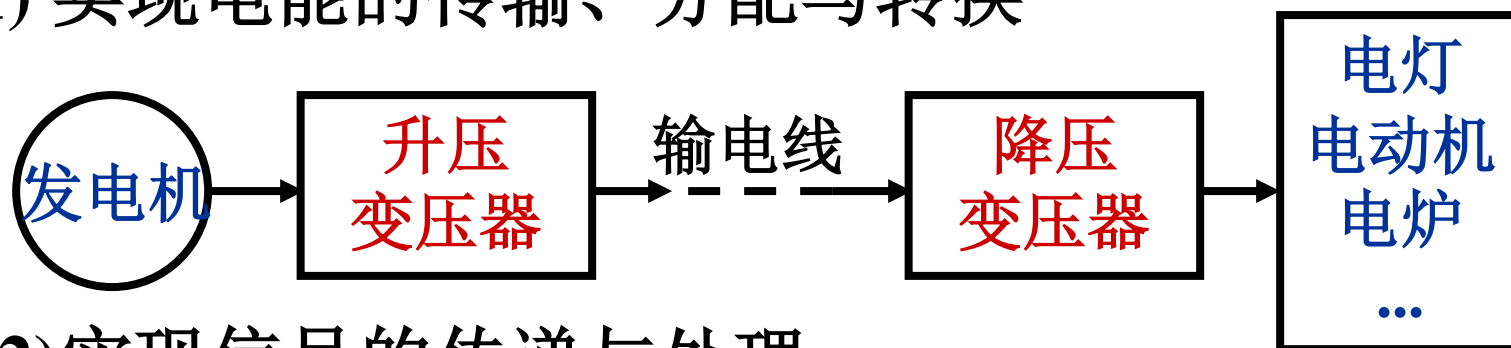
1.7 电位的概念及计算

1.1 电路的作用与组成部分

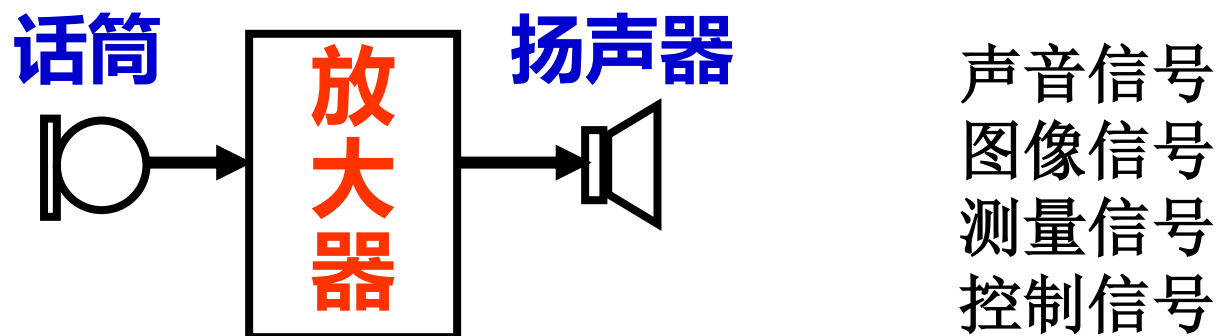
电路(electric circuit)是电流的通路，是为了某种需要由电工设备或电路元件按一定方式组合而成。

