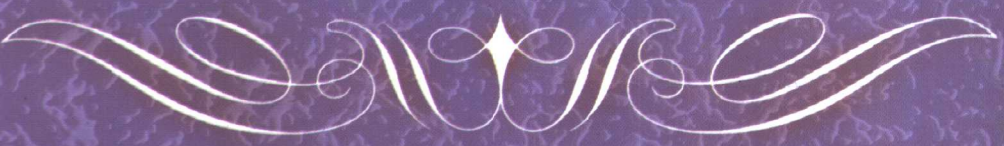


翁飞兵 陈棣湘 主编



电子技术实践教程



国防科技大学出版社

电子技术实践教程

主编 翁飞兵 陈棣湘

编著 翁飞兵 陈棣湘 刘国福
唐 莺 孟祥贵

国防科技大学出版社
长沙

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实践教程/翁飞兵,陈棣湘主编.—长沙:国防科技大学出版社,2003.9

ISBN 7-81099-011-X

I.电… II.①翁…②陈… III.电子技术—实验—高等学校—教材 IV.TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 082509 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

E-mail:gfkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑:徐飞 责任校对:唐卫葳

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:358 千

2003 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-8000 册

ISBN 7-81099-011-X/TN·4

定价:22.00 元

前 言

《电子技术实践教程》是根据“电工技术课程教学基本要求”,在原《现代电子技术实践教程》的基础上,结合近年来的教学实践修订而成。它不仅是与“电子技术基础”、“模拟电子技术基础”、“数字电子技术基础”等技术基础课程相配套的实验指导教程,而且可以作为电子技术爱好者进行电子技术实践活动的参考资料和指导教材。

本书第一章概述了实验规程、基本测试技术和实验数据的处理;第二章提供了 11 个模拟电路实验;第三章提供了 10 个数字电路实验;模拟电路实验和数字电路实验的实验内容分验证型、设计型和综合型三个层次,可根据教学的不同要求选择,以培养和提高学生的实践技能;第四章集中介绍了目前广泛使用的几种电子设计自动化(EDA)软件,通过设计实例介绍这些 EDA 软件的使用方法;第五章系统地介绍了电子电路的设计、组装、焊接、调试及故障处理方法,详细介绍了 10 个电子制作典型电路;附录收集了历届全国大学生电子设计竞赛题及与电子技术实验相关的电子元器件型号、特性参数、管脚排列等,以备必要时查阅。

本书由翁飞兵、陈棣湘、刘国福、唐莺、孟祥贵合作编写;翁飞兵、陈棣湘担任主编;孟祥贵承担了本书部分插图的绘制。本书经潘孟春同志审阅,提出了许多宝贵的意见;编写过程中得到了国防科技大学机电工程与自动化学院电子电工实验室全体同志的大力支持,在此一并表示感谢。由于编者水平所限,书中一定存在不少错误及疏漏,恳请读者提出批评和指正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

第一章 实验技术概述

§ 1.1 实验目的、要求及规程	(1)
§ 1.2 基本测试技术	(4)
§ 1.2.1 晶体二极管的极性判别	(4)
§ 1.2.2 晶体三极管的管脚判别与参数测量	(5)
§ 1.2.3 电压测量	(7)
§ 1.2.4 频率测量	(9)
§ 1.2.5 相位测量	(9)
§ 1.3 实验数据的处理	(10)
§ 1.3.1 有效数字	(10)
§ 1.3.2 数字的舍入原则及有效数字位的保留	(11)

第二章 模拟电子技术实验

实验 2-1 单管共射极放大电路	(13)
实验 2-2 两级阻容耦合放大电路	(18)
实验 2-3 负反馈放大电路的研究	(21)
实验 2-4 集成运算放大器的参数测试	(24)
实验 2-5 基本运算电路	(27)
实验 2-6 有源滤波器	(30)
实验 2-7 电压比较器和方波、三角波发生器	(33)
实验 2-8 RC 正弦波振荡器和功率放大器	(38)
实验 2-9 模拟乘法器及其应用	(42)
实验 2-10 直流稳压电源	(47)
实验 2-11 模拟电路综合设计性实验	(51)

