

高等学校教学用书

模拟电路

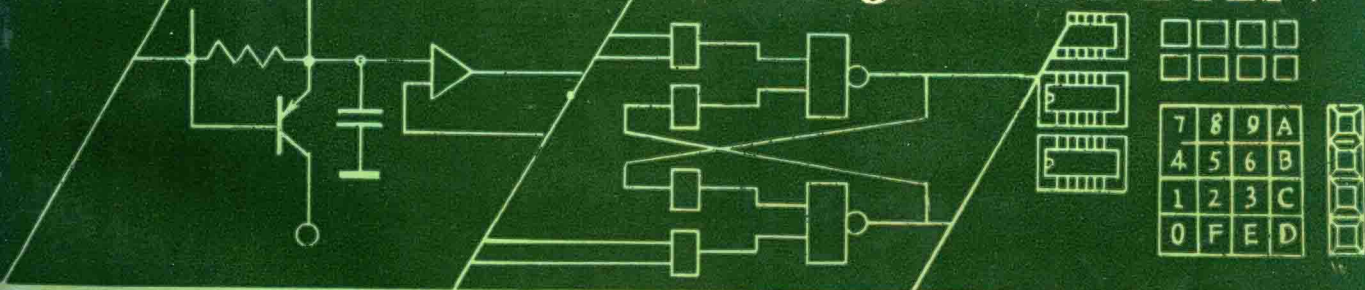
数字电路

微处理器 实验

(第二版)

吴仲海 方建中 冯志良 主编

MONI SHUZI WEIJI SHIYAN



浙江大学出版社

模拟电路、数字电路 微处理器实验

(第二版)

吴仲海 方建中 冯志良 主编

浙江大學出版社

00001-1003, 1000

00001-1003, 1000

(浙)新登字 10 号

内容简介

本书是根据高等院校电类专业本科生实验要求编写的。全书共分四篇和附录。其四篇的内容是:第一篇模拟电路;第二篇脉冲数字电路;第三篇电子线路的计算机辅助分析;第四篇单片机与计算机组成。附录也分四个:部分常用电子仪器;常用电路元件;SPICE 程序功能和使用简介;RC-51 单片单板机特性与地址分配。各篇内容具有相对独立性,便于各校选用。

本书可作高等院校电子类、信息类、无线电通信类、计算机与自动化技术控制类及非电子类专业本科生实验教材,也可供有关专科院校及科技人员选用。

模拟电路、数字电路和微处理机实验

吴仲海 方建中 冯志良 主编

责任编辑 陈子饶

* * *

浙江大学出版社出版发行

浙江煤田地质局制图印刷厂印刷

787×1092 16 开 印张 19.25 505 千字

1985 年 8 月第 1 版

1993 年 8 月第 2 版 1993 年 8 月第 2 次印刷

印数:6001—10000

ISBN 7-308-01261-1/TN·029 定价:11.95 元

序

《模拟电路、数字电路、处现机实验》一书是电子与信息类、计算机与自动化控制类专业的主要技术基础课的教材。本书作者长期从事教学工作,对书中的每一个实验教进行了设计、调试、积累了丰富的经验。这次再版,无论在实验内容还是实验技术方面都有较大的删改、充实、提高,从而加强了实践能力的培养,较好地处理教学基本要求并反映现代科学技术水平。

书中实验内容全面,选择较广泛、新颖,适用性、实用性较强。全书共分模拟电路、数字电路、单片机与计算机组成,电子线路的计算机辅助分析四篇。篇与篇之间即有学科联系,又相互独立。模拟电路部份已从分立元件向集成电路发展,实验的设计手段也向电子线路的计算机辅助分析发展。数字电路实验中小规模集成电路被中、大规模集成电路所取代。可以这样说:此书是一本系统和全面,从实验中取材的教科书。因此,该书的再版发行,将对高等院校实验教学作出一点菲薄的贡献。它对于不同层次的理工科高等院校的学生均可适用,而且也可作为科研、企事业工程技术人员的常备参考书。

姚庆栋

1993年6月于求是园

第二版前言

本书是根据国家教委批准的“电子线路实验(I)、(II)”和“脉冲与数字电路实验”的基本要求,结合近年来电子技术发展和实验教学改革的需要,在原版基础上重新编写而成的,可作为高等工程院校电子类、信息类、计算机类等专业的实验教材。

