

高等学校教材

电工电子实践教程

电子技术基础实验

王松德 白林峰 主编

西安出版社

高等学校教材

电工电子实践教程

王松德 白林峰 主编



西安出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实践教程/王松德,白林峰主编, - 西安;西安出版社,2004.9

ISBN 7-80712-050-9

I. 电... II. ①王...②白... III. ①电工技术-实验-教材②电子技术-实验-教材 IV. ①TM-33
②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 091958 号

电工电子实践教程

主 编:王松德 白林峰

出版发行:西安出版社

社 址:西安市长安北路 56 号

电 话:(020)85253740 85234426

邮政编码:710061

印 刷:河南师范大学印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:11.5

字 数:280 千字

版 次:2004 年 9 月第 1 版

2004 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1-2000

ISBN 7-80712-050-9

定 价:16.80 元

△本书如有缺页、误装,请寄回另换。

前 言

教育部高等教育司、信息产业部人事司委托有关单位,以电子电路(含模拟和数字电路)应用设计为主要内容,举办全国大学生电子制作大赛,目的是为了引导高等学校在教学过程中注重培养大学生的创新能力和协作精神,加强学生动手能力的培养和工程实践素质的训练,提高学生针对实际问题进行电子设计和制作的综合能力。电子技术基础是培养学生掌握电子技术基本理论的重要课程,也是一门实践性较强的专业基础课,因此,电子技术实验在电子技术基础教学环节中显得尤其重要。

本实验指导书是依照康华光主编的《电子技术基础》教学内容,参考华中科技大学内部编写的《电子技术基础实验指导》编写而成。在实验内容上,实验题目的选择以提高学生电子实践技能为目的,既保留了器件和电路特性测试等典型基本实验,又增加了综合设计性实验的新内容,共设有基础性、提高性和设计性实验 28 个项目 36 个实验题目。实验安排以教材介绍的内容为顺序,由由浅入深,循序渐进,而且将各个独立的实验有机的联系在一起。在实验教学过程中,学生通过做过有限的实验后,及时进行归纳总结,能起到举一反三、触类旁通的作用。书中用到的实验电路都是经过严密考究和实践论证的,有的是新近发表的论文资料,力求严谨详实。

设计性实验是培养学生利用科学思维和科学手段解决实际问题的有效方法,通过对实际问题的理论分析和处理,设计出简单的电子系统。由于设计性实验都有一定的使用价值,实验中增添了部分引申拓展内容,有的设计性实验只给出了实验题目或实验原理,操作步骤以及实验器材让同学们自己准备完成,有的实验电路需要利用软件设计出电路。无论是基础性实验还是设计性实验,编写内容格式多样,让学生有一个自行预习和思考的空间,用来激发学生的学习兴趣。书中编入的计算机电路设计内容,可作为一般了解性内容,读者们可根据自身条件和兴趣自学,在实际实验教学中可不统一安排实验时间。

电子系统设计是电子技术实验的重要环节,本实验指导书还对电路的计算机辅助设计软件 EWB 与 PROTEL 作了简单介绍,EWB 可作为电路原理图设计和仿真工具,PROTEL 可作为电路图设计工具。

本书适用于电子类相关本科专业的电子技术实验教学,也可作为非电类如计算机专业的课程实验指导,各校可根据不同的教学要求,结合各自的实验平台选做不同的实验题目。

△ 本书的电子技术基础实验部分由白林峰主编,其中绪论、第四、七单元由白林峰编写,第二单元由曲培新编写,第六单元由曹军编写;第五单元和附录由赵宗淑编写,第一、八单元由陈在锋编写,第三单元由宁敏东编写。全书由王松德、白林峰统稿。

由于编写时间仓促,作者水平有限,书中难免会有错误与遗漏之处,还请读者谅解并不吝指正,以便及时修订完善。

编 者
2004 年 9 月

目 录

| | |
|--------------------|------|
| 前言 | |
| 绪论 | (1) |
| 第一节 电子技术实验基本要求 | (1) |
| 第二节 电子技术实验常用器件 | (2) |
| 第三节 电子技术实验常用仪器 | (5) |
| 第四节 电子系统计算机辅助设计基础 | (12) |
| 第一单元 分立器件电路实验 | (19) |
| 实验1 二极管特性测试 | (19) |
| 实验2 三极管单管电路性能测试 | (25) |
| 2-1 三极管的传输特性 | (25) |
| 2-2 三极管单管放大电路测量 | (26) |
| 实验3 场效应管共源放大电路 | (31) |
| 实验4 多级放大电路性能测试 | (35) |
| 实验5 负反馈放大电路 | (38) |
| 实验6 功率放大电路 | (40) |
| 第二单元 运算放大电路实验 | (46) |
| 实验7 差分放大电路 | (46) |
| 实验8 集成运算放大器的参数测试 | (50) |
| 实验9 基本运算电路 | (56) |
| 实验10 运算放大器应用 | (60) |
| 10-1 电压比较电路 | (60) |
| 10-2 有源滤波电路 | (63) |
| 10-3 全波精密整流电路原理与测试 | (65) |
| 第三单元 电源与信号源电路实验 | (68) |
| 实验11 正弦波产生电路 | (68) |
| 11-1 RC 振荡电路 | (68) |
| 11-2 LC 振荡电路 | (72) |
| 实验12 稳压电源电路 | (75) |
| 12-1 晶体管串联型稳压电路 | (75) |

