

学习模电三部曲



学习模电 Analog Circuit 三部曲

之电路测试与组装技术

◆ 王学屯 编著

3



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

学习模电三部曲

学习模电三部曲之 电路测试与组装技术

王学屯 编著

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本丛书分为:《学习模电三部曲之基础知识》、《学习模电三部曲之电路分析》、《学习模电三部曲之电路测试与组装技术》。

本书是该丛书的第3本,全书共分8章。第1章介绍万用表的使用方法;第2章介绍锡焊工具的使用;第3章介绍测试用稳压电源;第4章介绍印制电路板设计与制作基础;第5章介绍整机组装与调试;第6章介绍整机电路故障通用维修方法与技巧;第7章介绍电子实用电路的制作;第8章介绍实用单元电路图。

本书起点低,由浅入深、循序渐进,内容结构在安排上符合学习的认知规律。本书可作为高职高专应用电子技术、电子维修技术等专业的模拟电子技术课程教材,也可作为电子技术爱好者学习电子电路的自学教材,还可供从事电子技术专业的工程技术人员参考。

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

学习模电三部曲. 电路测试与组装技术/王学屯编著. —北京:电子工业出版社, 2012. 10

ISBN 978 - 7 - 121 - 18593 - 9

I. ①学… II. ①王… III. ①模拟电路-电路测试 ②模拟电路-组装 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 226666 号

策划编辑:柴 燕

责任编辑:毕军志

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

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:880 × 1230 1/32 印张:7.5 字数:230.6 千字

印 次:2012 年 10 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:25.00 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 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

电子技术无处不在，由于各应用领域的不同，它产生了许许多多的分支，如国防科技电子、航天科技电子、计算机、通信电子、机械电子、数码电子、家防电子等，但无论哪一个领域的电子技术，它们都有一样的基础知识：电子元器件、模拟电路、数字电路和电路测试、组装技术等。

你想做未来的电工电子电气工程师、技术员、电子产品售后服务人员吗？当你开始学习这本书时，说明你已经选择了电子类专业作为你的职业生涯的目标！只要你坚定了信心，并且愿意为此做出不懈的奋斗，相信你一定能在电的神奇世界里自由翱翔！祝愿大家有一个新的开始并马到成功！

模拟电路是电子技术的理论和应用的技术基础课程。任何复杂或简单的电子电路及其控制系统都是由基本的电路理论作为基础的，只有熟练掌握和充分理解了基本电路的概念和原理，才能在电子工程技术领域进一步发展与前进。

纵观现在的大部分教材，遗憾的是所走的模式都是理论知识多于实训、理论脱钩于实训、实训总结不能升华为理论，最终导致学生认为理论难、用不上；实训易，但成功了也不明白道理，使学生的学习兴趣大打折扣。这样势必使毕业后的学生在短期内难以适应当前的生产工作，进入工厂后需要再次培训。

鉴于上述原因，作者结合当前职业教育的特点和多年的实践教学经验，并与现代企业的需求相结合，编写了本系列教材，以期对读者在较短时间内掌握模拟电子技术方面的基本技能，为进一步学习和从事相关行业奠定基础。

在编写中坚持如下理念：

一是以“应用为目的”，以“必需、够用为度”的原则构建教学内容和体系，达到优化基础、淡化形式、强化应用的目的。

二是从“知识本位，能力本位”转变到“应用本位”，促进应用与创新相结合，实现技能型的人才培养模式。

为使本教材更贴近初学者实用，贴近技术教育接近市场的需求，贴近电子工业发展的迫切要求，本教材在编写上具有如下特点：

1. 内容编排合理，符合学习认知过程

在内容安排上，丛书共分三本：《学习模电三部曲之基础知识》、《学习模电三部曲之电路分析》、《学习模电三部曲之电路测试与组装技术》。内容安排上由认识、检测元器件到其工作原理，最后直至实际电路中的运用，很好地体现了学生的认知规律，循序渐进。

2. 案例分析与课程内容结合紧密，可操作性强

为了便于大家更好的理解和学习，教材中在每一章后面，安排了案例分析来对相应的内容进行训练和深化。每一个案例分析或实训项目都是经过作者反复实践后总结出的较为合理的实训内容，具有非常强的可操作性。这些实训对加强学生的实践动手能力有着极其重要的作用。

