

家庭室内照明电路的制作

在日常生活中,电随处可见,手机、计算机、家用电器、通信系统等都是用电设备,这些电器都是通过它们的电路来发挥作用的。可见电在我们的生活和工作中是必不可少的,电的一个最普遍的用途就是家庭室内照明,本项目通过家庭室内照明电路的设计与制作,了解电路的一些基本知识,激发学习的兴趣。



项目目标

知识目标:

- ◇ 了解电路及电路模型的概念;
- ◇ 理解电压、电流的参考方向的意义;
- ◇ 熟悉电路常用元器件的符号、特性及其相关公式;
- ◇ 能根据要求设计家庭室内照明电路。

技能目标:

- ◇ 能测量电路中的电压、电流等物理量;
- ◇ 会计算电路中的电流、电压及功率;
- ◇ 能用元器件制作家庭室内照明电路。



项目描述

图 1-1 为家庭室内照明电路图的电路模型,家庭入户电压为 220V 交流电,为方便起见,用一实际电压源代替家庭入户电源,用小灯泡分别代替客厅、卧室、厨房和厕所的照明灯。

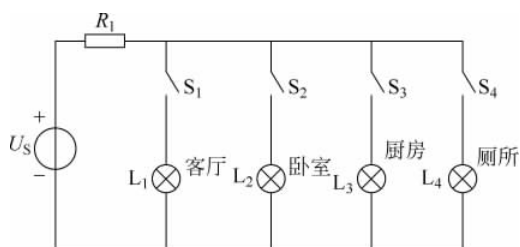


图 1-1 家庭室内照明电路图



相关任务

任务 1.1 电路与电路模型

任务目标

- ◇ 理解电路及电路模型的概念；
- ◇ 理解电路的三种状态及特点。

1.1.1 电路

在科技发达的今天,无论是人们的日常生活,还是各种生产实践,都广泛地使用着种类繁多的电路。例如,照明电路、通信电路、放大电路、自动控制电路等。

电路是电流的流通通路,是为实现某种功能,由各种电器元件按照一定方式连接而成的。

现代工程技术领域中存在着种类繁多、形式和结构不同的电路,但就其作用来看,分为两种:一种是进行能量的转换、传输和分配,例如电力系统电路,发电机组将其他形式的能量转换成电能,经输电、变电和配电又把电能转换成其他形式的能加以利用;另一种是对电信号的处理和传递,例如电视机就是把电信号经过调谐、滤波、放大等环节的处理,转换成人们所需要的其他信号。电路的这种作用也广泛应用在自动控制、通信、计算机技术等领域。

不管是简单的还是复杂的电路,通常可以将它分为三部分:一是提供电能的部分,称为电源;二是消耗或转换电能的部分,称为负载;三是连接及控制电路的部分,如开关、导线等,称为中间环节。

1.1.2 电路模型

组成实际电路的元件种类繁多,电路元件在工作时的电磁性质比较复杂,为了便于探讨电路的普遍规律,我们将实际电路进行理想化,得到实际电路的电路模型。所谓电路模型,实际上就是由一些理想电路元件构成的与实际电路相对应的电路图。

图 1-2(a)是一个手电筒照明电路,图 1-2(b)为手电筒照明电路的电路模型。

理想电路元件是电路中最基本的组成单元。所谓理想电路元件是具有某种确定的电磁性能的理想元件。例如,理想电阻元件只消耗电能(既不储存电能,也不储存磁能);理想电容元件只储存电能(既不消耗电能,也不储存磁能);理想电感元件只储存磁能(既不消耗电能,也不储存电能)。理想电路元件是一种理想的模型并具有精确的数学定义,在电路图模型中,各种电路元件用规定的图形符号表示,图 1-3 所示为 5 种常见的理想电路元件。图 1-3(a)为电阻元件,图 1-3(b)为电感元件,图 1-3(c)为电容元件,它们都属于无源元件;而图 1-3(d)为电压源元件,图 1-3(e)为电流源元件,它们都属于有源元件。

