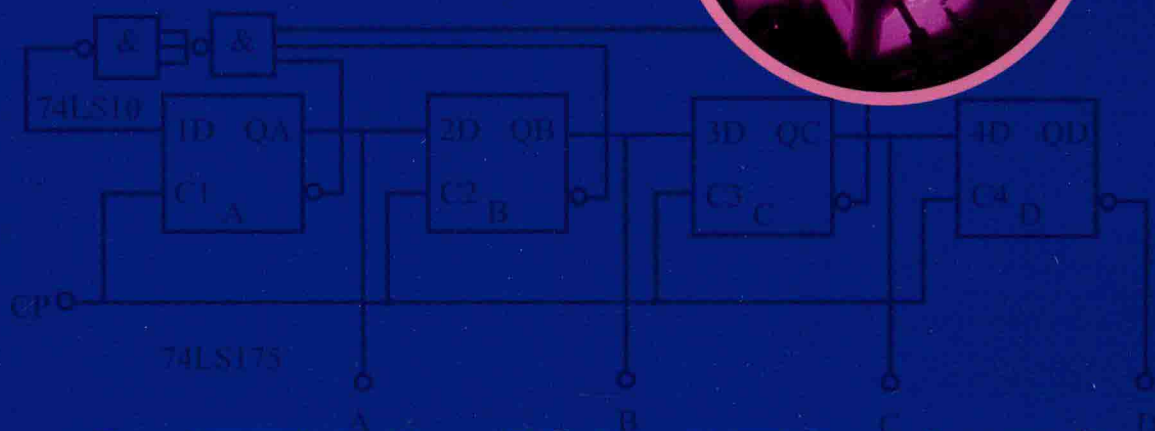


高等学校精品课程教材系列



电子技术基础实验

主 编 廖红华 廖 宇
副主编 方 芳 徐 建



科学出版社

高等学校精品课程教材系列

电子技术基础实验

主 编 廖红华 廖 宇
副主编 方 芳 徐 建

科 学 出 版 社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书是根据高等学校电子、电气信息类专业电子技术基础实验的教学基本要求,结合近几年的教学改革实践及我校电工电子教学示范实验中心要求,针对电子信息科学与技术、电气工程及其自动化、机械电子工程、通信工程等专业需求而编写的一本实验教材。全书包括电子技术实验基础知识、基本参数的测量、基础性实验、综合性实验、设计性实验等5篇,及1个附录,可供选择实验项目共43个。其中基础性实验33个,包括模拟电子技术部分20个,数字电子技术部分13个;综合性实验5个;设计性实验5个。

本书可作为高等学校本科和工程院校专科电子、电气信息类专业电子技术实验和课程设计的教材,也可供成人和职业教育相关专业学生或电气、电子技术工程人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验/廖红华,廖宇主编. —北京:科学出版社,2015.11

高等学校精品课程教材系列

ISBN 978-7-03-046164-3

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第256599号

责任编辑:张颖兵 闫 陶/责任校对:董艳辉

责任印制:高 嵘/封面设计:苏 波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2015年11月第 一 版 印张:11 3/4

2015年11月第一次印刷 字数:253 000

定价:30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

《电子技术基础实验》是根据高等学校电子、电气信息类专业电子技术基础实验教学的基本要求,结合近几年的教学改革实践及我校电工电子教学示范实验中心的要求,针对电子信息科学与技术、电气工程及其自动化、机械电子工程、通信工程等专业的需求而编写的一本实验教材。

本书是针对启东市东疆计算机有限公司研制的 DJ-A6 型模拟电路实验箱和 DJ-SD6 型数字电路实验箱编写的。为满足多专业、多内容、多层次的要求,将实验分为基础性实验、综合设计性实验和课程设计性课题。其中,基础性实验是侧重于验证学生学习过的理论知识而设置的实验,注重学生对基本实验原理的理解、实践动手能力的培养以及实验结果的分析;综合设计性实验是侧重于给定实验目的要求和实验条件,由学生自行设计实验方案并加以实现的实验,注重各知识点的贯通、学生创新能力及独立思考能力的培养;课程设计性课题侧重于将多个部分综合在一起设计制作一个具有较完备功能的复杂实际系统,注重学生学以致用能力的培养,以及创新实践能力的提高。通过基础性实验、简单的设计性实验、复杂的综合设计性实验,最后完成复杂的课程设计过程,符合循序渐进的教学规律,能有效实现课程理论与实践的完美结合。

