



主编 张纪成 魏永继

电路与电子技术

天津科技翻译出版公司

电路与电子技术

张纪成 主编
魏永继

天津科技翻译出版公司

内 容 提 要

《电路与电子技术》全书共十一章,分为上、下两篇。上篇为电路原理部分共六章,主要介绍电路的基本概念与定律、电路一般分析方法、正弦交流电路、非正弦周期量电路分析、暂态电路分析、耦合电感和理想变压器。下篇为电子技术部分共五章,主要介绍半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路和稳压电源等。

每章均附有习题,部分章节有自我检测题。本书可作为师范院校和理工科院校计算机专业或相近专业基础课教材,也可作为从事计算机和电子技术应用研究开发的工程技术人员的参考用书。

电路与电子技术

张纪成 魏永继 主编

* * *

天津科技翻译出版公司出版

(邮政编码 300192)

全国新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/16 印张:31.5 字数:740千字

1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

印数:1—5000册

ISBN7-5433-0888-6
TB·37 定价:32.00元

前 言

本书是按照1992年4月与1994年5月两届“全国高等师范院校计算机专业教学及教材研讨会”精神,并经教材审编委员会审订《电路与电子技术》大纲后编写的。

《电路与电子技术》是计算机及其它电子类专业必学的技术基础课程所用教材。通过本课程学习,使学生掌握电路的基础理论、基本知识、基本技能及分析方法,了解电路及电子技术方面最新发展概况,以便为后续课程提供必要的基础知识。考虑到实用性,在书中电子技术部分章节中增加了与计算机专业(包括电子类专业)有关的常用电路。为加强和巩固读者的知识,每章后面有大量的习题及可供参考的答案,部分章节后面增加自我检测题。此外,还编入了本专业的常用英文词汇以便于读者查找。

书中的上、下两篇,可以根据给定的教学计划1:1或3:4安排。总课时为80~100学时。每部分应该配有一定数量的实验,以便加深对理论知识的理解及增强实验能力。

教材编写过程中注意引入最新的技术成果和新的思路。结合计算机专业相关的基础知识,内容力求深入浅出,循序渐进,体现知识性、科学性、系统性、趣味性及实用性。

书中的内容也注意到与《物理学》的分工,避免不必要的重复。第一章的电路基本概念及定律,虽然在物理课程中详细介绍过,但是为了加强理论的系统性及知识的衔接,所以在书中把常用的物理量及定律等内容仍写在第一章中。

本书作为计算机系专业四年制(包括电子类专业)本科生的专业基础教材,大专水平相近的专业将内容适当取舍后也可使用。同时可以作为从事计算机和电子技术应用与研究开发的工程技术人员作为参考用书。

书中张纪成编写第一章、第五章、第六章、第二章部分内容及全书通稿工作;张兴会编写第二章部分内容、第九章;鲁光源编写第三章、第四章;张子珍编写第七章、第十章、第八章部分内容;魏永继编写第十一章、第八章部分内容及部分章节通稿工作。

本书插图由刘淑琴绘制,并与李维静共同完成植字工作。

上海师范大学计算机系王修才教授承担主审并对大纲及全书内容进行了仔细审阅及修改。

华东师范大学计算机系陈强璋副教授、西南师范大学计算机系王能忠教授和梁贞学副教授、华中师范大学计算机系冯刚副教授、东北师范大学计算机系吕英华副教授、山东师范大学计算机系江志超教授、华南师范大学吴伟民副教授、河南师范大学计算机系杨白智副教授、尧世斌副教授都对本书编写的大纲及内容的安排提出许多宝贵意见。编写过程中得到天津师范大学计算机系王勤民教授、常宁金副教授的关心与支持并得到硬件教研室老师们的许多帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,谬误之处在所难免,希望读者,特别是使用本书的教师提出宝贵意见,以便今后修订提高。

