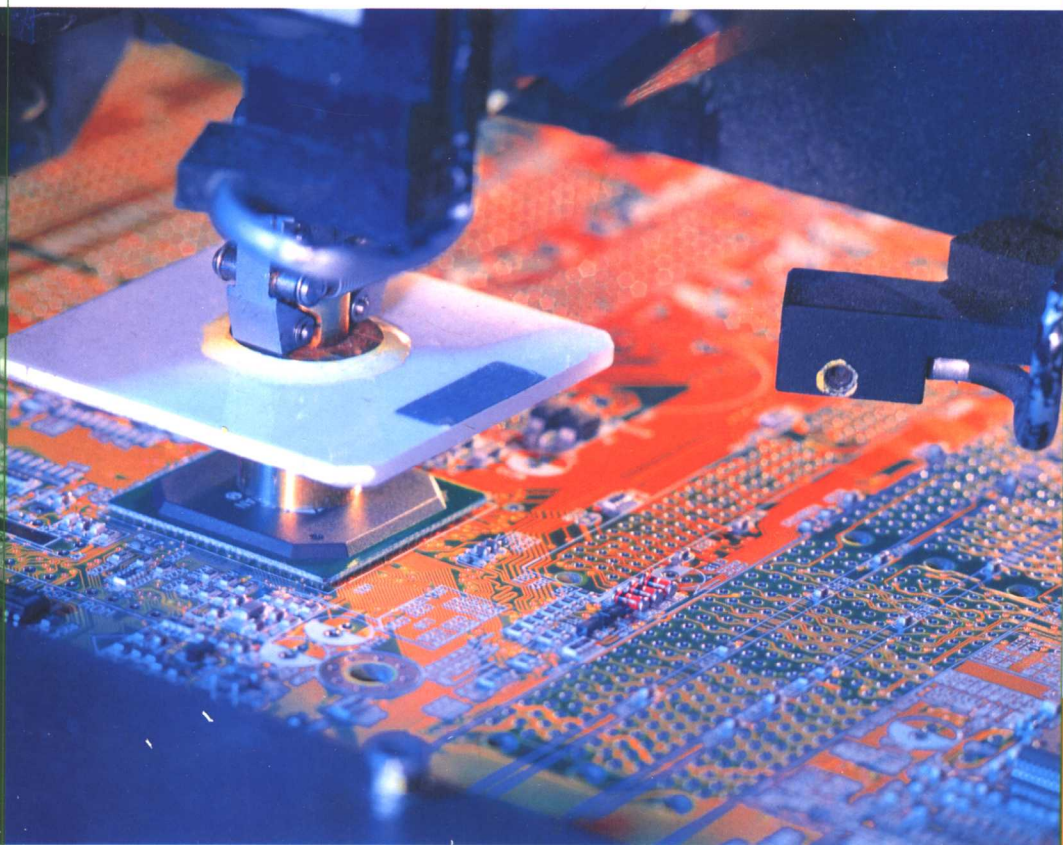


应用型本科人才培养创新教材出版工程

北京市高等教育自学考试指定教材

电子技术基础

■ 主编 刘继承 钮文良



 科学出版社
www.sciencep.com

●应用型本科人才培养创新教材出版工程

北京市高等教育自学考试指定教材

电子技术基础

主编 刘继承 钮文良

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依照国家教育委员会颁布的电子技术(A)课程教学基本要求(草案)编写的。本书是电气、电子信息类和部分非电类专业本科生电子技术入门教材,同时也可用作高等职业教育相关专业教材。为适应当前高等职业教育的教学需要,教材在清楚论述学科基本理论的同时,特别注重与实际应用相结合。考虑到有些非电类和高等职业教育专业的先修课程不完备,本书前三章讲述了学习电子技术必备的电路方面的基础知识。全书共分14章:电路的基本概念与基本定律,电路的分析方法,正弦交流电路,二极管和三极管,三极管放大电路,集成运算放大电路,集成运算放大器应用,功率放大器,直流稳压电源;数字电路基础知识,组合逻辑电路,触发器,时序逻辑电路,实用功能电路。

本书还可作为高等教育自学考试参考用书,也可供从事电子技术应用方面工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/刘继承,钮文良主编.——北京:科学出版社,2005
应用型本科人才培养创新教材出版工程
ISBN 7-03-014990-4

