

关于电路模型和基尔霍夫定律

第一章 电路模型和基尔霍夫定律

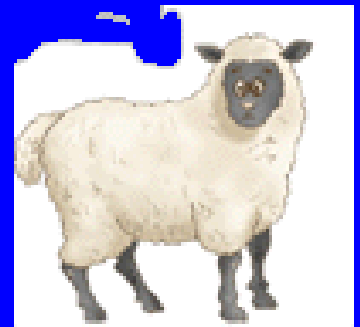
1.1 电路和电路模型

1.2 电路变量

1.3 基尔霍夫定律

1.4 电阻电路的元件

1.5 简单电路分析



§1—1 电路和电路模型

1. 电路在日常生活、生产和科学研究工作中得到了广泛应用。在收录机、电视机、录像机、音响设备、计算机、通信系统和电力网络中都可以看到各种各样的电路。这些电路的特性和作用各不相同。

电路的作用

(1) 实现电能的传输和转换。例如电力网络将电能从发电厂输送到各个工厂、广大农村和千家万户，供各种电气设备使用。

(2) 实现电信号的传输、处理、存储和利用。

2.由电阻器、电容器、线圈、变压器、晶体管、运算放大器、传输线、电池、发电机和信号发生器等电子器件和设备连接而成的电路，称为实际电路。



电容器

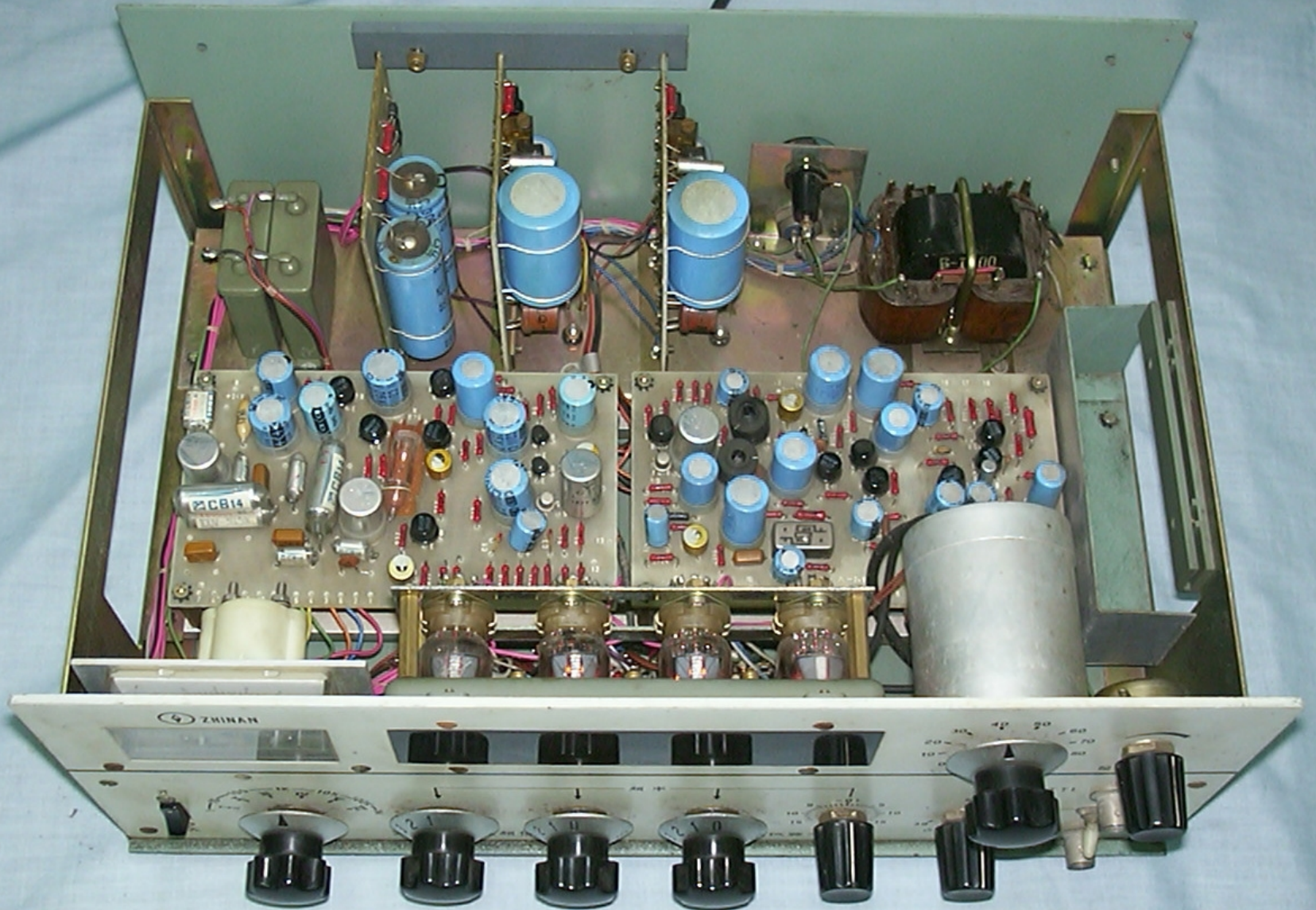
根据实际电路的几何尺寸(d)与其工作信号波长(λ)的关系，可以将它们分为两大类：

