

# 电子技术基础实践

福建师大物理与光电信息科技学院 编

DIANZI JISHU JICHU SHIJIAN

福建科学技术出版社



实验篇

# 电子技术基础实践

DIY 案例 | 51单片机 | 单片机 | 单片机应用 | 单片机原理

单片机应用案例 | 单片机应用案例 | 单片机应用案例



# 电子技术基础实践

福建师大物理与光电信息科技学院 编

主 编：蔡声镇

副 主 编：吴允平

编写人员：苏伟达 廖晓东 林佑国

詹仁辉 欧琳 万英

实  
验  
篇

福建科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书为电子技术基础实践教材，分两册出版，共11章。其中技能篇内容包括：电子元器件及其应用、电子测量技术基础、电子电路的调试与故障检测、常用电子测量仪器、虚拟电子实验台 EWB5.0、焊接技术和印刷电路板的设计制作 (Protel 99) 等；实验篇内容包括：电工电路实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、高频电路实验、EDA 技术实验等。

本书可作为高等院校电子信息类及其相关专业电工电子实践课程教材或教学参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础实践. 实验篇/福建师大物理与光电信息科技学院编. —福州: 福建科学技术出版社, 2003. 10  
ISBN 7-5335-2256-7

I. 电… II. 福… III. 电子技术—实验 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 079138 号

书 名 电子技术基础实践 (实验篇)  
作 者 福建师大物理与光电信息科技学院  
出版发行 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001)  
经 销 各地新华书店  
排 版 福建科学技术出版社排版室  
印 刷 福州晚报社印刷厂  
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16  
印 张 19  
字 数 474 千字  
版 次 2003 年 10 月第 1 版  
印 次 2003 年 10 月第 1 次印刷  
印 数 1—3 500  
书 号 ISBN 7-5335-2256-7/TN·294  
定 价 28.80 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

## 前 言

本书是作者在多年的教学实践，特别是近两年结合新世纪高等教育教学改革工程项目“新世纪高师电子信息类学生综合素质和创新教育教学改革研究”的基础上，为适应当前人才培养的要求，落实国家教育部关于拓宽学科口径、强化实验技能和工程实践训练、提高综合素质、培养创新意识而编写的。它不仅适合电子信息类各专业独立设课的电工电子技术系列实验，通过对实验内容的简单组合，还可以作为其他相关专业的电工、电子实验教材，同时也是学生提高电子技术技能和参加电子设计竞赛很好的参考资料。

本书重在实践，在保证学科系统性的基础上，从培养学生实践技能出发，结合“电工(或电路分析)”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”、“高频电路”、“EDA技术”等理论课程，以及“大学生电子设计竞赛”、“挑战杯”大学生课外科技作品竞赛等培训工作，注意精选内容，既注意与相应理论课程的结合，又具有实践课程自身的体系和特色。在实践教学的安排上，电子技能方面的内容相对集中，与理论课程相关的内容相对独立。两者密切结合、相辅相成。本书是实践课程教材，与一般的理论教材和实验指导书不同，其主要特点有：

(1) 课程体系新颖、内容覆盖面广。它是电子技能基础和电子技术实验有机结合的实践课程体系；从实验内容看，它并不是几门实验课程的简单罗列，它既包括必要的经典的内容，又包括反映先进电子信息最新发展的技术。

(2) 在选编的实验中增加了大量设计性或综合性实验内容，除了满足实践课程所需，还为学有余力的学生或电子爱好者提供综合实验内容或应用设计项目，强调培养和提高学生的工程设计、实验调试及综合分析能力。

(3) 在实验方法和手段上，既重视硬件搭接能力的基本训练，又融入PCB设计、焊接技术实验；既重视传统的硬件调试和测试技术，又融入了EWB、MAXplusII等仿真开发软件实验，为学生适应现代电子设计技术及后续课程的学习打下良好的基础。

(4) 每个实验都包含实验目的、实验原理、实验器材、实验内容、预习要求及思考题、实验报告等内容，不但要教会学生怎样去做，更重要的是要使学生弄懂为什么这样做，并启发学生向更深层次方面去思考。

本书的第一、五、六(第三节除外)章和附录由蔡声镇编写；第二、三章由詹仁辉编写；第四章由欧琳编写；第七章由万英编写；第六章的第三节和第八章由苏伟达编写；第九章由廖晓东编写；第十章由林佑国编写；第十一章由吴允平编写。

