

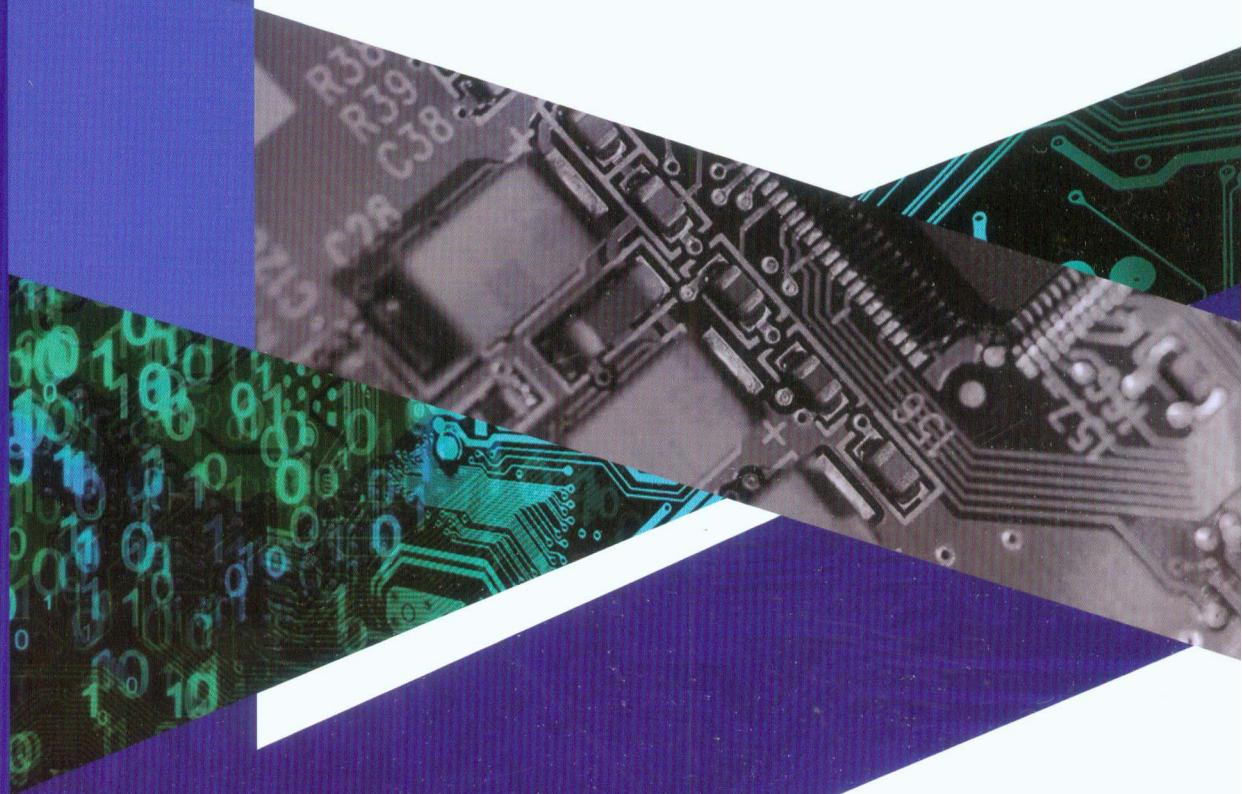
NEW  
全新版  
\*\*\*

高等学校实验课系列教材

GAODENG XUEXIAO SHIYANKE XILIE JIAOCAI

# 电路与电子技术 实验

主 编 邓泽霞



重庆大学出版社

## 内容提要

电子技术是一门应用性、实践性很强的学科,电子技术实验是学习和研究电子技术学科的重要手段,既是对理论的验证、实施,还是对理论的进一步研究与探索。它是电气工程、自动化、电子信息工程、通信工程、测控技术及仪器、生物医学和计算机技术等专业的重要技术基础课,是这一课程体系不可缺少的重要实践教学环节。

《电路与电子技术实验》全书共6部分,主要内容包括:电子测量基础、电路基础实验、模拟电路实验、数字电子技术基础实验、综合设计性实验以及附录。

全书包含各类实验项目共34项,实验项目的设置基本满足了创新型和应用型人才培养不同层次的教学需求,任课教师可根据需要灵活选用。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类、自动化类、计算机类、仪器仪表类本科专业电子技术实验教学和课程设计的教材,高职高专相关专业也可选作教材,也可作从事电子技术的工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验 / 邓泽霞主编. --重庆:重庆大学出版社,2019.8

ISBN 978-7-5689-1554-0

I. ①电… II. ①邓… III. ①电路—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材 IV.

①TM13-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第093103号

## 电路与电子技术实验

DIANLU YU DIANZIJI SHU SHIYAN

主 编 邓泽霞

副主编 陈古波 张 里 古良玲

参 编 向险峰 张 静 李 民

责任编辑:鲁 黎 版式设计:鲁 黎

责任校对:邬小梅 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

中雅(重庆)彩色印刷有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:11.5 字数:258千

2019年8月第1版 2019年8月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-1554-0 定价:35.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

电路与电子技术实验是高等教育工科院校实践环节的一个重要组成部分。通过对这门课程的学习,学生可将电路电子技术基础理论与实际操作有机地结合起来,加深对理论知识的理解,逐步培养和提高自己的实验能力、实际操作能力、独立分析问题的能力和解决问题的能力,以及创新思维能力和理论联系实际的能力。