- (1)集总参数电路：满足 $d \ll \lambda$ 条件的电路。
- (2)分布参数电路：不满足 $d \ll \lambda$ 条件的电路。

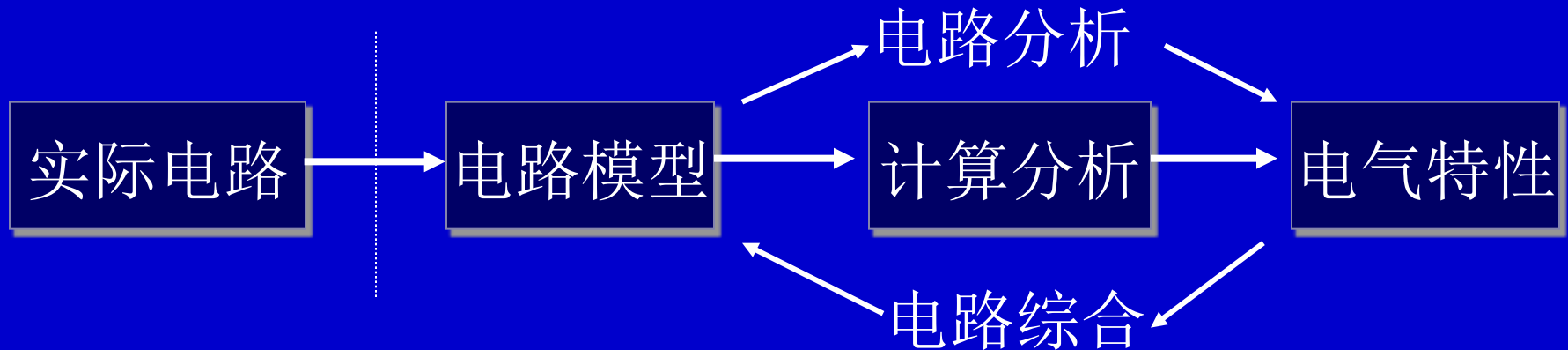
说明：

本书只讨论集总参数电路,今后简称为电路。

低频信号发生器的内部结构



3.电路分析与电路综合（路线图）



4. 目的：通过对电路模型的分析计算来预测实际电路的特性，从而改进实际电路的电气特性和设计出新的电路。

5. 任务：掌握电路的基本理论和电路分析的方法。

电路一词的两种含义

- (1) 实际电路—实际元器件组成的电路
- (2) 电路模型—理想元器件组成的电路

