

首创“**学习+测试**”模式图书

理论指导实践经典之作

精品阅读，精准测试  
精品培训，网络辅导

*Hello,*

**电子工程师** 学习与测试

# 电源电路和显示电路分析

## ——学习伴随测试

胡斌 邢鸣 胡松 编

金牌作者  
江苏大学

- 业界金牌作者创新型精细打造
- 提供万题大库提供精细化测试
- 测试专注细节而激发学习热情
- 视频教学和视频辅导免费下载
- 读者培训及私人订制伴随服务

学习资源平台：  
<http://eelt.cn/>



作者团队提供读者伴随服务

古木电子读者接待

QQ: 1155390

腾讯微博: 古木电子胡斌

淘宝: 古木电子@读者伴随服务

公众微信: eeltcnhb

( 电子测试与学习 )



化学工业出版社



*Hello,*

**电子工程师**学习与测试

# 电源电路和显示电路分析

## ——学习伴随测试

胡斌 邢鸣 胡松 编



化学工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电源电路和显示电路分析——学习伴随测试 / 胡斌, 邢鸣, 胡松编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 10  
(Hello, 电子工程师·学习与测试)  
ISBN 978-7-122-21536-9

I. ①电… II. ①胡…②邢…③胡… III. ①电源电路-电路分析 IV. ①TN710.02

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第176602号



---

责任编辑: 宋 辉  
责任校对: 吴 静

文字编辑: 杨 帆  
装帧设计: 王晓宇

---

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: 北京云浩印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张14 字数349千字 2014年11月北京第1版第1次印刷

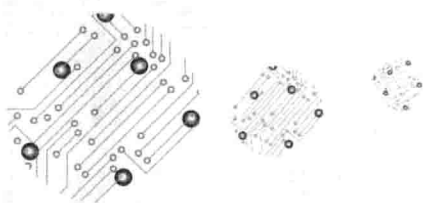
---

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: 49.00元

版权所有 违者必究



# 前言

FOREWORD

## 本书亮点

笔者凭借多年的教学、科研和百余著作的写作经验，精心组织编写了《Hello，电子工程师·学习与测试》丛书，希望能助您在成长为电子工程师的征途中快乐而轻松地学习，天天小收获，年年大进步。

“学习+测试”创新模式图书是笔者经过20多年思考形成的一种国内首创学习电子技术的图书形式，它具体包括两大核心内容：

第一，“学习+测试”图书写作形式。全书采用讲解一段内容，随即进入针对性测试的写作形式，全书是“一段学习内容+测试，再来一段学习内容+测试”架构。测试的目的是加深所学知识细节的印象，考查核心知识掌握程度，使学习效果倍增。

第二，专业配套测试平台。为配合这种图书模式和学习形式，笔者团队开发了国内首个“Hello，电子工程师测试与学习平台”，平台的万题大库和百个分类学习与水平测试助您学习更上一层楼。

本书将作为“古木课堂”指定的专题在线培训教材。



## 本书主干知识

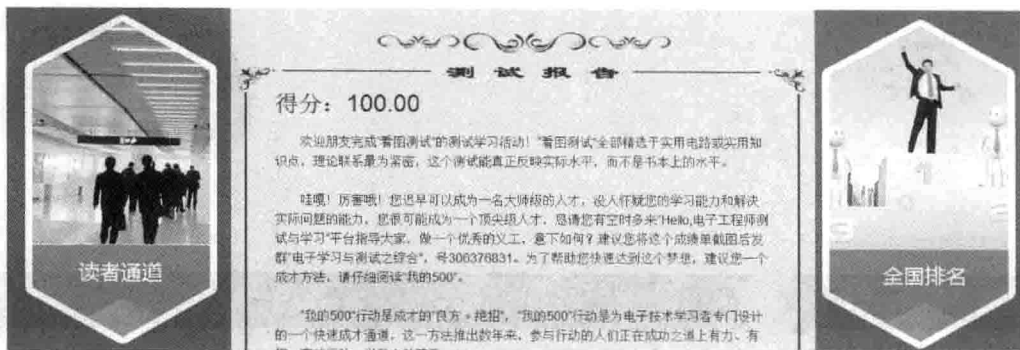
本书主要内容包括：电源和显示电路数十种单元电路原理的详解，同时多层次全方位地讲解LDO集成电路工作原理。全书采用“一段精细讲解+一段精准测试”写作形式。

