

电工电子基础课实验系列教材

MONI DIANZI JISHU
SHIYAN

模拟电子技术实验

龚之春 主审
华柏兴 卢葵芳 编著



浙江大學出版社

电工电子基础课实验系列教材

模拟电子技术实验

龚之春 主审

华柏兴 卢葵芳 编著

浙江大学出版社

内容提要

为适应电子信息时代的新形势和培养面向 21 世纪电子技术人才的需要,作者根据高等院校理工科本科生的模拟电子技术实验基本教学要求和长期积累的实践教学知识和经验,编写了本书。

全书共分三篇。第一篇为实验内容,共编写了 18 个不同的实验,分别详细介绍了各个实验的实验目的、实验原理、实验电路参数的设计方法、实验步骤和具体的实验内容、实验思考题等。第二篇为实验故障分析和排除技巧,对一些比较具有代表性的实验故障进行了较详细地分析和讨论。第三篇为实验附录,较完整地介绍了 CS4125A 双踪示波器、模拟电路实验箱和 QT2 晶体管特性图示仪等电子仪器的技术指标、功能及使用方法等。

本书是高等院校电子类、信息类、通信类、计算机和自动化等专业的“线性电子电路实验”、“低频电子线路实验”、“模拟电子技术实验”等课程的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考和自学。

责任编辑 樊晓燕

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10

字 数 256 千

版 次 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 11 月第 2 次印刷

印 数 3001—6000

书 号 ISBN 7-900666-64-8/G·104

定 价 15.00 元

序

杭州电子科技大学的电工电子类学科实验室,自上世纪 80 年代创建以来,已经历了多次扩展和改造。尤其是本世纪初迁入下沙新校区后,这些实验室又经大力充实和整合,已提升为电工电子实验中心,并被列入省教育厅认证的首批省高校重点实验教学示范中心之一。这是几代实验工作者努力的结果,也是浙江省教育事业发展的标志之一。

为了真正适应时代的发展,作为省重点实验基地的电工电子实验中心应当具有鲜明的开放性和示范性。为此,该中心在不断改善硬环境的同时,还特别重视实验内容、过程和手段的革新。如在保留经典实验过程的同时,适时增添了计算机辅助分析的内容;在运用传统设计方法之后,及时引入编程开发软件,使电子系统设计(综合)实现得更为快捷有效;在常规实验取得一定经验的基础上,及时掌握虚拟实验技术这一现代工程训练必备的手段;还有实验过程中注重培养故障检测和诊断等实验师应有的基本技能,等等。所有这类实验改革的理念,随着实验课程的进展,都恰如其分地安排在相应的实验过程中。

这套实验指导书,大体上是按电工学、电路基础、模拟电子技术、脉冲与数字电路和通信电路等课程分册编写出版的,它既适用于电工电子信息类等工程专业本科使用,如经适当选择和安排,也完全适用于非电类工科专业使用,如机电一体化、自动化、交通、能源勘探或轻工制造类专业。它还可根据不同层次的学生提供有针对性的实验内容和环境,如可安排单片机至嵌入式系统的综合实验等,以便供研究生或高职生等进行实验学习。

本实验系列教材的各分册的编者都是长期从事相应课程教学和实验的教师,他们有着丰厚的理论基础和专业知識。更可贵的是他们具有熟练的实验技能。他们在编写中都注意到实验内容的由浅入深,逐渐加大实验难度和复杂性;实验目的也逐渐从感性到理性,符合认知规律,进而达到自主开发和创新境界;实验手段也是从传统到智能化的渐进式训练。这些理念无不透现出编者多年教学心得和工程经验的运用。学生如能充分利用中心的实验资源,并深刻领会实验教材的编写意图,经过亲身实践,定能使个人的实验技能大有长进,成为当今企业界十分欢迎的工程专业人材。

实验改革是教学改革中的一个重要方面,需要有经验的指导教师的远见卓识,更需要有锐意改革从事实验研究者的亲身体验。相信实践出真知,实验中心在不断改革开放的进程中,将会变得更具开放性和示范性,将会为杭州电子科技大学,以至全省电工电子类实验教学创造出更多的经验。

