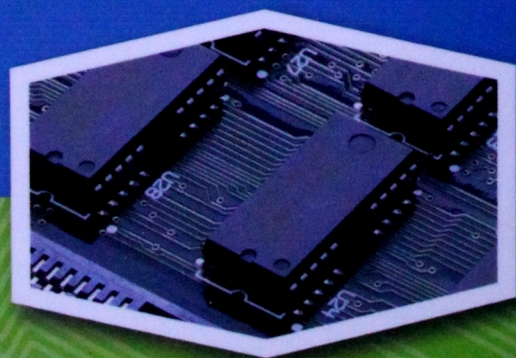




电子工程师
成长必备

—— 电子电路 基础与实践

李刚 林凌 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

014001538

TN710
378

电子工程师成长必备 ——电子电路基础与实践

李刚 林凌 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry



北航

C1689399

TN710
378

内 容 简 介

针对目前电子类大学生毕业后实践能力较差、缺乏基本的电路意识、不能准确理解理论的现状,笔者在总结多年的教学和实训经验的基础上编写了本书。本书主要包括以模拟电路为主的常用仪器、仪表的使用、常用电子元器件的基本性能、基本电子电路的性能、用途等内容,基本覆盖电子技术的应知应会的范围,可显著提高读者对电路理论的理解和电路设计、调试的能力,大幅度提高学习的效果和效率。更重要的是,通过学习本书可凸显理论与实践的差别,使读者领会书本和课堂所学知识的实质,并帮助读者完成从“学习知识”到“运用知识、提升能力”的转变。

本书适合立志成为电子工程师的各级别读者阅读参考,也适合作为电子、自动化、测控、机电一体化、计算机应用等专业大学生和高职生、中专生学习电路的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子工程师成长必备:电子电路基础与实践/李刚,林凌编著. —北京:电子工业出版社,2013.9
ISBN 978-7-121-20448-7

I. ①电… II. ①李… ②林… III. ①电子电路—基本知识 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第103751号

策划编辑:张 榕

责任编辑:谭丽莎

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:323千字

印 次:2013年9月第1次印刷

印 数:4000册 定价:32.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlls@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

电子电路是许多专业的核心课程，这说明了它在这些专业中的重要性，但很多人在学习电子电路的过程中感觉很困难，学习理论时似乎理解得不错，而一旦面对实际的电子电路就变得束手无策。其实，电子电路是一门实践性很强的课程，但又被抽象成很完善的理论，给人一个错觉，就是抱着一本教科书学习就能够学好电子电路。实际上，要想真正掌握电子电路的设计与调试，必须具备丰富的实践经验。作者在长期的电子电路教学和科研中，得到的强烈感受是：实验（实践）给人以感性认识，有了基本的感性认识才可以更好地理解书本中和老师所介绍的东西；实践能够给人以兴趣和成功的喜悦，这是在学习电子电路这种充满困难的征途上所必需的动力。

要想真正掌握电子电路，必须在元器件的性能、基本单元电子电路的性能、系统的性能及仪器的性能与合理使用等各个方面有充分的了解，而这些感性认识与书本上的理论是有很大的差距的。例如，用不同型号的数字万用表去测量一个交流电压，可能会得到各种不同的读数，这些读数可能包含各种各样的误差来源，如被测电压的频率、电子电路的内阻和万用表的内阻、波形等，甚至还可能出现读数值与实际被测值相差十万八千里的现象。又如，单电源运放与双电源运放在选择和使用方面有何不同，这可能是所有教科书都没有涉及的问题，因为这是所谓的“理论框架”之外的东西，教材的编著者可能面临的难以克服的困难是该把这个问题放在哪一个章节。类似的问题还有很多，如容量大小不同的电容搭配退耦、地线的电阻与分布电感、运放的有限增益对电子电路的影响等。

为了帮助读者在学习电子电路时，能够通过实验获得更多、更全面的感性认识，加深对电路理论的理解，作者根据长期的教学和科研实践编写了本书，其中所有实验都经过实际检验过，所选择的内容既考虑到全面覆盖应该学习和掌握的内容，又要便于读者能够容易地准备实验条件，还要尽可能地解决在学习电子电路的过程中容易误解的问题。