全书配套学习的各层次测试题近200题。

## 平台使用指南

学习本书过程中，在书中完成各层次测试的解答，最后进入“测试平台”将书中测试题答案录入，平台将实时给出成绩和各类分析报告、全国同本书成绩排名等信息。每章录入时间为30分钟，相同分数用时少排名前，建议读者在书中做好测试题后再录入答案。七章答案全部录入后，给出全书全国排名。欢迎大家进入答案录入平台。





具体进入方法：进入“Hello, 电子工程师测试与学习平台”（<http://eelt.cn/>），点击“读者通道”，在列表点击本书的“点击进入书题答案通道”，进入答题页面，从最上方左侧起选择各章录入答案。

## 笔者心愿

笔者从事电子技术类图书写作近30年，一直追求以读者为本的理念，加之勤于思考，敢于创新，努力写作得到了读者的认可。本套丛书的创新模式正是笔者最新研究成果，是为读者轻松学习，全心全意为读者服务的最新努力。

其一，笔风令读者喜好。用简单的语句讲述复杂的问题，这是读者最为喜欢的方式。笔者一直努力追求人性化写作风格，写出“好书”。

所谓人性化写作是以读者为本，减轻读者阅读负担，提高阅读效率的崭新写作方式。充分考虑电子技术类图书的识图要素，运用写作及排版技巧，实现图文同页，以便于读者阅读，消除视觉疲劳；充分尊重读者，去除阅读过程中不必要的“脑力劳动”，使读者以最高的效率获得最大的信息量；针对不同知识点的不同特点，采用专题写作方式、“微播”知识点方式，为读者提供点、线、面的知识体系。

其二，百本著作的理想已经实现，多套畅销书引领业界的梦想也已成功实现。如，2004年以《图表细说电子元器件》为代表作的“图表细说”系列丛书引领了电子元器件类图书的出版和对传统图书版式的创新。

依据“开卷全国图书零售市场观测系统”近几年的数据统计，笔者在电子类图书销售总册数和总码洋两项指标中个人排名第一，且遥遥领先。

其三，首创数项读者交流、辅导、伴随服务项目。如，10多年前笔者开通QQ读者辅导服务，设立淘宝“古木电子@读者伴随服务”店铺，到如今的开通“Hello, 电子工程师测试与学习平台”等。

读者的进步是笔者的最大快乐和价值体现。

## 本书读者群体

本书特别适合于素质教育的各类学校、培训机构作为教材或扩展阅读课本，因为书中数百条测试题可用于练习。

本书特别适合于精细化和深入阅读需求的初学者和的提高者。

本书适合于立志成为电子工程师人士。



本书适合于从业于电子行业的零起点初学者和强化电源、显示电路的学习者。  
本书适合于快速掌握实用基础知识的电子爱好者。  
本书适合于大学在校生、职校学生和刚毕业的从业人士。

## 免费视频辅导

为帮助广大读者在学习过程中获得视频辅导，笔者为本书所有读者提供免费视频辅导材料（60分钟），请进入测试平台下载。

提供视频教学读者伴随服务。作者团队已经录制600分钟和将要录制2000分钟视频辅导材料，专注于辅导广大初学者。在初学阶段运用直观和形象的视频教学方式有利于快速而轻松入门，可克服入门阶段学习的诸多困惑。

## 网络交流平台

为了帮助读者学习，友情提供“Hello，电子工程师测试与学习平台”（<http://eelt.cn/>）。

我们的口号：测试强化学习，测试专注细节，测试了解自己，测试增强兴趣，测试激发热情。作者团队一心想打造国内一流的读者伴随服务。

平台力求在系统、层次、结构、逻辑、细节、重点、亮点、表现力上打造成一流水平，着力打造实用性和创新性，理论紧密联系实际。巨细无遗和精细化的测试练习，使您学习效能倍增，学习中掌握细节的能力得到加强。