限于编者水平和编写时间仓促，书中不妥和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

于福建师范大学

2003年7月

# 目 录

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| <b>第七章 电工电路实验</b> .....             | (1)   |
| 实验一 伏安特性的测定 .....                   | (1)   |
| 实验二 叠加定理和基尔霍夫定律的研究 .....            | (3)   |
| 实验三 电压源与电流源的等效变换 .....              | (8)   |
| 实验四 受控源的实验研究 .....                  | (10)  |
| 实验五 戴维南定理的研究 .....                  | (14)  |
| 实验六 RC 一阶动态电路暂态过程的研究 .....          | (17)  |
| 实验七 衰减及阻抗匹配网络的设计 .....              | (20)  |
| 实验八 利用电桥将非电量转为电量的应用研究 .....         | (22)  |
| 实验九 感性负载功率因数的提高 .....               | (24)  |
| 实验十 感性负载断电保护电路的设计 .....             | (27)  |
| 实验十一 单相电度表的校验 .....                 | (28)  |
| 实验十二 三相电路的研究 .....                  | (30)  |
| 实验十三 小型变压器的特性测试 .....               | (36)  |
| 实验十四 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制 .....        | (38)  |
| 实验十五 三相鼠笼式异步电动机正反转控制 .....          | (41)  |
| <b>第八章 模拟电子技术实验</b> .....           | (44)  |
| 实验一 共发射极放大电路 .....                  | (44)  |
| 实验二 场效应管放大电路 .....                  | (50)  |
| 实验三 低频功率放大器 (I) ——OTL 功率放大器 .....   | (54)  |
| 实验四 低频功率放大器 (II) ——集成功率放大器 .....    | (58)  |
| 实验五 差分式放大电路 .....                   | (61)  |
| 实验六 负反馈放大电路 .....                   | (68)  |
| 实验七 集成运算放大器特性参数的测试 .....            | (71)  |
| 实验八 集成运算放大器的基本应用 (I) ——模拟运算电路 ..... | (77)  |
| 实验九 集成运算放大器的基本应用 (II) ——波形发生器 ..... | (84)  |
| 实验十 三端集成稳压电源 .....                  | (88)  |
| 综合设计 .....                          | (92)  |
| 综合设计参考课题 .....                      | (100) |
| <b>第九章 数字电子技术实验</b> .....           | (102) |
| 实验一 TTL 集成逻辑门的测试与使用 .....           | (102) |
| 实验二 CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试 .....      | (105) |

|             |                                  |              |
|-------------|----------------------------------|--------------|
| 实验三         | TTL 集电极开路门与三态输出门的应用 .....        | (108)        |
| 实验四         | 组合逻辑电路实验分析 .....                 | (112)        |
| 实验五         | 组合逻辑电路的设计与测试 .....               | (116)        |
| 实验六         | 译码器及其应用 .....                    | (117)        |
| 实验七         | 集成触发器及其应用 .....                  | (122)        |
| 实验八         | 计数器及其应用 .....                    | (127)        |
| 实验九         | 移位寄存器及其应用 .....                  | (132)        |
| 实验十         | 使用门电路产生脉冲信号——自激多谐振荡器 .....       | (136)        |
| 实验十一        | 单稳态触发器与施密特触发器——脉冲延时与波形整形电路 ..... | (138)        |
| 实验十二        | 集成 555 时基电路及其应用 .....            | (143)        |
| 实验十三        | D/A、A/D 转换器 .....                | (147)        |
| 实验十四        | 电子秒表 .....                       | (152)        |
| 实验十五        | 数字频率计 .....                      | (155)        |
| 实验十六        | 电压表 .....                        | (159)        |
| 实验十七        | 数据采集系统 .....                     | (161)        |
| 实验十八        | 十字路口交通灯控制电路 .....                | (162)        |
| 实验十九        | 数字式电容器测试仪 .....                  | (164)        |
| 实验二十        | 电子琴 .....                        | (165)        |
|             | 综合设计参考课题 .....                   | (167)        |
| <b>第十章</b>  | <b>高频电路实验 .....</b>              | <b>(173)</b> |
| 实验一         | 通频带展宽电路 .....                    | (173)        |
| 实验二         | LC 三点式振荡器 .....                  | (177)        |
| 实验三         | 小信号谐振放大器 .....                   | (180)        |
| 实验四         | 三极管混频器 .....                     | (183)        |
| 实验五         | 集成模拟相乘器、调幅与检波系统 .....            | (185)        |
| 实验六         | 超外差收音机的调整 .....                  | (191)        |
| 实验七         | 非线性波形变换电路 .....                  | (196)        |
| 实验八         | 调频与鉴频系统 .....                    | (198)        |
| <b>第十一章</b> | <b>EDA 技术实验 .....</b>            | <b>(203)</b> |
|             | 原理图输入设计方法 .....                  | (203)        |
|             | VHDL 设计初步 .....                  | (217)        |
| 实验一         | 1 位全加器原理图输入设计 .....              | (231)        |
| 实验二         | 1 位全加器 VHDL 文本输入设计 .....         | (231)        |
| 实验三         | 2 位十进制频率计原理图输入设计 .....           | (232)        |
| 实验四         | 8 位串入并出寄存器原理图输入设计 .....          | (234)        |
| 实验五         | 8 位硬件加法器 VHDL 设计 .....           | (234)        |
| 实验六         | 含异步清零和同步时钟使能的 4 位加法计数器 .....     | (235)        |
| 实验七         | 7 段数码显示译码器设计 .....               | (237)        |