一、电路的作用

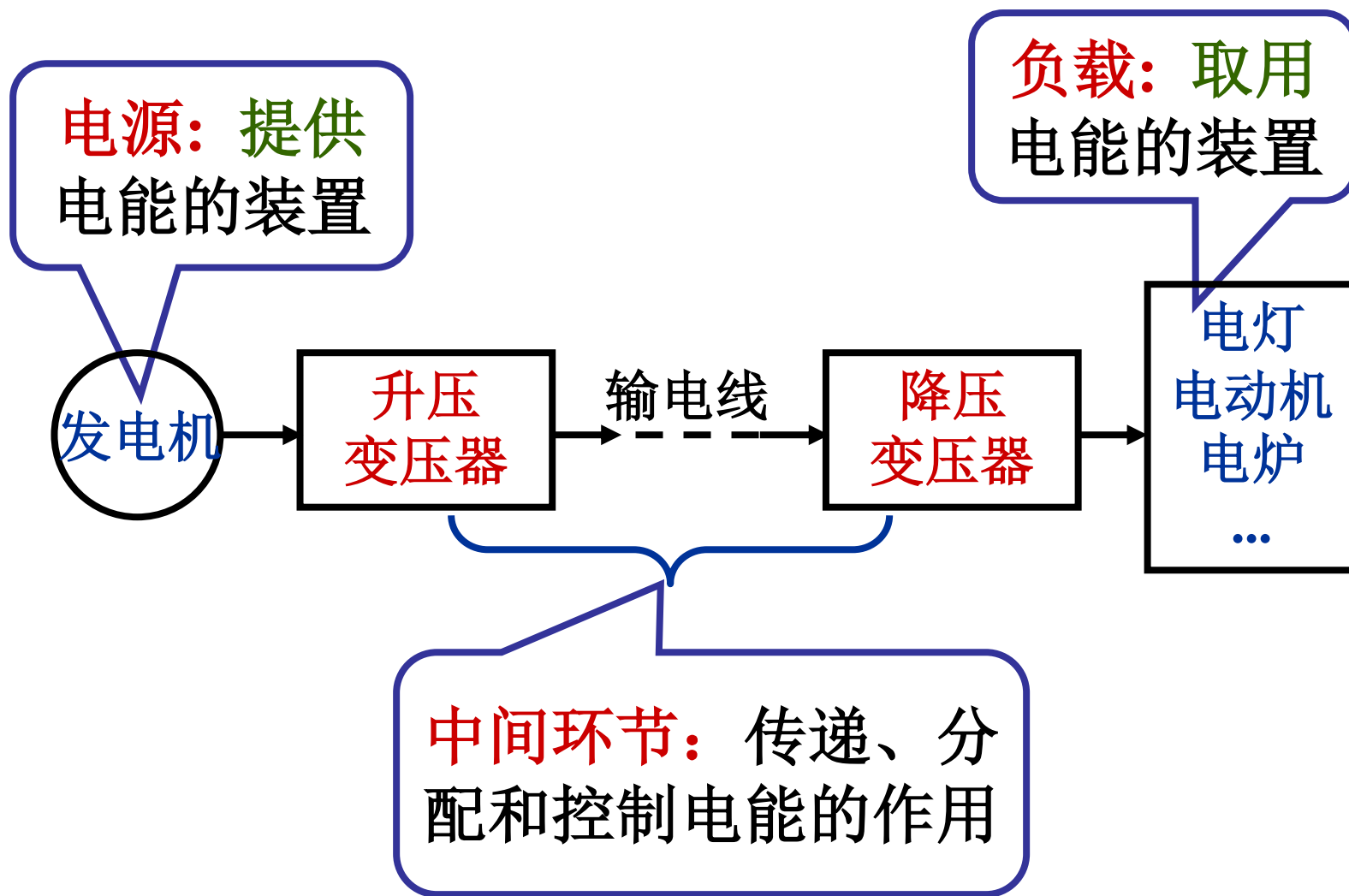
(1) 实现电能的传输、分配与转换



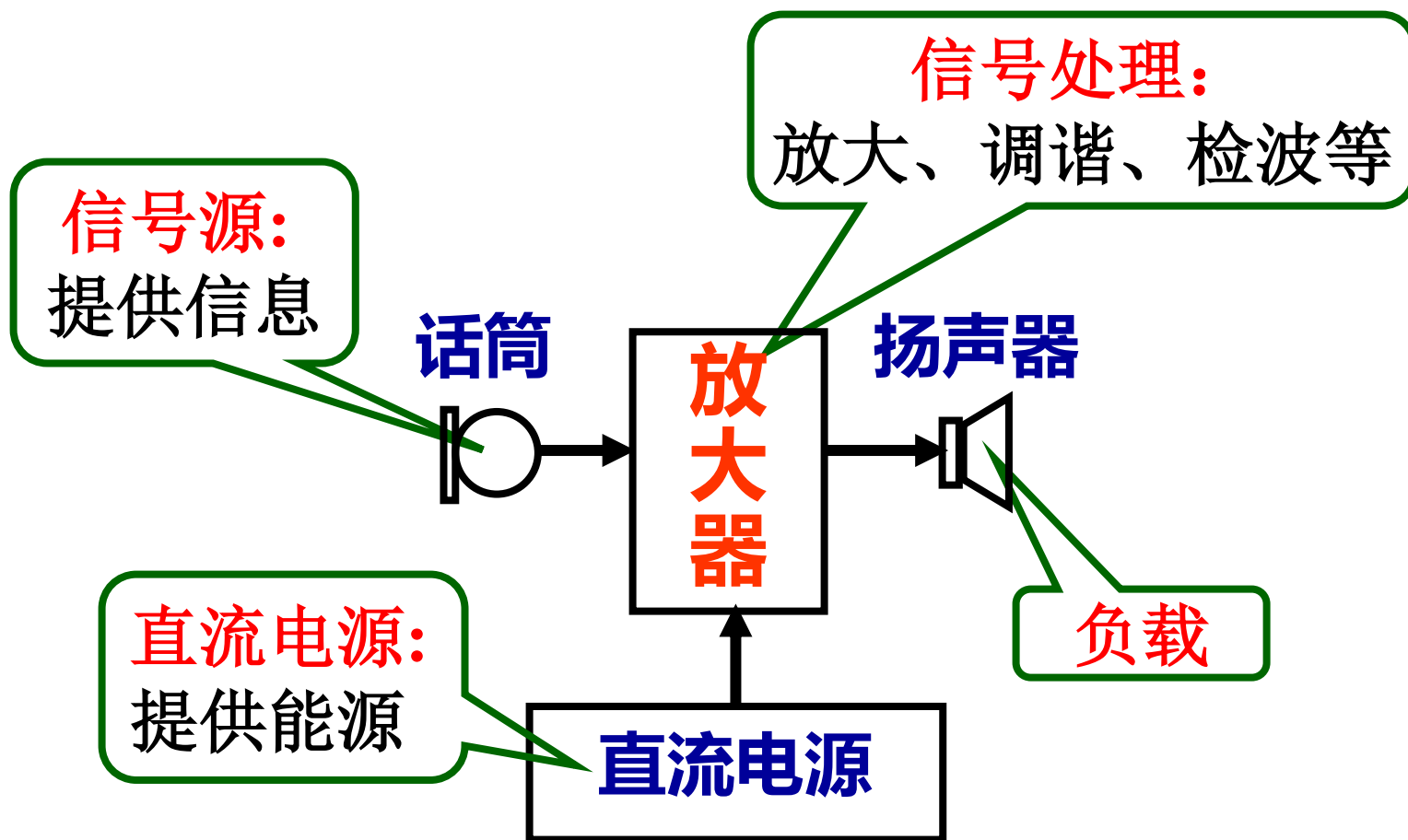
(2) 实现信号的传递与处理



二、电路的组成部分

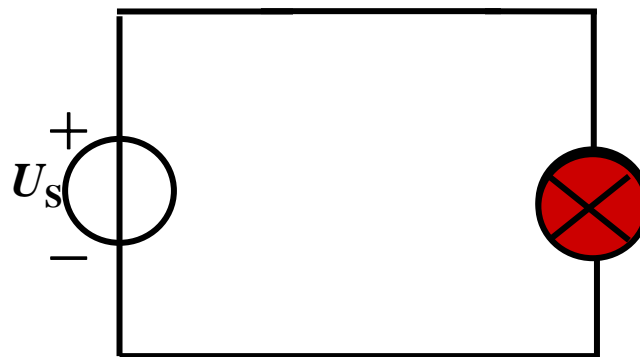
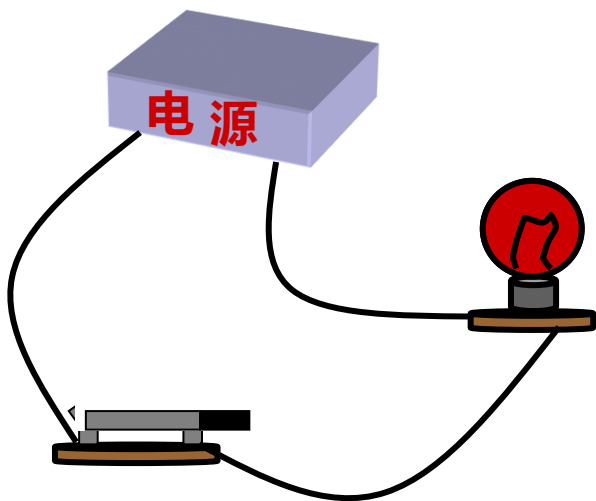


二、电路的组成部分



电源或信号源的电压或电流称为**激励**，它推动电路工作；由激励所产生的电压和电流称为**响应**。

电路——电流流通的路径。



热能、光能、机械能、化学能…

电路的组成

电源：将非电形态的能量转化为电能的供电设备。

— 内电路

如电压源

负载：将电能转化为非电形态的能量的用电设备。

} — 外电路

中间环节：传递、分配和控制电能

如开关、导线、变压器

***一般不希望中间环节产生能量或信号的转换**

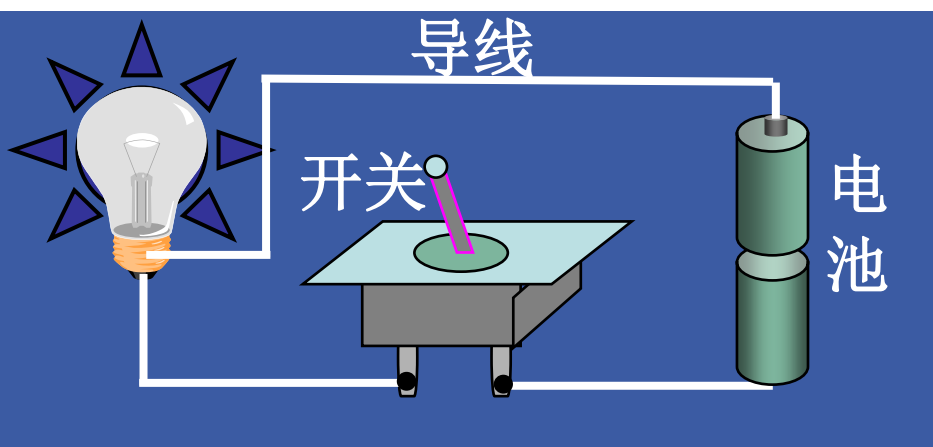
电路： 又称电网络，简称**网络**。还可称**系统**。
分二端网络、三端网络、四端网络等，
或无源网络和有源网络。

1.2 电路模型 (circuit model)

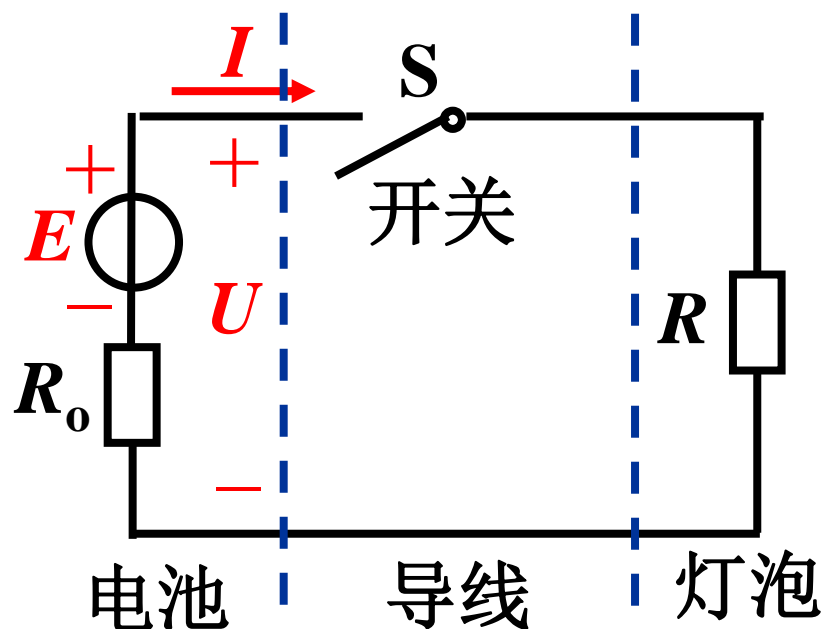
一为便于用数学理想电路元件，所组成的电路，电路模型化，用最能反映电路本质特性的理想电路元件或其组合来模拟实际电路中的器件，从而构成与实际电路相对应的电路模型。