I. 电… II. ①刘…②钮… III. 电子技术-高等学校-教材
IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第010089号

责任编辑:许 远 刘宝莉/责任校对:鲁 素
责任印制:安春生/封面设计:王壮波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年3月第一次印刷 印张:20 1/2

印数:1 4 000 字数:383 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

前 言

本书被北京市高等教育自学考试办公室确定为北京市高等教育自学考试指定教材。

为了配合应用型人才培养的教学需要,我们编写了这套教材。本书的内容取材和体系编排融入了作者多年的教学经验。全书共分三部分:第一部分包括第1章至第3章,属学习电子技术所必需的电路基础知识;第二部分包括第4章至第9章,属模拟电子技术知识;第三部分包括第10章至第14章,属数字电子技术知识。

电子技术是一门重要技术基础课,课程的基本任务是在介绍半导体器件的基本原理和特性的基础上,着重研究电子技术的基本概念、基本原理和基本分析方法,培养学生分析问题和解决问题的能力,为今后深入学习专业课和进一步研究电子技术的发展与应用打下坚实的基础。

电子技术涉及面广,内容丰富,但因学时所限,本书着重讲述电子技术中最基本的、共性的问题,因此学习时应注重基本概念、基本理论和基本技能三个方面。

为了帮助大家更好地学习电子技术,下面结合本课程的特点谈几点学习方法:

第一,对于器件(二极管、三极管、场效应管、集成电路等电子器件),主要掌握外部特性(伏安特性、输入输出特性及它们的主要参数、技术指标等)和使用方法,而不必过分地追究其内部机理。在处理器件与电路的关系上,以电路工作原理的分析和实际应用为主,讨论器件的目的在于将其应用于电路。

第二,善于总结对比,将课程中各部分的概念、内容进行归纳、比较、总结,找出共性的东西,以便加深理解和记忆。

第三,学会用工程的观点分析问题。所谓工程观点,就是根据实际情况,对照器件的数学模型和电路的工作条件进行合理的近似,以使用简便的分析方法获得具有实际意义的结果。在进行电路分析计算时,只要能满足技术指标,不必过多地追究精确的数值。

第四,电子技术是一门实践性很强的课程,实践环节在本课程中有着重要的地位和作用,它不仅能巩固所学理论,而且能培养分析问题和解决问题的能力,因此应高度重视实践环节、坚持理论联系实际。

本书在编写过程中得到艾兰、梁爱琴、张明莉、耿钰、吉素霞、王传新、王珏、贺玲芳、张兆莉等教师的帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平,加之时间仓促,不妥之处请读者批评指正。

目 录

前言

第1章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 电路组成和功能	1
1.2 电路模型	2
1.3 电路中的基本物理量	3
1.3.1 电流、电压和电动势	3
1.3.2 电流、电压的参考方向	4
1.3.3 电位的概念	5
1.3.4 电功和电功率	6
1.4 欧姆定律和基尔霍夫定律	7
1.4.1 欧姆定律	7
1.4.2 基尔霍夫节点电流定律 (KCL)	7
1.4.3 基尔霍夫回路电压定律 (KVL)	8
习题1	10
第2章 电路的分析方法	12
2.1 电阻串并联的等效变换	12
2.1.1 电阻的串联	12
2.1.2 电阻的并联	13
2.2 电压源与电流源及其等效变换	15
2.2.1 电压源与电流源模型	15
2.2.2 电压源与电流源等效变换	16
2.3 叠加原理	17
2.4 戴维南定理	18
2.5 负载获得最大功率的条件	20
习题2	21
第3章 正弦交流电路	24
3.1 正弦交流电的基本概念	24
3.1.1 正弦交流电的周期和频率	24
3.1.2 正弦交流电的相位和相位差	25
3.2 正弦交流电的有效值	26