6. 电路模型是实际电路抽象而成，它近似地反映实际电路的电气特性。电路模型由一些理想电路元件用理想导线连结而成。用不同特性的电路元件按照不同的方式连结就构成不同特性的电路。

电路模型的表示方法

- (1) 电路图;
- (2) 电路数据(表格或矩阵)

它表示

- (1) 电路元件的特性
- (2) 元件间的连接关系

本书主要讨论电路模型，常简称为电路，请读者注意加以区别。

常用电路图来表示电路模型

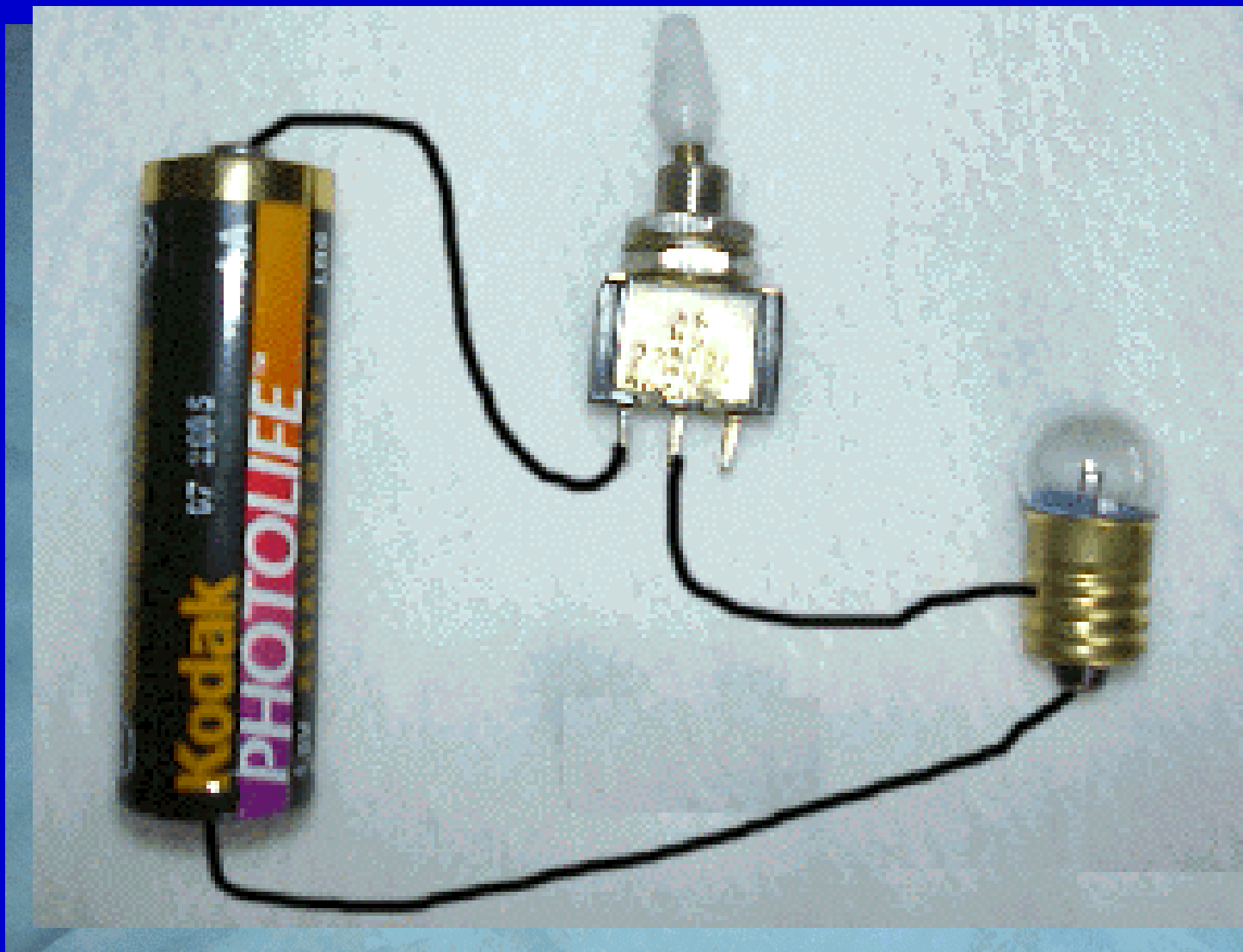
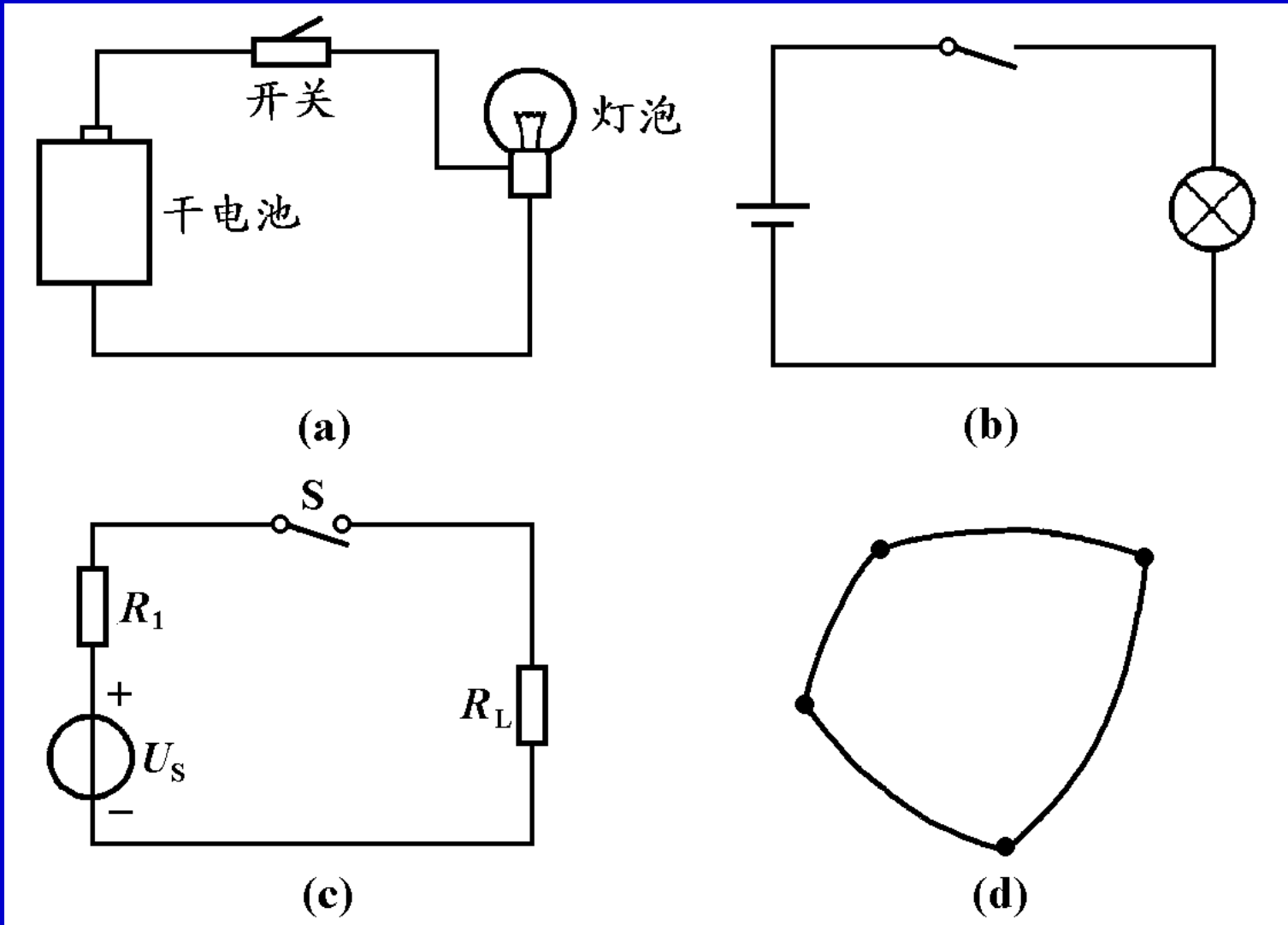
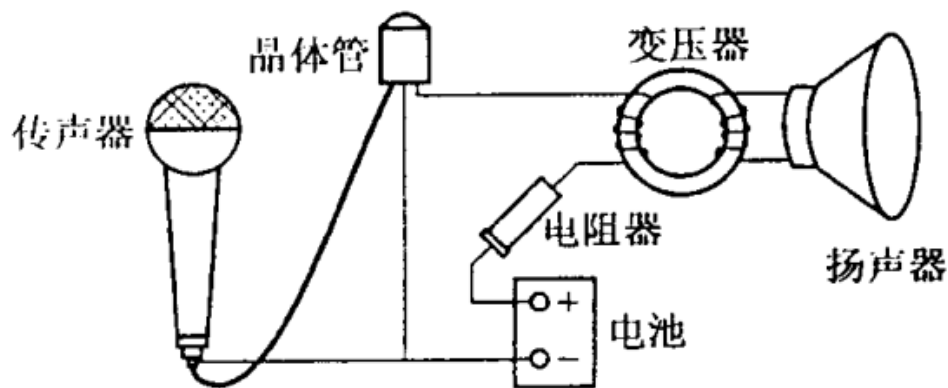