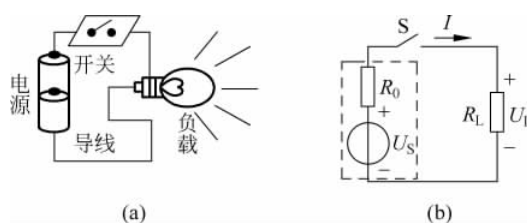


图 1-2 手电筒实际电路与电路模型

(a) 实际电路；(b) 电路模型

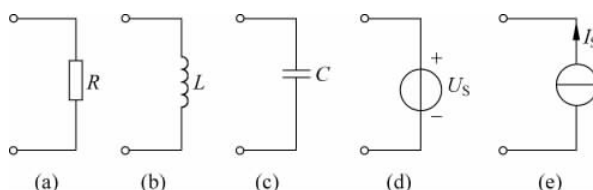


图 1-3 理想电路元件

(a) 电阻；(b) 电感；(c) 电容；(d) 电压源；(e) 电流源

本书分析的不是实际电路,而是只讨论在给定电路模型情况下电路分析的问题。

1.1.3 电路的三种状态

1. 开路

如图 1-4 所示,当把电路的一对端子断开时,这个电路就叫作开路,即电源和负载未构成闭合回路,使电路处于开路状态,这时外电路的电阻可视为无穷大,电路中的电流为零,因此电路中电源的输出功率和负载的吸收功率均为零。

2. 负载

如果把图 1-4 中开关闭合,电路形成闭合回路,电源就向负载电阻 R 输出电流,此时电路就处于负载状态,如图 1-5 所示。

3. 短路

如果把图 1-5 中的负载电阻用导线连接起来,即电阻的两端电压为零,那么此时电阻就处于短路状态,电压源也处于短路状态,如图 1-6 所示。要注意电压源是不允许被短路的,因为短路将导致外电路的电阻为零,这样会损坏电压源,因此,短路是一种电路故障,应该避免。

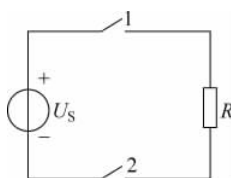


图 1-4 开路

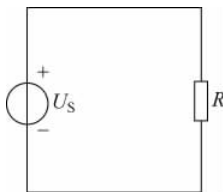


图 1-5 负载

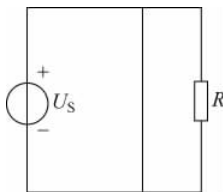


图 1-6 短路

任务作业

- 1.1.1 什么是电路模型？它和实际电路的区别是什么？
- 1.1.2 电阻、电容、电感、理想电压源和理想电流源的电路符号是什么？
- 1.1.3 电路的三种状态是什么？

任务 1.2 电路的基本物理量

任务目标

- ◇ 理解电流、电压和电位、电能和功率的概念及物理意义；
- ◇ 理解电流和电压参考方向的选取和物理意义；
- ◇ 会计算元件的电能和功率。

电流、电压和功率是电路分析中常用到的物理量,虽然在中学物理已经接触过电流、电压和功率这些物理量,但在本书中,我们要从工程应用的角度重新理解电流、电压和功率这些量的概念。在此不仅要研究这些量的大小,还要考虑它们的方向。

1.2.1 电流

1. 电流的定义

电荷在电场力作用下的定向移动形成电流。单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度,并用它来衡量电流的大小。电流强度简称电流,用 i 表示,根据定义有

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中: dq 为导体横截面在 dt 时间内通过的电荷量。在国际单位制中,电荷量的单位为库仑(C),时间的单位为秒(s),电流的单位为安培(A),简称安。常用的还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)。它们之间的转换关系为