全书包括电子技术实验基础知识、模拟电子技术基础实验、数字电子技术基础实验、综合性实验、设计性实验等 5 章和 3 个附录,可供选择的实验项目共 45 个。其中,基础性实验 35 个,包括模拟电子技术部分 22 个,数字电子技术部分 13 个;综合性实验 5 个;设计性实验 5 个;附录包括 DJ-A6 型模拟电路实验箱简介、DJ-SD6 型数字电路实验箱简介、实验芯片引脚排列等内容。

本书可作为高等学校本科和工程院校专科电子、电气信息类专业电子技术实验和课程设计的教材,也可供成人和职业教育相关专业学生或电子电气类技术人员使用。

本书在编写过程中参考了多位学者的著作,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,时间仓促,疏漏之处恳请广大读者批评指正。

编者

2015 年 06 月

于湖北民族学院桂花园校区

目 录

第一章 电子技术实验基础知识	1
第一节 电子技术基础实验的目的和意义	1
第二节 电子技术基础实验的基本要求	1
第三节 误差分析与测量结果的处理	2
第二章 模拟电子技术基础实验	5
实验一 常用电子仪器的使用	5
实验二 晶体管单级放大电路	9
实验三 场效应管放大器	15
实验四 晶体管两级放大电路	19
实验五 负反馈放大电路	22
实验六 射极跟随器	26
实验七 差动放大电路	30
实验八 集成运算放大器指标测试	33
实验九 模拟运算电路	38
实验十 波形发生电路	44
实验十一 有源滤波器	47
实验十二 电压比较器	50
实验十三 集成电路 RC 正弦波振荡器	53
实验十四 集成功率放大器	56
实验十五 整流滤波与并联稳压电路	58
实验十六 串联稳压电路	62
实验十七 RC 正弦波振荡器	65
实验十八 LC 振荡器和选频放大器	67
实验十九 电流/电压转换电路	70
实验二十 电压/频率转换电路	72
实验二十一 互补对称功率放大器	74
实验二十二 波形变换电路	78
第三章 数字电子技术基本实验	80
实验一 晶体管开关特性、限幅器与箝位器	80
实验二 TTL 门电路的逻辑功能和参数测试	85
实验三 CMOS 门电路测试	94
实验四 TTL 集电极开路门和三态输出门测试	98
实验五 组合逻辑电路(半加器全加器及逻辑运算)	102

实验六	触发器(一)R-S,D,J-K	106
实验七	触发器(二) 三态输出触发器和锁存器	110
实验八	时序电路测试和研究	113
实验九	数码管显示与集成计数器实验	116
实验十	译码器和数据选择器	122
实验十一	波形产生和单稳态触发器	127
实验十二	555 时基电路	130
实验十三	同步时序电路设计	135
第四章	综合性实验	138
实验一	函数信号发生器的组装与调试	138
实验二	温度监测及控制电路	141
实验三	用运算放大器组成万用电表的设计与调试	146
实验四	弱信号放大电路的设计	150
实验五	简单电阻、电容测量器的设计	154
第五章	设计性实验	157
实验一	音频功率放大器设计	157
实验二	篮球竞赛 30 s 计时器	160
实验三	交通信号灯控制逻辑电路设计	163
实验四	简易数字频率计	166
实验五	汽车尾灯控制电路设计	169
附录一	DJ-A6 型模拟电路实验箱简介	173
附录二	DJ-SD6 型数字电路实验箱简介	174
附录三	常用芯片的引脚功能	178

第一章 电子技术实验基础知识

第一节 电子技术基础实验的目的和意义

实验是将事物置于控制的或特定的条件下加以观测,是对事物发展规律进行科学认识的必要环节,是科学理论的源泉、自然科学的根本、工程技术的基础。任何科学技术的发展都离不开实验。

对于实践性很强的电子技术基础课程,实验占有相当重要的地位。仅具有书本知识,而缺乏实践,不能把电子技术真正学到手。因为影响电子电路工作的因素往往非常复杂,难以用简单的电路模型进行比较全面而精确的分析。学生必须通过实验调试才能理解许多基本概念,学习到许多实际知识,并且只有掌握了实验技能,才能使理论与实践紧密结合。

实验过程中,通过分析、验证器件和电路的工作原理和功能,对电路进行分析、调试、故障排除和性能指标的测量;自行设计、制作各种功能的实际电路等多方面的系统训练,学生的各种实验技能才能得以提高,实际工作能力才能得到锻炼。同时,学生的创造性思维能力、观测能力、表达能力、动手能力、查阅文献资料的能力等综合素质也得到了提高。此外,通过实验还可以培养学生勤奋进取、严肃认真、理论联系实际的务实作风。