龚之春 教授

2003 年冬于杭州翠苑

前 言

“模拟电子技术”或“模拟电子线路”，是电子类和通信类专业的一门主干必修课，也是自动化和测控技术等专业的必修课。需要强调的是，这是一门实践性很强的专业基础课程。学生在学习该课程的基本理论及基础知识的基础上，还需经过相应的实践环节进行基本技能的训练。实验就是使理论知识紧密联系实际的重要途径。通过实验，可以深化所学的理论知识，培养和提高学生实际动手能力和解决实际问题的能力，同时训练了电路组装和调测技能以及电路故障的排除能力。

编者根据多年的教学实践经验，编写了这本《模拟电子技术实验》。本教材从教学实际出发，力求做到由浅入深、从低到高、循序渐进，有针对性地、系统地进行各种基本技能的训练，在对学生的能力培养过程中注重因材施教。实验内容既有验证性实验、操作性实验，又有设计性实验；既有单元电路的基础实验，又有一定难度的综合性较强的实验；既有分立元件的实验，又有集成电路或由分立元件组成的单元电路和集成电路组合的实验。操作性实验是少数，而多数是设计性和综合性实验。本教材中绝大部分实验的内容丰富饱满，学生可根据教学时数和自己的能力进行适当调整，也可根据自己的实际情况自选和设计实验电路或自拟实验方案。最后安排有大型实验，加强对电路的设计、器件的选择、电路性能的调试、电路技术指标的测试等实验技能的综合训练，提高学生综合运用知识、分析解决实际问题的能力。

本实验教材共分三篇：第一篇为实验内容，共安排了 18 个不同的实验，分别详细介绍了各实验的实验目的、实验原理、实验电路参数的设计方法、实验的具体内容及步骤，以及实验思考题等内容。第二篇为实验故障分析与排除技巧，对比较典型的和比较实用的四个实验的故障原因和解决办法以及故障排除技巧进行了详细的分析和讨论，有助于实验者提高分析和解决实际问题的能力，提高排除实验故障的技能。第三篇为实验附录，详细介绍了常用电子仪器的技术指标和功能、操作使用方法以及常用集成电路的主要参数等。第一篇和第二篇由华柏兴编写，并负责全书的审核和定稿；第三篇由卢葵芳编写，并负责全书的文字整理和打印。

龚之春教授、查丽斌副教授对本教材进行了认真细致的审阅，并提出了宝贵的意见和建议。在本教材的编写过程中，胡建萍教授、胡飞跃副教授、潘安克高级工程师、徐赛秋副教授都提出了宝贵的建议。在此表示衷心的感谢。

由于本教材编写时间比较仓促，书中如有不完善和错误之处，编者真诚地希望使用本教材的广大师生以及读者批评指正。

编 者

2003 年 12 月于杭州电子工业学院

目 录

第一篇 实验内容	1
实验须知	2
实验一 常用电子仪器的使用	3
实验二 晶体管主要参数及特性曲线的测试	7
实验三 单级低频放大器的设计、安装和调测	12
实验四 场效应管放大电路的设计与调测	18
实验五 集成低频功率放大器	22
实验六 直流稳压电源的设计与调测	29
实验七 集成开关稳压电源的应用与研究	36
实验八 集成运算放大器的线性应用	44
实验九 负反馈放大器	51
实验十 电压/电流以及电压/频率转换电路	57
实验十一 具有滞回特性的电平检测器	62
实验十二 精密整流电路	66
实验十三 波形产生电路	70
实验十四 集成多功能信号发生器	77
实验十五 电流模式电子电路的应用 ——CFA 组装式数据放大器	81
实验十六 集成锁相环的应用	89
实验十七 音响放大器的设计与调测	93
实验十八 差分放大器	108
第二篇 实验故障分析与排除技巧	113
第一节 实验三的实验故障分析与排除技巧	115
第二节 实验五的实验故障分析与排除技巧	119
第三节 实验十一的实验故障分析与排除技巧	122
第四节 实验十三的实验故障分析与排除技巧	124
第三篇 实验附录	127
附录一 常用电子仪器介绍	129
仪器一 CS-4125A 型双踪示波器	129
仪器二 SBL 型模拟电路实验箱	136
仪器三 QT2 型晶体管特性图示仪	138
附录二 集成电路的型号命名方法及主要技术指标	146
参考文献	152

