

电工与电子技术问答

尹更生 孙志馨 编著

机械工业出版社

本书主要包括与电子技术有关的线性电路、非线性电路、直流电路、交流电路、非正弦电路等,还包括二极管、晶体管基本原理及其主要应用。为使读者巩固所学的知识,书中还有较多的例题及练习。

本书编写采用了问答式,着重从物理概念上说明问题,是一本便于自学、篇幅短小、实用性较强的电工与电子技术读本。

本书适用于各类工程技术人员阅读,也可作为有关电类大专学生的参考书。

电工与电子技术问答

尹更生 孙志馨 编著

责任编辑 孙 瑞

封面设计 王 伦

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京建外印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张13¹/₄·字数 292千字

1987年10月北京第一版·1987年10月北京第一次印刷

印数 00,001-16,240·定价: 3.15元

统一书号: 15033.6517

前 言

当今科学技术飞跃发展，新理论、新技术、新材料日新月异。面对新形势的挑战，各行各业工程技术人员迫切需要补充电子技术、微型计算机等新的科学技术知识，以解决“知识不足”和“知识老化”的现状。在这种情况下，我们编写《电工与电子技术问答》一书，作为在这方面的一种尝试。

我们的读者，大多是受过不同程度的中等或高等教育，因此，这本书的内容，从取材到编排上均不同于一般教材。书中基本上摒弃了高等数学的推导，着重从物理概念上讨论和分析问题。在文字方面，不采用常见教材的直叙式，而用了近于讲课的问答式，这样，便于问题突出，通顺易懂。为使读者在学习中能建立一个完整的体系，书中各类不同性质的问题，按章节分配。

本书在内容的选取上，我们将电工知识与电子技术知识，电工电路与电子技术电路结合起来，形成一个较新的体系。内容起点并不过低，终点也过高。书中许多习题和练习，按新的方式编写，力图做到理论联系实际。

本书由陕西机械学院北京研究生部于志成同志审稿，并得到一些同志的帮助；书中的习题和实验还得到实验室同志的支持，在此我们深表谢意。由于作者水平有限，书中定有缺点和错误，敬请读者批评指正。

作者 1984年

于西安交通大学

目 录

前言

第一章 直流电路

1. 电路由哪些元件组成? 1
2. 在计算电路时为什么首先要选择电流的参考方向? 8
3. 怎样决定电压的参考方向? 5
4. 为什么说电压和电位是两个不同概念? 6
5. 应用欧姆定律应注意些什么问题? 9
6. 你知道基尔霍夫第一定律的内容吗? 12
7. 你知道基尔霍夫第二定律的内容吗? 14
8. 怎样简化复杂的无源二端网络? 18
9. 怎样简化复杂的含源二端网络? 23
10. 为什么说迭加定理是计算复杂电路的……有效方法? 28
11. 你能回答下列问题吗? 30
12. 怎样继续深入学习本章知识? 31

第二章 正弦交流电路分析

13. 为什么广泛地使用交流电? 37
14. 怎样产生交流电? 38
15. 什么叫做交流电压的周期? 10
16. 正弦交流电压的角度表示与弧度表示有什么关系? 42
17. 正弦交流电压的时间表示与相量表示有什么区别? 46
18. 什么叫做正弦电压的“初相”? 49
19. 什么叫做正弦量的有效值? 52
20. 正弦电压(或电流)怎样运算? 55
21. 你能回答下列问题吗? 59

22. 怎样计算交流纯电阻电路?	61
23. 电容和容抗有什么区别?	66
24. 电感和感抗有什么区别?	73
25. 怎样区分 R 、 L 、 C 在交流电路中的作用?	76
26. 你能回答下列问题吗?	79
27. 怎样计算 RC 串联电路?	80
28. 怎样计算 RL 串联电路?	84
29. 怎样计算 RLC 串联电路?	85
30. 怎样认识 RLC 串联电路 各量的关系?	87
31. 你能回答下列问题吗?	87
32. 什么叫做有功功率和无功功率?	95
33. 功率因数过低有什么害处?	102
34. 怎样选择补偿电容?	107
35. 你能回答下列问题吗?	111
36. 怎样再深入学习本章内容?	116