3. 案例分析内容的多样性与趣味性相结合

本教材中每一章的案例分析基本上都有两个。实训内容和形式多样性，使每个选用本书的院校在实践实训时，可根据自己院校的具体情况来选择相应的实训内容。在实训内容的表现形式上，一般有分立式、集成式两种；电路形式上有简单的和较为复杂的两种。每完成一个单元电路的制作之后，都可以见到直接的结果，趣味盎然。最后还可以把各个单元电路板连接起来，成为一个很完整的电子整机。

4. 本教材内容上的选择有“三度”

一是以“必需”为原则解决教学内容的“广度”问题；具体体现在——基础知识。二是以“够用”为原则解决教学内容的“深度”问题；具体体现在——电路分析。三是处理好“理论与应用”之间的关系，解决教材内容的“难度”问题；具体体现在——电路测试与组装技术。力求教材内容适合目前的教学实际水平，使教材内容覆盖课程的基本要求。

【本书章节简介】

章节名称	内容简介
第1章 万用表的使用方法	万用表是电工、电子测量中应用最广泛的一种测量仪表，它不但可以测量电阻、电压及电流三个基本量，还可以测量电容、电感、二极管和三极管的主要参数等；某些型号的万用表还具有测量温度、dB、红外线强度等。本章主要介绍常用万用表的使用方法。有九个案例分析：电阻测量的训练、电压测量的训练、直流电流测量的训练、电容容量测量的训练、电感测量的训练、音频电平测量的训练、三极管放大倍数 β 值测量的训练、用数字式万用表判断电源火线和电源断芯的位置和万用表的综合使用训练。
第2章 锡焊工具的使用	常用的手工焊接工具是电烙铁。它是用电来加热电阻丝或 PTC 加热元件，并将以发热量传递给烙铁头来实现焊接，本章主要介绍锡焊工具的使用。有四个案例分析：电烙铁拆装与烙铁头吃锡的训练、手工焊接技术的初步训练、手工拆焊技术的初步训练和热风拆焊器拆焊的初步训练。
第3章 测试用稳压电源	在电子设备、产品的研制、调试、检修、实验等工作中，电子电路要能完成所具备的功能，都必须要有电源为其提供能量，常用稳压电源包括交流稳压电源和直流稳压电源。有一个案例分析：测试用直流稳压电源的使用方法。
第4章 印制电路板设计与制作基础	印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）是电子设备的主要部件，它起到了搭载元器件平台的主要作用，同时 PCB 还要提供板上的各种电子元器件的相互电气连接。印制电路板在电子工业中已占据了绝对统治的地位。如今我们要做一个电子产品，哪怕是最小的产品，都需要用到印制电路板。因此，本章主要介绍印制电路板设计与制作基础。有一个案例分析：热转印法手工制作单面 PCB。
第5章 整机组装与调试	整机组装与调试制作共有一个项目：功放整机组装、调试与制作，要完成这一个任务，就需要装配多个单元电路。整机电路印制板的设计，可根据自己的爱好及制作条件来制作，可以把每个单元电路独立制作印制板，也可以把整个电路制作成一块印制板。为配合前面的学习，本书是采用把每个单元电路独立制作成印制板，便于测量、检测及调试与学习。这样，每完成一块印制板制作成功之后，会看到波形、发光状态或听到声音，对于初学者来说，会是一个很大的鼓励，同时更能考验大家的理论知识和动手能力。因此，本章安排了功放整机组装、调试与制作。
第6章 整机电路故障通用维修方法与技巧	维修电子产品的整机电路，应根据故障现象，利用各系统、各单元电路的作用及信号流程，进行逻辑推断、综合分析判断故障部位。当分析或判断是某一部分电路有故障时，还必须通过一定的检测方法，进行确定，本章主要讲述维修电子电路整机常用的通用维修方法。有三个案例分析：电子式荧光灯的检修、电子调光灯的检修及串联型稳压电源的检修。