| | |
|---------------------------------|-------|
| 12-2 集成稳压电路电路参数测量 | (79) |
| 第四单元 模拟电子系统设计实验 | (83) |
| 实验 13 恒温箱温度控制器 | (83) |
| 实验 14 FM 无线话筒 | (85) |
| 实验 15 音频信号光纤传输实验 | (88) |
| 第五单元 组合逻辑电路实验 | (93) |
| 实验 16 门电路参数测试 | (93) |
| 实验 17 组合逻辑电路设计 | (97) |
| 实验 18 数据选择器及其应用 | (100) |
| 实验 19 数据的编码与译码 | (105) |
| 第六单元 时序逻辑电路实验 | (108) |
| 实验 20 时钟脉冲产生与脉冲整形电路 | (108) |
| 20-1 数字脉冲产生电路 | (108) |
| 20-2 单稳态触发器与施密特触发器 | (111) |
| 20-3 555 时基电路 | (118) |
| 实验 21 触发器基本功能 | (122) |
| 实验 22 计数器电路的功能 | (125) |
| 实验 23 数据的寄存与移位 | (130) |
| 第七单元 数据的存储与模数转换 | (133) |
| 实验 24 随机存储器的读/写控制 | (133) |
| 实验 25 数模转换电路功能测试 | (137) |
| 25-1 D/A 转换电路 | (137) |
| 25-2 A/D 转换电路 | (141) |
| 第八单元 数字电子技术设计性实验 | (145) |
| 实验 26 低速振动频率测量电路 | (145) |
| 实验 27 电子秒表 | (148) |
| 实验 28 计时电路设计与应用 | (152) |
| 附录 | (155) |
| 附录 1 分立器件表 | (155) |
| 附录 2 集成电路分类 | (159) |
| 附录 3 常用数字集成电路 TTL 器件引脚功能表 | (164) |
| 附录 4 常用 CMOS 数字集成电路引用功能表 | (171) |

绪 论

第一节 电子技术实验基本要求

虽然电子技术理论内容和实践形式有所区别,但基本理论是实验的指导。如果没有扎实的理论做基础,实验虽然能成功进行,但只能了解表面,只能得到肤浅的感性认识,不能对实验的原理进行推导和引申。只有在学习好相关理论后才可以顺利地进行实验。

对一门课程学习兴趣的有无在一定程度上决定着学习的最终效果。通过实物实验可以发挥学生的主观能动性,培养学生空间思维的能力,同时也可以提高学生学习本课程的积极性。电子技术理论的学习和实验的学习所采用的手段截然不同,现对电子技术实验课程学习提出以下要求

一、电子技术实验基本环节

1. 实验前的课外时间要求同学们认真阅读实验指导书,熟悉本次实验的内容、原理和步骤,进入实验室后首先检查和熟悉仪器,发现仪器缺少或损坏应立即向实验指导教师报告,并详细填写仪器使用记录,然后依据实验指导教师指定的实验任务开始实验操作,同时学习委员填写实验记录。

2. 实验时一定要按照实验指导书或老师指定方法规范操作,新的实验方案要经过老师认可方可进行。以免损坏仪器和延误实验。实验组人数较多时,由小组组长负责,分工明确,要尽量使每个人都动手做一遍实验。

3. 测量时要记录被测对象的数据,需要表格时自定,但要合理,一目了然;观察性的实验要有观察结果记录。这些称为原始数据记录,它作为本次实验的结果,不但老师检查,而且在写实验报告时还要用到。实验报告完成后,原始数据应贴在实验报告的后面。

写实验报告,不但可以锻炼同学们分析和处理问题的能力,而且还可以培养同学们的科学研究和技术开发意识。实验报告包括实验目的、实验内容、实验原理、仪器使用类型、实验步骤和数据处理、思考题等,必要时需要写出对实验方法的建议或心得体会。每个参加实验的同学都要按要求认真写出实验报告。

4. 实验时一定要爱惜仪器,使用后要进行整理,并帮助实验教师搞好仪器维护和实验室卫生工作。

二、设计性实验要求

设计性实验仅给出实验题目和一定的提示,充分发挥同学们自身能动性而完成的实验。实验时,在掌握一定基础和专业知识的的前提下,选定合适的实验题目,利用现有的实验条件,设计出具有一定水平和一定使用价值的内容。它是考察学生掌握课程理论和实践知识水平的重要手段。开设设计性实验的目的也是为了巩固理论知识,提高实践水平,培养学生科学研究和创造能力的有效途径。所以设计性实验不但要求实验者有扎实的理论 and 熟练的实验经验作指导,而且还要求有科学的认识问题和思考问题的能力。设计性实验具体要求为:

1. 选择合适的同学组成合作小组,即先组成科题研究小组,并推荐一名理论和实践水平较

高的同学担任组长,统一管理和指挥小组行动。各成员分工明确,有一定统筹。如:谁负责实验用品管理、谁负责理论咨询、谁负责总体设计等。

2. 依据小组成员整体水平选择合适的实验题目,并论证可行性,写出实现本题目的实施步骤,其中包括实验达到的目的,实验内容达到的标准,完成实验的过程等。

3. 通过咨询和查阅与有关题目的素材,这些手段包括询问指导教师、图书馆查阅,上网查询、小组之间协商、校外支援等。设计实验电路时,可用计算机辅助设计,并做模拟论证和有关核心技术实践论证。

