

0982-电路-尚佳彬



- 1、请扫描二维码进群
- ,并将群内昵称改为姓
- 名+学号形式。
- 2、上课前请先在雨课
- 堂签到(登陆即可)。

该二维码7天内(2月22日前)有效, 重新进入将更新

上课时间:周二2~4

上课地点:5B102

讲课教师:尚佳彬

电子邮件:shangjb@nankai.edu.cn

办公地点: 电光西楼534

第一章 电路模型和电路定律

- § **1-1** 电路和电路模型
- § 1-2 电流和电压的参考方向
- § 1-3 电功率和能量
- § 1-4 电路元件
- § 1-5 电阻元件
- § 1-6 电容元件
- § 1-7 电感元件
- § 1-8 电压源和电流源
- § 1-9 受控电源 (非独立源)
- § 1-10 基尔霍夫定律

一、电路电源电源负载

三个对应关系: 激励源 响应

输入 输出

电源或信号源: 电能或电信号的发生器

负载: 电路中吸收电能并将电能转换为既定的非电能或电信号(电压、电流)的部件

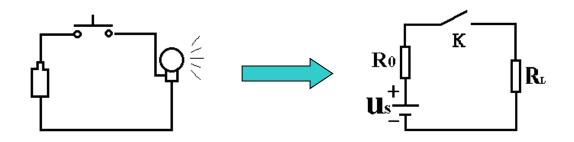
激励源:由电源或信号源输入给电路的电压、电流以及能引起电路中电压、电流变化的物理量

响应:由激励在电路中的负载或任何其它部分所引起的电压、电流以及输出的电信号

二、理想电路与电路模型

1、实际电路: 指某些电气设备、元器件、开关、导线等按一定方式联接后,为电流提供的流通路径的总体。是为完成某种预期的目的而设计、安装、运行的,具有传输电能、处理信号、测量、控制、计算等功能。

2、电路模型



实际器件→理想器件→电路模型(具有计算意义)!

一些实际电路的例子:

















3、电路元件

发生在实际电路器件中的电磁现象按性质可分为:

- 1)消耗电能;
- 2)供给电能;
- 3)储存电场能量;
- 4)储存磁场能量

基本的理想电路元件:

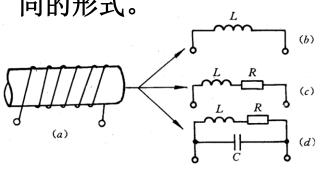
- 1) 电阻
- 2) 电源元件
- 3) 电容
- 4) 电感

需要注意的是:

1、具有相同主要电磁性能的实际电路部件,在一定条件下可用同一模型表示;

如灯泡、电炉、电阻器这些不同的实际电路部件在低频电路里都可用电阻R表示。

2、同一实际电路部件在不同的工作条件下,其模型可以有不同的形式。



直流:一个线圈的模型可以是一个电阻元件 低频:电阻元件和电感元件的串联组合模拟 高频:还应考虑导体表面的电荷作用,即电 容效应,其模型还需要包含电容元件。

实际电感元件

电感元件之不同模型

一、电路中的物理量

电流 I

电压

电荷Q

磁通 Φ

磁通链 Ψ

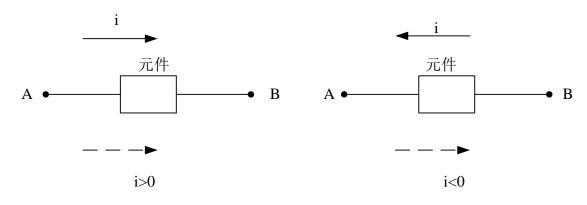
电功率P

电能量W

- 二、电流和电流的参考方向
 - 1、电流:

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

2、电流的方向:



图中 实线箭头表示电流的参考方向 虚线箭头表示电流的实际方向

i>0 实际方向与参考方向一致,正电荷由a→b i<0 实际方向与参考方向相反,正电荷由a→b

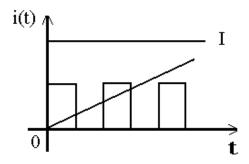
电流参考方向的表示:

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

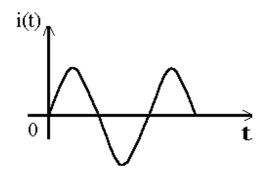
注: 指定参考方向的用意是把电流看成代数量;

电路图中标注的电流方向恒为参考方向! 电路图中标注的电流方向恒为参考方向! 电路图中标注的电流方向恒为参考方向!

3、直流DC(direct current):



4、交流AC (alternating current):



三、电压和电压的参考方向

1、电位与电压

$$u = \frac{dw}{da}(V)$$

2、电压的方向

$$a - \bigoplus_{+ \text{w}}^{-\text{w}} + b$$

正电荷由a→b失去能量,则a点为高电位"+",b点为低电位"-"; 正电荷由a→b获得能量,则a点为低电位"-",b点为高电位"+"。

电压实际方向:

$$u - u$$
 $a \rightarrow u$
 b

由高电位"+"到低电位"-"为正方向。

参考方向:

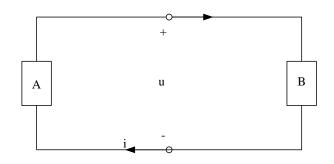
任意假设一个方向为电压的正方向,"+"为高,"-"为低。

- 3、表示方法
 - 1)用箭头表示: 箭头的指向为电压的参考方向。
 - 2) 用双下标表示: 如 U_{AB},表示电压参考方向由A指向B。
 - 3) 用正负极性表示: 表示电压参考方向由"+"指向"-"。

电路图中标注的电压方向恒为参考方向! 电路图中标注的电压方向恒为参考方向! 电路图中标注的电压方向恒为参考方向!