张纪成

1995.4.20

目 录

上 篇 电路原理

第一章 电路的基本概念与定律	(1)
1.1 电路的组成与模型	(1)
1.1.1 实际电路	(1)
1.1.2 理想电路	(2)
1.2 电路中常用的物理量	(2)
1.2.1 电荷和电流	(2)
1.2.2 电压和电位	(4)
1.2.3 电动势	(7)
1.2.4 功率	(8)
1.3 欧姆定律.....	(10)
1.4 电压源、电流源与受控源	(11)
1.4.1 电压源.....	(12)
1.4.2 电流源.....	(13)
1.4.3 受控源.....	(15)
1.5 电路的开路、短路及有载工作状态	(17)
1.5.1 开路.....	(17)
1.5.2 短路.....	(17)
1.5.3 有载工作状态.....	(18)
1.6 基尔霍夫定律.....	(19)
1.6.1 基尔霍夫电流定律.....	(19)
1.6.2 基尔霍夫电压定律.....	(21)
1.7 简单电路分析与计算.....	(24)
习题	(27)
第二章 电路一般分析方法	(31)
2.1 等效电路分析.....	(31)
2.1.1 电阻的串、并联与等效二端网络	(31)
2.1.2 电阻星形连接和三角形连接的等效变换.....	(36)
2.1.3 电压源及电流源的串、并联	(40)
2.1.4 戴维南与诺顿等效电路.....	(44)
2.2 电路的基本分析方法.....	(50)
2.2.1 网孔分析法.....	(50)

2.2.2	节点电压分析方法	(55)
2.2.3	叠加定理	(60)
2.2.4	戴维南和诺顿定理	(64)
2.2.5	最大功率传输定理	(76)
2.2.6	含受授源电路分析方法	(77)
2.2.7	非线性电阻电路分析	(82)
	习题	(88)
第三章	正弦交流电路	(94)
3.1	正弦电压与电流	(94)
3.1.1	频率与周期	(94)
3.1.2	幅值与有效值	(95)
3.1.3	相位与初相位	(96)
3.2	正弦量的相量表示法	(97)
3.2.1	相量表示法	(97)
3.2.2	复数运算	(99)
3.3	电阻、电容与电感元件	(101)
3.3.1	电阻元件	(101)
3.3.2	电容元件	(102)
3.3.3	电感元件	(103)
3.4	电阻、电容与电感元件的交流电路	(105)
3.4.1	电阻元件的交流电路	(105)
3.4.2	电容元件的交流电路	(107)
3.4.3	电感元件的交流电路	(109)
3.5	电阻、电容与电感元件串联的交流电路	(111)
3.6	阻抗的串、并、混联交流电路	(116)
3.6.1	阻抗串联的交流电路	(116)
3.6.2	阻抗并联的交流电路	(117)
3.6.3	阻抗混联的交流电路	(120)
3.7	复杂正弦交流电路的分析与计算	(122)
3.8	交流电路的频率特性	(125)
3.8.1	RC 串联电路的频率特性	(125)
3.8.2	串联谐振	(127)
3.8.3	并联谐振	(131)
* 3.9	功率因数的提高	(132)
3.10	三相正弦交流电路	(134)
3.10.1	三相电压	(134)
3.10.2	负载星形连接的三相电路	(136)
3.10.3	负载三角形连接的三相电路	(140)
3.10.4	三相功率	(141)

习题	(142)
第四章 非正弦周期量电路分析	(147)
4.1 非正弦周期量的分解	(147)
4.2 非正弦周期量的有效值	(150)
4.3 非正弦周期电流的线性电路计算	(151)
4.4 非正弦周期电流电路的平均功率	(155)
习题	(156)
第五章 暂态电路分析	(159)
5.1 动态元件	(159)
5.1.1 概述	(159)
5.1.2 动态元件的有关特性	(160)
5.1.3 动态元件串、并联电路	(161)
5.1.4 换路定则和初始值确定	(164)
5.2 RC 电路的响应	(167)
5.2.1 RC 电路的零输入响应	(167)
5.2.2 RC 电路的零状态响应	(172)
5.2.3 RC 电路的一阶完全响应	(176)
5.3 一阶线性电路暂态分析的三要素法	(181)
5.4 微分与积分电路	(187)
5.4.1 微分电路	(187)
5.4.2 积分电路	(188)
5.5 RL 电路的一阶响应	(190)
5.5.1 RL 电路的零输入响应	(190)
5.5.2 RL 电路的零状态响应	(194)
5.5.3 RL 一阶电路的完全响应	(197)
* 5.6 RLC 电路的响应分析	(200)
5.6.1 RLC 电路的零输入响应——过阻尼	(200)
5.6.2 RLC 电路的零输入响应——临界阻尼	(203)
5.6.3 RLC 电路的零输入响应——负阻尼	(203)
5.6.4 RLC 电路的零输入响应——无阻尼等幅振荡	(206)
习题	(207)
第六章 耦合电感和理想变压器	(213)
6.1 耦合电感	(213)
6.2 耦合电感线圈的连接	(218)
6.2.1 串接	(218)
6.2.2 并接	(219)
6.3 空芯变压器电路分析	(221)
6.4 理想变压器	(224)
6.5 理想变压器折合阻抗	(227)