第三章 谐振与选频

37. 什么叫做谐振?	117
38. 什么叫做选频?	118
39. 电阻、电感和电容都具有选频特性吗?	120
40. 怎样应用电容及电感的选频特性组成滤波器?	122
41. 怎样提高电路的选频能力?	126
42. 什么叫做谐振电路的品质因数?	131
43. 谐振电路的品质因数是否愈高愈好?	132
44. LC 并联谐振电路的选频性能有哪些特点?	136
45. 怎样比较串联谐振和并联谐振的性能?	140
46. 怎样用并联谐振电路组成 L 、 C 测试仪?	141
47. 怎样用并联谐振电路组成选频放大器?	143
48. 你能回答下列问题吗?	144
49. 在回答上列问题后, 完成下面的练习。	145

第四章 非正弦周期信号

- 50.为什么要研究非正弦周期信号?147
- 51.怎样分析非正弦周期信号?149
- 52.怎样表示谐波的大小?153
- 53.怎样计算非正弦周期信号电路?157
- 54.怎样计算非正弦电路的功率和电流、电压的
有效值?161
- 55.测量非正弦周期电压应注意什么问题?165
- 56.谐波与信号失真有什么联系?168
- 57.在电工和电子技术领域中,有哪些常用的非正弦周期
信号?它们怎样分解成谐波?175
- 58.学完这章后,你能回答下列问题吗?180
- 59.完成上述练习后,继续做下面的习题。.....181
- 60.你还想继续深入研究谐波分析的内容吗?184

第五章 RC 电路的过渡过程

- 61.电路中的稳态过程和过渡过程有什么区别?185
- 62.哪些电路会出现过渡过程?186
- 63.电路中出现过渡过程的原因是什么?190
- 64.怎样计算 RC 电路的过渡过程?192
- 65.时间常数表示什么意义?195
- 66.怎样分析 RC 电路对方波电压的响应?200
- 67.时间常数对输出波形有什么影响?201
- 68.什么叫做三要素法?207
- 69.怎样计算 RC 电路的时间常数?213
- 70. RC 充放电在电工技术中有哪些应用?215
- 71. RC 充放电在电子技术中有哪些应用?218
- 72.学完这章后,你能回答下列问题吗?223
- 73.怎样深入学习电路的过渡过程?225

第六章 半导体二极管电路及应用

74. 电子技术研究对象是什么?	227
75. 什么叫理想二极管?	228
76. 典型二极管与理想二极管有什么区别?	233
77. 怎样计算含有二极管的直流电路?	236
78. 含有二极管的交直流电路又怎样计算呢?	241
79. 交流电怎样变成直流电?	246
80. 二极管为什么能够变换波形形状?	252
81. 二极管的反向击穿区能应用吗?	254
82. 二极管哪些参数至关重要?	257
83. 学完这章后, 你能回答下列问题吗?	260
84. 正确回答上述问题后, 继续做下面的练习。	260

第七章 晶体管放大器及应用

85. 晶体管有什么用途?	265
86. 晶体管有哪几种基本类型?	266
87. 晶体管为什么会有放大作用?	268
88. 晶体管放大电路有哪几种基本类型?	272
89. 晶体管放大器的偏置电流与工作状态有什么关系?	275
90. 静态工作点不稳定的根源是什么?	282
91. 静态工作点不稳定将会造成什么后果?	287
92. 怎样才能获得一个稳定的静态工作点?	293
93. 怎样提高放大器的电压放大倍数?	301
94. 电压放大倍数不够怎么办?	306
95. 电压放大与功率放大有什么区别?	311
96. 怎样使用或更换晶体管?	316
97. 怎样检查晶体管电路的直流故障?	320
98. 怎样检查晶体管电路的交流故障?	328
99. 怎样阅读晶体管电路图?	331
100. 通过本章学习后, 你能回答下列问题吗?	334