曾锐利副教授编写了第 1 单元，熊慧副教授编写了第 2 单元，李晓霞副教授编写了第 3 单元，王焱副教授编写了第 4 单元，刘玉良副教授编写了第 5 单元，乔晓艳副教授编写了第 6 单元，郑羽副教授编写了第 7 单元，王蒙军副教授编写了第 8 单元。全书由李刚教授和林凌教授统稿。

本书的编写得到作者所带实验室的全体研究生和其他实验室的研究生的帮助。一方面，这些实验对他们的学习有所帮助，另外一方面，他们也为本书付出了辛苦劳动。他们还为本书做出了众多关键的贡献：通过实验帮助作者纠正了一些“想当然”的错误，特别是郝丽玲、周梅、刘近贞、李哲、张盛昭、李永城、李威、张林娜、包磊和赵龙飞等博士研究生和硕士研究生做出较大的贡献，在此对他们表示感谢。

作者还要感谢电子工业出版社的张榕编辑，在拙书的编写过程中得到了她和电子工业出版社的其他同志的帮助，他们还提出了许多中肯的意见。

由于作者水平有限，书中难免存在错误或疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

CONTENTS

目录

第 1 单元 常用仪器与基本元器件	(1)
1.1 示波器	(1)
1.2 函数信号发生器	(3)
1.3 万用表	(4)
1.4 直流稳压电源	(8)
1.5 电阻的种类、性能与测量	(9)
1.6 电容的种类、性能与测量	(12)
1.7 电感的种类、性能与测量	(17)
1.8 二极管的种类、性能与测量	(19)
1.9 三极管的种类、性能与测量	(29)
1.10 场效应管的种类、性能与测量	(36)
第 2 单元 基本线性电路	(42)
2.1 简单 RC 电路	(42)
2.2 晶体管放大电路	(44)
2.3 场效应管放大电路	(47)
2.4 由运算放大器构成的放大电路	(51)
2.5 由运算放大器构成的有源滤波器	(54)
第 3 单元 开关与振荡电路	(60)
3.1 晶体管的开关电路	(60)
3.2 晶体管的 LC 振荡器	(62)
3.2.1 变压器反馈 LC 振荡器	(63)
3.2.2 电感三点式 LC 振荡器	(64)
3.2.3 电容三点式 LC 振荡器	(65)
3.2.4 石英晶体 LC 振荡器	(66)
3.3 运算放大器的文氏电桥振荡器	(67)
3.4 TTL 门电路的多谐振荡器	(68)
3.4.1 非对称型多谐振荡器	(69)
3.4.2 对称型多谐振荡器	(69)

3.4.3	带 RC 电路的环形振荡器	(70)
3.4.4	方波波群发生器	(71)
3.5	压控振荡器	(71)
3.5.1	方波输出压控振荡器	(72)
3.5.2	正弦波输出压控振荡器	(73)
3.5.3	集成化压控振荡器	(75)
3.5.4	直接数字合成器 DDS	(76)
第 4 单元	传感器及其接口电路	(79)
4.1	温度传感器的接口电路	(79)
4.1.1	热敏电阻	(79)
4.1.2	热敏二极管	(85)
4.2	声音与超声波传感器	(86)
4.2.1	声音传感器	(86)
4.2.2	超声传感器	(89)
4.3	光电二极管	(92)
4.4	电阻式压力传感器	(97)
4.4.1	电阻应变片	(97)
4.4.2	压阻式传感器	(101)
第 5 单元	信号变换电路	(105)
5.1	电压/电流变换器和电流/电压变换器	(105)
5.1.1	电压/电流变换器 (VCC)	(105)
5.1.2	电流/电压变换器 (CVC)	(107)
5.2	波形变换	(108)
5.2.1	三角波/正弦波的变换	(108)
5.2.2	三角波或正弦波/方波的变换	(110)
5.2.3	方波/三角波或正弦波的变换	(112)
5.3	频率/电压变换器和电压/频率变换器	(113)
5.3.1	频率/电压变换器	(113)
5.3.2	电压/频率变换器	(114)
第 6 单元	调制与解调电路	(116)
6.1	正弦波幅度调制及解调	(116)
6.2	正弦波角度调制及解调	(121)
6.2.1	正弦波角度调制	(121)
6.2.2	调角(相)波的解调	(124)
第 7 单元	电源与 DC/DC 及功率驱动电路	(128)
7.1	直流线性稳压电源	(128)
7.1.1	串联型线性稳压电源	(128)
7.1.2	并联型线性稳压电源	(130)
7.2	直流开关稳压电源	(131)