图1-1 手电筒电路

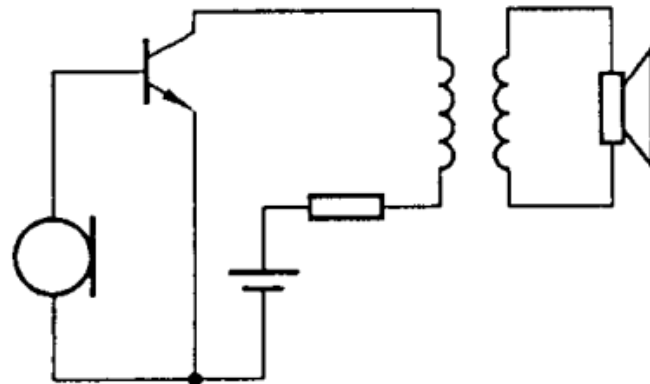
常用电路图来表示电路模型



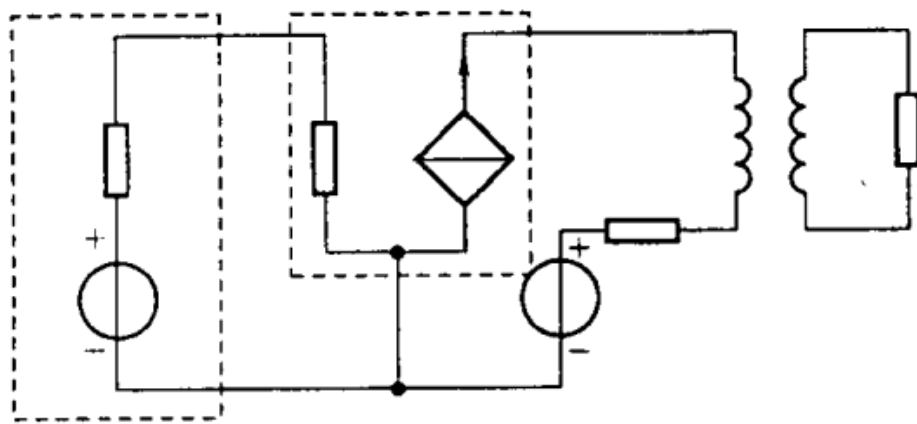
(a) 实际电路 (b) 电原理图 (c) 电路模型 (d) 拓扑结构图



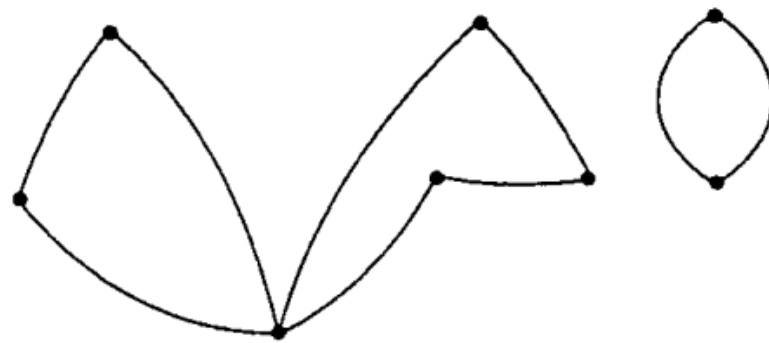
(a)



(b)



(c)



(d)

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

电路模型近似地描述实际电路的电气特性。根据实际电路的不同工作条件以及对模型精确度的不同要求，应当用不同的电路模型模拟同一实际电路。现在以线圈为例加以说明。

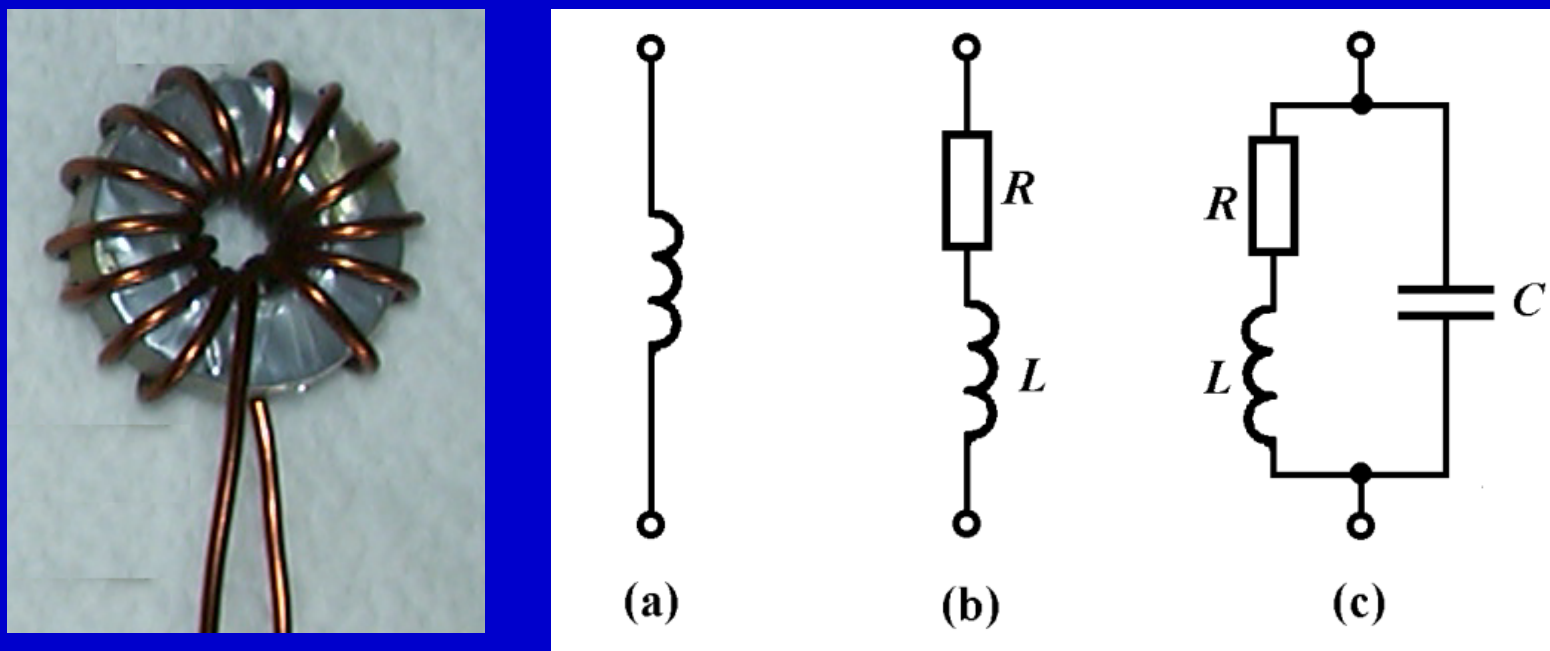














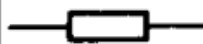


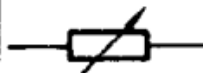
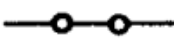



图1—3 线圈的几种电路模型

- (a)线圈通过低频小功率 (b)线圈通过低频大功率的模型
(c)线圈通过高频交流的模式

表1-1 部分电气图用图形符号
(根据国家标准 GB4728)

名称	符号	名称	符号	名称	符号
导线		传声器		电阻器	
连接的导线		扬声器		可变电阻器	
接地		二极管		电容器	
接机壳		稳压二极管		线圈, 绕组	
开关		隧道二极管		变压器	
熔断器		晶体管		铁心变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电压表		电池		直流电动机	

表 1-2 部分电路元件的图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
独立电流源		理想导线		电容	
独立电压源		连接的导线		电感	
受控电流源		电位参考点		理想变压器 耦合电感	
受控电压源		理想开关		回转器	
电阻		开路		理想运放	
可变电阻		短路		二端元件	
非线性电阻		理想二极管			

