



高等教育自学考试

计算机及应用专业（专科）自学辅导丛书

模拟电路与数字电路自学考试指导

同时适用于计算机网络专业（独立本科段）

沈雅芬 主编



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等教育自学考试计算机及应用专业（专科）自学指导丛书

模拟电路与数字电路

自学考试指导

沈雅芬 主编

清华大学出版社

(京)新登字158号

内 容 简 介

本书是依据全国高等教育自学考试指导委员会颁布的《模拟电路与数字电路考试大纲》和全国高等教育自学考试指导委员会组编的指定教材《模拟电路与数字电路》(王佩珠,张惠民主编)编写的全国高等教育自学考试计算机及应用专业(专科)和计算机网络专业(独立本科段)“模拟电路与数字电路”课程的自学指导用书。全书完全依照指定教材的结构,对每章都设“学习目标”、“内容提要”、“重点、难点辅导”、“练习题”及“练习题参考答案”五部分。附录中有主教材的习题参考答案,模拟试题及参考答案和自考试题及参考答案。

本书可作为报名参加全国高等教育自学考试“模拟电路和数字电路”课程考试的考生在考前的复习指导用书,也可作为大学本科、专科学生学习该课程的辅助教材。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路与数字电路自学考试指导/沈雅芬主编. - 北京:清华大学出版社, 2003. 1

(高等教育自学考试计算机及应用专业(专科)自学指导丛书)

ISBN 7-302-06063-0

I. 模... II. 沈... III. ①模拟电路-高等教育-自学考试-自学参考资料 ②数字电路-高等教育-自学考试-自学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第086184号

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编:100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

<http://www.tup.com.cn>

责任编辑:陶萃渊

印 刷 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:393千字

版 次:2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-06063-0/TP·3618

印 数:0001~5000

定 价:29.50元

丛书序言

高等教育自学考试是我国高等教育重要的组成部分，每年参加自学高考的人数超过百万人次。自学高考中的“计算机及应用专业（专科）”是全国统设专业，是开考时间长、考试人数多的热门专业。该专业目前设置有六门公共基础课，五门专业基础课和五门专业课。在十门专业基础课和专业课中，有“计算机应用技术”、“高级语言程序设计”、“数据库及其应用”、“计算机网络技术”等四门课程与其他相关专业教材共用，另有“模拟电路与数字电路”、“汇编语言程序设计”、“数据结构导论”、“计算机组成原理”、“微型计算机及其接口技术”、“操作系统概论”等六门课程的教材为该专业所专用。本套丛书就是针对上述六门专用课程而组织编写的自学考试指导书。

本套丛书从助学的目的出发，严格按照每门课程自考大纲的要求，帮助和指导每门课程主教材的学习，为此按照以下的特点组织内容：

（1）除个别章外，每门课程的自学考试指导按章与自考大纲和主教材相对应。

（2）除个别章外，每章由学习目标、内容提要、重难点辅导、练习题、练习题参考解答等五个部分组成。

（3）“学习目标”部分给出学习本章应达到的目标；“内容提要”部分列出本章所有的知识点，它是对本章内容的高度概括和总结；“重难点辅导”部分对本章较难理解和掌握的内容给予详细透彻地分析和说明；“练习题”部分给出丰富的练习题，通过做练习能够深刻领会和掌握本章所有的知识点；“练习题参考解答”部分给出练习题的全部参考解答。

（4）附录一给出主教材中每章习题的全部参考解答；附录二给出两套模拟考试试卷及参考解答，以便同学们在复习和考试前练习；附录三给出该课程最近的全国自考考试试卷及参考答案，供同学们借鉴。

针对自学“计算机及应用专业”的广大考生的迫切需要，本着对他们高度负责的精神，我们专门组织了一批既有计算机自考辅导教学经验，又有普通高校计算机教学经验的专家承担编写工作，确保从学习者的角度来组织内容和讨论问题，使本套丛书确实起到助学的作用。