7.2.1	降压式 DC/DC 电路 (BUCK 式电路)	(131)
7.2.2	升压式 DC/DC 电路 (BOOST 式电路)	(133)
7.2.3	降压-升压型 DC/DC 电路 (BUCK-BOOST 式电路)	(135)
7.3	恒流源	(137)
7.3.1	三极管的恒流电路	(137)
7.3.2	由运放构成的交、直流恒流源	(138)
7.4	功率驱动电路	(139)
7.4.1	PWM 信号的产生与测试	(140)
7.4.2	NMOS 功率管的应用形式及其驱动	(143)
7.4.3	直流功率驱动	(146)
7.4.4	交流功率驱动	(147)
7.5	步进电动机驱动电路	(151)
第 8 单元	器件、电路与系统的测量	(155)
8.1	电子元器件的测量	(155)
8.1.1	RLC 的测量	(155)
8.1.2	RLC 测量的谐振法	(161)
8.1.3	分立半导体器件的测量	(165)
8.2	运算放大器的测量	(172)
8.3	单元电路与系统的测量	(186)
8.3.1	音频功率放大器的性能指标	(186)
8.3.2	开关电源的基本参数	(191)

常用仪器与基本元器件

有经验的工程师都知道，电路虽然是“设计”出来的，但更是调试出来的。可以毫不夸张地说，世界上几乎没有任何一套稍微复杂一点的电路是不经过调试就可以直接投入生产的。电路的调试离不开电子测量仪器，特别是最常用的示波器和万用表，电源也是调试时必不可少的电子仪器，再加上一个函数信号发生器，对于大多数的电路调试来说就已经足够了。

任何一个电路都是由电子元器件构成的。对电子元器件的特性不了解，没有感性认识，就想设计、调试和制作电路，无异于建造空中楼阁。这里所提到的电子元器件的特性，不仅包括其“理想特性”，如一个电容的容值，还包括其他一些特性，如耐压、漏电、损耗、分布电感等辅助特性。在精密、高速或其他一些特殊场合，还需要了解其结构、元器件的制作材料等情况。仍然以电容为例，不同种类的电容在其容量、稳定性、损耗、漏电阻、价格等参数上差异巨大，这些都是需要了解的。限于篇幅，本书只讨论一些基本元器件及其主要特性的测量和相关电路实验，使读者通过“实践”获取感性认识，掌握电路的设计、制作和调试。

1.1 示波器

1. 基本知识

示波器（如图 1-1 所示）是最常用的电子测量仪器，是观察电路工作状态的最好、最有力的手段之一，也是最基本、最需要掌握的工具之一。判断一个电路正常与否，可以通过使用示波器观察其输出或某些关键位置的工作点或波形与预计的是否相符，也即直流电平（基线位置）、波形的幅值与频率与预计的是否相符。

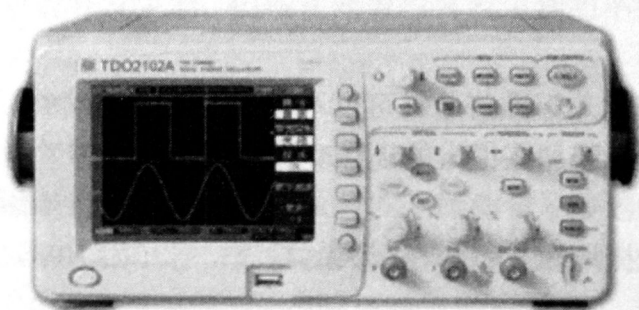


图 1-1 TDO2102A 数字示波器



➔ 2. 亲历实践

1) 开启示波器，进入测量状态

需要了解电源插板是否有电，插板上是否有电源开关，插头是否插接牢靠，以及示波器上电源开关的位置，示波器上的电源指示。

2) 调整扫描线的位置与扫描速度（时基）

观察扫描线是否出现，若未出现则调整幅值灵敏度（VOLTS/DIV）到最低，调整垂直位置旋钮和扫描速度旋钮（在 $1\sim 10\text{ms/div}$ 比较合适）。

