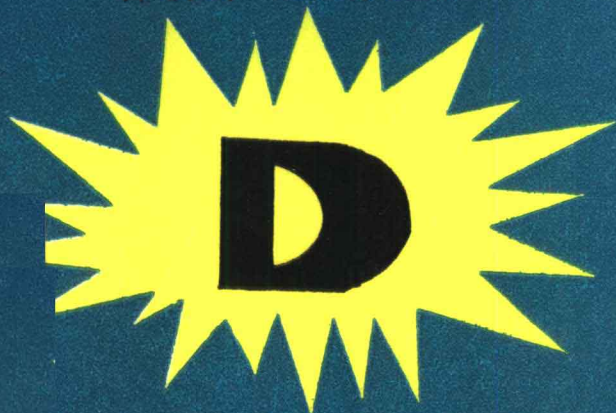


电工及电子技术基础

中央国家机关
机电专业培训教材

曹敬民 赵芝鸿主编



中央国家机关机电专业培训教材

电工及电子技术基础

曹敬民 赵芝鸿 主编

北 京 出 版 社

(京) 新登字 200 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工及电子技术基础 / 曹敬民, 赵芝鸿著. —北京: 北京出版社, 1995

ISBN 7-200-02574-7

I. 电… II. ①曹…②赵… III. ①电工-基础知识②电子技术 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第14360号

电工及电子技术基础

DIANGONG JI DIANZI JISHU JICHU

曹敬民 赵芝鸿 主编

*

北京出版社出版

(北京北三环中路6号)

邮政编码: 100011

北京出版社总发行

新华书店北京发行所经销

北京市顺义燕华印刷厂印刷

850×1168毫米 32 开本 19.75印张 467 000

1995年4月第1版 1995年4月第1次印刷

印数: 1—4 000

ISBN 7-200-02574-7/TM·6

定价: 21.00 元

中央国家机关机电专业培训教材编委会

主 任：王志良

副主任：谷政协 陈启祥 陈建田

委 员：傅伯椿 李品生 李金璞

出版说明

为适应中央国家机关工人培训考核工作的需要，根据中央国家机关工人考核委员会的统一部署，由北京理工大学编写的中央国家机关机电专业培训教材出版了。本套教材(共四本)是为中央国家机关机电专业初、中、高级维修电工技术等级考核所编写，也适合行政、事业单位维修电工自学参考。

本套教材是根据1992年劳动部颁布的《中华人民共和国工种分类目录》和1995年机械工业部和劳动部制定颁布的《机械工业工人技术等级标准》(通用)部分维修电工教学大纲和要求，在总结几年来工人培训考核教学经验和实践的基础上进行编写的。在编写过程中，力求突出成人教育的特点，理论联系实际，注重加强基础知识训练；叙述深入浅出，突出学习的重点和难点，对一些理论问题进行了必要的探讨。在同类书中具有自己的独到之处。

本套教材是中央国家机关机电专业维修电工初、中、高级技术等级考核指定的唯一教材。

在编写教材过程中得到北京理工大学电子技术专家、教授的具体帮助和指导，在此一并表示感谢。

中央国家机关工人考核委
员会机电专业考评领导小组

1994年10月10日于北京

前 言

本书是为中央国家机关所属行政事业单位培养初、中、高级三个层次电气技术工人而编写的教学用书，书中内容和深浅程度是以有关行业主管部门对三个层次分别拟定的相应教学大纲(要求、培训内容)而确定的，为此在内容的编排上有明显的高、低差异。为适应不同层次培训的需要和有利于学员自学，我们编写成对初、中、高三个层次均可适用的一体性的教材——《电工及电子技术基础》，主持培训单位和学员可以按相应的培训档次选用相应的内容。在目录中标有一个“*”号和两个“*”号是分别供给初、中级培训选用内容，无“*”号为高级培训选用内容。