第二节 电子技术基础实验的基本要求

为了培养良好的学风,应充分发挥学生的主动精神,促使其独立思考、独立完成实验并有所创新。对电子技术基础实验的准备阶段、进行阶段、完成阶段和实验报告分别提出下列基本要求。

一、实验前准备阶段

为了避免盲目性,实验者必须对实验内容进行预习。通过预习,明确实验目的和要求,了解实验的重点与难点,掌握实验的基本原理,看懂实验电路图,查阅有关资料,拟出实验方法和步骤,设计实验表格,对思考题进行解答,初步估算(或分析)实验结果,并在预习过程中写出预习报告。通过课前预习可避免实验时的盲目性,提高实验效率,更好地理解 and 掌握理论知识。

二、实验进行阶段

(1) 实验者要自觉遵守实验室规则。

(2) 根据实验内容合理布置实验现场。仪器设备和实验装置安放要适当。检查所用器件和仪器是否完好,然后按实验方案搭接实验电路和测试电路,并认真检查,确保无误后方可通电测试。

(3) 认真记录实验条件和所得资料、波形(并分析判断所得资料、波形是否正确)。发生故障应独立思考,耐心寻找故障原因并排除故障,记录排除故障的过程和方法。

(4) 仔细审阅实验内容和要求,确保实验内容完整,测量结果准确无误,现象合理。

(5) 实验中若发生异常现象,应立即切断电源,并报告指导教师和实验室有关人员,等候处理。

三、实验完成

实验报告是对实验工作的全面总结。学生做完实验后用简明的形式将实验结果和实验情况完整真实地表达出来。

(一) 实验报告的内容

实验报告应包括以下几个部分。

(1) 实验的目的和要求。

(2) 实验电路、测试电路和实验的工作原理。

(3) 实验用仪器、主要工具。

(4) 实验的具体步骤、实验原始数据和实验过程的详细情况记录。

(5) 实验结果和分析。必要时,应对实验结果进行误差分析。

(6) 实验小结。实验小结即总结实验完成情况,对实验方案和实验结果进行讨论,对实验中遇到的问题进行分析,简单叙述实验的收获和体会。

(7) 参考资料。记录实验前、后阅读的有关资料。应记录资料的名称、作者和简单内容。为今后查阅提供方便。

(二) 实验报告的基本要求

实验报告的基本要求是结论正确、分析合理、讨论深入、文理通顺、简明扼要、符号标准、字迹端正、图表清晰。

第三节 误差分析与测量结果的处理

在科学实验与生产实践的过程中,为了获取表征被研究对象的特征的定量信息,必须准确地进行测量。

一、误差的来源与分类

(一) 测量误差的来源

测量误差的来源主要有以下几个方面。

(1) 仪器误差。仪器误差是指测量仪器本身的电气或机械等性能不完善所造成的误差。显然,消除仪器误差的方法是配备性能优良的仪器并定时对测量仪器进行校准。

(2) 使用误差,也称为操作误差。使用误差是指测量过程中因操作不当而引起的误差。减小使用误差的办法是测量前详细阅读仪器的使用说明书,严格遵守操作规程,提高实验技巧

和对各种仪器的操作能力。

(3) 方法误差,又称为理论误差。方法误差是指由于使用的测量方法不完善、理论依据不严密、对某些经典测量方法作了不适当的修改简化而产生的误差,即凡是在测量结果的表达式中没有得到反映的因素,而实际上这些因素在测量过程中又起到一定的作用所引起的误差。

(二) 测量误差的分类

测量误差按性质和特点可分为系统误差、随机误差和疏失误差三类。

(1) 系统误差。系统误差是指在相同条件下重复测量同一量时,误差的大小和符号保持不变,或按照一定的规律变化的误差。系统误差一般可通过实验或分析方法,查明其变化规律及产生的原因后,可以减少或消除。电子技术实验中,系统误差常来源于测量仪器的调整不当和使用方法不当。

(2) 随机误差(偶然误差)。随机误差是指在相同条件下多次重复测量同一量时,误差大小和符号无规律的变化的误差。随机误差不能用实验的方法消除。但从随机误差的统计规律中可了解它的分布特性,并能对其大小及测量结果的可靠性作出估计,或通过多次重复测量,然后取其算术平均值来达到目的。