本书第1章为电子测量基础,主要介绍电路电子测量的一些基础知识和 Multisim 仿真软件的使用,让学生对电子元器件、电子参数的基本测试方法、电子电路的设计方法以及 Multisim 仿真软件的使用有一定了解;第2章为电路基础实验项目;第3章为模拟电子技术基础实验项目;第4章为数字电子技术基础实验项目,使学生熟练运用各种单元电路,能进行各种电参数的测量,以及掌握各种集成电路的功能和基本应用;第5章为综合设计性实验项目,可提高学生对基础知识、基本实验技能的运用能力,以加深对单元功能电路的理解,掌握各功能电路之间参数的衔接和匹配关系,提高学生综合运用知识的能力。附录列出了部分集成电路的引脚排列,便于同学们查阅。本书中实验要求学生预习时对实验内容进行仿真,仿真完成之后再到实验室进行实物实验,将实物实验与虚拟仿真实验有机地结合起来。本书将许多在实验室中无法进行的实验操作或操作难度大的实验内容通过上机进行仿真,极大地丰富了实验内容。

本书由邓泽霞任主编,陈古波、张里、古良玲任副主编,向险峰、张静、李民参编。编写分工如下:第1章和第3章由邓泽霞、陈古波编写,第2章由邓泽霞、向险峰和李民编写,第4章由古良玲、张静编写,第5章和附录由邓泽霞、张里编写。全书由邓泽霞负责统稿。

本书在编写过程中得到重庆理工大学电工电子技术实验中心各位领导及老师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!由于编者水平有限,教材中的不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2019年2月

# 目 录

第 1 章 电子测量基础 .....	1
1.1 电路与电子技术实验的意义及一般过程 .....	1
1.2 常用电子元件基础知识 .....	2
1.3 常用电子仪器 .....	8
1.4 电子电路的设计、调试与故障检测 .....	12
1.5 Multisim 仿真软件介绍 .....	22
第 2 章 电路基础实验 .....	36
2.1 元件伏安特性的测试 .....	36
2.2 线性有源二端网络等效参数的测定 .....	38
2.3 一阶电路的响应 .....	41
2.4 二阶动态电路的研究 .....	44
2.5 正弦稳态交流电路向量的研究 .....	47
2.6 三相交流电路的电压和电流 .....	50
第 3 章 模拟电路实验 .....	55
3.1 常用电子仪器的使用 .....	55
3.2 单管放大电路的仿真 .....	60
3.3 单管放大电路 .....	66
3.4 射极跟随器 .....	72
3.5 负反馈放大器 .....	74
3.6 差动放大器 .....	77
3.7 模拟运算电路 .....	80
3.8 电压比较器 .....	84
3.9 波形产生电路 .....	87
3.10 有源滤波器 .....	91
3.11 OTL 功率放大器 .....	96
3.12 集成功率放大器 .....	100
3.13 LC 正弦波振荡器 .....	103
3.14 直流稳压电源 .....	105

<b>第 4 章 数字电子技术基础实验</b> .....	109
4.1 组合逻辑电路设计 .....	109
4.2 译码器及其应用 .....	112
4.3 数据选择器及其应用 .....	118
4.4 触发器及其应用 .....	123
4.5 计数器及其应用 .....	129
4.6 移位寄存器及其应用 .....	133
4.7 脉冲分配器及其应用 .....	137
4.8 使用电路产生脉冲信号——自激多谐振荡器 .....	140
4.9 555 多谐振荡器 .....	142
4.10 D/A、A/D 转换器 .....	147
<b>第 5 章 综合设计性实验</b> .....	153
5.1 电子秒表 .....	153
5.2 交通灯控制电路的设计 .....	157
5.3 智力竞赛抢答器 .....	162
5.4 简易数显频率计的设计 .....	165
<b>附录</b> .....	168
附录 1 TTL 集成电路和 CMOS 集成电路使用规则 ...	168
附录 2 部分集成电路引脚排列 .....	169
<b>参考文献</b> .....	177

# 第 1 章

## 电子测量基础

---

### 1.1 电路与电子技术实验的意义及一般过程

#### 1.1.1 实验的目的和意义

电路与电子技术实验是自动化、电子信息工程、通信工程等专业的一个重要技术基础课,它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。在实际工作中,电子技术人员需要分析器件、电路的工作原理;验证器件、电路的功能;对电路进行调试、分析,排除电路故障;测试器件、电路的性能指标;设计、制作各种实用电路的样机。这些都离不开实验。此外,通过实验可以培养学生严谨的工作作风,严肃认真、实事求是的科学态度,刻苦钻研、勇于探索和创新的开拓精神,遵守纪律、团结协作的优秀品质。

#### 1.1.2 实验的基本过程

##### (1) 实验前的预习

认真阅读实验教材,明确实验目的、任务,了解实验内容。复习有关理论知识,并进行必要的估算,认真完成所要求的电路设计任务。根据实验内容拟好实验步骤,选择测试方案,用 Multisim 仿真软件对实验内容进行仿真。设计记录表格,了解注意事项,解答思考题等,写出预习报告。

##### (2) 实验过程

学生首次进入实验室要熟悉实验室的环境,了解实验室的规则,自觉遵守实验室的各项规章制度,保证实验室有良好的实验秩序、实验环境,要注意人身安全和仪器设备安全。

按照实验方案进行电子实验线路的安装与接线,检查无误后通电。学生要精心操作,认真观察实验现象,准确记录实验现象和实验数据(包括波形等)。如果发现有误,要分析原因,排除故障(应记录故障现象和排除故障的方法)。如果发生安全事故,应立即切断电源,报告老师。

