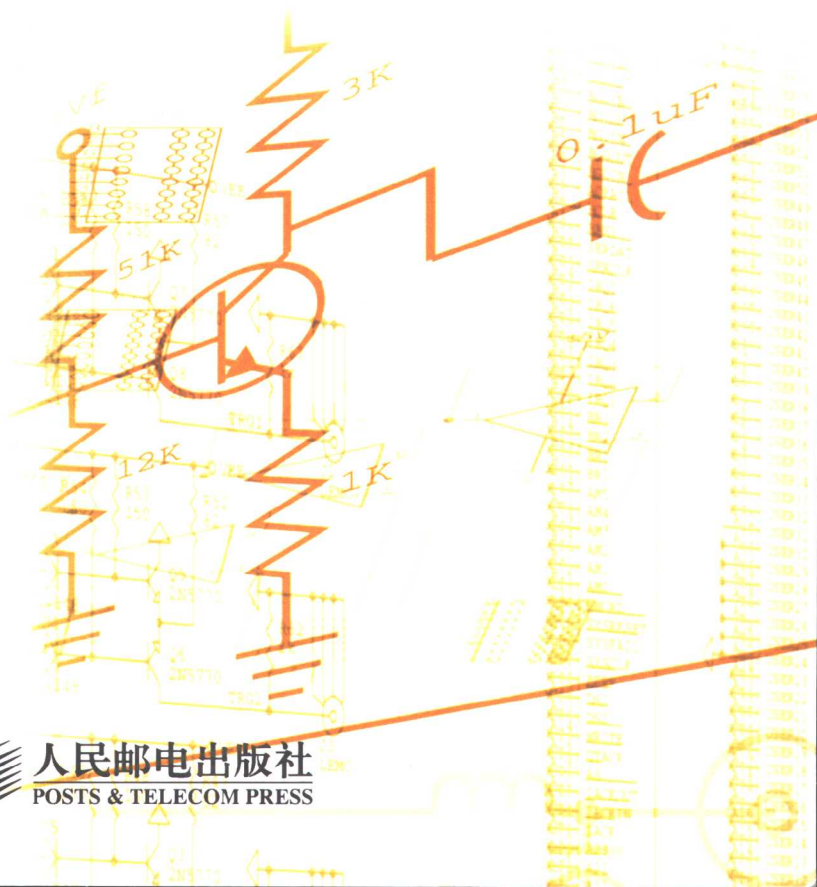


轻松入门系列丛书

电源电路识图 与故障分析 轻松入门

胡斌 严大香 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

轻松入门系列丛书

电源电路识图与故障分析轻松入门

胡 斌 严大香 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电源电路识图与故障分析轻松入门/胡斌, 严大香编著. —北京: 人民邮电出版社, 2003. 9
(轻松入门系列丛书)

ISBN 7-115-11299-1

I. 电... II. ①胡... ②严... III. ①电源电路—电路图—识图法②电源电路—故障诊断 IV. TP710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 040216 号

内 容 提 要

本书从基本的直流电源知识开始, 详尽介绍了电源电路中各部分单元电路工作原理、识图方法、电路故障分析思路, 最后介绍了动手装配直流电源的全过程。

本书采用了人性化的写作方式, 旨在方便读者阅读。本书读者对象为无线电和电子技术初学者, 厂矿企事业单位的电工, 大中专院校相关专业的学生。

轻松入门系列丛书

电源电路识图与故障分析轻松入门

◆ 编 著 胡 斌 严大香

责任编辑 唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129264

北京汉魂图文设计有限公司制作

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19

字数: 454 千字

2003 年 9 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2003 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-11299-1/TN · 2086

定价: 25.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

电源电路广泛应用于各种电子电器中，而电源电路的故障发生率在众多电路中“名列前茅”，所以了解电源电路工作原理，掌握电源电路故障机理和故障分析方法，搞懂电源电路的故障检修方法，是学习电子技术和修理技术必不可少、且至关重要的一部分。