(3) 疏失误差(又称粗差)。它是一种过失误差,这种误差是测量者对仪器不了解、粗心,导致读数不正确而引起的,测量条件的突然变化也会引起粗差。含有粗差的测量值称为坏值或异常值。必须根据统计检验方法的某些准则去判断哪个测量值是坏值,然后去除。

二、误差的表示方法

误差可以用绝对误差和相对误差来表示。

(一) 绝对误差

设被测量量的真值为 A_0 , 测量仪器的示值为 X , 则绝对误差为

$$\Delta X = X - A_0 \quad (1-3-1)$$

在某一时间和空间条件下,被测量的真值虽然是客观存在的,但一般无法测得,只能尽量逼近它。故常用高一级标准测量仪器的测量值 A 代替真值 A_0 , 则有

$$\Delta X = X - A \quad (1-3-2)$$

在测量前,测量仪器应由高一级标准仪器进行校正,校正量常用修正值 C 表示。对于被测量,高一级标准仪器的示值减去测量仪器的示值所得的差值,就是修正值。实际上,修正值就是绝对误差,只是符号相反:

$$C = -\Delta X = A - X \quad (1-3-3)$$

利用修正值便可得该仪器所测量的实际值:

$$A = X + C \quad (1-3-4)$$

(二) 相对误差

绝对误差值的大小往往不能确切地反映出被测量量的准确程度。例如,测 100 V 电压时, $\Delta X_1 = +2$ V, 在测 10 V 电压时, $\Delta X_2 = 0.5$ V, 虽然 $\Delta X_1 > \Delta X_2$, 可实际 ΔX_1 只占被测量量的 2%, 而 ΔX_2 却占被测量的 5%。显然, 后者的误差对测量结果的影响相对较大。因此, 工程

上常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。相对误差又分为实际相对误差、示值相对误差和引用(或满度)相对误差。

(1) 实际相对误差是用绝对误差 ΔX 与被测量的实际值 A 的比值的百分数来表示的相对误差,记为

$$\gamma_A = \frac{\Delta X}{A} \times 100\% \quad (1-3-5)$$

(2) 示值相对误差是用绝对误差 ΔX 与仪器给出值 X 的百分数来表示的相对误差,即

$$\gamma_X = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (1-3-6)$$

(3) 引用(或满度)相对误差是用绝对误差 ΔX 与仪器的满刻度值 $X_{\max}$ 之比的百分数来表示的相对误差,即

$$\gamma_m = \frac{\Delta X}{X_{\max}} \times 100\% \quad (1-3-7)$$

电工仪表的准确度等级就是由 γ_m 决定的,如 1.5 级的电表,表明 $-1.5\% \leq \gamma_m \leq 1.5\%$ 。我国电工仪表按示值共分七级:0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。若某仪表的等级是 S 级,它的满刻度值为 $X_{\max}$,则测量的绝对误差为

$$\Delta X \leq X_{\max} \times S\% \quad (1-3-8)$$

其示值相对误差为

$$\gamma_m \leq \frac{X_{\max}}{X} \times S\% \quad (1-3-9)$$

在式(1-3-9)中,总是满足 $X \leq X_{\max}$ 。可见,当仪表等级 S 选定后, X 越接近 $X_{\max}$ 时, γ_m 的上限值越小,测量越准确。因此,当使用这类仪表进行测量时,一般应使被测量的值尽可能在仪表满刻度值的二分之一以上。

第二章 模拟电子技术基础实验

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

- (1) 掌握示波器、函数发生器、万用表等仪器仪表的基本使用方法。
- (2) 熟悉各仪器之间的相互搭配、使用技巧和注意事项。
- (3) 学会基本参数的测量方法。

二、实验仪器

通用示波器、信号发生器、万用表、二极管和电阻若干。

三、实验原理

实验中,经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、交流毫伏表和频率计等。它们和万用表一起,可完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中,若要对各种电子仪器进行综合使用,可按照信号流向,以连线简洁,调节顺手,观察与读数方便等原则进行合理布局。各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 2-1-1 所示。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称为共地。信号源和交流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器接线使用专用电缆线。