3.3 正弦交流电的相量表示	27
3.4 纯电阻交流电路	31
3.5 纯电感交流电路	32
3.6 纯电容交流电路	34
3.7 电阻、电感和电容串联的交流电路	37
3.7.1 复阻抗 Z	37
3.7.2 交流电路中的功率及功率因数	38
3.8 RC 电路的频率特性	40
3.8.1 RC 低通滤波器	40
3.8.2 RC 高通滤波器	41
3.8.3 RC 桥式谐振电路	42
习题 3	43
第 4 章 二极管和三极管	45
4.1 半导体二极管	45
4.1.1 二极管单向导电性	45
4.1.2 二极管物理模型	47
4.1.3 二极管主要参数	50
4.1.4 光敏二极管	53
4.1.5 发光二极管	53
4.2 半导体三极管	54
4.2.1 三极管的结构	54
4.2.2 三极管的电流分配与放大原理	55
4.2.3 半导体三极管的伏安特性	56
4.2.4 三极管的主要参数	57
4.2.5 光电三极管和光电耦合器件	59
4.3 场效应三极管	60
4.3.1 绝缘栅型场效应管	61
4.3.2 结型场效应管	64
4.3.3 场效应管的主要参数	66
习题 4	66
第 5 章 三极管放大电路	69
5.1 放大电路基本概念	69
5.2 共射极基本放大电路	70
5.2.1 放大电路的构成	70
5.2.2 直流分析	70

5.2.3 交流分析	71
5.2.4 波形分析	73
5.2.5 放大电路的非线性失真	74
5.3 共集电极放大电路	77
5.4 场效应管放大电路	79
5.4.1 直流分析	79
5.4.2 交流分析	80
5.5 多级放大电路	81
5.5.1 阻容耦合	81
5.5.2 变压器耦合	82
5.5.3 光电耦合	82
5.5.4 直接耦合	83
5.6 差分放大电路	83
5.6.1 差分放大电路抑制零漂的原理	83
5.6.2 直流分析	84
5.6.3 交流分析	85
习题 5	86
第 6 章 集成运算放大器	88
6.1 集成运算放大器简介	88
6.1.1 集成运算放大器结构特点	88
6.1.2 主要性能指标	90
6.1.3 理想集成运算放大器	93
6.2 电子电路中的负反馈	94
6.2.1 负反馈的基本概念	94
6.2.2 负反馈放大电路的四种基本组态	98
6.2.3 负反馈放大电路的分析计算	103
6.2.4 负反馈对放大电路性能的改善	105
6.3 集成运算放大器的三种输入组态	109
6.3.1 反相输入组态	110
6.3.2 同相输入组态	111
6.3.3 差动输入组态	113
习题 6	114
第 7 章 集成运算放大器应用	117
7.1 信号运算电路	117
7.1.1 加法和减法运算电路	117

7.1.2 积分和微分电路	122
7.2 电压比较电路	127
7.2.1 单门限电压比较器	127
7.2.2 双门限电压比较器	131
7.3 RC 正弦波振荡电路	133
7.3.1 正弦波振荡器振荡条件	133
7.3.2 RC 正弦波振荡器	134
习题 7	136
第 8 章 功率放大电路	140
8.1 功率放大电路的一般问题及解决措施	140
8.1.1 功率放大器所关注的问题	140
8.1.2 解决有关问题的措施	140
8.2 乙类互补功率放大器	142
8.2.1 OCL 电路	142
8.2.2 甲乙类 OCL 电路	144
8.2.3 OTL 电路	146
8.3 集成功率放大电路	147
8.3.1 SHM1150 II 型集成功率放大器	147
8.3.2 TDA1521 集成 OCL 电路	148
8.3.3 LM386 集成 OTL 电路	149
习题 8	150
第 9 章 直流稳压电源	152
9.1 单相整流电路	152
9.1.1 单相桥式整流电路	153
9.1.2 单相半波整流电路	155
9.1.3 单相全波整流电路	156
9.2 滤波电路	157
9.2.1 电容滤波电路	157
9.2.2 电感滤波电路	160
9.3 稳压电路	161
9.3.1 并联型直流稳压电路	162
9.3.2 串联型直流稳压电路	162
9.3.3 三端集成稳压器	164
9.3.4 开关型稳压电路简介	167
习题 9	170