6.6 实际变压器与模型电路	(230)
习题	(235)

下 篇 模拟电子技术基础

第七章 半导体二极管和三极管	(239)
7.1 半导体的导电特性	(239)
7.1.1 什么是半导体	(239)
7.1.2 本征半导体	(240)
7.1.3 N 型半导体和 P 型半导体	(241)
7.1.4 PN 结的形成与特性	(242)
7.2 半导体二极管	(244)
7.2.1 半导体二极管的基本结构	(244)
7.2.2 二极管的伏安特性	(245)
7.2.3 二极管的主要参数及注意事项	(247)
7.2.4 二极管的选择	(250)
7.2.5 稳压管	(250)
7.3 半导体三极管	(251)
7.3.1 半导体三极管的基本结构	(251)
7.3.2 三极管的电流分配和放大原理	(253)
7.3.3 三极管的特性曲线	(256)
7.3.4 三极管的主要参数	(258)
7.3.5 三极管的选择和使用注意事项	(261)
习题	(262)
第八章 基本放大电路	(263)
8.1 基本放大电路的组成	(263)
8.2 放大电路的静态分析	(264)
8.2.1 用放大电路的直流通路确定静态值	(264)
8.2.2 用图解法确定静态值	(265)
8.3 放大电路的动态分析	(266)
8.3.1 微变等效电路分析法	(266)
8.3.2 图解法	(271)
8.4 静态工作点的稳定	(273)
8.5 射极输出器	(277)
8.5.1 静态分析	(277)
8.5.2 动态分析	(278)
8.6 放大电路中的负反馈	(280)
8.6.1 放大电路反馈的基本概念	(280)
8.6.2 负反馈放大电路的组态	(281)

8.6.3	反馈的方块图表示法	(286)
8.6.4	负反馈对放大电路工作性能的影响	(291)
8.6.5	反馈放大电路的计算	(301)
8.7	多级放大电路	(305)
8.7.1	阻容耦合	(305)
8.7.2	直流放大电路	(309)
8.8	差分放大电路	(318)
8.8.1	差分放大电路分析	(318)
8.8.2	典型差分放大电路	(321)
8.9	功率放大电路	(326)
8.9.1	最简单的功率放大电路——射极输出器	(327)
8.9.2	互补对称功率放大电路	(328)
* 8.9.3	大功率功率放大电路	(330)
* 8.9.4	功率放大电路(OCL)介绍	(330)
8.9.5	集成功率放大电路	(332)
8.10	场效应管及其放大电路	(333)
8.10.1	场效应管类型	(333)
8.10.2	绝缘栅场效应管放大电路	(337)
	习题	(345)
第九章	集成运算放大器	(350)
9.1	集成运算放大器的简单介绍	(350)
9.1.1	概述	(350)
9.1.2	集成运算放大器的特点	(351)
9.1.3	集成运算放大器的电路说明	(352)
9.1.4	集成运算放大器的主要参数及其简单测试方法	(353)
9.1.5	理想集成运算放大器及其基本组态	(357)
9.2	运算放大器在信号运算方面的运用	(363)
9.2.1	加法运算	(363)
9.2.2	减法运算	(364)
9.2.3	积分运算	(364)
9.2.4	微分运算	(367)
9.2.5	对数与反对数运算	(368)
9.2.6	模拟乘法器	(370)
9.3	运算放大器在信号处理方面的应用	(379)
9.3.1	有源滤波器	(379)
9.3.2	采样保持电路	(383)
9.3.3	电压比较器	(385)
9.4	运算放大器的应用	(391)
9.4.1	矩形波发生器	(391)