第八章 振荡器

101. 什么叫做振荡?	340
102. 为什么说自由振荡不能持久?	341
103. LC 电路怎样实现强迫振荡?	345
104. LC 正弦波振荡器有哪几种类型?	349
105. 振荡频率不稳定怎么办?	353
106. 怎样组成石英晶体振荡器?	354
107. 为什么低频正弦波振荡器多用 RC 振荡器?	358
108. 怎样设计和调试正弦波振荡器?	362
109. 正弦波振荡器有哪些用途?	366
110. 怎样用单结晶体管组成振荡器?	371
111. 什么叫做磁饱和方波振荡器?	374
112. 学完这章后, 你能回答下列问题吗?	379

第九章 线性集成电路及应用

113. 什么是线性集成电路?	384
114. 线性集成电路在电路结构上有哪些特点?	385
115. 为什么线性集成电路的输入级都用差动放大器?	389
116. 怎样阅读线性集成电路图?	393
117. 怎样使用线性集成电路?	395
118. 怎样计算线性集成电路?	401
119. 运算放大器有几种基本接线形态?	402
120. 线性集成电路有哪些主要用途?	406
121. 国产线性集成电路有哪几种?	410
122. 学完这章后, 你能回答下列问题吗?	413

第一章 直 流 电 路

内容提要：本章在复习物理电学知识基础上，着重介绍了直流电路中的一些重要定律及定理，以及一些工程实用算法。这些内容是学习电工和电子技术的基础。

1. 电路由哪些元件组成？

在日常生活中，我们经常接触到许许多多电气和电子设备，从电灯、电话直到收音机、电视机，它们都是用一些基本电气元件和电子器件组成的电路。在工农业生产中，各种自动控制设备，自动测量仪表以及电子计算机等等，也都离不开这些元器件及其组成的电路。

电路是一个笼统的名词。凡是把若干电气元件或电子器件用导线联成的网络统称为电路。例如我们常说的电子电路，就是将电阻、电容、二极管、晶体管、集成片等元件用导线联结而成。又如电力电路则是由发电机、变压器、开关、电动机等元件用导线联结而成。

电力电路是用来传送电能的强电电路，强电电路的特征是低频率、大容量。常用安(A)或千安(kA)、伏(V)或千伏(kV)、瓦(W)或千瓦(kW)及至兆瓦(MW)分别作为电流、电压和功率的计量单位。而电子电路是产生、处理或传送信号的弱电电路，弱电电路的特征是高频率、小容量。常用毫安(mA)、毫伏(mV)、毫瓦(mW)计量电流、电压及功率。

电气元件千千万万，作为基础理论研究来说，人们并不是逐一研究各个电气元件的性能和功用，而是从这些电气元件的共性中研究其普遍的规律。

电气元件按其特性来说，通常分为两大类：一类是线性元件，另一类是非线性元件。例如我们常用的电阻、电感和电容就是线性元件，它们的符号如图1-1a所示。由于在这些元件的两端加上电压后，随着电压的增加，流过元件的电流按比例地增大；当以电压作为横坐标，电流为纵坐标，逐点画出电压和电流的关系时，得到的是一根直线，如图1-1b所示。因此，称这些电气元件为线性元件。

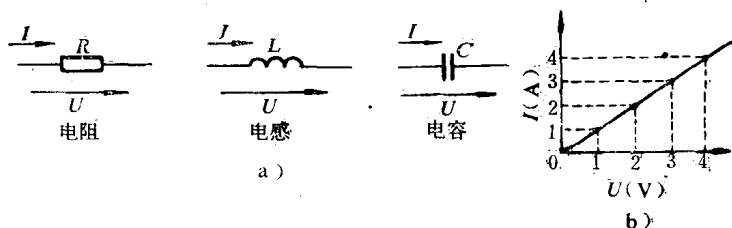


图1-1 常用的线性电气元件及其伏-安特性

在电工技术中，通常把反映元件中电流与其端电压之间关系的曲线，称为伏安特性。于是，凡伏安特性为直线的电气元件统称为线性元件。

常用的非线性元件如二极管、晶体管、可控硅等等，它们的符号如图1-2a所示。当在非线性元件两端加上电压时，随着电压的增加，流过元件的电流并不按比例地增大。如果把二极管的伏-安特性画出，得到的是一根曲线，如图1-2b所示。因此，凡伏-安特性不是直线的电气元件统称为非线性元件。