例：手电筒由电池、灯泡、开关和筒体组成。

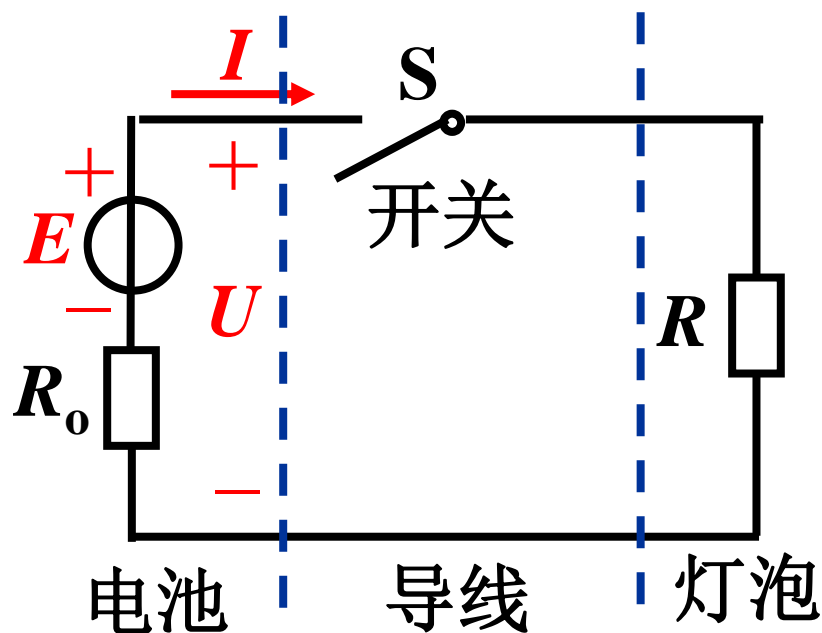
手电筒的实际电路



手电筒的电路模型



手电筒的电路模型



*电路模型只反映实际电路的作用及其相互的连接方式，不反映实际电路的内部结构、几何形状及相互位置。

今后分析的都是指电路模型，简称电路。在电路图中，各种电路元件都用规定的图形符号表示。

电池是电源元件，其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ；

灯泡主要具有消耗电能的性质，是电阻元件，其参数为电阻 R ；

筒体用来连接电池和灯泡，其电阻忽略不计，认为是无电阻的理想导体。

开关用来控制电路的通断。

二、主要的理想电路元件：

电阻元件 (resistor)

电感元件 (inductor)

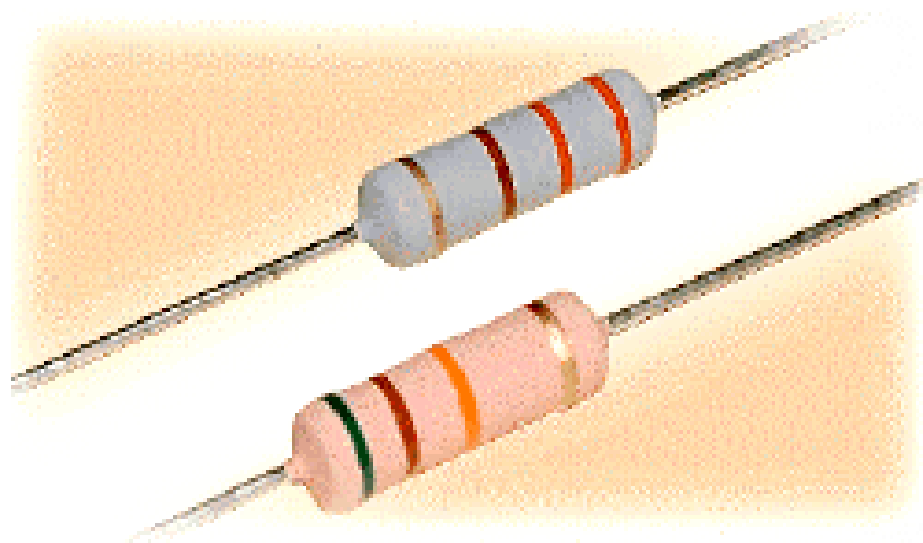
电容元件 (capacitor)

电源元件 (source)

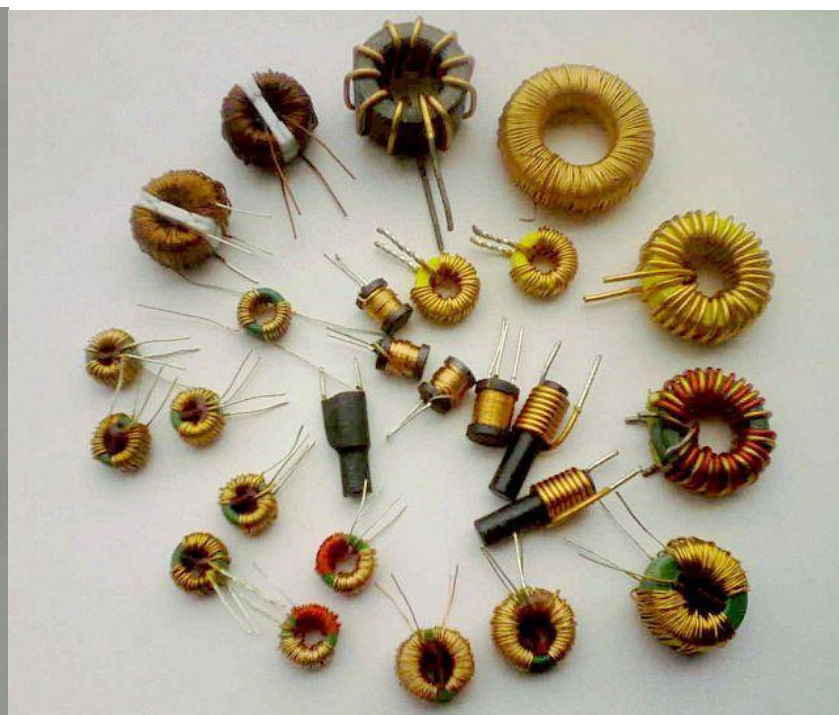
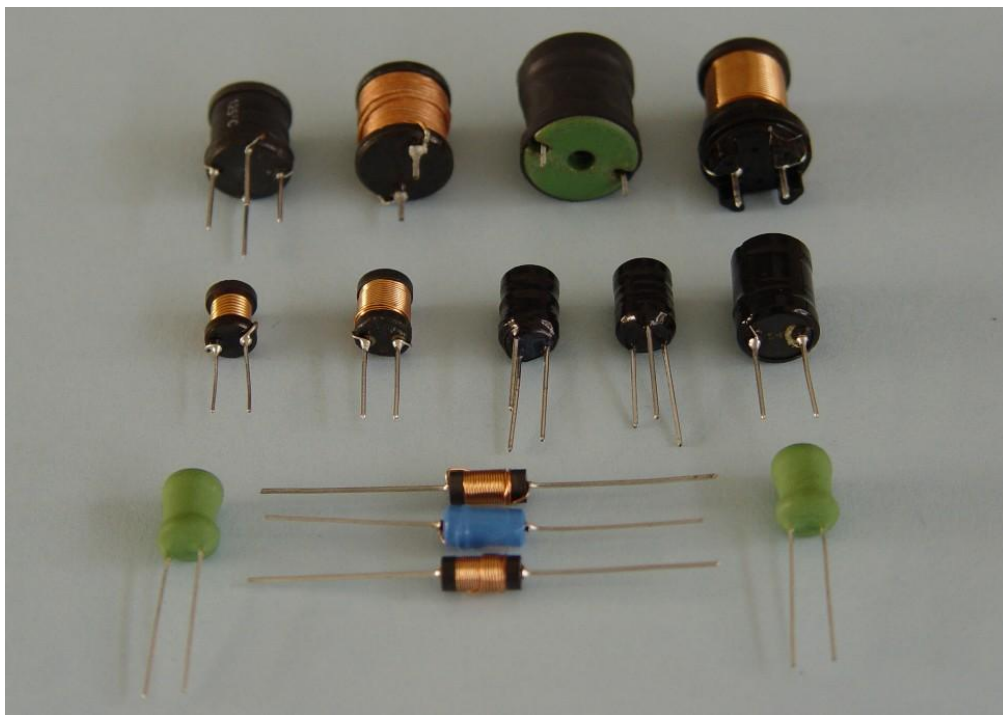
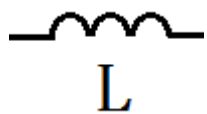
无源元件(passive element)

有源元件(active element)

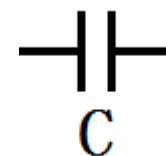
理想电阻元件



理想电感元件



理想电容元件



陶瓷电容



陶瓷电容



色环陶瓷电容



瓷片电容



MKP电容



贴片电容



钽电容



电解电容



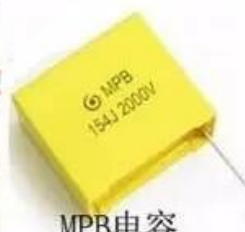
PPN电容



PET电容



MEA电容



MPB电容



PPT电容



电机启动电容



涤纶电容



可调电容



独石电容

★ 1.3 电压和电流的参考方向

一、电路基本物理量的实际方向(actual direction)