3) 用手指触碰探头

用手指触碰示波器探头，你能够看到什么样的信号（幅值与频率）？如果看不到，应调整触发电平（trigger）、幅值、基线位置等。

4) 对示波器的幅值和扫描速度进行校准

5) 将探头夹到示波器前面板的标准信号输出端，测量其幅值与频率

如果读出的幅值与频率与其标称值不相符，应检查探头上的衰减开关和面板上灵敏度选择开关中间的旋钮是否处于标准位置。

6) 了解探头的输入模式与探头的衰减

仍然将探头夹到示波器前面板的标准信号输出端，将示波器的输入模式开关分别拨至（设置）直流（DC）、接地和交流（AC）位置，观察波形的变化。为了更细致地观察在交流输入模式时方波信号的顶部和底部的变化，可以调节灵敏度旋钮和时基旋钮、位置旋钮，记录所观察到的波形，并回答为什么会出现这样的波形。改变其中一个探头上的衰减开关，图形又有哪些变化？为什么？

7) 了解示波器的触发功能

一个先进的示波器具有丰富、强大的触发功能，但示波器的最基本的触发功能是在显示周期信号时保持同步。请用你的手指触碰示波器的探头，并选择示波器的触发通道和调整触发电平，观察示波器的显示并解释所观察到的现象。

8) 同时输入双通道信号及显示它们的和、差值信号及李沙育图形

将示波器的两个探头同时接到其标准信号输出端，分别将示波器设置为各自独立、相加、相减，第1、第2通道分别作为X、Y输入，观察示波器显示的图形并记录。改变输入通道的灵敏度，观察示波器显示的图形并记录。

9) 你自己设计的实验（注意：不可测量超过 100V 的信号！如果确实需要这样做，请在老师的指导下进行）

➔ 3. 思考提高

(1) 为什么给示波器输入标准信号时可以不用探头的接地端？

(2) 如何用示波器测量添加在很大的高频交流信号（如 10V ）上的微弱直流信号（如几个毫伏或几十毫伏）？

(3) 如何用示波器快捷地测量添加在很大的直流信号（如 10V ）上的微弱交流信号（如几个毫伏或几十毫伏）？

(4) 有同学为了比较一个单端输入、差动输出电路的输入与输出信号，把一个探头夹在电

路的输入端，该探头的接地端也接在电路的地线上；把另一个探头夹在差动输出电路的一个输出端，该探头的接地端夹到差动输出电路的另一个输出端。问：他会得到什么样的结果？应该如何测量？

(5) 在亲历实践 6) 中，为什么会出现示波器上所显示的波形？改变其中一个探头上的衰减开关，图形又有哪些变化？为什么？

1.2 函数信号发生器

→ 1. 基础知识

函数信号发生器（如图 1-2 所示）是最常用的电子仪器之一，用于给被观察的电路注入合适的信号以观察其输出响应。它也是最基本、最需要掌握的工具之一。

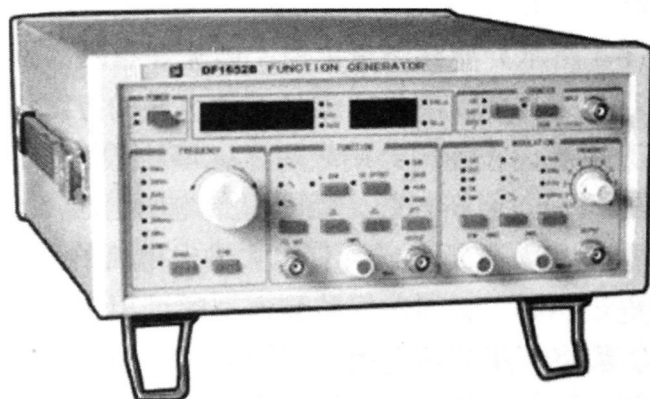


图 1-2 DF1652 函数信号发生器

→ 2. 亲历实践

1) 开启函数信号发生器

需要了解电源插板是否有电，插板上是否有电源开关，插头是否插接牢靠，以及函数信号发生器上电源开关的位置，函数信号发生器上的电源指示。

2) 用示波器接上函数信号发生器

改变函数信号发生器的输出波形、频率、幅值和直流偏移量，观察示波器上的现象。

3) 函数信号发生器的输出

仍然用示波器接上函数信号发生器，但接在函数信号发生器的不同输出端上，观察示波器上的现象。

4) 了解函数信号发生器的功能

你所用的函数信号发生器还有哪些功能？如信号调制、频率或周期测量等。请与示波器一起使用，如用示波器观察调制信号，或用函数信号发生器测量示波器标准信号的频率或周期。

5) 分别用示波器的交流、直流输入模式观察函数信号发生器的不同频率（如 1Hz、10Hz 或 10kHz）的方波

6) 你自己设计的实验



→ 3. 思考提高

- (1) 如何用函数信号发生器产生直流信号?
- (2) 如何用函数信号发生器输出一个只有正极性的正弦波?
- (3) 如何用函数信号发生器得到幅值为 1mV 的正弦波?
- (4) 需要给一个差动放大器施加输入信号, 应该怎样做?
- (5) 在亲历实践 5) 中, 你看到了什么现象, 能否给出你的理论推导? 能否说出示波器输入为交流挡时等效为一个什么滤波器或什么样的简单电路? 其特征参数是什么? 为多少?

