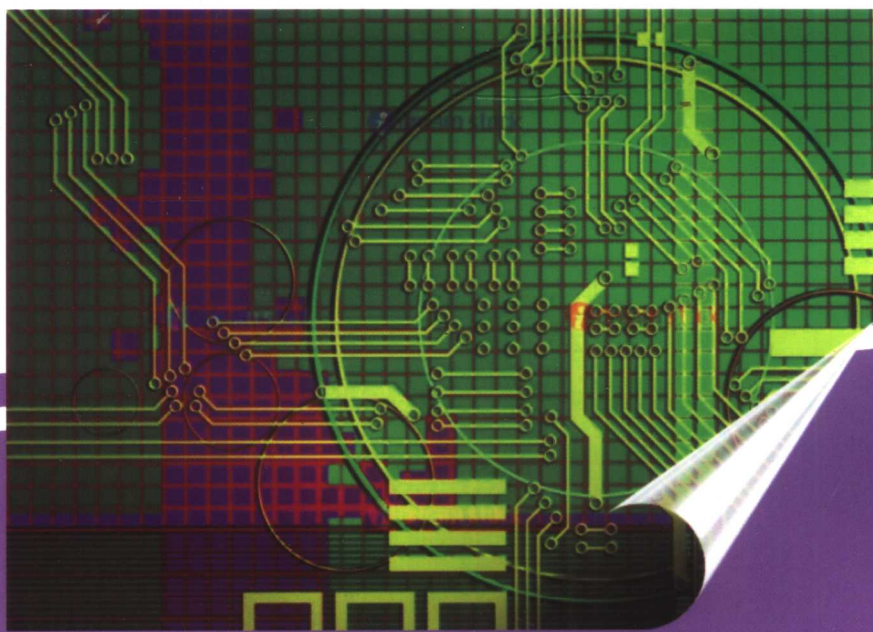


理工科电子信息类 **DIY** 系列丛书

电子线路 实验指导

● 周鸣籁 夏 淳 吕 岗 编 著



◆ 苏州大学出版社

理工科电子信息类 DIY 系列丛书

电子线路实验指导

周鸣籁 夏 淳 吕 岗 编 著

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实验指导/周鸣籁,夏淳,吕岗编著. —苏州:苏州大学出版社,2006.8
理工科电子信息类DIY系列丛书
ISBN 7-81090-660-7

I. 电… II. ①周…②夏…③吕… III. 电子电路-实验 IV. TN710-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第068156号

内 容 简 介

本书共分5章。第1章介绍了电子线路实验的基础知识,包括常用电子电路元件、常用电子仪器设备、电路安装调试及故障排除方法等;第2和第3章分别选编了低频电路和高频电路实验;第4章安排了大型综合实验,其中包括一些实用的电子小制作;第5章简单介绍了电路仿真软件PSPICE的应用,可以对第2章至第4章的实验电路进行仿真。

本书实验内容设计的宗旨,是强调和突出理论与实际之间的差异。本书可作为电子、通信、自动控制类本科和大专的模拟电路实验教材,也可作为电子技术人员的参考用书。

电子线路实验指导

周鸣籁 夏 淳 吕 岗 编著
责任编辑 苏 秦

苏州大学出版社出版发行
(地址:苏州市干将东路200号 邮编:215021)
常熟高专印刷有限公司印装
(地址:常熟市元和路98号 邮编:215500)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 9.25 字数 228 千
2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷
ISBN 7-81090-660-7/TN·6(课) 定价:19.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话:0512-67258835

电工电子实验教材编委会

主 编：胡仁杰

副主编：赵鹤鸣 汪一鸣

编 委：赵德安 仲嘉霖 杨季文 翁桂荣

邹丽新 徐大诚 周 江

序 言

为了进一步加强高等学校综合实力,整合和共享教学资源,充分发挥理工科专业实验实践教学环节对于创新型人才培养的重要作用,从根本上提高本科教学的质量,提高大学生继续深造及创业就业的竞争力,近年来,各大学纷纷建立面向全校甚至所在城市的校级实验教学中心。实验中心的建立,统一和规范了实验仪器配备、实验教学要求,加强了实验教学的人才和梯队建设。

