



电子工艺 基础

张宪 张大鹏 主编

DIANZI
GONGYI JICHU



化学工业出版社



实用电子技术
自学万事通

电子工艺 基础



张 宪 张大鹏 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子工艺基础/张宪, 张大鹏主编. —北京: 化学工业出版社, 2012.12

(实用电子技术自学万事通)

ISBN 978-7-122-15537-5

I. ①电… II. ①张…②张… III. ①电子技术-基本知识 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 241740 号

责任编辑: 卢小林

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 吴 静

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 332 千字

2013 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

《实用电子技术自学万事通》编委会

主 任 张 宪

编 委 (按汉语拼音排序)

陈 影 付兰芳 付少波 匡小平

李会山 李良洪 李志勇 王凤忠

王 亮 张春和 张大鹏 张 宪

赵慧敏 赵建辉

《电子工艺基础》编写人员

主 编 张 宪 张大鹏

副主编 匡小平 赵慧敏 李会山 刘卜源

参 编 沈 虹 赵建辉 陈 影 李纪红

俞 妍 孙 昱 范毅军 胡云朋

李志勇 何惠英 张 森 赵 玲

主 审 付少波 李良洪 付兰芳

前言

► FOREWORD

电子工艺基础

进入 21 世纪, 电子技术的广泛应用, 给工农业生产、国防事业、科技和人民的的生活带来了革命性的变化。为推广现代电子技术, 普及电子科学知识, 我们编写了这套《实用电子技术自学万事通》, 以帮助正在学习电子技术的读者, 以及即将从事电子设备与电子装置维修的人员尽快理解现代电子设备与电子装置构成原理, 了解各种电子元器件与零部件在电子技术中的应用情况, 学会检测元器件和制作简单电子设备的一些基本方法。

本套丛书包括《电子工艺基础》《电子元器件的选用与检测》《数字电子技术实用电路》《详解电子控制照明电路 60 例》《详解实用电子电路 128 例》《详解传感器实用电路 40 例》六个分册, 力求使广大电子爱好者通过本套丛书的学习, 轻松进入电子科学技术的大门, 激发他们对电子技术的探索兴趣, 掌握深入研究电子技术所必备的基础知识, 并把它应用到生产和实际生活中去。

本套书对电子技术基础知识做了较详尽的叙述, 可为初学者奠定较扎实的理论知识和实际操作知识, 对学习电子技术和分析识读电路图有相当裨益, 既可分册独立学习, 又可系统学习全套丛书。

本书是《电子工艺基础》分册, 从最基本的电工电子技术基础知识出发, 深入浅出的介绍了常用器件的识别与测试方法, 电子设备的装配和调试, 使读者能够独立运用它们分析和解决

在后续内容学习及电子产品制作与调试过程中出现的一些问题。全面地讨论了电子产品整机装配与调试的常用工具、常用仪器、常用材料、印制板的制作、焊接的训练方法和调试的方法，也讨论了装配工艺的元器件处理、基本连接、整机装配、工艺文件的编制与填写，调试工艺的指标、步骤和技巧；举例介绍了电工、电子产品装配和调试的全过程。

本书的特色：

(1) 实用性强。“以实用为基础，以够用为前提”，“以技能训练为主导，以技能鉴定为背景”，突出职业培训特点，系统地介绍了电子产品装配与调试工艺，删除了繁琐的理论说教，代之以简单明了的实际操作方法，力求做到言之有理、言之有据、言之有用；操作明确、操作规范、操作易学。例如：常用电子元器件着重介绍了元器件的特点、参数、检测及正确选用依据；焊接技术重点介绍了手工焊接技术的训练方法，便于实际操作。各章节内容既相互联系又相对独立。