4. 写出耗材申请清单,寻求实验室支援,特殊器件可申请购置或自购。

5. 在实验成功后请老师评定,可以论文形式写出其设计过程。有条件的小组可设计电路板进行组装应用。

6. 设计性实验开设期间,实验室全天开放,在实验室的同学应严格遵守实验室的一切规章制度。

7. 设计性实验报告形式上包括实验题目;完成者和小组编号;摘要和关键词;设计原理:(设计思路、角度、电路、关键电路原理介绍)实验内容、步骤和数据处理等。可参阅科技论文格式完成。

第二节 电子技术实验常用器件

包括分立元件和集成电路器件两大类,电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管都是常见的分立元件。分立器件有选择多样、使用灵活和组装简便等特点,是电子电路中不可缺少的一部分。在电子系统的应用当中,分立器件的选择要考虑其元件名称(component name)、元件在电路中序号(component reference designator)、元件标称值(component value)和封装外形(component package)。元件名称实际是指元件的型号,它决定了元件用途和本身参数,并含有元件电路符号信息;元件的序号是指元件在电路中所处位置,包含元件的功能作用等信息;元件值是指元件在同类型中其作用大小程度的参数,如电阻的阻值、电容器的容量、晶体的振荡频率等,但有些器件没有元件值,如二极管;封装外形指的是元件的实际形状和安装尺寸以及元件引脚功能信息,在设计电子系统的电路板时,封装外形是首先考虑的参数之一。本节以电阻器和电容器为例,对元件的符号、封装和标称做简单介绍。

一、电阻器

电阻器简称电阻,在电路中电阻用R标注,主要用于分压、限流和保护等,固定电阻器、可变电阻器、半可变电阻器都是常用的电阻器件,特殊电阻包括热敏、光敏、压敏、湿敏电阻等,由于篇幅所限,这里只介绍固定电阻结构特性,其它电阻结构特性可参阅有关专业书籍。

1. 电阻分类

固定电阻按其组成材料可分为碳膜电阻、金属膜电阻、绕线电阻等,一些电路用到的特殊固定电阻如:光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻等,其组成多为半导体材料。常用的固定电阻按标称阻值误差大小和用途又可分普通电阻和精密电阻两种。

2. 电阻器常见封装外型与电路符号

各种元件在电路中应用时,首先要熟悉使用元件的特性参数,其次是知道用来表示这种器件的电路符号名称,另外,器件封装也是元件在使用中的一个特别重要参数,我们在掌握元件电特性后,还要对器件的封装外型进作一步的了解。图0-2-1是几种常用的电阻封装外形。

3. 电阻器的标称阻值和误差

就是大批量生产的电阻器也不可能满足电器对阻值的所有要求。为了保证电器设计者能在一定的阻值范围内选用电阻器,就需要按一定的科学规律设计电阻器的阻值数列。有了一个合理的阻值数列,厂家就能安排批量生产,使用者也能选到合适的电阻值。一般选以1.0、1.2、1.5、2.2、2.4、3.3、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、8.2等标称值。在同一系列相邻两值中较小数值的正偏差与较大数值的负偏差彼此衔接或重迭,所以所有制造出来的电阻器,都可以按照一定标称值和误差分选。例如4.7这个标称值,就有0.47、4.7、47、470、4.7k、47k、470k等。电阻器的标称电阻值和偏差一般都标在电阻体上,目前国内常见的标称法有下面几种:

1) 直标法:直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值,允许偏差直接用百分数或字母表示。这种表示方法一般用于功率较大的电阻,如图0-2-2所示。电位器也用这种表示方法。

2) 色标法:功率较小的电阻体积较小,直接在电阻上标出电阻阻值在使用时观察不方便,所以小功率电阻常用色环表示电阻的阻值和误差,常见有四环和五环色标表示。色环标称表示法参照表0-2-1。

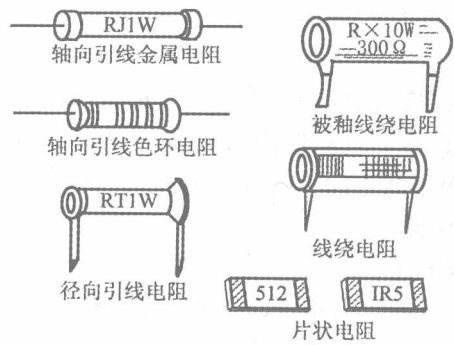


图0-2-1 常见电阻封装外形

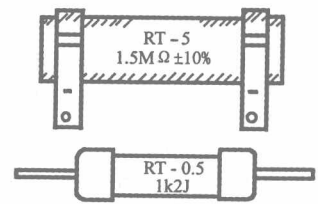


图0-2-2 标称直标电阻器

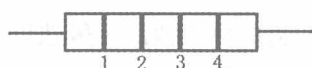
表0-2-1 色环表示法

| 颜色 | 对应数字 | 对应乘数 | 对应误差 |
|----|------|------------------|-------------|
| 无色 | / | / | ±20% |
| 银色 | / | $\times 10^{-2}$ | ±10% |
| 金色 | / | $\times 10^{-1}$ | ±5% |
| 黑色 | 0 | $\times 10^0$ | / |
| 棕色 | 1 | $\times 10^1$ | ±1% |
| 红色 | 2 | $\times 10^2$ | ±2% |
| 橙色 | 3 | $\times 10^3$ | / |
| 黄色 | 4 | $\times 10^4$ | / |
| 绿色 | 5 | $\times 10^5$ | ±0.5% |
| 蓝色 | 6 | $\times 10^6$ | ±0.25% |
| 紫色 | 7 | $\times 10^7$ | ±0.1% |
| 灰色 | 8 | $\times 10^8$ | / |
| 白色 | 9 | $\times 10^9$ | +50% ~ -20% |