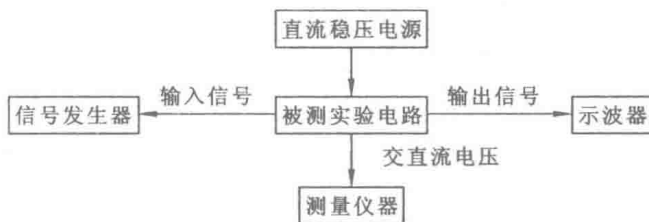


图 2-1-1 电子仪器布局图

为了在实验中准确地测量数据,观察实验现象,必须学会正确地使用这些仪器的方法,这是一项重要的实验技能。以后每次实验都要反复进行这方面的练习。

示波器是一种用途很广的电子测量仪器。利用它可以测出电信号的一系列参数,如信号电压(或电流)的幅度、周期(或频率)和相位等。

函数信号发生器按需要可输出正弦波、方波和三角波三种波形的信号。输出信号幅度可连续调节,幅度可以调节到 mV 级,输出信号频率可进行调节,频率范围较广。函数信号发生

器作为信号源,注意它的输出端不允许短路。由于模电实验是对低频小信号的研究,信号源最好用音频信号源。实验箱自带的简易信号源精度有限,只能定性地分析实验现象,在做实验时最好自备信号源。以后做实验时只说明输入信号,不再说明如何调节,相关信号发生器的调节参看相关信号源操作手册。

任何型号的万用表都有测量直流交流电压、电流和电阻等功能。使用数字万用表便于读数,用万用表测电流时应先估计所测电流的最大值,调节最大档来测量电流,以免烧坏表内的保险管,然后在测量时逐档减少量程。

四、实验内容及步骤

(一) 电子仪器使用练习

(1) 将示波器电源接通 1~2 min,调节有关旋钮,使荧光屏上出现扫描线,熟悉“辉度”、“聚焦”、“X 轴位移”、“Y 轴位移”等旋钮的作用。

(2) 启动低频信号发生器,调节其输出电压(有效值)为 1~5 V,频率为 1 kHz,用示波器观察信号电压波形,熟悉“Y 轴衰减”和“Y 轴增幅”旋钮的作用。

(3) 调节有关旋钮,使荧光屏上显示出的波形增加或减少(如在荧光屏上得到一个、三个或六个完整的正弦波),熟悉“扫描范围”及“扫描微调”旋钮的作用。

(4) 用晶体管毫伏表测量信号发生器的输出电压。将信号发生器的“输出衰减”开关置 0 dB、20 dB、40 dB、60 dB 位置,测量其对应的输出电压。测量时,晶体管毫伏表的量程要选择适当,以使读数准确。注意不要过量程。

(5) 用毫伏表与示波器分别测量交流信号电压,填入表 2-1-1 并分析其结果。

表 2-1-1

波形	正弦波	占空比正弦波	方波	矩形波	三角波	锯齿波
示波器测量						
毫伏表测量						

(6) 用示波器测量一组函数发生器信号的频率,并比较。

表 2-1-2

函数发生器	100 Hz	1 kHz	10 kHz	1 MHz	10 MHz
示波器 T					
示波器 f					

(二) 用万用表辨别二极管的一些性质

用万用表辨别二极管的极性,辨别二极管 e、b、c 各极,管子的类型(PNP 或 NPN)及其好坏。

1. 利用万用表测试晶体二极管

(1) 鉴别正、负极性。万用表欧姆档的内部电路可以用如图 2-1-2(b)所示的电路等效。

由图可见,黑棒为正极性,红棒为负极性。将万用表选在“ $R \times 100$ ”档,两棒接到二极管两端,如图 2-1-2(a)所示,若表针指在几千欧以下的阻值,则接黑棒一端为二极管的正极,二极管正向导通;反之,如果表针指向很大(几百千欧)的阻值,则接红棒的那一端为正极。

(2) 鉴别性能。将万用表的黑棒接二极管的正极,红棒接二极管的负极,测得二极管的正向电阻。一般在几千欧以下为好,要求正向电阻越小越好。将红棒接二极管的正极,黑棒接二极管的负极,可测量出反向电阻。一般应大于 $200\text{ k}\Omega$ 。