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

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

当电流 i 的大小和方向均不变时,称为直流电流,简称直流(DC)。常用大写的 I 表示,相应地有

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

2. 电流的方向

电流不但有大小,而且有方向,习惯规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。但在电路分析中,某段电路的实际方向往往不能确定,特别是电流随时间变化时,电流的实际方向便无法确定,因此引入参考方向的概念。在电路图中任意选定一个方向作为某支路电流的参考方向,用箭头表示。参考方向为任意假定的方向,若计算结果中电流为正值,则说明参考方向与实际方向一致;若电流为负值,则说明参考方向和实际方向相反。根

据电流的参考方向和电流计算值的正负,就能确定电路电流的实际方向。电流参考方向与实际方向的关系如图 1-7 所示。

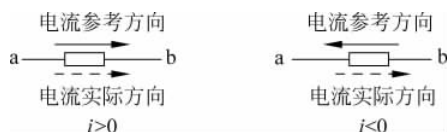


图 1-7 电流的参考方向和实际方向的关系

1.2.2 电压与电位

1. 电压

(1) 电压的定义。电荷在电场力的作用下移动,电场力要做功。在电路中,电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功称为 ab 间的电压,用 u_{ab} 或 U_{ab} 表示。

$$u_{ab} = \frac{d\omega}{dq} \quad (1-3)$$

式中: $d\omega$ 为电场力对 dq 电荷从 a 点移动到 b 点所做的功,单位是焦耳(J); 电荷量 dq 的单位是库仑(C),则电压的单位是伏特(V),简称伏。常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V),它们之间的转换关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

$$1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$$

当电压大小和方向均不变化时,称为直流电压,用大写的 U 表示,则电压公式写为

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

(2) 电压的方向。和电流一样,电压不仅有大小,而且有方向。电压的实际方向规定为正电荷在电场中受电场力作用而移动的方向。在不能确定电压实际方向时,可以假定一个参考方向。

在电路中任意选定电压的参考方向,一般用实线箭头表示,箭头方向即为电压的参考方向;也可以用双下标表示,如 u_{ab} ,其参考方向表示由 a 指向 b。除此以外,电压参考方向还可以用“+”“-”符号表示,“+”号表示假设的高电位端,“-”号表示假设的低电位端。由“+”指向“-”的方向就是电压的参考方向。在选定参考方向后,若计算出的电压 $u_{ab} > 0$,表明电压的实际方向与参考方向一致;若 $u_{ab} < 0$,则表示电压的实际方向与参考方向相反,如图 1-8 所示。同电流一样,两点间电压数值的正负是在设定参考方向的条件才有意义。

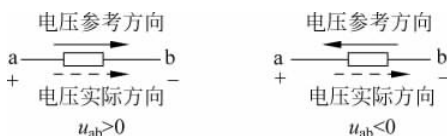


图 1-8 电压的参考方向和实际方向的关系

(3) 关联参考方向。电流与电压的参考方向是任意假定的,二者彼此独立,相互无关。但为了分析电路的方便,习惯上总是把某段电路电压参考方向和电流参考方向选得一致,即电流参考方向与电压“+”极到“-”极的参考方向一致,并称之为关联参考方向。为简单明了,一般情况下,只需标出电压或电流中的某一个的参考方向,就意味着另一个选定的是与之相关联的参考方向,如图 1-9 所示。



图 1-9 电压、电流的参考方向

(a) 关联参考方向; (b) 非关联参考方向

【例 1-1】 在图 1-10 所示的电路中,已知 $U_1 = -10\text{V}$, $U_2 = 20\text{V}$,求 U_{AB} 和 U_{CD} 各为多少伏?