全书内容分四部分，第一章至第六章为电路部分，第七章至第十章为电子技术基础部分，这两部分由曹敬民编写；第十一章至十五章为数字电路基础部分，第十六章为可控硅整流电路部分，由赵芝鸿编写。

本书由中央国家机关工人考核委员会机电专业考评工作小组组织编写，由曹敬民、赵芝鸿主编，由沈世锐教授主审。在编写过程中还得到北京理工大学的戴润林、庄效桓副教授和李品生高级工程师的大力指导和帮助，在此致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中不免存在缺点和错误，敬请批评指正。

编者

1994年12月

目 录

第一章 直流电路	i
* § 1-1 电路的组成及基本物理量.....	1
* § 1-2 电阻与欧姆定律.....	12
* § 1-3 电阻的串联、并联及计算.....	19
* § 1-4 电功及电功率.....	29
* § 1-5 电压源、电流源以及电源与负载的额定 值.....	32
思考题.....	39
习题.....	42
第二章 磁场与电磁知识	45
* § 2-1 磁现象.....	45
* § 2-2 电流产生磁场及磁性的起源.....	48
* § 2-3 磁场的基本物理量.....	53
** § 2-4 铁磁材料磁化曲线和分类.....	60
** § 2-5 感应电动势、电磁感应定律.....	68
§ 2-6 自感及互感.....	73
思考题.....	78
习题.....	80
第三章 基尔霍夫定律及电路分析与计算	83
* § 3-1 基尔霍夫定律.....	83
** § 3-2 支路电流法.....	89
** § 3-3 节点电位法.....	92

* § 3-4	叠加原理	96
§ 3-5	戴维南定理	99
	思考题	105
	习题	107
第四章	单相正弦交流电路	111
* § 4-1	概述	111
* § 4-2	单相正弦交流电动势的产生	113
* § 4-3	正弦交流电的三要素及相位差	117
* § 4-4	交流电的有效值	125
* § 4-5	正弦交流电的表示方法	128
* § 4-6	正弦交流电对电阻、电感、电容的作用	136
** § 4-7	电阻、电感、电容串联交流电路	155
** § 4-8	并联交流电路	169
** § 4-9	功率因数的提高	174
	思考题	179
	习题	181
第五章	三相交流电路	185
* § 5-1	概述	185
* § 5-2	三相交流电动势的产生	187
** § 5-3	负载与三相交流电源的连接	191
** § 5-4	三相交流电路的功率	205
	思考题	207
	习题	208
第六章	电路的过渡过程	211
§ 6-1	过渡过程的意义	211
§ 6-2	换路定则、电压、电流的初始值及稳态值的确定	214
§ 6-3	RC 串联电路的过渡过程	222

§ 6-4	RL 串联电路的过渡过程	230
§ 6-5	过渡过程三要素	239
	思考题	243
	习题	245
第七章	半导体二极管及整流电路	248
* § 7-1	半导体二极管及其单相导电性	248
* § 7-2	半导体二极管结构、特性及主要参数	258
* § 7-3	整流电路	263
* § 7-4	滤波器	274
** § 7-5	硅稳压管及稳压电路	279
	思考题	283
	习题	287
第八章	半导体三极管及交流放大电路	290
* § 8-1	概述	290
* § 8-2	晶体三极管	291
* § 8-3	基本交流放大电路的组成及工作原理	305
** § 8-4	放大电路的图解分析法	314
§ 8-5	放大电路微变等效电路分析法	327
§ 8-6	阻容耦合多级放大电路	340
§ 8-7	放大电路中负反馈	346
** § 8-8	射极输出器	361
** § 8-9	功率放大电路	364
	思考题	373
	习题	375
第九章	直流放大电路	382
** § 9-1	直流放大电路的零点漂移	383
** § 9-2	差动放大电路	388
	思考题	397