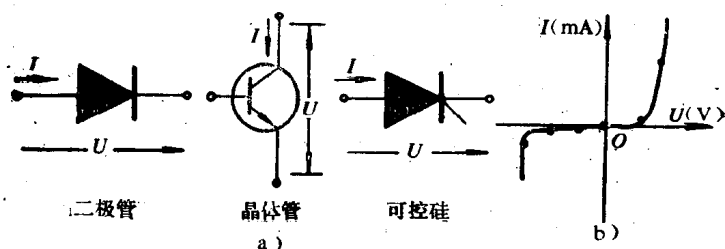


图1-2 常用的非线性电气元件及其伏-安特性举例

仅用线性元件组成的电路称线性电路。若电路除线性元件外还包含有非线性元件，则把这种电路称为非线性电路。在本章中，我们将介绍电路中的几条定理，其中有些定理只适用于线性电路，而另一些定理既适用于线性电路，也适用于非线性电路。不仅如此，线性电路和非线性电路在分析和计算方法上差别也很大。这些在今后的学习中都应特别注意。

2. 在计算电路时为什么首先要选择电流的参考方向？

带电粒子的定向移动就是电流。通常规定，带正电的粒子移动的方向就是电流的方向。电流是电路中一个基本物理量，按照惯例，常用小写字母 i 表示随时间变动的电流，用大写字母 I 表示大小和方向都不变的电流，也就是直流。

电流的基本单位是安培（简写成 A）。前已说过，电子电路是弱电电路，流过电路中的电流甚小，用安培作为电流单位嫌大，因此常用毫安（ $1\text{ mA} = 0.001\text{ A} = 10^{-3}\text{ A}$ ），微安（ $1\text{ }\mu\text{ A} = 0.000001\text{ A} = 10^{-6}\text{ A}$ ）作为电流的单位。而在电力电路中，又感到用安培作电流单位嫌小，因此常用千安（ $1\text{ kA} = 1000\text{ A} = 10^3\text{ A}$ ）作为电流单位。在计算电路时，要特别注意单位换算。

电流不但有大小而且还有方向，电流的实际方向就是正电荷运动的方向。对于一些简单的电路，我们很容易判别出电流的实际方向，如图1-3a所示的电路，电流从电池正极出发，经过负载流向电池的负极，因此我们可以用箭头标出电流的真实方向，如图所示。但是，对于较复杂的电路，往往事先难以识别电流的实际方向。例如图1-3b所示电路，流过电阻 R 的电流，是从 a 点流向 b 点呢，还是相反，事先无法确定。不知道电流方向就无从计算电路，为解决这个矛盾，通常在电路图上任意标出电流的方向，例如认为从 a 流向 b ，画出电流的箭头。根据所假设的方向，按照电路的定理计算出电流值，如果计算的结果是正值，则表示所假设的电流方向就是实际电流的方向；如果计算的结果是负值，则表示假设的电流方向与实际电流方向相反。我们把假设的电流方向称为电流参考方向，电流的参考方向不一定是电流的实际方向。

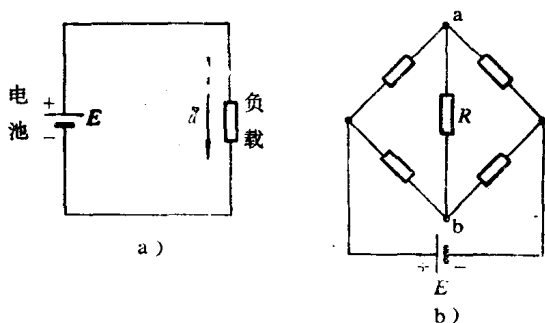


图1-3 电流的参考方向

概括起来说，在计算电路时，必须首先假设流过各元件的电流参考方向，参考方向是任意选择的。而后，计算流过各元件的电流，如果计算结果为正，就表示电流的实际方向

与参考方向相同；如果计算结果为负，就表示电流的实际方向与参考方向相反。这是计算电路的一条基本原则。

3. 怎样决定电压的参考方向？

电压和电流一样，也是电路中的一个基本物理量。按照惯例，用小写字母 u 表示随时间变化的电压，而用大写字母 U 表示大小和方向都不变化的电压，即直流电压。

电压的基本单位是伏（简写成V），在电子电路中，也常用毫伏（ $1\text{ mV} = 10^{-3}\text{ V}$ ）和微伏（ $1\text{ }\mu\text{V} = 10^{-6}\text{ V}$ ）作为电压单位。而在电力电路中，又常用千伏（ $1\text{ kV} = 10^3\text{ V}$ ）作为电压单位。这里需再次强调，要特别注意单位的换算。