(2) 体现先进性。既介绍了传统的器件和工艺又介绍了部分新器件、新工艺和新材料。

(3) 便于自学。“以基础理论学习为基础，以实践技能培养为重点”，系统地培养自学能力、动手操作能力，力求做到能学、会学、想学。

本书在编写过程中，曾得到出版社和同行的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者



目录

> CONTENTS

电子工艺基础

第一章	电工电子技术基础	/ 1
第一节	电路的基本概念与基本定律	/ 1
第二节	电路的分析方法	/ 11
第三节	交流电路	/ 17
第四节	变压器	/ 22
第五节	基本放大电路	/ 24
第六节	集成运算放大器	/ 32
第七节	直流稳压电源	/ 36
第八节	数字电路	/ 43
第九节	电子电路识图要求	/ 50
第二章	常用电工电子仪器仪表的使用	/ 55
第一节	电子测量的基本知识	/ 55
第二节	示波器	/ 58
第三节	信号发生器	/ 71
第四节	晶体管毫伏表	/ 83
第五节	其他测量仪器	/ 87
第六节	指针式万用表	/ 92
第七节	数字式万用表	/ 101
第三章	电子元器件的选用与检测	/ 106
第一节	电阻器的选用与检测	/ 106

第二节	电容器的选用与检测	/ 114
第三节	电位器的选用与检测	/ 123
第四节	电感器的选用与检测	/ 127
第五节	晶体二极管的选用与检测	/ 132
第六节	晶体三极管的选用与检测	/ 137
第七节	场效应晶体管的选用与检测	/ 142
第八节	晶闸管的选用与检测	/ 148
第九节	集成电路的选用与检测	/ 151
第四章	常用电工材料与测量误差	/ 156
第一节	常用导电材料	/ 156
第二节	常用绝缘材料	/ 165
第三节	半导体材料	/ 168
第四节	磁性材料	/ 172
第五节	其他材料	/ 176
第六节	测量误差	/ 180
第七节	数据处理	/ 190
第五章	电子设备的装配	/ 196
第一节	装配工具	/ 196
第二节	常用技术资料	/ 204
第三节	元器件的装配	/ 215
第四节	导线线端加工与捆扎	/ 223
第五节	电子设备的装配	/ 229
第六章	电子设备的调试	/ 239
第一节	电子设备的检验	/ 239
第二节	电子设备的调试	/ 243
第七章	印制电路板的设计与制造	/ 280
第一节	印制电路板概述	/ 280
第二节	印制电路板的设计	/ 284

第三节	印制电路板的制造方法	/ 314
第八章	焊接技术与技能培训	/ 319
第一节	焊接材料	/ 319
第二节	手工焊接工艺	/ 324
第三节	自动焊接技术	/ 330
第四节	表面贴装技术与工艺	/ 335
第五节	电子电路设计技能实训	/ 340
第六节	电子设备的检修	/ 360
参考文献		/ 369

第一章 一» Chapter 1

电工电子技术基础

第一节

电路的基本概念与基本定律

一、电路的基本物理量

1. 电流

电荷在电场作用下有规则的定向运动，称为电流。

在金属导体内的电流是由于导体的内部自由电子在电场力的作用下有规则地运动而形成的。电流在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。如果电流用 I 表示，电荷量用 q 表示，时间用 t 表示，则得：

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

在电气系统中，遇到的电流为几安，几十安甚至更大，而在电子控制系统中经常遇到较小的电流，是以毫安（mA）或微安（ μ A）为单位计算的。它们之间的关系是：

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

2. 电流的测量

为了具体了解电路中电流的大小，通常用电流表或万用表的电



流挡来测量电路中电流的大小。具体测量方法及注意事项如下。

① 在测量前,应首先明确所测电路中的电流是交流电流还是直流电流。如果所测电路中的电流是交流电流,应使用交流电流表;如果是直流电流就应使用直流电流表。有的万用表只有直流电流挡,所以只能测量直流电流。

② 粗略估计电路中电流的大小,以便选择电流表的测量范围。在使用万用表的电流挡测量时,如果一时无法估计电流大小,挡位要宁大勿小,然后逐步缩小测量范围。

③ 断开被测电流支路,把电流表串联在电路中。测量直流电流时,直流电流表的正极必须和电路的正极相接,负极必须和电路的负极相接,不可接反,如图 1-1 所示。交流电流表则不分正、负。