第三章 数字电子技术实验

实验 3-1 门电路及其简单应用	(55)
实验 3-2 组合逻辑电路	(60)
实验 3-3 触发器及其简单应用	(63)
实验 3-4 寄存器和计数器	(67)
实验 3-5 步进电机的驱动与控制	(71)
实验 3-6 电机转速测量系统设计	(74)
实验 3-7 简易抢答器	(77)
实验 3-8 数字电子钟	(79)
实验 3-9 多谐振荡器和 555 定时器	(81)
实验 3-10 交通灯控制系统	(84)

第四章 可编程逻辑器件与常用 EDA 软件的使用

§ 4.1 PLD 器件	(86)
§ 4.1.1 PLD 器件的分类	(87)
§ 4.1.2 低密度 PLD 器件 GAL 及其编程	(88)
§ 4.1.3 ISP 技术与 ISP 器件	(96)
§ 4.1.4 在系统编程原理	(99)
§ 4.2 Protel 99SE 应用与实践	(100)
§ 4.2.1 Protel 99 SE 简介	(100)
§ 4.2.2 电路原理图的绘制	(101)
§ 4.2.3 印刷电路板的设计	(112)
§ 4.3 PSPICE 应用与实验	(128)
§ 4.3.1 PSPICE 9.1 基本组成	(129)
§ 4.3.2 电路仿真的基本步骤	(130)
§ 4.3.3 PSPICE 的有关规定	(131)
§ 4.3.4 PSPICE 应用	(134)
§ 4.4 ispExpert System	(137)
§ 4.4.1 ispExpert System 的原理图输入	(138)
§ 4.4.2 ABLE 语言和原理图混合输入	(142)
§ 4.5 PAC Designer	(150)
§ 4.5.1 ispPAC 的电路结构	(150)
§ 4.5.2 ispPAC 的增益调整方法	(158)
§ 4.5.3 用 ispPAC 设计滤波器	(162)
§ 4.5.4 PAC Designer 软件的使用方法	(164)
§ 4.6 Electronics Workbench 5.0 (EWB)	(174)
§ 4.6.1 基本操作方法	(175)

§ 4.6.2 仪器的操作	(177)
§ 4.6.3 EWB 应用示例	(180)

第五章 电子设计与制作

§ 5.1 电子电路的设计方法	(184)
§ 5.2 电子电路的组装、焊接、调试与故障处理	(185)
§ 5.2.1 电子电路的焊接	(185)
§ 5.2.2 电子电路的调试	(188)
§ 5.2.3 电子电路的故障分析与处理	(189)
§ 5.3 电子电路的抗干扰措施	(190)
§ 5.3.1 电源干扰	(190)
§ 5.3.2 接地技术	(191)
§ 5.3.3 屏蔽技术	(192)
§ 5.3.4 隔离技术	(192)
§ 5.4 电子设计与制作参考电路及说明	(193)
§ 5.4.1 程控充电器	(193)
§ 5.4.2 数控步进直流调压电源	(194)
§ 5.4.3 声光双控开关电路	(195)
§ 5.4.4 旅行包远离报警器	(196)
§ 5.4.5 实用煤气报警器	(198)
§ 5.4.6 金钟儿鸣叫器	(198)
§ 5.4.7 相序检测器	(199)
§ 5.4.8 数显脉搏仪	(200)
§ 5.4.9 八路数显抢答器	(201)

附录一 历届全国大学生电子设计竞赛题

附 1.1 第一届(1994 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(203)
题目一:简易数控直流电源	(203)
题目二:多路数据采集系统	(204)
附 1.2 第二届(1995 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(205)
题目一:实用低频功率放大器	(205)
题目二:实用信号源的设计与制作	(206)
题目三:简易无线电遥控系统	(207)
题目四:简易电阻、电容和电感测试仪	(208)
附 1.3 第三届(1997 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(209)
A 题:直流稳定电源	(209)
B 题:简易数字频率计	(210)
C 题:水温控制系统	(211)

D 题:调幅广播收音机	(211)
附 1.4 第四届(1999 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(213)
A 题:测量放大器	(213)
B 题:数字式工频有效值多用表	(214)
C 题:频率特性测试仪	(216)
D 题:短波调频接收机	(217)
E 题:数字化语音存储与回放系统	(218)
附 1.5 第五届(2001 年)全国大学生电子设计竞赛题目	(219)
A 题:波形发生器	(219)
B 题:简易数字存储示波器	(220)
C 题:自动往返电动小汽车	(221)
D 题:高效率音频功率放大器	(222)
E 题:数据采集与传输系统	(223)
F 题:调频收音机	(224)
 附录二 元器件有关资料	
附 2.1 电阻和电容	(226)
附 2.2 半导体器件型号的命名规则	(227)
附 2.3 部分常用 TTL 集成电路汇编	(229)
附 2.4 部分常用 CMOS 集成电路汇编	(231)
附 2.5 部分常用集成运算放大器及其主要特性汇编	(233)
附 2.6 本书实验所用集成电路管脚图	(234)
参考文献	(239)