本套丛书专门聘请了一批资深的计算机专家担任审定工作，他们为保证丛书的质量作出了辛勤的努力，在此向他们表示衷心感谢！

欢迎广大读者对本套丛书提出宝贵意见，我们的电子邮件地址为：xuxk@crtvu.edu.cn。

丛书主编 徐孝凯

丛书策划 徐培忠

2002年3月

前 言

“模拟电路与数字电路”是全国高等教育自学考试计算机及应用专业（专科）的一门专业基础课程，它既有自身的理论体系，又是一门实践性很强的课程，是学习计算机及应用专业其他课程的入门课程。

为了使自学者能更好地掌握本课程的基本内容，我们编写了《模拟电路与数字电路自学考试指导》。撰写此书依据本课程自学考试大纲，紧扣《模拟电路与数字电路》教材（王佩珠、张惠民主编，经济科学出版社出版，2000年4月第一版），通过本书的学习，可帮助自学者更好地掌握课程的基本知识以及重点、难点内容；自学者通过大量的习题练习，不但可以进一步巩固所学知识，积累答题经验，而且还可以全面提高分析问题和解决问题的能力。

本书编写内容包括学习目标、内容提要、重点、难点辅导、练习题和练习题参考答案。

学习目标按章叙述，按照考试大纲的要求，旨在让自学者明确每章内容的总体教学（分层次）要求。

内容提要按章叙述，比较系统地概括了各章的基本内容，对重点内容进行了小结性、提示性的叙述，帮助自学者对本章的知识结构、基本内容进行概括和提炼。

重点、难点辅导根据考试大纲的要求，对各章重点内容和较难理解的内容进行重点辅导，从不同的侧面予以叙述，并通过典型例题的解析，帮助自学者掌握解题方法。

练习题按自考试卷的题型设计，分为单项选择题、填空题、计算化简题和分析设计题，内容基本涵盖了考试大纲中所涉及到的知识点，便于自学者通过练习掌握课程内容。

本书最后还附有最近全国高等教育自学考试模拟电路与数字电路试卷及参考答案。

本书由谷良副教授编写上篇第1~3章，沈雅芬副教授编写上篇第4~9章、下篇第1~7章，田虬老师提供了教材中部分习题参考答案，沈雅芬任主编。清华大学杨素行教授审阅了本书，提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，不妥或疏漏之处在所难免，欢迎批评指正和提出宝贵意见。

编 者

2002年9月

目 录

上篇 电路分析基础与模拟电路

第1章 电路的基本概念及基本定律	1
一、学习目标.....	1
二、内容提要.....	1
三、重点、难点辅导.....	1
四、练习题.....	8
(一) 单项选择题	8
(二) 填空题	8
(三) 分析设计题	9
五、练习题参考答案	10
第2章 电路的基本分析方法	12
一、学习目标	12
二、内容提要	12
三、重点、难点辅导	12
四、练习题	17
(一) 单项选择题	17
(二) 填空题	17
(三) 分析设计题	18
五、练习题参考答案	18
第3章 单相交流电路	20
一、学习目标	20
二、内容提要	20
三、重点、难点辅导	20
四、练习题	27
(一) 单项选择题	27
(二) 填空题	27
(三) 分析设计题	28
五、练习题参考答案	28

第4章 常用半导体二极管和三极管	30
一、学习目标	30
二、内容提要	30
三、重点、难点辅导	31
四、练习题	37
(一) 单项选择题	37
(二) 填空题	38
(三) 计算化简题	39
(四) 分析设计题	40
五、练习题参考答案	41
第5章 基本放大电路	43
一、学习目标	43
二、内容提要	43
三、重点、难点辅导	44
四、练习题	54
(一) 单项选择题	54
(二) 填空题	55
(三) 计算化简题	55
五、练习题参考答案	57
第6章 负反馈放大电路	60
一、学习目标	60
二、内容提要	60
三、重点、难点辅导	60
四、练习题	66
(一) 单项选择题	66
(二) 填空题	66
(三) 分析设计题	67
五、练习题参考答案	68
第7章 集成运算放大器	69
一、学习目标	69
二、内容提要	69
三、重点、难点辅导	69
四、练习题	83
(一) 单项选择题	83
(二) 填空题	84
(三) 计算化简题	85