习题	397
第十章 运算放大器	399
§ 10-1 集成运算放大器的结构、符号和特性	399
§ 10-2 集成运算放大器的主要技术指标及命名方法	405
§ 10-3 集成运算放大器的运算功能	408
§ 10-4 运算放大器应用举例	421
思考题	426
习题	427
第十一章 晶体管开关特性及门电路	432
** § 11-1 晶体二极管的开关特性	432
** § 11-2 晶体三极管的开关特性及开关参数	435
** § 11-3 门电路的逻辑关系	439
习题	450
第十二章 逻辑代数基础知识	452
§ 12-1 逻辑代数的特点	452
§ 12-2 逻辑代数的运算	453
§ 12-3 逻辑代数的基本公式和常用公式	458
§ 12-4 逻辑函数化简方法	464
§ 12-5 逻辑函数与逻辑电路的相互转换	466
思考题	469
习题	469
第十三章 集成门电路介绍	471
§ 13-1 TTL与非门电路的工作原理及主要参数	471
§ 13-2 HTL门电路	481
§ 13-3 MOS门电路	484
思考题	492
习题	493

第十四章 双稳态触发器	497
§ 14-1 R - S 触发器	497
§ 14-2 主从型 J - K 触发器	505
§ 14-3 D 触发器	509
§ 14-4 触发器功能转换	511
思考题	513
习题	514
第十五章 基本数字电路器件	520
§ 15-1 寄存器	520
§ 15-2 计数器	527
§ 15-3 译码器和数码显示器	539
§ 15-4 单稳态触发器	550
§ 15-5 无稳态触发器——多谐振荡器	554
习题	558
第十六章 晶闸管和可控整流电路	562
§ 16-1 晶闸管	562
§ 16-2 晶闸管的可控整流电路	571
§ 16-3 晶闸管的触发电路	583
§ 16-4 晶闸管的保护	592
思考题	596
习题	596
部分习题答案	598

第一章 直流电路

§ 1-1 电路的组成及基本物理量

一、电路的组成

生活、生产等一切电气设备，均要通过电路才能实现其功能，如使电灯照明，电动机转动，扬声器发声，等等。那么什么是电路呢？电路就是电流流通的路径，它是为了用电的需要，由某些电气元器件按一定的方式连接起来的线路。

具体的电路结构，根据它所要完成的任务的不同而有繁有简。但不管是简单还是复杂，电路都是由三个基本部分组成的，即电源、负载及中间环节。三者之间关系，可用如图 1-1-1 所示的生活中常用的手电筒电路为例加以说明。图中：

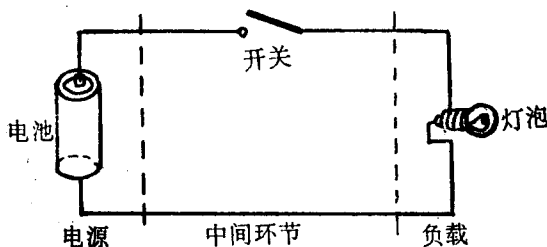


图 1-1-1 电路的基本组成

电源 是提供电能的设备，如手电筒电路中的电池，又如

发电机，它们在一切电路中起的是电能来源的作用。电源的本质是把非电能量转换为电能，如电池是把化学能转换为电能。

负载 是取用电能的设备，它将电能转换为其它形式的能量，如电灯泡、电炉、电动机等，它们分别把电能转换为光能、热能、机械能等。

中间环节 是联接电源与负载的部分，起传输和控制电能转换的作用。最简单的中间环节只有导线和开关（如 1-1-1 图中所示）。中间环节通常设有安全用电的保护电器（如保险丝、过电流继电器等）。较为复杂的中间环节，往往由多种器件构成。