平台的万题大库将为您精细化测试和学习保驾护航，平台将与国内一些著名电子类杂志等举办电子竞技和晋级活动，欢迎广大读者参与。

希望广大朋友在这一网络平台中轻松学习，快乐成长，相互交流，共同进步，走向成功！

古木电子读者接待QQ：1155390

腾讯微博：古木电子胡斌

淘宝：古木电子@读者伴随服务

微信：电子测试与学习平台，公众微信号：eeltcnhb

公众微信号二维码：测试平台二维码：



我们正在构建视频辅导专区，请广大读者进入平台关注平台及时发布的各类信息。

欢迎电子技术教师与笔者联系，索取PPT等教学资源，以及利用测试平台开展教改和作为空中课堂等。

江苏大学 胡斌



# 目录

# CONTENTS

## 第1章

## 电源电路基础知识

1

- 1.1 精细掌握电源知识点 / 2
  - 1.1.1 电源电动势和端电压 / 2
  - 1.1.2 直流电源并联电路和串联电路 / 3
  - 1.1.3 电源内阻 / 4
  - 1.1.4 恒压源 / 5
  - 1.1.5 恒流源 / 6
  - 测试 1.1 / 6
- 1.2 深入掌握电源电路基础知识 / 7
  - 1.2.1 电源电路基础知识 / 7
  - 1.2.2 电源电路特点 / 8
  - 1.2.3 电源空载和过载 / 9
  - 测试 1.2 / 10
- 1.3 初步了解电源电路方框图 / 10
  - 1.3.1 方框图种类 / 11
  - 1.3.2 普通电源电路方框图及各部分电路作用 / 11
  - 1.3.3 含直流稳压电路的电源电路方框图 / 14
  - 1.3.4 开关电源电路方框图 / 15
  - 1.3.5 电源电路种类介绍 / 16
  - 测试 1.3 / 18
- 1.4 全力掌握接地与电源接地知识 / 19
  - 1.4.1 两大类接地和接地基本知识 / 19
  - 1.4.2 地线和接地目的 / 20
  - 1.4.3 安全接地和防雷接地 / 20
  - 1.4.4 工作接地和信号地 / 21
  - 1.4.5 模拟地和数字地 / 21
  - 1.4.6 电源地和功率地 / 21
  - 1.4.7 交变电场屏蔽接地及静电屏蔽 / 22
  - 1.4.8 设备金属外壳接地 / 23
  - 1.4.9 单点接地和多点接地 / 23
  - 1.4.10 混合接地和浮地 / 24
  - 1.4.11 电子电路中的接地 / 24
  - 1.4.12 正、负极性电源供电时电源接地 / 26
  - 测试 1.4 / 26
- 1.5 电源电路各部分电路简述 / 27
  - 1.5.1 降压电路简述 / 27
  - 1.5.2 整流电路分类 / 27
  - 1.5.3 滤波电路分类 / 28
  - 1.5.4 直流电压供给电路 / 28
  - 1.5.5 保护电路分类 / 28
- 1.6 了解电源电路故障种类和主要元器件 / 29
  - 1.6.1 电源电路故障种类 / 29
  - 1.6.2 电源电路主要元器件简述 / 30
  - 测试 1.5 / 31

## 第2章

## 交流降压电路和抗干扰电路工作原理分析与理解

33

- 2.1 深入掌握变压器知识 / 34
  - 2.1.1 变压器外形特征和工作原理分析 / 34
  - 2.1.2 认识电源变压器初、次级线圈两端电压 / 36