第一篇

实验内容

实 验 须 知

1. 实验前要认真阅读实验教材中有关的内容,理解所做实验的电路原理,写出所做实验的预习报告。预习报告的主要内容应包括:完成实验电路及参数设计,画出完整正确的实验电路,拟好实验步骤,明确实验内容。

2. 要遵守实验室安全守则和实验仪器设备的使用规则等各项规章制度,保证人身安全以及仪器设备的正常使用。万一出现某仪器或器件发热严重的异常现象,应立即关掉电源。

3. 要按时参加实验,认真完成和做好每个实验。

4. 实验做完后,须经指导老师检查测量数据以及抽检电路波形,并在预习报告上签字。之后,必须先断开电源,然后才能拆除实验电路连线。

5. 实验完成后,必须关掉所用的各种仪器设备的电源,整理并放置好实验台上所有的连线和仪器。

6. 根据要求,认真完成实验报告的写作,并按时上交。

7. 本实验教材中凡标有 * 号的实验内容为选做内容。

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

1. 了解常用电子仪器的主要技术指标、性能和面板上各旋钮的功能。
2. 初步掌握常用电子仪器的使用方法和一般的测量技术。

二、实验仪器

表 1-1 实验仪器

序号	仪器名称	型 号	主要 功 能	最主要特点
1	模拟电路实验箱			
2	数字万用表			
3	指针式万用表			
4	功率函数发生器			
5	双踪示波器			
6	交流毫伏表			

三、实验原理

表 1-1 中有关的电子仪器的主要技术指标、工作原理、面板上各开关旋钮的作用、使用方法等见附录一,必须认真预习。

电量及波形参数的测试线路连接示意图如图 1-1 所示。

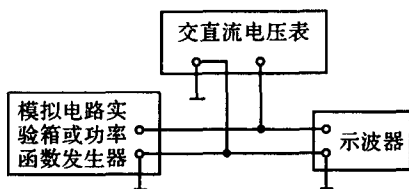


图 1-1 电量及波形参数测试接线示意图

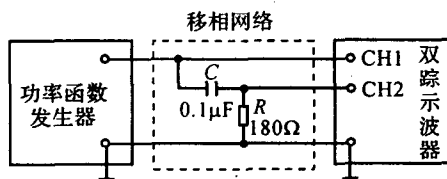


图 1-2 双踪示波器测量相位连线图

相位测量原理:

本实验采用双踪波形显示来测量相位,其测量时的连线如图 1-2 所示。调节功率函数发生

器使其输出频率为 2kHz、峰峰值为 4V 的正弦波信号,经 RC 移相网络获得同频率而不同相位的两路信号,分别送到 CS-4125A 型双踪示波器的 CH1 和 CH2 两个通道的信号输入端,显示方式置于“交替(ALT)”或“断续(CHOP)”档位。然后分别调节 CH1 和 CH2 的位移旋钮和“V/DIV”开关以及相关的微调旋钮,使双踪示波器屏幕上显示出两个幅度相等的正弦波波形。为了便于稳定波形,应将同步信号选择键拨到“CH2”位置,以便于比较两信号的相位。波形显示如图 1-3 所示。

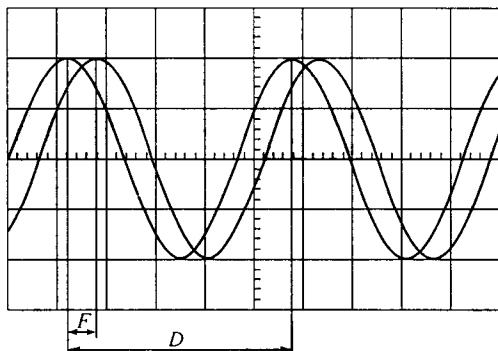


图 1-3 双踪示波器测量相位波形图

由图 1-3 可知,正弦波的一个周期在 X 轴向所占的格数为 D ,则每格的相位为 $360^\circ/D$,两个波形在 X 轴方向的差距为 F 格,则两波形之间的相位差 θ 为

$$\theta = \frac{360}{D} \times F (\text{度})$$

四、实验内容及步骤

1. 直流电压的选择、调节与测量

根据模拟电路实验箱输出的直流稳压电压值,分别选用 CDM-8045A 型数字万用表、500HA 型指针式万用表、CS-4125A 型双踪示波器或其他型号的相应仪器的合适量程测量出各组电压值,并记录于表 1-2 中。其中 1.3~18V 可调的这组稳压电源须用数字万用表的 20V 直流电压档,调测到 6.000V 后再用其他仪表测量和记录其电压值。