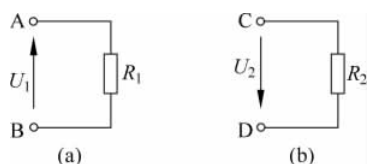


图 1-10 例 1-1 图

解: U_1 和 U_2 的参考方向如箭头所示, U_{AB} 的参考方向与 U_1 的箭头方向相反,如图 1-10(a)所示, U_{CD} 的参考方向与 U_2 的箭头方向相同,如图 1-10(b)所示,故有

$$U_{AB} = -U_1 = -(-10) = 10(\text{V})$$

$$U_{CD} = U_2 = 20\text{V}$$

2. 电位

在电路分析中,经常会用到“电位”这个物理量,那“电位”是什么呢? 在电路中任选一点为参考点,则从电路中某点 a 到参考点之间的电压称为 a 点的电位,用 V_a 表示。电位的参考点可以任意选取,通常规定参考点电位为零。电位的单位也是伏特(V)。

电压与电位的关系是电路中 a、b 两点之间的电压等于这两点之间的电位之差,即

$$u_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

由此可以看出,电压的方向就是电位减少的方向,若 $u_{ab} = 0$,即 $V_a = V_b$,则称 a、b 两点为等电位点。

参考点选得不同,各点电位会有所不同,但两点间的电位差不会改变,即两点之间的电压不变。在电路分析中,参考点一旦选定,则不再改变,电路中各点电位也随之确定了。在电路中不指定参考点而谈论各点的电位是没有意义的。工程上常选大地、设备外壳或接地点作为参考点,参考点在电路图中常用符号“ $\perp$ ”表示。

1.2.3 电能与功率

1. 电能

电流通过电路元件时,电场力要做功。例如,电流通过电灯时,电能转换为光能;电流通过电风扇时,风扇电机转动起来,电能转化为机械能。电流做功的过程,实际就是电能转化为其他形式能量的过程。

研究表明,电能与电流、电压和通电时间成正比。设在 dt 时间内,有正电荷 dq 从元

件的高电位端移到低电位端,若元件两端的电压为 u ,则电场力移动电荷做的功为

$$d\omega = udq = ui dt$$

即在 dt 时间内,元件消耗了电能 $d\omega$ 。电功的单位是焦耳(J),工程上也常用千瓦·时($\text{kW} \cdot \text{h}$),俗称“度”。换算关系为

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

在直流电路中,电压 U 和电流 I 都是常量,则电场力做的功为

$$W = UI t \quad (1-6)$$

电场力做正功,元件消耗电能,即将电能转化为其他形式的能量;电场力做负功,元件提供电能,即将其他形式的能量转换成电能。元件是消耗电能还是提供电能,则要看电压与电流的实际方向而定,在电压和电流取关联参考方向时,若计算得 $W > 0$,说明 U 、 I 的方向一致,说明元件消耗电能;若 $W < 0$,则说明 U 、 I 的实际方向相反,说明元件向外提供电能。

2. 功率

在相同的时间内,电流通过不同元件所做的功一般并不相同。为了表示元件消耗或者提供电能的快慢,引入了电功率这一物理量,电流在单位时间内所做的功叫作电功率,简称功率,用字母 p 表示。计算公式为

$$p = \frac{d\omega}{dt} = ui \quad (1-7)$$

即电功率等于电流和电压的乘积。

在直流情况下,电流和电压是常量,则功率计算式为

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-8)$$

若电压的单位是伏(V),电流的单位是安(A),则功率的单位是瓦特(W)。在实际使用中还会用到千瓦(kW)和毫瓦(mW),换算关系为

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 1000 \text{ mW}$$

在电流和电压关联方向下,计算功率用公式 $p = ui$,计算出的 $p > 0$,则表示元件实际为吸收(消耗)功率;若计算出的 $p < 0$,则表示元件实际发出(提供)功率。

在电流和电压非关联方向下,计算功率公式要采用 $p = -ui$ 。这样规定后,若计算出 $p > 0$,仍表示元件吸收(消耗)功率; $p < 0$,表示元件发出(提供)功率。