- 2.1.3 变压器隔离特性、隔直流特性和通交流特性 / 37
- 2.1.4 变压器次级线圈输出信号与输入信号频率 / 38
- 2.1.5 变压器变压比 / 38
- 2.1.6 变压器初级、次级线圈电压和电流之间的关系 / 39
- 测试 2.1 / 39
- 2.2 深入理解电源变压器降压电路工作原理 / 40
  - 2.2.1 电源接地电路工作原理分析与理解 / 40
  - 2.2.2 典型变压器降压电路工作原理分析与理解 / 41
  - 2.2.3 电源变压器电路故障分析与处理对策 / 42
  - 2.2.4 次级抽头变压器降压电路工作原理分析与理解 / 45
  - 2.2.5 另一种次级抽头变压器降压电路工作原理分析与理解 / 46
  - 2.2.6 两组次级线圈变压器降压电路工作原理分析与理解 / 47
  - 2.2.7 电容降压电路工作原理分析与理解 / 47
  - 2.2.8 降压电路分析和故障分析小结 / 48
  - 2.2.9 电源降压电路故障部位判断逻辑思路综述和检修方法 / 48
  - 测试 2.2 / 49
- 2.3 掌握电源开关电路工作原理 / 50
  - 2.3.1 典型电源开关电路工作原理分析与理解 / 50
  - 2.3.2 高压回路双刀电源开关电路工作原理分析与理解 / 51
  - 2.3.3 直流低压回路电源开关电路工作原理分析与理解 / 52
  - 2.3.4 定时控制和遥控电源开关电路工作原理分析与理解 / 53
  - 2.3.5 电源开关电路和故障分析小结 / 55
  - 测试 2.3 / 55
- 2.4 仔细理解电源过流保险电路工作原理 / 56
  - 2.4.1 交流高压回路熔断器电路工作原理分析与理解 / 56
  - 2.4.2 交流低压回路熔断器电路工作原理分析与理解 / 57
  - 2.4.3 交流高压和低压回路双重熔断器电路工作原理分析与理解 / 57
  - 2.4.4 直流回路熔断器电路工作原理分析与理解 / 58
  - 2.4.5 交流直流回路双重熔断器电路工作原理分析与理解 / 59
  - 2.4.6 熔断电阻器电路工作原理分析与理解 / 60
  - 测试 2.4 / 62
- 2.5 掌握电源高频抗干扰电路工作原理 / 62
  - 2.5.1 电源变压器屏蔽层高频抗干扰电路工作原理分析与理解 / 63
  - 2.5.2 电容高频抗干扰电路工作原理分析与理解 / 63
  - 2.5.3 电感高频抗干扰电路工作原理分析与理解 / 64
  - 2.5.4 电容和电感混合高频抗干扰电路工作原理分析与理解 / 64
  - 测试 2.5 / 65
- 2.6 了解交流输入电压转换电路工作原理 / 65
  - 2.6.1 交流电压转换原理和电路特点 / 66
  - 2.6.2 交流输入电压转换电路工作原理分析与理解 / 66
  - 测试 2.6 / 67



- 方法和思路 / 69
- 3.1.2 正极性半波整流电路工作原理分析与理解 / 70
- 3.1.3 整流电路故障机理及检修方法 / 72
- 3.1.4 负极性半波整流电路工作原理分析与理解 / 72
- 3.1.5 正、负极性半波整流电路工作原理分析与理解 / 74
- 测试 3.1 / 77
- 3.2 全波整流电路工作原理分析与理解 / 77
- 3.2.1 正极性全波整流电路工作原理分析与理解 / 77
- 3.2.2 负极性全波整流电路工作原理分析与理解 / 79
- 3.2.3 正、负极性全波整流电路工作原理分析与理解 / 80
- 3.2.4 半桥堆构成的负极性全波整流电路工作原理分析与理解 / 82
- 3.2.5 半桥堆构成的正极性全波整流电路工作原理分析与理解 / 83
- 3.2.6 桥堆构成的正、负极性全波整流电路工作原理分析与理解 / 83
- 测试 3.2 / 84
- 3.3 桥式整流电路工作原理分析与理解 / 85
- 3.3.1 正极性桥式整流电路工作原理分析与理解 / 85
- 3.3.2 负极性桥式整流电路工作原理分析与理解 / 87
- 3.3.3 桥堆构成的正极性桥式整流电路详解及电路故障分析 / 88
- 3.3.4 桥堆构成的负极性桥式整流电路详解及电路故障分析 / 88
- 测试 3.3 / 89
- 3.4 倍压整流电路工作原理分析与理解 / 89
- 3.4.1 二倍压整流电路工作原理分析与理解 / 89
- 3.4.2 整流电路小结 / 91
- 3.4.3 实用倍压整流电路工作原理分析与理解 / 93
- 测试 3.4 / 94

## 第4章

## 电源滤波电路详解及电路故障分析

96

- 4.1 电容滤波电路工作原理详解及电路故障分析 / 97
- 4.1.1 电容滤波电路工作原理分析及理解 / 97
- 4.1.2 滤波电路故障机理及故障种类 / 99
- 测试 4.1 / 100
- 4.2 深入掌握  $\pi$  型 RC 和  $\pi$  型 LC 滤波电路工作原理 / 101
- 4.2.1  $\pi$  型 RC 滤波电路工作原理分析与理解 / 101
- 4.2.2 多节  $\pi$  型 RC 滤波电路工作原理分析与理解 / 103
- 4.2.3  $\pi$  型 LC 滤波电路工作原理分析与理解 / 104
- 4.2.4 高频滤波电路工作原理分析与理解 / 105
- 4.2.5 地线有害耦合与滤波电路工作原理分析与理解 / 106
- 测试 4.2 / 108
- 4.3 掌握电子滤波器电路工作原理 / 109
- 4.3.1 单管电子滤波器电路工作原理分析与理解 / 109
- 4.3.2 双管电子滤波器电路工作原理分析与理解 / 110
- 4.3.3 具有稳压功能电子滤波器电路工作原理分析与理解 / 112
- 测试 4.3 / 113