实验内容完成之后,要将实验记录交给老师审阅,得到老师同意后再拆除线路,清理现场。

实验过程中出现了一些在预习时没有预料到的故障和问题是正常现象,实验者通过思考和分析,独立地排除故障,解决问题的过程是积累经验、增长知识的过程,从中可以得到提高和锻炼。

### (3) 实验报告的撰写

实验报告是实验结果的总结和反映,也是实验课的继续和提高。通过撰写实验报告,使知识条理化,可以培养学生综合分析问题的能力。撰写一份高质量的实验报告必须做到以下几点:

①以实事求是的科学态度认真做好各次实验。在实验过程中,对读测的各种原始实验数据应按实际情况记录下来,不应擅自修改,更不能弄虚作假。

②对测量结果和所记录的实验现象,要会正确分析与判断,不能对测量结果的正确与一无所知,以致出现因数据错误而重做实验的情况。如果发现数据有问题,要认真查找线路并分析原因。数据经初步整理后,请指导老师审核签字认可,然后才可拆线。

③实验报告的主要内容包括以下几个方面:

【实验目的】

【实验原理】

【实验电路图】

【实验设备、器材】

【实验方案、步骤】

【实验数据、波形和现象的相关计算、分析、处理结果】

【实验结论】

【实验中问题的处理、讨论和建议,收获和体会】

【附实验的原始数据记录】(老师签字确认)

在撰写实验报告时,常常要对实验数据进行科学的处理,才能找出其中的规律,并得出有用的结论。常用的数据处理方法是列表和制图。实验所得的数据可分类记录在表格中,这样便于对数据进行分析 and 比较。实验结果也可绘成曲线直观地表示出来。在作图时,应合理选择坐标刻度和起点位置(坐标起点并不一定要从零开始),并绘图。当标尺范围很宽时,应采用对数坐标纸。另外,在波形图上通常还应标明幅值、周期等参数。

## 1.2 常用电子元件基础知识

### 1.2.1 电阻器

电阻器的种类很多,从构成材料来分,有碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等多种。从结构形式来分,有固定电阻器、可变电阻器。其中固定电阻器用途最广泛。

电阻的单位及换算:

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻在电路中通常起分压限流的作用,对信号来说,交流与直流信号都可以通过电阻。

电阻器的主要参数有:标称阻值、允许误差、标称功率、最大工作电压、温度系数、噪声等。电阻器的参数标注方法有直标法、文字符号法、色标法和数码法。

#### (1) 直标法

采用直标法的电阻器,其电阻值用阿拉伯数字、允许误差用百分数直接标注在电阻器的表面上。额定功率较大的电阻器,将额定功率也直接标注在电阻器上。例如, $2.2 \times (1 \pm 5\%) \text{k}\Omega$ 等。

#### (2) 文字符号法

采用文字符号法标注参数的电阻器,其电阻值用数字与符号组合在一起表示。

通常,文字符号  $\Omega$ 、K、M 前面的数字表示整数电阻值,文字符号后面的数字表示小数点后面的小数阻值。允许误差用符号表示。例如,3R3K 表示电阻器的电阻值为  $3.3 \Omega$ ,允许误差为  $\pm 10\%$ ;4K7J 表示电阻器的电阻值为  $4.7 \text{k}\Omega$ ,允许误差为  $\pm 5\%$ 。

#### (3) 数码法

用三位或四位数字(精密电阻)表示电阻器的标称值,用字母表示允许误差。前两位或三位表示有效数字,最后一位表示有效数字乘以 10 的幂次数。如 103 其阻值大小为  $10 \times 10^3 \Omega = 10 \text{k}\Omega$ ,5110 其阻值大小为  $511 \times 10^0 \Omega = 511 \Omega$ 。

#### (4) 色标法

色标法就是规定一种颜色代表一个数字,用标在电阻器上的不同颜色的色环来标注电阻值和允许误差,如图 1-2-1 所示。

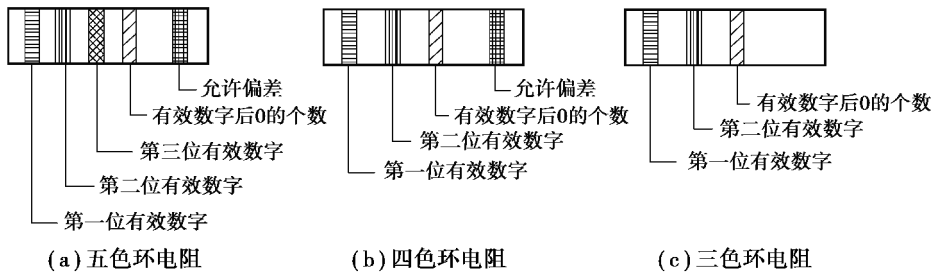


图 1-2-1 色环电阻

色环电阻器分为三色环、四色环和五色环 3 种,对三、四色环,第 1、2 环表示电阻值的前两位有效数字,第 3 环表示有效数字后面 0 的个数,其单位为  $\Omega$ ,第 4 环表示允许误差(三色环电阻无误差色环)。对五色环电阻器,第 1、2、3 环表示有效数字,第 4 环表示有效数字后面 0 的个数,第 5 环表示误差。表 1-2-1 列出了各种颜色的色环所代表的数字。

表 1-2-1 电阻的色标位置和倍率关系表

颜色	有效数字	倍率	允许偏差/%
棕色	1	$10^1$	$\pm 1$
红色	2	$10^2$	$\pm 2$
橙色	3	$10^3$	—
黄色	4	$10^4$	—