(四) 分析设计题	85
五、练习题参考答案	89
第8章 功率放大器	93
一、学习目标	93
二、内容提要	93
三、重点、难点辅导	94
四、练习题	96
(一) 单项选择题	96
(二) 填空题	97
(三) 计算化简题	97
(四) 分析设计题	98
五、练习题参考答案	98
第9章 集成直流稳压电源	100
一、学习目标	100
二、内容提要	100
三、重点、难点辅导	100
四、练习题	111
(一) 单项选择题	111
(二) 填空题	111
(三) 计算化简题	112
(四) 分析设计题	113
五、练习题参考答案	114

下篇 数字逻辑电路

第1章 数字电路基础	116
一、学习目标	116
二、内容提要	116
三、重点、难点辅导	117
四、练习题	120
(一) 单项选择题	120
(二) 填空题	120
(三) 计算化简题	121
五、练习题参考答案	121

第2章 逻辑代数与逻辑门电路	123
一、学习目标.....	123
二、内容提要.....	123
三、重点、难点辅导.....	124
四、练习题.....	132
(一) 单项选择题	132
(二) 填空题	135
(三) 计算化简题	136
(四) 分析设计题	137
五、练习题参考答案.....	139
第3章 组合逻辑电路	141
一、学习目标.....	141
二、内容提要.....	141
三、重点、难点辅导.....	142
四、练习题.....	146
(一) 单项选择题	146
(二) 填空题	147
(三) 分析设计题	148
五、练习题参考答案.....	151
第4章 触发器	153
一、学习目标.....	153
二、内容提要.....	153
三、重点、难点辅导.....	154
四、练习题.....	160
(一) 单项选择题	160
(二) 填空题	160
(三) 分析设计题	161
五、练习题参考答案.....	163
第5章 时序逻辑电路	167
一、学习目标.....	167
二、内容提要.....	167
三、重点、难点辅导.....	169
四、练习题.....	179
(一) 单项选择题	179
(二) 填空题	180
(三) 分析设计题	180

五、练习题参考答案·····	183
第6章 存储器与可编程逻辑器件 ·····	187
一、学习目标·····	187
二、内容提要·····	187
三、重点、难点辅导·····	188
四、练习题·····	190
(一) 单项选择题 ·····	190
(二) 填空题 ·····	190
(三) 分析设计题 ·····	191
五、练习题参考答案·····	192
第7章 脉冲的产生和变换电路 ·····	194
一、学习目标·····	194
二、内容提要·····	194
三、重点、难点辅导·····	194
四、练习题·····	201
(一) 单项选择题 ·····	201
(二) 填空题 ·····	201
(三) 计算化简题 ·····	202
(四) 分析设计题 ·····	202
五、练习题参考答案·····	203
附录一 教材部分习题参考答案 ·····	204
附录二 模拟试题及参考答案 ·····	219
附录三 自考试题及参考答案 ·····	226
参考文献 ·····	249

上篇 电路分析基础与模拟电路

第1章 电路的基本概念及基本定律

一、学习目标

1. 了解电路的定义、组成、功能及电路模型的概念。
2. 深刻理解电流、电压及电动势的参考方向的概念。
3. 熟练应用欧姆定律，理解电阻和电导的关系以及功率和能量等概念。
4. 熟练掌握基尔霍夫定律、串并联及分压公式、分流公式。
5. 熟练掌握对电位的计算方法。

二、内容提要

1. 电流、电压是基本的物理量，具有大小和方向。应将参考方向、实际方向及它们本身的正负值联系起来一同考虑。关联参考方向与电压、电流的参考方向有关，并用于计算电路元件所吸收的功率。