- 5.1 掌握普通二极管简易稳压电路、稳压二极管稳压电路工作原理 / 116
  - 5.1.1 普通二极管简易稳压电路工作原理分析与理解 / 116
  - 5.1.2 稳压二极管典型稳压电路工作原理分析与理解 / 116测试 5.1 / 119
- 5.2 深入掌握典型串联调整型稳压电路工作原理 / 119
  - 5.2.1 串联调整型稳压电路组成及各单元电路作用 / 119
  - 5.2.2 直流电压波动因素解析和电路分析方法 / 121
  - 5.2.3 典型串联调整型稳压电路工作原理分析与理解 / 122测试 5.2 / 124
- 5.3 掌握串联调整型变形稳压电路工作原理 / 124
  - 5.3.1 复合管调整管电路中复合管电路分析 / 125
  - 5.3.2 采用复合管构成的串联调整管稳压电路工作原理分析与理解 / 125
  - 5.3.3 采用辅助电源的串联调整型稳压电路工作原理分析与理解 / 128
  - 5.3.4 接有加速电容的串联调整型稳压电路工作原理分析与理解 / 129
- 5.4 深入了解调整管变形电路工作原理 / 129
  - 5.4.1 调整管并联电路工作原理分析与理解 / 129
  - 5.4.2 复合管调整管电路工作原理分析与理解 / 130
  - 5.4.3 调整管分流电阻电路工作原理分析与理解 / 131
  - 5.4.4 散热片基础知识 / 132
- 测试 5.3 / 134
- 5.5 多层次全方位掌握LDO集成电路 / 135
  - 5.5.1 低压差线性稳压器集成电路工作原理 / 135
  - 5.5.2 固定型低压差稳压器集成电路典型应用电路 / 136
  - 5.5.3 调节型低压差稳压器集成电路典型应用电路 / 137
  - 5.5.4 5脚调节型低压差稳压器集成电路 / 138
  - 5.5.5 低压差稳压器集成电路并联运用电路 / 139
  - 5.5.6 负电压输出低压差稳压器集成电路 / 139
  - 5.5.7 带电源显示的低压差稳压器集成电路 / 140
  - 5.5.8 双路输出低压差稳压器集成电路 / 141
  - 5.5.9 3路(1LDO+2DC/DC)输出低压差稳压器集成电路 / 142
  - 5.5.10 4路输出(2LDO+2DC/DC)低压差稳压器集成电路 / 144
  - 5.5.11 低压差稳压器集成电路主要参数 / 146
  - 5.5.12 低压差稳压器与开关稳压器比较 / 147
  - 5.5.13 稳压器分类 / 147
  - 5.5.14 ULDO稳压器 / 148
  - 5.5.15 稳压器调整管类型和输入、输出电容 / 149
  - 5.5.16 低压差稳压器4种应用类型 / 149测试 5.4 / 150

- 6.1 普通发光二极管 / 152
  - 6.1.1 普通发光二极管外形特征和电路符号 / 153
  - 6.1.2 发光二极管参数 / 155
  - 6.1.3 发光二极管主要特性 / 155
  - 6.1.4 发光二极管引脚极性识别方法 / 157
  - 6.1.5 电压控制型和闪烁型发光二极管 / 158
  - 6.1.6 发光二极管故障特征 / 158
  - 6.1.7 发光二极管检测方法和选配方法 / 159
- 测试 6.1 / 161
- 6.2 阴极射线管 / 161
  - 6.2.1 黑白阴极射线管 / 162
  - 6.2.2 彩色阴极射线管 / 172
- 测试 6.2 / 176
- 6.3 详细讲解各类发光二极管指示灯电路工作原理 / 176
  - 6.3.1 指示灯电路种类 / 177
  - 6.3.2 LED 电源指示灯电路 / 177
  - 6.3.3 LED 按键指示灯电路 / 181
- 测试 6.3 / 185