续表

颜色	有效数字	倍率	允许偏差/%
绿色	5	$10^5$	$\pm 0.5$
蓝色	6	$10^6$	$\pm 0.2$
紫色	7	$10^7$	$\pm 0.1$
灰色	8	$10^8$	—
白色	9	$10^9$	-20~+5
黑色	0	$10^0$	—
金色	—	$10^{-1}$	$\pm 5$
银色	—	$10^{-2}$	$\pm 10$
无色	—	—	$\pm 20$

### 1.2.2 电容

常用电容器有固定电容器、可变电容器及微调电容器 3 种。固定电容器用途广泛,应注意有极性电容器的正负极在电路中不能接错。电容在电路中一般用“C”加数字表示。电容是由两片金属膜紧靠,中间用绝缘材料隔开而组成的元件。电容的特性主要是隔直流通交流。电容容量的大小就是表示能储存电能的大小,电容对交流信号的阻碍作用称为容抗,它与交流信号的频率和电容量有关。容抗  $X_C = 1/2\pi fC$ ,其中,  $f$  表示交流信号的频率,  $C$  表示电容量。

电容的单位及换算:

$$1 \text{ F} = 10^3 \text{ mF} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{ nF} = 10^{12} \text{ pF}$$

电容器的标注方法与电阻的识别方法基本相同,分为直接表示法、数码表示法和色码表示法 3 种。

#### (1) 直接表示法

图 1-2-2 所示为直接表示法标注的电容,其容量依次为  $220 \mu\text{F}$ ,  $0.01 \mu\text{F}$ ,  $30 \text{ pF}$ ,  $2\ 200 \text{ pF}$ ,  $0.56 \mu\text{F}$ 。注意有些电容用字母表示小数点,如 R56  $\mu\text{F}$  表示  $0.56 \mu\text{F}$ , 1P2 表示  $1.2 \text{ pF}$ , 1m5 表示  $1\ 500 \mu\text{F}$ 。

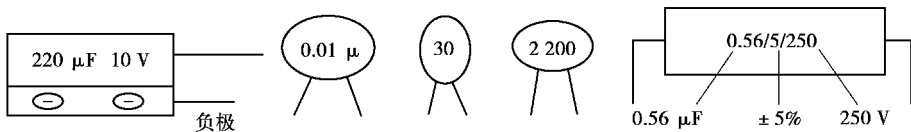


图 1-2-2 直接表示法标注的电容

#### (2) 数码表示法

图 1-2-3 所示为数码表示法标注的电容:一般用三位数字表示容量大小,前两位表示有效数字,第三位数字是倍率。数码表示的电容量单位默认为 pF。如图 1-2-3(a)、(b)、(c) 所示, 103 表示  $10 \times 10^3 \text{ pF} = 0.01 \mu\text{F}$ , 224 表示  $22 \times 10^4 \text{ pF} = 0.22 \mu\text{F}$ , 152 表示  $15 \times 10^2 \text{ pF} = 1\ 500 \text{ pF}$ 。(有一

种特例,第三位用9表示,此电容的容量有效数字乘上 $10^{-1}$ 。如图1-2-3(d)中229表示 $22 \times 10^{-1} \text{pF} = 2.2 \text{pF}$ 。

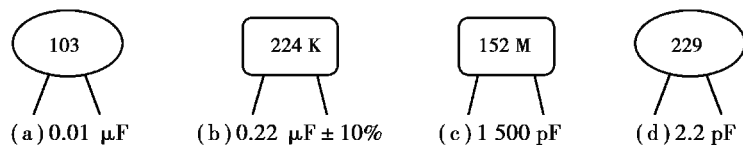


图 1-2-3 数码表示法标注的电容

### (3) 色码表示法

顺引线方向,第一、二色码表示电容量值的有效数字,黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白分别代表0~9十个数字。第三色环码表示后面零的个数。色码表示的电容量单位也是 $\text{pF}$ 。图1-2-4(a)中表示 $47 \times 10^3 \text{pF} = 0.047 \mu\text{F}$ ;图1-2-4(b)中表示 $15 \times 10^4 \text{pF} = 0.15 \mu\text{F}$ ;图1-2-4(c)中表示 $22 \times 10^3 \text{pF} = 0.022 \mu\text{F}$ 。

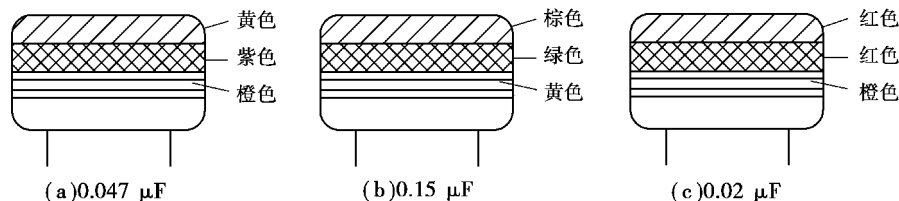


图 1-2-4 色码表示法标注的电容

### (4) 电容量的误差表示方法

①直接表示法。例如 $10 \pm 0.5 \text{pF}$ ,误差就是 $\pm 0.5 \text{pF}$ 。如图1-2-2所示电容器上0.56右边的“5”表示误差为 $\pm 5\%$ 。

#### ②字母码表示

符 号	F	G	J	K	L	M
允许误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$

例如,图1-2-3所示电容中224K表示 $0.22 \mu\text{F} \pm 10\%$ ,152M表示 $1\ 500 \text{pF} \pm 20\%$ 。