全书分9章。书中首先对电源电路的基本概念及相关知识进行了全面的介绍，然后详细讲述了交流降压电路、抗干扰电路、整流电路、滤波电路和稳压电路，并对电路故障进行了分析。书中还对三端稳压集成电路和实用电源电路作了详细的讲解和分析。最后，还介绍了装配和检修小型直流电源的方法。

为了减轻读者的阅读负担，本书以读者为本，采用了人性化的写作方式，旨在方便读者阅读。

本书有如下三大特色：其一，力求图文同页。广大读者朋友可能都有体会，如果书中的文字和相关电路图不在同一个翻开的页面时，阅读的时候就需要不断地翻转页面，很容易疲劳，而且影响阅读的连贯性，阅读效果会大打折扣。而如果图文同页，电路图和原理解析文字在同一页面，阅读起来就会很方便。

其二，提示阅读。在网上辅导的时候，许多读者提到一个共性问题，就是想知道书中哪些内容相对重要，希望能够指出全书内容的重要性级别，以便在阅读时有的放矢，合理分配时间和精力。因此，本书中每节开头都提出阅读要求，列出了精读和泛读的内容，以便读者了解哪些内容必须掌握，需要仔细阅读，哪些是扩展知识面的内容，泛读即可。

第三，指示电路图中元器件位置，减少电路图阅读困难。在分析元器件数目较多的电路图时，在文中指示该元器件在电路图的大致方位，以方便读者寻找。

通过阅读本书可以全面而系统地掌握各类电源电路工作原理，熟悉与直流电源相关的近百种单元电路和众多概念，为分析电源电路打下了牢固的知识基础。本书读者对象为真正零起点的无线电爱好者和电子技术爱好者，厂矿企事业单位的电工，大中专院校在校和刚刚毕业的学生，以及立志在电子领域有所作为的朋友。

感谢湖北省的魏厚林同志在本书撰写过程中提出的众多建议和提供的许多帮助，在此特列名鸣谢。

本人是江苏大学副研究员，自由撰稿人，长期从事科普写作，正式出版著作52本；两次荣获全国三等奖，一次获北方十省市一等奖。

为了加强对读者的辅导，本人专设了辅导网站（电子技术全国连锁空中课堂），主页辟有《电子爱好者交友广场》、《电子技术在线入门》、《录音辅导》、《答疑BBS》、《每周一题》、《单元电路大全》和《学习方法》等专栏，欢迎广大读者前来交友、交流。本人将定期上线实时和通过BBS论坛、电子邮件解答读者学习中遇到的难点问题，辅导读者阅读本书。同时，在专用辅导网站上对书中重点和难点内容进行语音讲解，欢迎进入本人为读者专辟的辅导网络，听取语音辅导。

本人的永久性网络昵称古木，《古木工作室》一号；主页网址：<http://gumu.nease.net/>，镜像网址：<http://gumuju.nease.net/>，域名：<http://gumuju.126.com>；E-mail：wdjkw@163.net；QQ 号码：13535069，1155390。主页网址如有变动，请见 QQ 资料中最新地址。

江苏大学

胡斌

目 录

第 1 章 电源电路总览	1
1.1 电源概念 ABC	1
1.1.1 阅读要求	1
1.1.2 电源概述	2
1.1.3 电源电动势概念	2
1.1.4 电源端电压概念	3
1.1.5 直流电源并联和串联的概念	3
1.1.6 电源内阻概念	5
1.1.7 恒压源和恒流源的概念	5
1.2 电源电路概念 ABC	7
1.2.1 阅读要求	7
1.2.2 电源电路基本概念	7
1.2.3 电源电路的特点	8
1.2.4 电源空载和过载的概念	9
1.3 电源电路方框图	10
1.3.1 阅读要求	10
1.3.2 方框图综述	11
1.3.3 普通电源电路方框图及各部分电路作用	12
1.3.4 含稳压电路的电源电路方框图	14
1.3.5 开关电源电路方框图	16
1.3.6 电源电路大观	17
1.4 电源接地电路	20
1.4.1 阅读要求	20
1.4.2 共用参考点	20
1.4.3 正、负极性电源供电时的电源接地	22
1.5 电源电路各部分电路综述	23
1.5.1 阅读要求	23
1.5.2 降压电路综述	24
1.5.3 整流电路综述	24
1.5.4 滤波电路综述	25
1.5.5 直流电压供给电路	25
1.5.6 保护电路	25
1.6 电源电路故障综述和主要元器件	26
1.6.1 阅读要求	26

