

学习模电三部曲



学习模电 Analog Circuit 三部曲

之基础知识

1

◆ 王学屯 编著



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 基础知识

王学屯 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

《学习模电三部曲》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1本,主要内容为学习模电的过程中需要掌握的基础知识,包括认识与检测电阻、电容器、感性元器件、晶体二极管、晶体三极管、场效应管,电路、电流、电压的基础知识,以及电路图的识读及学模电时的准备工作。

本书起点低,由浅入深、循序渐进,内容结构安排上符合学习的认知规律。本书可作为电子技术爱好者学习电子电路的自学教材,也可作为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. 基础知识/王学屯编著. —北京:电子工业出版社, 2012.9
ISBN 978-7-121-18564-9

I. ①学… II. ①王… III. ①模拟电路-基本知识 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 222321 号

责任编辑:柴 燕(chaiy@phei.com.cn)

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 9 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。

丛 书 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。不论哪一个领域的电子技术，它们都一样的基础知识：电子元器件、模拟电路、数字电路和电路测试、组装技术等。

如果你想做未来的电工/电子/电气工程师、技术员、电子产品售后服务人员，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职业生涯的目标！只要你坚定了信心，并且愿意为此作出不懈的奋斗，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。

纵观现在的大部分参考书和教材，所用的模式都是理论知识多于实践、理论脱钩于实践、实践总结不能升华为理论，最终导致学习者认为理论难、用不上；实践易，但成功了也不明白道理，使学习者的学习兴趣大打折扣。这样势必使学习者在短期内难以适应当前的生产工作。

鉴于上述原因，作者以当前职业教育的特点和多年的实践教学经验与现代企业的需求相结合，编写了本系列丛书，以期使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。

在编写中作者坚持如下理念。

一是以应用为目的，以“必须、够用为度”的原则构建内容和体

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。

为使本丛书更贴近初学者使用，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，本丛书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

丛书共分三册：《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，很好地体现了学习中的认知规律，循序渐进。

2. 案例分析与内容结合紧密，可操作性强

为了便于大家更好的理解和学习，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。这些实训对加强学习者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

本丛书中每一章的案例分析都基本上有两个，内容和形式多样性，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. 本丛书在内容选择上有“三度”原则

一是以“必须”为原则解决内容的“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，解决内容的“难度”问题，具体体现在电路测试与组装技术。力求本丛书内容适合初学者使用，使读者能够真正受益。

【本书章节简介】

章节名称	内容简介
第1章 认识与检测 电阻	电阻是电子产品整机中使用最多的基本元器件之一。它是一种耗能元件，在电路中用于稳定、调节、控制电压或电流的大小，起降压、限流、偏置、耦合、匹配、取样、调节时间常数等作用。本章主要介绍了电阻的分类、型号命名方法、主要参数及其标示方法，并给出两个案例分析：电阻的识别、用万用表检测电阻
第2章 认识与检测 电容器	电容是电子产品整机中大量使用的基本元器件之一。电容器是一种不耗能元件，在电路中用于滤波、耦合、旁路、隔直、退耦、振荡、定时、能量转换等作用。本章主要介绍了电容器的分类、型号命名方法、参数及其标示方法，并给出两个案例分析：电容器的识别、用万用表检测电容器
第3章 认识与检测 感性元器件	电感器和变压器之类统称为感性元器件，在电子电路中经常使用。感性元器件是一种不耗能元器件，主要作用是将电能转换为磁能并储存起来，因此也可以说它是一个储存磁能的组件。在电路中主要用于滤波、储能、缓冲、反馈、变换电压、耦合、匹配、取样、谐振等作用。本章主要介绍了感性元器件的分类、型号命名方法、参数及其标示方法，并给出两个案例分析：感性器件的识别、用万用表检测感性器件
第4章 认识与检测 晶体二极管	半导体器件是组成各种电子电路，包括模拟电路和数字电路、分立元件电路和集成电路的基础。本章初步了解半导体基础知识，了解晶体二极管，掌握各种二极管的作用、外形、检测及其应用。有两个案例分析：二极管的识别、二极管的检测
第5章 认识与检测 晶体三极管	半导体三极管是组成各种电子放大电路及开关电路的主要器件，电子电路若离开了三极管将是“一事无成”的。本章初步了解半导体三极管的基础知识，掌握各种三极管的外形、作用、检测及其应用。有两个案例分析：三极管的识别、三极管的检测
第6章 认识与检测 场效应管	场效应管从外形上看也是三个电极的半导体器件，但是它们的内部结构、工作原理和普通三极管有很大差别。场效应管是利用输入电压产生电场效应来控制输出电流的器件，称之为电压控制型器件。本章主要介绍了场效应管、场效应管的放大电路、命名方法等，并给出两个案例分析：场效应管的识别、场效应管的检测
第7章 电路及电路 图的识读	本章主要介绍了电路和电流、电压的一些基本概念，有两个案例分析：电路图的分类、识读电路图的要求与技巧
第8章 学模电时的 准备工作	初学者学习模拟电路，不能只“纸上谈兵”，要学中练，练中总结与提高，这里的“练”是指实验电路的搭接，或实验平台的搭建。为此，本章介绍实验平台的搭建、搭建电路的故障检查及数据记录。“实验平台的搭建”是解决实际电路的制作，“搭建电路的故障检查”是排查搭建电路为什么不成功的原因，“数据记录”是验证理论的重要依据