1.3 万用表

→ 1. 基础知识

早期的万用表(如图 1-3 所示)能够测量电压、电流和电阻, 因而又被称为三用表。这三种电量在电路测试中最常用, 而且可以演化出测量其他电量的方法。其价格是所有电子仪表中最便宜的, 因而又被称为万用表。在使用万用表时, 应该注意以下 3 个问题。

- (1) 不可用电阻挡和二极管(通断判断)挡测量带电的电路(或其中的电阻)。
- (2) 不可用电流挡直接测量电源两端或具有很大输出电流的两端。
- (3) 在使用电压挡或电流挡时, 必须确保被测值不超过相应挡位的量程太多。如果难以估计被测电压或电流的幅值, 应将万用表调至最大量程后再开始测量, 然后逐级调小量程直到得到最高精度的读数为止。



图 1-3 4 款数字万用表

→ 2. 亲历实践

1) 测量电阻

找来大小不同的电阻, 用万用表测量, 将测量结果与电阻上标称的阻值进行比较, 分析其中的差异。

测量时可以用左手夹持电阻的一个引脚, 用右手像拿筷子一样拿住万用表的两根表笔(测试笔), 用两根表笔的金属部分分别触碰电阻的两个引脚, 然后读出阻值。

如果是测量较小阻值的电阻或仅仅粗略判断一下阻值,可用左手的食指与中指夹住电阻的一个引脚,用拇指和无名指夹住电阻的另一个引脚,用右手像拿筷子一样拿住万用表的两根表笔(测试笔),用两根表笔的金属部分分别触碰电阻的两个引脚,然后读出阻值。

2) 测量电压

用函数信号发生器输出幅值不同的直流信号,分别用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量。

用函数信号发生器输出幅值不同的正弦波,分别用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量,有何结果,为什么?交换表笔,再用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量,有何结果,为什么?

用函数信号发生器输出频率由最低变到最高但幅值不变的正弦波,用万用表的交流电压挡测量。

用函数信号发生器输出频率为 1kHz,幅值为 1V 但波形不同(方波、正弦波和三角波)的信号,用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量。

用函数信号发生器输出频率为 1kHz,幅值为 1V 但占空比不同的方波信号,用万用表的直流电压挡测量。

3) 测量电流

用函数信号发生器输出频率为 1kHz,幅值为 10V 的信号,用万用表串联一个 100 Ω 电阻测量。

用函数信号发生器输出幅值不同的直流信号,分别用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100 Ω 电阻后测量。交换表笔,再用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100 Ω 电阻后测量。

用函数信号发生器输出幅值不同的正弦波,分别用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100 Ω 电阻后测量。交换表笔,再用万用表的直流电流挡和交流电流挡测量。

用函数信号发生器输出频率由最低变到最高但幅值不变的正弦波,用万用表的交流电流挡串联一个 100 Ω 电阻后测量。

用函数信号发生器输出频率为 1kHz,幅值为 1V 但波形不同(方波、正弦波和三角波)的信号,用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100 Ω 电阻后测量。

用函数信号发生器输出频率为 1kHz,幅值为 1V 但占空比不同的方波信号,用万用表的直流电流挡串联一个 100 Ω 电阻后测量。

4) 测量电路的通断(数字万用表)

将万用表拨到二极管(通断判断)挡,将两根表笔的金属部分相碰,万用表应该发出蜂鸣声,表示两根表笔之间是连通的,若测量电路某两点或器件两端的万用表显示值为 0,表示两根表笔之间的电阻为 0。

同样将万用表拨到二极管(通断判断)挡,分别测量 47 Ω 、100 Ω 、300 Ω 的电阻。

将万用表拨到 200 Ω 挡,分别测量 47 Ω 、100 Ω 、300 Ω 的电阻。

找一个普通二极管,将万用表拨到二极管(通断判断)挡测量,结果如何?交换表笔再测量,结果又如何?