实验教学质量的提高,也离不开实验教材的建设。在苏州大学出版社的大力支持下,苏州大学电工电子实验教学中心学术委员会聘请校内外专家,成立了电工电子实验教材编委会,将陆续组织出版一套理工科电子信息类 DIY 系列丛书。这套丛书包括《数字电子技术实验指导》、《电子线路实验指导》、《硬件描述语言实验指导》、《电路与信号系统实验指导》、《微型计算机原理及应用实验指导》、《电工电子技术基础实验指导》等共六本。丛书将着力考虑符合实验教学大纲的要求,同时对不同专业留有充分的选择余地,可以灵活组合。希望丛书的出版能够改变实验教学不够规范,随意性较大,相同的课程分散在多处做实验,要求不同、过程不同、设备不一的现状。

编委会将在丛书出版之后,广泛听取各方面的反映和意见,不断完善丛书的内容,提高丛书的学术水平和质量,更好地满足高等学校电工电子类实验教学的需求。

电工电子实验教材编委会

2004. 6

前 言

电子线路实验是电子、电气类专业在电子技术方面一门实践性很强的技术基础课。实验教学能帮助学生运用所学的电子技术理论知识去处理遇到的实际问题,提高分析问题、解决问题的能力,获得工程技术人员必需的实验技能和科学研究方法的训练,培养学生实事求是、勇于探索的科学精神。

本书共分 5 章。第 1 章介绍了电子线路实验的基础知识,包括常用电子电路元件的特性及基本参数测量方法、常用电子仪器设备的使用、电路安装调试及故障排除方法、实验数据处理方法;第 2 章和第 3 章从工程实用的角度出发,分别选编了低频电路和高频电路实验,覆盖了教学基本要求中的主要内容,某些部分作了加深加宽,对同一实验,可以选择不同的性能指标进行电路设计、安装和调试;第 4 章安排了大型综合实验,其中包括一些实用的电子小制作;第 5 章简单介绍了电路仿真软件 PSPICE 的应用,学生可以在实验前对第 2 章至第 4 章的实验电路进行仿真,设计电路参数,观察实验现象和结果,以便更有效地完成实验操作。

本书实验内容设计的宗旨,是强调和突出理论与实际之间的差异,让学生自己发现其中的差异,引发他们深入思考,从中学习到全新的知识,而不是重复课本知识。例如,要求设计一个增益为 50 的三极管放大电路,实测电路的增益时,增益可能只有 30;设计的方波电路也许输出的波形是三角波,而且频率只有设计值的一半以下;一个功率放大电路也许因为实验过程中接线太长、接地不当而根本无法实现放大功能。如果学生可以解释其中的原因,实验的真正目的也就达到了。元器件的离散性、参数的近似测量、元器件特性的非理想化、电路设计中的工程估算、分布参数的影响、电路的接地技术、前后级之间的相互耦合、测量仪器对实验电路的负载效应等问题在实验中不断强化,将大大加深学生对模拟电子技术的了解。

编 者

2006. 4

Contents

第 1 章 电子线路实验基础知识

- 1.1 常用电子元器件的识别与简单测试 (1)
- 1.2 常用电子仪器使用知识 (5)
- 1.3 电子测量与数据处理 (14)
- 1.4 实验电子电路的设计 (16)

第 2 章 低频电子线路实验

- 2.1 二极管及基本电路 (20)
- 2.2 三极管及基本放大电路 (23)
- 2.3 由三极管构成的其他放大电路 (26)
- 2.4 场效应管及其基本放大电路 (32)
- 2.5 运算放大器及其基本应用 (37)
- 2.6 负反馈放大电路 (41)
- 2.7 有源滤波电路 (44)
- 2.8 信号产生电路 (48)
- 2.9 小型直流稳压电源 (51)

第 3 章 高频电子线路实验

- 3.1 小信号谐振放大器 (54)
- 3.2 丙类功率放大器 (59)
- 3.3 高频振荡器 (66)
- 3.4 混频器 (70)
- 3.5 振幅调制器 (75)
- 3.6 包络检波器 (81)

- 3.7 变容二极管调频器 (85)
- 3.8 鉴频器 (90)
- 3.9 频率合成器 (94)
- 3.10 调幅和调频通信系统 (99)

第 4 章 大型综合实验

- 4.1 音频功率放大 (102)
- 4.2 温度传感器的调理电路 (104)
- 4.3 信号发生电路 (105)
- 4.4 串联反馈型稳压电源 (107)
- 4.5 开方电路 (108)
- 4.6 $\sin x$ 函数的近似解 (110)
- 4.7 直放式调幅和调频收音机 (111)
- 4.8 超外差式调幅和调频收音机 (115)
- 4.9 调频无线话筒 (117)
- 4.10 红外无线耳机 (121)
- 4.11 金属探测器 (125)