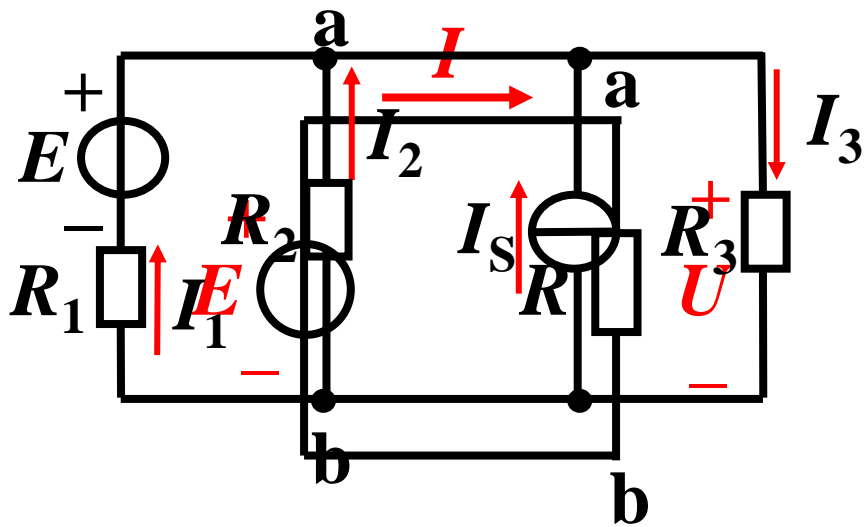
物理中对基本物理量规定的方向

物理量	实 际 方 向	单 位
电流 I	正电荷运动的方向	kA 、 A、 mA、 μ A
电压 U	高电位 \rightarrow 低电位 (电位降低的方向)	kV 、 V、 mV、 μ V
电动势 E	低电位 \rightarrow 高电位 (电位升高的方向)	kV 、 V、 mV、 μ V

二、电路基本物理量的参考方向(reference direction)

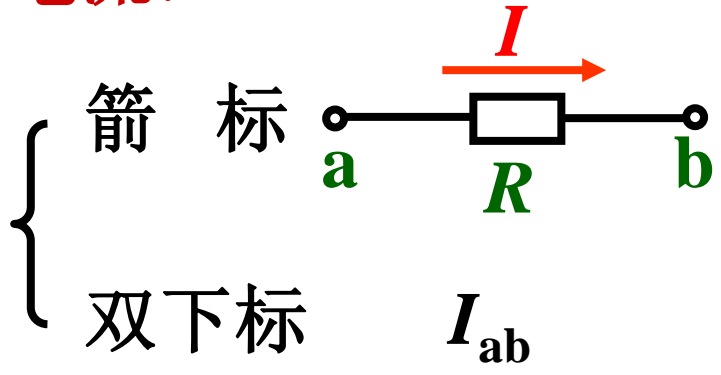
(1) 参考方向

在分析与计算电路时，对电量任意假定的方向。

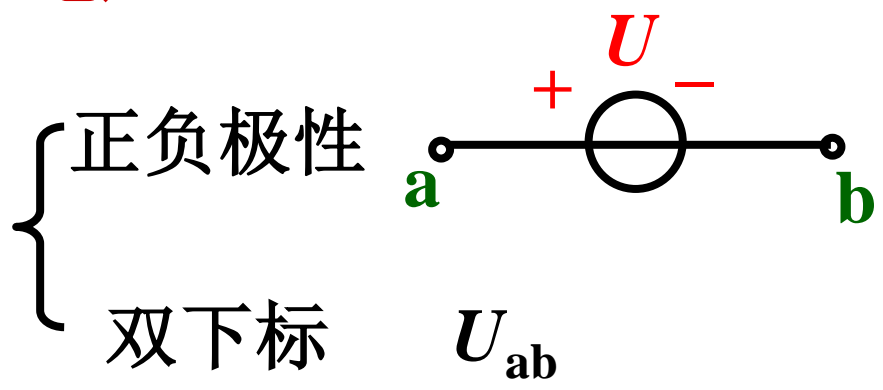


(2) 参考方向的表示方法

电流：



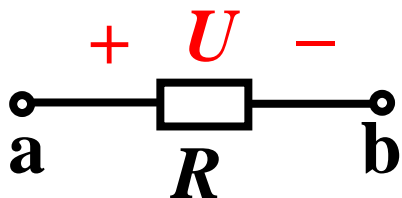
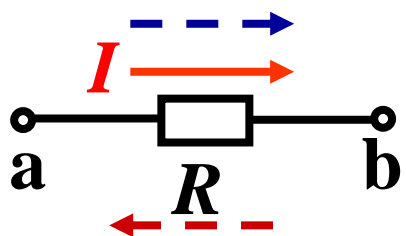
电压：



(3) 实际方向与参考方向的关系

实际方向与参考方向**一致**，电流(或电压)值为**正值**；
实际方向与参考方向**相反**，电流(或电压)值为**负值**。

例：



若 $I = 5\text{A}$ ，则电流从 a 流向 b；

若 $I = -5\text{A}$ ，则电流从 b 流向 a。

若 $U = 5\text{V}$ ，则电压的实际方向从 a 指向 b；

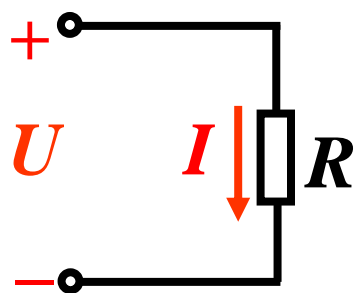
若 $U = -5\text{V}$ ，则电压的实际方向从 b 指向 a。

注意：

在参考方向选定后，电流（或电压）值才有正负之分。

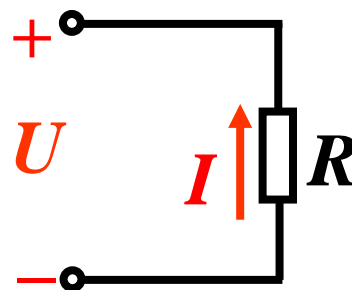
1.4 欧姆定律

U 、 I 参考方向相同时，



$$U = IR$$

U 、 I 参考方向相反时，



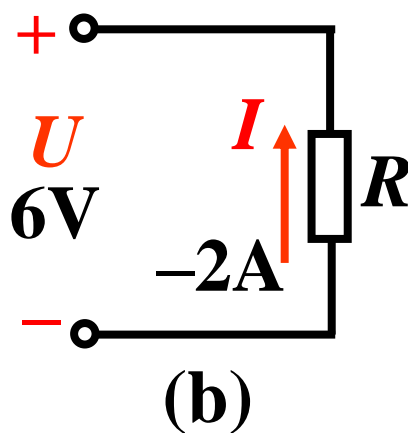
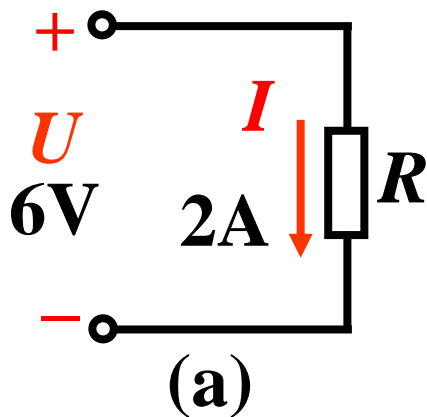
$$U = -IR$$