找一个 LED(发光二极管),将万用表拨到二极管(通断判断)挡测量;交换表笔再测量。在测量过程中请注意 LED 本身的变化。

如果有不同颜色的 LED(包括红外 LED),用前面所述的办法测量。



将万用表拨到不同的电阻挡，分别测量不同颜色的 LED（包括红外 LED）。

找一个快速二极管（或肖特基二极管），将万用表拨到二极管（通断判断）挡测量，结果如何？交换表笔再测量，结果如何？

找一个三极管，将万用表拨到二极管（通断判断）挡测量，标明 3 个引脚之间的正、反向电阻，以此判断该三极管的材料、NPN 型与 PNP 型或其好坏。

找一个三极管，将万用表拨到不同的电阻挡测量，以此判断该三极管的材料、NPN 型与 PNP 型或其好坏。

5) 测量电容（数字万用表，并且有该挡位）

将万用表拨到电容测量挡，将容量大小不同的电容分别插进万用表测量电容的槽口，将测量结果与被测电容的标称值相比较。

将万用表拨到不同的电阻挡，再次测量这些电容，注意万用表读数的变化。

同样将万用表拨到不同的电阻挡，再次测量这些电容，但在同一挡位对同一电容进行两次测量，完成第一次测量后将表笔交换后与电容引脚触碰，注意万用表读数的变化。

6) 测量三极管（数字万用表，并且有该挡位）

将万用表拨到 h_{FE} 挡，按照你估计的三极管（NPN 型或 PNP 型，可用前述的办法识别）及引脚（e、b、c，可用前述的办法识别），将三极管插入相应的测试孔中，如果三极管完好并且三极管的引脚插入位置正确，此时万用表会显示被测三极管的 h_{FE} 值（通常为几十至几百）。

➔ 3. 思考提高

(1) 你所用的万用表的各个参数的测量范围是多少？

(2) 数字万用表和模拟万用表有哪些不同？在使用上有何区别？

(3) 在亲历实践 1) 中，用左手的拇指和无名指夹住电阻的另一个引脚，在测量高阻值电阻而且要求精度高时，这样测量有什么问题？

(4) 在亲历实践 2) 中，用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量函数信号发生器输出幅值不同的直流信号有何结果？为什么？交换表笔，再用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量，有何结果，为什么？

(5) 在亲历实践 2) 中，用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量函数信号发生器输出幅值不同的交流信号有何结果？为什么？交换表笔，再用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量，有何结果，为什么？

(6) 在亲历实践 2) 中，用函数信号发生器输出频率为 1kHz，幅值为 1V 但波形不同（方波、正弦波和三角波）的信号，用万用表的直流电压挡和交流电压挡测量，有何结果，为什么？

(7) 在亲历实践 2) 中，用函数信号发生器输出频率为 1kHz，幅值为 1V 但占空比不同的方波信号，用万用表的直流电压挡测量，有何结果，为什么？

(8) 在亲历实践 3) 中，用函数信号发生器输出频率为 1kHz，幅值为 10V 的信号，用万用表串联一个 100Ω 电阻测量，将万用表的电流的读数与你计算得到的值相比较，结果如何？

(9) 在亲历实践 3) 中，用函数信号发生器输出幅值不同的直流，分别用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100Ω 电阻后测量，有何结果，为什么？交换表笔，再用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100Ω 电阻后测量，有何结果，为什么？

(10) 在亲历实践 3) 中，用函数信号发生器输出幅值不同的正弦波，分别用万用表的直

流电流挡和交流电流挡串联一个 100Ω 电阻后测量, 有何结果, 为什么? 交换表笔, 再用万用表的直流电流挡和交流电流挡测量, 有何结果, 为什么?

(11) 在亲历实践 3) 中, 用函数信号发生器输出频率由最低变到最高但幅值不变的正弦波, 用万用表的交流电流挡串联一个 100Ω 电阻后测量, 有何结果, 为什么?

(12) 在亲历实践 3) 中, 用函数信号发生器输出频率为 1kHz , 幅值为 1V 但波形不同(方波、正弦波和三角波)的信号, 用万用表的直流电流挡和交流电流挡串联一个 100Ω 电阻后测量, 有何结果? 为什么?