第 5 章 电路仿真软件 PSPICE 的应用

- 5.1 放置元件 (129)
- 5.2 连接导线 (131)
- 5.3 设置仿真内容 (131)
- 5.4 设定 Probe (134)
- 5.5 执行仿真 (134)
- 5.6 利用 Probe 观察仿真结果 (134)
- 5.7 数据导出 (136)

- 参考文献 (137)



第 1 章 电子线路实验基础知识

1.1 常用电子元器件的识别与简单测试

常用的电子元器件有电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件(如二极管、三极管、集成电路等)。为了能正确地选择和使用这些电子元器件,需要了解和掌握它们的性能、结构、规格等方面的相关知识。

* 1.1.1 电阻器

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种元器件,其主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次它还可作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。电阻器的图形符号如图 1-1 所示。

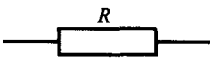


图 1-1 电阻器的图形符号

1. 电阻器的分类

电阻器主要分为薄膜电阻器和线绕电阻器两大类。薄膜电阻器又可分为碳膜电阻器和金属膜电阻器两类。国产电阻器一般习惯用汉语拼音的第一个字母来表示电阻器的制作材料。例如 RT 表示碳膜电阻器,RJ 表示金属膜电阻器,RX 表示线绕电阻器。

2. 电阻器的参数

电阻器的主要技术指标有标称值、额定功率、精度、极限工作电压等。

(1) 标称值: 标准化了的电阻值称为标称值。不同精度等级的电阻器有不同的阻值系列。从表 1-1 可知,不是任意大小阻值的电阻器都有出售的。

表 1-1 电阻器标称值系列

标称值系列	精度	等级													
E24	±5%	I	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	
			3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1	
E12	±10%	II	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	
E6	±20%	III	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8												

(2) 额定功率: 电阻器的额定功率是在规定的环境温度和湿度下,长期连续负载所允许消耗的最大功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值将发生变化,甚至发热烧毁。为保证安全使用,一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。额定功率分 19 个等级,通常非线绕电阻器用得最多的是 0.25W、0.5W、1W、2W,线绕电阻器用得最多的是 2W、3W、5W、10W。

3. 电阻器的标注

电阻器的标注有直标法和色码法。直标法就是将电阻器的阻值和误差用数字直接标注



在电阻器上；而色码法是用不同颜色的色环来标注，每一种颜色对应一个数字，色环位置不同，所表示的意义也不相同。各种颜色所对应的数值见表 1-2。

表 1-2 色码对应的数值

数 值	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍数误差	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	
											$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

常见的色环电阻有三环、四环、五环三种。三道色环的电阻器，第一、第二色环表示阻值的第一、第二位有效数字，第三色环代表乘数，它的误差是固定的 $\pm 20\%$ ；四道色环的电阻器，第一、第二色环表示阻值的第一、第二位有效数字，第三色环代表乘数，第四色环表示阻值的允许误差；五道色环的电阻器，第一、第二、第三色环表示阻值的第一、第二、第三位有效数字，第四色环代表乘数，第五色环表示阻值的允许误差。图 1-2 是色环电阻的示意图。

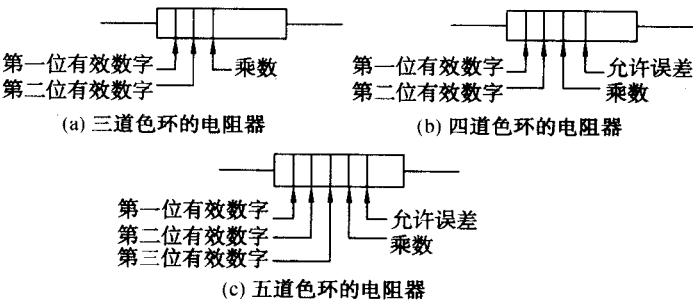


图 1-2 色环电阻示意图

按照规定，离电阻器边端最近的是首环，另一端是尾环。

例如：一个四色环电阻其第一至四色环的颜色依次为绿、棕、红、金，则该电阻器的阻值为 $5.1\text{ k}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 。

4. 电阻器的测试

电阻器一般用万用表直接测量。使用万用表测量电阻应注意以下问题。第一，测量电阻时，不能用双手同时捏住电阻或测试笔，否则人体电阻将会与被测电阻并联在一起，读出的数值就不单纯是被测电阻的阻值了。第二，测量已焊接在电路中的电阻阻值时，必须将其一只管脚从电路板上焊下来后再测量。