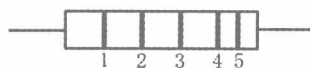
4. 电阻器的额定功率

电阻器的额定功率是指电阻器在正常大气压力和额定温度下,长期连续工作并能满足规定的性能要求时,所允许耗散的最大功率。电阻器的额定功率也是采用标准化的额定功率系列值,其中线绕电阻器的额定功率系列为:3W、4W、8W、10W、16W、25W、40W、50W、75W、100W、150W、250W、500W,一般直接标出。非线绕电阻器的额定功率系列为:0.05W、0.125W、0.25W、0.5W、1W、2W、5W等,小于1W的电阻器在电路图中常不标出额定功率,额定功率和封装外型相对应。大于1W的电阻器都用阿拉伯数字加单位表示,如25W。

普通电阻器用四条色环表示标称阻值和允许偏差,其中前三条表示阻值,后一条表示偏差。精密电阻器用五条色环表示标称阻值和允许偏差,其中前四条表示阻值,后一条表示偏差。具体表示方法如下:



第一环:表示有效数字
第二环:表示有效数字
第三环:表示乘数
第四环:表示误差



第一环:表示有效数字
第二环:表示有效数字
第三环:表示有效数字
第四环:表示乘数
第五环:表示误差

如:



棕 红 红 金 $R=1.2k$,误差为 $\pm 5\%$

二、电容器

电容器简称电容,也是一种基本电子器件,它在电路中的文字符号为用C表示。两个相互靠近、彼此绝缘的金属极板就能构成一个简单的电容。两个极板间的绝缘物质称为电容器的介质,电容的基本功能是储存电荷。电容器在电路中应用十分广泛,主要作用为交流耦合、直流隔离、滤波、高频旁路、RC定时、LC振荡与选频等。

1. 电容器种类和电路符号

常见的电容器有固定电容器、可变电容器两大类型,固定电容器又分有极性电容器和无极性电容器,根据电介质的不同,无极性电容器有纸介质、油浸密封纸介质、金属氧化物介质、云母介质、有机薄膜、玻璃釉、陶瓷电容器类型,有极性电容器又有铝电解电容器及钽(或铌)电解电容器,常见外型如图0-2-3所示,图0-2-4是几种常用的电容符号。有极性的电解电容器两条引线接的介质也略有区别,应用时电容正极应接电路的高电位,另一个接低电位。



图0-2-3 常见的几种电容器封装外形



图 0-2-4 常用的几种电容器符号

2. 标称容量及允许偏差

电容器的标称容量及允许偏差的基本含义同电阻一样,只是使用单位与电阻不同,电容的基本单位是 F(法拉)。在 1V 电压下,电容器所能储存的电量为 1 库仑,其容量即 1 F。但法拉单位实用中往往显得太大,所以常用单位有 mF(毫法)、 μF (微法)、nF(纳法)和 pF(皮法),它们之间的关系如下:

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

为了简化标称容量规格,电容器大都是按优选系列进行生产的。实际选择时通常应该按系列标准要求,否则可能难以购到。当然特殊规格电容例外,可专门联系定制或购买。系列固定电容器标称容量及允许偏差值在一定范围,其中标称容量小于 10pF 的无机介质电容,允许偏差一般为 $\pm 0.1\text{pF}$ 、 $\pm 0.25\text{pF}$ 、 $\pm 0.5\text{pF}$ 、 $\pm 1\text{pF}$ 四种。

3. 额定电压

额定电压通常称作耐压,是指在允许的环境温度范围内,电容上可连续长期施加的最大电压有效值。电容的额定电压通常是指直流工作电压,但也有少数品种标以交流额定电压,它们主要专用于交流电路或交流分量大的电路中。如果一般电容工作于脉动电压下,则交流分量通常不得超过直流电压的百分之几至百分之十几(应随交流分量频率的增高而相应递减),且交、直流分量的总和不得大于额定电压。交流信号分量较大的电路(如整流滤波电路)中的电容,选取额定电压参数应适当放宽余量。

4. 绝缘电阻及漏电流

电容介质不可能绝对不导电,当电容加上直流工作电压时,总有漏电流产生。若漏电流太大,电容就会发热损坏,电解电容器使用不当发热时,还会引起爆炸。除了电解电容外,一般电容器只要质量良好,其漏电流是极小的,故用绝缘电阻参数来表示其绝缘性能。而电解电容因漏电流较大,故用漏电流表示其绝缘性能(与容量成正比)。电容的绝缘电阻及漏电流是其重要的性能参数,电子设备的故障有不少都是因某个电容漏电流太大或击穿而造成的。