第 10 章 数字电路基础知识	172
10.1 数字逻辑基础	172
10.1.1 基本逻辑运算	172
10.1.2 复合逻辑运算	174
10.2 逻辑门电路	174
10.2.1 半导体器件的开关特性	174
10.2.2 TTL 与非门	177
10.2.3 其他类型的 TTL 门电路	178
10.2.4 TTL 门电路的主要电气指标	182
10.3 逻辑函数及其表示方法	184
10.3.1 逻辑函数	184
10.3.2 逻辑函数的表示方法	185
10.4 逻辑函数的化简	189
10.4.1 逻辑函数的最简形式	189
10.4.2 公式化简法	190
10.4.3 卡诺图化简法	194
10.4.4 具有无关项逻辑函数的化简	197
习题 10	198
第 11 章 组合逻辑电路	200
11.1 组合逻辑电路的分析与设计方法	200
11.1.1 组合逻辑电路的分析	200
11.1.2 组合逻辑电路的设计	203
11.2 加法器和数值比较器	206
11.2.1 加法器	206
11.2.2 数值比较器	209
11.3 编码器与译码器	214
11.3.1 编码器	214
11.3.2 译码器	219
11.4 数据选择器和数据分配器	234
11.4.1 数据选择器	234
11.4.2 数据分配器	235
11.5 组合逻辑电路竞争冒险及其消除	239
11.5.1 竞争冒险现象	239
11.5.2 检查竞争冒险现象的方法	240
11.5.3 消除竞争冒险现象的方法	241

习题 11	243
第 12 章 触发器	246
12.1 基本 <i>R-S</i> 触发器	246
12.1.1 基本 <i>R-S</i> 触发器的结构和工作原理	246
12.1.2 触发器的功能描述	248
12.1.3 集成基本 <i>R-S</i> 触发器	252
12.2 触发器的分类及其逻辑功能	252
12.2.1 <i>R-S</i> 触发器	253
12.2.2 <i>J-K</i> 型触发器	254
12.2.3 <i>D</i> 型触发器	255
12.2.4 <i>T</i> 型触发器	256
12.3 触发器的其他触发方式	257
12.3.1 边沿触发器	257
12.3.2 主从触发器	259
12.4 常用集成触发器	260
12.4.1 74LS74 和 74LS112 集成边沿触发器	260
12.4.2 集成触发器的电气特性参数	261
习题 12	262
第 13 章 时序逻辑电路	265
13.1 时序逻辑电路概述	265
13.1.1 时序逻辑电路的结构特点	265
13.1.2 时序逻辑电路逻辑功能的描述方法	266
13.1.3 时序逻辑电路的分类	266
13.2 时序逻辑电路的分析	267
13.2.1 同步时序电路的分析	267
13.2.2 异步时序电路的分析	271
13.3 常用集成时序逻辑电路	273
13.3.1 计数器	273
13.3.2 寄存器	280
习题 13	283
第 14 章 实用功能器件	286
14.1 集成 555 定时器	286
14.1.1 555 定时器的电路组成	286
14.1.2 用 555 定时器构成的施密特门	287
14.1.3 用 555 定时器构成的多谐振荡器	289

14.1.4 用 555 定时器构成的单稳态触发器	292
14.2 存储器与可编程逻辑器件	294
14.2.1 半导体存储器	294
14.2.2 可编程逻辑器件	300
14.3 数/模和模/数转换	302
14.3.1 数模转换 (D/A 转换)	302
14.3.2 模数转换 (A/D 转换)	305
习题 14	311
参考文献	313

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

1.1 电路组成和功能

电路对于每一个人都不陌生。小到手电筒、半导体收音机、电风扇、电视机、洗衣机、电冰箱，大到日常生活中的供电照明系统，电路无处不在，与我们的生活息息相关。那么，什么叫电路，电路又是怎么工作的呢？下文以最简单的手电筒为例，看看电路的组成和功能。

众所周知，手电筒是用来照明的。要点亮小灯泡，必须从电源、开关到灯泡，用导线将它们连接成一条通路，合上开关，通路中有电流流过时灯泡就点亮了，如图 1.1 所示。如果需要启动一台洗衣机，也必须将电源、开关、启动设备、保护装置和电动机等设备，用导线连接成通路，合上开关，按下按钮后，有电流流过，洗衣机就启动了。可见，电路是由一些电气设备和电气器件，为实现一定的功能要求，按一定的方式连接起来的装置，而且电路一定是电流的通路。