9.4.2	三角形波发生器	(391)
9.4.3	锯齿波发生器	(393)
9.4.4	正弦波发生器	(393)
* 9.5	运算放大器信号变换电路	(395)
9.5.1	电压—时间模数变换电路	(395)
9.5.2	电压—频率变换电路	(398)
9.6	运算放大器使用中应注意的问题	(403)
9.6.1	运算放大器的选择	(403)
9.6.2	运算放大器参数特性的老化和筛选	(406)
9.6.3	运算放大器自激的消除	(406)
9.6.4	运算放大器输出调零	(408)
9.6.5	集成运算放大器的保护	(409)
9.6.6	扩大输出电路	(410)
	习题	(411)
第十章	正弦波振荡电路	(418)
10.1	正弦波振荡电路的基础知识	(418)
10.1.1	振荡条件	(418)
10.1.2	起振条件	(419)
10.1.3	基本组成	(419)
10.1.4	分析方法	(420)
10.1.5	分类	(420)
10.2	RC 正弦波振荡电路	(420)
10.2.1	RC 串、并联网络的频率特性	(420)
10.2.2	RC 正弦波振荡电路的构成	(422)
10.3	LC 正弦波振荡电路	(424)
10.3.1	LC 并联回路的基本特性	(424)
10.3.2	变压器反馈式 LC 正弦波振荡电路	(426)
10.3.3	电感三点式正弦波振荡电路	(427)
10.3.4	电容三点式正弦波振荡电路	(428)
10.4	晶体振荡器	(429)
10.4.1	石英晶体的基本知识	(429)
10.4.2	石英晶体正弦波振荡电路	(431)
	习题	(433)
第十一章	稳压电源	(436)
11.1	电源概述	(436)
11.1.1	电源装置的种类	(436)
11.1.2	国内外稳定电源的发展概况	(436)
11.1.3	稳定电源的主要指标	(437)
11.2	化学电源与物理电源	(438)

11.2.1	化学电源	(438)
11.2.2	物理电源	(438)
11.3	直流稳压电源	(439)
11.3.1	直流稳压原理	(439)
11.3.2	直流稳压电路组成	(439)
11.3.3	性能较好的稳压电源	(451)
11.4	集成稳压电源	(452)
11.4.1	多端输出电压可调式集成稳压器	(452)
11.4.2	三端固定输出集成稳压器	(453)
11.5	开关型稳压电源	(458)
11.5.1	开关电源的基本原理	(459)
11.5.2	脉冲变压器耦合开关稳压电路	(459)
11.5.3	开关稳压电源的基本组成	(460)
11.5.4	开关稳压电源的优越性	(462)
11.5.5	集成开关稳压电源设计实例	(462)
11.6	交流稳压电源	(463)
11.6.1	电磁稳压器	(463)
11.6.2	稳压变压器	(463)
11.6.3	调压器稳定电源	(464)
11.6.4	电子交流稳压器	(464)
11.7	UPS 电源简介	(465)
11.7.1	不停电电源的种类	(465)
11.7.2	UPS 电源基本工作原理	(465)
11.7.3	后备式 UPS 电源和在线式 UPS 电源的区别	(466)
	习题	(470)
附 录		(472)
附录一	半导体器件型号命名方法	(472)
附录二	常用半导体器件的参数	(473)
附录三	集成电路型号命名	(476)
附录四	集成运算放大器国内外型号对照表	(477)
附录五	部分国产集成运算放大器参数表	(479)
部分习题答案		(480)
英文词汇汇编		(485)

上篇 电路原理

第一章 电路的基本概念与定律

当今社会的各个领域,如生产、科研、国防及日常生活中,电得到广泛应用,主要原因是电具有如下优点:(1)电能便于转换成其它形式的能量,如热能、光能、机械能等;(2)电能传输方便、迅速、经济;(3)电能便于控制,效率高、灵敏度高,所以电不仅是动力源,也是用于通讯、航天、自动控制、计算机等科学技术的物质基础。

在各种电的技术领域中,可以通过各种电路实现各种功能,完成不同的任务。电路的种类繁多,按其功能的分类也很多,结构也不同,但是各种电路都遵循着共同的规律。有关电路的理论是研究电路的基本规律的学科。其内容包含着两部分内容:(1)电路分析:在给定的电路结构、元件参数的条件下,求解电路中各部分电压及电流。(2)电路综合:在给定激励及响应的条件下求解电路结构。本课程主要是研究线性、非时变电路的基本理论及分析方法,是计算机、自动控制及各种电气工程专业必修的技术专业基础课。本章主要是对电路分析中常用的物理量及电路基本定律加以阐述,以利于后续章节的学习。

1.1 电路的组成与模型

1.1.1 实际电路

完成各种特定任务的电路都是由电源、电阻器、电容器、电感器、半导体管等元件或部件组成。将这些元件按照一定需要组合连接起来,形成电流的通路称为电路。

电路的种类繁多,诸如日常的照明、电炉发热、电机转动、计算机中的数据及程序的存储器,自动控制中的闭环系统等,都是用导线把电源和电气设备连接起来,构成电路。但是不管电路多么复杂,形式如何变化,电路都是由一些最基本的部分组成。日常生活中最常用的手电筒电路,它的组成体现了所有电路的共性,如图 1-1 所示。