* 四、电流与电压的关联参考方向

对一个确定的电路元件或支路而言,若电流的参考方向是从电压参考极性的"+"流向"-",则称电流与电压为关联参考方向,简称关联方向,否则即为非关联方向。



对电路A而言,u与i为非关联方向; 对电路B而言,u与i为关联方向。

简言之关联方向就是电流的参考方向与电压的参考方向一致。

一、电功率

1、定义: 电场力在单位时间内所作的功称为电功率,即

$$P(t) = \frac{dw(t)}{dt} \qquad [W] = \frac{[J]}{[S]}$$

式中dw(t)为dt时间内电场力所作的功,p(t)为电功率,简称功率。电功率p(t)式描述电场力做功快慢的物理量。电功率的国际单位为瓦(W)。

2、电功率与电压电流的关系:

$$P(t) = u \cdot i$$

$$w(t_1) - w(t_0) = \int_{t_0}^{t_1} u \cdot i \cdot dt$$

二、电功与电能量

电场力在时间区间 $t \in [0, t]$ 内所作的功称为电功,也称电能量,用w(t)或w表示,其计算公式为

$$w(t) = w = \int_0^t P(\tau) d\tau$$

电功的国际单位为焦耳(J)。

三、电路吸收或发出功率的判断

当正电荷从元件上电压的"+"极经元件运动到电压的"-"极时,与此电压相应的电场力要对电荷作功,这时,元件吸收能量;反之,正电荷从电压的"-"极经元件运动到电压的"+"极时,电场力作负功,元件向外释放能量。

对同一个电路元件而言,"吸收的功率"与"发出的功率" 互为相反数,满足功率平衡,即

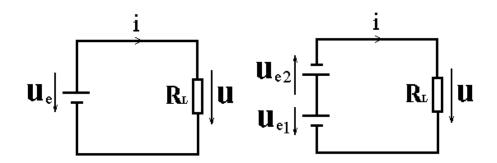
$$\mathbf{P}_{\mathbf{W}} = -\mathbf{P}_{\mathbf{g}}$$
 或 $\mathbf{P}_{\mathbf{g}} = -\mathbf{P}_{\mathbf{W}}$

电路吸收或发出功率的判断方法:

方法1: 依据实际方向判断

(1)当u、i实际方向一致时,消耗电能(负载)。

(2)当u、i实际方向不一致时,提供电能(电源)。



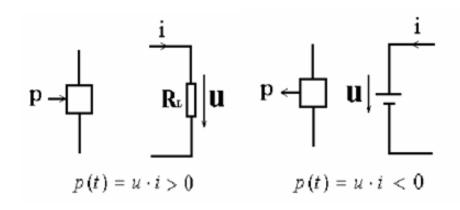
方法2: 依据参考方向判断

(1) u, i 取关联参考方向时 P=ui 表示元件吸收的功率

P>0 吸收正功率 (实际吸收) P<0 吸收负功率 (实际发出)

(2) u, i 取非关联参考方向时 P=ui 表示元件发出的功率

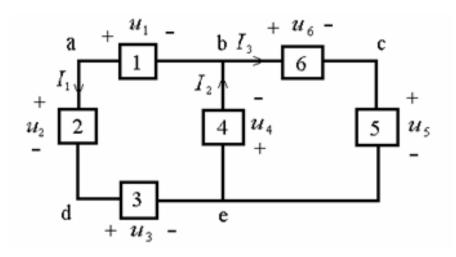
P>0 发出正功率 (实际发出) P<0 发出负功率 (实际吸收)

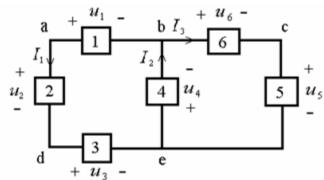


例1: 已知:

$$I_1 = 2A$$
, $I_2 = 1A$, $I_3 = -1A$, $u_1 = 1V$, $u_2 = -3V$, $u_3 = 8V$, $u_4 = -4V$, $u_5 = 7V$, $u_6 = -3V$

求: u_{bd} , u_{ca} , u_{ae} 及各块的功率.





解:↵

$$u_{bd} = -u_1 + u_2 = -1 + (-3) = -4V$$
 隆正升负小

$$u_{ca} = -u_6 - u_1 = -(-3) - 1 = 2V$$

$$u_{ae} = u_2 + u_3 = -3 + 8 = 5V$$

$$p_1 = u_1 \cdot I_1 = 1 \cdot 2 = 2w \cdot \cdot$$
 非关联为正,提供能量,虫源 ω

$$p_2 = u_2 \cdot I_1 = (-3) \cdot 2 = -6w \cdot \cdot$$
 关联为负,提供能量,由源 ψ

$$p_3 = u_3 \cdot I_1 = 8 \cdot 2 = 16w \cdot \cdot$$
 关联为正,消耗能量,负载

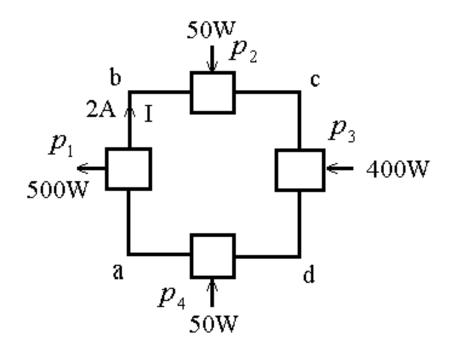
$$p_4 = u_4 \cdot I_2 = (-4) \cdot 1 = -4w \cdot$$
 关联为负,提供能量,虫源 $^{\downarrow}$