续表

章节名称	内容简介
第7章 电子实用电路的 制作	本章主要选取了“门铃电路”、“晶体管收音机电路”及“集成功率放大器电路”三个电子实用电路的制作，是理论与实践的总结。可以根据自己的实际情况，选择一个电路或多个电路来练习制作实用电路。
第8章 实用单元电路图	本章优选出了一小部分实用单元电路图，主要包括电源电路、前置放大电路及话筒放大电路、功放电路、智能报警与控制电路等，这些电路很适合初学者组装与制作。

本书由王学屯编著，参加编写的还有高鲜梅、王翌敏、赵伟、孙文波、王米米、刘军朝、王琼琼、宋妍玲、耿世昌等。本书在编写过程中，还参考了其他相关大量的书目及资料，在此一并表示最诚挚的感谢！

由于编者水平有限，且时间仓促，书中难免出现谬误之处，恳请各位不吝赐教，以便使之日臻完善，在此表示感谢。

作者

2012 - 5 - 1

目 录

第 1 章 万用表的使用方法	1
1.1 万用表简介	3
1.2 指针式万用表	4
1.2.1 指针式万用表概述	4
1.2.2 指针式万用表的结构	4
1.2.3 指针式万用表的特点	5
1.2.4 指针式万用表的工作原理	6
1.3 常用指针式万用表	11
1.3.1 MF47 型万用表	11
1.3.2 MF500 型万用表	15
1.4 指针式万用表的正确使用	18
1.4.1 使用前的准备工作及注意事项	18
1.4.2 指针式万用表的使用方法	19
1.5 数字式万用表及其使用	21
1.5.1 数字式万用表简介	21
1.5.2 数字式万用表的特点及组成方框图	24
1.5.3 数字式万用表常用文字符号	25
1.5.4 数字式万用表的使用方法	27
1.6 案例分析	30
1.6.1 电阻测量的训练	30
1.6.2 电压测量的训练	33
1.6.3 直流电流测量的训练	35
1.6.4 电容容量测量的训练	37
1.6.5 电感测量的训练	39

1.6.6	音频电平测量的训练	40
1.6.7	三极管放大倍数 β 值测量的训练	41
1.6.8	用数字式万用表判断电源火线和电源断芯的位置	43
1.6.9	万用表的综合使用训练	43
自学成果测试 1		45
第2章 锡焊工具的使用		46
2.1	电烙铁的分类及结构	48
2.1.1	内热式电烙铁	48
2.1.2	外热式电烙铁	50
2.1.3	温控式电烙铁	50
2.2	焊接材料的选用	52
2.2.1	焊锡	52
2.2.2	助焊剂与阻焊剂	53
2.3	各种电烙铁的正确使用	55
2.3.1	锡焊原理	55
2.3.2	电烙铁在使用前的准备	56
2.3.3	焊前焊件的处理	58
2.3.4	焊接技术	59
2.3.5	防虚焊技巧	61
2.3.6	锡焊经验问答	66
2.4	吸锡器的使用	67
2.5	热风拆焊器	69
2.5.1	热风拆焊器简介	69
2.5.2	热风拆焊器的正确使用	72
2.6	案例分析	73
2.6.1	电烙铁拆装与烙铁头吃锡的训练	73
2.6.2	手工焊接技术的初步训练	74
2.6.3	手工拆焊技术的初步训练	77
2.6.4	热风拆焊器拆焊的初步训练	78
自学成果测试 2		79

第3章 测试用稳压电源	80
3.1 测试用直流稳压电源分类	81
3.1.1 指针显示式直流稳压电源	81
3.1.2 数字显示式直流稳压电源	82
3.2 测试用直流稳压电源的使用方法	83
自学成果测试3	85
第4章 印制电路板设计与制作基础	86
4.1 印制电路板的基础知识	87
4.2 印制电路板设计的一般原则	93
4.3 单面印制电路板的手工制作方法	95
4.4 案例分析——热转印法手工制作单面 PCB	97
自学成果测试4	99
第5章 整机组装与调试	101
5.1 整机制作的基本要求及安装与调试	103
5.1.1 整机制作的基本要求	103
5.1.2 电子电路的安装与调试	103
5.2 功放整机组装	108
5.2.1 功放的分类及基本组成	108
5.2.2 怎样选择电路	110
5.2.3 组装的顺序	112
5.2.4 内容(步骤)与方法	113
5.2.5 功放整机组装	117
5.3 电子电路的调试	139
5.3.1 电子产品调试的步骤、经验与方法	139
5.3.2 功放整机调试	142
自学成果测试5	144
第6章 整机电路故障通用维修方法与技巧	146
6.1 询问法与观察法	148
6.2 电阻维修法	149
6.2.1 电阻法判断元器件的好坏	149