电压和电流一样，不但有大小而且还有方向，电压的实际方向就是从高电位指向低电位的方向。在简单电路中，很容易识别高低电位，例如图1-4a所示的简单电路，由于电池上端为正、下端为负，不言而喻，a点是高电位、b点是低电位，高电位点标正号，低电位点标负号，因此，电压的实际方向（即电压降的方向）从a点指向b点，如图所示。但是，在复杂电路中（见图1-4b），往往事先很难识别电压的实际方向，因此，和电流一样，也有必要假定电压的参考方向。

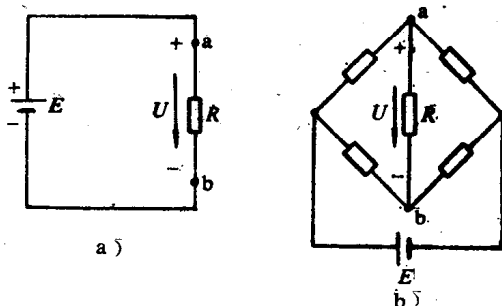


图1-4 电压的参考方向

电压的参考方向也是任意选择的，例如在图1-4b中，我们选择a点为正极性（高电位）b点为负极性（低电位），此时就假定了电阻 R 两端的电压参考方向。而后根据计算结果的正负判别电压的实际方向与参考方向是否一致。

在电路计算中，我们既要事先假定流过元件的电流参考方向，也要假定电压参考方向（即电压参考极性）。电流和电压的参考方向原则上可以任意假定，但是，为了计算方便起见，通常都把电流的参考方向和电压的参考方向取得一致。如图1-5所示。在图1-5a中，电流的流动方向与电压降的方向一致。而在图1-5b中，电流的流动方向与电压降的方向相反，这种参考方向的不一致，虽属可以，但在计算中容易出错，因此不被人们所采用。