不管电路是什么结构和形式，它的作用概括起来有两点。一是产生、输送、分配、转换电能，如电力系统就是用电力网（电路）把各种形式的发电设备生产出的电能传送到工厂、农村及千家万户，以供使用。二是作信息传递、处理、测量等。例如，用热电偶测量炉温，由热电偶把炉内温度（信息）转换为相应的电动势，然后传送给毫伏计（微计量电压表）进行测量。由热电偶将温度转换成的信号源，相当于一般电路中的电源，但它与电池和发电机的不同点是其电势大小随温度变化而变化。毫伏计是测量电路中的负载，是接收和转换信号源的器件。又如，收音机、电视机等，它们的天线把载有语言、图像的电磁波转换为相应的电信号（信号源），通过中间环节传送和处理（调谐、变频、检波、放大），再传送给扬声器和显像管（负载），还原成原始信号。

不论电路完成那一种功能，都是通过电路内部的电荷、电流、电势、电位、电压及电功等物理量来实现的。因此在分析、计算电路之前，要先了解这些基本物理量及有关的基本知识。

二、电路的基本物理量

1. 电荷

电荷是最基本的电量。构成物质的多数基本粒子都带有电荷。质子是带正电荷的粒子，电子是带负电荷的粒子。计量电荷量的单位是库仑（简称为 C），一个电子所带的电荷量为 1.60×10^{-19} 库仑。在通常的物体中，所带的正电荷和负电荷量是相等的，故物体不显有电性，或者说不带电。当物体中负电荷多于正电荷时则物体显负电性，反之显正电性。

电荷有一个自然特性，即同性电荷相斥，异性电荷相吸。它们相吸引或相排斥力的大小与两者带电量的乘积成正比，与两者间的距离平方成反比，这就是库仑定律。该定律可以用数学式表示。设两个物体带电量分别为 q_1 和 q_2 ，它们之间的距离为 r ，它们之间的作用力为 f ，则有：

$$f \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\text{写成等式 } f = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (k \text{ 为常值}) \quad (1-1)$$

上式不仅表示出力的大小，还表示出力的性质——是吸引力还是排斥力。我们规定对于负电荷， q 取负值。算出的 f 为正值时，表示排斥力，反之为吸引力。

电荷作用力的范围称为电场，处于电场中的任何带电粒子都要受到电场力的作用。若电场是由负电荷 q_0 产生，在其电场内的正电荷 q_1 就要受到吸引（吸引力为 F_1 ）、负电荷 q_2 就要受到排斥力（排斥力为 F_2 ），如图 1-1-2(a) 所示。若电场是由正电荷 q_0 产生，电场对上述处于场内的电荷 q_1 、 q_2 作用力方向恰恰相反，如图 1-1-2(b) 所示。若把位于电场中某点 A 的

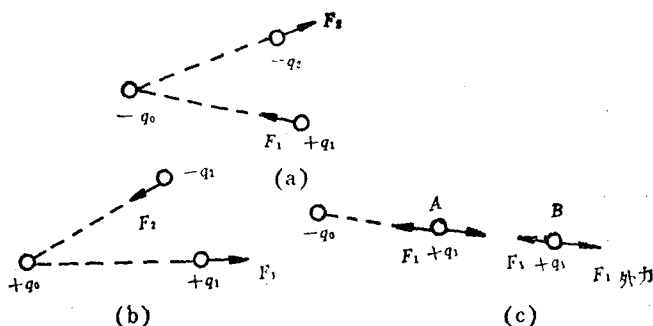


图 1-1-2

正电荷 q_1 移到离负电荷 q_0 更远处 B 点,就必须对正电荷施加一个克服电场力的外力 (称作电源力), 正电荷才能移动,如图 1-1-2(c) 所示。其结果使正电荷得到更高的位能。这就类似地球引力场一样。如一台打桩机,要把重锤从地面举起,必须给重锤加上提升力,提升力对重锤做功。锤升高了位置,获得了势能。锤升得越高,其势能也越大,砸下的力量也越大。而正电荷在电场中一旦被推到高电位处,若给予通路,正电荷就要从高电位能处流向低电位能处,释放出电能,转变成其它能量,这就如同上面所说的重锤,会自动地从高处 (高势能) 坠落到低处 (低势能),放出能量。