第一章 实验技术概述

§ 1.1 实验目的、要求及规程

一、实验课的目的和要求

1. 目的

(1) 培养学生在电子电路实验研究方面的基本技能和理论联系实际的能力,使学生能根据实验任务,利用所学理论,通过分析找出内在联系,从而对简单电路的参数进行调整,对简单电子系统进行设计,使之符合性能要求,提高分析和解决实际问题的能力。

(2) 培养学生实事求是和严谨的科学作风。

2. 基本要求

(1) 学会正确使用常用电子仪器,如示波器、信号发生器、直流和交流电压表、三用表及稳压电源等。

(2) 能独立进行较简单的验证型、设计型和综合型电子电路的实验,掌握基本的测试技术,如测量电压的平均值、有效值、峰值、频率、时间及电子电路的主要技术性能。

(3) 学会查阅电子器件手册,对常用电子元器件和集成电路具有使用的基本知识。

(4) 能正确读取和处理实验数据,测量波形、特性曲线和技术性能,会分析实验结果,编写整洁的实验报告。

二、实验程序与注意事项

1. 预习

每次实验前,应认真阅读实验教材,作好预习报告,避免盲目实验,预习报告的内容一般包括:

(1) 弄清本次实验的目的、内容、方法及有关理论知识。

(2) 做好实验前的准备工作,如熟悉或设计实验电路,完成必要的理论计算,拟订实验步骤,列出记录表格,正确选用实验用的仪器设备和器件等。

(3) 认真准备实验课所要讨论的问题。

(4) 实验指导教师对学生的预习情况要进行检查,对不合要求者,可令其停止本次实验,待预习好后进行补做。

2. 进行实验

在实验课中,应遵守实验室规章制度,要认真听讲,积极参与讨论。

检查实验用的器件是否齐全,熟悉实验板中有关元器件的位置,按实验电路正确接线,确认无误后方可通电。

熟悉实验仪器的性能和使用方法,防止违章操作。

实验时要按正确的实验方法和步骤进行,细心观察实验现象,如实准确地记录实验数据或波形,培养实事求是和严谨的科学作风。

实验中发生故障或需要更换元器件时,应先切断电源再进行检查或更换,切忌带电操作。

对实验结果应进行分析,若发现明显失实,应仔细查找原因并重新测试。

3. 结束实验

实验结束后,应及时切断电源,并按实验规则第5条执行。

4. 编写实验报告

实验报告是以书面形式对实验结果的全面总结,也是对实验人员的综合分析能力、文字表达能力和科学作风的基本训练,要求实验报告书写在规定的报告纸上,论理简明清晰,论据准确求实,作图和表格规整(即按正规作图法绘图,数据以表格形式填写,曲线和表格应注明名称、物理量和单位,数字用工程字),书写整洁。

实验报告的内容与一般格式(参考):

- (1) 实验名称;
- (2) 实验者、班级、组别;
- (3) 实验目的;
- (4) 实验设备(仪器名称、型号、编号及主要元器件);
- (5) 实验内容、线路及步骤;
- (6) 实验数据的处理、分析及结论;
- (7) 问题讨论、实验体会或建议。

三、实验规则

(1) 实验前,应按要求作好预习报告。

(2) 实验时,应按时到达实验室,迟到五分钟后不准参加本次实验,有特殊情况不能按时参加实验者,应事先向指导教员请假。

(3) 进入实验室应更换拖鞋,讲究卫生,保持实验室的整洁、安静。做完实验后,将拖鞋按编号放回原处。

(4) 实验中,应爱护仪器设备,注意人身安全,遇有异常现象,应及时报告指导教员,不得擅自调换仪器设备,对违章操作造成事故者,按学校有关规定处理。

(5) 实验结束后,在指导教员同意下,即可拆除实验装置。要填写好实验登记卡和仪器登记簿,规整好仪器设备、元器件及导线,保持整齐清洁。经指导教员检查签字后方可离开实验室。