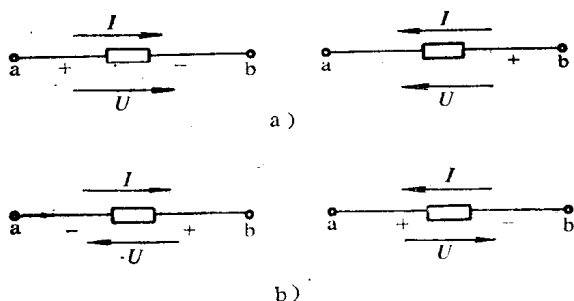


图1-5 电压参考方向与电流参考方向的配合

4. 为什么说电压和电位是两个不同概念？

电路中任意两点间的电位差叫做这两点的电压。例如有两个电池 E_1 和 E_2 相串联，如图1-6a所示，a点到b点的电压为

$$U_{ab} = E_1 + E_2 = 5 + 3 = 8 \text{ V}$$

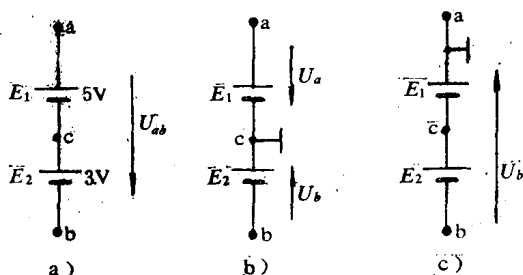


图1-6 电压和电位的关系

电位是另一概念。在谈到电位时，首先要在电路中任选一点（也只能选一点）作为电位参考点，其它各点到参考点的电压叫做该点的电位。

我们仍以图 1-6a 为例，如果选 c 点作为参考点（见图 1-6b），则a点的电位为

$$U_a = 5 \text{ V}$$

b点的电位为

$$U_b = -3 \text{ V}$$

这就是说，a点到参考点的电压是5v，b点到参考点的电压是-3V。

如果选a点作为参考点（见图1-6c），则a点的电位为

$$U_a = 0 \text{ V}$$

b点的电位为

$$U_b = -8 \text{ V}$$

在电路图中，为了使参考点醒目，通常都用“接地”符号表示参考点的位置。

由此可见，电位是个相对值，它与参考点的位置有关。这好比人们常说，珠穆朗玛峰高8848m，这是以海平面为参

考点的。如果以拉萨的地面作为参考点，那么它的高度就要低于8848m了，图1-7表示了这个关系。电位的概念与山的高度的概念是相似的。

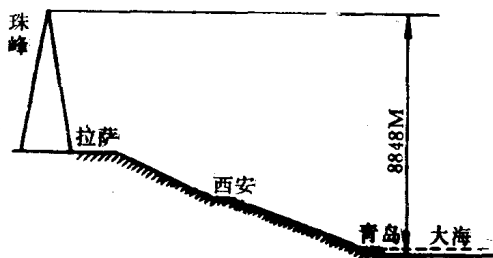


图1-7 高度的概念

值得注意的是，电位的大小受参考点的影响，而电压的大小却不受参考点影响。在图1-6b、c中，虽然参考点选择不同，但a点到b点的电压都是

$$U_{ab} = U_a - U_b = 8\text{V}$$

在电工技术中，大多数场合都用电压的概念，如电灯用的是220V电压，电动机用的是380V电压等等。而在电子技术中，电位的概念用得极为普遍。这是由于电子电路的结构形式所决定的。因为在绝大部分电子电路中，许多支路都汇集到一点，通常把这个汇集点选为电位参考点，其它各点都相对参考点而言，说明其电位的高低。这样做不仅简化了计算，而且给测量也带来方便。

图1-8a是一个电子放大电路，其中信号源支路 U_{si} 、基极电阻支路 R_{b2} 、晶体管发射极支路 e 、以及电源支路 E_c 都汇集在一点，因此通常就把这个汇集点选为电位参考点，并标以“接地”符号，如图1-8b所示。“接地”并非真接“大地”。

既然采用了电位的概念，因此，在用电位表示的电路图中就没有必要再用电压符号了，例如图1-8b中a点与参考点之间接有电压 E_c ，也就是说a点相对于参考点的电位是 $+E_c$ ，根据这个道理，就可把图1-8b改绘成图1-8c。图中d点也作了相同的处理。

图1-8c是电子电路中采用的习惯画法，对初学者来说，常常感到不习惯，只要把一般画法（图1-8a）与电子技术中的习惯画法（图1-8c）多作对照，逐步会熟悉起来的。

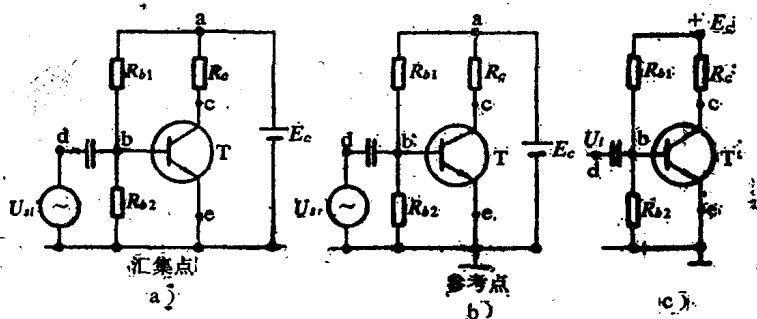


图1-8 电子电路的习惯画法

5. 应用欧姆定律应注意些什么问题？

1827年德国物理学家欧姆做了如图1-9所示的电路试验，用电流表和电压表分别测量流过电阻的电流及两端电压，通过实验证明：流过电阻的电流 I 和电阻两端压降 U 成正比。这就是著名的欧姆定律。

如果把欧姆定律用公式来表示，即

$$U = I \cdot R \text{ 或 } I = \frac{U}{R}$$

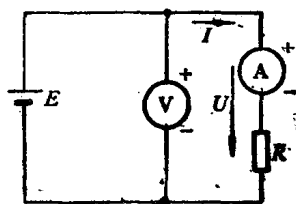


图1-9 欧姆定律实验电路