### (5) 在实际维修中,电容器的故障表现

- ①引脚腐蚀致断的开路故障。
- ②脱焊和虚焊的开路故障。
- ③漏液后造成容量小或开路故障。
- ④漏电、严重漏电和击穿故障。

## 1.2.3 电感

电感线圈是将绝缘的导线在绝缘的骨架上绕一定的圈数制成。直流可通过线圈,直流电阻就是导线本身的电阻,压降很小;当交流信号通过线圈时,线圈两端将会产生自感电动势,自感电动势的方向与外加电压的方向相反,阻碍交流的通过,所以电感的特性是通直流阻交流,频率越高,线圈阻抗越大。电感在电路中可与电容、电阻等组成振荡电路。电感器的标识方法有直标法、文字符号法、数码标注法及色标法等。

### (1) 直标法

一般都标明了单位,很容易理解和识别。

### (2) 文字符号法

用单位的文字符号表示,当单位为  $\mu\text{H}$  时,用 R 作为小数点位置,其他与电阻器的标注相同,如 4R7M 为  $4.7 \mu\text{H}$ ,R33 为  $0.33 \mu\text{H}$ 。

### (3) 数码标注法

与电阻器一样,前面的两位数为有效数,第三位数为零的个数或倍率 ( $10^n$ ),单位为  $\mu\text{H}$ 。

### (4) 色标法

色环电感识别方法与电阻是相同的。在色环电感中,前面两条色环代表的数为有效值,第三条色环代表的数为零的个数或倍率 ( $10^n$ )。

电感的基本单位为:亨(H)换算单位有: $1 \text{H} = 10^3 \text{mH} = 10^6 \mu\text{H}$ 。

## 1.2.4 晶体二极管

晶体二极管的主要特性是单向导电性,也就是在正向电压的作用下,导通电阻很小;而在反向电压作用下导通电阻极大或无穷大。正因为二极管具有上述特性,无绳电话机中常把它用在整流、隔离、稳压、极性保护、编码控制、调频调制和静噪等电路中。

识别方法:二极管的识别很简单,小功率二极管的 N 极(负极),在二极管外表面大多采用一种色圈标出来,有些二极管也用二极管专用符号来表示 P 极(正极)或 N 极(负极),也有采用符号标志“P”“N”来确定二极管极性的。发光二极管的正负极可从引脚长短来识别,长脚为正,短脚为负。

测试注意事项:用数字式万用表测二极管时,红表笔接二极管的正极,黑表笔接二极管的负极,此时测得值是二极管的正向导通压降,这与指针式万用表测试时的判断方法是不一样的。

## 1.2.5 稳压二极管

稳压二极管的稳压原理:稳压二极管的特点就是反向击穿后,其两端的电压基本保持不变。这样,当把稳压管接入电路以后,若由于电源电压发生波动,或其他原因造成电路中各点电压变动时,负载两端的电压将基本保持不变。

故障特点:稳压二极管的故障主要表现在开路、短路和稳压值不稳定。在这 3 种故障中,前一种故障表现出电源电压升高;后两种故障表现为电源电压变低到零伏或输出不稳定。

## 1.2.6 晶体三极管

晶体三极管的特点:晶体三极管(简称三极管)是内部含有 2 个 PN 结,并且具有电流放大能力的特殊器件。它分为 NPN 型和 PNP 型,这两种类型的三极管在工作特性上可互相弥补,OTL 电路中的对管就是由 PNP 型和 NPN 型配对使用。晶体三极管主要用在放大电路中起放大作用。

## 1.2.7 场效应晶体管放大器

场效应晶体管具有较高输入阻抗和低噪声等优点,因而也被广泛应用于各种电子设备中。尤其是用场效应管做整个电子设备的输入级,可以呈现一般晶体管很难达到的性能。

场效应管分成结型和绝缘栅型两大类,属于电压控制型半导体器件。

场效应管与晶体管的比较:

①场效应管是电压控制元件,而晶体管是电流控制元件。在只允许从信号源取较少电流的情况下,应选用场效应管;而在信号电压较低,又允许从信号源取较多电流的条件下,应选用晶体管。

②场效应管是利用多数载流子导电,所以称之为单极型器件;而晶体管是既有多数载流子,也利用少数载流子导电,被称为双极型器件。

③有些场效应管的源极和漏极可以互换使用,栅压也可正可负,灵活性比晶体管好。

④场效应管能在很小电流和很低电压的条件下工作,而且它的制造工艺可以很方便地把很多场效应管集成在一块硅片上,因此,场效应管在大规模集成电路中得到了广泛应用。

### 1.2.8 集成块

集成块(IC)也称集成电路,又称为集成电路,是指将很多微电子器件集成在芯片上的一种高级微电子器件。通常使用硅为基础材料,在上面通过扩散或渗透技术形成N型和P型半导体及PN结。

集成电路是半导体集成电路,即以半导体材料为基片,将至少有一个是有源元件的两个以上元件和部分或者全部互联线路集成在基片之中或者基片之上,以形成某种电子功能的中间产品或者最终产品。

集成器件常见的封装有扁平 and 双列直插两种形式,使用时必须确定器件的正方向。扁平式的正方向是以印有器件型号字样为标识,使用者观察字是正的为正方向。双列直插式是以一个凹口(或一个小圆孔)置于使用者左侧时为正方向。正方向确定后,器件的左下角为第1脚,其余引脚从1号引脚开始按逆时针方向依次增加编号。需要注意的是:

①DIP封装的器件有两列引脚,两列引脚之间的距离能够做微小改变,但引脚间距不能改变。将器件插入实验平台上的插座(面包板)或从其上拔出时要小心,不要将器件引脚弄弯或折断。