1.2 电路变量

重点和难点

关联参考方向，吸收功率和产生功率

1.2.1 电流

1.2.2 电压

1.2.3 功率

§ 1—2 电路变量

1.2.1 电流和电流的参考方向

电流是带电离子的定向移动，电流的大小由用**电流强度**表示。

电流强度的定义：单位时间内通过导体横截面的电荷量。

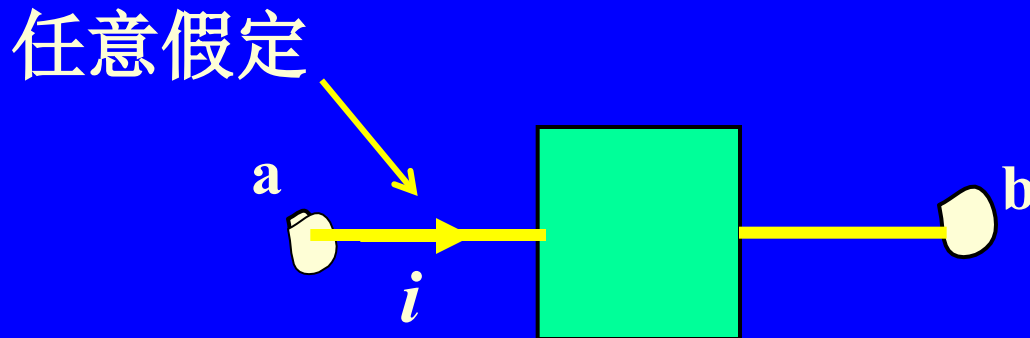
$$i(t) = dq/dt$$

单位 **安 (A)**、**毫安 (mA)** 或 **微安 (μA)**

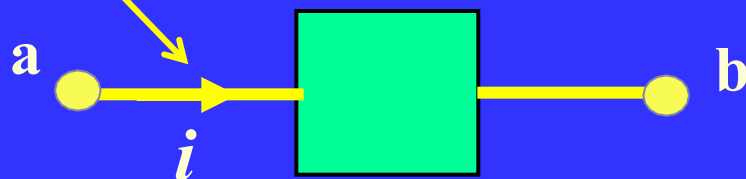
其中 **q (或Q)** — **电量** 单位 **库 (C)**

电流的实际方向是正电荷运动的方向。

在分析电路时，电流采用参考方向。
电流的参考方向——任意假定，在电路图中用箭头表示。



任意假定



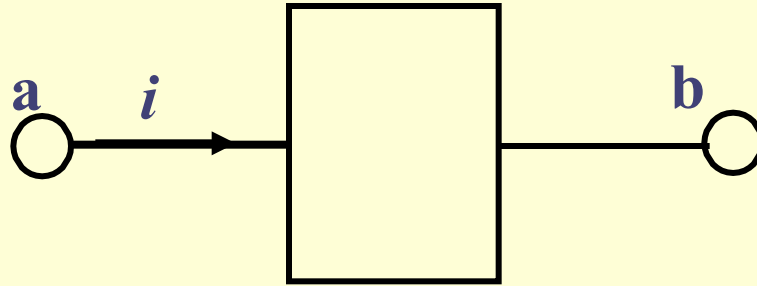
在假定的方向下

若 $i > 0$, 表明真实方向与参考方向一致;

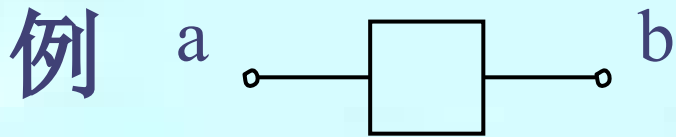
若 $i < 0$, 表明真实方向与参考方向相反。

在未标注参考方向时, 电流的正、负无意义。即电流的参考方向是标注的正方向。

例

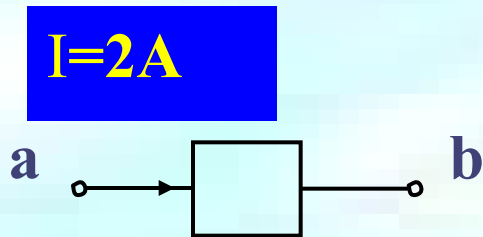


选电流 i 的参考方向如图。若算出 $i = 1A$ 则电流的真实方向是从 **a** 到 **b** ，
若算出 $i = -1A$ 则电流的真实方向是从 **b** 到 **a** 。

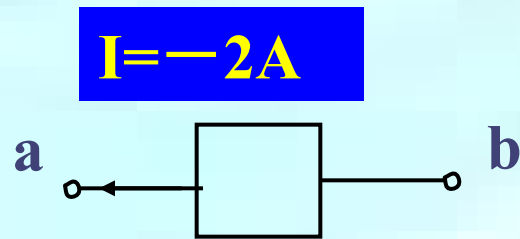


已知直流电流的方向由a到b, 大小为2A. 问如何表示这一电流?

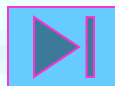
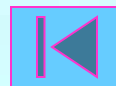
解: 有两种表示法:



参考方向与真实方向一致



参考方向与真实方向相反



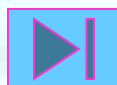
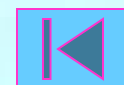
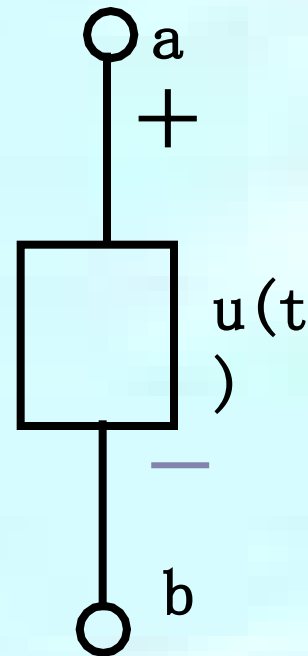
1.2.2 电压和电压的参考方向

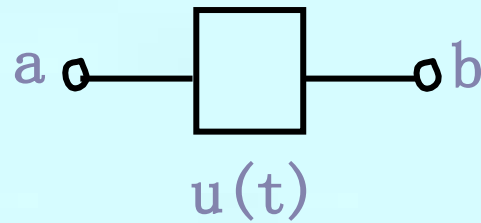
定义： $u(t) = dw/dq$ 单位伏 (V)

它代表单位正电荷由a转移到b所失去或获得的能量。

能量w的单位：焦耳 (J)

a, b两点的电位有高、低之分, 高电位用“+”表示, 低电位用“-”表示。
也可用箭头表示。





如果图中a点是高电位，b点是低电位，则正电荷是从 $a \rightarrow b$ 将失去能量；反之（若b点为高电位）则正电荷从 $a \rightarrow b$ 将获得能量。