$$p_5 = u_5 \cdot I_3 = 7 \cdot (-1) = -7w \cdot$$
 关联为负,提供能量,虫源 ϕ

$$p_6 = u_6 \cdot I_3 = (-3) \cdot (-1) = 3w \cdot$$
 关联为正,消耗能量,负载。

能量守恒: P提=P消=19W(各组绝对值相加)→

例2:标出各段电压的极性,计算各段电压大小,总结能量守恒。



§ 1-3 电功率和能量

解. ↩

电压、电流取关联方向: ↩

$$p_1 = u_{ab} \cdot I$$
 · 提供能量· · $p_1 = -500 W \cdot \cdot \cdot \cdot u_{ab} = \frac{p_1}{I} = \frac{-500}{2} = -250 V_{e}$

$$p_2 = u_{bc} \cdot I$$
 · 消耗能量· $p_2 = 50W$ · · · · $u_{bc} = \frac{p_2}{I} = \frac{50}{2} = 25V$

$$p_3 = u_{cd} \cdot I$$
 … 消耗能量… $p_3 = 400W$ … . . $u_{cd} = \frac{p_3}{I} = \frac{400}{2} = 200V$. . .

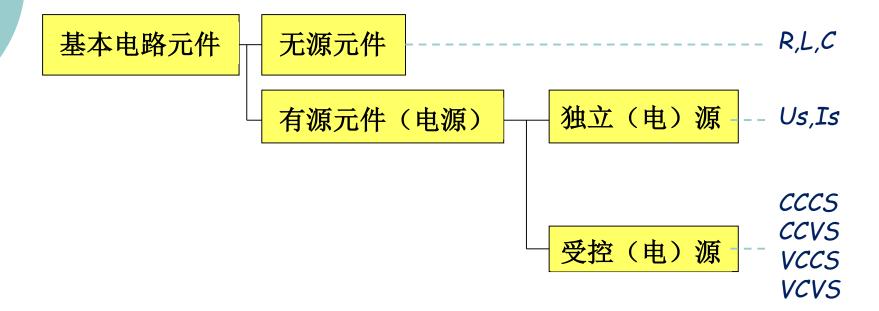
$$p_4 = u_{da} \cdot I$$
 - 消耗能量 - $p_4 = 50W$ - . . . $u_{da} = \frac{p_4}{I} = \frac{50}{2} = 25V$.

功率平衡: $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = -500 + 50 + 400 + 50 = 0$ 。 回路电压平衡: ϕ

$$u_{ab} \cdot I + u_{bc} \cdot I + u_{cd} \cdot I + u_{da} \cdot I = 0$$

$$u_{ab} + u_{bc} + u_{cd} + u_{da} = 0$$

§ 1-4电路元件



§ 1-4电路元件

- 一、电路元件分类:
- 1、电路元件按与外部连接的端子数目可分为二端、三端、四端元件等。
- 2、电路元件按是否给电路提供能量分为无源元件和有源元件。
- **3**、电路元件的参数如不随端子上电压或电流数值变化称线性元件, 否则称非线性元件。
- 4、电路元件的参数如不随时间变化称时不变元件,否则称时变元件。

§ 1-4电路元件

二、集总元件

集总元件——假定发生的电磁过程都集中在元件内部进行。 在任何时刻,流入二端元件的一个端子的电流一定等于从另一端子流出的电流,两个端子之间的电压为单值量。

集总参数电路——满足集总化条件、由集总元件构成的实际电路模型。

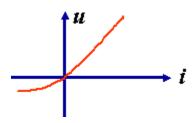
集总化条件——实际电路的尺寸d远小于电路工作时电磁波的波长λ,即

 $d < < \lambda$

一定义

对于实际的电阻器,若只考虑它的热效应而不考虑它的磁场效应和电场效应,即可视为理想电阻元件,简称电阻元件,其电路模型如下图所示,它是一个二端电路元件。





二、线性电阻元件

当元件的电压和电流取关联参考方向时,若在任何时刻都服从欧姆定律:

$$u = R \cdot i \qquad (R > 0)$$

则定义该元件为线性电阻,电阻值为常系数R(欧姆 Ω)。

定义常系数G(G>0)为线性元件的电导(西门子S)。

$$i = G \cdot u$$
 $R = \frac{1}{G}$

- 三、线性电阻元件的功率与能量
 - 1、功率:

当u与i为关联方向时,电阻R吸收的功率为

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

当u与i为非关联方向时,电阻R吸收的功率为

$$p = -ui = -(-Ri) i = i^2R = -u(-u/R) = u^2/R$$

2、能量:

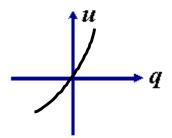
电阻元件在时间区间t∈[0,t]内吸收的能量为

$$w(t) = \int_0^t P(\tau)d\tau = \int_0^t R[i(\tau)]^2 d\tau = R \int_0^t [i(\tau)]^2 d\tau$$

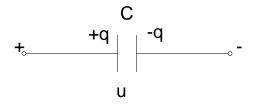
一、定义

在外电源作用下,电容器两极板上分别带上等量异号电荷,撤去电源,板上电荷仍可长久地集聚下去,其特性可用u~q平面上的一条曲线来描述,称为库伏特性。

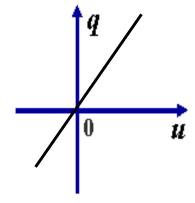
$$f(u,q)=0$$



二、线性电容元件



$$q = Cu$$
 or $C = \frac{q}{u} \propto \tan \alpha$



三、线性电容元件的伏安关系

微分形式:

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

积分形式:

$$u(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{t} id\xi = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{t_0} id\xi + \frac{1}{C} \int_{t_0}^{t} id\xi = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^{t} id\xi$$

或者

$$u(t) = u(0) + \frac{1}{C} \int_0^t id\xi$$

四、电容的功率和储能

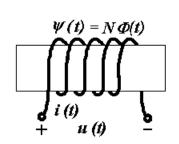
$$p(t) = u(t)i(t) = u(t) \cdot C \frac{du(t)}{dt}$$

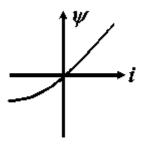
- (1)当电容充电时,u>0,du/dt>0,则i>0,电容器极板上的电荷q增加,p>0,电容吸收功率。
- (2)当电容放电时,u>0,du/dt<0,则i<0,电容器极板上的电荷q减小,p<0,电容发出功率。

$$W_{c} = \int_{-\infty}^{t} u(\xi)i(\xi)d\xi = \int_{-\infty}^{t} Cu(\xi)\frac{du(\xi)}{d\xi}d\xi$$
$$= C\int_{u(-\infty)}^{u(t)} u\xi du(\xi)$$
$$= \frac{1}{2}Cu^{2}(t) - \frac{1}{2}Cu^{2}(-\infty)$$

一、定义

对于实际的电感器,若只考虑它的磁场效应而不考虑它的热效应与电场效应,即可视为理想的电感元件,简称电感元件, 其特性可用Ψ~i平面上的一条曲线来描述,称为韦安特性。





$$f(\psi,i)=0$$

二、磁通与磁通链

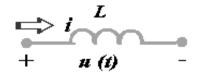
$$\psi(t) = N\phi(t)$$

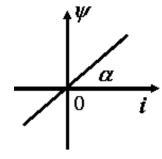
三、电感L

线圈中单位电流产生的磁通链称为自感,也称电感,用L表示,即

$$L = \frac{\psi(t)}{i(t)} = N \frac{\phi(t)}{i(t)}$$

四、线性电感元件





$$\tan \alpha = \frac{\psi(t)}{i(t)} = L$$

五、线性电感元件的伏安关系

微分形式:

$$u(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} = L\frac{di(t)}{dt}$$

积分形式:

$$i(t) = \frac{1}{L} \int u(t)dt$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^{t} u(\xi) d\xi = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^{t_0} u(\xi) d\xi + \frac{1}{L} \int_{t_0}^{t} u(\xi) d\xi = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^{t} u(\xi) d\xi$$

六、电感的功率和储能

$$P = ui = Li\frac{di}{dt}$$

- (1)当电流i增大时,i>0,di/dt>0,则u>0,线圈中的磁通链Ψ增加,p>0,电感吸收功率。
- (2)当电流i减小时,i>0,di/dt<0,则u<0,线圈中的磁通链 Ψ 减小,p<0,电感发出功率。

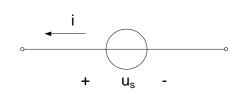
$$\begin{split} W_{L}(t) &= \int_{-\infty}^{t} P d\xi = \int_{-\infty}^{t} L i \frac{di}{d\xi} d\xi = \int_{0}^{i(t)} L i di \\ &= \frac{1}{2} L i^{2}(t) = \frac{1}{2} \frac{\psi_{L}^{2}(t)}{L} \\ W_{L} &= L \int_{i(t_{1})}^{i(t_{2})} i di = \frac{1}{2} L i^{2}(t_{2}) - \frac{1}{2} L i^{2}(t_{1}) \\ &= W_{L}(t_{2}) - W_{L}(t_{1}) \end{split}$$

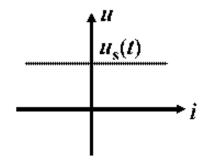
一、电源的定义

由于电路的功能有两种,所以电源的定义也有两种。

- 1、产生电能或储存电能的设备称为电源,例如发电机、蓄电池等,均为电源。
- **2**、产生电信号的设备也称为"电源",这种"电源"实际上是信号源,也称信号发生器,例如实验室中应用的正弦波信号发生器,脉冲信号发生器等。