④ 因为电流表的特点是内阻非常小,所以在用电流表时,绝对不允许把电流表并接在负载或电源上,如图 1-2 所示。否则电路中的电压因电流表内阻小,形成短路,极易将表损坏。电流表的量程范围一定要超过电路的实际电流的数值。如发现表针猛打到头,要立即断开电源检查原因,以防损坏表头。

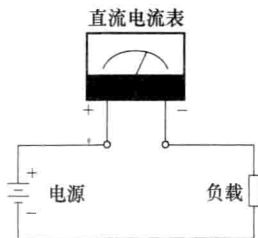


图 1-1 电流表的正确接法

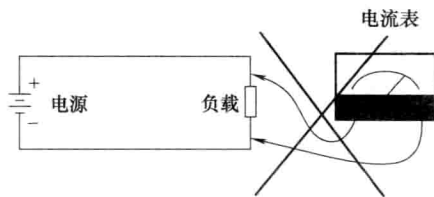


图 1-2 电流表的错误接法

3. 电压

在导体内电荷的定向运动形成电流,它是在电场力的作用下实现的。为了衡量电场力对电荷做功的能力,引入电压这一物理量。如图 1-3 所示电路中,A、B 两点间的电压 U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功。在电场内两点间的电

压也常称为两点间的电位差,即电压

$$U_{AB}=V_A-V_B$$

式中 V_A 为 A 点的电位, V_B 为 B 点的电位。

在国际单位制 (SI) 中,电压的单位为 V (伏特,简称为伏)。在电子控制系统中也可用 mV (毫伏) 和 μV (微伏) 表示,它们之间的关系是:

$$1\text{V}=10^3\text{mV}=10^6\mu\text{V}$$

按照电动势的定义,其单位也是 V (伏特)。必须注意,电动势的实际方向由负极指向正极,如图 1-3 所示。因此,电动势的实际方向与电压的实际方向相反。

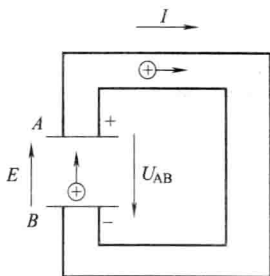


图 1-3 电荷的运动回路

4. 电压的测量

在电气系统故障时,经常需要测量电路中的电压。下面以常用的万用表为例,说明测量电压的具体方法以及注意事项。

① 在测量前,应首先明确所测的电压是直流电压还是交流电压,正确选择挡位。如果测量直流电压,要将万用表的选择开关对准直流电压挡。如果测量交流电压,要将万用表的选择开关对准交流电压挡。

② 测量前,若不知该电路中电压的大小,量程选择要宁大勿小,应从万用表电压挡的最大量程开始测量,防止因电压太高打坏表头。

③ 万用表电压挡的特点是内阻很大,所以测量电路某两点间的电压时,应将万用表和被测量电路的该两点并联。测量直流电压时,万用表的正极红表笔应和电路中电压的正极相接,负极黑表笔应和电路的负极相接,不能接反,如图 1-4 所示。测量交流电压时则不分正、负极。

④ 在使用万用表测量电压时,一定要注意选择开关的位置,严禁把选择开关放在电流挡或欧姆挡的位置,否则极易将表损坏。

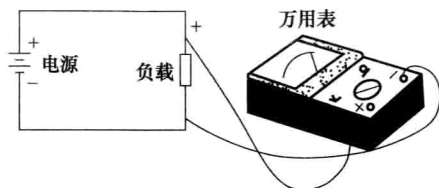


图 1-4 万用表的接法

5. 电阻

电路中对电流通过有阻碍作用并造成能量消耗的部分叫电阻。电阻用 R 或 r 表示，单位是欧姆 (Ω ，简称欧)。当电阻很大时，也常用千欧 ($k\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$)，它们之间的关系是：