1.6.2	电源电路故障种类	26
1.6.3	主要元器件综述	27
第2章 交流降压电路和抗干扰电路详解及电路故障分析		29
2.1	电感器基础知识及检测方法	29
2.1.1	阅读要求	29
2.1.2	外形特征和识别方法	30
2.1.3	变化丰富的电路符号	30
2.1.4	电感器结构及工作原理	31
2.1.5	电感器的单位、主要参数及标注方法	31
2.1.6	电路分析用5大主要特性	32
2.1.7	故障现象和检测方法	34
2.1.8	修理技巧和选配方法	35
2.2	变压器基础知识 and 检测方法	35
2.2.1	阅读要求	36
2.2.2	外形特征和电路符号	36
2.2.3	结构和工作原理	37
2.2.4	变压器的主要参数和标称值标注方法	38
2.2.5	变压器的主要特性	39
2.2.6	故障种类和检测方法	42
2.2.7	修配方法和技巧	44
2.3	开关件基础知识及检修方法	44
2.3.1	阅读要求	44
2.3.2	外形特征和电路符号	45
2.3.3	开关件的工作原理	46
2.3.4	主要特性和主要参数	46
2.3.5	开关件的故障特征	47
2.3.6	检测方法和注意事项	47
2.3.7	清洗处理和修配方法	48
2.4	电源变压器降压电路详解、故障分析和检修方法	49
2.4.1	阅读要求	50
2.4.2	电源接地电路详解总汇及电路故障分析	50
2.4.3	典型变压器降压电路工作原理详解和电路分析关键点	53
2.4.4	电源变压器降压电路故障分析及故障机理	54
2.4.5	电源变压器降压电路故障检修	55
2.4.6	次级抽头变压器降压电路分析及电路故障分析	58
2.4.7	另一种次级抽头变压器降压电路分析及电路故障分析	59
2.4.8	两组次级线圈变压器降压电路分析及电路故障分析	60
2.4.9	电容降压电路分析及电路故障分析	60
2.4.10	降压电路分析小结和电路故障分析小结	61

2.4.11	故障部位判断逻辑思路综述和检修方法	62
2.5	电源开关电路详解、故障分析和检修方法	63
2.5.1	阅读要求	63
2.5.2	典型电源开关电路分析及电路故障分析	64
2.5.3	电源开关电路故障分析及检测方法	64
2.5.4	高压回路双刀电源开关电路分析及电路故障分析	65
2.5.5	直流低压回路电源开关电路详解及电路故障分析	66
2.5.6	定时控制电源开关电路详解及电路故障分析	67
2.5.7	电源开关电路分析小结和电路故障分析小结	69
2.6	保险丝电路总汇及电路故障分析	69
2.6.1	阅读要求	70
2.6.2	交流高压回路保险丝电路详解及电路故障分析	70
2.6.3	交流低压回路保险丝电路详解及电路故障分析	71
2.6.4	交流高压和低压回路双重保险丝电路详解及电路故障分析	71
2.6.5	直流回路保险丝电路详解及电路故障分析	72
2.6.6	交流、直流回路双重保险丝电路和保险丝管安装方式	73
2.6.7	保险丝电路分析小结和电路故障分析小结	74
2.7	熔断电阻器全解、电路分析及电路故障分析	75
2.7.1	阅读要求	75
2.7.2	外形特征和电路符号	75
2.7.3	参数表示方法和主要特性	76
2.7.4	故障特征和检测方法	77
2.7.5	选配方法和更换方法	77
2.7.6	熔断电阻器电路详解及电路故障分析	78
2.7.7	熔断电阻器电路分析小结和电路故障分析小结	78
2.8	电源高频抗干扰电路全解及电路故障分析	79
2.8.1	阅读要求	79
2.8.2	电源变压器屏蔽层高频抗干扰电路详解及电路故障分析	80
2.8.3	电容高频抗干扰电路详解及电路故障分析	80
2.8.4	电感高频抗干扰电路详解及电路故障分析	81
2.8.5	电容和电感混合高频抗干扰电路详解及电路故障分析	81
2.8.6	电源高频抗干扰电路分析小结和电路故障分析小结	82
2.9	交流输入电压转换电路分析及电路故障分析	83
2.9.1	阅读要求	83
2.9.2	交流电压转换原理和电路特点	83
2.9.3	交流输入电压转换电路分析	84
2.9.4	电路故障分析	84
第3章	整流电路详解及电路故障分析	85
3.1	二极管基础知识全解及故障综述	85