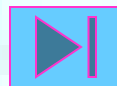
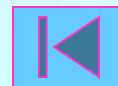
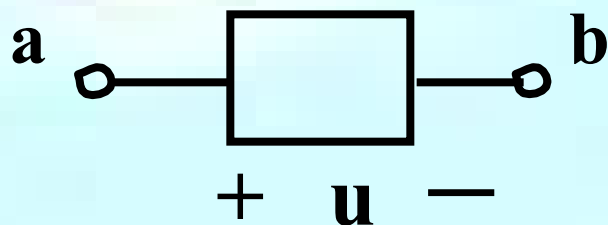
也可以用负电荷来检验。若a点为高电位，当负电荷从 $a \rightarrow b$ 将获得能量，从 $b \rightarrow a$ 将失去能量。

从高电位到低电位，称为“电压降”，

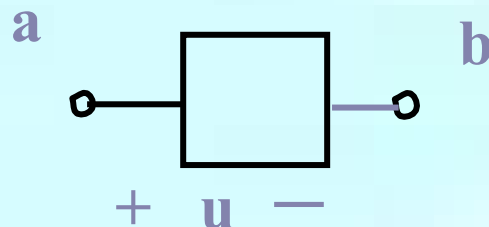
从低电位到高电位，称为“电压升”。

在分析电路时，电压的极性也是采用参考极性。

电压的参考方向（极性）——任意假定，在图中用“+”和“-”表示。



在假定的参考方向下，



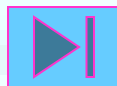
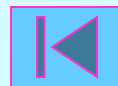
若 $u > 0$ ， 真实方向与参考方向相同；

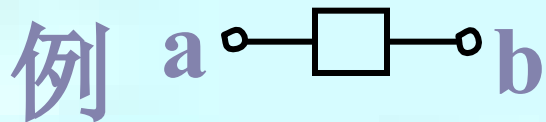
$u < 0$ ， 真实方向与参考方向相反。

电压参考方向的另一种表示法： u_{ab} 、 u_{ba}

u_{ab} 表示从a到b是电压降。

u_{ba} 表示从b到a是电压降。

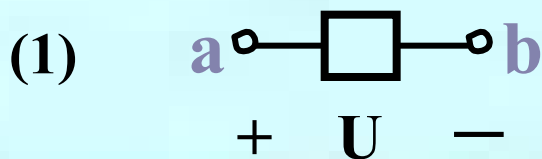




已知: $U_a=3V, U_b=1V,$

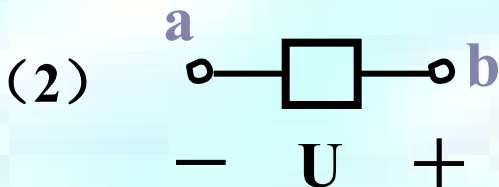
求元件两端的电压 $U=?$

解: 两种结果



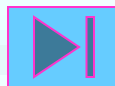
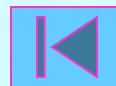
$$U=U_{ab}=U_a-U_b=2V$$

表示实际极性与参考极性一致。



$$U=U_{ba}=U_b-U_a=-2V$$

表示实际极性与参考极性相反。

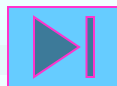
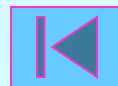


关联参考方向

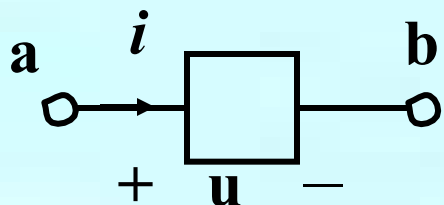
— 电流与电压的参考方向取成一致 —
— 电流从电压“+”流入，从电压“-”流出。

非关联参考方向

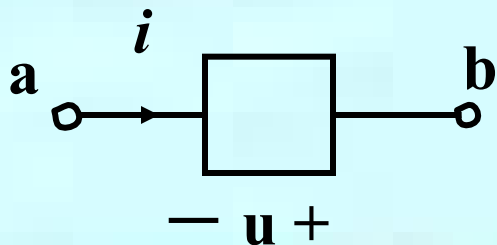
— 电流与电压的参考方向取成相反 —
— 电流从电压“-”流入，从电压“+”流出。



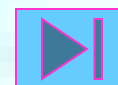
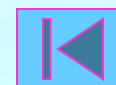
例



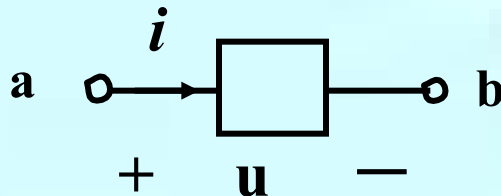
电压与电流为关联参考方向



电压与电流为非关联参考方向



1.2.3 功率



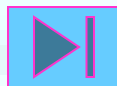
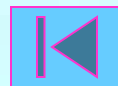
研究二端元件或二端网络的吸收功率 $p(t)$.

$$p(t) = dw/dt$$

表示单位时间内该元件吸收的电能。

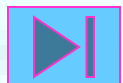
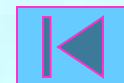
单位：瓦 (W)

所谓“吸收”是指：在单位时间内，单位正电荷 dq 从 $a \rightarrow b$ 将失去能量，这一电能消耗于元件之中。即元件吸收电能，吸收功率。 p 和 i 、 u 一样，也是代数量，可正、可负。



$p > 0$ 表示吸收功率，外电路将向该元件提供功率。

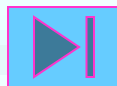
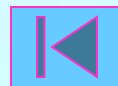
$p < 0$ 表示元件实际产生（发出）功率，即元件将向外电路提供功率。



在分析电路时，更多是由u和i来计算P(t)。

不论是电压和电流在关联参考方向下或是非关联方向下，其计算公式都为

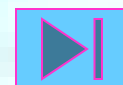
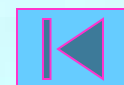
$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u \cdot i$$



计算结果是吸收还是发出功率要分两种情况:

(1) 若 u 与 i 为关联参考方向:
 $p > 0$ 时, 该元件吸收功率,
 $p < 0$ 时, 该元件发出功率。

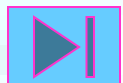
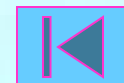
(2) 若 u 与 i 为非关联参考方向:
 $p > 0$ 时, 该元件发出功率,
 $p < 0$ 时, 该元件吸收功率。