【例 1-2】 试求图 1-11 中元件的功率。

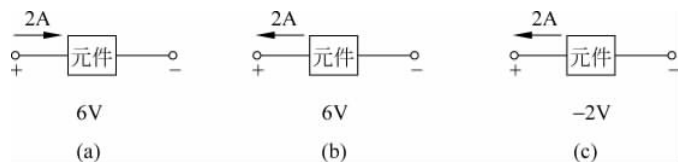


图 1-11 例 1-2 图

解：图 1-11(a)中,电压、电流为关联参考方向, $P=UI=6\times 2=12(\text{W})$ ($P>0$,元件消耗电能);该元件实际上是一个负载。

图 1-11(b)中,电压、电流为非关联参考方向, $P=-UI=-6\times 2=-12(\text{W})$ ($P<0$,元件提供电能);该元件实际上是一个电源。

图 1-11(c)中,电压、电流为非关联参考方向, $P=-UI=-(-2)\times 2=4(\text{W})$ ($P>0$,元件消耗电能);该元件实际上是一个负载。

总之,根据电压、电流参考方向是否关联,可选用相应的公式计算。但不论用哪一种公式,都是按吸收功率计算,若计算的功率为正值,则表示实际为吸收功率;若计算的功率为负值,则表示实际为发出功率。

仿真实验

直流电路的电压、电位测量

1. 实验目的

- (1) 深刻理解电路的电压和电位的概念。
- (2) 掌握 Multisim 10.0 软件的使用方法、使用步骤和虚拟仪器的使用方法。

2. 实验内容及步骤

- (1) 打开 Multisim 10.0 仿真软件,按图 1-12(a)所示连接电路。Multisim 10.0 的元

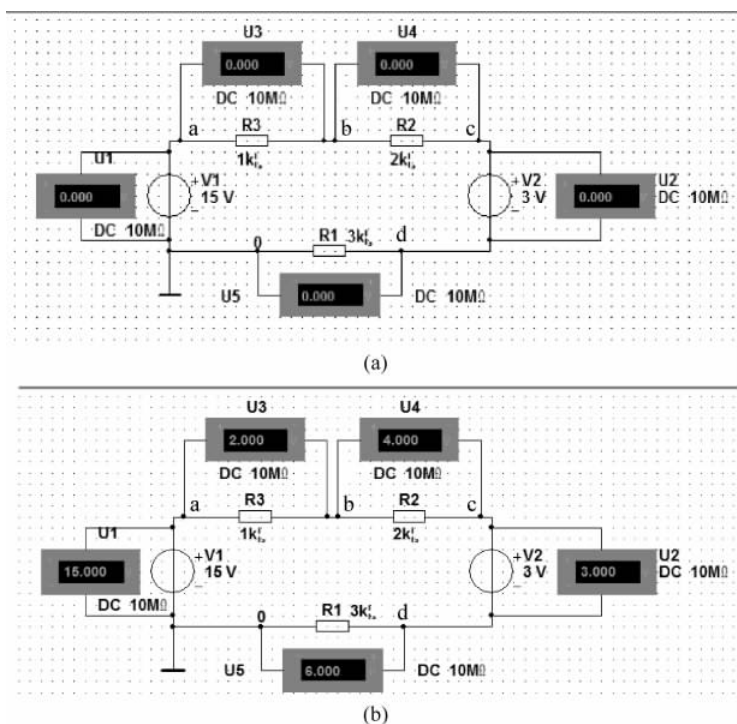


图 1-12 直流电路电压、电位的测量

(a) 电路组成; (b) 仿真结果

件库中有数千种电路元器件可供选用。图中,电阻、连接点在基本器件库(Basic);直流电压源、接地在信号源库(Power Source Components)。连接好电路后,按电路图中要求设置电阻和电源数值。从指示器件库(Measurement Components)中取出电压表,把电压表并联在电路中(注意电压表图标的正、负极性)。

(2) 按下仿真“启动/停止”开关(Simulation Switch),运行电路,仿真结果见图 1-12(b)观察电压表的读数。

(3) 记录各电压表的值并填入实验数据表 1-1 中。

表 1-1 实验数据表(一)