本书由王学屯编著，参加编写的还有高选梅、孙文波、王墨敏、王米米、赵伟、王琼琼、宋妍玲、耿世昌、刘军朝等。本书在编写过程中，还参考了其他的大量相关书目及资料，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 年 5 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第1章 认识与检测电阻	1
1.1 电阻的分类	2
1.2 电阻的型号命名方法	4
1.3 电阻的主要参数	5
1.4 电阻的标示	7
1.5 案例分析	11
1.5.1 电阻的识别	11
1.5.2 用万用表检测电阻	13
自学成果测试1	26
第2章 认识与检测电容器	29
2.1 电容器的分类	30
2.2 电容器型号命名方法	31
2.3 电容器的参数	32
2.4 电容器的标示	33
2.5 案例分析	36
2.5.1 电容器的识别	36
2.5.2 用万用表检测电容器	39
自学成果测试2	44
第3章 认识与检测感性元器件	46
3.1 感性元器件的分类	47
3.2 感性元器件型号命名方法	59
3.3 感性元器件的参数	60
3.4 感性元器件的标示	60
3.5 案例分析	61
3.5.1 感性元器件的识别	61

3.5.2 用万用表检测感性元器件	63
自学成果测试 3	70
第4章 认识与检测晶体二极管	72
4.1 半导体基础知识	74
4.1.1 本征半导体锗和硅	74
4.1.2 “N型”半导体和“P型”半导体	75
4.1.3 PN结	77
4.2 各种二极管	79
4.2.1 二极管结构、分类、外形与符号	79
4.2.2 二极管伏安特性	81
4.2.3 二极管的主要技术指标	83
4.2.4 各种二极管的应用	83
4.3 二极管的型号命名法	94
4.3.1 国产普通二极管的型号命名法	94
4.3.2 国产发光二极管型号命名法	96
4.3.3 日本产品晶体管型号命名法	96
4.3.4 美国产品晶体管型号命名法	98
4.3.5 国际电子联合会半导体器件命名法	99
4.3.6 二极管的识别	101
4.3.7 二极管的检测	102
自学成果测试 4	109
第5章 认识与检测晶体三极管	114
5.1 三极管结构、分类、外形与符号	116
5.1.1 三极管的结构与符号	116
5.1.2 三极管的分类与外形	117
5.2 三极管电流分配原则及放大作用	123
5.3 三极管的特性曲线及主要参数	125
5.3.1 三极管的特性曲线	125
5.3.2 三极管的主要参数	128
5.4 三极管的命名方法	131
5.4.1 国产三极管型号的命名方法	131

5.4.2	美国晶体管标准型号命名方法	132
5.4.3	日本半导体器件型号命名法	133
5.5	案例分析	134
5.5.1	三极管的识别	134
5.5.2	三极管的检测	141
	自学成果测试5	147
第6章	认识与检测场效应管	150
6.1	场效应管	151
6.1.1	结型场效应管	151
6.1.2	绝缘栅型场效应管	152
6.2	场效应管的放大电路	153
6.3	场效应管的命名方法	155
6.4	案例分析	157
6.4.1	场效应管的识别	157
6.4.2	场效应管的检测	158
	自学成果测试6	158
第7章	电路及电路图的识读	160
7.1	电路	162
7.1.1	电路及组成	162
7.1.2	简单电路图	163
7.1.3	电路的状态	164
7.2	电流	165
7.2.1	电流的种类	165
7.2.2	电流的大小与方向	166
7.3	电压	167
7.3.1	电位	167
7.3.2	电压(电位差)	168
7.3.3	电动势	171
7.3.4	电流、电压与电动势之间的关系	172
7.4	案例分析	173
7.4.1	电路图的分类	173