(13) 在亲历实践 3) 中, 用函数信号发生器输出频率为 1kHz , 幅值为 1V 但占空比不同的方波信号, 用万用表的直流电流挡串联一个 100Ω 电阻后测量, 有何结果? 为什么?

(14) 在亲历实践 4) 中, 同样将万用表拨到二极管(通断判断)挡, 分别测量 47Ω 、 100Ω 、 300Ω 的电阻, 结果如何? 你能够推测出什么样的结论?

(15) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到 200Ω 挡, 分别测量 47Ω 、 100Ω 、 300Ω 的电阻, 结果又如何? 你能够推测出什么样的结论?

(16) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到二极管(通断判断)挡, 测量一个普通二极管, 结果如何? 交换表笔再测量, 结果又如何? 你能够推测出什么样的结论?

(17) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到二极管(通断判断)挡, 测量一个 LED(发光二极管), 结果如何? 交换表笔再测量, 结果又如何?

(18) 在亲历实践 4) 中, 如果有不同颜色的 LED(包括红外 LED), 用(17)中所述的办法测量, 结果如何?

(19) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到不同的电阻挡, 分别测量不同颜色的 LED(包括红外 LED), 结果如何?

(20) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到二极管(通断判断)挡, 测量一个快速二极管(或肖特基二极管), 结果如何? 交换表笔再测量, 结果又如何?

(21) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到二极管(通断判断)挡, 测量一个三极管, 如何能够用此办法判断该三极管的材料、NPN 型与 PNP 型或其好坏?

(22) 在亲历实践 4) 中, 将万用表拨到不同的电阻挡, 测量三极管, 能否判断该三极管的材料、NPN 型与 PNP 型或其好坏?

(23) 将万用表拨到不同的电阻挡测量不同容值的电容, 注意万用表读数的变化。你怎样看待这种现象?

(24) 如果将万用表拨到不同的电阻挡测量电容, 但在同一挡位对同一电容进行两次测量, 完成第一次测量后将表笔交换后与电容引脚触碰, 注意万用表读数值的变化, 你将会看到与(23)题中不同的地方。你怎样看待这种不同?

(25) 51 单片机正常工作时, 其 ALE 引脚的输出为晶振频率的 6 分频, 占空比为三分之一的方波。可以用该信号的有无来判断单片机的时钟系统是否正常工作。如何用万用表来测量? 请给出你的方法并说明其理由(提示: 可以用函数信号发生器产生 1MHz 、 5V 、占空比为三分之一的方波并选用万用表合适的挡位测量)。

(26) 如何用示波器测量添加在很大的高频交流信号(如 10V)上的微弱直流信号(如几个毫伏或几十毫伏)?

(27) 仅用万用表的 h_{FE} 挡能否判断一个三极管的好坏? 请将万用表打到 h_{FE} 挡并在“c”、



“e”孔中插入一个几百欧的电阻试一试，你得到什么结果？

(28) 万用表的 h_{FE} 挡的测量原理是什么？

(29) 万用表的二极管挡与 200Ω 挡有什么关系？

1.4 直流稳压电源

1. 基础知识

任何一个电路都必须有电源才能够工作。电源通常又分为电压源和电流源，绝大多数电路采用电压源供电，因而一般提到电源时都是指电压源，本书以后也用电源这个词来指给电路供电的电压源。给电路供电的电源分为直流稳压电源（如图 1-4 所示）和化学电源。前者是交流电经过变压器降压、整流、滤波、稳压得到的，本书主要采用了这种电源。化学电源则为常见的电池、蓄电池、可充电电池等，这些也是电路常用的电源。正确了解和掌握电源的使用是电路调试所必不可少的。