4. 损耗因数

电容的损耗因数是有功损耗功率与无功损耗功率之比,它的大小是代表电容品质优劣的重要指标之一。通常,电容在电场作用下,其储存或传递的一部分电能会因介质漏电及极化作用而变为无用有害的热能,这部分发热消耗的能量就是电容的损耗,显然损耗越大,发热也越严重,反之亦然。各类电容都规定了某频率范围内的损耗因数允许值,或者说它们都有各自适应的工作频率范围。在脉冲交流或高频等电路中使用某些电容时,损耗因数是个十分重要的参数。

第三节 电子技术实验常用仪器

电子技术最基本的实验是仪器使用,这些仪器包括万用表、示波器、信号发生器和实验操

作平台等。仪器使用实验主要锻炼学生在实验中的基本操作能力,掌握这些仪器的操作对于进行其它电子技术实验有很大帮助。

一、数字万用表

图 0-3-1 是一种手持袖珍式大屏幕液晶显示三位半数字万用表,主要特点是操作方便、功能齐全、读数准确、携带方便,用 9 伏电池作电源。可用于交直流电压、交直流电流、电阻、电容、二极管正向压降、三极管 hFE、电路通断、电导、温度等参数的测量。由于数字万用表有较高的内阻,在电子技术实验中常用数字万用表测量交直流信号的电压和电流。使用方法同机械万用表类似,只是显示更直观。面板见图 0-3-1。



图 0-3-1 数字万用表

在电子技术实验中,如果信号的频率小于 20k 赫兹,可利用数字万用表测量信号的幅度,如在放大电路和运算放大电路中,在一定的误差范围内,数字万用表可代替电压毫伏表使用。

二、信号发生器

信号发生器在电子技术实验中也是一种常用的仪器,其主要作用是用来提供一个或多个交流信号,作为实验电路的可控电压或电流源。下面以 SG1645 功率函数信号发生器为例介绍其功能。

SG1645 功率函数信号发生器是一种多功能、6 位数字显示的功率函数信号发生器(见图 0-3-2)。它能直接产生正弦波、三角波、方波、对称可调脉冲波和 TTL 脉冲波。其中正弦波具有最大功率输出为 10W,并具有输出短路报警保护功能。此外仪器还具有 VCF 输入控制、直流电平连续调节和频率计外接测频等功能。下面就其主要技术特性和使用作简单说明。

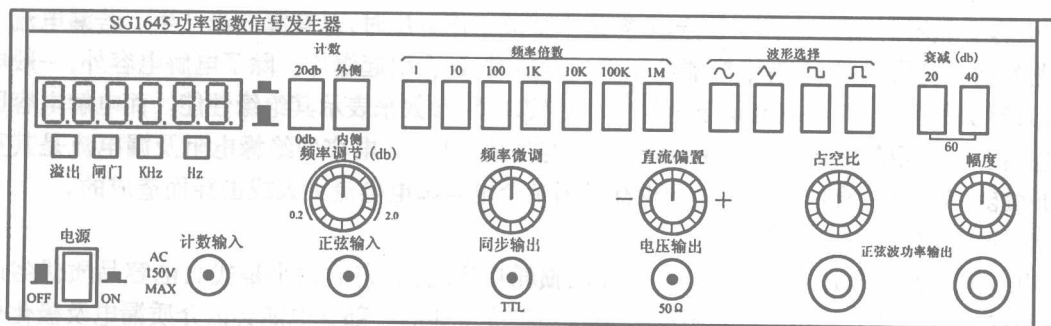


图 0-3-2 SG1645 功率函数信号发生器

SG1645 功率函数信号发生器是一种通用的低频信号发生器,电压输出频率为 0 ~ 2MHz,功率输出频率范围为 0 ~ 200kHz,频率采用 LED 数码显示,也可作为频率计使用,测量频率为 0 ~ 10MHz。此仪器操作简单,这里只介绍面板部件功能。

- 1) 电源开关:仪器的电源控制。
- 2) 频率范围调节旋钮:调节它可改变某一频段的频率,调节系数范围为 0.2 ~ 2。
- 3) 频率范围选择按键:本信号发生器频率输出共分七档,总频率范围为 0.2Hz ~ 2MHz,但

当正弦波功率输出时,频率范围为 0.2Hz ~ 200kHz。

4) 频率微调旋钮:它辅助频率范围调节旋钮,用来细调信号频率大小。

5) 波形选择按键:正弦波、三角波、方波、脉冲波、TTL。

6) TTL 输出电平插座:高电平大于 2.4V,低电平小于 0.4V,能驱动 20 只 TTL 负载

7) 电压输出衰减按键:按下 20dB,信号衰减 20dB,都按下衰减 60dB。

8) 正弦波功率输出功率接线柱:输出 $10W_{max}$ 时, $f \leq 100kHz$; 输出 $5W_{max}$ 时, $f \leq 200kHz$ 。用于大幅度信号的测量,如声速的测定。

9) 输出幅度调节旋钮:和电压输出衰减按键一起调节信号的输出幅度,最大电压输出峰值大于等于 20V。

注意:信号发生器的波形选择按键和频率范围选择按键都应有一个按下,才有信号输出。

三、示波器

在电子技术实验中,示波器主要用来观察信号波形,粗略测量信号的电压幅值与频率,双踪示波器还能够比较信号之间相位关系,是一种重要的测量仪器。常见的示波器有模拟示波器和数字存储示波器等,下面以 YQ-40 型示波器为例介绍其功能。