1.1.2 电容器

电容器是一种储能元件，它由两个导电极板及其中间夹着的一个绝缘介质构成。电容器在电路中用于调谐、滤波、耦合、旁路和能量转换等。它的图形符号如图 1-3 所示。

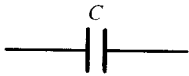


图 1-3 电容器的图形符号

1. 电容器的分类

电容器的种类按结构划分，可分为固定电容器、微调电容器、可变电容器三种；按绝缘介质的材料划分，可分为电解电容器、有机介质电容器、无机介质电容器、气体介质电容器等。



2. 电容器的参数

电容器的主要技术指标有标称值、额定工作电压、绝缘电阻、介质损耗等。

(1) 标称值: 标准化了的电容值称为标称值。其数值与电阻器一样, 也采用 E24、E12、E6 标称系列。当标称值范围在 $0.1\mu\text{F} \sim 1\mu\text{F}$ 时, 采用 E6 系列。

(2) 额定工作电压: 电容器在规定的工作温度范围内, 长期、可靠地工作所能承受的最大直流电压。如果在交流电路中, 要注意所加的交流电压最大值不能超过电容的直流工作电压。常用固定式电容器的直流工作电压系列为 6.3V、10V、16V、25V、40V、63V、100V、160V、250V 和 400V。

3. 电容器的标注

电容器的标注方法有直接标注和色码法。色码法与电阻相同, 在此不再赘述。直接标注就是将电容参数标注在电容器上。其标注的电容容量有以下几种读法:

(1) 用固定三位数码表示。前两位是有效数字, 后一位是零的个数, 单位是 pF。

(2) 只标数字, 不标单位。此时规定当数字大于 1 时单位为 pF (10^{-12}F), 小于 1 时单位为 μF (10^{-6}F)。

4. 电容器的测试

准确测量电容器的容量, 需要用交流电桥和 Q 表(谐振法)来测量, 这里不作介绍。

利用模拟万用表的欧姆挡可以简单地判定电容器的好坏。具体方法是: 选用“ $R \times 1k$ ”或“ $R \times 100$ ”挡, 将黑表笔接电容器的正极, 红表笔接电容器的负极, 若表针摆动大, 返回慢, 返回位置接近 ∞ 处, 说明该电容器正常; 若表针摆动很大, 接近于 0Ω , 且不返回, 说明电容器已击穿; 若表针不摆动, 则说明电容器已开路失效。

该方法也适用于辨别其他类型的电容器。但如果电容器容量较小时, 应选择万用表的“ $R \times 10k$ ”挡测量。另外, 如果需要再一次对电容器进行测量时, 必须将其放电后方能进行。

1.1.3 电感器

电感器是由绕在支架或磁性材料上的导线组成的, 它也是一种储能(磁能)元件。主要用于耦合、滤波、延迟、谐振等电路中。电感器的图形符号如图 1-4 所示。

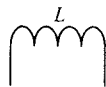


图 1-4 电感器的图形符号

1. 电感器的分类

电感器的种类很多。按结构可分为空心、铁芯和磁芯电感器; 按工作参数可分为固定、可变和微调电感器; 按功能分为振荡线圈、耦合线圈、偏转线圈等。

与电阻器、电容器不同的是, 电感器没有品种完全的标准产品, 往往需要根据电路要求自行绕制。目前, 市售的电感器有如下一些品种。

(1) 色码电感: 其电感量一般在 $0.1\mu\text{H} \sim 3000\text{mH}$ 之间, 工作频率为 $10\text{kHz} \sim 200\text{MHz}$ 。由于工作电流小, 直流电阻大, 不用于谐振电路。

(2) 罐形磁芯电感: 采用罐形磁芯制作的电感器, 具有较高的磁导率和电感量, 通常应用于 LC 滤波器、谐振电路中。

2. 电感器的测试

测量电感的方法与测量电容的方法相似, 也可以用电桥法、谐振回路法来测量。常用测量电感的电桥有海氏电桥和麦克斯韦电桥。这里不作介绍。



1.1.4 二极管

1. 二极管的分类

二极管是用半导体材料制成的具有单向导电性的元件,可用于整流、检波、稳压、混频电路中。按功能划分,二极管可分为普通二极管和特殊二极管。特殊二极管又可分为发光二极管、稳压二极管、变容二极管等,它们的符号如图 1-5 所示。