3.1.1	阅读要求	86
3.1.2	容易识别的外形特征	86
3.1.3	识图信息及电路符号	86
3.1.4	故障种类及其特征	88
3.1.5	二极管的主要参数	89
3.1.6	检测方法及其技巧综述	89
3.1.7	选配方法和更换操作方法	92
3.1.8	掌握5种电路分析用主要特性	93
3.1.9	桥堆及半桥堆全解及故障综述	95
3.2	半波整流电路详解总汇及电路故障分析	98
3.2.1	阅读要求	98
3.2.2	正极性半波整流电路工作原理分析方法和思路	99
3.2.3	正极性半波整流电路工作原理分析及电路故障分析	100
3.2.4	整流电路故障机理及检修方法	102
3.2.5	负极性半波整流电路详解及电路故障分析	103
3.2.6	正、负极性半波整流电路详解分析及电路故障分析	105
3.2.7	另一种正、负极性半波整流电路详解分析及电路故障分析	107
3.3	全波整流电路详解总汇及电路故障分析	109
3.3.1	阅读要求	109
3.3.2	正极性全波整流电路详解及电路故障分析	110
3.3.3	负极性全波整流电路详解及电路故障分析	111
3.3.4	正、负极性全波整流电路详解及电路故障分析	113
3.3.5	半桥堆构成的负极性全波整流电路详解及电路故障分析	115
3.3.6	半桥堆构成的正极性全波整流电路详解及电路故障分析	116
3.3.7	桥堆构成的正、负极性全波整流电路详解及电路故障分析	116
3.4	桥式整流电路详解总汇及电路故障分析	118
3.4.1	阅读要求	118
3.4.2	正极性桥式整流电路详解及电路故障分析	118
3.4.3	负极性桥式整流电路详解及电路故障分析	120
3.4.4	桥堆构成的正极性桥式整流电路详解及电路故障分析	121
3.4.5	桥堆构成的负极性桥式整流电路详解及电路故障分析	122
3.5	倍压整流电路详解和整流电路识图小结	123
3.5.1	阅读要求	123
3.5.2	二倍压整流电路详解及电路故障分析	123
3.5.3	整流电路识图小结和电路故障分析小结	125
3.5.4	实用倍压整流电路详解及电路故障分析	127
第4章	电源滤波电路详解及电路故障分析	130
4.1	电容器基础知识全解、检测方法及其故障综述	130
4.1.1	阅读要求	130