- 7.1 深入了解数字显示器件 / 187
  - 7.1.1 数码管种类 / 188
  - 7.1.2 分段式发光二极管数码管显示器 / 188
  - 7.1.3 荧光数码管 / 191
  - 7.1.4 重叠式辉光数码管 / 192
- 测试 7.1 / 192
- 7.2 深入了解数字式显示器组成和发光二极管数码显示电路工作原理 / 193
  - 7.2.1 数字式显示器组成和各单元电路作用 / 193
  - 7.2.2 发光二极管数码显示电路 / 194
- 测试 7.2 / 195
- 7.3 深入了解荧光数码管电路工作原理 / 195
  - 7.3.1 八段式荧光数码管译码器 / 195
  - 7.3.2 七段式荧光数码管显示电路 / 199
  - 7.3.3 荧光数码管 HTL 直接驱动电路和荧光数码管 TTL 加电平转换驱动电路 / 199
- 测试 7.3 / 201
- 7.4 深入了解辉光数码管电路 / 201
  - 7.4.1 辉光数码管电路组成 / 201
  - 7.4.2 实用辉光数码管显示电路 / 201
- 测试 7.4 / 204
- 7.5 了解液晶显示器 / 204
  - 7.5.1 液晶数码管 / 204
  - 7.5.2 液晶显示器 / 205
- 测试 7.5 / 209
- 7.6 了解等离子体显示器 / 210
  - 7.6.1 等离子体显示器特点和优势 / 210
  - 7.6.2 等离子体显示器结构 / 210
- 测试 7.6 / 211

# 第1章


## 电源电路基础知识

阅读开始时间

_____	年
_____	月
_____	日

本章计划阅读用时

Days  
天



我一定能按时完成!  
加油!



图1-1所示为一种最简单的电源电路图和实物图。

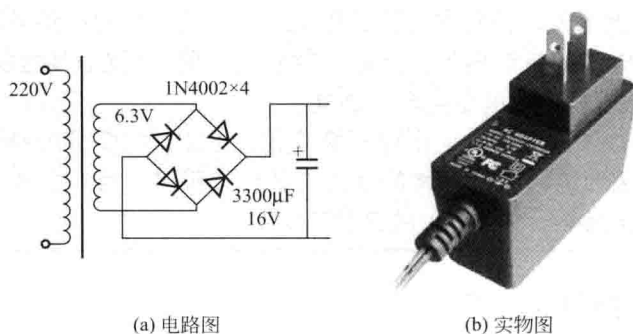


图1-1 一种最简单的电源电路图和实物图

**重要提示**

电源电路是一个包含许多单元电路的系统电路总称。

电子电器中的电源电路用来将220V的交流市电电压转换成电子电器所需要的电压等级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。

具体的电源电路相差比较大，有的电源电路中设有电子滤波器，有的电源电路中设置了直流稳压电路。在具有稳压电路的电源电路中，根据稳压电路的种类不同，又分有许多类型的电源电路。

电源电路应用于各种电子电器中，只要使用电子元器件的设备就必有电源电路的存在，所以电源电路是一种应用十分广泛的电路，分析和检修各种电子电器都离不开电源电路，特别是电源电路的故障发生率在众多电路中是非常高的，所以搞懂电源电路工作原理、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是学习好电子技术、修理技术必不可少、至关重要的一环。

**1.1 精细掌握电源知识点**

电源是能够产生电能的一种装置，能将其他形式能量转换成电能的装置称为电源。电池是直流电源中的一种，电池是一种通过化学作用产生电源的装置。发电厂是通过火力或者水力、核能方式产生电能。

电源可以将电能转换成其他形式的能量，电路就是通过消耗电能来实现某些特定的功能。电源电路是电子线路中必不可少的电路。

日常生活中，电风扇的电动机是因为交流市电产生的电流流过电动机而转动，手电筒中的小电珠也是因为电池产生的电流流过了才发光，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。

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

**重要提示**

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机等民用电器中都是使用电池供电。

② 采用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（直流电压的大小）的直流电源。

**1.1.1 电源电动势和端电压****(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，其单位也是伏特。

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

### (2) 电动势和电压比较

① 电动势和电压的物理意义不同，电动势表示外力（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，电源两端电压在数值上等于电源电动势。

### (3) 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。

在电子电路的工作原理分析过程中，人们通常只是关心电源两端的电压，而不是关心电源的电动势。

### (4) 电源内外的电流流动

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

电流在电源的外部电路中（称为外电路，即电源两端所接的外电路），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（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，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，电源再将这些正电荷从电源内部“泵”到电源正极，这样不断往复循环，实现电流在电源内外电路中的持续流动。