表 1-2 直流电压的选择、调节及测量记录表

序号	模拟电路实验箱输出的电压值(V)	CDM-8045A		500HA		CS-4125A	
		量程(V)	测量值(V)	量程(V)	测量值(V)	V/DIV	测量值(V)
1							
2							
3							
4							
5							
6	(1.3~18)→6.000						

2. 交流信号的选择、调节与测量

(1) 示波器自身校准信号的观察与测画

根据附录一中示波器的使用说明,调节和选择所用示波器的相关旋钮和开关,使其处于合适的位置,即各通道开关都置于 CH1 或 CH2,“T/DIV”置于 0.2ms 档,“V/DIV”置于 0.2V 档,各灵敏度微调旋钮都应置于校准位置,接入自身的校准信号,调节 Y 轴、X 轴的位移旋钮和亮度旋钮等,即可在示波器显示屏上显示出相应的方波,测画出其波形,并标注幅值 V_m 和周期 T 。

(2) 信号波形的选择与观察

根据 SP1631A 或 SP1641D 型的功率函数发生器的操作使用说明,使其输出频率为 1kHz 左右,峰峰值为 0.5~1V 左右,波形分别为正弦波、方波、三角波以及脉冲波,利用示波器分别进行显示观察,并画出所显示的四种波形示意图于表 1-3 中。

表 1-3 信号发生器输出的波形图

SP1631A 或 SP1641D 输出波形	CS-4125A 或 CA9020 所观察显示的波形示意图
正弦波	
三角波	
方波	
脉冲波	

(3) 波形幅度的调节与测量

调节 SP1631A 或 SP1641D 型功率函数发生器的相关旋钮,使其输出频率为 1kHz 的正弦波,然后按表 1-4 的要求,使其电压输出端输出相应的电压,并用 CS-4125A 或 CA9020 示波器、WY2174A 型交流毫伏表以及 CDM8045A 或 CDM8045 型数字万用表,分别测量其电压值,并记录于表 1-4 中。

表 1-4 正弦波电压调节与测量记录表

SP1631A 或 SP1641D 输出的正弦波电压 $f=1\text{kHz}$	CS-4125A 或 CA9020 示波器				WY2174A 毫伏表		CDM-8045A 万用表	
	V/DIV 应选档位	波形所占 Y 轴格数	输入信 号倍率	V_p 测量值	应选量程	所测电压 的有效值	应选量程	所测电压 的有效值
0dB $V_{p-p}=8\text{V}$								
-20dB $V_{p-p}=0.8\text{V}$								
-40dB $V_{p-p}=80\text{mV}$								
*0dB $V_{p-p}=2\text{V}$								

(4) 波形频率的调节和测量

将功率函数发生器输出的正弦波电压峰峰值调到 2V,然后按表 1-5 中的要求调到所需的频率,再分别选择合适的 T/DIV 位置,测量出相应的频率,记录于表 1-5 中。

表 1-5 正弦波频率调节与测量记录表

SP1631A 或 SP1641D 输出正弦波 $V_{p-p}=2\text{V}$	CS-4125A 或 CA9020 示波器			
	T/DIV 位置	周期所占格数	所测周期	所测频率
1MHz				
50kHz				
1kHz				
20Hz				

* 3. 相位差的测量

根据前面所学的相位测量原理,用双踪示波器测量同频率不同相位的两信号的相位差为

$$\theta = \frac{360}{D} \times F(\text{度})$$

五、实验注意事项

1. 测量电压时,必须在测量前先分清楚是交流电压还是直流电压,然后选择相对应的电压测量档位。
2. 切忌使用万用表的电阻档或电流档去测量交、直流电压,否则易烧坏万用表。
3. 应正确合理地选择电压表的量程,以提高测量精度。在不知电压值大小时,应先用大量程测试,然后再往下调,直到量程合适为止。
4. 用示波器测量电压幅度和波形的周期时,Y轴和X轴的灵敏度微调旋钮必须置于校准位置才能使读数正确。