4.1.2	变化丰富的外形特征和电路符号	131
4.1.3	固定电容器的结构和电容单位	132
4.1.4	电容器的主要参数和常见标称值标注方法	133
4.1.5	电路分析用6项主要特性	134
4.1.6	故障现象和检测方法	139
4.1.7	修配方法和更换操作方法	141
4.1.8	电解电容器实用知识全解	142
4.2	电容滤波电路工作原理详解及电路故障分析	147
4.2.1	阅读要求	147
4.2.2	滤波电路种类和主要滤波元器件	147
4.2.3	电容滤波电路分析及电路故障分析	148
4.2.4	滤波电路故障机理及故障种类	150
4.3	π 型RC滤波电路和 π 型LC滤波电路	152
4.3.1	阅读要求	152
4.3.2	π 型RC滤波电路详解及电路故障分析	152
4.3.3	多节 π 型RC滤波电路详解及电路故障分析	154
4.3.4	π 型LC滤波电路详解及电路故障分析	156
4.3.5	高频滤波电路详解及电路故障分析	157
4.3.6	地线有害耦合与滤波电路	158
第5章	稳压二极管、三极管和电子滤波器电路详解及电路故障分析	161
5.1	稳压二极管基础知识讲解及检测方法	161
5.1.1	阅读要求	161
5.1.2	变化多样的外形特征和电路符号	161
5.1.3	种类、结构和工作原理	162
5.1.4	4项主要参数	163
5.1.5	型号表示方式和3项主要特性	164
5.1.6	引脚识别方法、故障现象、检测方法和选配方法	165
5.2	晶体三极管基础知识讲解及检测方法大全	166
5.2.1	阅读要求	167
5.2.2	变化丰富的外形特征和电路符号	167
5.2.3	极其重要的各电极电流特性	168
5.2.4	三极管截止、放大、饱和状态	169
5.2.5	三种工作状态下各电极电压关系和放大条件	170
5.2.6	3项主要参数	171
5.2.7	引脚分布规律和识别方法	173
5.2.8	电路分析用5项主要特性	175
5.2.9	用万用表识别三极管的6种方法	176
5.2.10	故障现象和检测方法	180
5.2.11	选配方法和代替方法	181

5.3 电子滤波器电路详解及电路故障分析	182
5.3.1 阅读要求	182
5.3.2 三极管直流电路工作分析及电路故障分析	182
5.3.3 单管电子滤波器电路详解及电路故障分析	186
5.3.4 双管电子滤波器电路详解及电路故障分析	187
5.3.5 具有稳压功能的电子滤波器电路详解及电路故障分析	189
5.3.6 电路分析小结和电路分析故障小结	190
第6章 稳压二极管稳压电路和串联调整型稳压电路详解及电路故障分析	191
6.1 稳压二极管稳压电路详解及电路故障分析	192
6.1.1 阅读要求	192
6.1.2 普通二极管简易稳压电路详解及电路故障分析	192
6.1.3 稳压二极管典型稳压电路详解及电路故障分析	193
6.1.4 稳压二极管实用电路详解及电路故障分析	194
6.1.5 特殊稳压二极管稳压电路详解及电路故障分析	195
6.1.6 稳压二极管的非稳压应用电路详解及电路故障分析	195
6.2 可变电阻器知识全解及故障检修方法	197
6.2.1 阅读要求	197
6.2.2 主要参数及表示方法	197
6.2.3 外形特征和电路符号	198
6.2.4 结构和工作原理	199
6.2.5 故障特征及检测方法	200
6.2.6 修配方法和选配原则	201
6.3 典型串联调整型稳压电路详解及电路故障分析	201
6.3.1 阅读要求	201
6.3.2 电路组成及各单元电路作用	202
6.3.3 直流电压波动因素解析	203
6.3.4 典型串联调整型稳压电路详解及电路故障分析	204
6.3.5 稳压电路分析方法小结	206
6.4 串联调整型变形稳压电路详解及电路故障分析	206
6.4.1 阅读要求	207
6.4.2 复合管调整管电路中复合调整管电路分析	207
6.4.3 采用复合管构成的串联调整型稳压电路详解及电路故障分析	208
6.4.4 采用辅助电源的串联调整型稳压电路详解及电路故障分析	210
6.4.5 接有加速电容的串联调整型稳压电路详解及电路故障分析	211
6.5 调整管变形电路小结及电路故障分析	212
6.5.1 阅读要求	212
6.5.2 调整管并联电路详解及电路故障分析	213
6.5.3 复合管调整管电路分析及电路故障分析	213
6.5.4 调整管分流电阻电路分析及电路故障分析	214

