

电工电子技术学习手册

梁淑贤 编

农 业 出 版 社

电工电子技术学习手册

梁淑贤 编

* * *

责任编辑 李耀辉

农业出版社出版 (北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 通县向阳印刷厂印刷

787×1092mm32开本 13.875印张 5插页 303千字

1990年9月第1版 1990年9月北京第1次印刷

印数 1—3,100册 定价 7.30元

ISBN 7-109-00697-2/TM·1

编 者 的 话

本手册是根据高等院校电工学教材和手册的特点编写而成的。

本手册既不同于一般的教材也不同于一般的手册，它兼有两者的特点。手册概述了电工及电子技术的基本定理、基本定律、基本概念和工作原理。并用表格的形式归纳总结，以对比的方式帮助读者学习和掌握有关知识。本手册又不同于一般手册，它采取了教材的系统，具有较系统完整的理论知识，并附有例题，以帮助读者学习和加深理解。

本手册可作为高等工科院校(非电专业)学生学习电工和电子技术的参考书和工具书，也可作为函授、电大、中等专业学校、工程技术人员以及自学电工及电子技术的同志的参考书及工具书。

本手册共分十五章，前七章由黄季平副教授审阅，后八章由滕松林高级工程师审阅。

由于我们水平有限，书中不妥之处在所难免，恳切希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

编者

1987年11月

目 录

第一章 直流电路	1
1-1 电路的基本物理量	1
1-2 电路的基本定律	5
1-3 电阻	11
1-4 电压源与电流源的等效变换	15
1-5 电路的几种状态	19
1-6 电路的分析方法	19
第二章 正弦交流电路	27
2-1 正弦交流电的三要素	27
2-2 正弦交流电的表示方法	31
2-3 电路参数	34
2-4 单一参数电路	41
2-5 R 、 L 、 C 串联及并联电路	41
2-6 单相交流电路的功率和功率因数	44
2-7 电路中的谐振	56
第三章 三相正弦交流电路	59
3-1 三相交流电动势的表示方法	59
3-2 三相电路的名词概念	60
3-3 三相电路联接的基本关系	63
3-4 三相电路的计算	64
第四章 非正弦交流电路	73
4-1 非正弦电动势、电压和电流的产生	73
4-2 非正弦周期量的分解	73

4-3	非正弦周期量的有效值和平均值	74
4-4	非正弦交流电路的计算	75
4-5	非正弦交流电路的功率	80
第五章 电路的暂态分析		81
5-1	暂态的基本概念	81
5-2	换路定律和初始值	81
5-3	暂态过程的计算方法	83
5-4	RC 电路的充放电过程	86
5-5	微分电路和积分电路	86
5-6	RL 电路的暂态过程	86
第六章 磁路与变压器		96
6-1	电磁基本定律	96
6-2	磁路的基本物理量	99
6-3	磁路的基本定律	102
6-4	磁路计算	105
6-5	电磁铁	110
6-6	变压器	111
第七章 三相异步电动机		119
7-1	三相异步电动机的工作原理	119
7-2	转速和转差率	119
7-3	三相异步电动机定子电路的物理量	120
7-4	三相异步电动机转子电路的物理量	121
7-5	三相异步电动机的特性	122
7-6	三相异步电动机的功率和效率	127
7-7	三相异步电动机的额定值	128
7-8	三相异步电动机的使用	131
第八章 直流电机		135

8-1	直流电机的工作原理	135
8-2	直流电机基本公式	136
8-3	直流发电机和直流电动机比较	137
8-4	直流电动机的机械特性	139
8-5	直流电动机的使用	139
第九章 继电接触控制		143
9-1	常用控制电器	143
9-2	继电接触器控制线路的组成	143
9-3	继电接触器控制线路的表示方法	149
9-4	控制电路的读图方法和设计原则	150
9-5	基本典型控制电路	151
第十章 半导体器件		158
10-1	半导体二极管	158
10-2	稳压管	170
10-3	晶体三极管	173
10-4	场效应管	192
10-5	单结晶体管	204
10-6	可控硅	209
第十一章 交流放大电路		216
11-1	基本放大电路的组成	216
11-2	静态工作点	220
11-3	基本单元放大电路	226
11-4	放大电路的性能指标	227
11-5	放大电路的基本分析方法	231
11-6	几种典型放大电路的计算	234
11-7	放大电路的设计	242
11-8	负反馈放大器	248