|      |                       |       |
|------|-----------------------|-------|
| 实验八  | 数控分频器设计               | (239) |
| 实验九  | 4位十进制频率计设计            | (240) |
| 实验十  | 用状态机实现序列检测器设计         | (243) |
| 实验十一 | 用状态机对ADC0809采样控制电路的实现 | (245) |
| 实验十二 | 硬件电子琴电路设计             | (247) |
| 实验十三 | 波形发生与扫频信号发生器电路设计      | (250) |
| 实验十四 | 移位相加8位硬件乘法器电路设计       | (253) |
| 附录一  | 常用逻辑符号对照表             | (257) |
| 附录二  | 数字集成电路产品对照表           | (258) |
| 附录三  | 部分集成电路引脚功能            | (272) |
| 附录四  | GW48-CK型EDA系统使用说明     | (277) |
| 附录五  | 部分FPGA/CPLD引脚功能       | (293) |
| 附录六  | 电子设计常用网址              | (295) |
| 参考文献 |                       | (296) |



# 第七章 电工电路实验

## 实验一 伏安特性的测定

### 一、实验目的

- (1) 学会识别常用电路元件的方法。
- (2) 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的逐点测试法。
- (3) 掌握实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

### 二、实验原理

任何一个二端元件的特性可用该元件上的端电压  $V$  与通过该元件的电流  $I$  之间的函数关系  $I=f(V)$  来表示,即用  $I-V$  平面上的一条曲线来表征,这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

#### 1. 线性电阻器的伏安特性曲线

它是一条通过坐标原点的直线,如图 7-1-1 中 a 所示,该直线斜率的倒数等于该电阻器的电阻值。

#### 2. 白炽灯的伏安特性曲线

一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态,其灯丝电阻随着温度的升高而增大。通过白炽灯的电流越大,其温度越高,阻值也越大。一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍,所以它的伏安特性曲线如图 7-1-1 中 b 所示。

#### 3. 二极管的伏安特性曲线

一般的半导体二极管是一个非线性电阻元件,其特性曲线如图 7-1-1 中 c 所示。它的正向压降很小(一般锗管为  $0.2\sim 0.3V$ ,硅管为  $0.5\sim 0.7V$ ),正向电流随着正向压降的升高而急剧上升,而反向电压从零一直增加到十几至几十伏时,其反向电流增加很小,粗略地可视为零。可见,二极管具有单向导电性,但反向电压加得过高,超过管子的极限值,则会导致管子击穿损坏。

#### 4. 稳压二极管的伏安特性曲线

稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,其正向特性曲线与普通二极管类似,但其反向特性曲线较特别,如图 7-1-1 中 d 所示。在反向电压开始增加时,其反向电流几乎为零,但当电压增加到某一数值时(称为管子的稳压值,有各种不同稳压值的稳压管),电流将突然增加,以后它的端电压将维持恒定,不再随外加的反向电压升高而增大。

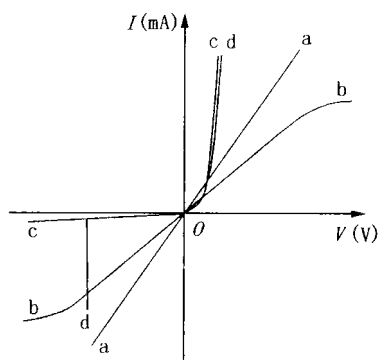


图 7-1-1

### 三、实验器材

直流稳压电源（0~30V 可调、DG04）、万用表（FM-30 或其他）、直流数字毫安表（D31）、直流数字电压表（D31）各 1 台；滑线变阻器、二极管（2CP15、DG09）、稳压管（2CW51，DG09）、白炽灯（12V，DG09）、线性电阻器（RJ 1W 1k $\Omega$ ，DG09）各 1 只。