6.5.5	电路分析方法小结和稳压电路故障确定方法	215
6.5.6	散热片知识全解	215
第7章	开关型稳压电路基本原理解说	219
7.1	开关型稳压电路综述	219
7.1.1	阅读要求	219
7.1.2	开关稳压电源与串联调整型稳压电源的比较	219
7.1.3	开关稳压电路种类综述	221
7.2	开关稳压电路工作原理解说	222
7.2.1	阅读要求	222
7.2.2	串联型开关稳压电路原理解说	222
7.2.3	并联型开关稳压电路原理解说	224
7.2.4	脉冲变压器耦合并联型开关稳压电路解说	225
7.2.5	调宽式和调频式开关型稳压电路解说	226
第8章	三端稳压集成电路和实用电源电路详解及电路故障分析	228
8.1	集成电路知识全解	228
8.1.1	阅读要求	228
8.1.2	优点和缺点	228
8.1.3	形形色色的集成电路	229
8.1.4	外形特征、电路符号和型号命名方法	230
8.1.5	集成电路引脚分布规律及识别方法	232
8.1.6	集成电路电压检测方法	235
8.1.7	故障特征	237
8.1.8	选配方法和更换方法	238
8.1.9	一般装配条件下3种集成电路拆卸方法	239
8.1.10	特殊装配条件下4种集成电路拆装方法	239
8.2	录音机和卡座实用电源电路详解及电路故障分析	241
8.2.1	阅读要求	241
8.2.2	录音机实用电源电路详解及电路故障分析	241
8.2.3	卡座实用电源电路详解及电路故障分析	244
8.3	组合音响实用电源电路详解及电路故障分析	248
8.3.1	阅读要求	248
8.3.2	组合音响实用电源电路详解及电路故障分析	248
8.3.3	组合音响分立元件实用电源电路详解及电路故障分析	250
8.3.4	电源电路故障检修思路和方法	253
8.4	黑白电视机电源电路详解及电路故障分析	254
8.4.1	阅读要求	254
8.4.2	分立元器件实用电源电路详解及电路故障分析	254
8.4.3	稳压集成电路详解及电路故障分析	257

第9章 小型直流稳压电源全方位动手装配和检修操作指南	260
9.1 动手操作之必备材料和工具	260
9.1.1 阅读要求	261
9.1.2 必备材料	261
9.1.3 基本工具	262
9.1.4 电烙铁及其安全注意事项	263
9.1.5 焊接技术和实验	264
9.2 万用表使用方法	264
9.2.1 阅读要求	265
9.2.2 万用表综述	265
9.2.3 万用表欧姆挡操作方法和技巧	266
9.2.4 万用表欧姆挡实验方法	269
9.2.5 万用表直流电压挡操作方法和技巧	270
9.2.6 万用表直流电压挡实验方法	271
9.2.7 万用表交流电压挡操作方法和技巧	273
9.2.8 万用表交流电压挡实验方法	273
9.2.9 万用表直流电流挡操作方法和技巧	274
9.2.10 万用表直流电流挡实验方法	275
9.2.11 万用表操作注意事项和实验报告	276
9.3 小型直流电源拆卸和装配实验	278
9.3.1 阅读要求	278
9.3.2 准备工作和实验再认知	278
9.3.3 线路板	279
9.3.4 线路板印制线路图识图方法	281
9.3.5 根据线路板画出电路图的方法	283
9.3.6 拆卸小型直流电源的方法及画出电原理图	284
9.3.7 装配小型直流电源的方法	288

电源电路总览

电子电器中的电源电路用来将 220V 的交流市电转换成电子电器所需要的电压等级（即直流电压大小）较低的直流工作电压，并将直流工作电压供给整机电路中的各部分电路。

电源电路是一个包含许多单元电路的系统电路的总称。例如，有的电源电路中设有电子滤波器，有的电源电路中则没有；有的电源电路中设置了直流稳压电路，有的电源电路则不设置稳压电路。在具有稳压电路的电源电路中，根据稳压电路的种类不同，又分为许多类型的电源电路。

电源电路广泛应用于各种各样的电子电器中，只要是使用电子元器件的设备，就必然有电源电路的存在，所以说，电源电路是电子电路中必不可少的电路。

在分析和检修各种电子电器时，都离不开电源电路，而且电源电路的故障发生率在众多电子电路中是非常高的。这样，搞懂电源电路的工作原理，了解电源电路故障机理，能够进行电源电路的故障分析，掌握电源电路的故障检修方法就成了学好电子技术及其修理技术的必不可少、至关重要的一环。