$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

在电子线路中，导线电阻的大小主要决定于导线的材料、长度、截面积和环境的温度。同样材料的导线，其电阻的大小与导线的截面积及长度有关。导线的截面积越大，也就是导线越粗，电阻就越小。导线越长，电阻就越大，用公式表示为：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R ——导线的电阻， Ω ；

ρ ——导线的电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

l ——导线的长度， m ；

S ——导线的截面积， mm^2 。

利用上式，就可以计算出任何长度和截面的导线的电阻。

6. 电阻的测量

测量电阻要使用欧姆表。在实际检修电气系统故障时常用万用表的欧姆挡来测量电阻的数值。下面以万用表为例，说明测量电阻的方法及注意事项。

(1) 应首先选择好适当的倍率挡

在万用表的欧姆挡上，一般都标有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、

$R \times 1k$ 和 $R \times 10k$ 挡。在测量时,应选择好适当的倍率挡,使表头中指针指示在中间部位。例如要测量一只阻值在 100Ω 左右的电阻,固然可用 $R \times 1$ 的一挡来测量,但是使用这挡,指针就靠近表盘左侧高阻值的一端,读数刻度较密,读数时只要差一点,阻值就会差很多。因此,应当改用 $R \times 10$ 一挡,使指针转向表盘中间部分,便于读取准确。

(2) 调零

在测量电阻之前,应当将两表笔“短接”,并同时旋动“欧姆调零旋钮”,使指针指在“ Ω ”标度尺右侧端零位上,这就叫做调零,它是保证测量准确必不可少的步骤。在每换一次欧姆挡测量电阻前,都要重复这一步骤。如果旋动“欧姆调零旋钮”也无法使指针达到零位,则说明万用表盒内装的干电池电压太低,应更换新电池。

(3) 测量

在测量时,将两表笔并接在电阻的两端,如图 1-5 (a) 所示,即可测出电阻的数值。但应注意,不要用手捏住电阻的两端,如图 1-5 (b) 所示,以免人体的电阻也并接在电阻上,影响测量结果的准确性。

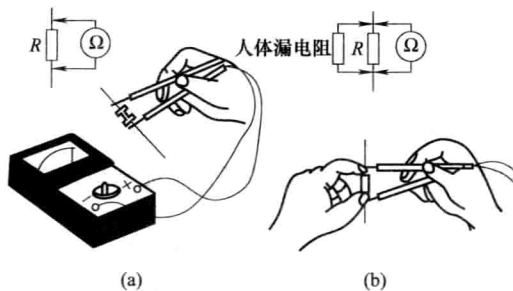


图 1-5 电阻的测量

(4) 决不能带电测量

测量电阻的欧姆挡是由表盒内装干电池供电的,因此在测量电阻时,决不能使电阻已带电进行测量,如图 1-6 所示。



因为带电进行测量时,又相当于接入一个外加电压,不但使测量结果无效,而且很容易烧坏表头,这一点必须特别注意。在测量某一部件上的电阻时,首先必须切断被测电路的电源,以确保电阻中没有电流通过,方可进行测量。同时,电路中的电阻需断开一端测量才能使测量准确。

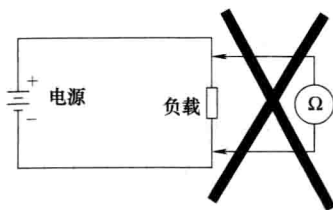


图 1-6 测量电阻的错误方法

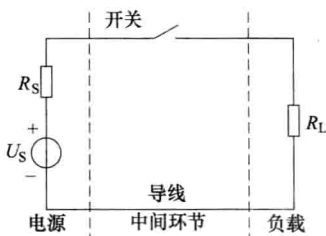


图 1-7 手电筒电路模型

二、电路的组成和作用

1. 电路的组成

将某些电气设备或器件按一定方式连接起来,构成电流的通路,称为电路。最简单的电路为如图 1-7 所示的手电筒电路,它由电源、中间环节、负载三部分组成。

(1) 电源

电源是一种将非电能转换成电能的装置。常用的电源有干电池、蓄电池和发电机等,它们分别将化学能和机械能转换成电能。

(2) 中间环节

中间环节起传输、分配和控制电能的作用。最简单的中间环节就是开关和导线。一般连接导线的电阻很小,所以电路分析中常把连接导线的电阻视为零。中间环节一般还有保护和测量设备,也可能是由各种元器件或设备组成的网络系统。