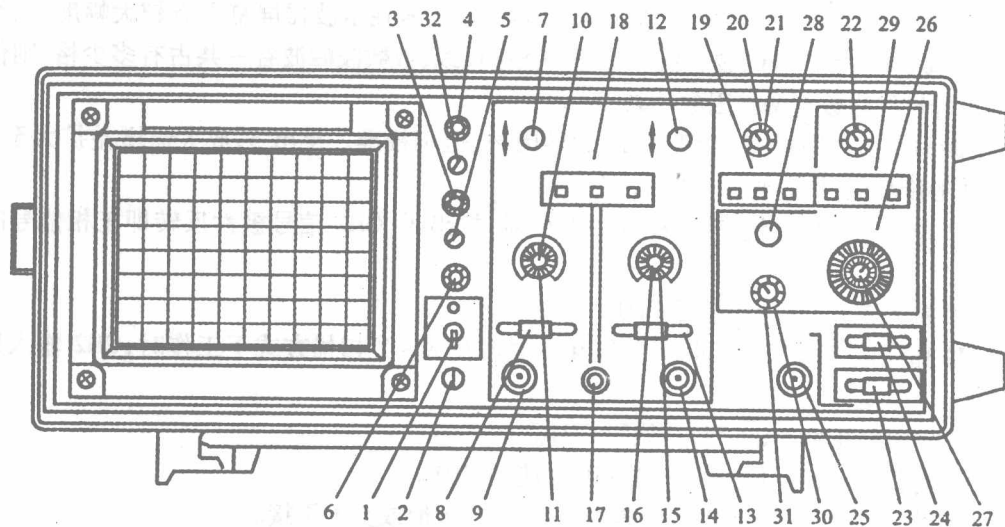


图 0-3-3 YQ-40 示波器

YQ-40 型示波器是一种双踪示波器,能同时观察和分析两个电压信号,能粗略地测定信号电压及其频率,最高工作频率为 40MHz。纵向也称为 Y 轴方向,偏转电压为被观察信号的电压。横向也称 X 轴方向,其偏转电压可以是示波器利用 Y 轴的信号触发产生,也可利用其它信号直接进行扫描。当横向扫描的初相位和纵向扫描的初相位相对应时,示波器显示波形稳定,如同电视机的行场信号同步时图象稳定一样道理。参照面板图 YQ-40 示波器(见图 0-3-3),具体功能如下:

1) 电源开关:通断仪器电源。

2) 校正信号输出端:方波 1kHz、 $1V_{p-p}$ 信号,用于调整示波器探头的补偿电容和 X 轴扫描速度,也可做演示信号用。

3) 聚焦控制旋钮:调节电子束亮点的大小,实际调节显示轨迹的清晰度。

4) 亮度控制旋钮:调节电子束扫描轨迹亮度。

5)扫描线调整电位器:通过调节,可使扫描线与 X 轴平行,一旦调整完毕,就不需要再调整。

6)标尺亮度旋钮:调节标尺线照明灯亮度。标尺用来测量信号的周期和峰峰电压值。

7)CH1 位移旋钮:设置 CH1 信号显示的垂直位置。

8)CH1 输入耦合开关:选择 CH1 信号进入衰减器的耦合方式。

AC :CH1 信号经隔直电容后进入示波器。

GND:CH1 垂直放大器输入端接地,外接信号无法进入示波器,示波器显示零电平参考电压。

DC :CH1 信号直接进入示波器。

9)CH1 输入或 X 输入端:在 X - Y 工作时,CH1 输入用作 X 轴信号输入。

10)VOLT/DIV 开关:CH1 垂直偏转因数选择开关,按 1,2,5 级分为 10 档。VOLT/DIV 开关用来控制电子束在竖直方向即 Y 轴方向上偏转幅度,中央的旋钮是微调控制电位器,处于关断即 CAL 位置时,偏转因数已校准,VOLT/DIV 开关凸翘对应的挡位数字为垂直偏转因数,其含义是标尺线每个格的电压值,利用它可对观察信号的峰峰值进行测量,具体方法为:旋转 CH1 垂直偏转因数选择开关,选择合适的偏转因数,使信号在示波器屏幕上有较大幅度显示,调节 CH1 位移旋钮,使信号的波谷低点对准一条标尺线,数数波峰波谷一共占有多少格,则信号峰峰值为标尺线格数与偏转因数的乘积。

11)微调与扩展 5 倍旋钮:微调 CH1 偏转因数,但不校准。拉出 5,放大器增益扩大至 5 倍。测量波形峰峰值时,应放置 CAL 位置。

12)CH2 位移与反相旋钮:带推拉开关电位器,拉出时,CH2 信号极性反转即正相信号向下偏转显示。

13)CH2 输入耦合开关:功能同 CH1。

14)CH2 输入或 Y 输入端:同 CH1,但在示波器在 X - Y 扫描方式下工作时,CH2 输入用作 Y 信号。

15)VOLT/DIV 开关:CH2 用,功能同 CH1。

16)微调与扩展倍钮 5 倍旋钮:CH2 用,功能同 CH1。

17)接地端:测试设备和示波器互连接用,也可接大地或空闲不接。

18)垂直方式选择开关:选择显示两通道信号。压入相应键,即可显示所选定的信号及其组合信号。

CH1 键压入或所有键都不压入,只显示 CH1 信号。

CH2 键压入,显示 CH2 信号,要求示波器工作在 X - Y 扫描方式时,须将此键按下。

ADD 压入,显示 CH1 和 CH2 的代数合,这时如果拉出 CH2 反相旋钮,则显示 CH1 和 CH2 之差。CH1 和 CH2 同时压入时,同时显示 CH1 和 CH2 信号。