六、实验预习要求及思考题

1. 预习要求

(1) 实验前必须认真预习,阅读所用电子仪器的使用操作说明(见附录一),初步了解其技术指标、测量功能和使用方法。

(2) 应根据被测量的内容和要求(如交、直流电压和电流等,测量精度高低,测量条件,交流信号的波形及频率高低,等等),正确选用测量仪器。

2. 思考题

(1) 什么是电压有效值? 什么是电压峰值? 常用交流电压表的电压测量值和示波器的电压直接测量值有什么不同?

(2) 用示波器测量交流信号的峰值和频率时,如何尽可能提高测量精度?

七、实验报告要求

1. 明确实验目的。
2. 列表指明所用仪器的名称、型号和功能等。
3. 列表整理各项实验内容,并计算出相应的测量结果(必须注意正负号和单位)。
4. 解答思考题。
5. 写出实验心得体会及其他。

实验二 晶体管主要参数及特性曲线的测试

一、实验目的

1. 学习用图示仪测量半导体二极管和三极管特性曲线和主要参数的方法。
2. 学会用指针式万用表简易判别晶体管的电极和性能优劣的方法。

二、实验仪器

表 2-1 实验仪器

序号	仪器名称	型 号	主 要 功 能	最主要特点
1	晶体管特性图示仪			
2	模拟电路实验箱			
3	指针式万用表			
4	晶体管四种			

三、实验原理

1. 二极管的特性曲线

晶体二极管是具有单向导电性的半导体两极器件。它由一个 PN 结加上相应的引线和管壳组成,用符号“ $\rightarrow$ ”表示,本符号中左边为正极,接 P 型半导体;右边为负极,接 N 型半导体。根据制造时所用的材料不同晶体二极管可分为硅管和锗管两种:硅管的正向压降一般为 $0.6 \sim 0.8\text{V}$,锗管的正向压降则一般为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$ 。

加在二极管两端的电压 V 与通过该二极管的电流 I 之间的关系称二极管的伏安特性。典型的二极管伏安特性曲线如图 2-1 所示。其中电压轴正方向的曲线也称作二极管的输入特性曲线,电压轴负方向的曲线称作二极管的反向击穿特性曲线。因为稳压管是采用特殊工艺制造的一种二极管,反向击穿后可以恢复,所以实验中用测量稳压管的反向击穿特性曲线来实现。二极管的伏安特性曲线可以通过 QT2 型晶体管特性图示仪的测试直观得到。

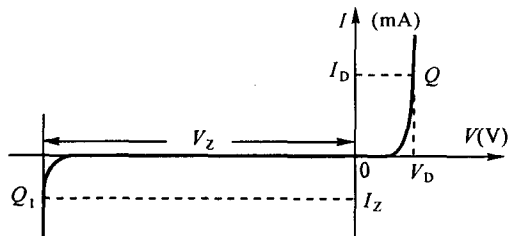


图 2-1 二极管的伏安特性曲线

2. 三极管的特性曲线

晶体三极管是对电信号有放大作用的半导体器件,它由两个 PN 结组成,有 NPN 型和

PNP 型两种结构,分别用符号 $B \begin{array}{c} \text{E} \\ \text{C} \end{array}$ 和 $B \begin{array}{c} \text{E} \\ \text{C} \end{array}$ 表示。其中 E 为发射极, B 为基极, C 为集电极。根据在电路中的连接方式不同,可分为共发射极、共基极和共集电极三种接法。因共发射极接法应用最广,本实验着重讨论共发射极接法的特性。

三极管的主要特性曲线有输入、输出特性曲线;主要特性参数有电流放大系数 $\beta(h_{FE})$,反向饱和电流 I_{CBO} 、穿透电流 I_{CEO} 、集电极最大允许电流 I_{CM} 和最大允许功耗 P_{CM} 、反向击穿电压 V_{CEO} 、截止频率 f_T 等。由于实验学时所限等原因,本实验着重讨论以下两项。