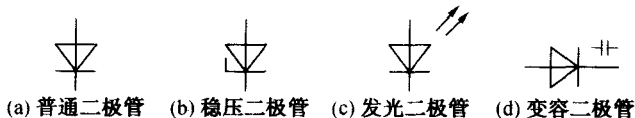


图 1-5 二极管符号

2. 二极管的识别和测试

普通二极管有玻璃封装和塑料封装两种。它的外壳上印有型号和标记。有色圈环标记的一端是负极。有的二极管上只有一个色点,则有色点的一端为正极。

若遇到型号标记不清时,可以借助数字万用表的二极管挡作简单判别。用红黑表笔接触二极管两极,测试一次,然后对调两表笔,再测试一次。若一次读数为“1.”(表示反向电流为零),另一次读数为“0.5~0.8”(硅管正向导通压降)或为“0.1~0.3”(锗管正向导通压降),则被测二极管是好的,且显示正向导通压降时,红表笔所接的一端为二极管的正极,黑表笔所接的一端为负极。若两次测试读数均为“1.”,则二极管开路。若两次测试读数均很小,则二极管短路。

发光二极管一根引线做得比另一根引线长,通常较长的引线表示正极,另一根为负极。

稳压二极管有玻璃、塑料封装和金属外壳封装两种。前者外形与普通二极管相似,如 2CW7,后者外形与小功率三极管相似,但内部为双稳压二极管,其本身具有温度补偿作用,如 2CW231。

变容二极管在电路中起到可变电容的作用,其结电容随反向电压的增加而减小。

对于特殊二极管也可以采用辨别普通二极管管脚的方法来辨别其正负极。

1.1.5 三极管

三极管对信号具有放大作用和开关作用,可应用于各种数字电路、控制电路,是组成模拟和数字电路的重要器件之一。三极管的电路符号如图 1-6 所示。

1. 三极管的分类

三极管按制造材料分为硅管和锗管;按结构分为 NPN 型管和 PNP 型管。

2. 三极管的识别和测试

三极管的管脚必须正确确认,否则,接入电路后不但不能正常工作,还可能被烧坏。

三极管的三个电极可直接从外壳封装上辨识。如果管壳上带有定位销,如 3DG6,那么将管底朝上,从定位销起,按顺时针方向,三根电极依次为 e、b、c。如果管壳上无定位销,如

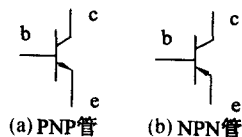


图 1-6 三极管符号



9014,但其三根电极在半圆内,辨认时,面对其平面,三根电极置于下方,从左到右,三根电极依次为 e、b、c。

当一个三极管没有任何标记时,可以用万用表辨别出 e、b、c 三个电极以及它的类型。识别过程分为两步。

第一步是基极和管型的判别。数字万用表置于二极管挡,先将红表笔与管子某一管脚固定相接,黑表笔分别与其余两脚相碰,若测得的读数均为“0.5~0.8”(或均为“1.”),再调换红黑表笔,重复上述过程,测得的结果与调换前相反,即读数均为“1.”(或均为“0.5~0.8”),则可判定与红表笔固定相接的管脚为基极。若不符合上述结果,则可另换管脚,重复上述操作过程,直至出现上述结果为止。如果上述过程中,红表笔与基极相连测得的读数是“0.5~0.8”,则此管为 NPN 型硅三极管。反之,如果此时红表笔与基极相连测得的读数为“1.”,则此管为 PNP 型硅三极管。

第二步是发射极 e 和集电极 c 的判别以及 β 的测量。在基极和管型确定后,将万用表拨至 h_{FE} 挡,基极插入 b 插孔,另两个管脚分别插入 c 插孔和 e 插孔,读出 h_{FE} 值;然后基极插入 b 插孔不动,另两只管脚调换位置,读出 h_{FE} 值。两次测试中 h_{FE} 值大的一次,管脚和插孔是一一对应的,其 h_{FE} 值即是此三极管的 β 值。

1.1.6 集成电路

随着现代电子技术的迅猛发展,集成电路以其体积小、功耗少、工作性能稳定等一系列优点成为当今电子电路的重要组成部分。

1. 集成电路的分类

集成电路从电路工作信号的形式可分为模拟集成电路和数字集成电路;从集成规模上可分为小规模集成电路(SSI)、中规模集成电路(MSI)、大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI);从芯片封装形式可分为圆型、双列直插型等。