(3) 负载

负载是取用电能的设备,其作用是将电能转换成其他形式的能量(如机械能、光能、热能)。常见的负载有电灯、电动机、电炉、

扬声器等。

综上所述，电源、中间环节和负载是组成一个完整电路的三个最基本的部分。

2. 电路的作用

电路的组成形式和功能虽然是多种多样的。但总的来说，它的作用主要有两点：

- ① 实现电能的传输和转换；
- ② 传递和处理电信号。

三、电路的基本定律

1. 欧姆定律

欧姆定律是确定电路中电压与电流关系的定律。通常流过电阻 R 的电流与电阻两端的电压成正比，与电阻 R 成反比，这就是欧姆定律。它是分析计算电路的基本定律之一，可用下式表示：

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

或

$$U = IR$$

当电路两端电压为 1V ，流过的电流为 1A 时，则这条支路的电阻为 1Ω 。

在电压、电流参考方向一致时，电阻吸收或消耗的功率为：

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

在应用欧姆定律计算时应注意：各物理量的单位必须一致。即电流单位是 A ，电阻单位是 Ω ，电压单位是 V 。

2. 基尔霍夫定律

分析与计算电路的基本定律，除欧姆定律外，还有基尔霍夫定律。基尔霍夫定律包括电流定律和电压定律。基尔霍夫电流定律应用于结点，电压定律应用于回路。



(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL)

基尔霍夫电流定律是用来确定一个结点上各支路电流之间关系的。

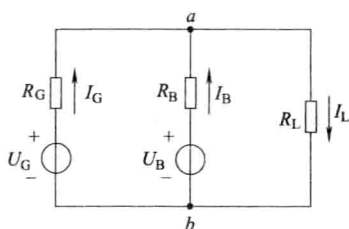


图 1-8 常用电路

的。由于电流的连续性，在电路任何点（包括结点在内）的截面上，均不能堆积电荷。因此，基尔霍夫电流定律的具体内容如下：

在任一瞬间，流入某结点的电流 $I_{\text{入}}$ 之和等于从该结点流出的电流 $I_{\text{出}}$ 之和，即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

对于图 1-8 所示常用电路来说，由结点 a 可以得到

$$I_G + I_B = I_L$$

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL)

基尔霍夫电压定律是用来确定回路中各部分电压之间的关系。

具体内容如下：

在任一瞬间，对于电路中任一回路，沿任一指定（顺时针或逆时针）方向绕行一周，各部分电压的代数和恒等于零。即

$$\sum U = 0$$

所谓代数和，必须要考虑到正负号，正负号的确定方法如下：

首先任意规定绕行方向（顺时针或逆时针方向），各部分电压参考方向与绕行方向一致者取正号，不一致者取负号。

基尔霍夫电压定律常与欧姆定律配合使用，其电流的参考方向如图 1-9 所示电路。

当沿回路 $abdca$ 所示的顺时针方向绕行时，由于 $U_{R1} = R_1 I_1$ 与绕行方向一致取正号，同理 U_{R2} 和 U_{R4} 与绕行方向也一致，故也取正号，而 $U_{R3} = R_3 I_3$ 的参考方向与回路绕行方

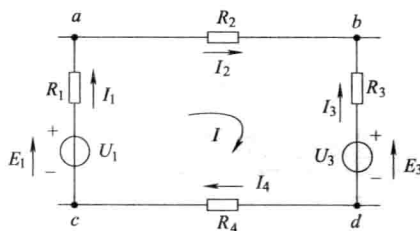


图 1-9 电路中的一个闭合回路