②74系列器件一般右下角的最后一个引脚是GND,右上角的引脚是 $V_{CC}$ 。

因此,使用集成电路器件时要先看清楚它的引脚排列图,找对电源和地的引脚,避免因接线错误而造成器件损坏。

### 1.2.9 LED七段数码显示器件

由7个发光二极管构成七段字形,它是将电信号转换为光信号的固体显示器件,通常由磷化砷化镓(GaAsP)半导体材料制成,故又称为GaAsP七段数码管,其最大工作电流为10mA或15mA,分共阴和共阳两类品种。常用共阴型号有BS201、BS202、BS207、LCS011-11等,共阳型号有BS204、BS206、LA5011-11等。

#### (1) LED七段数码管的主要特点

①能在低电压、小电流条件下驱动发光,能与CMOS、ITL电路兼容。

②发光响应时间极短( $<0.1\mu\text{s}$ ),高频特性好,单色性好,亮度高。

③体积小,质量轻,抗冲击性能好。

④寿命长,使用寿命在10万h以上,甚至可达100万h,故成本低。

因此它被广泛用作数字仪器仪表、数控装置、计算机的数显器件。

## (2) LED 七段数码管的判别方法

### 1) 共阳共阴极好坏判别

先确定显示器的两个公共端,两者是相通的。这两端可能是两个地端(共阴极),也可能是两个  $V_{CC}$  端(共阳极),然后采用万用表判别普通二极管正、负极的方法,即可确定出是共阳还是共阴,好坏也随之确定。

### 2) 字段引脚判别

将共阴显示器公共端(COM)接电源  $V_{CC}$  的负极,  $V_{CC}$  正极通过  $500\ \Omega$  左右限流电阻分别接七段引脚,则根据发光情况可以判别出 a、b、c、d、e、f、g 七段。对共阳显示器,将它的公共端(COM)接电源  $V_{CC}$  的正极,再将  $500\ \Omega$  左右限流电阻一端接地,另一端分别接显示器各字段引脚,则七段分别发光,从而判断之。

## (3) 使用注意事项

①对于型号不明、又无管脚排列图的 LED 七段数码管,用数字万用表的二极管挡可完成下列工作:

a. 判定数码管的结构形式(共阴或共阳);

b. 识别管脚;

c. 检查全亮笔段。可预先假定某个电极为公共极,然后根据笔段发光或不发光加以验证。当笔段电极接反或公共极判断错误时,该笔段就不能发光。

②LED 七段数码管每笔画工作电流  $I_{LED}$  为  $5\sim 10\text{ mA}$ ,若电流过大会损坏数码管,因此必须加限流电阻,限流电阻阻值可按下式计算:

$$R = (U_0 - U_{LED}) / I_{LED}$$

其中  $U_0$  为加在 LED 两端电压,  $U_{LED}$  为 LED 七段数码管每笔画压降(约  $2\text{ V}$ )。

③检查时若发光暗淡,说明器件已老化,发光效率太低。如果显示的笔段残缺不全,说明数码管已局部损坏。

## 1.3 常用电子仪器

### 1.3.1 万用表

万用表是一种多用途、多量程的便携式仪器,它可以进行交、直流电压和电流、电阻等多种电量的测量。

万用表分为指针式模拟万用表和数字式万用表两种。下面对数字万用表进行简单介绍。

#### (1) 使用方法

①使用前,应认真阅读使用说明书,熟悉电源开关、量程开关、插孔、特殊插口的作用。

②将电源开关置于 ON 位置。

③交直流电压的测量:根据需要将量程开关拨至 DCV(直流)或 ACV(交流)的合适量程,红表笔插入  $V/\Omega$  孔,黑表笔插入 COM 孔,并将表笔与被测线路并联,读数即显示。

④交直流电流的测量:将量程开关拨至 DCA(直流)或 ACA(交流)的合适量程,红表笔插

入 mA 孔 (<200 mA 时) 或 A 孔 ( $\geq 200$  mA 时), 黑表笔插入 COM 孔, 并将万用表串联在被测电路中即可。测量直流量时, 数字万用表能自动显示极性。

⑤电阻的测量: 将量程开关拨至  $\Omega$  的合适量程, 红表笔插入 V/ $\Omega$  孔, 黑表笔插入 COM 孔。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值, 万用表将显示“1”, 这时应选择更高的量程。测量晶体管、电解电容器等有极性的元器件时, 必须注意表笔的极性。

#### ⑥二极管的测量

测量二极管时, 将功能开关置于“ $\overleftarrow{\text{—}}$ ”挡, 这时的显示值为二极管的正向压降; 若二极管接反, 则显示“1”。

#### ⑦晶体管电流放大系数的测量

测量晶体管的电流放大系数时, 由于工作电压仅为 2.8 V, 测量的只是一个近似值。

### (2) 使用注意事项

①如果无法预先估计被测电压或电流的大小, 则应先拨至最高量程挡测量一次, 再视情况逐渐把量程减小到合适挡位。测量完毕, 应将量程开关拨到最高电压挡, 并关闭电源。