### 四、实验内容

#### 1. 测定线性电阻器的伏安特性

按图 7-1-2 接线，调节稳压电源的输出电压  $V$ ，从 0V 开始缓慢地增加，一直到 10V，电压表和电流表的相应读数记入表 7-1-1。

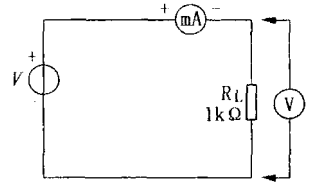


图 7-1-2

表 7-1-1

|          |   |   |   |   |   |    |
|----------|---|---|---|---|---|----|
| $V$ (V)  | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| $I$ (mA) |   |   |   |   |   |    |

#### 2. 测定非线性白炽灯的伏安特性

将图 7-1-2 中的  $R_L$  换成一只 12V 的汽车灯泡，重复 1 的步骤，实验数据记入表 7-1-2。

表 7-1-2

|          |   |   |   |   |   |    |
|----------|---|---|---|---|---|----|
| $V$ (V)  | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| $I$ (mA) |   |   |   |   |   |    |

#### 3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 7-1-3 接线， $R$  为限流电阻器。测二极管的正向特性时，其正向电流不得超过 25mA，二极管  $D$  的正向压降可在 0~0.75V 之间取值。特别是在 0.5~0.75V 之间应多取几个测量点；测反向特性时，只需将图 7-1-3 中的二极管  $D$  反接，且其反向电压可加到 30V。正向特性实验数据记入表 7-1-3，反向特性实验数据记入表 7-1-4。

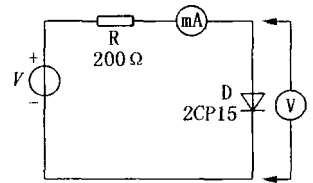


图 7-1-3

表 7-1-3

|          |   |     |     |     |      |      |
|----------|---|-----|-----|-----|------|------|
| $V$ (V)  | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.55 | 0.75 |
| $I$ (mA) |   |     |     |     |      |      |

表 7-1-4

|          |   |    |     |     |     |     |     |
|----------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $V$ (V)  | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 |
| $I$ (mA) |   |    |     |     |     |     |     |

#### 4. 测定稳压二极管的伏安特性

只要将图 7-1-3 中的二极管换成稳压二极管，重复实验内容 3 的测量。正向特性实验数

据记入表 7-1-5，反向特性实验数据记入表 7-1-6。

表 7-1-5

|        |   |     |     |     |      |      |
|--------|---|-----|-----|-----|------|------|
| V (V)  | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.55 | 0.75 |
| I (mA) |   |     |     |     |      |      |

表 7-1-6

|        |   |    |     |     |     |     |     |
|--------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V (V)  | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 |
| I (mA) |   |    |     |     |     |     |     |