四、安全用电常识

在实验过程中,掌握安全用电知识,确保人身安全、避免仪器设备和实验装置的损坏是非常重要的。下面简要地介绍在实验中可能产生的几种用电事故及其预防措施。

1. 人身触电

一般情况下,人体的电阻约为 1 000 欧姆,当人体触摸到电气设备的带电部分,若流过人体的工频电流超过 50 毫安时,将危及人的生命安全。为确保人体触电后流过人体的电流不超过 50 毫安,通常规定 36 伏为安全电压值。

实验室常见的较高电压有:实验桌电源插座上的单相供电电源 220V/50Hz;实验室墙壁电源插座上可能备有三相供电电源 380V/50Hz;实验仪器(如示波器)通电后,其内部电源部分存在高压;有时因仪器的电源部分与外壳的绝缘性能不好,造成仪器外壳带电(称为漏电),甚至超过安全电压值。

为防止人身触电,必须严禁用手触摸通电后的电源闸刀或电源插孔,在插接电源插头时严禁手指与插头金属部分接触。在发现仪器外壳漏电(用手背接触仪器外壳时有麻木的感觉)或仪器发生故障时,应及时报告实验指导教师或实验室管理人员,严禁私自拆卸。

2. 仪器设备损坏

实验仪器设备损坏的原因主要有两种情况,一种是仪器本身的自然损坏,另一种是实验者对仪器使用不当造成过载,可能引起的损坏。正规实验室一般配置了三级安全用电保险措施:整个实验室的交流供电电源总闸、交流稳压器、实验桌的交流供电电源分闸均配置了相应的保险丝,每台仪器也配置了保险丝。一旦仪器设备发生过载故障,首先是仪器本身的保险丝熔断,若过载电流较大,可能引起实验桌上电源分闸的保险丝熔断,更甚者也可能造成交流稳压器或电源总闸的保险丝熔断。但只要各级的保险丝按规定标准进行配置,在发生电流过载现象时,仪器设备的安全一般是能够保证的。但如果各级保险丝不按标准配置,人为地加大了保险丝的电流容量或者用铜线代替保险丝,当实验过程中不小心造成仪器设备过载,就可能造成仪器设备的损坏,甚至酿成火灾。

为避免因过载造成仪器设备损坏或引发电起火,必须按标准配置各级保险丝。若实验桌上电源分闸发生保险丝熔断现象或电火花,应及时切断电源分闸;若整个实验室的交流稳压器或电源总闸的保险丝熔断或产生电火花,应迅速切断电源总闸,并及时报告实验指导教师或实验室管理人员,待排除故障原因后更换保险丝,切忌用不标准的保险丝或金属线代替原保险丝。此外,实验人员要尽可能避免各实验桌上的直流稳压电源在使用时发生短路现象。

3. 实验装置受损

实验装置是指实验板和实验台(箱),实验装置受损现象多半表现为其中的晶体管和集成芯片的损坏,损坏的原因一般是所用器件的电源极性接错、电源电压过高、电路内部连线出现差错或电路输出端短路,造成通过器件的电流过大等。实验装置出现过流故障,不仅可能损坏实验装置,还可能造成连接实验装置的直流稳压电源,甚至整个实验室的交流稳压器产生过流故障。

为防止实验装置受损,第一,必须在断电情况下进行插接线或焊接,切忌带电操作;第

二,必须保证电路中的元器件及其连线正确;第三,必须合理选择器件所需的直流电源电压及极性,并在实验装置的电源线未接的情况下,用仪表对直流供电电源的电压进行测量,并调整到所要求的电源电压值,然后关掉直流电源,待实验装置的电源线牢固地连接好后,方能开启电源开关;第四,实验装置通电后,稍停一、二分钟,观察实验装置中的元器件有无异常现象(如怪的气味或过热等),待一切正常后便可进行实验调整和测试。

此外,为防止各种可能的用电事故发生,实验桌面上必须保持整洁,各种工具、器材要放置有序,不能杂乱无章,缺乏严谨的科学作风往往容易酿成用电事故。在使用烙铁时,烙铁必须放置在烙铁架上,防止通电的烙铁头与其他物件接触,烙铁使用完后应拔掉其电源插头,各实验组的实验结束后,要切断实验桌上的电源分闸。