X 学习模电三部曲之基础知识

7.4.2 识读电路图的要求与技巧	176
自学成果测试 7	181
第 8 章 学模电时的准备工作	186
8.1 模电实验平台搭建的几种方案	188
8.1.1 免焊万用板	188
8.1.2 洞洞板	191
8.1.3 电子电工实验平台	193
8.1.4 印制电路板的手工制作	195
8.2 电路的故障检查	203
8.2.1 串联电路的故障检查	204
8.2.2 并联电路的故障检查	209
8.2.3 混联电路的故障检查	212
8.3 数据记录与总结	214
8.4 案例分析	215
8.4.1 用万用表检查电路	215
自学成果测试 8	217
答案	220
参考文献	229

第1章

认识与检测电阻

电阻器简称电阻，是电子产品整机中使用最多的基本元器件之一。电阻是一种耗能元件，在电路中用于稳定、调节、控制电压或电流的大小，起降压、限流、偏置、耦合、匹配、取样、调节时间常数等作用。

【本章知识点】

- 电阻的分类
- 电阻的型号命名方法
- 电阻的主要参数
- 电阻的标示
- 电阻的识别
- 用万用表检测普通电阻
- 用万用表检测可变电阻
- 用万用表检测特殊电阻

【学习目标】

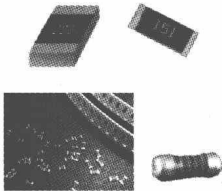
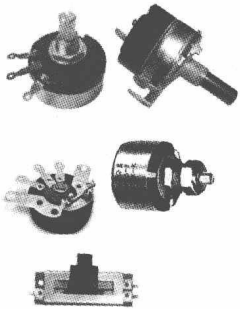
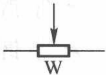
- 了解电阻的分类方式及类型
- 了解各类电阻的外形及特点
- 理解电阻和电位器的型号命名方法
- 牢记各种电阻的符号表示方法
- 掌握电阻的主要技术参数及指标
- 掌握电阻的识别及选用
- 掌握用万用表检测与判断电阻
- 熟练掌握电阻阻值的表示方法
- 熟练识读色环电阻



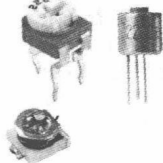
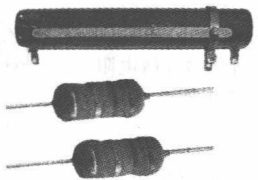
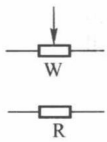
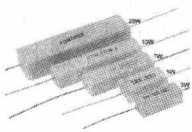
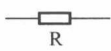
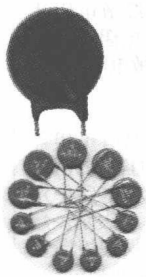
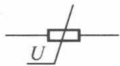
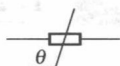
1.1 电阻的分类

电阻按其其在印制板上的安装方式分,有通孔式(THT)和表面组装式(简称贴片式SMT);按其阻值是否变化分,有固定式和可变式,可变式又可分为微调电阻与电位器;按其制造工艺或材料分,有合金型、薄膜型、合成型等;按其使用范围及用途分,有普通型、精密型、高频型、高压型、高阻型、敏感型、集成电阻(排阻)等;按功率分,常见的有1/8W、1/4W、1/2W、1W等。常见电阻的外形、特点及电路符号如表1.1所示。

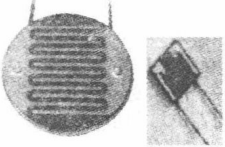
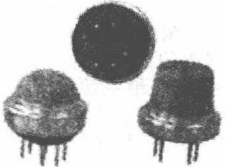
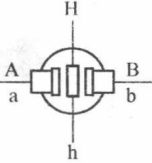
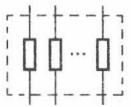
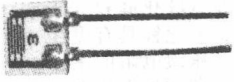
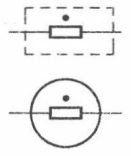
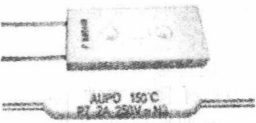
表 1.1 电阻器的外形、特点及电路符号

种类	外 形	特 点	电 路 符 号
THT 固定 电阻		只有两个引脚沿中心轴线伸出,一般不区分正负极。常有碳膜电阻、合成碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻、化学沉积膜电阻、玻璃釉膜电阻、金属氮化膜电阻等	
SMT 固定 电阻		贴片电阻是金属玻璃釉电阻的一种形式,它的电阻体是可靠的钎系列玻璃釉材料经过高温烧结而成的,电极采用银钯合金浆料。体积小,精度高,稳定性好,由于其为片状元件,所以高频性能良好。贴片电阻一般两端为银白色,中间大部分为黑色,一般采用数标法表示	
电位器		合成碳膜电位器,它的电阻体是用经过研磨的碳黑、石墨、石英等材料涂敷于基体表面而成,该工艺简单,是目前应用最广泛的电位器。特点是分辨力高、耐磨性好寿命较长。缺点是电流噪声、非线性大、耐潮性及阻值稳定性差	