2. 电阻是电路的基本元件之一，流过电阻的电流及其两端的电压之间的伏安关系描述了其特性，即欧姆定律： $U = IR$ 。

3. 由公式 $P = UI$ 、 $P = I^2 R$ 及 $P = U^2 / R$ ，可以计算出电器设备中有关元件的额定功率值。

4. 基尔霍夫定律包括电压定律及电流定律，它们都只与电路结构有关，而与具体电路元件性质无关。将基尔霍夫定律与元件的具体伏安关系相结合，可以形成各种电路分析方法。

5. 电阻的串联、并联及电路分压、分流公式是最常用的计算简单电路的方法。

6. 电路中的电位是节点与参考点之间的电压。当电路选择不同的参考点时，各电位值会发生相应的变化，而由于电压与参考点无关，所以各支路的电压值不变。

三、重点、难点辅导

本章涉及到的电路基本概念、定律和计算方法主要有：电流、电压的三种方向，即参

考方向、实际方向及关联参考方向；电路中某个元件吸收或发出功率的计算及判断；基尔霍夫定律的正确应用及对电位的熟练计算等。

1. 电流、电压的三种方向及对电路元件吸收功率的计算

电流、电压都是具有大小和方向的物理量。方向包括参考方向及实际方向。参考方向是任意假定的方向(即可以随意设定,而不会影响计算的正确性),实际方向可参考教材(《模拟电路及数字电路》王佩珠 张惠民主编)所介绍的相关内容。

● 电流或电压的参考方向、实际方向和关联参考方向

电流或电压的参考方向、实际方向及它们的正负值这三者之间应联系起来一同考虑。

以电流为例：在图 1.1 中，方框代表电路中的任意一个电路元件(使讨论更具有-般性)，该元件与电路的其他部分相连接，且流过元件的电流参考方向如箭头所示。参考方向可以任意假设，对同一个电路可将其设为图 1.1(a)或 1.1(b)两种情形。



图 1.1 电流的参考方向

电路计算是以参考方向为起点的，若按图 1.1(a)电流参考方向计算，例如求出 $i = 12\text{A}$ (对具体电路应实际计算)，则表明：电流的实际方向与参考方向相一致，即电流由节点 a 流向节点 b。

对于同一个电路，若按图 1.1(b)计算，所得结果则一定是 $i = -12\text{A}$ ，这表明：电流的实际方向与参考方向相反，即电流也是由节点 a 流向节点 b，这与用图 1.1(a)分析结果相同。可见，电压或电流的参考方向的任意设定，是不会影响计算的正确性的。

在一般的教学参考书(及教材)中，所标明的电压或电流的方向都是参考方向。

电流、电压的方向除了参考方向及实际方向之外，还有第三个方向，即关联参考方向，与电压、电流两者的参考方向都有关。对于电路中已标明电压、电流参考方向的电路元件(可推广至二端网络)而言，当电流、电压两者的参考方向相同时，称这时电流与电压取关联参考方向；反之，则称为非关联参考方向。应该注意，若电压的参考方向采用 +、- 极性标注法，则关联参考方向是指：电流箭头代表的参考方向与电压由正极(+)指向负极(-)所代表的参考方向相一致时的情形。

关联参考方向常用于计算一个元件是吸收还是发出功率。下面结合图 1.2 进一步说明。

首先对图 1.2 中两个电路判断其电压、电流是否取关联参考方向，然后再具体计算。

在图 1.2(a)中，电压的参考方向可以想象为一个箭头，由正极指向负极，所以电压和电流的参考方向都是由节点 a 指向节点 b 的，即为关联参考方向。而在图 1.2(b)电路中，由于电流的参考方向是由节点 b 指向节点 a，而电压的参考方向相反，所以是非关联参考方向。

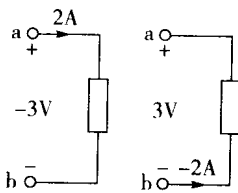


图 1.2 关联参考方向

注意：在以上判断中，关联参考方向与电压或电流的具体正负值无关。

- 计算电路元件所吸收的功率

设电路中电流流过的元件吸收功率为 P ，则有：

$$P = +UI \quad (\text{关联参考方向})$$

$$P = -UI \quad (\text{非关联参考方向}) \quad (1.1)$$

将电压、电流的具体数值带入式(1.1)计算，若求出 $P > 0$ ，则表明该元件吸收功率；若 $P < 0$ ，则表明真实情况与原来“吸收功率为 P ”的假设不符，即该元件发出功率。下面进行具体计算：

对图 1.2(a) 电路， $P = +UI = (-3) \times 2 = -6\text{W}$ (元件发出功率为 6 瓦)