(1) 三极管的输出特性曲线如图 2-2 所示,它指在不同输入电流 I_B 下,输出电流 I_C 随输出电压 V_{CE} 的变化关系曲线。共发射极接法的输出特性曲线是指基极电流 I_B 为常数时,集电极电流 I_C 随集电极与发射极之间的电压 V_{CE} 而变化的关系曲线。其关系式为

$$I_C = f(V_{CE})|_{I_B = \text{常数}}$$

(2) 三极管电流放大系数有直流($\bar{\beta}$)和交流(β)之分,即

$$\bar{\beta} = \frac{I_C - I_{CEO}}{I_B} \approx \frac{I_C}{I_B}$$

$$\beta = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_Q, Q \text{ 为工作点所在处。}$$

一般三极管的输出特性曲线在放大区的间距基本相等,且 $I_{CEO} \approx 0$, 所以 $\bar{\beta} \approx \beta$, 在应用中通常不分交流和直流,都用 β 表示。在三极管的输出特性曲线中得到对应的 I_C 和 I_B 之后,即可计算出 β 值。

图 2-2 中的显示的曲线是一种举例,对于不同型号的管子或不同 β 的三极管,其曲线的形状和间距有所不同。具体情况根据测试条件和图示仪阶梯选择开关而定。

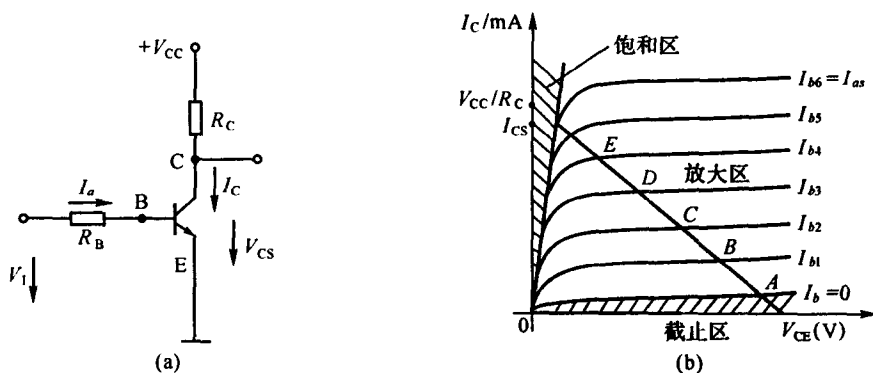


图 2-2 三极管共发射极输出特性曲线

3. 二极管和三极管的极性

用指针式万用表判别二极管和三极管的极性,其测量原理主要是根据万用表的内部结构和 PN 结的单向导电性进行的。500HA 型万用表欧姆(Ω)档的简化电路图和等效电路图分别如图 2-3 和图 2-4 所示。

由指针式万用表的内部电路和等效电路可知,其黑表笔连接内部电池的正极,红表笔连接内部电池的负极。当用万用表 Ω 档相应的量程(如 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k\Omega$)判别二极管的极性和性能时,红表笔接二极管的负极,黑表笔接二极管的正极,此时所测的是二极管正向电阻,阻值较小;红黑表笔反接后(且将量程改为 $R \times 10k\Omega$ 档)所测的是二极管反向电阻,阻值很大很大,说明该二极管通断性能良好,同时还判定了二极管的正负极性所在管脚的位置,即电阻值小

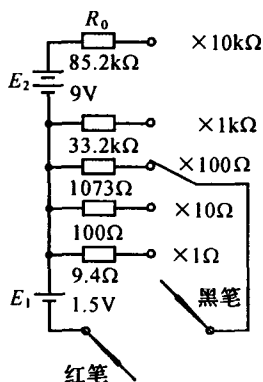


图 2-3 500HA 型万用表欧姆档简化电路图

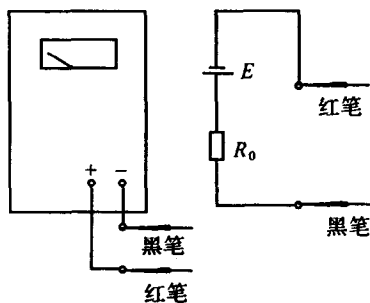


图 2-4 指针式万用表等效电路

时,黑表笔所接的电极(管脚)为二极管的正极,另一电极(管脚)为负极。如果所测的正反向电阻阻值均为无穷大,则表明该二极管内部断路;如果所测的正反向电阻阻值均为零或很小,则表明该二极管内部短路;如果所测的正反向电阻阻值接近,则为该二极管性能严重恶化,不能正常使用。