6.2.2 在路电阻法	150
6.3 电压维修法	151
6.3.1 静态直流电压法	151
6.3.2 动态直流电压法	152
6.3.3 交流电压法	153
6.3.4 关键测试点电压	153
6.4 电流维修法	153
6.5 其他通用维修方法	154
6.5.1 干扰维修法	154
6.5.2 敲击诊断维修法	155
6.5.3 加热与冷却维修法	156
6.5.4 波形诊断维修法	156
6.6 放大电路故障的检测步骤	157
6.7 功放电路的检修技巧	160
6.8 案例分析	163
6.8.1 电子式荧光灯的检修	163
6.8.2 电子调光灯的检修	166
6.8.3 串联型稳压电源的检修	168
自学成果测试 6	174
第7章 电子实用电路的制作	176
7.1 变音门铃的设计与制作	178
7.1.1 分立式门铃电路的制作	178
7.1.2 集成电路门铃的制作	181
7.2 晶体管收音机的制作	185
7.2.1 晶体管收音机的工作原理	186
7.2.2 晶体管收音机的整机总装、调试与检修	190
7.2.3 晶体管收音机组装前的准备工作	197
7.2.4 晶体管收音机偏流的调整方法	200
7.3 实用集成功率放大器的制作	202
7.3.1 LM386 的工作原理与制作	202

7.3.2 TDA2030 的工作原理与制作	204
自学成果测试 7	207
第 8 章 实用单元电路图	208
8.1 电源电路	209
8.2 前置放大电路及话筒放大电路	210
8.3 功放电路	211
8.4 智能报警与控制电路	214
附录 A 几种元器件的主要参数	218
附录 B 部分自学成果测试答案	221
参考文献	226

第1章

万用表的使用方法

万用表是电工、电子测量中应用最广泛的一种测量仪表，它不但可以测量电阻、电压及电流三个基本量，还可以测量电容、电感、二极管和三极管的主要参数等；某些型号的万用表还可以测量温度、电平、红外线强度等。本章主要介绍常用万用表的使用方法。

【本章知识点】

- 万用表简介
- 指针式万用表
- 常用指针式万用表
- 指针式万用表的正确使用
- 数字式万用表及其使用
- 电阻测量的训练
- 电压测量的训练
- 直流电流测量的训练
- 电容容量测量的训练
- 电感测量的训练
- 音频电平测量的训练
- 三极管放大倍数 β 值测量的训练
- 用数字式万用表判断电源火线和电源断芯的位置
- 万用表的综合使用训练

【学习目标】

- 了解万用表的分类

- 了解指针式万用表的结构、特点、工作原理
- 掌握指针式万用表的正确使用方法
- 了解数字式万用表的结构、特点
- 掌握数字式万用表的使用方法
- 熟练掌握用万用表测量电阻的方法
- 熟练掌握用万用表测量电压的方法
- 熟练掌握用万用表测量电流的方法
- 熟练掌握用万用表测量电容的方法
- 熟练掌握用万用表测量电感的方法



1.1 万用表简介

万用表又称复用表或三用表，是一种多量程和多种电量的便携式复用电气测量仪表。万用表是电工电子制作中必备的测试工具，一般情况下以测量电流（交流电流、直流电流）、电压（交流电压、直流电压）和电阻为主要目标，所以习惯叫做三用表。此外，派生的测量电量还有电平（分贝）、功率、电容、电感和晶体管的主要参数等，由于其用途的多样化，所以叫做万用表。

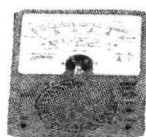
1. 万用表的分类

万用表的种类很多，外形各异，但其基本结构和使用方法是相同的。按万用表的内部结构划分，常用的有指针式万用表和数字式万用表两种。指针式万用表是以机械表头为核心部件构成的多功能测量仪表，所测数值由表头指针指示读取；数字式万用表所测数值由液晶屏幕直接以数字的形式显示，同时还带有某些语音的提示功能。