表达式中有两套正负号：

- ① 式前的正负号由 U 、 I 参考方向的关系确定；
- ② U 、 I 值本身的正负则说明实际方向与参考方向之间的关系。

通常取 U 、 I 参考方向相同。

例：应用欧姆定律对下图电路列出式子，并求电阻 R 。



解：对图(a)有, $U = IR$ 所以: $R = \frac{U}{I} = \frac{6}{2} = 3\Omega$

对图(b)有, $U = -IR$ 所以: $R = -\frac{U}{I} = -\frac{6}{-2} = 3\Omega$

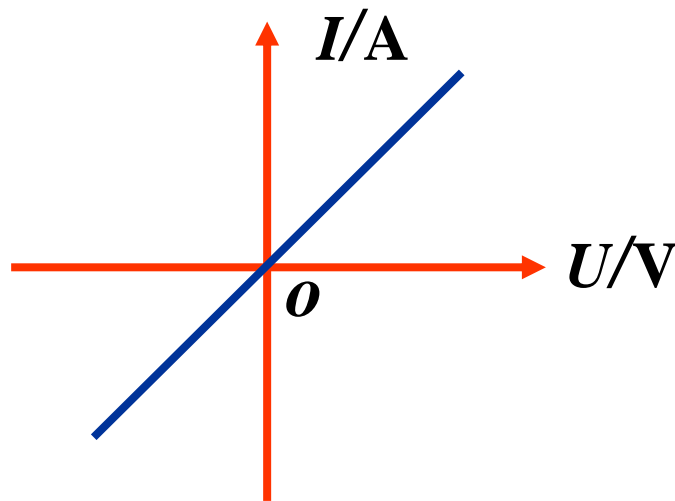
线性电阻的概念：

遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻，它表示该段电路电压与电流的比值为常数。

$$\text{即： } R = \frac{U}{I} = \text{常数}$$

电路端电压与电流的关系称为伏安特性。

线性电阻的伏安特性是一条过原点的直线。



线性电阻的伏安特性

1.5 电路的工作状态

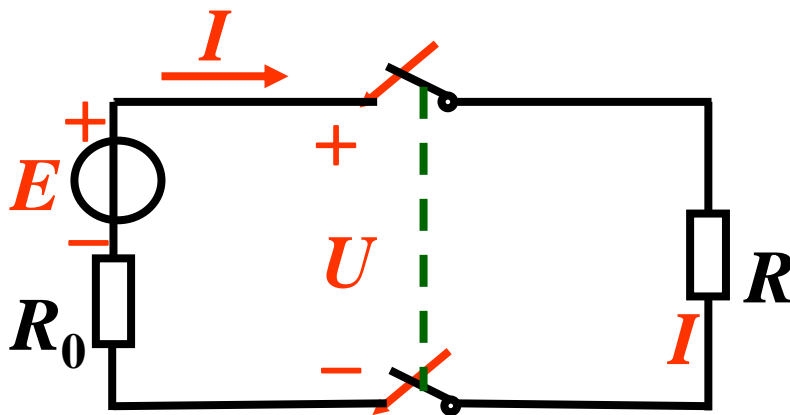
一、有载工作状态

开关闭合,接通
电源与负载

特征:

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

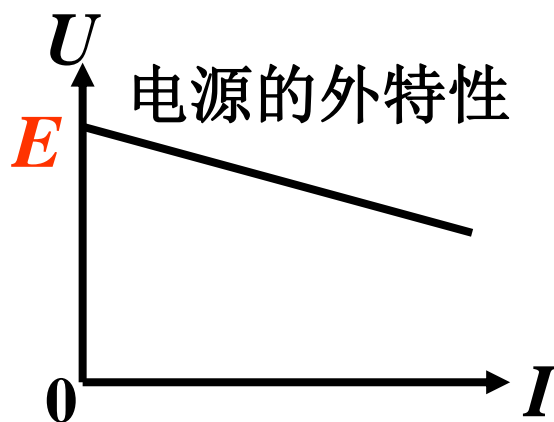
$$U = IR \quad \text{负载端电压} \quad \text{或} \quad U = E - IR_0$$



① 电流的大小由负载决定。

② 在电源有内阻时, $I \uparrow \rightarrow U \downarrow$ 。

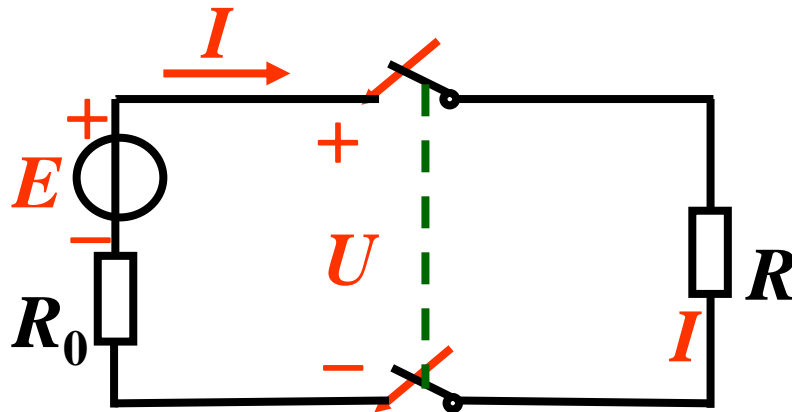
当 $R_0 \ll R$ 时, 则 $U \approx E$, 表明当负载变化时, 电源的端电压变化不大, 即带负载能力强。



开关闭合,接通
电源与负载。

特征:

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$



① 电流的大小由负载决定。

$$U = IR \quad \text{负载端电压} \quad \text{或} \quad U = E - IR_0$$

② 在电源有内阻时, $I \uparrow \rightarrow U \downarrow$ 。

$$P = P_E - \Delta P$$

负载
取用
功率

电源
产生
功率

内阻
消耗
功率

$$UI = EI - I^2 R_0$$

③ 电源输出的功率由负载决定。

负载大小的概念:

负载增加指负载取用的电流和功率增加(电压一定)。

电源与负载的判别

1. 根据 U 、 I 的实际方向判别

电源：

U 、 I 实际方向相反，即电流从“+”端流出，

负载：（发出功率）；

U 、 I 实际方向相同，即电流从“-”端流出。

（吸收功率）。

2. 根据 U 、 I 的参考方向判别

U 、 I 参考方向相同， $P = UI > 0$ ，负载；

$P = UI < 0$ ，电源。

U 、 I 参考方向不同， $P = UI > 0$ ，电源；

$P = UI < 0$ ，负载。

电气设备的额定值

额定值：电气设备在正常运行时的规定使用值

1. 额定值反映电气设备的使用安全性；
2. 额定值表示电气设备的使用能力。

例：灯泡： $U_N = 220\text{V}$, $P_N = 60\text{W}$

电阻： $R_N = 100\Omega$, $P_N = 1\text{ W}$

电气设备的三种运行状态

额定工作状态： $I = I_N$, $P = P_N$

(经济合理安全可靠)

过载(超载)： $I > I_N$, $P > P_N$ (设备易损坏)

欠载(轻载)： $I < I_N$, $P < P_N$ (不经济)

二、开路工作状态

开关断开 open circuit

特征:

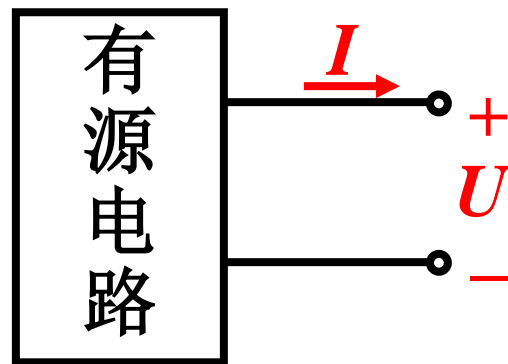
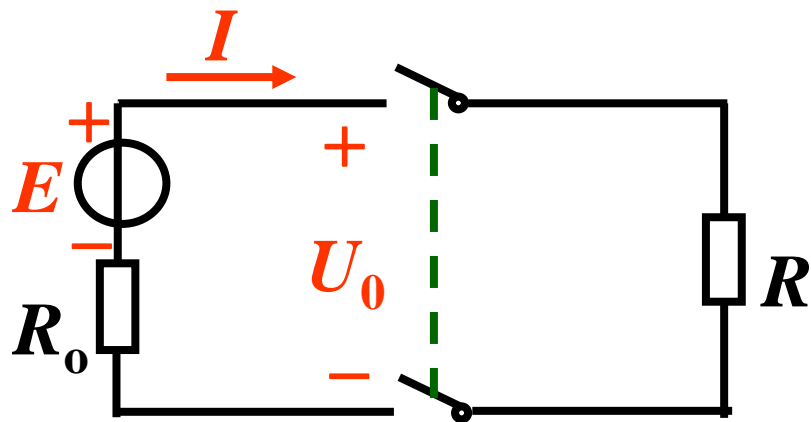
$$\left\{ \begin{array}{ll} I = 0 \\ U = U_0 = E & \text{电源端电压 (开路电压)} \\ P = 0 & \text{负载功率} \end{array} \right.$$

电路中某处断开时的特征:

1. 开路处的电流等于零;

$$I = 0$$

2. 开路处的电压 U 视电路情况而定。



三、短路工作状态

电源外部端子被短接

Short circuit

特征:

$$I = I_s = \frac{E}{R_0}$$

短路电流（很大）

$$U = 0$$

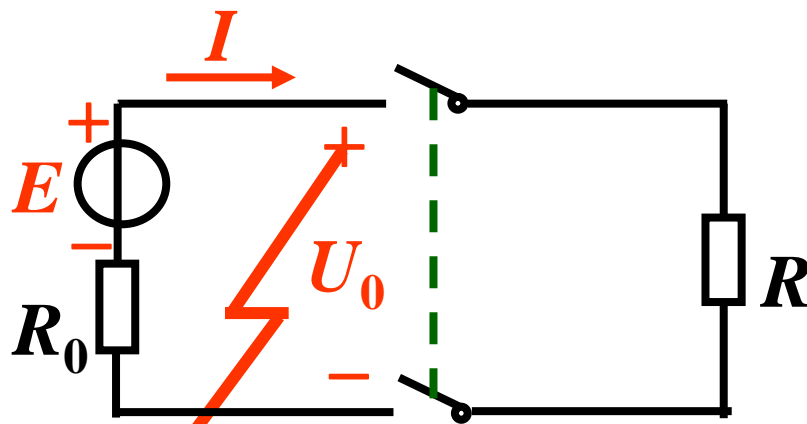
电源端电压

$$P = 0$$

负载功率

$$P_E = \Delta P = I^2 R_0$$

电源产生的能量全被内阻消耗掉

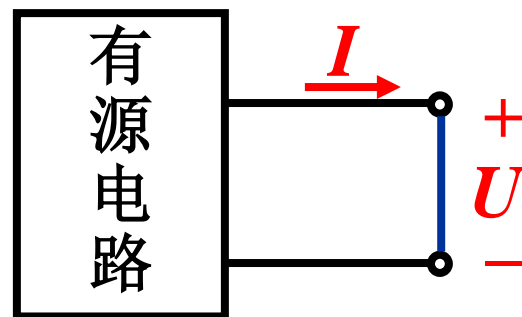


电路中某处短路时的特征:

1. 短路处的电压等于零;

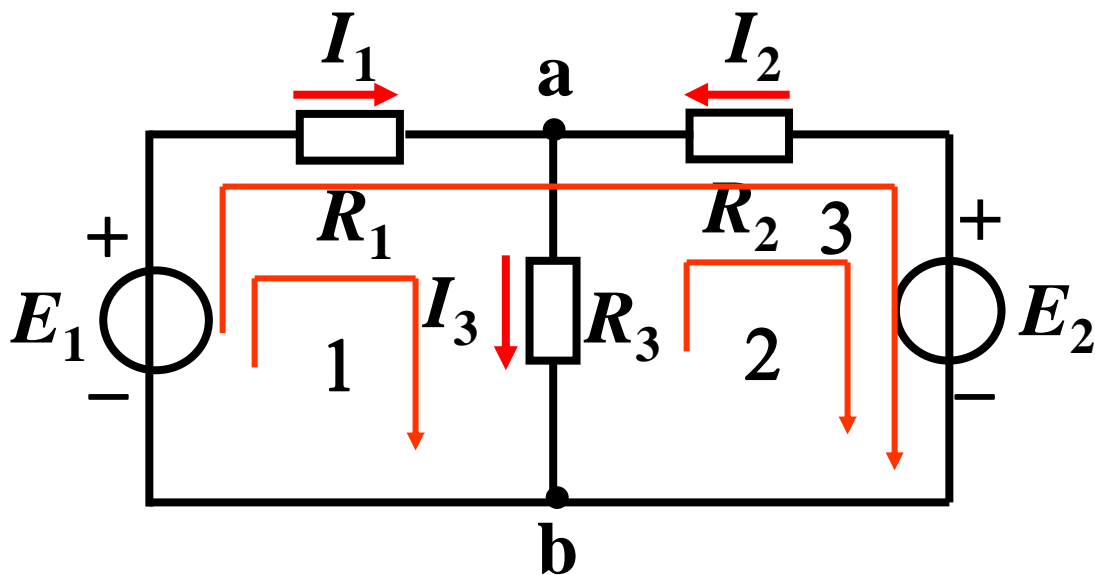
$$U = 0$$

2. 短路处的电流 I 视电路情况而定。



1.6 基尔霍夫定律(Kirchhoff's law)

一、基本概念



支路(branch): 电路中的每一个分支。

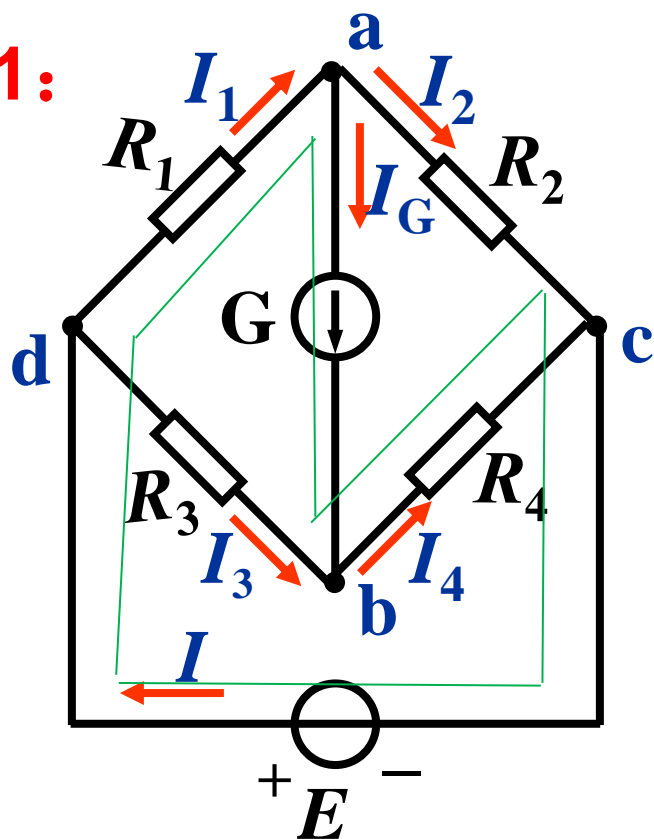
一条支路流过一个电流，称为**支路电流**。

结点(node): 三条或三条以上支路的联接点。

回路(loop): 由支路组成的闭合路径。

网孔(mesh): 内部不含支路的回路。

例1:



支路: 共 ? 条

A: 4 B: 5 C: 6 D: 8

✓

结点: 共 ? 个

A: 4 B: 3 C: 6 D: 8

✓

回路: 共 ? 个

A: 4 B: 3 C: 5 D: 7

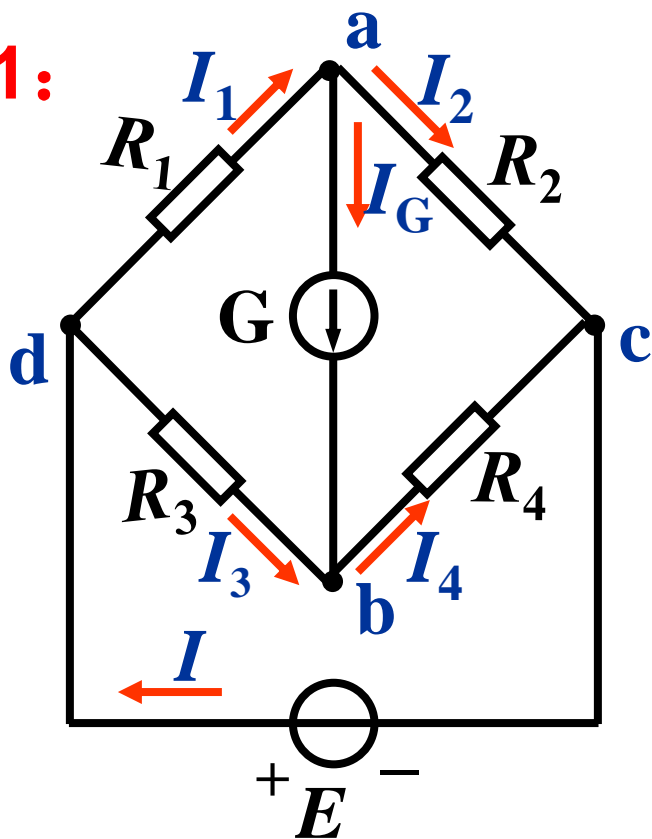
✓

网孔: 共 ? 个

A: 3 B: 5 C: 6 D: 2

✓

例1:



支路: ab 、 bc 、 ca 、...
(共6条)

结点: a 、 b 、 c 、 d
(共4个)

回路: $abda$ 、 $abca$ 、
 $adbca$... (共7个)

网孔: abd 、 abc 、 bcd
(共3个)

二、 基尔霍夫电流定律 (KCL定律)

1. 定律

任何时刻,对任一结点,所有支路电流的代数和恒等于零。

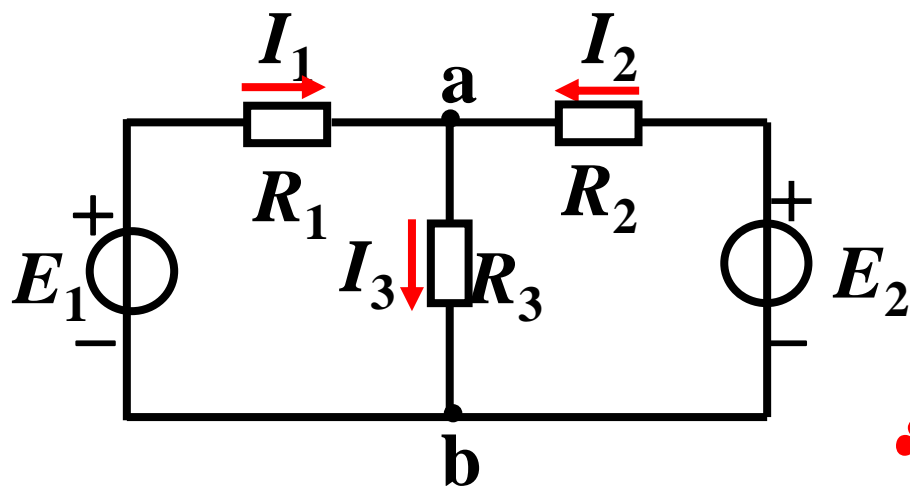
$\sum I = 0$ (流入为正, 流出为负; 或流入为负, 流出为正。)

$$\text{或: } \sum I_{\lambda} = \sum I_{\text{出}}$$

$$\text{对结点 a: } I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$\text{或 } I_1 + I_2 = I_3$$