2. 集成电路引脚的识别

使用集成电路时,要正确识别集成电路的引脚,避免因错接而损坏芯片。识别引脚的一般规律如下:

(1) 圆型:引脚向上,从定位销处按照引脚 1 计起,顺时针引脚号递增。

(2) 扁平 and 双列直插型:引脚向下,从标记处(缺口或圆点)左下角按照引脚 1 计起,逆时针引脚号递增。

1.2 常用电子仪器使用知识

在电子电路实验中,经常使用的电子仪器有直流稳压电源、信号源、晶体管毫伏表、万用表、示波器、晶体管特性分析仪及频率计等。它们按功能可分为两类,如图 1-7 所示。一类是“源”,提供电子电路正常工作需要的能量和激励信号,它包括直流稳压电源、信号源等;另一类是“测试设备”,用于观察或测量电信号参量,它包括晶体管毫伏表、万用表、示波器、频率计等。

本节着重介绍这些电子仪器的用途、原理和使用方法。

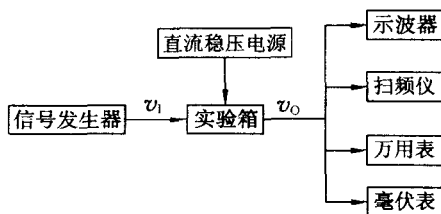


图 1-7 常用电子仪器

1.2.1 直流稳压电源

直流稳压电源是为电子电路提供直流工作的电源,是一种在电网电压或负载变化时,其输出电压或电流基本保持不变的电源装置。

1. 直流稳压电源的工作原理

直流稳压电源通常由电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四部分组成,如图1-8所示。



图 1-8 直流稳压电源组成框图

图中,220V、50Hz 的交流电压经过变压器被降至所需幅度,通过整流电路将交流电压变换为直流脉动电压,直流脉动电压再通过滤波电路滤去交流分量,得到比较平滑的直流电压,这个直流电压再经过稳压电路稳压,然后输出稳定的直流电压。

2. 直流稳压电源的输出

直流稳压电源的输出分为单路和多路两种,单路输出只有一组输出端子,多路输出则有两组或多组输出端子。

直流稳压电源的每组输出共有三个输出端子,即“+”、“-”和“⊥”(GND,大地端子)。因此直流稳压电源的输出可以浮置也可以接地。所谓浮置就是“+”、“-”两端都不与“⊥”端相连接,如图1-9(a)所示。所谓接地就是“+”、“-”两端有一端与“⊥”端相连接,当需要输出正电压时,应将

“-”端与“⊥”端相连;需要输出负电压时,则应将“+”端与“⊥”端相连。由于接地端的不同,电源可以输出正电压或负电压,如图1-9(b)所示。因此,在使用直流稳压电源时,要根据电路的实际需要,正确连接输出端。两种方式中,浮置输出使用更为普遍。

直流稳压电源的输出电压值有固定和连续可调两种。固定式电源可以输出一个或多个固定的直流电压;可调电源可以通过调节操作面板旋钮,改变输出电压值。直流稳压电源通常具有较宽的输出电压范围。

3. 直流稳压电源使用注意事项

(1) 因为稳压电源一般都有过载及输出短路保护功能。在出现过载或短路时,它可自动降低电压或禁止电压输出。所以实验时,首先要调整输出电流限幅旋钮至一合适位置,然后才能调节输出电压的大小。

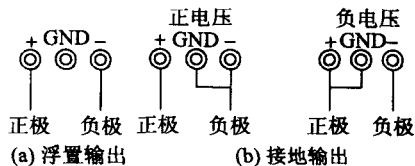


图 1-9 直流稳压电源输出模式



(2) 实验中,当调整输出电压至某一值时,如果听到继电器反复“咔嗒”的吸合释放声,说明当前负载电流已趋向直流稳压电源输出电流的限幅,此时应立即增大输出电流,以免损坏设备。

(3) 有些集成电路需要正、负直流电压才能正常工作。这时可使用双路稳压电源,使其输出呈现一路为正、一路为负的形式,同时直流稳压电源的工作模式调到“内部串联”即可,不需要把一路输出的负极与另一路输出的正极用导线连在一起。

1.2.2 信号发生器

信号发生器为实验电路提供各种频率、幅度及波形的输入信号,是电路实验中常用的仪器。

1. 信号发生器的工作原理

信号发生器能输出多种波形,其工作原理框图如图 1-10 所示。由图可以看出,方波是由三角波通过比较器转换而成的,正弦波则是通过正弦波整形电路由三角波变换而成的,然后经过波形选取、放大、衰减输出。