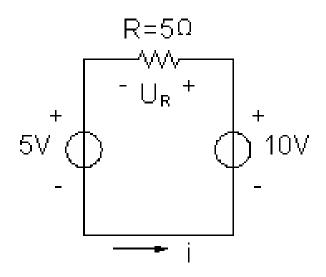
- 二、电压源
 - (一)、理想电压源





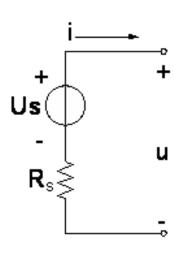
$$P = u_s \cdot i$$

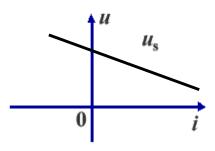
例、计算图示电路各元件的功率。



解:
$$\rightarrow u_R = (10-5) = 5V \leftarrow$$
 $\rightarrow i = \frac{u_R}{R} = \frac{5}{5} = 1A \leftarrow$
 $\rightarrow P_{10V} = u_S i = 10 \times 1 = 10W$ (发出) \leftarrow
 $\rightarrow P_{5V} = u_S i = 5 \times 1 = 5W$ (吸收) \leftarrow
 $\rightarrow P_R = Ri^2 = 5 \times 1 = 5W$ (吸收) \leftarrow
 $\rightarrow R_R = Ri^2 = 5 \times 1 = 5W$ (吸收) \leftarrow

(二)、实际电压源

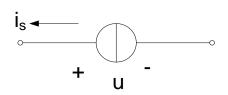


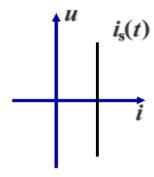


$$\boldsymbol{u} = \boldsymbol{u}_{S} - \boldsymbol{R}_{S} \boldsymbol{i}$$

三、电流源

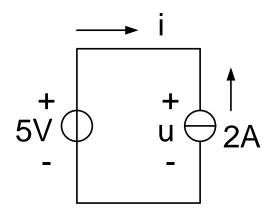
(一)、理想电流源





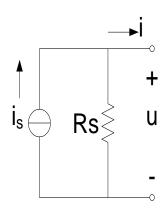
$$P = ui_s$$

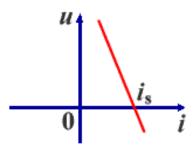
例4、计算图示电路各元件的功率。



解:
$$i = -2A \cdots$$
 $P_{2A} = i_S u = 2 \times 5 = 10W$ (发出) $P_{3V} = u_S i = 5 \times (-2) = -10W$ (发出) $P_{3V} = u_S i = 5 \times (-2) = -10W$ (发出) $P_{3V} = 0$ 满足: $P(\mathcal{Z}) = P(\mathcal{Z})$

(二)、实际电流源:





$$i=i_{S}-\frac{u}{R_{s}}$$

(controlled source or dependent source)

一、定义

电压(或电流)的大小和方向受电路中其他地方的电压(或电流)控制的电源,称为受控源。

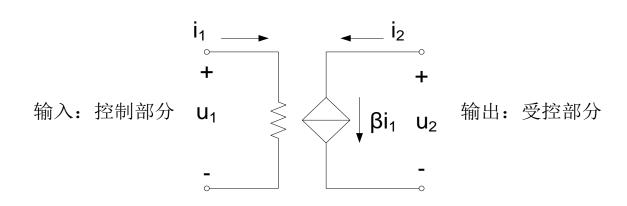
二、符号





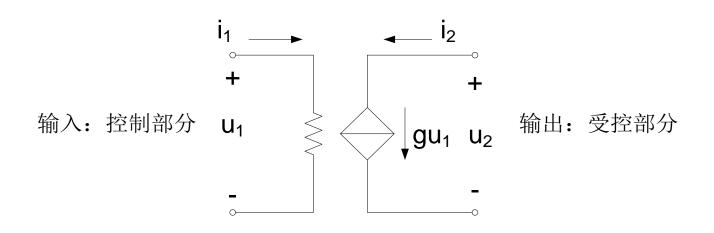
三、分类

1、电流控制的电流源(CCCS)



$$i_2 = \beta i_1$$

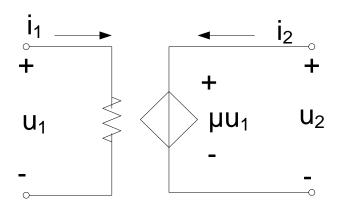
2、电压控制的电流源(VCCS)



$$i_2 = gu_1$$

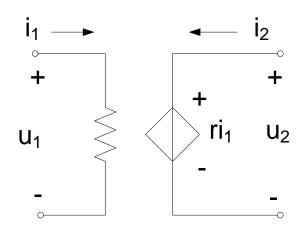
g——转移电导

3、电压控制的电压源(VCVS)



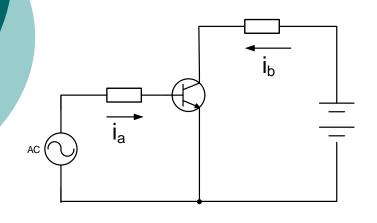
$$u_2 = \mu u_1$$

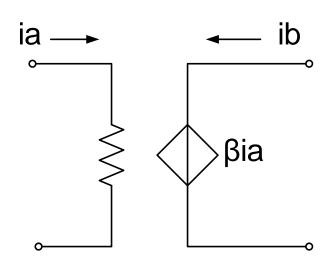
4、电流控制的电压源(CCVS)