## 五、实验注意事项

(1) 测二极管正向特性时，稳压电源输出应由小至大逐渐增加，并时刻注意电流表读数不得超过 25mA，稳压源输出端切勿碰线短路。

(2) 进行不同实验时，应先估算电压和电流值，合理选择仪表的量程，勿使仪表超量程，仪表的极性亦不可接错。

## 六、思考题

(1) 线性电阻与非线性电阻的概念是什么？电阻器与二极管的伏安特性有何区别？

(2) 设某器件伏安特性曲线的函数式为  $I=f(V)$ ，试问在逐点绘制曲线时，其坐标变量应如何放置？

(3) 稳压二极管与普通二极管的伏安特性曲线有何区别，其用途如何？

## 七、实验报告

(1) 根据各实验结果数据，分别在方格纸上绘制出光滑的伏安特性曲线（其中二极管和稳压管的正、反向特性均要求画在同一张图中，正、反向电压可取为不同的比例尺）。

(2) 根据实验结果，总结、归纳被测各元件的特性。

(3) 必要的误差分析。

(4) 心得体会及其他。

# 实验二 叠加定理和基尔霍夫定律的研究

## 一、实验目的

(1) 验证叠加定理，加深对该定理的理解。

(2) 验证基尔霍夫电流定律 (KCL) 和电压定律 (KVL)。

(3) 通过实验加强对参考方向的掌握和运用的能力。

(4) 训练电路故障的诊查与排除能力。

## 二、实验原理

### 1. 叠加定理

对于一个具有惟一解的线性电路，由几个独立电源共同作用所形成的各支路电流或电压，是各个独立电源分别单独作用时在各相应支路中形成的电流或电压的代数和。

图 7-2-1 所示实验电路中有一个电压源  $V_S$  及一个电流源  $I_S$ 。设  $V_S$  和  $I_S$  共同作用在电阻  $R_1$  上产生的电压、电流分别为  $V_1$ 、 $I_1$ ，在电阻  $R_2$  上产生的电压、电流分别为  $V_2$ 、 $I_2$ ，如图 7-2-1 (a) 所示。为了验证叠加定理，令电压源和电流源分别作用。

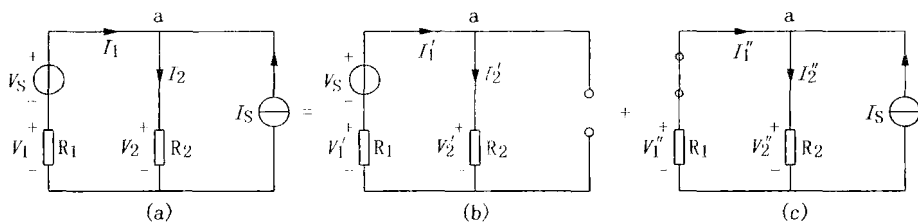


图 7-2-1

(1) 设电压源  $V_S$  单独作用时（电流源支路开路）引起的电压、电流分别为  $V_1'$ 、 $V_2'$ 、 $I_1'$ 、 $I_2'$ ，如图 7-2-1 (b) 所示。

(2) 设电流源单独作用时（电压源支路短路）引起的电压、电流分别为  $V_1''$ 、 $V_2''$ 、 $I_1''$ 、 $I_2''$ ，如图 7-2-1 (c) 所示。

这些电压、电流的参考方向均已在图中标明。验证叠加定理，即验证 (7-2-1) 式成立。

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= V_1' + V_1'' \\ V_2 &= V_2' + V_2'' \\ I_1 &= I_1' + I_1'' \\ I_2 &= I_2' + I_2'' \end{aligned} \right\} \quad (7-2-1)$$

### 2. 基尔霍夫电流定律

在任一时刻，流出（或流入）集中参数电路中任一可以分割开的孤立部分的端子电流的代数和恒等于零，即

$$\sum I_i = 0 \text{ 或 } \sum I_{\text{出}} = \sum I_{\text{进}} \quad (7-2-2)$$

为验证基尔霍夫电流定律，可选一电路节点，如图 7-2-1 (a) 的节点 a，按图中的参考方向测定出各支路电流值，然后自行约定流入或流出该节点的电流为正，将测得的各电流代入 (7-2-2) 式，加以验证。

### 3. 基尔霍夫电压定律

按约定的参考方向，在任一时刻，集中参数电路中任一回路上全部元件端对电压代数和恒等于零，即

$$\sum V = 0 \quad (7-2-3)$$

(7-2-3) 式中，通常规定凡支路或元件电压的参考方向与回路绕行方向一致者取正号，反之取负号。

### 4. 电压、电流的实际方向与参考方向的对应关系

参考方向是为了分析、计算电路而人为设定的。实验中测量的电压、电流的实际方向，

由电压表、电流表的“正”端标明。在测量电压、电流时，若电压表、电流表的“正”端与参考方向的“正”一致，则该测量值为正值，否则为负值。

### 5. 电位与电位差

在电路中，电位的参考点选择不同，各节点的电位也相应改变，但任意两节点间的电位差不变，即任意两点间电压与参考点电位的选择无关。

### 6. 故障分析与检查排除

(1) 实验中常见故障。

① 连线：连线错、接触不良、断路或短路。

② 元件：元件错或元件值错，包括电源输出错。

③ 参考点：电源、实验电路、测试仪器之间公共参考点连接错误等。

(2) 故障检查。故障检查方法很多，一般是根据故障类型，确定部位，缩小范围，在小范围内逐点检查，最后找出故障点并给予排除。简单实用的方法是用万用表（电压挡或电阻挡）在通电或断电状态下检查电路故障。