续表

种类	外形	特点	电路符号
微调电阻器		微调电阻器一般有三个引脚，由 2 个定片引脚和 1 个动片引脚组成，设有一个可变动片，从而可改变电阻器的电阻值	
线绕电阻		线绕电阻是用高阻合金线绕在绝缘骨架上制成的，外面涂有耐热的釉绝缘层或绝缘漆。它具有较低的温度系数、阻值精度高、稳定性好、耐热耐腐蚀的优点；缺点是高频性能差，时间常数大。主要用作精密大功率电阻使用	
水泥电阻		水泥电阻是采用陶瓷、矿质材料封装的电阻元件，其特点是功率大，电阻值小，具有良好的阻燃、防爆特性	
压敏电阻		压敏电阻主要有碳化硅和氧化锌压敏电阻，氧化锌具有更多的优良特性。压敏电阻的主要特性是：当两端所加电压在标称额定值以内时，其电阻值几乎为无穷大处于高阻状态，对受保护的电子器件（或电路）没有影响；当两端电压稍微（瞬间过高）超过额定电压时，其电阻值急剧下降，立即处于导通状态，从而使原电路短路，保护受保护电路或组件	
热敏电阻		热敏电阻是利用导体的电阻随温度变化的特性制成的测温元件。热敏电阻按阻值的温度系数可分为正温度系数热敏电阻（PTC）和负温度系数热敏电阻（NTC）两种	

续表

种类	外形	特点	电路符号
光敏电阻		光敏电阻是电导率随着光力量的变化而变化的电子元件,当某种物质受到光照时,载流子的浓度增加从而增加了电导率,这就是光电导效应	
气敏电阻		利用某些半导体吸收某种气体后发生氧化还原反应制成,主要成分是金属氧化物,主要品种有:金属氧化物气敏电阻、复合氧化物气敏电阻、陶瓷气敏电阻等	
排电阻		排电阻是厚膜网络电阻,俗称排阻,通过在陶瓷基片上丝网印刷形成电极和电阻,并印有玻璃保护层。有坚硬的钢夹接线柱,用环氧树脂封装。适用于密集度高的电路装配	
湿敏电阻		湿敏电阻主要由感湿层、电极、绝缘体组成,湿敏电阻主要包括氯化锂湿敏电阻、碳湿敏电阻、氧化物湿敏电阻器	
熔断电阻		熔断电阻是一种具有电阻器和熔断器双重作用的特殊元件,又称保险电阻。它在电路中用字母“RF”或“R”表示。熔断电阻可分为可恢复式熔断电阻和一次性熔断电阻两种	



1.2 电阻的型号命名方法

根据国家标准 GB2470 的规定,国产电阻的型号由四部分组成(不适用敏感电阻器),各部分含义如表 1.2 所示,命名方法如下。

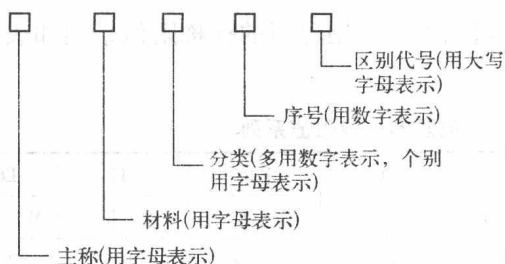


表 1.2 电阻（位）器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
R	电阻器	T	碳膜	1, 2	普通	表示同类产品不同品种, 以区分产品的外型尺寸和性能指标等。 包括: 额定功率、阻值、允许误差、精度等级等
W	电位器	H	合成碳膜	3	超高频	
		P	硼碳膜	4	高阻	
		U	硅碳膜	5	高温	
		C	沉积膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	
			金属膜	9	特殊	
			氧化膜	G	高功率	
		J	有机实心			
		Y	无机实心	T	可调	
		S	线绕	X	小型	
			热敏	L	测量	
		N	光敏	W	微调	
			压敏	D	多圈	
		X				
		R				
		G				
		M				

例如, RT11 型为普通碳膜电阻; RJ52 型为金属膜高温电阻。



1.3 电阻的主要参数

电阻的主要参数指标有标称阻值、允许误差（精密等级）、额定功率等。

1. 标称阻值

电阻体上面所标示的阻值称为标称阻值。国标规定了一系列阻值作