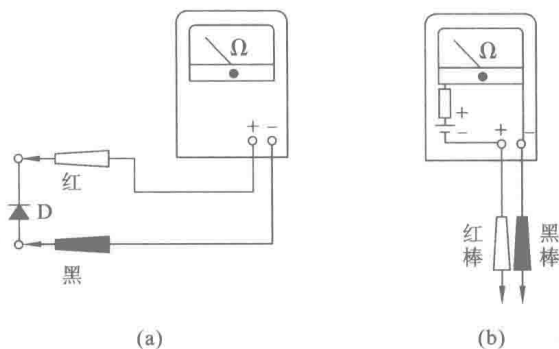


图 2-1-2 用万用表测试晶体二极管

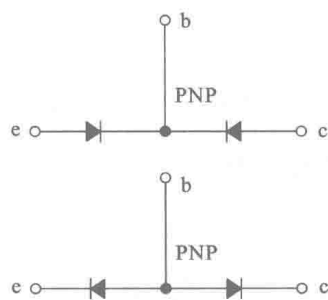


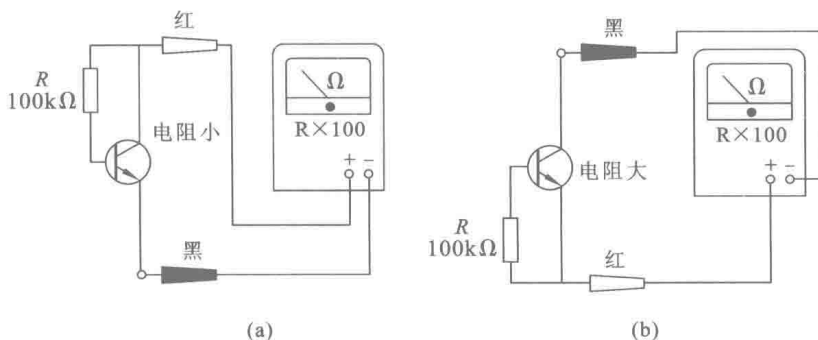
图 2-1-3 晶体三极管的两个 PN 结构示意图

2. 利用万用表测试小功率晶体三极管

晶体三极管的结构犹如“背靠背”的两个二极管,如图 2-1-3 所示。测试时用“ $R \times 100$ ”档。

(1) 判断基极 b 和管子的类型。用万用表的红棒接晶体管的某一极,黑棒依次接其他两个极,若两次测得的电阻都很小(在几千欧以下),则红棒接的为 PNP 型管子的基极 b ;若量得电阻都很大(在几百千欧以上),则红棒所接的是 NPN 型管子的基极 b 。若两次量得的阻值为一大一小,应换一个极再测量。

(2) 确定发射极 e 和集电极 c 。以 PNP 型管子为例,基极确定以后,用万用表两根棒分别接另两个未知电极,假设红棒所接电极 c ,黑棒所接电极 e ,用一个 $100\text{ k}\Omega$ 的电阻一端接 b ,一端接红棒(相当于注入一个 I_B),观察接上电阻时表针摆动的幅度大小。再把两棒对调,重新测量一次。根据晶体管放大原理可知,表针摆动大的一次,红棒所接的为管子的集电极 c ,另一个极为发射极 e 。也可用手捏住基极 b 与红棒(不要使 b 极与棒相碰),以人体电阻代替 $100\text{ k}\Omega$ 电阻,同样可以判别管子的电极,如图 2-1-4 所示。

图 2-1-4 c 极和 e 极的判断

对于 NPN 型管,判断的方法相类似,读者可自行思考。

测试过程中,若发现晶体管任何两极之间的正、反电阻都很小(接近于零),或是都很大(表针不动),这表明管子已击穿或烧坏。

五、报告要求

(1) 说明使用示波器观察波形时,为了达到下列要求,应调节哪些旋钮。

- ① 波形清晰且亮度适中。
- ② 波形在荧光屏中央且大小适中。
- ③ 波形完整。
- ④ 波形稳定。

(2) 总结用万用表测试二极管和三极管的方法。

六、思考题

说明用示波器观察正弦波电压时,若荧光屏上分别出现如图 2-1-5 所示的图形,则是哪些旋钮位置不对,应如何调节?

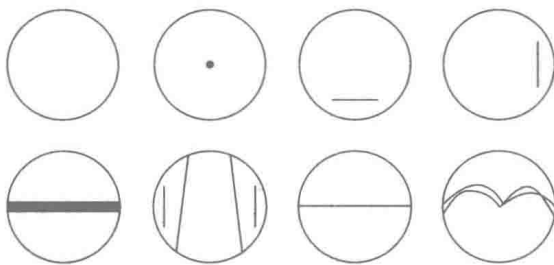


图 2-1-5

实验二 晶体管单级放大电路

一、实验目的

- (1) 熟悉电子元件和模拟电路实验箱的使用。
- (2) 掌握放大器静态工作点的调试方法,学会分析静态工作点对放大器性能的影响。
- (3) 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻和最大不失真输出电压的测试方法。