本书在1985年出版的《模拟电路、数字电路、微处理机实验》基础上作了较大的删改、充实,在层次上有了较大的提高。除了仍保留少数必要验证性实验外,增加了较多的独立设计、调试性的、系统综合性的实验;同时,新编入电子线路的计算机辅助分析(简称CAA)实验、单片机应用与计算机组成实验。

全书共分四篇。第一篇和第二篇是模拟电路与数字电路实验。其中有足够数量的基本实验,以培养学生具有扎实的实验基本技能;还有相当数量系统综合实验,培养学生独立解决实际问题的能力。第三篇是电子线路计算机辅助分析的实验。电子线路集成化以后,计算机辅助分析已成为不可缺少的工具。SPICE程序是目前国内外比较著名的大型通用电路模拟软件。它主要用于集成电路分析,也可以作一般电子线路分析。在CAA中,引进了模拟集成电路宏模型技术。第四篇是单片机应用与计算机组成实验,是计算机与自动控制系学生的基础与综合性实验,也可作为工科其它专业的学生拓宽知识面,以增强对电子计算机系统组成的概念。

《模拟电路、数字电路、微处理机实验》第二版由吴仲海、方建中、冯志良同志主编。参加本书编写的人员还有:陈邦媛、卢华云、叶尚涛、林卫星、周绮敏、裴念、程勇、吕航、孙建英和盛惠仙同志,浙江大学信电系陈云华、许家风同志对本书附录做了一些工作。感谢浙江大学孙焕根副教授对本书所作的指导,感谢信电系电测教研组和无线电室大力支持。在编写过程中,参考了兄弟院校的部份实验内容。在此表示感谢。

本书承浙江大学姚庆栋教授主审,为此表示衷心的感谢。

对于书中不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

编者

1993年6月

前 言

近年来,随着微电子学和计算机技术的迅速发展和广泛应用,理工科的大学生,特别是无线电工程、电子工程、计算机工程、自动化工程、信息工程等专业的学生,不仅需要掌握模拟电路、数字电路和微处理机方面的基础理论知识、还须具有这方面的基础实验能力。实验教学是十分重要的教学环节,通过实验使学生提高解决实际问题的能力。

本书包括 57 个实验,分《模拟电路》、《数字电路》、《微处理机》三大篇,系根据高等院校工科无线电、电子类专业对这三门课的教学大纲要求编写的。篇与篇之间保持相对独立,同时具有一定的系统性。

本书特点是:

在第一篇模拟电路的 26 个实验中,分立元件和集成器件构成的电路并重,不仅有低频、高频、脉冲等常见的各种单元和组合电路,还包括时基电路、模拟相乘器、锁相环等新颖集成器件的应用电路。在第二篇数字电路 19 个实验中,以 TTL 集成电路为主,CMOS 集成电路为辅,较多地使用了中规模集成电路以及大规模集成电路,如单片 A/D、D/A 转换、ROM 和 RAM 等。在第三篇微处理机的 12 个实验中,主要是 Z-80 单板机的编程和接口应用。

每个实验中均对实验的目的、原理线路、器材、内容、步骤、测试方法等作了较详细的介绍,并针对实验中可能遇到的一些疑难问题作了揭示。为了培养学生独立思考和工作能力,在部分实验中要求实验者自拟实验方案(实验电路、步骤等)。凡有“*”标记的可选做。另外,又对实验预习和实验报告提出了具体要求。书后备有附录,主要是为读者提供必要的实验资料。

全书三篇的实验内容,一般需要三个学期完成,各院校也可根据自己情况选用实验项目。

本书由孙焕根、吴仲海俩同志主编。此外,参加部分实验编写的还有:程勇、吴景渊、陈邦媛、方建中、陈健、邱东明、冯志良、吴祥华、徐洪水同志。感谢浙江大学信息处理和传输教研室、无线电实验室及无线电系邵建中、朱仙寿同志为本书提供的帮助。在编写中吸取了兄弟院校的部分实验内容,在此表示感谢。