图1-2所示为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 $E_1$ 正极和负极之外的所在电路称为外电路。

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 $I_E=I_1$ 。

从电路图中可以看出，电流通过电源的内外电路构成回路。

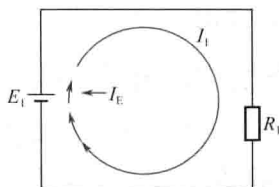


图1-2 电源的外电路和内电路示意图

## 1.1.2 直流电源并联电路和串联电路

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，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

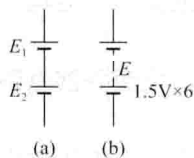


图1-3 直流电源的串联电路

图1-3所示是直流电源的串联电路。图1-3(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1-3(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总电压为9V。

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。

① 直流电源串联时，直流电源是有极性的，正确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，还会短路电源，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1-4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。

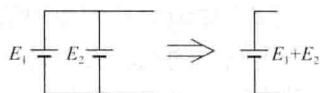


图1-4 直流电源的并联电路

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，采用电池并联供电电路。

① 直流电源并联时，直流电源也是有极性的，正确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，它们的负极相连接起来。

② 直流电源并联电路能够增加电源的输出电流，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 不同直流电压大小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，消耗直流电压高的电池的电能。

## 1.1.3 电源内阻

在电源的内部存在一个电阻，这一电阻称为电源的内阻。电源的内阻对电源的工作是不利的，所以希望电源的内阻越小越好。

图1-5所示是电源内阻示意图。电路中，虚线框内是整个电源装置， $E$ 是电源的电动势， $R_0$ 是电源的内阻，内阻存在于电源的内部。 $R_1$ 是电源外电路中的电阻器， $I$ 是流过这一电路的电流。

由于电源存在内阻 $R_0$ ，使电源的端电压不等于电源的电动势，因为有一部分电压降在了电源

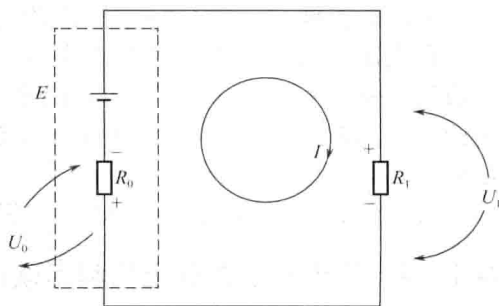


图1-5 电源内阻示意图

内阻 $R_0$ 上。从电路中可以看出, 电流 $I$ 流过了电阻 $R_1$ 和内阻 $R_0$ , 在内阻 $R_0$ 上的电压降为 $U_0$ , 在 $R_0$ 上的电压降极性为下正上负, 见图中所示, 这是在电源内部的电压降。在电阻 $R_1$ 上的电压降是 $U_1$ , 其电压极性为上正下负, 见图中所示, 该电压降也是这一电路中的电源端电压。

电路中,  $E=U_0+U_1$ , 即电源端电压(电源两端的电压) $=E-U_0$ , 也就是电源负载 $R_1$ 实际上所能得到的电压大小。如果流过这一电路的电流 $I$ 不变, 当电源内阻 $R_0$ 越大时, 在电源内阻 $R_0$ 上的电压降 $U_0$ 越大, 这样电源负载 $R_1$ 上的电压就越小。所以, 电源电阻对电源的电压输出是有害的, 希望电源的内阻越小越好。



### 重要提示

如果电源的内阻不变, 而电源的负载 $R_1$ 的阻值大小在改变, 不同的负载电阻 $R_1$ 有不同的电路电流 $I$ , 电路中的电流 $I$ 不同时, 电源端电压大小也是不同的。一般电源都具有这样的特性, 在故障检修中时常会发现整机电源电路输出的直流电压大小在波动, 这也是因为流过电源电路的电流大小在变化造成的。

## 1.1.4 恒压源

### (1) 恒压源



### 重要提示

电源可以输出电压, 也可以输出电流, 在有的情况下希望电源的输出电压大小不变, 有时希望电源的输出电流能大小不变, 前者可以使用恒压源, 后者可以采用恒流源。恒压源和恒流源都是电源, 是两种具有不同输出特性的电源。