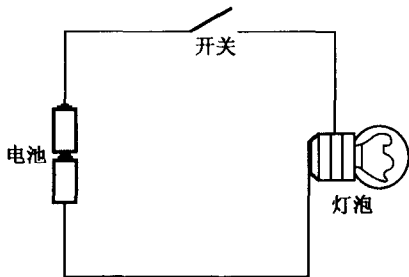


图 1.1 实际电路的例子

实际电路的形式是千变万化的，但基本组成不外乎三大部分：电源（电池、发电机等）、负载（灯泡、电动机等）以及从电源到负载之间的开关、导线和其他电气设备，统称中间环节。在上面两个例子中，开关、导线、启动设备和保护装置等是中间环节。对于更复杂的电路，中间环节可能是很复杂的系统。因此，电路是由电源、负载和中间环节三部分组成的。

显然，电源是产生电能的器件，例如发电机、各类电池等，它们把机械能、热能或化学能等其他形式的能转变成电能。负载是使用电能的器件，它们把电能转换成光能、机械能和热能等。中间环节则起到了传输和分配电能的作用。所以说电路的第一个功能是完成能量的传输与转换。

电路的第二个功能是执行信号的传递和处理。例如电视机的接收天线接收到载有声音和图像信息的电磁波后，将其转换成相应的电信号，然后传送到后级的各相应电路部分进行调谐、变频、检波和放大等一系列处理，最后传递到扬声器和显像管，把电信号还原成声像信息。

1.2 电路模型

为了描述和分析电路的工作情况，我们常常需要画出电路图，如果电路比较简单，如手电筒，还可以就元件的形状给出图形（这已经很麻烦了），设想一下如果电路比较复杂，用画实物的方式完成一个电路，几乎是不可能的。因此，在电工电子学中我们给出了一些理想电路元件的图形符号，如表 1.1 所示。由这些理想电路元件图形符号画出的电路，称为电路模型。

表 1.1 常用理想电路元件图形符号

名 称	符 号	功 能
电 池	E_s, R_0 	电源或起负载作用
理想电压源	E_s 	电源或起负载作用
理想电流源	I_s 	电源或起负载作用
电阻	R 	负载，耗能元件
电感	L 	负载，储能元件
电容	C 	负载，储能元件
开关	S 	中间环节
二极管	D 	中间环节
三极管 (NPN 型)	T 	中间环节

例如图 1.1 所示的手电筒，其电路模型如图 1.2(a) 或 (b) 所示。

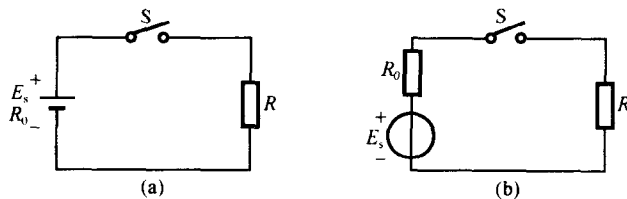


图 1.2 手电筒的电路模型

1.3 电路中的基本物理量

为了描述和分析电路的工作情况,需要引入一些物理量:电流、电压、电动势、电位、电功和电功率等。早在物理电学里,我们就接触过这些物理量,这里再次介绍,是想从电路理论的角度,强调这些物理量对电路的本质描述,建立它们之间的关系,并给出各量的正方向的概念和在此基础上正负号的意义。

1.3.1 电流、电压和电动势

电路中的电流是电荷在由电源电动势产生的电场力作用下有规则的定向移动。度量电流大小的物理量称为电流强度我们用“ i ”表示电流,用“ I ”表示直流电流。电流强度定义为在单位时间内通过导体横截面的电荷量 q , 即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.3.1)$$

直流 I 可表示为

$$I = \frac{Q}{t}$$

可见,直流是一种特殊的交流电流。

电流强度简称电流。电路中规定正电荷运动方向为电流的正方向,即电流从电源 E_s 正极出发,经闭合开关 S 流向负载电阻 R , 电流克服电阻阻力做功后回到电源的负极;电源力做功将正电荷由电源的负极经电源内部运送到电源的正极,以上过程完成电流的一个循环。电源消耗了自身所具有的非电能(如机械能、化学能等),强化了电荷的电位能。电流流经负载电阻 R 和电源内阻 R_0 时会在电阻两端产生电压 U_{ab} 和 U_0 , 电压的正方向与电流的方向一致,如图 1.3 所示。我们用“ u ”表示电压,用“ U ”表示直流电压。