♣ 实质: 电流连续性的体现。

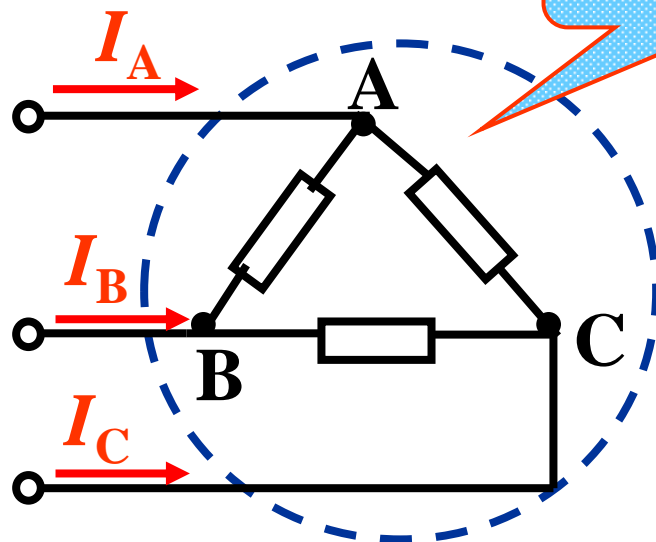


基尔霍夫电流定律 (KCL) 反映了电路中任一结点处各支路电流间相互制约的关系。

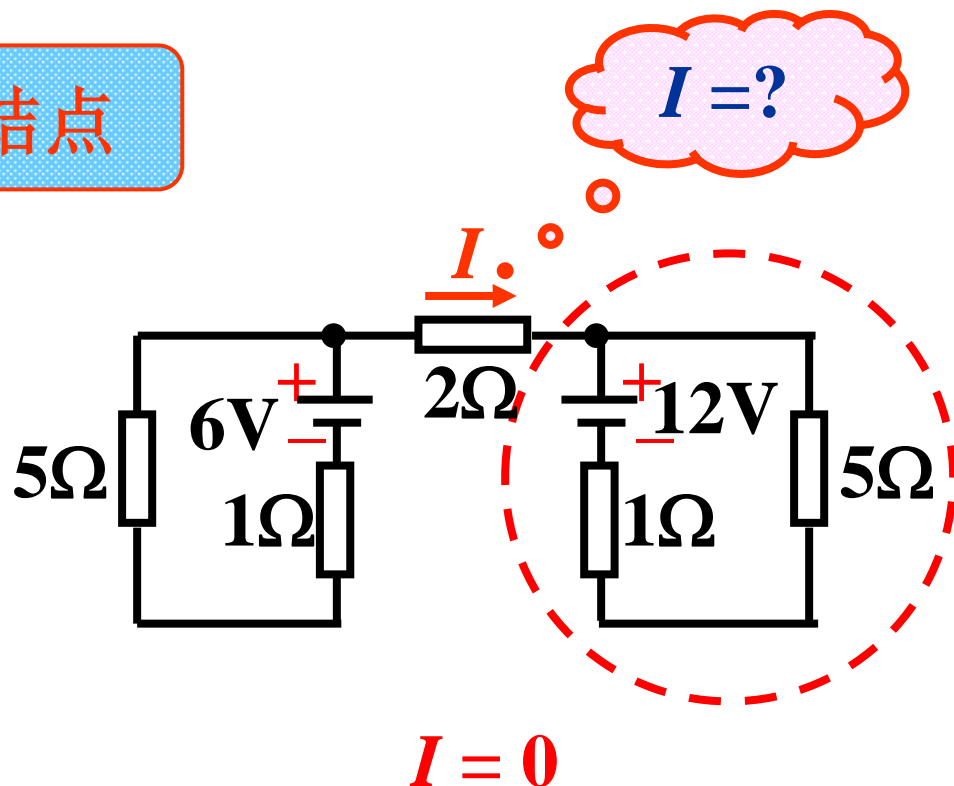
2. 推广

电流定律可以推广应用于包围部分电路的任一假设的闭合面。

例：



$$I_A + I_B + I_C = 0$$



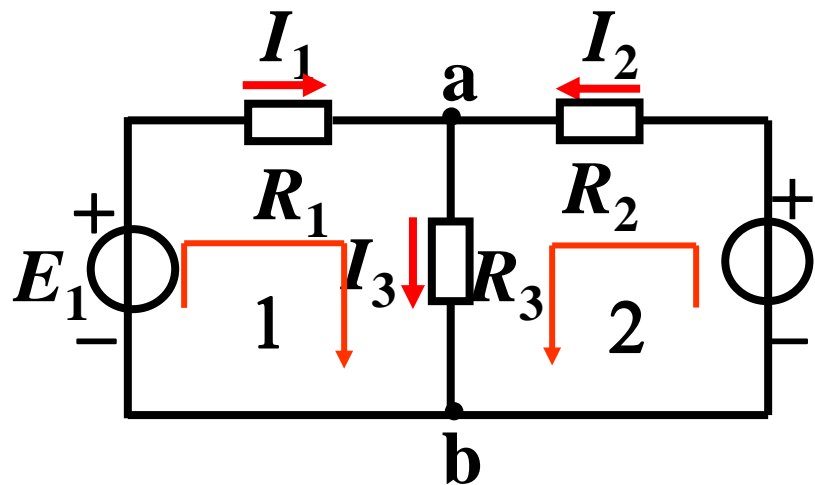
三、 基尔霍夫电压定律 (KVL定律)

1. 定律

任何时刻，沿任意闭合回路顺时针或逆时针循行一周，回路中各支路电压的代数和恒为零。

$\sum U = 0$ (电位降取正, 电位升取负; 或电位降取负, 电位升取正。)