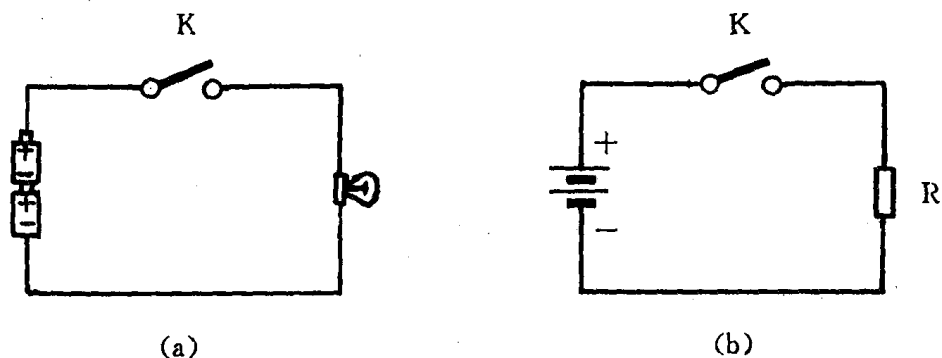


图 1-1 电路组成

从图可见,电路可由电源、负载及中间环节组成,其中:

电源:如图 1-1(a)是干电池,是电路中电能的来源。其本质是将其它形式的能量转换成电能。干电池是将化学能转变成电能,发电机将机械能转变成电能,光电池将光能转换成电能等。

负载:取用电的设备,它能将电能转换成其它形式的能量。如手电筒中的灯泡,将电能转换成光能。直流电路中的负载主要是电阻性,它是将电能转变成热能的负载。

中间环节:主要是连接的导线和控制电路通断的开关,用它们将电源及负载连接起来,构成电流的通路。为了保证电路安全,中间环节也常有保护电器。

从电路的本质来说,以上的电源、负载、中间环节这三个部分总称为组成电路的“三要素”。所以说电路是由电源、负载及中间环节等组成电设备的总体,是电流的闭合通路。

1.1.2 理想电路

组成电路的实际部件在工作过程中都和电磁现象有关。如电阻器及呈现阻性的各种用电器,它们对电流呈现阻力,消耗电能。当电流流过时,其周围产生磁场,因而具有电感性质。各种电感线圈有存储磁场能量的性质,但是由于线圈导线多少总有一点电阻,因而兼有电阻的性质。各种电容器具有存储电场能量的主要性质,但是也兼有电阻的次要性质,甚至还有电感性质。实际各种的电源内部总有一定量的内阻,不可能总保持不变的恒定电压。即使导线也总有些电阻,甚至还有电感性质等,所以实际部件的电磁性质很难用数学表达式加以描述。若不分主次把实际部件的次要性质也一起考虑,问题就相当复杂,给分析问题带来很大困难,以至无法分析。为此在一定条件下,常常把实际部件加以理想化,忽略次要性质,用各种部件的主要性质的模型加以表示,以便对电路进行分析、计算。所以模型是由理想元件构成。电阻、电容、电感元件的理想化模型如图 1-2 所示。理想化元件性质单纯,可以用数学式子精确加以描述。今后,电路分析中所涉及的各种元件都是理想化元件。

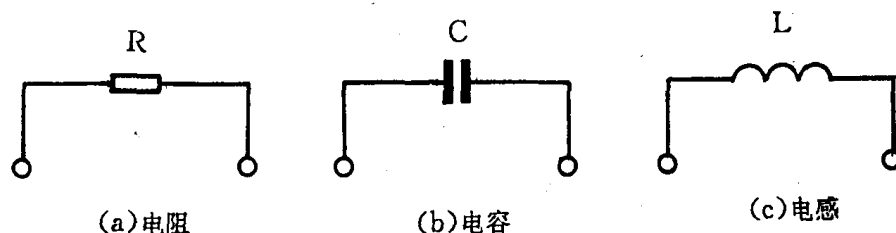


图 1-2 理想化元件符号

每种理想元件可以用数学式子加以精确描述,因此可以方便地建立起描述电路模型的数学关系式,从而掌握电路的特性。这样图 1-1(a)实际电路可由 1-1(b)图电路模型表示。

理想化的电路模型是从实际电路中抽象出来的。更确切地说,研究电路及分析电路的对象是电路模型。所以在理论研究及工程实践中获得广泛应用。通过电路模型的分析,可以预测实际电路的特性,以便设计更优化的电路。但是电路模型只能近似地反映实际电路的特性,通过不断修改模型,使之接近于实际电路特性。