① 通电检查法：用万用表的电压挡（或电压表），在接通电源情况下，根据实验原理，电路某两点应该有电压，万用表测不出电压；某两点不应该有电压，而万用表测出了电压；所测电压值与电路原理不符，则故障即在此两点间。

② 断电检查法：用万用表的电阻挡（或欧姆表），在断开电源情况下，根据实验原理，电路某两点应该导通无电阻（或电阻极小），万用表测出开路（或电阻极大）；某两点应该开路（或电阻很大）但测得的结果为短路（或电阻极小），则故障即在此两点间。

## 三、实验器材

直流稳压电源（+6V、12V 切换，DG04）、直流稳压电源（0~30V 可调，DG04）、万用表、直流数字电压表（D31）、直流数字毫安表（D31）各 1 台；叠加原理实验电路板（DG05）1 块。

## 四、实验内容

### 1. 叠加原理的验证

实验电路如图 7-2-2 所示。

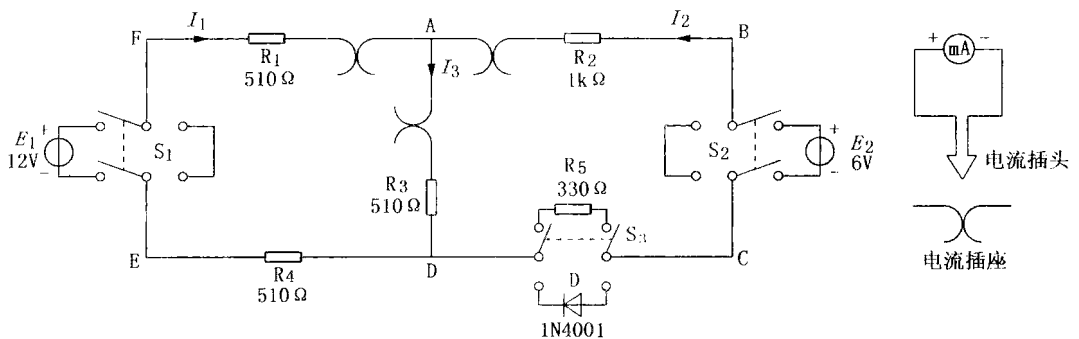


图 7-2-2

(1) 按图 7-2-2,  $E_1$  为 +6V、+12V 切换电源, 取  $E_1 = +12V$ ,  $E_2$  为可调直流稳压电源, 调至 +6V。

(2) 令  $E_1$  电源单独作用时 (将开关  $S_1$  投向  $E_1$  侧, 开关  $S_2$  投向短路侧), 用直流数字电压表和毫安表 (接电流插头) 测量各支路电流及各电阻元件两端的电压, 数据记入表 7-2-1。

表 7-2-1

| 测量项目<br>实验内容       | $E_1$<br>(V) | $E_2$<br>(V) | $I_1$<br>(mA) | $I_2$<br>(mA) | $I_3$<br>(mA) | $V_{AB}$<br>(V) | $V_{CD}$<br>(V) | $V_{AD}$<br>(V) | $V_{DE}$<br>(V) | $V_{FA}$<br>(V) |
|--------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $E_1$ 单独作用         |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |
| $E_2$ 单独作用         |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |
| $E_1$ 、 $E_2$ 共同作用 |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |
| $2E_2$ 单独作用        |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |

(3) 令  $E_2$  电源单独作用时 (将开关  $S_1$  投向短路侧, 开关  $S_2$  投向  $E_2$  侧), 重复实验步骤 (2) 的测量和记录。

(4) 令  $E_1$  和  $E_2$  共同作用时 (开关  $S_1$  和  $S_2$  分别投向  $E_1$  和  $E_2$  侧), 重复步骤 (2) 的测量和记录。

(5) 将  $E_2$  的数值调至 +12V, 重复步骤 (3) 的测量并记录。

(6) 将  $R_3$  换成一只二极管 1N4001 (即将开关  $S_3$  投向二极管 D 侧), 重复 (1) ~ (5) 的测量过程, 数据记入表 7-2-2。

表 7-2-2

| 测量项目<br>实验内容       | $E_1$<br>(V) | $E_2$<br>(V) | $I_1$<br>(mA) | $I_2$<br>(mA) | $I_3$<br>(mA) | $V_{AB}$<br>(V) | $V_{CD}$<br>(V) | $V_{AD}$<br>(V) | $V_{DE}$<br>(V) | $V_{FA}$<br>(V) |
|--------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $E_1$ 单独作用         |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |
| $E_2$ 单独作用         |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |
| $E_1$ 、 $E_2$ 共同作用 |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |
| $2E_2$ 单独作用        |              |              |               |               |               |                 |                 |                 |                 |                 |