参考点	V_0	V_a	V_b	V_c	V_d	U_{0a}	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{d0}
0	0									
a		0								
b			0							
c				0						
d					0					

(4) 分别以 0,a,b,c,d 为参考点(零电位点),按数据表 1-1 格式填入测量数据,根据数据验证电位和电压的关系:

$$U_{0a} = V_0 - V_a, \quad U_{0b} = V_0 - V_b, \quad U_{bc} = V_b - V_c, \\ U_{cd} = V_c - V_d, \quad U_{d0} = V_d - V_0$$

(5) Multisim 提供测量探针和电流探针。在电路中,将测量探针和电流探针连接到电路中的测量点,测量探针即可测量出该点的电压和频率值,电流探针即可测量出该点的电流值。按照实验图 1-13 所示连接电路。

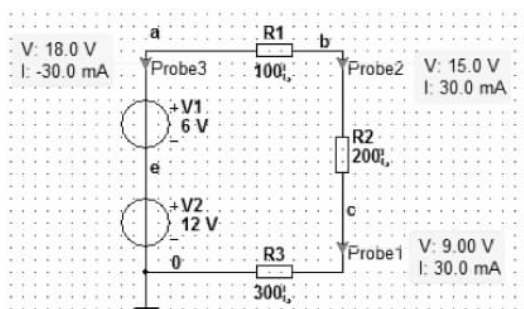


图 1-13 利用探针进行电路电压、电位测量

(6) 利用测量探针进行电流与电压的测量。从测量仪器(Instruments)中选用测量探针(Measurement Probe),分别探测电路中 a、b、c 点的电位与电流。

(7) 按下“启动/停止”开关,启动电路,观察各探测点的电位与电流的数值,如图 1-13 所示。

(8) 记录各探测点的电位与电流值并记录实验数据(表格自拟),验证电位和电压的关系。

请注意如下事项。

- (1) 按图连接好电路与仪器后,注意要保存文件。
- (2) 电路运行后,注意读数或双击仪器面板进行参数调整。

3. 思考题

- (1) 分析所测电路数据,说明电压和电位之间的关系。
- (2) 总结 Multisim 仿真软件元件及虚拟仪器的使用方法和操作过程。

任 务 作 业

1.2.1 已知某电路中 $U_{ab} = -5\text{V}$,说明 a、b 两点中哪点电位高。

1.2.2 图 1-14 中,已知 $V_a = -5\text{V}$, $V_b = 3\text{V}$,求 U_{ac} 、 U_{bc} 、 U_{ab} 。若改 b 点为参考点,求 V_a 、 V_b 、 V_c ,并再求 U_{ac} 、 U_{bc} 、 U_{ab} 。由计算结果可说明什么道理。

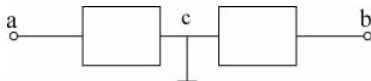


图 1-14 题 1.2.2 图

1.2.3 求图 1-15 所示电路中各元件电流的大小和方向。条件:(a)吸收功率 72W ;(b)提供功率 10W ;(c)吸收功率 60W ;(d)提供功率 30W 。

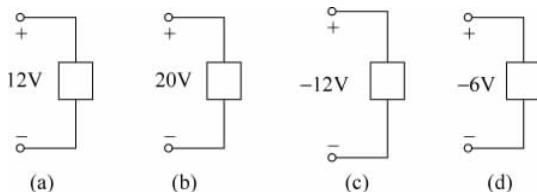


图 1-15 题 1.2.3 图

任务 1.3 常用的电路元器件

任 务 目 标

- ◇ 掌握电阻元件的欧姆定律及伏安特性;
- ◇ 掌握电容元件的伏安特性及储能计算;
- ◇ 掌握电感元件的伏安特性及储能计算。

电路元件是组成电路最基本的单元,按能量特性分为无源元件和有源元件。有源元件在电路中对外提供能量,无源元件消耗能量。

电路元件按其端钮还可以分为二端元件和多端元件。二端元件具有两个端钮,如电