§ 1.2 基本测试技术

在电子电路实验中,掌握基本的测试技术是一项基础训练,不仅直接关系到实验质量的优劣,而且也是一种科研能力的培养。

电子电路实验中的基本测试技术主要包括:常用电子器件性能参数的测试,实验电路中的电压测量,信号的频率和相位测量,放大电路的性能指标——电压放大倍数、输入电阻、输出电阻和频率特性的测量,数字电路逻辑功能的测量等。

电子电路实验使用的“常用电子仪器”包括:三用表、模拟电压表和数字电压表,信号发生器,通用示波器,直流稳电源和晶体管特性图示仪等。

下面介绍几种基本的测试技术与常用电子仪器的选用原则,有关放大电路性能指标及数字电路逻辑功能的测量放在有关实验中进行阐述。

§ 1.2.1 晶体二极管的极性判别

晶体二极管具有单向导电特性:加正向电压时,二极管的电阻较小;加反向电压时,二极管的电阻大。并且正向电阻和反向电阻的数值相差越大,二极管的单向导电特性就越好。因此,用三用表的欧姆挡分别测二极管的正向和反向电阻,即可判别二极管的正、负极,以及单向导电性能的优劣。

如选择 $\Omega \times 10$ 或 $\Omega \times 100$ 挡,用三用表的红表笔(接表内电池负端)和黑表笔(接表内电池正端)分别测二极管的两个电极,当测得的电阻较小(通常在 100Ω 以下)时,则黑表笔所测的电极为正极(A),红表笔所测的电极为负极(K),如图 1.1 所示。

若测得二极管的反向电阻比正向电阻大 1 000 倍以上,则说明管子的单向导电特性好。若测得的反向电阻与正向电阻相近,则表明管子已失去单向特性,若测得正向电阻和反向电阻都很大,则表明管子已断路。

当用数字三用表测量时,选择二极管挡“”,当红表笔接正极,黑表笔接负极时,显示二极管的正向压降;当红表笔接负极,黑表笔接正极时,无电压显示。

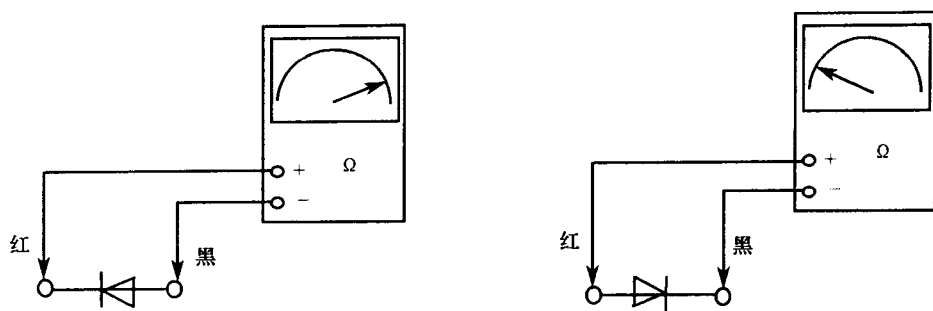


图 1.1 用三用表判别二极管

§ 1.2.2 晶体三极管的管脚判别与参数测量

一、管脚判别

无论 NPN 型还是 PNP 型三极管,都具有两个 PN 结(发射结和集电结)。因此,可以仿照判别二极管极性的方法来判别三极管的管脚及管子的类型。

下面介绍一种简易的判别方法。

1. 判别基极(b)

选用三用表欧姆挡,先用黑表笔固定接触某个管脚,再以红表笔轮流接触另外两个管脚,测得的电阻都较小;若将表笔对换,重复上述过程,测得的电阻都很大,则原先接黑表笔的那个管脚为基极(b),且该管为 NPN 型。

如果仿照上述方法,只是将表笔的用法正好相反,而测得的结果与上面类似,则原先接红表笔的管脚为 PNP 管的基极(b)。

2. 判别集电极(c)和发射极(e)