$$u_2 = ri_1$$

r---转移电阻





四、受控源与独立源的比较

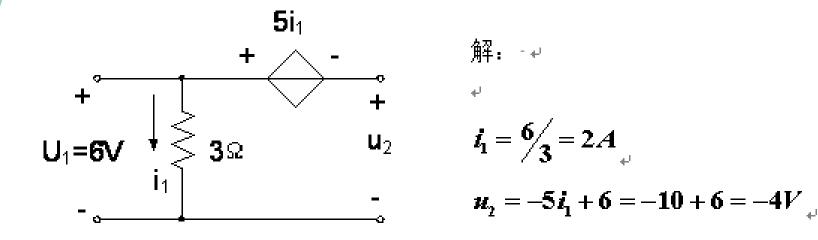
- 1、独立源电压(或电流)由电源本身决定,与电路中其它电压、电流无关,而受控源的电压(或电流)由控制量决定。
- **2**、独立源在电路中起"激励"作用,在电路中产生电压、电流,而受控源只是反映输出端与输入端的受控关系,在电路中不能作为"激励"。

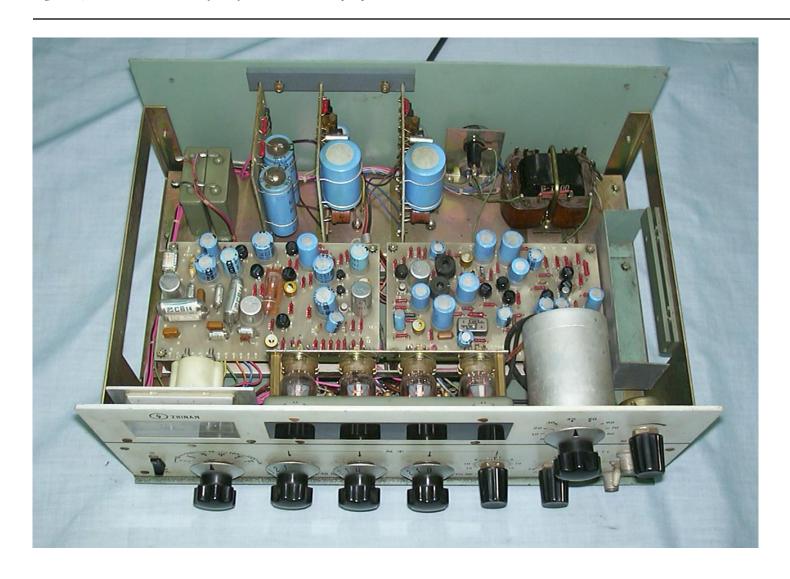
五、受控源在电路分析中的处理原则:

将受控源与独立源同样对待和处理;

把控制量用待求的变量表示,作为辅助方程。

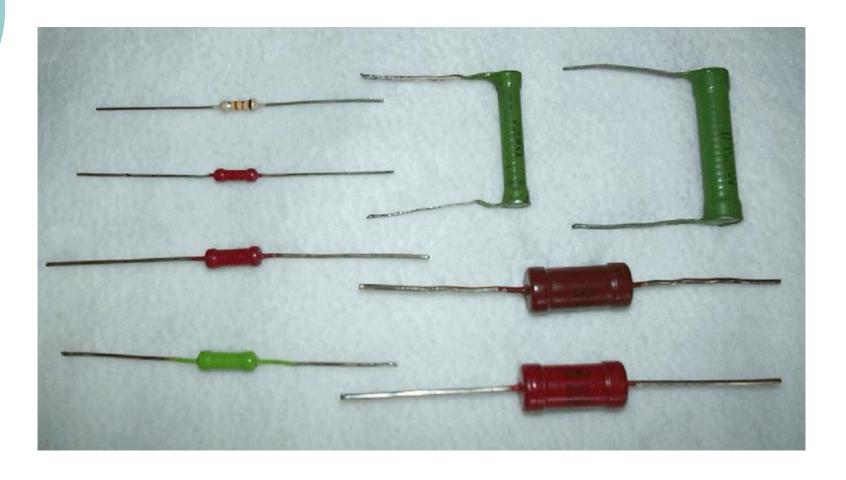
例:如图所示电路,求:电压u2。



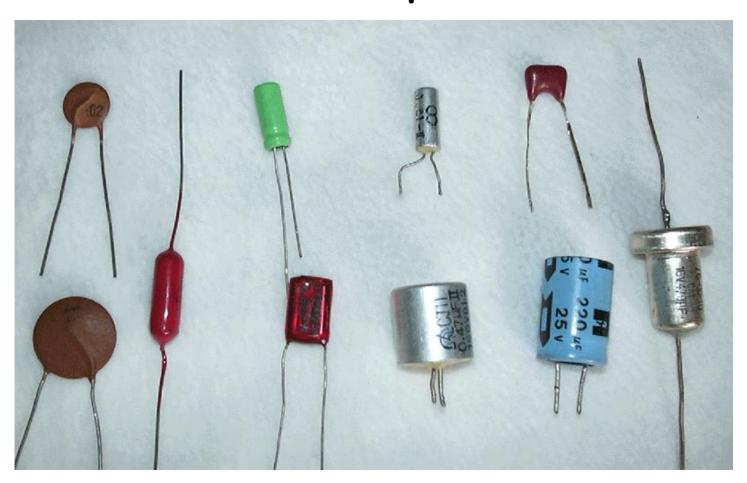




电阻器 (Resistor)



常用的各种电容器(Capacitor)