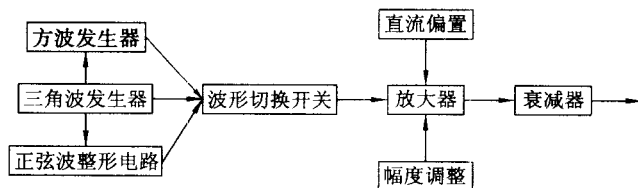


图 1-10 信号发生器原理框图

直流偏置电路的作用是提供直流补偿,使信号发生器输出的交流信号可加进直流分量,而且直流分量的大小可以调节。

2. 信号发生器的操作

信号发生器使用时的操作步骤如下:

- (1) 按下信号发生器的电源开关。
- (2) 按下“波形选择”开关,根据需要选择输出信号的波形(正弦波、方波或三角波)。
- (3) “频率选择”按键置某一挡,确定输出信号的频率范围。
- (4) 调整“频率调节”旋钮,改变输出信号的频率。
- (5) 调节“幅度”旋钮,改变输出信号的幅度,当需要输出小信号时,按下“衰减”键,输出信号的幅度将被衰减 20dB、40dB 或 60dB。

(6) 测量完毕,关闭电源。

3. 信号发生器使用注意事项

使用信号发生器时,要注意以下几个问题:

- (1) 信号源可以浮置输出,但输出端不允许短路。
- (2) 如前所述,信号发生器有一直流补偿电路与其对应,仪器前面板有一电平按键(OFFSET)或旋钮,用于设置输出信号的直流电平。当不需要输出直流电平时,此按键(旋钮)应放在“关”的位置。
- (3) 信号发生器通常有“占空比”(或“对称性”)按键(旋钮),它的作用是改变输出波形



的对称度(正半周和负半周的宽度)。在不要求改变波形的对称度时,此按键(旋钮)应放在“关”的位置。

✿ 1.2.3 毫伏表

晶体管毫伏表是一种用于测量实验电路的输入、输出信号的有效值及各测试点交流电压有效值的交流电压表。

1. 毫伏表的工作原理

晶体管毫伏表属于宽频带放大检波式电压表,由放大电路、检波电路和指示电路三部分组成,如图 1-11 所示。

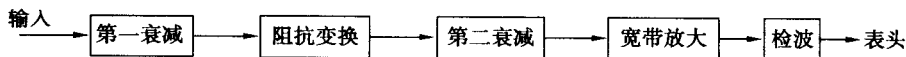


图 1-11 毫伏表的原理框图

衰减器的作用是将被测输入信号衰减到宽带放大器的输入所要求的数值,使毫伏表有较宽的电压测量范围。宽带放大器用于提高毫伏表的灵敏度,使毫伏表能够测量微弱信号,可达到毫伏级。最后通过检波器检波,将交流电压变换成相应大小的直流电流去驱动表头,使表头做出相应的偏转。

2. 毫伏表的操作

使用毫伏表时的操作步骤如下:

- (1) 按下毫伏表的电源开关。
- (2) 调电气零点。将输入线的两个端子夹在一起,若表针不指在零点,则调节调零旋钮,使指针指在零点。

(3) 根据被测电压的大小,选择适当的量程。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(黑色夹子)应与被测电路的公共地端相连。

(5) 读数。根据所选择的量程来确定从哪一条刻度读数。

3. 毫伏表使用注意事项

使用毫伏表时,要注意以下几个问题:

- (1) 每次改变量程后,应重新调零。
- (2) 测量时,应先接上地线,然后连接信号端。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。测试端开路时,量程应置于大于 1 伏挡。
- (3) 晶体管毫伏表的表盘是按正弦信号的有效值刻的,因此测量其他波形的信号时,需要进行换算。

✿ 1.2.4 万用表

万用表是一种最常用的多功能、便携式测量仪表,一般用于测量电路的静态工作点和各测试点的直流信号。目前,采用了先进的集成电路模数转换器和数显技术的数字万用表被广泛使用。



1. 数字万用表的工作原理

数字万用表的测量基础是直流数字电压表,其他功能都是在此基础上扩展而成的。原理框图如图 1-12 所示。转换器将各种被测量转换成直流电压信号,再经过 A/D 转换器转换成数字量,然后由电子计数器对数字量进行计数,最后通过译码显示电路将测量结果显示出来。