本书承姚庆栋教授主审,为此表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

1985 年 4 月

目 录

第一篇 模拟电路

实验一、常用电子仪器的使用	1
实验二、晶体管特性曲线的测量	3
实验三、单级放大器的设计、安装与测试	12
实验四、场效应管放大器	15
实验五、差分放大器的调整与测试	18
实验六、集成运算放大器	21
实验七、有源滤波器	32
实验八、OTL 低频功率放大器	36
实验九、集成稳压电源	40
实验十、模拟电路故障的检修及多级负反馈放大器	45
实验十一、函数信号发生器的设计与调试	49
实验十二、立体声扩音机的设计与测试	52
实验十三、LC 振荡器和石英晶体振荡器	58
实验十四、电视机高频调谐器及其测试	64
实验十五、模拟相乘器及其应用	70
实验十六、高频功率放大器	77
实验十七、调频器与鉴频器	82
实验十八、吞脉冲集成锁相频率合成器	87
实验十九、民用调频无线电台的测试方法	93

第二篇 数字电路

实验一、脉冲波形的观察与测量	100
实验二、集成逻辑门的参数测试	106
实验三、组合逻辑电路的设计与测试	115
实验四、集成触发器	118
实验五、脉冲产生电路和 555 时基电路	122
实验六、中规模时序集成电路	126
实验七、中规模组合集成电路	134
实验八、数字锁相环	139
实验九、A/D 和 D/A 转换器	143
实验十、RAM 和 ROM 存储器及其应用	151
实验十一、数字电子钟的设计	157

实验十二、拔河游戏机	160
实验十三、自动售报机	165
实验十四、声音电压表	169
第三篇 电子线路计算机辅助分析	
实验一、场效应管及晶体管的特性曲线测试	173
实验二、差分放大电路分析	174
实验三、LC 振荡器分析	175
实验四、变频器分析	176
实验五、集成运放性能测试	178
实验六、模拟函数发生器——宏模型应用之一	182
实验七、有源带阻滤波器——宏模型应用之二	183
实验八、稳压二极管宏模型及其应用	185
第四篇 单片机与计算机组成	
实验一、RC-51 单片单板机的键盘操作	188
实验二、多字节乘法、除法编程设计	192
实验三、代码转换和非线性修正编程	194
实验四、定时器/计数器	196
实验五、单片机串行口	198
实验六、A/D 转换	200
实验七、D/A 转换	203
实验八、微程序控制器的地址生成及读写	206
实验九、微程序控制指令计数器的工作方式	208
实验十、微程序控制寄存器堆的读写及数据传送	210
实验十一、微程序控制的加法指令的执行	214
实验十二、微程序控制的条件转移指令的执行	219
实验十三、PLA 控制无条件转移指令的实现	222
实验十四、时序电路及硬连接控制器的设计	224
实验十五、双字节指令执行的微程序控制器设计	227
实验十六、微程序控制的计算机的设计	232
实验十七、微程序控制的计算机与打印机的连接	243
附录	
附录一 部分常用电子仪器	252
一、SR8 型二踪示波器	252
二、JT-1 型晶体管特性图示仪	258
三、电压表	262
四、信号发生器	266
五、失真度测量仪	272
六、频率特性测试仪	274
七、HWS3340 型多功能计数器	277

八、BE3 型频偏仪	279
九、模拟电路实验仪	281
十、数字电路实验仪	284
十一、S104 型 FM 立体声信号发生器	287
十二、TOC-2 型集成运算放大器参数测试仪	293
十三、计算机组成综合实验仪	295
附录二 常用电路元件	304
一、电阻器	304
二、电容器	309
三、半导体器件的型号组成及命名法	313
附录三 SPICE 程序功能和使用简介	316
一、SPICE 程序的功能	317
二、类型分析	318
三、电路描述	319
四、集成运算放大器宏模型技术	331
附录四 RC-51 单片单板机特性与地址分配	338
附录五 部分集成电路汇编	343
主要参考文献	353

第一篇 模拟电路

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

(一) 了解示波器、低频信号发生器、低频电子电压表、直流稳压电源的主要技术指标、性能和面板上各旋钮的功能。

(二) 初步掌握用示波器观察正弦信号波形和测量波形参数的方法;学会正确使用这些仪器。

二、实验原理

(一) WC4271 型示波器、XD2 型低频信号发生器、低频电子电压表的原理与使用方法(见附录一)