二、实验仪器

双踪示波器、函数发生器、数字万用表和分立元件放大电路模块。

三、实验原理

图 2-2-1 为电阻分压式单管放大器实验电路图。它的偏置电路采用由 R_{B1} 和 R_{B2} 组成的分压电路,并在发射极中接有电阻 R_E ,以稳定放大器的静态工作点。当在放大器的输入端加入输入信号 U_i 后,在放大器的输出端便可得到一个与 U_i 相位相反,幅值被放大的输出信号 U_o ,从而实现了电压放大。

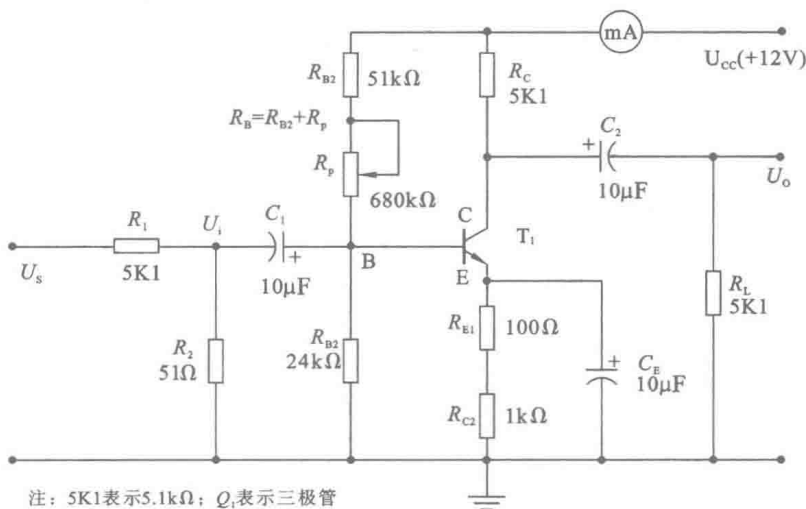


图 2-2-1 共射极单管放大器实验电路

在如图 2-2-1 所示的电路中,当流过偏置电阻 R_B 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管 T 的基极电流 I_B 时(一般 5~10 倍),则它的静态工作点可用下式估算:

$$U_B \approx \frac{R_B}{R_B + R_{B2}} U_{CC} \quad (2-2-1)$$

$$I_E \approx \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx I_C \quad (R_E = R_{E1} + R_{E2}) \quad (2-2-2)$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C (R_C + R_E) \quad (2-2-3)$$

电压放大倍数为

$$A_V = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{BE}} \quad (2-2-4)$$

$$\text{输入电阻为} \quad R_i = R_B // R_{B2} // r_{BE} \quad (2-2-5)$$

$$\text{输出电阻为} \quad R_o \approx R_C \quad (2-2-6)$$

由于电子器件性能的分散性比较大,所以在设计和制作晶体管放大电路时,离不开测量和调试技术。在设计前应测量所用元器件的参数,为电路设计提供必要的依据。在完成设计和装配以后,还必须测量和调试放大器的静态工作点和各项性能指标。一个优质放大器,必定是理论设计与实验调整相结合的产物。因此,除了学习放大器的理论知识和设计方法外,还必须掌握必要的测量和调试技术。

放大器的测量和调试一般包括放大器静态工作点的测量与调试,以及放大器各项动态参数的测量与调试等。

(一) 放大器静态工作点的测量与调试

1. 静态工作点的测量

测量放大器的静态工作点,应在输入信号 $u_i = 0$ 的情况下进行,即将放大器输入端与地端短接,然后选用量程合适的数字万用表,分别测量晶体管的集电极电流 I_C 和各电极对地的电位 U_B 、 U_C 和 U_E 。一般实验中,为了避免断开集电极,经常采用通过测量电压 U_E 或 U_C 算出 I_C 的方法。例如,只要测出 U_E ,即可用: $I_C \approx I_E = \frac{U_E}{R_E}$ 算出 I_C (也可根据 $I_C = \frac{U_{CC} - U_C}{R_C}$,由 U_C 确定 I_C),同时也能算出 $U_{BE} = U_B - U_E$, $U_{CE} = U_C - U_E$ 。