对图 1.2(b) 电路， $P = -UI = -3 \times (-2) = 6\text{W}$ (元件吸收功率为 6 瓦)

2. 基尔霍夫定律的列写方法及相关计算

基尔霍夫定律包含基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。

列写 KCL 的方法可以有(1)、(2)两种形式，特别是第二种形式对求解任一节点上的惟一的未知电流较为方便。

基尔霍夫电流定律(KCL)指出：

$$\textcircled{1} \quad \sum i = 0 \quad (1.2a)$$

即在任一瞬间，流入一个节点电流的代数和为零。也可以表达为：在任一瞬间，流出一个节点的电流的代数和为零。

② 在任一瞬间，在电路的一个节点上：

惟一的未知流出电流 = 流入电流之代数和 - 流出电流之代数和

或惟一的未知流入电流 = 流出电流之代数和 - 流入电流之代数和 (1.2b)

KCL 的实质是：在电路的任一节点，流出的电流之和等于流入的电流之和。

例 1.1 电路如图 1.3 所示。若已知 $i_1 = 3\text{A}$ ， $i_2 = -2\text{A}$ ， $i_3 = -1\text{A}$ ， $i_4 = -7\text{A}$ ，求 i_5 。

解 按(1.2a)式列写 KCL：选择流入节点 a 的电流为正，则

有
$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

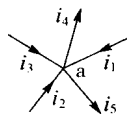


图 1.3 例 1.1 电路

注意：KCL 方程各电流前的正负号，只涉及电流参考方向是流入还是流出该节点，而与各电流的具体正负值无关。

将各电流值代入上式中，有

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

$$3 + (-2) + (-1) - (-7) - i_5 = 0$$

得出 $i_5 = 7\text{A}$

由于上面的计算中有两套正负符号要处理，即列写 KCL 方程时各电流项前的正负符号及电流本身的正负值，所以将这种处理两种符号的运算称为“代数和”。

若对图 1.3 电路选定流出节点 a 的电流为正，则有

$$-i_1 - i_2 - i_3 + i_4 + i_5 = 0$$

或

$$-3 - (-2) - (-1) + (-7) + i_5 = 0$$

也得出同样的结果 $i_5 = 7\text{A}$ 。

从上题计算过程可以看出, 所列写的 KCL 方程实际上是一个平衡式, 求未知电流时须经移项计算。如果在某节点上只有一个未知电流, 可以按 (1.2b) 式直接列写求未知电流的 KCL 方程。如本例中在节点 a 的惟一的未知电流是 i_5 , 故有

$$i_5 (\text{未知, 流出}) = i_1 + i_2 + i_3 (\text{已知, 流入}) - i_4 (\text{已知, 流出})$$

即
$$i_5 = 3 + (-2) + (-1) - (-7) = 7\text{A}$$

例 1.2 电路如图 1.4 所示 (教材图 1-14)。已知 $I_1 = -3\text{A}$, $I_2 = 4\text{A}$, $I_4 = 5\text{A}$, $I_5 = -6\text{A}$, 求电流 I_3 和 I_6 。

解 按 (1.2b) 式列写方程如下:

在节点 a, I_1 、 I_2 、 I_3 的参考方向为流入节点, 且 I_3 是惟一的未知电流, 所以有

$$I_3 = -I_1 - I_2 = -(-3) - 4 = -1\text{A}$$

在节点 b, I_3 、 I_5 、 I_6 的参考方向为流出节点, I_4 的参考方向为流入节点, 且 I_6 是惟一的未知电流, 所以有

$$I_6 = I_4 - I_3 - I_5 = 5 - (-1) - (-6) = 12\text{A}$$

基尔霍夫电压定律 (KVL) 指出: 在任一时刻, 电路中任一回路内, 各段电压的代数和等于零。

即
$$\sum u = 0 \quad (1.3)$$

例 1.3 电路如图 1.5 所示, 试列写 KVL 方程。

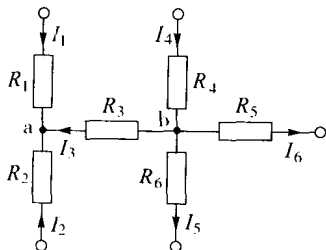


图 1.4 例 1.2 电路

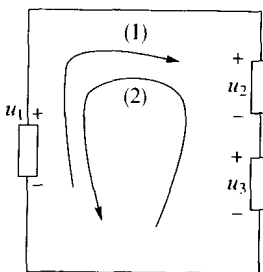


图 1.5 例 1.3 电路

解 列法一 选回路的绕行方向为沿顺时针方向 (1), 则 u_1 的参考方向与绕行方向相反, 而 u_2 、 u_3 的参考方向与绕行方向相同, 于是有

$$-u_1 + u_2 + u_3 = 0$$

若 u_3 是一个未知电压, 且已知 $u_1 = 3\text{V}$, $u_2 = -4\text{V}$, 将数值代入上式, 有

$$-3 + (-4) + u_3 = 0$$

可得出未知电压 $u_3 = 7\text{V}$ 。

列法二 选回路的绕行方向为沿逆时针方向 (2), 则 u_1 的参考方向与绕行方向相同, 而 u_2 、 u_3 的参考方向与绕行方向相反, 于是有

$$u_1 - u_2 - u_3 = 0$$

将数值代入上式, 有

$$3 - (-4) - u_3 = 0$$

得出未知电压 $u_3 = 7\text{V}$, 两种列写方法结果是相同的。

与 KCL 具有两种列写形式类似, KVL 的列写也有第二种形式: 当回路中只有一个未

知电压时，可以用两个“首尾相衔接的箭头”在回路中形成一个闭合的路径，直接解出未知电压。具体方法是：用一个箭头代表未知电压，另一个箭头沿代表未知电压箭头相反的方向绕行一周，将各段电压进行代数相加，即得出未知电压。这是求解回路中惟一的未知电压的一种简便方法。在图 1.5 电路中， u_x 是回路中惟一的未知电压，于是在图 1.6 电路中，按两个“首尾相衔接的箭头”，可以直接列出求解 u_x 的 KVL 公式：

$$u_x = -u_2 + u_1 = -(-4) + 3 = 7V$$

式中，一个箭头代表未知电压 u_x ，另一个箭头沿 u_x 反向绕行，由于 u_2 的参考方向与绕行方向相反，故 u_2 项前有一个负号。

同理，可以列出关系式： $u_1 = u_2 + u_x$ ， $u_2 = u_1 - u_x$

3. KVL 与电动势符号

在教材中，讲了电动势的概念，并对其用了三种标注方法，如图 1.7(a)~图 1.7(c)所示。

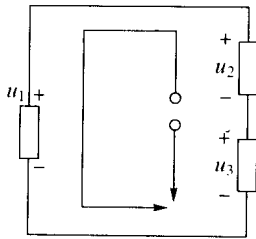


图 1.6 KVL 求 u_x

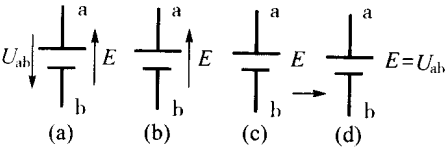


图 1.7 电动势符号

电动势符号及相关概念对于初学者来讲，是特别容易混淆的。如，在图 1.8 电路(教材图 1-15)中，按公式 $\sum (IR) = \sum E$ 列出 KVL，有

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = -E_1 + E_2 \tag{1.4a}$$

也可沿回路绕行一周，按 $\sum U = 0$ 列出的方程为

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 + E_1 - E_2 = 0 \tag{1.4b}$$

当拿到一个题目后，是按哪一种方式考虑呢？若按(1.4a)式，根据教材的介绍，考虑 E_1 、 E_2 时，应按“电动势的参考方向与回路的绕行方向一致者，前面取正号……”的方法列写，但若按(1.4b)式，则在考虑 E_1 、 E_2 时，应按“电动势的参考方向与回路的绕行方向一致者，前面取负号……”的方法列写。可见，电动势 E 的箭头符号(图 1.7(b))