(二) 实验线路

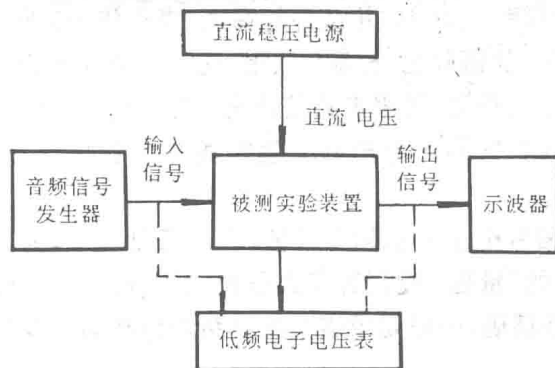


图 1.1.1 常用电子仪器使用示意图

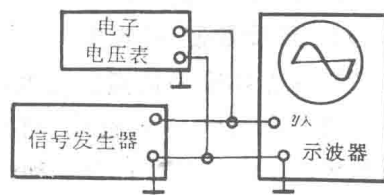


图 1.1.2 用示波器观察信号波形,用电压表测量信号电压

三、实验器材

- | | |
|-----------------------|----|
| (一) 低频信号发生器(XD2 型) | 一台 |
| (二) 低频毫伏表(GB9B 型) | 一台 |
| (三) 示波器(WC4271 型) | 一台 |
| (四) 晶体管直流稳压电源(根据要求选择) | 一台 |

四、实验内容及步骤

(一) 熟悉仪器

结合图 1.1.1 所示的实验仪器,熟悉 WC4271 型示波器、XD2 型低频信号发生器、GB-9B 型低频毫伏表和晶体管直流稳压电源的面板控制旋钮的名称、功能,并了解有哪些主要技术指标和使用方法。

(二) 用示波器、毫伏表测量信号波形的参数

1. 观察信号波形

(1) 按图 1.1.2 接线。

(2) 接通示波器电源,然后调节“辉度”、“聚焦”和“辅助聚焦”等各旋钮,使荧光屏上显示一条细且清晰、亮度适中的扫描基线;调节“X 轴位移”和“Y 轴位移”旋钮,使扫描基线位于屏幕中央;将 X 轴触发选择开关置于“内触发”。

(3) 接通低频信号发生器电源,调节其输出电压(有效值)为 $1 \sim 5\text{V}$,取 2V ,频率为 1kHz 。调节示波器的 Y 灵敏度选择开关“V/div”和“微调”旋钮控制显示正弦波形的幅度,使其峰-峰值达到 5 格左右。

(4) 调节扫描速率开关“t/div”及“微调”旋钮,改变扫描电压周期 T_s ,当 T_s 为被测正弦信号周期 T 的整数倍时,显示波形就稳定,其倍数就能控制显示波形的个数。为使观察波形稳定,则可调“电平”旋钮。

(5) 分别观察频率为 100Hz 、 500Hz 、 1kHz 和 10kHz 、 20kHz 时的正弦信号,要求在屏幕上显示幅度为 5 格并有三个完整周期的波形。

2. 测量信号电压、周期、频率

(1) 使低频信号发生器输出正弦信号的频率为 2kHz ,并保持其幅度(表头指示)为 5V ,改变“输出衰减”,将示波器的 Y 灵敏度“微调”旋钮旋至“校准”位置。这时灵敏度选择开关“V/div”的刻度值表示屏幕上纵向每格的电压伏特数,可用来直接读出电压数值 U_y , (注意:由于示波器往往都使用探头测量,因此在计算实际的电压有效值时要考虑衰减,一般是 $10:1$)。记录读数、计算值。

(2) 接通 GB9 型低频毫伏表,测量被测信号电压的实际有效值。在测量过程中,为了避免接入被测电压后,表针过载。应先将电压表的“量程”旋钮置于大量程挡位,接入被测信号电压后再逐次向小量程挡位拨动(为了使读数精确,一般要求表头指针指示值在满刻度的三分之一以上)。记录测量值。

(3) 先将信号发生器“输出衰减”旋钮置于 0dB 挡,改变信号发生器输出信号的频率,并保持表针指示为刻度 4V ,然后用电压表测量相应的电压值。再将示波器扫描速率的“微调”旋钮旋至“校准”位置。在此位置上,扫描速率开关“t/div”所示的刻度值表示屏幕上横向每格的时间值。至此,即可直接读出信号的周期和频率并记录之;同时,应选择适当的 Y 灵敏度选择开关 V/div,使波形峰-峰值为 5 格左右。