在制作晶体三极管时,为增大电流放大系数 β ,总是将集电极的有效面积作得比发射极的大,所以 $b-c$ 间的正向电阻比 $b-e$ 间的正向电阻略小。

因此,在上述判别基极(b)的过程中,对 NPN 管,测得正向电阻略小的红表笔所接触的管脚为集电极(c),余下的另一管脚为发射极(e)。对 PNP 管亦可类推。

图 1.2 为判别 NPN 型管及其管脚的示意图。

值得指出的是,使用上述方法判别三极管时,一般选择 $\Omega \times 100$ 或 $\Omega \times 1k$ 挡。若用 $\Omega \times 1$ 挡,因三用表的内阻小,通过三极管 PN 结的电流过大,可能烧坏管子,若用 $\Omega \times 10k$ 挡,因表内接的电池电压较高,可能将三极管的发射结击穿。

二、参数测量

晶体三极管参数的测量可使用专门仪器进行,如用 h 参数测试仪可直接测得“ h 参数”。

采用 JT-1 型晶体管特性图示仪,可将三极管的输入特性和输出特性曲线显示出来,

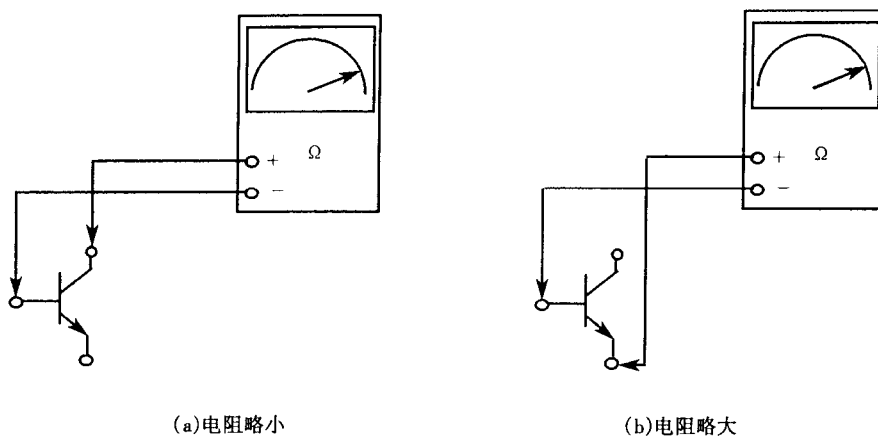
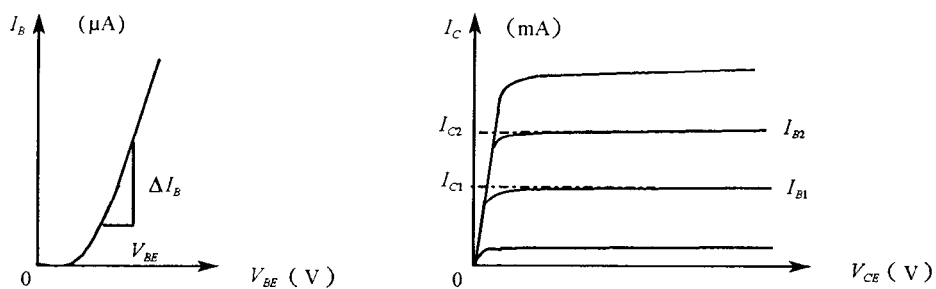


图 1.2 三极管判别

然后根据特性曲线间接测出低频参数 β , γ_{be} , γ_{ce} 和直流参数 I_{CEO} , BV_{CEO} 等, 如图 1.3 所示。



$$r_{be} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}, \quad \beta = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{B2} - I_{B1}}, \quad r_{ce} = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$$