在列写 $\sum U = 0$ 或 $\sum (IR) = \sum E$ 两种形式的 KVL 方程时，容易引起混淆。

若将图 1.7(a)、(b)、(c)中 E 的符号，一并转化为图 1.7(d)，然后将电动势按恒压源(见教材第 2 章)考虑：恒压源 E 的方向是由正极 a 指向负极 b，数值(即大小)为 E 或 U_{ab} ；按本文介绍的方法列写 KVL，无论用哪种形式的列写方法，只要恒压源的方向与绕行方向一致，则以 $+E$ (或 $+U_{ab}$)

出现在公式中；反之则以 $-E$ (或 $-U_{ab}$)出现在公式中。按此思路对图 1.8 电路的重新列写 KVL 方程，很容易得出(1.4b)式： $I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 + E_1 - E_2 = 0$ (恒压源 E_1 的方向与绕行方向一致，以 $+E_1$ 出现在公式中，而恒压源 E_2 的方向与绕行方向相反，以 $-E_2$ 出

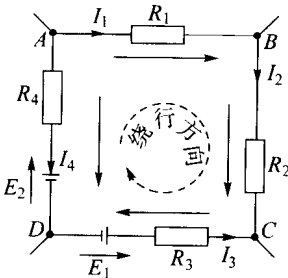


图 1.8 电动势的方向

现在公式中)。

注意：在国内外大多数经典的电路分析教材中(见参考文献^{[1][2]})，一般广泛采用恒压源概念，而较少采用电动势的概念。

例 1.4 电路如图 1.9 所示，已知 $E = 10\text{V}$ ， $U_1 = 20\text{V}$ ， $U_2 = 16\text{V}$ ，试求未知电压 U_s 。

解 方法一 按 $\sum U = 0$ 列写 KVL 方程。设回路 $adcba$ 沿顺时针方向，则有

$U_1 + E + U_2 - U_s = 0$ (恒压源 E 的方向与绕行方向一致，以 $+E$ 出现在公式中)，将数值代入，有

$$20 + 10 + 16 - U_s = 0, \quad U_s = 46\text{V}$$

方法二 在回路 $adcba$ 中，由于 U_s 是惟一的未知电压，所以可用 KVL 的第二种形式直接求 U_s 。在图 1.10 电路中，有 $U_s = U_1 + E + U_2 = 20 + 10 + 16 = 46\text{V}$ (恒压源 E 的方向与第二个箭头绕行方向一致，以 $+E$ 出现在公式中)，计算结果与方法一相同。

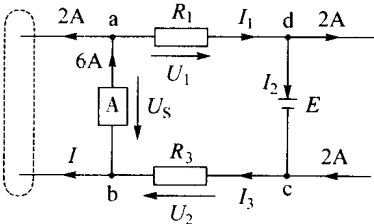


图 1.9 例 1.4 电路

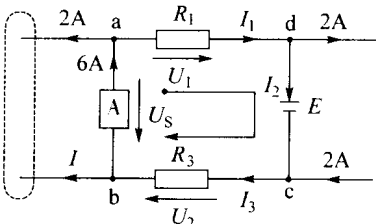


图 1.10 例 1.4 电路

注意：如果上题条件改为：“已知恒压源 $U_{dc} = 10\text{V}$ ”，这与所给条件 $E = 10\text{V}$ 是一样的，应将 $U_{dc} = 10\text{V}$ 直接代替 $E = 10\text{V}$ 进行计算。

4. 电位的计算

当电路中某个节点被选为参考点时，电路中的各节点对该参考点的电压就称为该节点的电位。参考点的电位为零。电路中任何节点都能被选为参考节点，但一个电路只能有一个参考节点。当一个电路选择不同的参考节点时，各支路的电压值不变，但各节点的电位值一般不再相同。

例 1.5 电路如图 1.11(a)所示，已知 $R_1 = 5\Omega$ ， $R_2 = 4\Omega$ ，要求计算电位 U_B 及电压 U_{AB} 。