1.1 电源概念 ABC

电源是能够产生电能的一种装置，它能将其他形式的能量转换成电能。电源主要分为两大类，即直流电源和交流电源。电池是直流电源中的一种，它是一种通过化学作用产生电能的装置。发电厂则是通过火力或水力、核能等方式产生电力。

1.1.1 阅读要求

1. 精读内容

本节要求通过精读来熟练掌握的内容主要有以下几部分：

- ① 1.1.4 电源端电压概念。
- ② 1.1.5 直流电源并联和串联的概念。

③ 1.1.6 电源内阻概念。

2. 泛读要求

本节要求通过泛读来掌握或了解的内容主要有以下几部分：

① 1.1.2 电源概述。

② 1.1.3 电源电动势概念。

③ 1.1.7 恒压源和恒流源的概念。

1.1.2 电源概述

日常生活中，电风扇的电机因为有交流市电产生的电流流过而转动，手电筒中的小电珠也是因为有电池产生的电流流过才发光，交流市电和电池是这两个电路中产生电流流动的动力源，在电路中将这样的动力源称为电源。

常说的交流电源、直流电源、高压电源、低压电源、稳压电源、UPS 电源等都是电源，它们都是能为电路、用电器等提供电能的设备。

在电子电器中，通常使用直流电源，有两种形式可以获取直流电源：

① 电池作为直流电源。通常在直流工作电压比较低，且对电源消耗比较小的情况下使用电池作为整机电路的直流电源。例如，收音机、便携式 CD 播放机、便携式 VCD 播放机、MD 机等民用电器中都使用电池供电。

② 采用交流降压整流和滤波电路将交流市电转换成直流电源。大多数的电子电器都是采用这种形式的直流电源，因为这种方式获得的直流电源比较经济，且容易在整机电路中同时得到各种电压等级的直流电源。

1.1.3 电源电动势概念

1. 电源电动势

电源电动势是衡量电源转换电能能力的物理量，它的大小等于外力将单位正电荷从电源负极经电源内部移动到正极所做的功。电源电动势用 E 表示，其单位为伏特。

新电池的电源电动势比旧电池的电源电动势大，高性能电池的电源电动势比一般电池的电源电动势大。

2. 电动势和电压的比较

关于电动势和电压的比较主要说明以下几点：

① 电动势和电压的物理意义不同，电动势表示了外力（非电场力）做功的能力，而电压表示电场做功的能力。

② 电动势只存在于电源的内部，而电压存在于电源的两端，并且存在于电源外部电路中，即电路中的两点之间。

③ 电动势有方向，并且与电压方向相反，电动势的方向是电位升高的方向，而电压方向是电位降低的方向。电动势在电源内部的方向是从电源的负极指向电源的正极，而电压在外电路中的方向是从电源的正极指向电源的负极。

④ 电动势和电压的单位相同，都是伏特。

⑤ 当电源两端不接负载时，电源两端的电压在数值上等于电源电动势。

1.1.4 电源端电压概念

1. 电源端电压

电动势的形成使正电荷移动到了电源的正极，负电荷移动到电源的负极，这样就形成了电场，使电源的正、负极出现不同的电位，电源端电压等于电源正、负极之间的电位差。一般情况下所说的电源电压，就是这里的电源端电压。

在电子电路工作原理的分析过程中，通常只是关心电源两端的电压，而不是关心电源的电动势。

2. 电源内外的电流流动

电路中的电流流动是由电源产生的，电子电路分析中搞懂电路中电流流动的方向是一项重要内容，必须掌握电路中分析电流流动方向的方法。

在电源的外部电路中（简称为外电路，即电源两端所接的外电路），电流是从高电位流向低电位的，这是电场力在做功；在电源的内部（简称为内电路，即电源两端的内部），电流从低电位流向高电位，这是外力在做功。

电源如同一个“电荷泵”，将电源负极端的电荷提升到正极，使电源正极端的电位高于负极端的电位，从而使外电路中有电流的流动。外电路中的电流流动使正电荷从电源正极到达电源负极，电源再将些正电荷从电源内部“泵”到电源正极，这样不断往复循环，就实现了电流在电源内、外电路中的持续流动。