11-9	功率放大电路	257
11-10	多级放大电路	268
11-11	场效应管放大电路	275
第十二章 正弦波振荡电路		283
12-1	振荡原理	283
12-2	LC振荡电路	285
12-3	RC振荡电路	291
第十三章 直流放大电路和运算放大器		298
13-1	直流放大电路	298
13-2	差动放大电路	302
13-3	运算放大器	307
第十四章 直流电源		316
14-1	整流电路	316
14-2	滤波电路	330
14-3	稳压电路	340
14-4	可控整流电路	346
第十五章 脉冲数字电路		364
15-1	脉冲数字电路的基本概念	364
15-2	半导体开关电路	365
15-3	基本逻辑门电路	373
15-4	集成“与非”门电路	376
15-5	逻辑代数	387
15-6	触发器	392
15-7	逻辑部件	395
15-8	数模转换和模数转换	412
附录一 复数运算		419
附录二 Y系列三相异步电动机		421

附录三	常用电工图形符号	424
附录四	半导体器件型号命名方法	426
附录五	半导体集成电路型号命名法	428
附录六	常用半导体器件符号	430
附录七	电阻器	431
主要参考书		433

第一章 直流电路

1-1 电路的基本物理量

一、电流

(一)定义 带电质点的规则运动称为电流。衡量电流强弱的物理量为电流强度，通常简称为电流。

电流强度在数值上等于单位时间内通过某一导体截面的电量。随时间而变动的电流称为变动电流，用公式表示为

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

式中 i 是在 dt 时间内通过导体截面 S 的微小电量 dq 。不随时间变动的电流称为恒定电流，简称为直流，用公式表示为

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

式中 I 表示在时间 t 内，通过导体截面 S 的电量为 q 。

(二)电流强度的单位及换算关系 电流强度的单位是安培，简称“安”(A)。计算大电流时用千安(kA)，计算微弱电流时用毫安(mA)、微安(μ A)或纳安(nA)。

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

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

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

$$1\text{nA} = 10^{-9}\text{A}$$

(三) 电流的正方向

1. 什么是电流的正方向 通常规定正电荷运动的方向为电流方向。但在复杂电路和交流电路中无法确定它的方向，因此在分析与计算电路时，常常任意选定一个方向作为电流的参考方向或称为正方向，即任意选定的方向称为正方向。

2. 电流正方向与实际方向的关系 当电流的实际方向与正方向一致时，电流为正值；相反时，电流为负值。只有在选定正方向后，电流的值才有正负之分，否则其正负值毫无意义。一般电路图中标注的方向都是正方向。

二、电压和电动势

(一) 电压 单位正电荷在电场力的作用下由 a 点移到 b 点所做的功称为 a 、 b 两点间的电压，即

$$U_{ab} = \frac{W}{q} = \frac{\int_a^b \bar{F} dl}{q} \quad (1-3)$$

式中 $\bar{F}$ ——是作用在正电荷上的电场力的平均值。

两点间的电压称为两点间的电位差即

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-4)$$

(二) 电动势 电动势是衡量电源力对电荷做功能力的物理量。在图 1-1 中电源的电动势 E 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端 b 经电源内部移到高电位端 a 所做的功。用公式表示

$$E_{ba} = \frac{W}{q} = \frac{\int_b^a \bar{F}_0 dl}{q} \quad (1-5)$$

式中 $\bar{F}_0$ ——电源力。

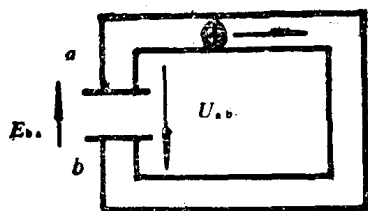


图1-1 电荷的回路

(三)电压和电动势的正方向 通常规定：电压的方向是由高电位指向低电位，即为电压降的方向。电动势的方向是在电源内部由低电位指向高电位，即为电位升的方向。

在分析和计算电路时，特别是对复杂电路，无法标出电压的实际方向，而是任意选定一方向作为电压的正方向。当实际方向与正方向相同时，电压为正值；当实际方向与正方向相反时，电压为负值。

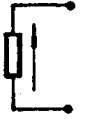
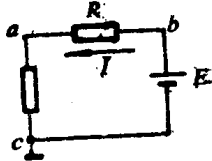
三、电位