图1-6(a)所示是恒压源的电路符号。所谓恒压源就是当电源的输出电流大小在改变时, 电源的输出电压恒定不变。图1-6(b)所示是它的电流-电压特性曲线。这是一个理想的恒压源特性曲线, 从曲线中可以看出, 当输出电流在大小变化时, 输出电压 $U_0$ 大小保持恒定不变。

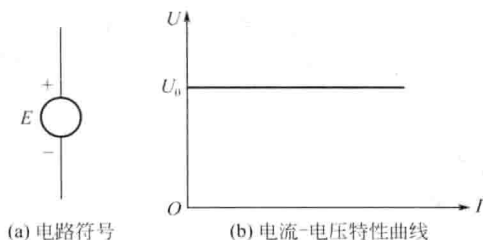


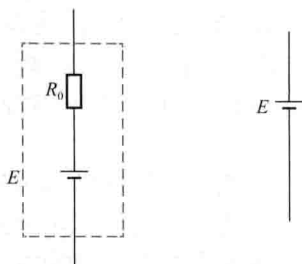
图1-6 恒压源电路符号和电流-电压特性曲线



### 重要提示

当电源的内阻为零时, 电源就是一个恒压源。电源的内阻不可能为零, 所以恒压源是一个理想情况的电源, 当电源的内阻越小时, 电源的恒压输出特性越好。

在电子电路中, 希望直流电源的电压输出特性接近恒压源。



(a) 电压源等效电路 (b) 恒电压源电路符号

图 1-7 电压源及恒电压源示意图

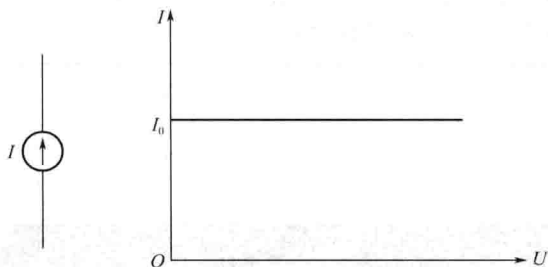
### (2) 恒压源内阻特性

图 1-7 (a) 所示是电压源电路符号,  $R_0$  是电源的内阻,  $R_0$  与  $E$  串联。从电路中可以看出, 当内阻  $R_0$  越小时, 在内阻  $R_0$  上的压降越小, 对电源的输出电压影响越小。当电源的内阻  $R_0$  小到为零时, 就是如图 1-7 (b) 所示的恒电压源。

## 1.1.5 恒流源

### (1) 恒流源

图 1-8 (a) 所示是恒流源的电路符号。所谓恒流源就是当电源的输出电压大小在改变时, 电源的输出电流不随电压变化而变化。图 1-8 (b) 所示是它的电压-电流特性曲线, 是一条水平直线, 这是一个理想的恒流源特性曲线, 它表明电压大小在改变时, 电流源输出电流  $I_0$  大小不变化。



(a) 电路符号

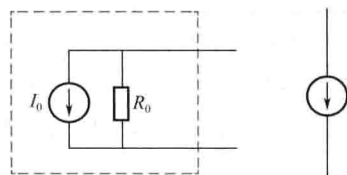
(b) 电压-电流特性曲线

图 1-8 恒流源电路符号和电压-电流特性曲线

当电源的内阻为无穷大时, 电源就是一个恒流源。电源的内阻不可能为无穷, 所以恒流源也是一个理想情况的电源, 当电源的内阻越大时, 电源的恒流输出特性越好。

### (2) 恒流源内阻特性

图 1-9 (a) 所示是电流源等效电路,  $R_0$  是电源的内阻,  $R_0$  与电流源并联。从电路中可以看出, 当内阻  $R_0$  越大时, 内阻  $R_0$  对电流源的分流影响越小, 对电源的输出电流影响也越小。当内阻  $R_0$  大到无穷大时, 就是如图 1-9 (b) 所示的恒流源。



(a) 电流源等效电路

(b) 恒流源电路符号

图 1-9 电流源及恒流源示意图

## 测试 1.1



判断题: 判断下列讲述是否正确 (对的答 Y, 错的答 N)

1. 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正极经电源内部移动到负极所做的功。(答: \_\_\_)
2. 电压在外电路中的方向是从电源负极指向电源正极。(答: \_\_\_)
3. 电子电路工作原理分析过程中, 通常不只是关心电源两端的电压, 还要关心电源的