或: $\sum U_{\text{降}} = \sum U_{\text{升}}$



对回路1: $I_1 R_1 + I_3 R_3 - E_1 = 0$

或 $E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3$

对回路2: $I_2 R_2 + I_3 R_3 - E_2 = 0$

或 $I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2$

基尔霍夫电压定律 (KVL) 反映了电路中任一回路中各段电压间相互制约的关系。

2. 推广：开口电压可按回路处理

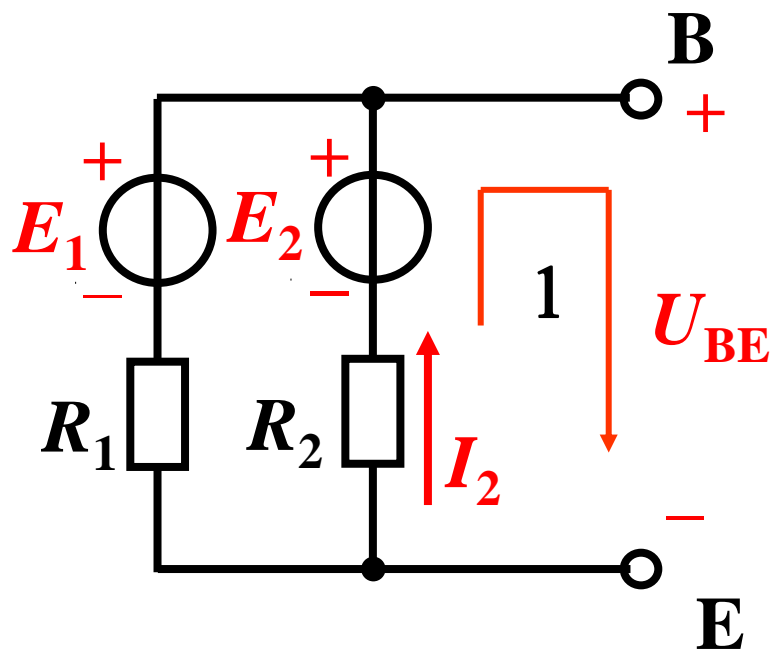
对回路1：

电位升 = 电位降

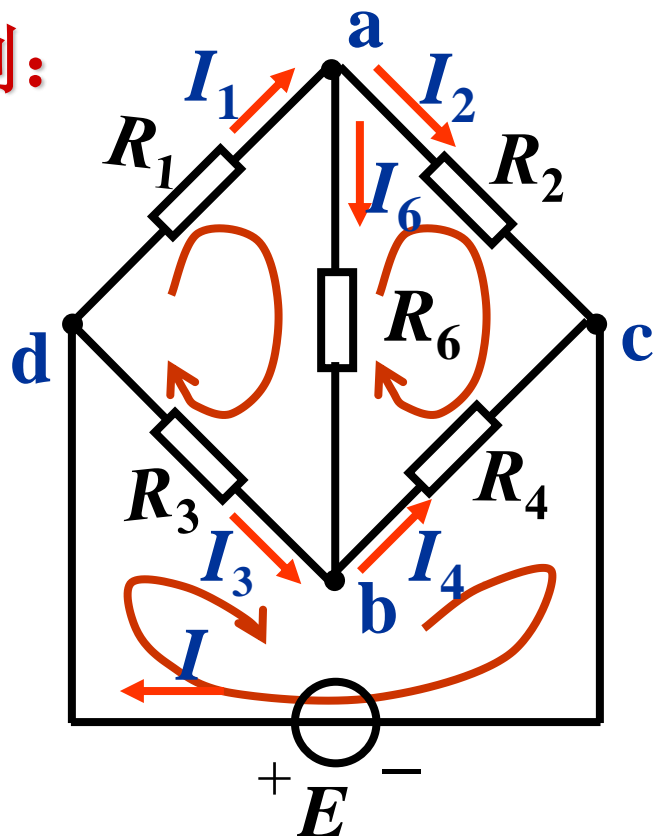
$$E_2 = U_{BE} + I_2 R_2$$

$$\sum U = 0$$

$$I_2 R_2 - E_2 + U_{BE} = 0$$



例:



应用 $\Sigma U = 0$ 列方程

对网孔 **abda**:

$$I_6 R_6 - I_3 R_3 + I_1 R_1 = 0$$

对网孔 **acba**:

$$I_2 R_2 - I_4 R_4 - I_6 R_6 = 0$$

对网孔 **bcd b**:

$$I_4 R_4 + I_3 R_3 - E = 0$$

对回路 **adbca**, 沿逆时针方向循行:

$$-I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_4 R_4 - I_2 R_2 = 0$$

对回路 **cad c**, 沿逆时针方向循行:

$$-I_2 R_2 - I_1 R_1 + E = 0$$

★ 1.7 电路中电位的概念及计算

一、电位的概念

电位：电路中某点至参考点的电压，记为“ V_x ”。

通常设参考点的电位为零。

某点电位为正，说明该点电位比参考点高；

某点电位为负，说明该点电位比参考点低。

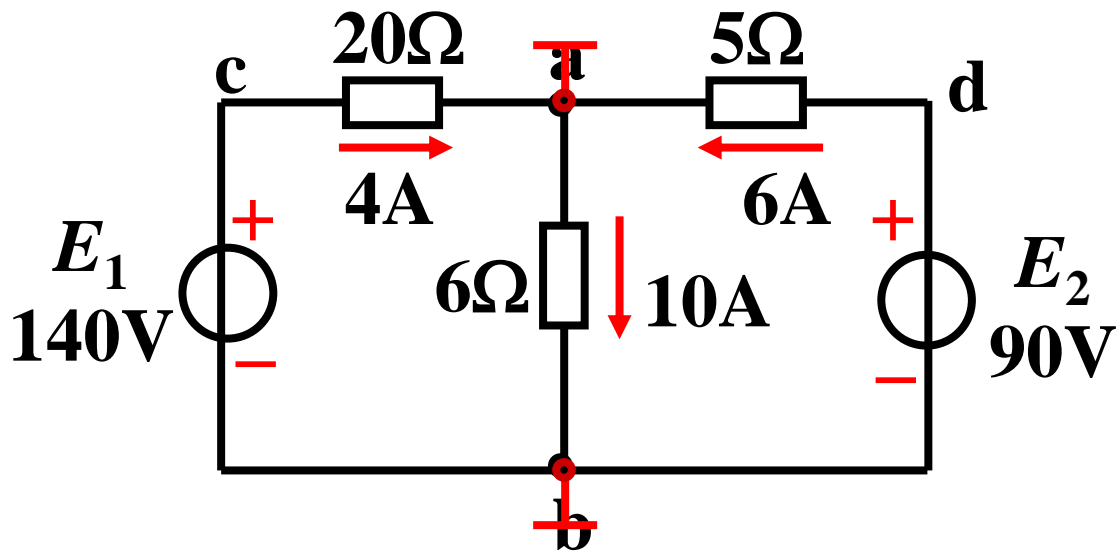
电位的计算步骤：

- (1) 任选电路中某一点为参考点，设其电位为零；
- (2) 标出各电流参考方向并计算；
- (3) 计算各点至参考点间的电压即为各点的电位。

2. 举例

求图示电路中各点的电位： V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d 。

解：



设 **a** 为参考点，即 $V_a = 0V$

$$V_b = U_{ba} = -10 \times 6 = -60V$$

$$V_c = U_{ca} = 4 \times 20 = 80V$$

$$V_d = U_{da} = 6 \times 5 = 30V$$

$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$U_{cb} = E_1 = 140V$$

$$U_{db} = E_2 = 90V$$

设 **b** 为参考点，即 $V_b = 0V$

$$V_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$V_c = U_{cb} = E_1 = 140V$$

$$V_d = U_{db} = E_2 = 90V$$

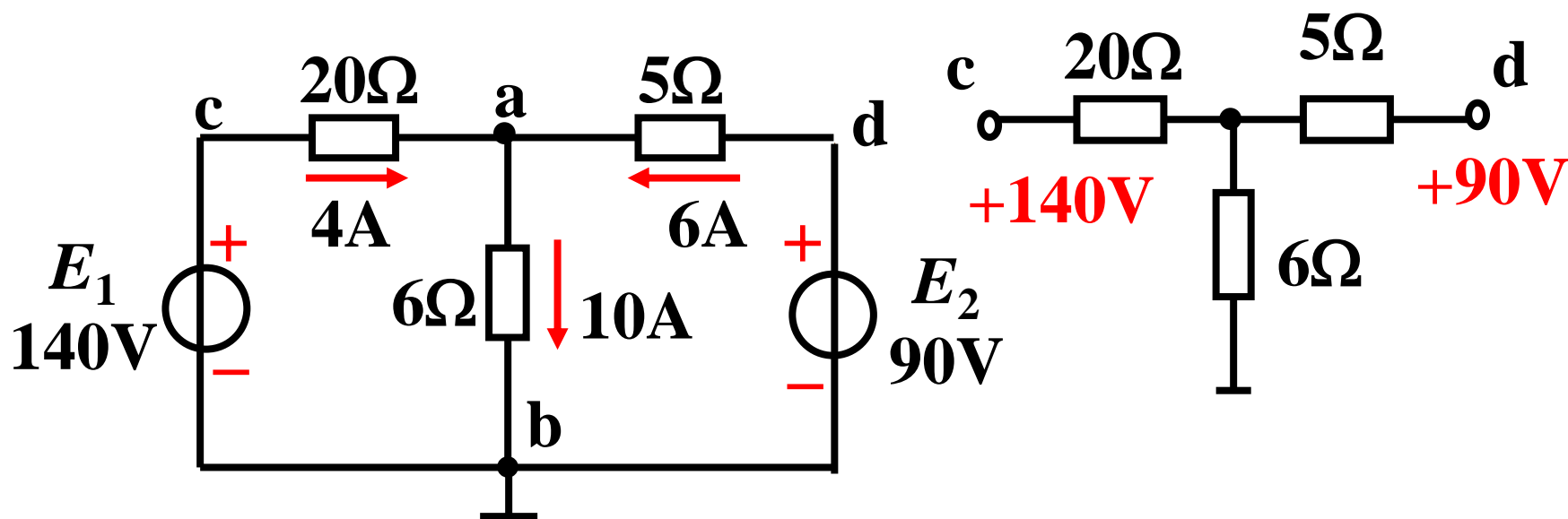
$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$U_{cb} = E_1 = 140V$$

$$U_{db} = E_2 = 90V$$

结论:

- (1) 电位值是相对的，参考点选取的不同，电路中各点的电位也将随之改变；
 - (2) 电路中两点间的电压值是固定的，不会因参考点的不同而变，即与零电位参考点的选取无关。
- 借助电位的概念可以简化电路作图



例1: 图示电路, 计算开关S 断开和闭合时A点的电位 V_A

解: (1) 当开关S断开时

电流 $I_1 = I_2 = 0$,

电位 $V_A = 6V$ 。

(2) 当开关闭合时, 电路
如图 (b)

电流 $I_2 = 0$,

电位 $V_A = 0V$ 。