3. 测量相位

本实验采用二踪显示测量相位,如图 1.1.3 所示。使信号发生器输出 2kHz 、 4V 的正弦信号,经 RC 移相网络获得同频不同相的两路信号,分别加到二踪示波器的 Y_A 和 Y_B 输入端,显示方式应置于“交替”或“断续”挡位。然后分别调节 Y_A 、 Y_B 位移和“V/div”开关及微调旋钮,

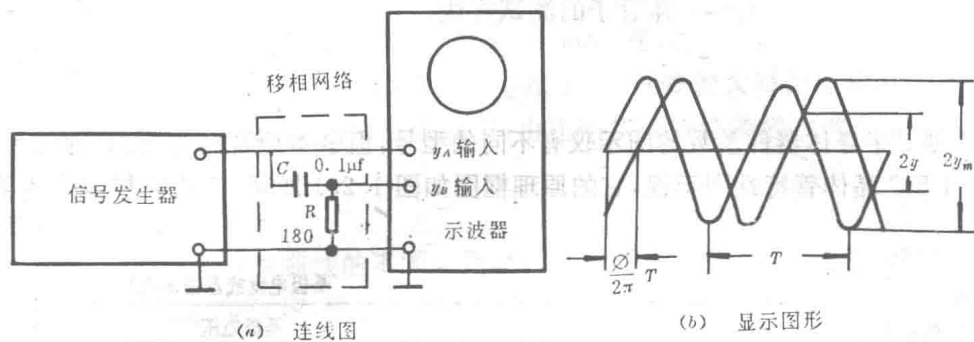


图 1.1.3 二踪显示测量相位

就可在屏幕上显示出两幅度相等的正弦波形。为了便于波形稳定,应将推拉式开关“内触发 Y_B ”拉出,使“内触发”信号只取自 Y_B 的输入信号,以便于两信号相位比较。从显示图形上读出 y 和 y_m 的格数,则相位差为

$$\varphi = 2\text{tg}^{-1} \sqrt{\left(\frac{y_m}{y}\right)^2 - 1} \quad (\text{弧度})$$

纪录测量结果。

五、实验报告要求与思考题

(一) 总结 WC4271 型示波器、XD2 型低频信号发生器、GB9 型低频毫伏表和直流稳压电源的主要技术指标、主要旋钮的功能及正确使用方法。

(二) 根据实验记录,计算实验数据并列表整理,画出必要的波形图(如相位测量)。

(三) 阅读示波器、低频信号发生器、电压表、直流稳压电源的使用说明。

(四) 什么是有效值?什么是峰值?电压表电压读数和示波器的电压读数有什么不同?

(五) 用交流电子电压表测量交流电压时,信号频率的高低对读数有无影响,为什么?

(六) 用示波器测量交流信号的幅值和频率(或周期),如何尽可能地提高示波器的测量精度?

(七) 示波器为什么要用探头?只有在什么情况下才不用探头?

(八) 在实验时所用的连线为什么一般都要用屏蔽线?

实验二 晶体管特性曲线的测量

一、实验目的

(一) 了解晶体管特性图示仪的基本工作原理及其使用方法。

(二) 掌握半导体二极管、三极管特性曲线及其参数的测试方法。

(三) 学习特殊类型的半导体管子的测试方法。

二、实验原理

虽然测量半导体器件参数的图示仪有不同的型号,但基本原理却相同。目前使用比较多的是“JT-1型”晶体管特性图示仪,它的原理框图如图 1.2.1 所示。它由阶梯波发生器(供给