1.2 电路中常用的物理量

1.2.1 电荷和电流

一、电荷

根据原子理论,物质是由原子组成。原子又是由原子核和绕原子核高速运动的电子组

成。原子中的质子带正电,中子不带电,电子带负电荷。正常情况下,电子的负电荷与质子的正电荷相平衡,原子呈中性。

带电粒子所带的电荷数称为电量或电荷量。电荷的单位是库仑,国际符号用 C 表示。1 库仑的电量等于 6.24×10^{18} 个电子所带的电量。或者说,一个电子所带的电量等于 1.602×10^{-19} 库仑。

二、电流

金属原子中,最外层的电子受原子核的吸引力较小,容易从原子中挣脱出来,成为自由电子,在金属内部作不规则自由运动。在电场的作用下,自由电子沿着电场力相反方向运动,从而形成电流。金属中有大量电子是良导体。电解液中(如蓄电池)或者被电离后的气体,在电场力的作用下正负离子各自沿着相反方向运动也形成电流。总之,电流是电荷(或带电粒子)在外电场的作用下做有规则移动形成的。

在数量上衡量电流的大小用电流强度表示。电流强度简称电流用 I 或 i 表示。电流强度指在单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果电流是随时间而变化的,则可用微变量表示,电流强度是电荷对时间的变化率,即

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

其中电荷量 q 的单位是库仑(C),时间单位为秒(s),电流单位为安培(A)。安培是国际单位制(SI)中的基本单位之一。在 1 秒时间内通过导体横截面的电荷量为 1 库仑时,电流为 1 安培。

如果电流的大小和方向不随时间而变化,称为恒定电流,简称直流。这时的电流规定用大写字母 I 表示,则

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

其中 q 是时间间隔 t 内通过导体横截面的电荷量。

实际电路中由于负载不同,电流大小差异较大。动力用电可达几十安培或上百安培,三极管交流放大电路中的电流常有百分之几或千分之几安培。所以对较小电流可以使用毫安(mA),微安(μA)作单位,它们关系是

$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

三、电流方向

电流的大小可以用电流强度衡量,那么电流的方向如何确定呢?物理学中有关电流方向的规定是适用的。即历史上把正电荷运动方向作为电流方向。例如图 1-3,在一段金属导体中,自由电子在电场力的作用下,由 B 向 A 运动,效果上与等量正电荷自 A 向 B 运动是相同的。我们就说,导体中电流方向从 A 向 B,这是电流的实际方向。但是在电路中,常常难以判定电流的真实方向。如交流电路中电流的大小和方向随时间而变化(后面章节中介绍),这时电流方向又怎样表示?根据电路分析及计算需要引入一个重要的概念——参考方向。即假定的电流正方向。

在一般电路中,电流可能有两种真实方向,任选一种作为标准或作为参考方向。当实际的电流方向与它相同时,是正值;相反时,电流为负值。如图 1-4 所示。图中实线箭头为选定的正方向,即参考方向;虚线箭头表示该部分电路中电流的真实方向。其中(a)图表示的电流