②满量程时, 仪表仅在最高位显示数字“1”, 其他位均消失, 这时应选择更高的量程。

③测量电压时, 应将数字万用表与被测电路并联, 测电流时应与被测电路串联。

④交流信号的测量: 测量交流信号时, 被测信号波形应是正弦波, 频率不能超过仪表的规定值; 否则将引起较大的测量误差。

⑤红黑表笔的接法: 与模拟万用表不同, 数字式万用表红表笔接内部电池的正极, 黑表笔接内部电池的负极。

⑥禁止在测量高电压 (220 V 以上) 或大电流 (0.5 A 以上) 时换量程, 以防止产生电弧, 烧毁开关触点。

⑦测量电阻时, 一定不要带电测量。

⑧使用完毕, 将测量选择置于交流电压最大量程处, 这样在下次测量时无论误测什么参数, 都不会引起数字万用表的损坏。

⑨当显示电池符号时, 表示电池电压低于工作电压, 应及时更换电池。

### 1.3.2 直流稳压电源

常见的直流稳压电源分为线性直流稳压电源和开关直流稳压电源两类。线性稳压电源结构简单, 纹波小; 开关稳压电源效率高, 成本低。串联型线性直流稳压电源, 由变压器、整流滤波电路、调整电路、比较放大器、基准电路、取样电路、保护电路和辅助电源等组成。

使用注意事项:

①根据所需要的电压, 先调整到所需的电压后, 再接入负载。

②在使用过程中, 因负载短路或过载引起保护时, 应首先断开负载, 待排除故障后再接入负载。

③将额定电流不等的各路电源串联使用时, 输出电流为其中额定值最小一路的额定值。

④每一路电源有一个表头, 在 A/V 不同状态时, 分别指示本路的输出电流或者输出电压。通常放在电压指示状态。

⑤每一路输出都有红、黑两个输出端子, 红端子表示“+”, 黑端子表示“-”, 面板中间带有接“大地”符号的黑端子, 表示该端子接机壳, 与每一路输出都没有电气联系, 仅作为安

全线使用。

⑥两路电压可以串联使用,绝对不允许并联使用。电源是一种供给量仪器,因此不允许将输出端长期短路。

### 1.3.3 信号发生器

信号发生器是一种应用非常广泛的电子设备,可作为各种电子元件、部件及整机测量、调试、检修时的信号源。信号发生器是可以提供方波、三角波、正弦波、斜波、脉冲波等波形的仪器,当该仪器外接计数输入时,还可作为频率计数器使用。

在使用时,它的输出端不允许短路。实验时一般用来给实验电路提供输入信号。

信号发生器中的正弦波输出信号在模拟电子技术测试中的应用十分广泛,放大器增益的测量、相位差的测量、非线性失真以及系统频率特性的测量等均需要正弦信号源。

使用时须选择所需要的信号波形种类,调节其频率和幅度。使用屏蔽线输出信号,并且屏蔽线的地线接实验电路的地端(共地)。信号发生器的输出线不能短路。

### 1.3.4 示波器

示波器是电子测量中一种最常用的仪器,它可以将人们无法直接看到的电信号的变化过程转换成肉眼可直接观察的波形,显示在示波器的荧光屏上,供人们观察分析。示波器具有输入阻抗高、频率响应好、灵敏度高等优点。利用示波器除了能对电信号进行定性的观察外,还可以用它来进行一些定量的测量。例如,可以用它进行电压、电流、频率、周期、相位差、幅度、脉冲宽度、上升及下降时间等的测量。

示波器种类、型号很多,功能也不同。电路电子实验中使用较多的是 20 MHz 或者 40 MHz 的双踪示波器。示波器分为模拟示波器和数字示波器,现在多用数字示波器。数字示波器可以更好地观测随机性信号及周期较复杂的信号(如视频信号)。数字示波器是伴随着 A/D 转换技术及微型计算机的广泛应用而出现的一种新型示波器,数字示波器与原来的示波器从原理上讲已经大不一样了,只是为了照顾使用者的习惯,将数字化后的信号仍按原来的方式显示出来。使用 A/D 转换和显示屏自动刷新,不必依靠原来的波形重复输入刷新,可以显示非周期的波形和经常变化的波形,且容易实现数字存储波形的功能。

数字示波器的缺点主要是取样转换影响了取样速率,因此频率太快的信号不宜显示,即其带宽不如模拟式的宽。另外,其灵敏度不如模拟式的好,精度稍差。尽管如此,数字示波器以其独特的优越性日益受到人们的青睐,并逐渐流行。数字示波器还有很多优点,如可预置各组扫描速率和放大倍数,自动智能地选择最佳参数,可以与计算机、打印机联机等。

示波器的种类和型号很多,它们的性能有很大的差别。在实际测量时,要根据不同的使用目的和被测物理量的特点选择不同指标的电子示波器。

正确使用与调整示波器对于延长仪器的寿命和提高测量精度是十分重要的。示波器的正确使用方式为:

#### (1) 聚焦与亮度的调整

在使用示波器进行测量时,要调整示波器的聚焦与亮度,使显示的扫描线尽可能细,以保证所观察的波形清晰度。

### (2) 示波器的校准

在使用示波器进行测量时,应注意示波器 Y 通道的衰减器调节旋钮,扫描时间调节旋钮必须处于校准状态,只有这样测得的值才是准确的。

### (3) 示波器探头的正确使用

探头是示波器的重要部件,其质量的好坏直接影响示波器的测量准确度。质量优良的探头其电容必须是超高频、低损耗的优质无感电容;电阻必须是高稳定、低温漂、高频无感电阻;探头的电缆必须是精心设计与制造的专用电缆。因此当使用示波器进行测量时,应该选择质量优良的探头,最好用示波器的原配探头。