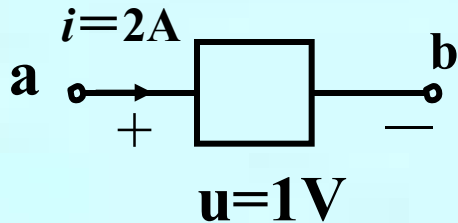
(3) 对同一元件，当u、i一定时，不论是选取关联，还是非关联方向，算出的结果必定相同。

$$(4) \sum P = 0$$

(功率守恒)

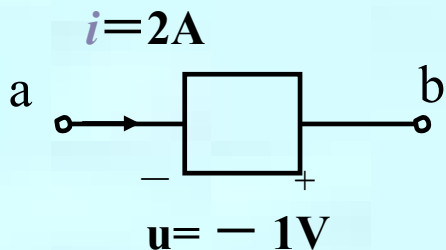


例



$$p = u i = 1 \times 2 = 2 \text{ W}$$

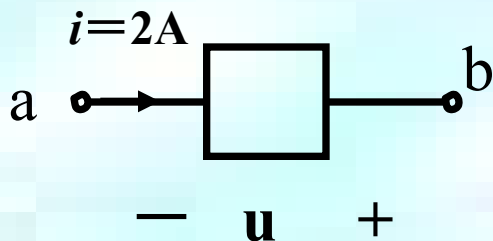
关联 (吸收)



$$p = u i = (-1) \times 2 = -2 \text{ W}$$

非关联 (吸收)

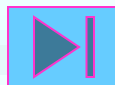
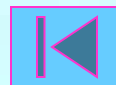
例 已知下图元件产生 4 W 功率, 求 $u = ?$



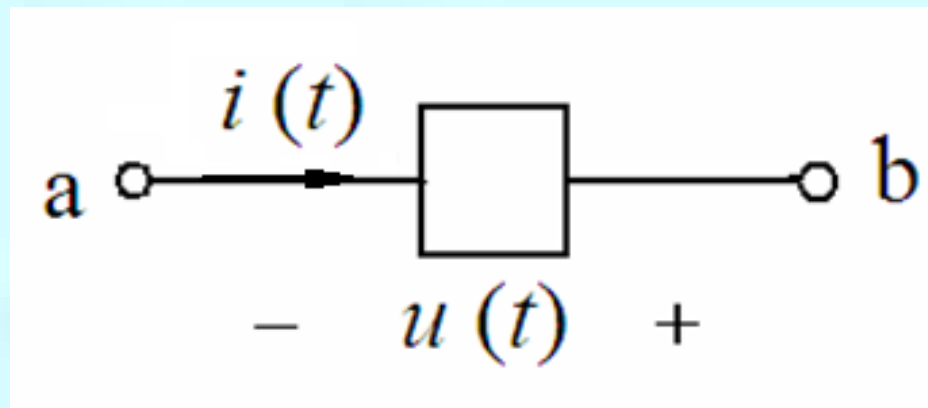
$$\therefore P = u i = 4 \text{ W}$$

$$\therefore u = P / i = 4 / 2 = 2 \text{ V}$$

非关联参考方向, P 为正, 所以 u 为正 2V。



例. 已知 $i = -4\text{A}$, $u = 6\text{V}$, 求其功率。



解: $p(t) = ui$

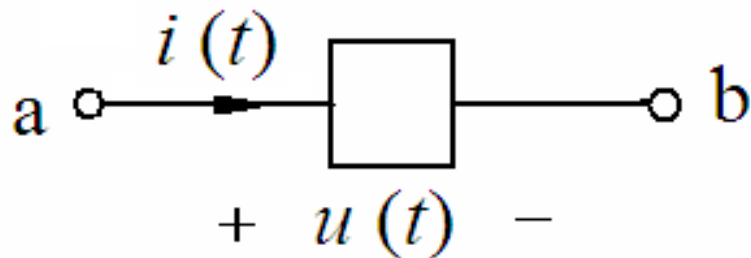
$$= 6 \times (-4) = -24(W)$$

是非关联参考方向, $p < 0$

实际吸收24W功率。



例. 已知 $i=2\text{A}$, $u=-5\text{V}$, 求其产生的功率和0—2秒产生的电能。



解: $p(t) = u i$
 $= 2 \times (-5) = -10(W)$

关联参考方向, $P < 0$, 产生的电功率为10W

0—2秒产生的电能为

$$w[0, 2] = \int_0^2 p(t) dt = \int_0^2 10 dt = 20(J)$$

作练习

习题一(19页)

1—1 1—2 1—3

1—7 1—8

书面作业

1—5 1—6 1—11

1.3 基尔霍夫定律

重点和难点

基尔霍夫电流定律 基尔霍夫电压定律

1.3.1 基尔霍夫电流定律

1.3.2 基尔霍夫电压定律

几个术语

支路： 一个二端元件称为一条支路。同时将由一些元件组成的一段2端电路也看成为一条支路。

节点： 支路的联接点。

回路： 由支路构成的闭合路径。

网孔： 内部没有其它支路的回路。

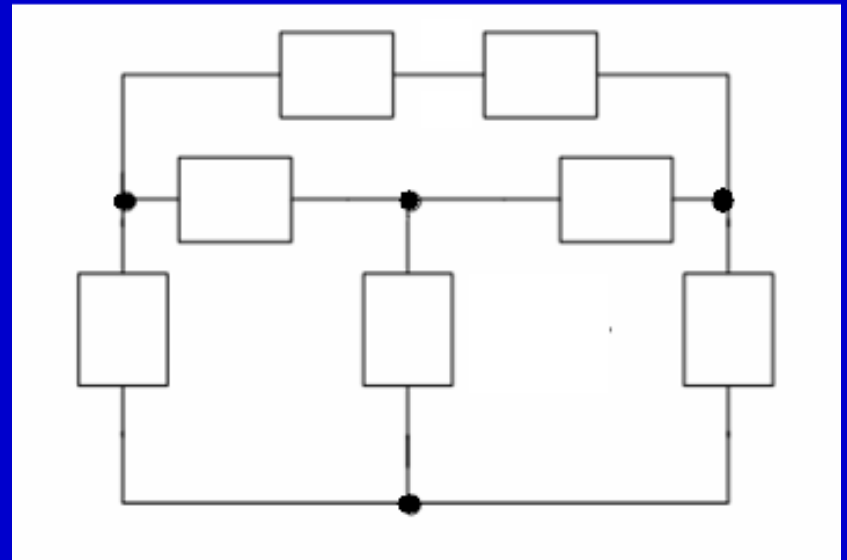
例：右图电路中，

有6条支路

4个节点

7个回路

3个网孔



1.3.1 基尔霍夫电流定律 (KCL)