按万用表的外形划分，有台式万用表、钳式万用表、手持式万用表和袖珍式万用表等。各种常见万用表的外形如图 1.1 所示。



(a) 台式万用表



(b) 指针式万用表



(c) 指针式万用表



(d) 钳式万用表



(e) 数字式万用表



(f) 数字式万用表

图 1.1 常见万用表的外形

2. 选择（转换）开关

万用表由于可用于多种测量，因此必须由转换装置把仪表的电路转换为所选定的测量种类与量程。转换装置通常由选择开关（测量种类、量程选择开关）、接线柱、按钮、插孔等组成。选择（转换）开关是一个多挡位的旋转开关，用来选择测量项目和量程。

3. 表笔和表笔插孔

万用表有红表笔、黑表笔两只表笔，使用时红表笔应插入标有正号（+）的插孔，黑表笔应插入标有负号（- 或 *）的插孔。



1.2 指针式万用表

1.2.1 指针式万用表概述

在 20 世纪 80 年代之前，市场上主要流行的是指针式万用表。指针式万用表的读数精度较数字式万用表稍差，但指针摆动的过程比较直观、明显，其摆动速度和幅度有时也能比较客观地反映被测量值的大小和方向。因此，在工农业生产及电工电子领域中得到广泛应用和推广。

1.2.2 指针式万用表的结构

指针式万用表在结构上由三部分组成：指示部分（表头）、测量电路、转换装置。

（1）指示部分（表头）：通常由磁电式直流微安表（个别为毫安表）组成，表头是灵敏电流计，表头刻度盘上印有多种符号、多种量程的刻度和数值等。表头是万用表的关键部件，万用表的很多重要性能（如灵敏度、准确度等级、阻尼及指针回零位等）大部分都取决于表头的性能。

（2）测量电路：其主要作用是把被测的电量转变成适合表头指示用的电量，例如，将被测的大电流通过分流电阻转换成表头所需的微弱电流；将被测的高电压通过分压电阻转换成表头所需的低电压；将被测的

交流电流（电压）通过电流（电压）互感器及整流器转换为表头所需的直流电流（电压），等等。因此，测量电路通常由分压电阻、分流电阻、电流互感器或电压互感器、整流器等电子元器件组装在电路板上所组成。

（3）转换装置：通常由选择（转换）开关、接线柱、按钮、插孔等组成。

1.2.3 指针式万用表的特点

万用表的重要性能之一是灵敏度。表头的灵敏度是指表头指针由零刻度偏转到满刻度时，动圈中通过的电流值。一般万用表中均不直接标明表头的灵敏度为多少微安，而用其每伏的内阻来表示，即用满刻度指示时测试电流的倒数 Ω/V 来表示。例如，测量 100V 量程的直流电压时，指针满度值的电流为 $50\mu A$ ，则该万用表的内阻 R_i 为

$$R_i = \frac{100V}{50\mu A} = 2M\Omega$$

$$\text{灵敏度} = \frac{\text{电表内阻}}{\text{电压量程}} = \frac{2M\Omega}{100V} = 20000\Omega/V$$

Ω/V 值越大表明表头满刻度电流值越小，表头灵敏度越高。灵敏度越高，则取用被测电路的电流越小，对被测电路正常工作状态的影响就越小，对电工电子电路的测量准确度就越高。

万用表在测量电阻时，需要有一个直流电源供给表头使其指针偏转，一般用内附电池作为直流电源。内附电池通常有两块：一块为低电压的 1.5V；另一块是高电压的 9V 或 15V。万用表的黑表笔所接是表内电池的正极，而红表笔所接是表内电池的负极。

在测量电路是否为通路时，只须测定两点间是否有断路故障存在，而无须测定两点间的电阻值，因此在通路测量时，某些型号的万用表内串联一个蜂鸣器，当被测电路电阻小于一定值（一般为 1Ω ）时，蜂鸣器即发出振动声，以代替表头的指示，根据振动声的有无来判断电路的通断。

磁电式表头能直接测量直流电流，但能够容许通过的电流是有限的，一般最大不超过 300mA。当微小的电流通过表头时，就会有电流