当使用探头进行测量时,其衰减器是选择“ $\times 10$ ”挡还是选择“ $\times 1$ ”挡,需根据被测电路与被测信号的具体情况而定。若被测点是高阻节点,或被测信号频率较高,则应选择“ $\times 10$ ”挡进行测量,否则会使测量产生较大的误差。如果被测点为低阻节点,信号频率较低,则应选择“ $\times 1$ ”挡进行测量。当然,信号幅度过小时应选择“ $\times 1$ ”挡。在使用探头“ $\times 10$ ”挡进行测量前,应检查探头是否处于最佳补偿状态。必要时可调整探头上的微调电容,以免出现过补偿或欠补偿的情况,影响测量结果。

### (4) 触发状态的正确调整

调整触发状态就是合理地选择触发源和触发耦合方式。操作者应仔细调整触发电平,使示波器处于正常触发状态,以得到稳定的波形。当选择触发源时,如果所观察的信号是单通道信号,就选择该通道信号作为触发源;如果观察两个时间相关的波形,应将信号周期长的那个通道作为触发源。

要根据被观察信号的特性来选择触发耦合方式。一般情况下,若被观察的信号为脉冲信号,应选择直流耦合方式;如果被观察的信号为正弦交流信号,则可选择交流耦合方式;如果被观察的信号为带有高频噪声的交流信号,应选择高频抑制的耦合方式。

### (5) 输入耦合方式

输入耦合方式有 3 种:交流(AC)、地(GND)、直流(DC)。当选择“地”时,扫描线显示出“示波器地”在荧光屏上的位置。直流耦合用于测定信号直流绝对值和观测极低频信号。交流耦合用于观测交流和含有直流成分的交流信号。在电路电子实验中,一般选择“直流”方式,以便观测信号的绝对电压值。

### (6) 波形位置和大小调整

调整示波器的位移旋钮,使波形尽量处于示波器屏幕中心的位置,以获得较好的测量范围。正确调整电压因数灵敏度旋钮,尽可能使波形幅度占示波器屏幕的一半以上,以提高电压幅度的测量精度。正确调整时间因数灵敏度旋钮,以便能够在示波器屏幕上看到一个或几个完整的波形周期,波形不要过密,以保证波形周期的测量精度。

## 1.3.5 交流毫伏表

交流毫伏表是一种可以测量正弦波电压有效值的电压表,它具有输入阻抗高、测量频率范围宽、测量电压范围大、灵敏度高等优点。

交流毫伏表的使用方法为:

①通电前应检查表头指针是否指在零点,若有偏差,可进行机械调零(机械零点不需要经常调整)。

②通电后应调电气零点。方法是将输入线的两端合在一起,如表针不指在零点,则调零旋钮,使指针指在零点。

③根据被测电压的大小,选择适当的测量范围。若不知被测电压的可能范围,应将测量范围置最大挡,然后逐渐减小,直至指针偏转至满量程的  $1/2$  以上。

④连接测试线时,毫伏表的接地线(一般为黑夹子)应与被测电路的公共地端相连。测量时,应先接上地线,然后连接另一端。测量完毕时,应先断开信号端,后断开接地端,以免因感应电压过大而损坏仪表。

⑤小信号测量时,先把量程置于较大挡,接好线后,再调至适当位置。

⑥正确读数。应待指针稳定后两眼正对指针来读数,如刻度盘带有反光镜时,应使眼睛、指针和指针在镜内的影像成为一条直线后再读取。

⑦读取毫伏表读数时,要根据所选择的量程来确定从哪一条刻度线读数。

⑧当仪表输入端开路时,由于外界信号可能使指针偏转超过量程而损坏表头,测量完毕时,应将量程开关置于最大量程。

### 1.3.6 数字电路实验箱

电平开关:实验箱内有 15 个乒乓开关,可以提供 0、1 电平。向上拨输出高电平,向下拨输出低电平。

0、1 显示器:实验箱内有 15 个 0、1 显示器,可用来测试电路输出状态,当输出为高电平时灯亮,当输出为低电平时灯灭。

数码管:实验箱内共有 4 个数码管,其对应的输入端为 8421 码的数据线,分别为 D、C、B、A;数码管为共阴极,对应的公共端接地,用 D、C、B、A 进行编码,得到从“0~9”的显示。

脉冲源:实验箱内有单次脉冲源和连续脉冲源,单次脉冲源输出端有正脉冲和负脉冲,当按下正脉冲相应按键时,正脉冲输出由低变高;当按下负脉冲相应按键时,负脉冲输出由高变低。连续脉冲可通过波段开关大范围选择频率,用电位器可以微调频率。

电源:分别有  $\pm 5\text{ V}$ 、 $\pm 15\text{ V}$  两组直流电源输出。

其他:实验箱内还有蜂鸣器、逻辑笔等。

## 1.4 电子电路的设计、调试与故障检测

电子电路设计是综合运用电子技术理论知识的过程,必须从实际出发,通过调查研究、查阅有关资料、方案比较及确定、设计计算参数以及选取元器件等环节,设计出一个符合实际需要、性能和经济指标良好的电路。由于电子元器件参数的离散性,加之设计者缺乏经验,设计出来的电路,在理论上可能存在许多问题,这就要求通过实验、调试来发现和纠正设计中存在的问题,使设计方案逐步完善,以达到设计要求。

模拟电路的设计,首先要根据电路的实际要求,拟定出切实可行的总体方案。在确定方案的过程中,应当反复研究设计要求、性能指标,然后根据确定的方案划分成若干个单元电路,并对各单元电路进行初步的设计,包括电路形式的确定、参数的计算、元器件的选用等。最后将设计好的各单元电路连接在一起,画出一个符合要求的完整电路。