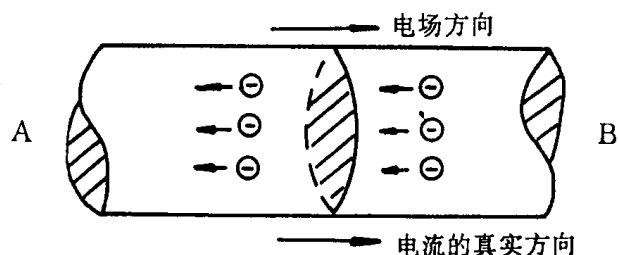


图 1-3 电流的真实方向

真实方向与参考方向一致, 电流 I 为正值; (b) 图表示的参考方向与真实方向相反, 电流 I 为负值。

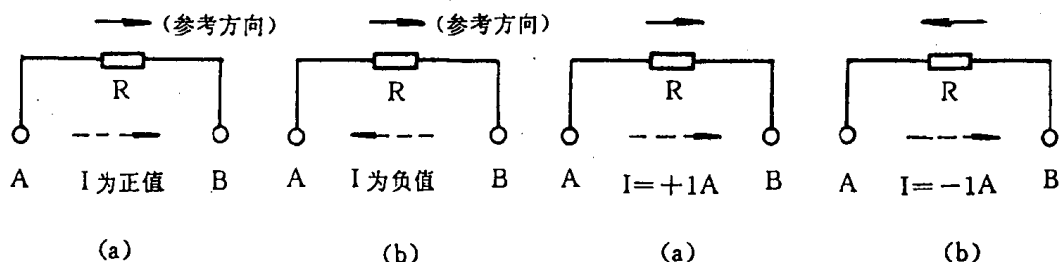


图 1-4 电流的参考方向

图 1-5 电流的正负值

图 1-5 中(a)参考方向与实际方向一致, 电流为 $I=1A$; (b) 图相反, 电流为 $I=-1A$ 。负号说明与实际电流方向相反。

由此可见, 在求解电路时, 首先任意假定一个参考电流方向, 并在图上表示出来。然后, 再根据已经假定好的参考方向分析计算, 计算结果的正负, 连同假定的参考方向一起可以判定电流实际方向。必须注意, 不标出电流的参考方向, 谈论电流的正负是没有意义的。电流的参考方向也可称为正方向。一旦确定, 不要在电路图中更改。

从这里得出如下结论: (1) 电流的真实方向是客观存在的, 不能任意选择。而参考方向(正方向)是分析及计算电路的一种方法及手段。(2) 一旦电路确定后, 电流真实方向自然会确定, 不会受假定的参考方向影响。但是参考方向确定, 使电流产生出正、负值, 使之变成代数量。正与负是相对于某一确定的正方向而言的。否则正或负就没有意义了。一旦正负值确定, 二者结合, 就可确定出真实方向。如图 1-5 中(a)、(b)所示电路电流值。

1.2.2 电压和电位

一、电压

金属导体在外加电场的作用下, 电场力迫使自由电子作定向运动而形成电流。在其过程中, 电场力移动电荷做功。衡量电场力做功的本领, 引入了“电压”这个物理量, 这是电路中的又一基本变量。

电压的定义: 电场力把单位正电荷从 a 点移至 b 点所做的功称为 a 、 b 两点之间的电压。

即
$$u = \frac{dA}{dq} \quad (1-3)$$

其中: A 是电场力将单位正电荷由 a 点移至 b 点所做的功。如图 1-6 所示, 电压用符号 u

或 U 表示, 电荷从 a 点移到 b 点, 写成 u_{ab} 或 U_{ab} 。A 端为正, B 端为负。所以 u_{ab} 表明是电压降, 其值为“+”值; 反之, 写成 u_{ba} , 其值为“-”值。

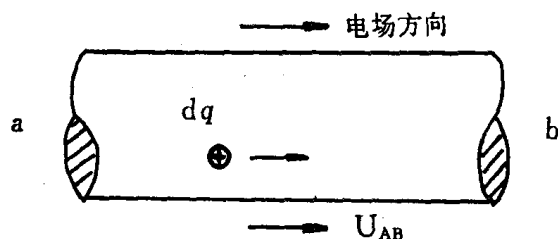


图 1-6 电压概念

在国际单位制中, 电荷单位是库仑(C), 功的单位是焦耳(J), 电压单位是伏特(V), 或千伏(kV), 毫伏(mV)和微伏(μV)。

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

$$1\text{mV}=10^{-3}(\text{V})$$

不随时间而变化的电压是直流电压, 用“ U ”表示。如果电压写成“ u ”字母, 表示交流电压。

二、电位

物理学中电位称为电势, 表示电场中某一点性质的物理量。它是相对于确定的参考点而言的。

电场中某点 a 的电位在数值上等于电场力将单位正电荷自该点沿任意路径移动到参考点所做的功, 用 U_a 表示。由此可见, 电场中某点的电位就是该点到参考点间的电压。

电位的单位是伏特(V), 与电压的单位相同。通常规定的参考点电位为零, 所以参考点又叫零点电位点。参考点的确定是非常重要的, 因为电位是相对的物理量, 不确定参考点, 讨论电位是没有意义的。在同一电路, 选择不同的参考点, 对同一点的电位是不同的。因此, 在物理学中常常选择无限远处或大地作为参考点。大地容纳电荷的能力很大, 电位稳定, 不会因为局部电荷的变化而影响大地电位的高低。因此选择大地为零电位。而电路中常把若干支路交汇点或者机壳作为电位的参考点, 但是参考点一经确定, 其余各点电位也就确定了。参考点不能再更改, 而且各点电位值是唯一的, 具有单值性。