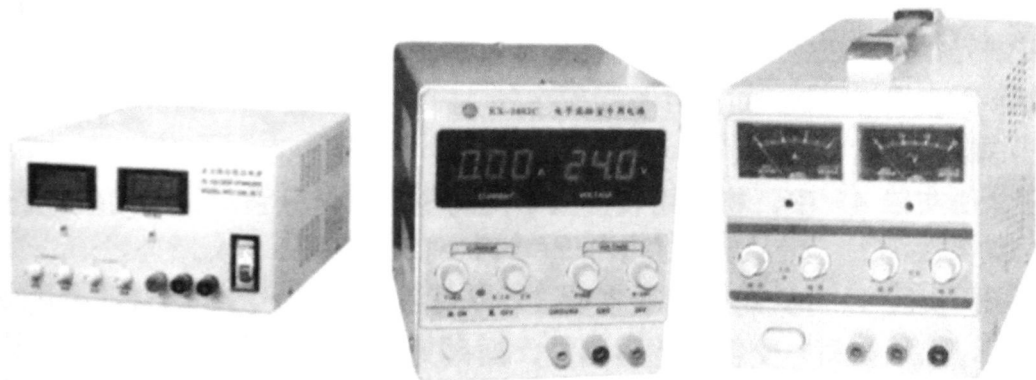


图 1-4 3 款常用实验用直流稳压电源

2. 亲历实践

1) 稳压系数 S_V

直流稳压电源的稳压系数 S_V 的定义：在负载电流、环境、温度不变的情况下，输入电压的相对变化引起输出电压的相对变化，用公式表示为

$$S_V = \frac{\Delta U_O}{\Delta U_I} \quad (1-1)$$

下面以 5V 输出（如果是可调输出，则调整输出为 5V）为例说明测量稳压系数的具体方法：

(1) 先将交流调压器接入 220V，然后调整其输出为 220V；

(2) 在交流调压器断开 220V 电源后，将直流稳压电源接到交流调压器的输出端，然后在直流稳压电源的输出端接上 $5\Omega/10W$ 的电阻（负载电流为最大，通常实验用直流稳压电源的最大输出电流为 1A）；

(3) 分别测出输入交流比 220V 增大和减小 10% 时的输出 U_O ，并将其中最大的一个代入式 (1-1) 中计算 S_V 。

2) 稳压电源内阻 R_O

稳压电源内阻是指输入电压不变时, 输出电压变化量与输出电流变化量之比的绝对值。

测量内阻 R_O 的具体操作: 当输入交流为 220V, 在直流稳压电源的输出端接上 $5\Omega/10W$ 的电阻和断开时分别测量直流稳压电源的输出 U_O , 然后用下式计算直流稳压电源的内阻。

$$R_O = \frac{\Delta U_O}{\Delta I} \quad (1-2)$$

3) 纹波电压 U_{OP-P}

在直流稳压电源的输出端接上 $5\Omega/10W$ 的负载电阻, 然后用示波器 (示波器的 Y 通道拨至交流耦合 AC 输入) 观察 U_O 的峰-峰值, 测得 U_{OP-P} 。

断开 $5\Omega/10W$ 的负载电阻, 再进行上述测量, 结果如何? 为什么?

如果有一个开关稳压电源, 请用同样的方法测量纹波电压 U_{OP-P} , 并比较测量结果。

4) 纹波系数 γ

采用交流毫伏表测量带有 $5\Omega/10W$ 的负载电阻时的输出电压交流分量的有效值, 然后用万用表的直流电压挡测得其输出直流值, 可得纹波系数:

$$\gamma = \frac{\text{输出电压交流分量的有效值}}{\text{输出电压的直流分量}} \quad (1-3)$$

如果有一个开关稳压电源, 请用同样的方法测量纹波系数 γ , 并比较测量结果。

5) 共地电源与独立电源

如果一个或多个电源的多路输出通道之间没有任何电气上的连接, 则这些输出通道可以称为独立电源, 它们很容易组合以满足特定的需要, 如两个 5V 的通道和一个 12V 的通道既可以构成 $\pm 5V$ 和 12V 共地输出的电源 (组), 也可以构成 +5V, +10V 和 +12V 的电源 (组) 等。

这种组合虽然比较灵活, 但把一个 +5V 电源的输出端与另外一个 +5V 电源的接地端相连充当 -5V 电源时, 由于前者设计的接地端作为 -5V, 而原本设计的输出端却成为接地端, 所以电源的噪声性能往往会变差。

常见的情况是: 一个有多通道不同幅值输出的电源, 往往在其内部已经把接地端连在一起了, 这种电源也可以称为共地电源。共地电源虽然没有前述组合的灵活性, 但往往具有更好的噪声性能。

➔ 3. 思考提高

- (1) 你所用的直流稳压电源的各个参数值是什么?
- (2) 你所用的直流稳压电源是否为共地电源?
- (3) 什么是电源的过流保护? 为什么需要过流保护?
- (4) 你所用的电源还有什么奇特的性能或特点?

1.5 电阻的种类、性能与测量

➔ 1. 基础知识

电阻 (器) (如图 1-5 所示) 是最常用的电子元件。通用电阻的种类很多, 其中包括通用