在电工技术中以大地为零电位体，电路或设备为了安全而接地，接地点就是零电位点。零电位是确定电路中其他各点电位的参考点。因此电路中任意一点的电位等于该点到参考点的电压。如电路不接地，而需要分析电路中各点的电位时，应在电路中任选一参考点为零电位点，在电路中不设参考点，而讨论某点电位的高低是毫无意义的。

参考点电位为零，其他各点的电位都与它比较，比它高的为正值，正值愈大电位愈高；比它低的为负值，负值愈大电位愈低。

电流、电压、电动势和电位的方向确定如表 1-1 所示。

表 1-1 电流、电压、电动势和电位的方向

电 流	电 压	电 动 势	电 位
实际方向——正电荷运动的方向 正方向——任意选定的方向	实际方向——从高电位指向低电位，即电位降的方向 正方向——任意选定的方向	实际方向——电源内部从低电位指向高电位。即电位升的方向	在电路中任选一参考点，设其电位为零，某点电位的方向是由该点指向参考点 电位正负值的确定： 电流正方向与路径方向相同时，该点电位取正值 电动势正方向与路径方向相反时，该点电位取正值
计算电路时，若实际方向与正方向相同，则为正值；若实际方向与正方向相反，则为负值			
 实际方向  正方向	 实际方向  正方向	 实际方向	 $U_c = 0$ $U_R > 0$ $U_E > 0$

【例 1-1】 图 1-2 中，已知 $I = -5\text{A}$ ， $R = 10\Omega$ ，试求电压 U ，并标出电压的实际方向。

解：当电阻两端电压 U 的正方向与流过该电阻中的电流正方向一致时，则 $U = IR$ ；相反时，则 $U = -IR$ 。当 $U = 10\text{V}$

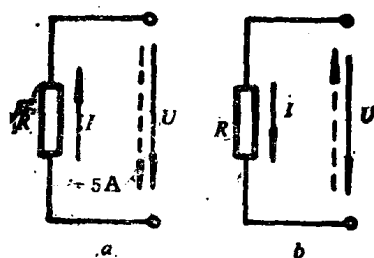


图1-2 例1-1电路

$$I = -5\text{A}$$

图1-2a中 U 与 I 的正方向相反，所以

$$U = -IR = -(-5) \times 10 = 50\text{V}$$

因此 $U > 0$ ，所以电压 U 的实际方向与正方向相同。如图1-2a中虚线箭头为电压实际方向。

图1-2b中 U 与 I 的正方向相同，所以

$$U = IR = (-5) \times 10 = -50\text{V}$$

因为 $U < 0$ ，所以电压的实际方向与图1-2b中正方向相反，其实际方向如虚线箭头所示。

1-2 电路的基本定律

一、欧姆定律

在电路中表示电压、电流和电阻之间关系的定律称为欧姆定律。欧姆定律有：

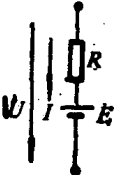
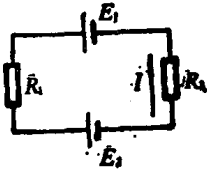
支路欧姆定律 { 无源支路欧姆定律
 { 有源支路欧姆定律
 回路欧姆定律(全电流定律)

各种情况的欧姆定律见表1-2

表1-2 欧姆定律

	支路欧姆定律		回路欧姆定律
	无源支路	有源支路	
定 律	通过无源支路的电流与支路两端的电压成正比，与支路的电阻成反比	通过有源支路的电流，与支路两端电压和支路的电动势代数和成正比，与支路电阻成反比	闭合回路中的电流等于回路内各电动势的代数和与回路总电阻之比
公 式	$I = \frac{U}{R}$ 或 $U = IR$ 或 $R = \frac{U}{I}$	$I = \frac{\pm E \pm U}{R}$ 或 $U = \pm E \pm IR$ E ——电源电动势 U ——电路两端电压	$I = \frac{\sum E}{\sum R}$ $\sum E$ ——回路中电动势的代数和 $\sum R$ ——回路中总电阻(包括电源的内阻)
说 明	欧姆定律有以上三种表达形式	正负值确定原则：对电流方程，当 E 、 U 的正方向与 I 的正方向一致时 E 、 U 取“+”，反之取“-”。 对电压方程，当 E 与 U 正方向相反时 E 取“+”，反之取“-”；当 I 与 U 正方向一致时电阻压降 IR 取“+”，反之取“-”	E 正负值的确定， E 的方向与电流方向一致时，取“+”，反之取“-”