## 2. 基尔霍夫定律的验证

(1) 实验前先任意设定三条支路的电流参考方向, 如图 7-2-3 中的  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  所示, 并熟悉线路结构, 掌握各开关的操作使用方法。

(2) 分别将两路直流稳压源 ( $E_1$  为 +6V、+12V 切换电源,  $E_2$  接 0~30V 可调直流稳压源) 接入电路, 令  $E_1 = 6V$ ,  $E_2 = 12V$ 。

(3) 熟悉电流插头的结构, 将电流插头的两端接至数字毫安表的“+”、“-”两端。

(4) 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中, 读出并记录电流值。

(5) 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件两端的电压值, 记入表 7-2-3。

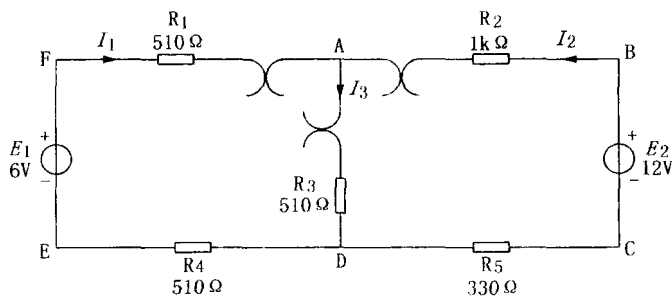


图 7-2-3

表 7-2-3

| 被测量  | $I_1$ (mA) | $I_2$ (mA) | $I_3$ (mA) | $E_1$ (V) | $E_2$ (V) | $V_{FA}$ (V) | $V_{AB}$ (V) | $V_{AD}$ (V) | $V_{CD}$ (V) | $V_{DE}$ (V) |
|------|------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 计算值  |            |            |            |           |           |              |              |              |              |              |
| 测量值  |            |            |            |           |           |              |              |              |              |              |
| 相对误差 |            |            |            |           |           |              |              |              |              |              |

### 3. 电路故障与分析

实验中设置了开路或短路故障以及元件值、恒压源电压值发生变化等故障，试分析故障，并将故障名称填入表 7-2-4。

表 7-2-4

| 故障 1 | 故障 2 | 故障 3 | 故障 4 | 故障 5 | 故障 6 |
|------|------|------|------|------|------|
|      |      |      |      |      |      |

## 五、实验注意事项

- (1) 所有需要测量的电压值，均以电压表测量的读数为准，不以电源表盘指示值为准。
- (2) 防止电源两端碰线短路。
- (3) 用指针式电流表进行测量，要识别电流插头所接电流表的“+”、“-”极性。若不识别，两表笔随意接，则电表指针可能会反偏（电流为负值时），此时必须调换电流表极性，重新测量，这样指针才正偏，但读得的电流值必须冠以负号。
- (4) 用电流插头测量各支路电流时，应注意仪表的极性 & 数据表格中“+”、“-”号的记录。
- (5) 注意仪表量程的及时更换。

## 六、预习要求及思考题

- (1) 叠加原理中  $E_1$ 、 $E_2$  分别单独作用，在实验中应如何操作？能否直接将不作用的电源 ( $E_1$  或  $E_2$ ) 置零（短接）？
- (2) 实验电路中，若有一个电阻器改为二极管，试问叠加原理的叠加性与齐次性还成立

吗？为什么？

(3) 根据图 7-2-3 的电路参数，计算出待测的电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  和各电阻两端的电压值，记入表中，以便实验测量时，可正确地选定毫安表和电压表的量程。

(4) 实验中，若用万用表直流毫安挡测量各支路电流，什么情况下可能出现毫安表指针反偏？应如何处理？在记录数据时应注意什么？若用直流数字毫安表进行测量，则会有什么显示呢？