❖ KCL: 集总电路中, 任何时刻, 对任一节点, 联接到该节点的所有支路的电流代数和为零。

可表达为: $\sum i(t) = 0$ (对任一节点)

(代数和是指流入、流出某节点的电流取不同的符号。)

我们约定: 流出节点的电流取“+”, 流入节点的电流取“-”。

例: $-i_1 - i_2 + i_3 + i_4 = 0$

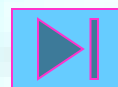
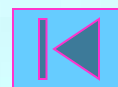
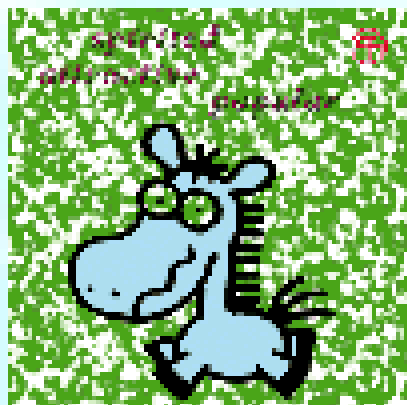
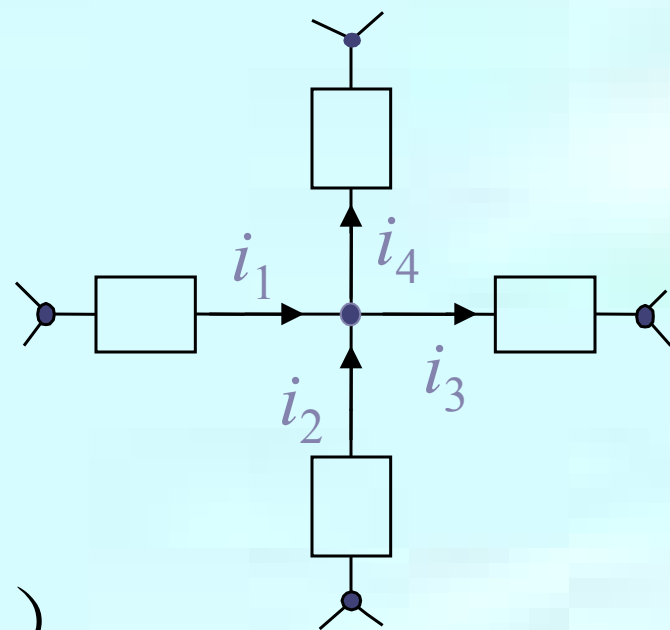
若已知 $i_1 = 5A$, $i_2 = -4A$

$i_3 = 8A$, 则有 ,

$-5 - (-4) + 8 + i_4 = 0$

求得 $i_4 = -7A$

(注意计算中的两套正负号。)



几点说明：

- (1) 式中各项前的正、负号取决于各电流的参考方向对结点的关系（流出或是流进）；
- (2) KCL是对连接结点各支路电流的线性约束；
- (3) KCL的实质是电荷守恒；
- (4) KCL与电路元件的性质无关；
- (5) KCL可推广用于电路中任意假想封闭面。

❖ KCL推广至闭合面:

集总电路中，任何时刻，联接到任一闭合面的所有支路的电流代数和为零。(我们约定: 流出曲面的电流取“+”，流入曲面的电流取“-”。)

例: 对封闭面有 $-i_1 - i_2 - i_3 = 0$

证:

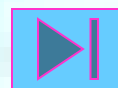
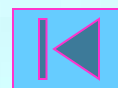
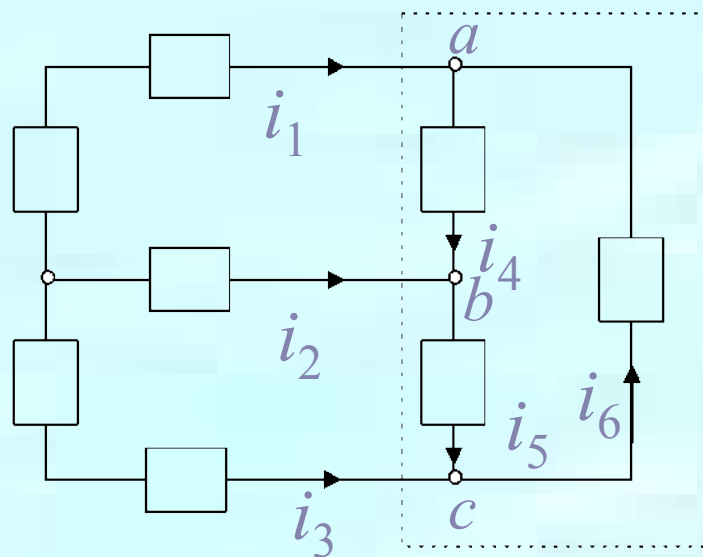
$$\text{节点a} \quad -i_1 + i_4 - i_6 = 0$$

$$\text{节点b} \quad -i_2 - i_4 + i_5 = 0$$

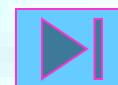
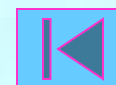
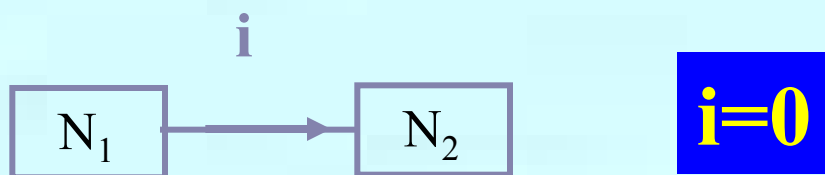
$$\text{节点c} \quad -i_3 - i_5 + i_6 = 0$$

上面3式相加，得

$$-i_1 - i_2 - i_3 = 0$$



又如，当两个单独的电路只用一条导线相连时此导线中的电流*i*必定为零。



书面作业

1—12 1-13

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/668102130062007002>