19)扫描方式选择开关:选择触发方式。AUTO 键压入:无触发信号时,扫描是自动进行的,电平控制调到一个新的位置时,仅触发电平变化。NORM 键压入:只有当触发信号达到设定电平时,才发生触发扫描。

SINGLE 键:压入一次,单次扫描一次,即每次都需要一次明显的触发事件。压入一次,已备 READY 指示灯亮,直至触发扫描发生时才熄灭。

20)回扫时间控制旋钮:用来改变本次扫描结束起直至下一次扫描开始为目的时间间隔。

反时针旋至底,间隔时间变短,显示最亮。

21)触发电平控制旋钮:设定触发信号电平,一旦达到此电平点,立即发生触发扫描。这一控制可以获得部分范围内的精确分辨率,调整它可使波形显示稳定。

22)X轴位移与扩展10旋钮:调节CRT显示的水平位置,拉出时,扫描线长度扩展到10倍。

23)触发源选择开关:选择触发信号源用。CH1、CH2:触发信号取自相应的垂直通道。

LINE:触发信号取自电源波形。当垂直输入信号的频率与交流电源频率成整倍数关系时,这一触发源是很有用的。EXT:触发信号由外部输入端上的波形获得。

触发信号源用来控制水平方向开始扫描的起始位置,正确选择触发源,可使水平扫描和示波器观察信号同步,显示稳定。触发源选择开关和触发电平控制旋钮一般一起使用。

24)触发耦合选择开关:选择触发信号进入触发发生器电路内的耦合方法。

DC:信号中所有频率成份均耦合到触发发生器电路中。这种耦合方法,对多数信号的触发都是有用的。

AC:信号为容性耦合,小于10Hz的频率成份被衰减,且直流成份被阻断。这种耦合方法,对于迭加到缓变直流电压上的信号是有用的。

HF REJ:高频抑制,衰减大于50kHz的频率成份。对于消除射频干扰和衰减进入触发发生器的信号中的高频噪声成份,这种耦合方式是有效的。

TV:TV信号或视频信号耦合是入触发发生器电路中。为了精确的同步,水平扫速开关设计有TV V(帧)和TV H(行)的选择。TV服务中最重要的波形是由视频信号、消隐脉冲和同步脉冲组成的复杂波形。

25)外输入端:外部信号由此联接器输入。

26)水平扫速选择开关:按1,2,5级分为20档。用来控制电子束在水平方向上的扫描速度。用此旋转开关可测量显示信号的周期和频率。

测量时,先把(28)旋钮放置在CAL位置,旋转水平扫速选择开关到一定位置,使波形的一个完整周期显示在屏幕上,并占有最多格数,记录水平扫速选择开关的凸翘对应的 t/DIV ,然后旋转(22),数数一个周期占有的格数N,则待测信号周期为

$$T = N * t/\text{DIV}(\text{秒})$$

注意:水平扫速选择开关反时针转至极端位置是X-Y扫描显示方式。在X-Y方式中,加到通道CH1输入端的信号为水平X信号,驱动水平偏转系统。

27)B扫速开关:0.2uS~0.5mS/DIV,按1,2,5级分为11档。

28)扫速微调旋钮:可在扫速设定档之间连续改变扫速。反时针旋到底,扫速开关在0.5S/DIV位置时,扫速达1.25S/DIV;顺时针转至CAL,扫速开关所指示的值就是扫速。

29)水平方式选择开关:

A键:A扫描即主扫描。

B键:B扫描即延迟扫描。

A、B键即ALNT:主扫描A和主扫描被B扫描加亮的部分。

B TRIGD键:B触发延迟。

30)B延迟时间位移旋钮:粗调。

31)B延迟时间位移旋钮:细调。

32) B 扫描辉度电位器:调节 B 扫描的亮度。

33) Z 轴输入联接器:去 Z 轴放大器的外加 Z 轴调辉信号由此联接器输入。如果把视频中的亮度信号输入 Z 轴,示波器的 Y 轴送入场信号,X 轴送人行信号,示波器能显示黑白电视图象。

34) CH1 输出信号联接器:输出 CH1 的输入信号经规格化了的输出信号。

35) 电源插座:可拆卸电源线的插座,其上带有电源电压选择器和保险帽,保险帽内装保险管。

36) CHOP/ALT 开关:倒向 NORM 一边,断续/交替功能,由扫速开关控制;在 INV 位置,总是在交替状态而与扫速开关无关。

示波器操作注意事项如下:

1) 扫描线不要调的太亮,以免烧毁示波器的显示屏。

2) 调节各个开关和旋钮时,不要用力过猛。

3) 如果扫描线不显示,应先检查功能开关是否到位,然后使输入信号接地,再调节亮度和位置旋钮。

4) 示波器使用后,要认真整理。

四、电子技术实验平台

1. 模拟电子技术实验平台

模拟电子技术实验使用的测量仪器主要有万用表、毫伏表、信号发生器和示波器等,实验是在建立电路的基础上完成的。实验电路一般比较简单,由于大多数电路组装的目的只是为了测量,因而大不必利用电路板焊接电路。根据模拟电子技术实验内容要求,模拟电子技术实验可以使用一种组合的实验箱或实验台,在实验区域安装许多元件和元件的接口,通过导线连接,能组成不同的电路,用来满足不同模拟电子技术实验要求。各种类型的实验平台应具备以下特点:

1) 含有独立的直流电源。其中包含能提供大电流输出的单电源和小电流输出的双电源,用于实验电路的电源供应。

2) 实验箱应具备简单交流和直流信号源;

3) 有足够的实验器件选用,包括电位器、电阻器、电容器、电感器、三极管、二极管、集成运算放大器以及模拟负载等元件;

4) 有足够的实验空间和简便可靠的连接方法;

5) 有较为复杂的模拟电子系统开发能力或拓展能力。

2. 数字电路实验平台与测试手段

数字电子技术实验与模拟电子技术实验有很大区别,主要表现于:首先,数字电路核心器件为集成电路,分立器件用的较少。实验时要把集成电路看成“黑匣子”,实验的目的是了解电路的功能和器件的使用方法,学会使用数字集成电路设计数字电子系统;其次,信号难以测量。数字电路的输入与输出为数字量,即高电平就是低电平,不同时刻输出与输入状态不同,并且改变的规律和速度很难用显示仪器直接观察;数字电子技术实验的电路连线较多。电路的输入与输出常为多组数据,串行和并行数据的处理在一个数字电子系统中可能同时存在;另外在实验中使用的器件型号多种多样。数字集成电路制作工艺分 TTL 和 CMOS 两大类,不同型号有相同的逻辑功能,同一电路又有不同用途,电路完整并不意味着功能一定能实现,要考

虑器件之间的兼容性,硬件与软件配套性。因此,数字电路的实验常采用的方法步骤与模拟电子技术实验也有很大区别。数字电路实验与其测试手段有以下特点:

1) 数字电路的分析方法

逻辑电路常用的数学分析工具是布尔代数,对于组合逻辑电路的描述,要用到真值表或功能表、逻辑表达式。而对于时序逻辑电路的描述,常采用驱动表,状态方程、状态转换图、时序图。

数字电子系统电路的分析须借助专门仪器,如在线逻辑分析仪等,为了验证电路的可行性,有时采用软件仿真实验,常用的仿真软件有 PROTEL99、EWB、ISP Synario 等。

2) 实验手段

数字电路实验手段有软件电路模拟仿真实验、面包板实验(在面包板上简单连接)、逻辑实验箱实验和电路组装实验等多种形式。电路模拟仿真实验可以在器件不充分的条件下进行,利用计算机软件对电路组成、工作原理进行简单明了地分析,能很好的锻炼设计者的实践技能,但无法解决电路的干扰、器件兼容性等实际问题。

逻辑电路实验箱和电路实验台是目前实验室普遍采用的两种实验平台,和模拟实验平台重要的区别是只能用拨码开关输入数据,模拟现场的检测对象,用电平显示或数码显示观察实验结果,有时还要借助示波器或计算机显示电路运行结果。由于实验箱上的实验区多采用插接件,实验电路可以灵活地更改和调整器件布局。

3) 使用仪器

除实验平台外,数字电路实验使用的仪器有数字万用表、多波或函数信号发生器、示波器或数字存储示波器以及逻辑分析仪器等。

数字电路实验的方法和手段是以模拟电子技术实验为重要基础,以数字电子技术理论为重要依据。学会应用各种测试和分析方法可有效地提高电子技术实验的成功率,熟练使用实验工具和测试仪器是数字电路实验成功的必要条件。

4) 数字电路实验平台要求

数字电路实验平台是一个数字集成电路测试、功能验证和电路设计与实现的硬件环境。根据数字电路实验的特点和数字电路实验仪器条件,数字实验平台应具有以下单元:

a. 电源单元:包括一个能够提供有一定负载能力的 5V 稳压电源,它是 TTL 集成电路和数字实验电路的总电源;一个有正负极性输出的双电源,用于给模拟信号处理 A/D、D/A 电路供电;

b. 信号发生单元:包括一组数字脉冲发生电路,能够提供数字实验电路对不同频率的时钟需要;一个电位可调的模拟直流信号发生电路。由于空间资源和制作成本限制,数字实验箱上不可能产生频率有足够高的精度的信号,但数字脉冲发生电路较模拟信号发生电路简单的多,很容易利用现有的成熟电路实现数字信号的发生。

c. 电平显示单元电路:用于组合逻辑电路输出状态显示。在电源电压为 5V 时,电平指示电路输入的电平应和 TTL 与 CMOS 电路数字电平兼容。一般情况下,数字显示的位数应满足略微复杂电路的实验要求。

d. 高低电平产生电路:主要用来提供组合逻辑电路的逻辑电平和时序逻辑电路的控制电平,也有一定的位数和电平兼容要求。由于无须考虑电平的产生和复位过程,这种电路常用拨码开关实现。