NPN 型和 PNP 型晶体三极管的等效结构分别如图 2-5(a),(b)所示。

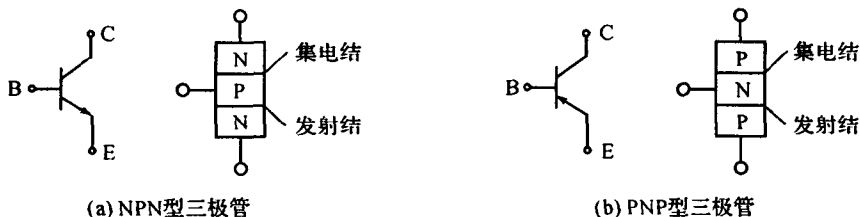


图 2-5 晶体三极管的结构

根据指针式万用表的欧姆档等效电路和晶体管的结构,可用万用表判别晶体管的类型(NPN 型或 PNP 型)和三个电极等。其判别原理和方法如下:

(1) 判别基极 B 和晶体管类型

将万用表的功能选为“Ω”,量程拨到 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k\Omega$ 档。若把黑表笔接到某一假设为基极的管脚上,红表笔分别接到其余两只管脚上。如果两次测得的电阻值都很大(或者都较小),然后把红表笔接到假设的基极管脚,黑表笔分别接到其余两只管脚,两次所测得电阻值都较小(或者都很大),则可确定所假设的基极是正确的。即简称为“两大两小”或者“两小两大”为假设正确。如果两次测得的电阻值为一大一小,则可确定假设是错了。这时就需要重新假设一管脚为基极,再重复上述测试直到正确找到基极。基极确定的同时也可判定三极管的类型:如果是黑表笔接基极,红表笔分别接其他两极时所测的电阻值都较小,则说明该晶体三极管为 NPN 型,反之则为 PNP 型。

(2) 判断集电极 C 和发射极 E

此项判断须在完成前项判别(即已确定三极管类型和基极)的基础上进行。现以 NPN 型三极管为例进行判断。判断测试的四种等效电路图分别如图 2-6(a),(b),(c),(d)所示。

由等效电路图和三极管的工作原理可知,正常情况下,按图 2-6(a)连接时,流过表的电流最大,即电阻值最小。具体判断方法是:先把万用表拨到 $R \times 1k\Omega$ 档,再把黑表笔接到假定的 C 极,红表笔接到假定的 E 极,并用两只手分别捏住 B,C 两电极(但绝不能使 B,C 直接接触)。

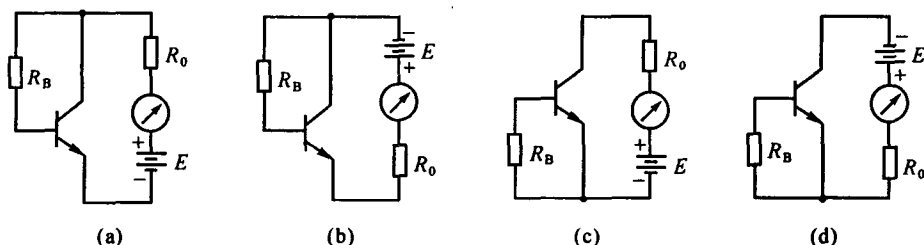


图 2-6 判断三极管集电极 C 和发射极 E 的等效电路

通过人体,相当于 B、C 之间接入偏置电阻 R_B ,读出并记下所测的电阻值。然后将红黑表笔对换位置重测重读。在总共 4 次测量读数中电阻值最小的一次,黑表笔所接的管脚为集电极 C,红表笔所接的管脚为发射极 E。若四次测量的电阻值差别不大,说明该三极管性能严重恶化或损坏。有条件时,可用 $100\text{k}\Omega$ 左右的电阻作为 R_B 接入三极管判断等效电路中进行测量判别,更为稳定可靠。