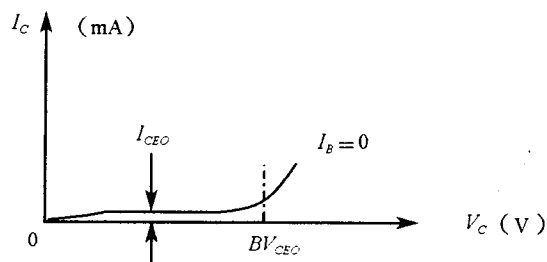


图 1.3 三极管参数测量

§ 1.2.3 电压测量

电压是表征电信号特性的一个重要参数。电子电路的许多参数和性能都直接与电压相关。因此,电压测量是电子电路实验的重要技能之一。

下面简单介绍如图 1.4 所示的直流电压、正弦交流电压,同时介绍交直流电压和脉冲波电压的测量方法。

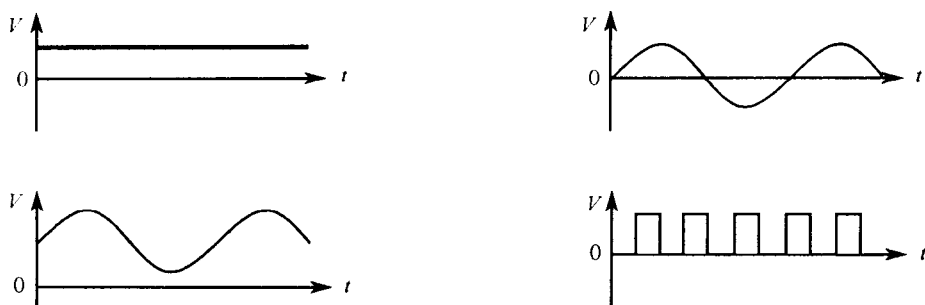


图 1.4 常见的几种电压波形

一、直流电压的测量

直流稳压电源的输出电压、电子电路的静态电压均为直流电压,通常使用三用表的直流电压挡和数字电压表的直流挡进行直接测量。

当采用三用表的直流电压挡进行测量时,应注意表的正、负端不要接错,选用的量程与被测电压的大小相适应。若估计不出被测电压的范围,应先将表的量程放在最大,然后逐渐减小量程,直至表的指针一般指示在满刻度的二分之一至三分之二范围内,有助于提高测量精度,同时还应注意表的内阻与被测电路并联产生的影响,若表的内阻不是远大于被测电路的等效电阻时,将造成测量值比实际值小得多,产生较大的测量误差,有时甚至影响被测电路的正常工作。

例如:用普通三用表测图 1.5 电路 A、O 两端电压,按理论计算 $V_{AO} = 3V$ 。因此可用直流 5V 的量程。普通模拟三用表的内阻为 $20k\Omega/V$ (即每伏 $20k\Omega$),则 5V 量程时表的内阻 $R_1 = 20k\Omega/V \times 5V = 100k\Omega$ 。这就相当 R_1 并在 AO 两端,使 AO 两端的总电阻变为 $R_1 // R_2 = 83.3k\Omega$ 。所以,接入三用表后 V_{AO} 降至 0.857V。可见,误差相当可观,此时,最好选用

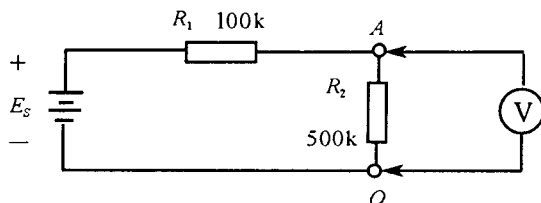


图 1.5 普通三用表测电压

真空管电压表或数字电压表进行测量,它们的内阻一般可达数兆欧姆,引起的测量误差就要小得多。

二、正弦交流电压的测量

在电子电路实验中,经常需要测量正弦交流电压的有效值,有效值的数值一般在几毫伏到十几伏,所用的正弦波频率多数在几十赫到几百千赫范围内。因此,普遍采用具有足够的电压范围、频率范围、较高精度和输入阻抗很高的交流电压表进行测量。