## 七、实验报告

(1) 根据实验数据表格，进行分析、比较，归纳、总结实验结论，即验证线性电路的叠加性与齐次性。

(2) 各电阻器所消耗的功率能否用叠加原理计算得出？试用上述实验数据，进行计算并作出结论。

(3) 通过实验分析表 7-2-3 数据，你能得出什么样的结论？

(4) 根据实验数据，选定实验电路中的任一个节点，验证 KCL 的正确性。

(5) 根据实验数据，选定实验电路中的任一个闭合回路，验证 KVL 的正确性。

(6) 误差原因分析

(7) 心得体会及其他。

## 实验三 电压源与电流源的等效变换

### 一、实验目的

(1) 掌握电源外特性的测试方法。

(2) 验证电压源与电流源等效变换的条件。

### 二、实验原理

一个直流稳压电源在一定的电流范围内，具有很小的内阻，故在实用中，常将它视为一个理想的电压源，即输出电压不随负载电流而变，其外特性，即其伏安特性  $V = f(I)$  是一条平行于  $I$  轴的直线。

一个恒流源在实用中，在一定的电压范围内，可视为一个理想的电流源。

一个实际的电压源（或电流源），其端电压（或输出电流）不可能不随负载而变，因为它具有一定的内阻值。故在实验中，用一个小阻值的电阻（或大电阻）与稳压源（或恒流源）相串联（或并联）来模拟一个电压源（或电流源）。

一个实际的电源，就其外部特性而言，既可以看成是一个电压源，又可以看成是一个电流源。若视为电压源，则可用一个理想的电压源  $E_s$  与一个电阻  $R_0$  相串联来表示；若视为电流源，则可用一个理想电流源  $I_s$  与一电导  $g_0$  相并联来表示。若它们向同样大小的负载提供同样大小的电流和端电压，则称这两个电源是等效的，即具有相同的外特性。

一个电压源与一个电流源等效变换的条件为

$$I_s = E_s g_0, \quad g_0 = \frac{1}{R_0}$$



或

$$E_S = I_S R_0, R_0 = \frac{1}{g_0}$$

电路如图 7-3-1 所示。

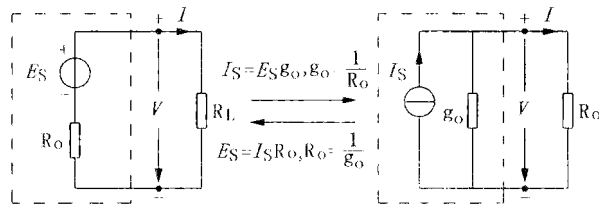


图 7-3-1

### 三、实验器材

可调直流稳压电源 (DG04)、可调直流恒流源 (DG04)、直流数字电压表 (D31)、直流数字毫安表 (D31)、万用表各 1 台; 电阻器 (51Ω, 200Ω, DG09)、可调电阻器 (2W-470Ω, DG09)、可调电阻箱 (0~99999.9Ω, DG09) 各 1 只。

### 四、实验内容

#### 1. 测定直流稳压电源与电压源的外特性

(1) 按图 7-3-2 接线,  $E_S$  为 +6V 直流稳压电源, 调节  $R_2$ , 令其阻值由大至小变化, 实验数据记入表 7-3-1。

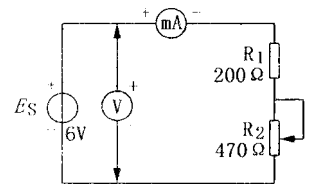


图 7-3-2

表 7-3-1

|        |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|
| V (V)  |  |  |  |  |  |  |
| I (mA) |  |  |  |  |  |  |

(2) 按图 7-3-3 接线, 虚线框可模拟为一个实际的电压源, 调节电位器  $R_2$ , 令其阻值由大至小变化, 实验数据记入表 7-3-2。

表 7-3-2

|        |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|
| V (V)  |  |  |  |  |  |  |
| I (mA) |  |  |  |  |  |  |

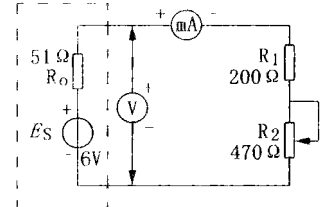


图 7-3-3

#### 2. 测定电流源的外特性

按图 7-3-4 接线,  $I_S$  为直流恒流源, 调节使其输出为 5mA, 令  $R_0$  分别为 1kΩ 和  $\infty$  ( $R_0$  为可调电阻箱), 调节电位器  $R_1$  (从 0 至 470Ω), 测出这两种情况下的电压表和电流表的读数。自拟数据表格, 记录实验数据。

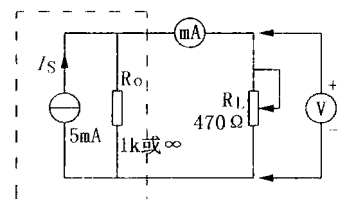


图 7-3-4