常用的晶体管和集成电路



小功率电源变压器

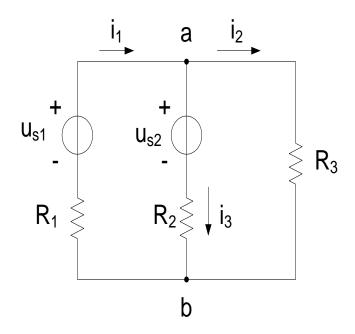


绕制变压器的磁心和铁心以及线圈的骨架



§ 1-10 基尔霍夫定律 (Kirchhoff's Laws)

- 一、电路图
 - 1、支路 (branch)
 - 2、节点(node)
 - 3、路径(path)
 - 4、回路(loop)
 - 5、网孔(mesh)



§ 1-10 基尔霍夫定律

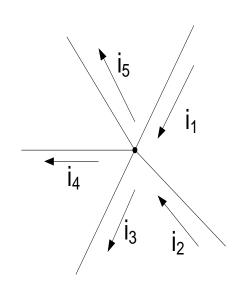
二、基尔霍夫电流定律(KCL)

KCL是描述电路中与结点相连的各支路电流间相互关系的定律。它的基本内容是: "在集总电路中,任何时刻,对任一结点,所有流出结点的支路电流的代数和恒等于零。"

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

$$-\mathbf{i}_{1} - \mathbf{i}_{2} + \mathbf{i}_{3} + \mathbf{i}_{4} + \mathbf{i}_{5} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{i}_{1} + \mathbf{i}_{2} = \mathbf{i}_{3} + \mathbf{i}_{4} + \mathbf{i}_{5}$$



§1-10 基尔霍夫定律

$$i_1 + i_4 + i_6 = 0$$

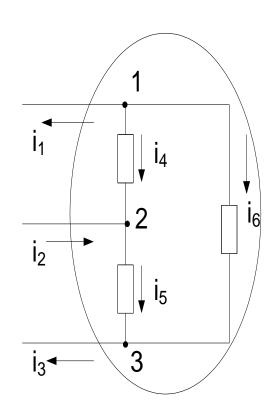
$$-i_2-i_4+i_5=0$$

$$i_3 - i_5 - i_6 = 0$$

三式相加得:

$$i_1 + i_3 = i_2$$

$$\sum i_{\lambda} = i_{\theta}$$



§ 1-10 基尔霍夫定律

三、基尔霍夫电压定律(KVL)

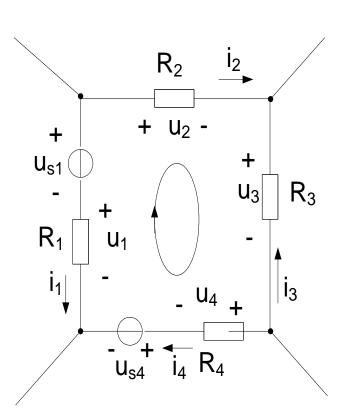
KVL是描述回路中各支路(或各元件)电压之间关系的定律。它的基本内容是: "在集总电路中,任何时刻,沿任一回路,所有支路电压的代数和恒等于零"。

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

§1-10 基尔霍夫定律

$$-U_1 - U_{s1} + U_2 + U_3 + U_4 + U_{s4} = 0$$

$$U_2 + U_3 + U_4 + U_{s4} = U_1 + U_{s1}$$



§1-10 基尔霍夫定律

四、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。

§ 1-10 基尔霍夫定律

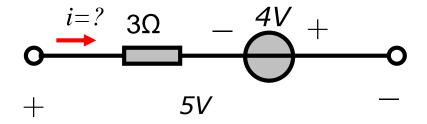
五、两种约束的概念

KCL、KVL描述了电路中各支路电流(电压)之间的约束关系,它们都与电路元件的性质无关,而只取决于电路的连接关系,所以称为连接方式约束或拓扑约束;

电路的另一种约束是电路元件电流与电压关系的约束, 即电路元件伏安关系的约束,这种约束与电路的连接方式无 关,而只取决于电路元件的性质,称为电路元件约束,简称 元件约束。

§ 1-10 基尔霍夫定律

例1: 求图示电路中的电流i。

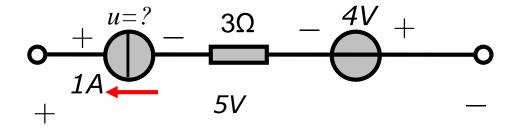


解: 列写支路上的KVL方程 (也可设想一回路)

$$3i-4=5 \rightarrow i=3A$$

§1-10 基尔霍夫定律

例2: 求图示电路中电流源的端电压u。

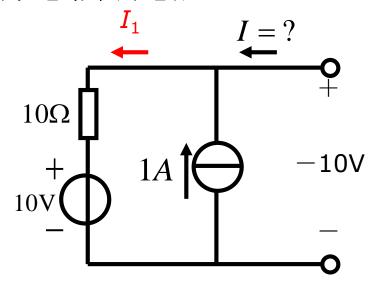


解: 列写支路上的KVL方程 (也可设想一回路)