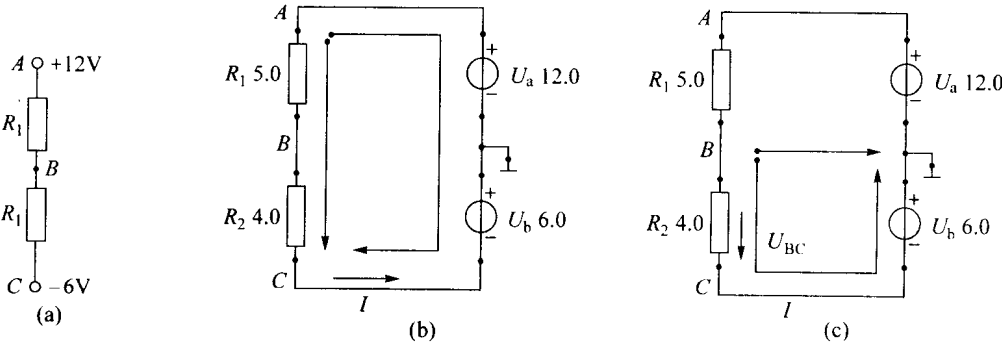


图 1.11 例 1.5 电路

解 方法一 按教材所给的等式 $\frac{V_A - V_B}{R_1} = \frac{V_B - V_C}{R_2}$, 解出 $V_B = 2V$, 进一步求得 $U_{AB} = 10V$ 。

方法二 对图 1.11 电路深入理解, 画出其等效电路图, 如图 1.11(b) 所示。电源用恒压源表示, 其含义与用长、短线表达的电动势没有区别。另外, 在一般情况下, 电阻元件的单位如无特别说明, 即为 Ω (欧姆)。由 KVL, 得

$$U_{AC} = U_a + U_b = 12 + 6 = 18V$$

再重复说明一次, 在列写 KVL 方程时, 由于恒压源 U_a 和 U_b 的参考方向与沿顺时针绕行的箭头方向相一致, 故以 $+U_a$ 和 $+U_b$ 列写方程。

由欧姆定律及串联公式, 得 $I = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} = 18 / (5 + 4) = 2A$, 故 $U_{AB} = I \times R_1 = 10V$, 还可以进一步求出: $U_{BC} = 4I_{R_2} = 8V$ 。

由图 1.11(c) 电路, 用 KVL 求电位 V_B 得

$V_B = U_{BC} - U_b = 8 - 6 = 2V$ (恒压源 U_b 的方向与沿顺时针绕行的箭头方向相反, 故以 $-U_b$ 列写方程)。

方法三 用分压公式直接求电压 U_{BC} , $U_{BC} = \frac{(U_a + U_b)R_2}{R_1 + R_2} = 18 \times 4 / (5 + 4) = 8V$

方法四 由分压公式及第 2 章介绍的叠加定理求解电位 V_B 。对图 1.11(b) 电路, 有

$$V'_B = \frac{U_a \times R_2}{R_1 + R_2} = +12 \times 4 / (5 + 4) = 5.33V$$

上式解释为: $+12V$ 恒压源单独作用时, $-6V$ 恒压源等效为短路; 在 R_1 、 R_2 组成的串联支路上, V'_B 是 $+12V$ 在 R_2 上分压。

以及 $V''_B = \frac{U_b \times R_1}{R_1 + R_2} = -6 \times 5 / (5 + 4) = -3.33V$

上式解释为: $-6V$ 恒压源单独作用时, $+12V$ 恒压源等效为短路; 在 R_1 、 R_2 组成的串联支路上, V''_B 是 $-6V$ 在 R_1 上分压。

由叠加定理得 $V_B = V'_B + V''_B = 5.55 - 3.33 = 2V$

叠加定理两步的计算过程也可以一并写出:

$$\begin{aligned} V_B &= U_a \times R_2 / (R_1 + R_2) + U_b \times R_1 / (R_1 + R_2) \\ &= +12 \times 4 / (5 + 4) + (-6) \times 5 / (5 + 4) \\ &= 5.55 - 3.33 = 2V \end{aligned}$$

例 1.6 电路如图 1.12 所示(教材图 1-25), 求当开关 S 断开和闭合两种情况下的电位 V_a 的数值。

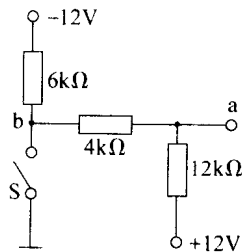


图 1.12 例 1.6 电路