四、实验内容和步骤

1. 二极管的极性和性能的判断

用 500HA 型万用表的欧姆档 $R \times 100\Omega$ 和 $R \times 1\text{k}\Omega$ 分别测量硅和锗两种材料的二极管的正向电阻值, $R \times 10\text{k}\Omega$ 档测量其反向电阻值,分别将测量结果记录于表 2-2 中。性能判别分好(优)、一般、差(坏)三种。并在对应的符号极性实物示意图栏目中画出二极管对应的极性符号图。

表 2-2

所测二极管型号		正向电阻值		反向电阻值	对应的符号极性	性能
		$R \times 100\Omega$	$R \times 1\text{k}\Omega$	$R \times 10\text{k}\Omega$		
硅管						
锗管						

2. 二极管的输入特性曲线和稳压管的反向击穿特性曲线的测绘

分别选用一只常用的二极管和稳压管,用 QT2 型图示仪显示出输入特性曲线和反向击穿特性曲线(具体测量方法见附录一中的 QT2 型图示仪使用说明),在曲线上分别设定工作点 Q 和 Q_1 ,按比例进行测绘和记录(见图 2-1),并分别标注 I_D, V_D, I_Z 和 V_Z 的具体数值、正负号和单位,然后说明所测二极管和稳压管的型号等。

3. 三极管输出特性曲线的测绘

根据 QT2 型图示仪的操作使用方法,选用一只常用型号的三极管,用 QT2 型图示仪显示出输出特性曲线,将曲线按比例测绘下来,并且在曲线中上方选读、记录一组 I_B 和 I_C 的值,然后计算出 β 的值,即 $\beta = I_C / I_B$ 。

4. 三极管类型和电极的判断

选用一只常用的塑封小功率三极管,如 9011 型三极管等,用 500HA 型万用表的欧姆档判别出类型(是 NPN 型,还是 PNP 型)和三只管脚对应的电极位置,然后分别用 E(发射极)、B(基极)、C(集电极)标注在图 2-7 所示三极管下部的对应管脚中。



图 2-7 三极管管脚位置标注示意图

五、实验注意事项

1. 不能用指针式万用表的小量程档如 $R \times 1\Omega$ 和 $R \times 10\Omega$ 以及最大量程 ($R \times 10k\Omega$) 测量工作极限电流小的二极管 (尤其是锗管) 的正向电阻值。
2. 用指针式万用表判断二极管的性能和极性时, 在选好量程后, 应进行调零和简单必要的校对, 方可进行测试, 不致造成误测误判。
3. 用晶体管图示仪测量晶体管的特性曲线和参数时, 所加的电压、电流以及功耗都不能超过允许值, 否则会烧坏所测的晶体管或者图示仪。

六、预习要求及思考题

1. 预习要求

- (1) 实验前要认真阅读附录中有关 QT2 型图示仪等所用仪器仪表的操作使用说明。
- (2) 认真预习和理解其实验原理。
- (3) 写出预习报告, 明确实验内容。

2. 思考题

- (1) 为什么不能用 500HA 型万用表的 $R \times 1\Omega$ 和 $R \times 10\Omega$ 档量程测量工作极限电流小的二极管的正向电阻值?
- (2) 用 500HA 型万用表的不同量程测量同一只二极管的正向电阻值, 其结果不同, 为什么?
提示: 根据二极管的输入特性曲线和指针式万用表 Ω 档的等效电路, 结合测试原理分析回答。

七、实验报告要求

1. 简述二极管导电性能判别和三极管极性判断的实验原理。
2. 列表整理二极管的测试结果, 并对其导电性能好坏 (按好、一般、差三种情况) 作出判断。
3. 根据实验实测情况, 绘出所测的三种特性曲线, 在对应的坐标轴上标注单位, 在曲线测试点 (线) 上标注测试结果, 包括正负号、数值和单位, 并计算出三极管的电流放大系数 $\beta = I_C / I_B$ 的值。
4. 解答思考题。
5. 写出实验总结、体会及其他。