交流电压表测量的基本原理是,先利用仪器内部的交直流转换器将交流电压转换成直流电压,然后再送到直流表头进行测量,表头的刻度值经过折算后以正弦电压有效值的形式表示。

在要求快速和精确测量正弦交流电压有效值时,还广泛采用数字电压表。

三、同时有交直流的电压和脉冲波电压的测量

同时有交直流的电压和脉冲波电压,可采用示波器进行测量。这不仅可以观察到被测量的波形,而且能较方便地测量它们各部分的电压值。

用示波器测电压通常有直接测量法和比较法。

1. 直接测量法

若示波器的 y 轴衰减器粗调旋钮上标有 y 轴偏转因数 D_y 的刻度(V/cm 或 V/div),则可直接测量电压。

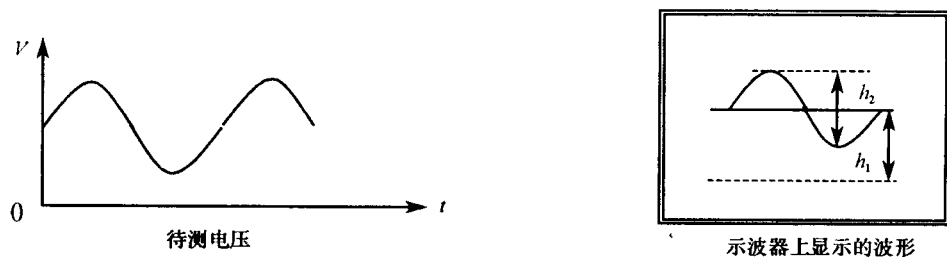


图 1.6 用示波器测同时有交直流的电压

例如,设某待测信号及其在示波器荧光屏上显示的波形。如图 1.6 所示。其中 h_1 为直流电压距零电平线(即示波器输入端与“地”短接时的扫描线,以虚线表示), h_2 为正弦交流电压峰—峰值的高度,则

待测信号的直流电压值为 $V_D = D_y \times h_1$,

待测信号的正弦交流电压峰—峰值为 $V_{pp} = D_y \times h_2$ 。

同理,可测脉冲电压,如图 1.7 所示。则

脉冲电压的低电平为 $V_L = D_y \times h_1$,

脉冲电压的高电平为 $V_H = D_y \times (h_1 + h_2)$,

脉冲电压的幅度为 $V_p = D_y \times h_2$ 。

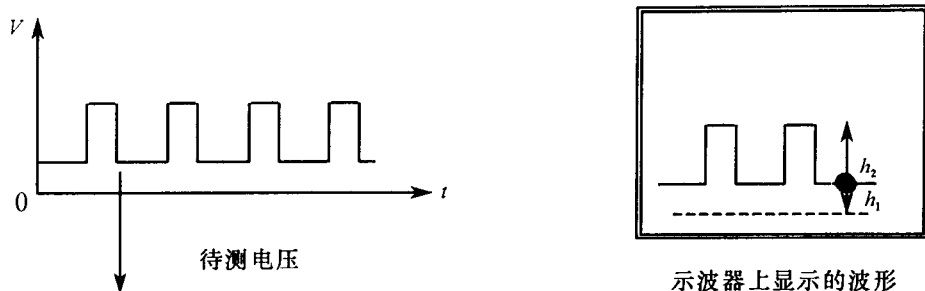


图 1.7 用示波器测脉冲波形

值得注意的是:多数示波器的 y 轴输入线带有探头,探头有一衰减倍数 A 。若待测信号经探头输入,则按上述关系式进行换算时,待测电压的测量值均应扩大 A 倍。

2. 比较法

预先用一已知信号从示波器 y 轴输入,记下在荧屏上显示的高度,然后输入待测信号,并记录在屏上的高度,最后按一定比例换算,即可间接测量出待测量信号电压的大小。

在电子电路实验中,用示波器可对任意波形的电压进行测量,而且很直观、很方便,但测量误差较大(一般约 5%)。因此,凡能直接用仪表测量的电压(如电流、正弦波),应尽量采用相应的仪表进行测量。当用仪表直接测量有困难时(如同时有交直流的电压、非正弦波电压),可考虑采用示波器进行测量。

§ 1.2.4 频率测量

信号频率的测量方法有多种,如用示波器、电桥、外差式频率计和数字式频率计等。下面仅介绍用示波器测量正弦波频率的方法。

利用示波器时基因数刻度测频率。示波器调节扫速的时基因数旋钮上都标有时间/距离的量程刻度,可利用此量程刻度从荧光屏上读出被测信号的周期 T ,然后由公式 $f = 1/T$ 计算出频率。

如示波器的时基因数调在 1 ms/cm 或 1 ms/div 挡(即在荧光屏 x 轴方向上 1 cm 的距离表示 1 ms ,显示在荧光屏上一个完整正弦波在 x 轴方向上的长度为 5 cm ,则被测信号的周期 $T = 1\text{ ms/cm} \times 5\text{ cm} = 5\text{ ms}$,其对应的频率 $f = 1/T = 1/5\text{ ms} = 200\text{ Hz}$)。如图 1.8 所示。

§ 1.2.5 相位测量

测量两正弦波之间相位差的方法较多,这里只介绍一种用示波器测相位差的方法。

利用双踪示波器可测量两个同频率正弦波之间的时间差 t_d (如图 1.9),则两正弦信号之间的相位差换算为

$$\Delta Q = 2\pi t_d / T$$

其中 t_d 依据示波器的时基因数在 x 轴上读出, T 为正弦波的周期。此方法很简便,但不