为了减小误差,提高测量精度,应选用内阻较高的直流电压表。

2. 静态工作点的调试

放大器静态工作点的调试是指对三极管集电极电流 I_C (或 U_{CE}) 的调整与测试。静态工作点是否合适,对放大器的性能和输出波形都有很大影响。若工作点偏高,放大器在加入交流信号以后易产生饱和失真,此时 u_o 的负半周将被削底,如图 2-2-2(a) 所示;若工作点偏低则易产生截止失真,即 u_o 的正半周被缩顶(一般截止失真不如饱和失真明显),如图 2-2-2(b) 所示。这些情况都不符合不失真放大的要求。所以在选定工作点以后还必须进行动态调试,即在放大器的输入端加入一定的输入电压 u_i ,检查输出电压 u_o 的大小和波形是否满足要求。若不足,则应调节静态工作点的位置。

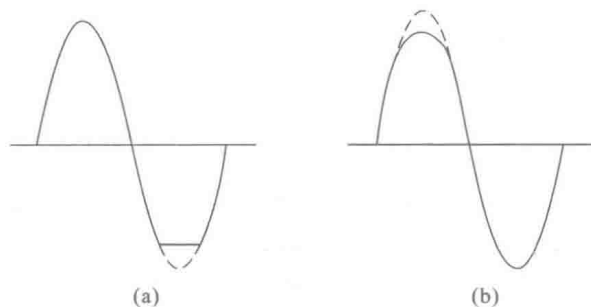


图 2-2-2 静态工作点对 u_o 波形失真的影响

改变电路参数 U_{CC} 、 R_C 、 R_B (R_{B1} 、 R_{B2}) 都会引起静态工作点的变化,如图 2-2-3 所示。但通常多采用调节偏置电阻 R_{B2} 的方法来改变静态工作点,如减小 R_{B2} 可使静态工作点提高等。

最后还要说明的是,前面所说的工作点偏高或偏低不是绝对的,应该是相对于信号的幅度

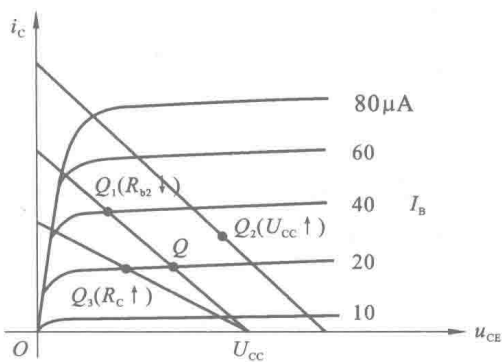


图 2-2-3 电路参数对静态工作点的影响

而言的,若输入信号幅度很小,即使工作点较高或较低也不一定会出现失真。所以确切地说,波形失真的产生是信号幅度与静态工作点设置配合不当导致的。若需要满足较大信号幅度的要求,静态工作点最好尽量靠近交流负载线的中点。

(二) 放大器动态指标测试

放大器动态指标包括电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、最大不失真输出电压(动态范围)和通频带等。

1. 电压放大倍数 A_v 的测量

调整放大器到合适的静态工作点,然后加入输入电压 u_i ,在输出电压 u_o 不失真的情况下,用交流毫伏表测出 u_i 和 u_o 的有效值 U_i 和 U_o ,则

$$A_v = \frac{U_o}{U_i} \quad (2-2-7)$$

2. 输入电阻 R_i 的测量

为了测量放大器的输入电阻,在按如图 2-2-4 所示电路的被测放大器的输入端与信号源之间串入一已知电阻 R 。在放大器正常工作的情况下,用交流毫伏表测出 U_s 和 U_i ,则根据输入电阻的定义可得

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_s - U_i}{R}} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R \quad (2-2-8)$$

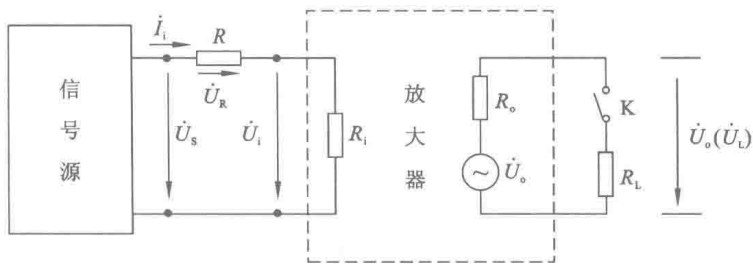


图 2-2-4 输入、输出电阻测量电路

测量时应注意下列几点。

(1) 由于电阻 R 两端没有电路公共接地点,所以测量 R 两端电压 U_R 时必须分别测出 U_s 。