(续)

	支路欧姆定律		回路欧姆定律
	无源支路	有源支路	
举 例	 $I = \frac{U}{R}$	 $I = \frac{-E + U}{R}$	 $I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2}$

[例1-2] 写出图1-3电路的 U 、 I 表达式。

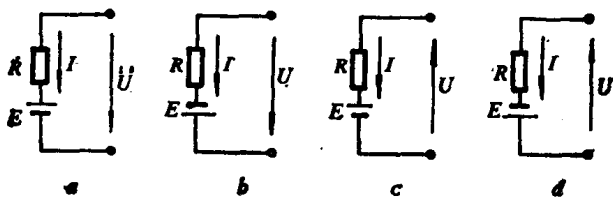


图1-3 例1-2电路

解：根据有源支路欧姆定律可以得出：

对图1-3a因 U 与 I 方向相同， E 与 I 方向相反，故

$$I = \frac{-E + U}{R}$$

对图1-3b因 U 、 E 均与 I 方向相同，故

$$I = \frac{E + U}{R}$$

对图1-3c因 U 、 E 均与 I 方向相反, 故

$$I = \frac{-E - U}{R}$$

对图1-3d因 U 与 I 方向相反, E 与 I 方向相同, 故

$$I = \frac{E - U}{R}$$

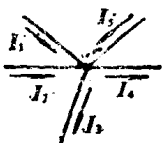
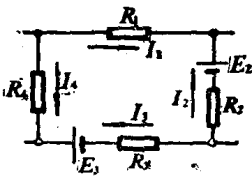
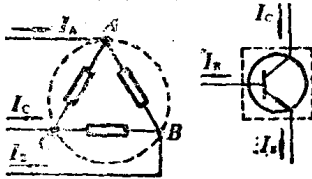
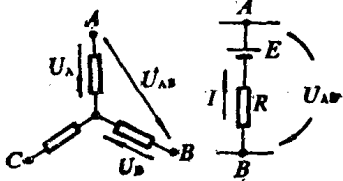
二、克希荷夫定律

克希荷夫定律又称为基尔霍夫定律, 它是电路的基本定律, 包括两个定律: 克希荷夫电流定律, 是根据电流的连续性、确定电路中一个节点上各支路电流之间的关系; 克希荷夫电压定律, 是根据能量守恒定理, 确定电路中各部分电压间的关系。两个定律的具体内容列于表1-3中。

表1-3 克希荷夫定律

		克希荷夫电流定律(第一定律)	克希荷夫电压定律(第二定律)
定律及表达式	表达式1	电路中任一瞬间, 任意节点的电流代数和恒等于零。即 $\sum I = 0$	电路中任一闭合回路中各部分电压的代数和恒等于零 $\sum U = 0$
	表达式2	电路中任一瞬间, 流入某一节点的电流之和等于从该节点流出的电流之和。即 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$	在任意闭合回路中电动势的代数和等于电阻压降的代数和 $\sum E = \sum IR$
列方程步骤		(1) 选定节点 (2) 标出电流正方向 (3) 对选定节点取电流代数和	(1) 选定回路 (2) 标出电流, 电动势正方向 (3) 确定绕行方向 (4) 对所选回路取电压降代数和

(续)

	克希荷夫电流定律(第一定律)	克希荷夫电压定律(第二定律)
注意 事项	如取流入节点的电流为“+”则流出节点的电流为“-”	在表达式中,当电压、电流及电动势的正方向与回路绕行方向一致时,其前面符号取“+”,反之取“-”。
举 例	 $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$ 或 $I_1 + I_2 + I_5 = I_3 + I_4$	 $E_3 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4$
定 律 推 广	电路中任意假设的封闭面(广义节点), 电流的代数和等于零  $I_A + I_B + I_C = 0 \quad I_E = I_B + I_O$	可用于开口电路(一假想的回路)将支路的端电压视为与该支路相联的另一支路的电压降  $\sum U = U_{AB} + U_B - U_A = 0$ $U_{AB} = E - IR$

三、焦耳定律

电流通过导体要发热, 发出的热量 Q 与导体电阻 R 、电流通过的时间 t 及电流强度 I 的平方成正比, 即

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (\text{cal}) \quad (1-6)$$