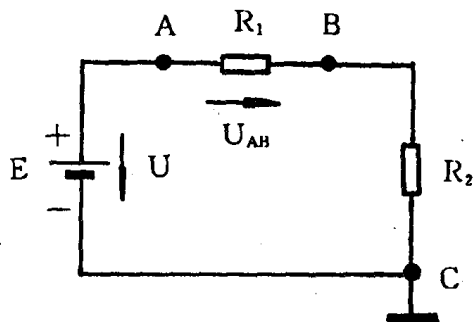


图 1-7 电压与电位

引入电位概念后, 我们要注意电位与电压之间的区别。电路中两点的电压就是这两点的电位之差。如图 1-7 中, A、B 两点电位分别为 U_A 和 U_B , 都以 C 点为参考点的, 所以 A、B 两点之间电压为

$$U_{AB}=U_A-U_B \quad (1-4)$$

因此电压又叫电位差, 电压或电位差与参考点的选择无关。

三、电压的参考极性

电压及电位都是描述电场力对电荷做功能力的物理量。它们都与能量密切相关。在电路中, 正电荷从某点移动到另一点可能是吸收能量, 也可能是消耗能量。因此, 引入电压的正

方向即极性的概念。

什么是电压的实际方向？

设电路中正电荷从 A 点移动至 B 点，电场力做功。表明电路是吸收电能的，而正电荷在 A 点比在 B 点时具有更高的能量。A 点是高电位，B 点是低电位。规定电压的实际方向是高电位指向低电位点的，也就是说，沿着电压的实际方向，电位是逐点降低。正电荷沿着这个方向，将失去能量。若正电荷通过电路元件失去能量，说明该元件是吸收（或消耗）能量。它把电能转换成其它形式的能量，如热能或光能。若正电荷通过元件时得到（或消耗）能量，则该元件是产生（或释放）能量的。这是指该元件能将其它形式能量，如化学能或机械能转换成电能。

在分析和计算电路时，常常难以事先判断元件两端真实极性 or 真实方向，因此，在分析电路时和电流一样，事先为电压假设参考极性。电压参考极性用“+”、“-”号表示，如图 1-8 (a) 所示；也可以用箭头由高电位指向低电位，如图 1-8 (b)；或写出脚标 U_{ab} 表示 a 点电位高于 b 点电位。三种表示通用，可以任选一种。

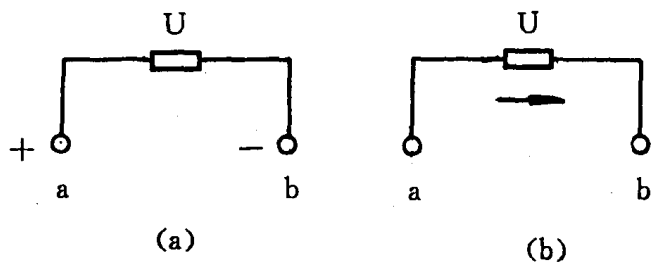


图 1-8 电压的参考极性

电压的参考极性可以任意假定，一旦确定就按假定的参考极性进行计算。算得的电压为正值，说明电压的真实极性与假设的参考极性相同。若算得的电压为负值，说明电压的真实极性与实际极性相反。同样在研究电路时不标出电压的参考极性，谈论电压的正负是没有意义的。

根据前面叙述，分析电路时，电压和电流都要假设参考方向或极性，互不相关任意假设。为了分析方便，常常采用关联的参考方向，即把元件上的电压参考极性与电流参考方向取得一致。如图 1-9 (a) 所示，电流从电压的“+”极性流入，若采用关联的参考方向及极性，也可以采用如图 1-9 (b) 或 (c) 的形式。

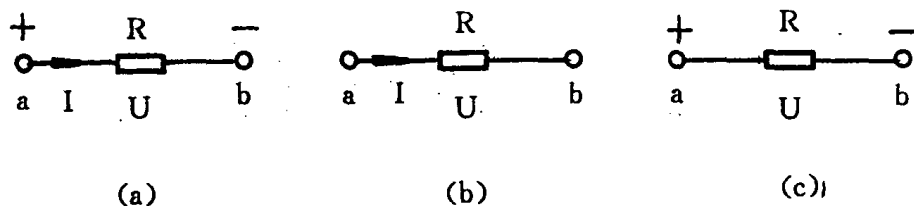


图 1-9 关联参考极性与方向

〔例 1-1〕 如图 1-10 所示，算出 a、b 间的电压。其中 $R_1 = R_2 = 2\Omega$, $I = 1A$ 。

解 (a) $U_{ab} = -(U_b - U_a) = -U_{ba} = -110V$

(b) $U_{ab} = IR_1 + IR_2 = 4V$