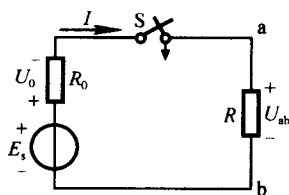


图 1.3 电流、电压和电动势的正方向

电压的是描述电场力做功能力的物理量,它在数值上等于电场力将单位正电荷沿任意路径从 a 点移到参考点 b 所做的功,记作 U_{ab} , 即

$$U_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1.3.2)$$

式中, dq 为从 a 点移到 b 点的电荷变化量,单位为库仑 (C); dw 为电荷 dq 在移动过程中电位能的变化量,也就是电场力对电荷 dq 所做的功,单位是焦耳 (J); U_{ab} 为电压,单位是伏特 (V)。

电动势 E_s 是描述电源力做功能力的物理量，它定义为：电源力把单位正电荷从电源的低电位端经由电源内部移到高电位端所做的功，也就是单位正电荷所获得的电能。显然，电动势与电压有相同的单位。电源电动势的方向与电流的正方向一致，即从电源的负极指向电源的正极。因此，**电流、电压和电动势的方向均为正电荷运动的方向。**

我国法定计量单位是以国际单位制（SI）为基础的。在国际单位制中，电流的单位是安培，用符号“A”表示。即当1秒内通过导体横截面的电荷（量）为1库仑（1C）时，电流为1安培（1A）。计量小电流时，以毫安（mA）或微安（ μA ）为单位。它们的换算进制为 10^3 ，即

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

计量电压和电动势的单位为伏特（V），计量高电压时，则以千伏（kV）为单位。

1.3.2 电流、电压的参考方向

在实际电路中，我们往往不能准确地判断电流或电压的正方向，如图 1.4 所

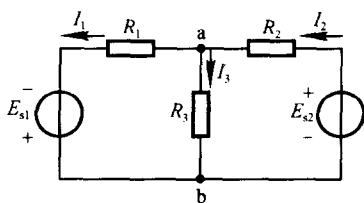


图 1.4 电流的参考方向

示 R_3 中的电流 I_3 方向就无法判断，因此，在计算电流时我们需要先假定一个电流或电压的正方向，这个假定的电流或电压正方向就称为**电流或电压的参考方向**。在图 1.4 中我们假设 R_3 中的电流参考方向由 a 指向 b。

如果计算出的电流为正值，则说明假设的电流参考方向与真实的电流正方向相同，否则电流为负值，说明假设的电流参考方向与真实的电流正方向相反。显然，如上所述有

$$I_{ba} = -I_{ab}$$

同理

$$U_{ba} = -U_{ab}$$

在图 1.4 中没有标出电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 两端的电压参考方向，我们约定此时电压与电流参考方向相同，即 R_3 两端的电压参考方向是 U_{ab} ，这种**电压参考方向与电流的参考方向相同，称为关联参考方向**。如图 1.5 所示， R_1 两端电压 U_1 参考方向与电流 I_1 的参考方向相反，称为**非关联参考方向**。本书中用带有方向的线段表示电压的参考方向，箭尾为高电位，箭头为低电位；用“+”、“-”号表示电压的实际正方向。

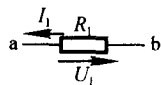


图 1.5 电压与电流非关联参考方向

1.3.3 电位的概念

在分析电路时,有时采用电位概念讨论问题要比用电压的概念来得方便和清楚。那么什么是电位?电位与电压有何不同? **电路中某点的电位是该点到电位参考点的电压,参考点的电位为零。**在电路图中用“ $\perp$ ”表示电位参考点,如图 1.6 中的 b 点为电位参考点,则 a 点的电位记作 V_a ,电位的单位与电压相同,为伏特 (V)。