2. 电动势

电动势是衡量电源把其它形式的能量转变为电能能力的物理量。

为便于理解,下面用图 1-1-3 来说明。图中 A 和 B 分别是电池的两个极, A 极聚积有正电荷,称为正极,用符号“+”表示。B 极聚积有负电荷,称为负极,用符号“-”表示。两极之间形成电场,电场方

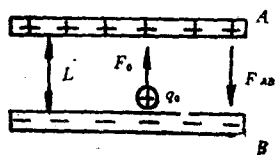


图 1-1-3

方向由 A 指向 B。

向是从A指向B，即正电荷在其场内受电场力的作用方向，以 F_{AB} 表示。若要在两极之间把单位正电荷从B极移到A极，必然要受到电场的阻碍，只有给单位正电荷加一个外力以克服电场阻力才能使单位正电荷从B极移到A极。这个外力（在电池中为化学力）做的功，就称为电动势。电动势的符号用 E 表示，若有 q_0 量正电荷在外力 F_0 作用下从B极移到A极所做的功为 W ，则电动势为

$$\left. \begin{aligned} E_{BA} &= \frac{W}{q_0} \\ \text{若图 1-1-3 中 A、B 间为均匀电场，则} \\ E_{BA} &= \frac{W}{q} = \frac{F_0 L}{q} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

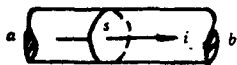
式中 F_0 为外力，也称电源力，在这里即为电池（电源）的化学力， L 为 A、B 两极的距离。

电动势的方向与电源力方向一致，从电源负极指向正极，即从低电位指向高电位的电位升方向。在电源力作用下，正电荷由低电位移向高电位，负电荷由高电位移向低电位。

电动势单位是伏特 (V)，简称为伏。以电池为例，如果电池中化学力把 1 库仑的正电荷量从图 1-1-3 中 B 极推到 A 极所做的功为 1 焦耳，则 B、A 两极间的电动势为 1 伏特 (V)。

3. 电流

电流是指电荷有规则的定向流动。电流在数值上等于单位时间内通过它所流经的导体横截面的电荷量。



设电路中一段有电流的导体 ab ，其横截面为 S ，如图 1-1-4 所示。若在极短的 Δt 时间内，通过电荷量为 Δq ，则电流可用下式表示

$$\text{电流值} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

如果上式所表示的电流是随时间在变化的，则用 i 代表，于是得

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1-3)$$

i 被称为瞬时电流。即这个电流不是常值。

如果电流不随时间而变化，即 $\frac{\Delta q}{\Delta t} = \text{常值}$ ，这种电流称为恒定电流，或称为直流电流。直流电流用 I 表示，于是上式可写为

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-4)$$

电流是怎样产生的呢？为了更好的予以说明，可在上述的电池 A、B 两极上分别加接两根导线，导线另两端分别接在一灯泡

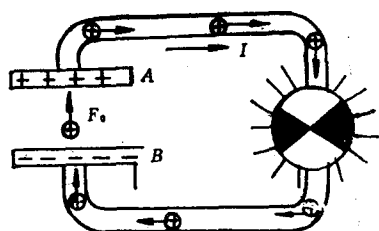


图 1-1-5 电荷流动示意图

的灯丝两端，当导线接通后，灯泡立即发光，这种现象表明导线、灯丝上都有电流通过。电荷流动的情况可形象的用图 1-1-5 表明。

由于电池的两个极间有电场，电场力自然的要把正极 (A) 上的正电荷推向负极 (B) 与负电荷中和。在导线和灯泡 未接通前，A 极上的正电荷既不能通过电池内部移向 B 极 (因电池内部有与电场力相反的化学力)，也不能通过电池外的空气移向 B 极 (空气对电荷流动阻力极大)。只有接通导线和灯泡后，由于导线阻力很小，灯泡内灯丝阻力也不太大，于是正电荷就沿着