图 1-1 所示是电源的外电路和内电路示意图。电路中， E_1 是电源（电池）的电路符号， R_1 是电阻器。电源电路符号中，正极端线比较长，负极端线比较短。电源 E_1 正极与负极之间称为电源的内电路，电源 E_1 正极和负极之外的电路称为外电路。

有电流流动的电路是由电源的外电路和电源的内电路两部分组成的。外电路中的电流为流过电阻 R_1 的电流 I_1 ，内电路中的电流为流过电源 E_1 的电流 I_E 。流过电源的电流 I_E 等于外电路电流 I_1 ，即 $I_E = I_1$ 。

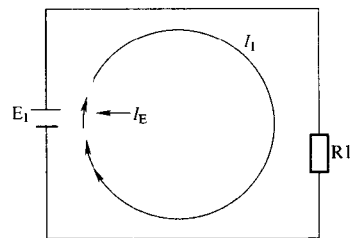


图 1-1 电源的外电路和内电路示意图

从电路中可以看出，电流通过电源内、外电路构成回路。

1.1.5 直流电源并联和串联的概念

直流电源可以进行并联和串联使用，在采用电池供电的电子电器中，通常是采用直流电

源的串联方式，例如许多节电池的串联使用，以提高直流工作电压，因为一节电池的电压通常只有 1.5V。

电源并联是为了提高电源为外电路供给电流的能力，而电源串联是为了提高电源的供电电压。

1. 直流电源串联电路

图 1-2 所示是直流电源的串联电路。在图 (a) 所示电路中， E_1 和 E_2 是电池，它们串联起来。直流电源串联后的总电压等于各直流电源电压之和，即总电压 $E = E_1 + E_2$ 。图 (b) 所示电路是多个电池串联时的电路示意图，图中标出 $1.5V \times 6$ ，说明是 6 节 1.5V 电池串联，所以这一电源串联电路的总电压为 9V。

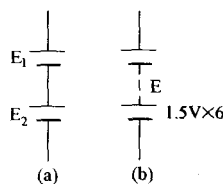


图 1-2 直流电源的
串联电路

在采用电池供电的电子电器中，由于电池电压比较低，不能符合电子电器整机直流工作电压的需要，所以要采用这种电源串联的方式，得到所需用的直流工作电压。

关于直流电源串联电路，进一步说明下列几点：

① 直流电源是有极性的，直流电源串联时，正确的连接方式是：一个直流电源的正极与另一个直流电源的负极相连接，若接错，不仅没有正常的直流电压输出，还会使电源短路，造成电源的短路故障，损坏电源。

② 为了获得更高的直流工作电压，可以采用直流电源串联电路。

③ 如果两个直流电源的直流工作电压大小不同，也可以进行串联。

④ 流过各个串联电源的电流相等。

2. 直流电源并联电路

图 1-3 所示是直流电源的并联电路。电路中， E_1 和 E_2 是电池，这两个电池的直流电压大小相等，它们并联起来。直流电源并联后的总电压等于某一个直流电源的电压。

直流电源的并联电路应用比较少，当电池的容量不足时，即电池所能输出的直流电流不能满足电路需要时，可采用电池并联供电电路。

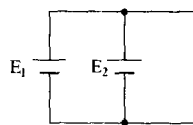


图 1-3 直流电源
的并联电路

关于直流电源并联电路，进一步说明下列几点：

① 直流电源是有极性的，直流电源并联时，正确的连接方式是：一个直流电源的正极接另一个直流电源的正极，作为并联后电源的正极；它们的负极也连接起来，作为并联后电源的负极。

② 直流电源如果采用并联电路能够增加电源的输出电流，但是不能增大电源的直流工作电压。

③ 流过各并联电池的电流之和等于电源外电路电流之和。

④ 不同大小直流电压的电池之间不能进行并联，否则直流电压高的电池会对直流电压低的电池进行充电，白白消耗了直流电压高的电池的电能。