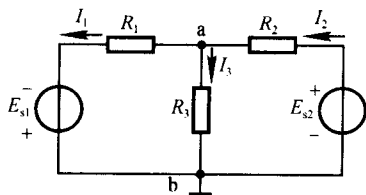


图 1.6 b 点为电位参考点

显然,电路中任意两点间的电压等于两点间的电位差,即在图 1.6 中电位是一个相对的量,如果电路中电位参考点的选择不同,则电位的数值也随之改变。因此,只要选定一个参考点,计算电路中各点电位时,参考点不得随意改变。算得电路中各点的电位后,电路中任何两点间的电压也就得到了。

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

下面举个例子来说明电路中各点电位的计算和电路图的电位表示。

例 1.1 图 1.7 是一个单管交流放大电路,在某一瞬间加上信号 $U_i = -1V$ 。已知 $E_c = 12V$, $E_b = 6V$,求该瞬间电路中 e、m、n、p 各点电位及 mn、pm、pe 间的电压。

解:由图 1.7 可以看出三极管发射极 e 为电位参考点,因此 $V_e = 0$;

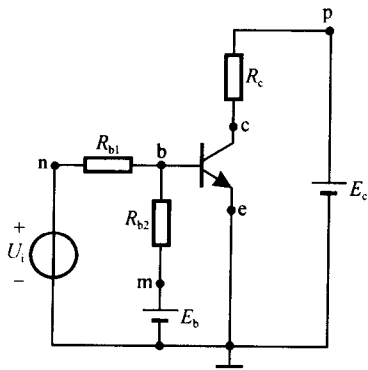


图 1.7 例 1.1 电路

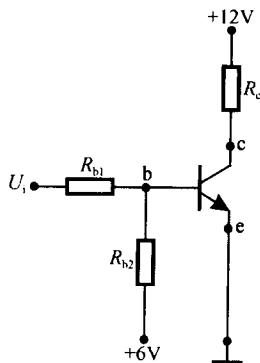


图 1.8 电源用电位表示的单管交流放大电路

m 点比参考点电位高 6V, $V_m = 6\text{V}$;

n 点比参考点电位低 1V, $V_n = -1\text{V}$;

p 点比参考点电位高 12V, $V_p = 12\text{V}$ 。

这时, mn 两点的电压为 $U_{mn} = V_m - V_n = 6 - (-1) = 7\text{V}$;

pm 两点的电压为 $U_{pm} = V_p - V_m = 12 - 6 = 6\text{V}$;

pe 两点的电压为 $U_{pe} = V_p - V_e = 12 - 0 = 12\text{V}$ 。

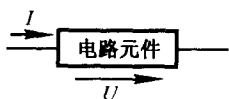
在电子电路中, 我们常喜欢将电源和信号源用电位表示, 因此图 1.7 可改画为图 1.8。

图 1.8 比图 1.7 简洁很多, 读者要习惯图 1.8 所示电路的标注方式。

1.3.4 电功和电功率

从前面的叙述可以看到, 电流是电荷在电场力或电源力的作用下在电路中的移动, 那么, 电场力或电源力就要做功。实际上, 电路的作用之一就是进行电能和其他形式能量之间的转换。

我们用电功率来描述这一能量变换的速率, 简称电功率, 它在数值上等于电



场力或电源力在单位时间内所做的功。下面我们来推导电功率与电流和电压的关系。在图 1.9 中, U 、 I 为关联参考方向时, 根据式 (1.3.1) 有

图 1.9 电路元件的功率

$$dq = idt$$

根据式 (1.3.2) 有

$$dw = udq = uidt$$

这就是该元件在时间 dt 内所取用的电能, 所以电功率为

$$p = \frac{dw}{dt} = ui$$

对于直流电路, 电功率可表示为

$$P = IU$$

功率的单位为瓦特 (W)。

以上各式是在一段电路中的电压与电流关联参考方向条件下导出的。如果此时计算结果值为正, 表示电压与电流的实际方向也一致, 电流从正极流入, 该元件取用功率, 起负载作用; 如果此时计算结果值为负, 表明电压与电流的实际方向相反, 电流从正极流出, 该元件发出功率, 起电源作用。

例 1.2 某制衣车间有 10 盏 220V、100W 的白炽灯和 20 个 220V、1000W 的电熨斗, 平均每天用电 8 小时 (h), 问每月 (按 30 天计算) 用电多少度?

解: $W = Pt = (100 \times 10 + 1000 \times 20) \times 8 \times 30 = 5040(\text{kWh}) = 5040(\text{度})$