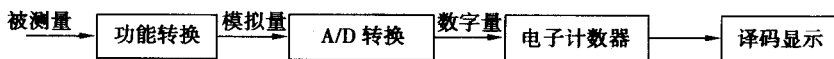


图 1-12 数字万用表原理框图

2. 数字万用表的操作

使用数字万用表时的操作步骤如下:

(1) 选择插孔。数字万用表一般有四个表笔插孔,测量时黑表笔插入“COM”插孔,红表笔则根据测量需要,插入相应的插孔。测量电压和电阻时,应插入“V·Ω”插孔;测量电流时注意有两个电流孔,一个是测量小电流的,一个是测量大电流的,应根据被测电流的大小选择合适的插孔。

(2) 按下数字万用表的电源开关。

(3) 选择正确的被测量。测直流电压置于 DCV 挡、测交流电压置于 ACV 挡、测电阻置于 Ω 挡。

(4) 选择正确的测量量程。根据被测量选择合适的量程范围。当数字万用表仅在最高位显示“1”时,说明已超过量程,须调高一挡。

(5) 读数并记录数据。

(6) 测量完毕,关闭电源。

3. 数字万用表使用注意事项

使用数字万用表时,要注意以下几个问题:

(1) 测直流电压时,红表笔接被测电压的正极,黑表笔接负极。测量未知电压时,应将功能转换开关先置于高量程挡,然后再逐步调低。

(2) 应尽量避免直接测电流,电流值可以通过测电阻两端的电压值,通过欧姆定律间接求得。

(3) 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。

(4) 若万用表长期不用,应取出电池,以免电池漏电。

1.2.5 频率计数器

频率计数器简称频率计,是测量周期信号频率的数字化仪表。

1. 频率计的工作原理

频率计由晶体振荡器、计数器、控制电路、闸门和显示器组成,其原理框图如图 1-13 所示。

被测信号经脉冲形成电路变换成矩形波,其重复频率等于被测频率,然后加到闸门的一个输入端。闸门的另一个输入端加门控信号,由门控信号控制闸门的开、闭时间。只有在闸



门开通时,被测信号才能通过闸门加到计数器计数。门控信号由时基信号发生器提供,时基信号发生器由高稳定度的晶体振荡器和数字分频器组成,用它输出的标准时间脉冲去控制门控电路,形成门控信号。

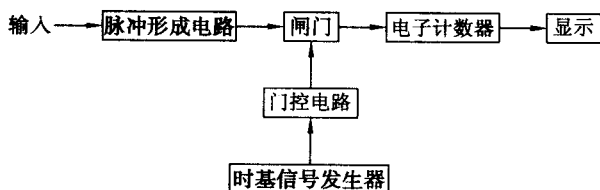


图 1-13 频率计原理框图

若在闸门的开、闭时间间隔 T 内计得被测信号的重复变化次数为 N , 则其频率可表达为

$$f = \frac{N}{T}$$

频率计测量周期的原理与测频正好相反,测周期时是用被测信号控制主门的开、闭,而用标准的时标脉冲通过主门到计数器计数,则被测周期为

$$T = \frac{N}{f}$$

式中: f 为标准时标信号频率, N 为标准时标信号周期个数 (T 时间内)。

2. 频率计的操作

使用频率计时的操作步骤如下:

- (1) 接通电源,指示灯亮。
- (2) 按下“自校”键,计数器进行“自校”,显示器显示频率计数器的时钟信号频率,位数随闸门时间不同而不同,“自校”正常,可以开始进行测量。

(3) 测量时应根据测量项目,设置仪器的工作方式,并由相应的输入端输入信号。

- (4) 读数并记录数据。
- (5) 测量完毕,关闭电源。

3. 频率计使用注意事项

使用频率计时,要注意以下几个问题:

- (1) 要获得精确的测量值,频率计应预热 1 小时以上。
- (2) 测频时,要选择合适的“闸门”时间。
- (3) 输入信号的电压值不能超过仪器允许的最大输入电压值,以免损坏输入通道。

* 1.2.6 示波器

示波器是一种用途十分广泛的测量仪器,可用来观察电路中各测试点的波形,监测电路的工作情况,也可用于测量小信号的周期、幅度、相位差及观察电路的特性曲线等。

1. 示波器的基本结构

示波器能够简便地显示各种电信号的波形,一切可以转化为电压的电学量和非电学量及它们随时间作周期性变化的过程都可以用示波器来观测。示波器主要由示波管、水平通