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

§1-10 基尔霍夫定律

例3: 求图示电路中的电流I。



解:设 10Ω 电阻所在支路的电流为 I_1

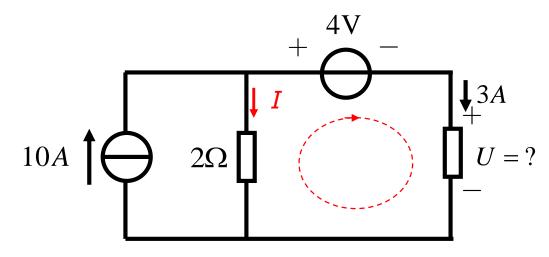
$$10I_1 + 10 = -10 \rightarrow I_1 = -\frac{20}{10} = -2A$$

根据KCL,

$$I = I_1 - 1 = -2 - 1 = -3A$$

§ 1-10 基尔霍夫定律

例4: 求图示电路中的电压U。



解:设 2Ω 电阻所在支路的电流为I

根据KCL: I=1

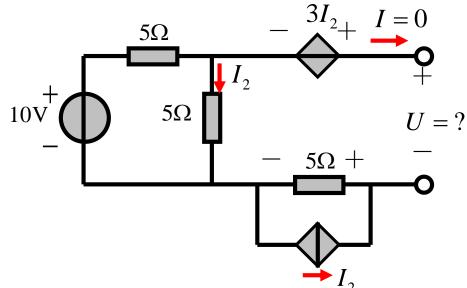
I = 10 - 3 = 7A

根据KVL:

$$4+U-2I=0 \rightarrow U=2I-4=2\times7-4=10V$$

§ 1-10 基尔霍夫定律

例5: 求图示电路中的开路电压U。



解:由左边回路解得电流I2根据KVL:

$$I_2 = \frac{10}{5+5} = 1A$$

根据KVL:

$$U = 3I_2 + 5I_2 - 5 \times I_2 = 3I_2 = 3V$$

§1-10 基尔霍夫定律

例6: 求图示电路中的输出电压U。

解:由电阻元件**VCR** 知 $U = -R_{2}\alpha I_{1}$

$$U = -R_2 \alpha I_1$$

根据KCL:
$$I_1 + \alpha I_1 = U_S / R_1$$

从而解得:
$$I_1 = \frac{U_S}{R_1(1+\alpha)}$$

所以

$$u_{\underline{s}}^{+} \qquad R_{\underline{1}} \qquad R_{\underline{2}} \qquad u = ?$$

$$U = -\frac{\alpha R_2 U_S}{R_1 (1 + \alpha)}$$

电源发出的功率为:

$$P_{S} = U_{S}I_{1} = \frac{U_{S}^{2}}{R_{1}(1+\alpha)}$$

输出功率为:

$$P_{out} = R_2 \alpha^2 \frac{U_S^2}{R_1^2 (1 + \alpha)^2}$$

输出电压与电源电压的比值为:

$$\left| \frac{U_{out}}{U_S} \right| = \frac{R_2}{R_1} \frac{\alpha}{(1+\alpha)}$$

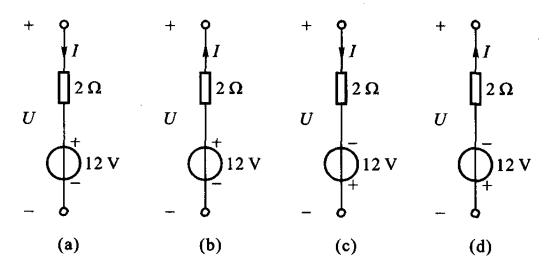
$$\left| \frac{P_{out}}{P_{c}} \right| = \frac{R_2}{R_1} \frac{\alpha^2}{(1+\alpha)}$$

作业

1 \$27.1

题 1-7图中各元件的电流 I 均为 2A。

- (1) 求各图中支路电压;
- (2) 求各图中电源、电阻及支路的功率,并讨论功率平衡关系。

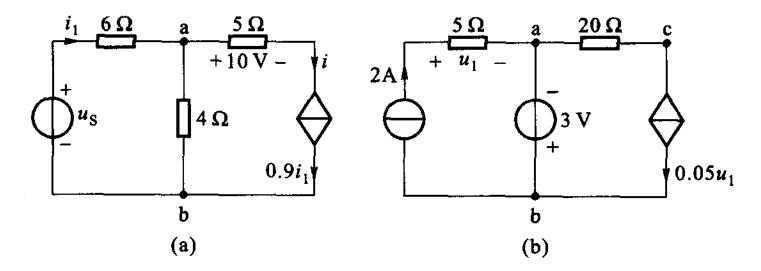


题 1-7图

作业

电路如题 1-10 图所示,试求:

- (1) 图(a)中, i_1 与 u_{ab} ; (2) 图(b)中, u_{cb} 。

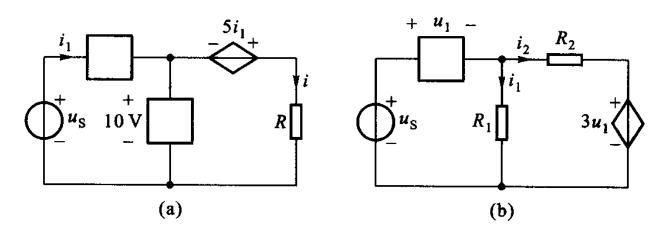


题 1-10 图

作业

(1) 已知题 1-18 图(a)中,R=2 Ω , $i_1=1$ A,求电流 i_1 ;

(2) 已知题 1-18 图(b)中, $u_s = 10 \text{ V}$, $i_1 = 2 \text{ A}$, $R_1 = 4.5 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, 求 i_2 。



题 1-18 图