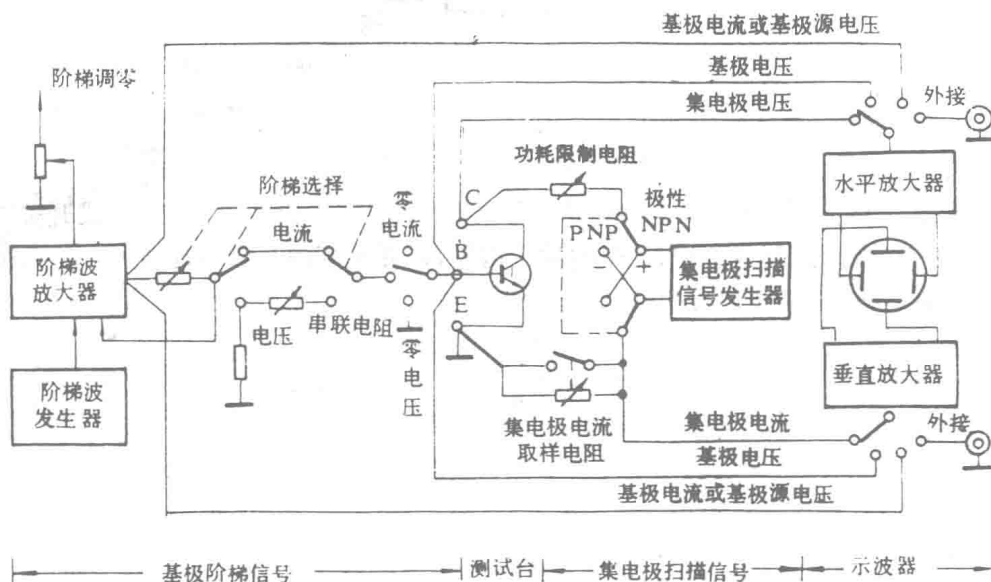


图 1.2.1 JT-1 型晶体管特性图示仪原理框图

待测晶体管的“基极和射极回路”)、正弦半波扫描发生器(供给集电极回路),X轴放大器、Y轴放大器、示波管等组成。为了扩大仪器的测试功能,充分发挥仪器内各部分的作用,增加了一些转换开关。这样,作用在X轴上除了经常用的集电极电压外,还可能有其它参数;作用在Y轴上除了经常用的集电极电流外,也还可能有其它参数。根据X、Y轴上作用的量不同,就可在示波管屏幕上显示不同的特性曲线。例如,若在X轴加集电极电压,在Y轴加集电极电流,就能显示晶体管的输出特性曲线;若X轴加基极电压,在Y轴加基极电流,就显示晶体管的输入特性曲线;在X轴加基极电流,在Y轴加集电极电流就显示晶体管的电流放大特性曲线等。

三、实验器材

(一) 晶体管特性图示仪(JT-1型)

(二) 待测试的二极管、稳压管、三极管、结型场效应管:2AP、2CP、2CW、3AX31、3DG6、3CG6、3DD15、3DJ7 各一只

四、实验内容及步骤

(一) 二极管的测试

1. 二极管正向特性测试。

测试前,先将“峰值电压”旋钮 $\rightarrow 0$,光点(即后面显示的X、Y轴坐标零点)调到屏幕左

下角作坐标原点,“集电极扫描电压极性”开关置(+),“峰值电压范围”开关选“0-20V”,X轴集电极电压置于0.1V/度,Y轴集电极电流置于1mA/度,功耗电阻置1k Ω ;按图1.2.2(a)分别接入待测二极管2AP9、2CP21,转动峰值电压旋钮,逐步加大峰值电压就可得图1.2.2(b)所示的正向伏安特性曲线,用方格纸描下;由正向伏安特性曲线上测出有关参数并记录。

2. 二极管反向特性测试。

在测试前,与测正向特性曲线的不同点是,将“峰值电压范围”开关选“0-200V”,X轴集电极电压置于5V/度至20V/度;按图1.2.3(a)接入待测二极管2AP9、2CP21逐步加大峰值电压就可得图1.2.3(b)所示反向伏安特性曲线;由反向特性曲线上测出有关参数并记录。

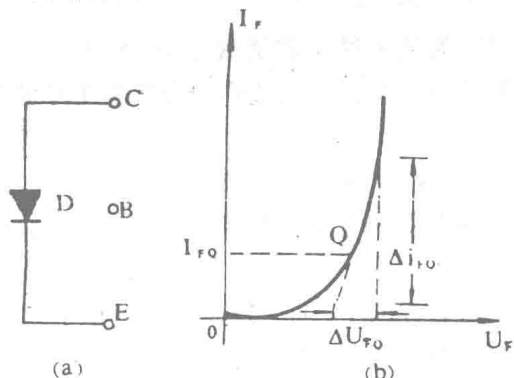


图 1.2.2

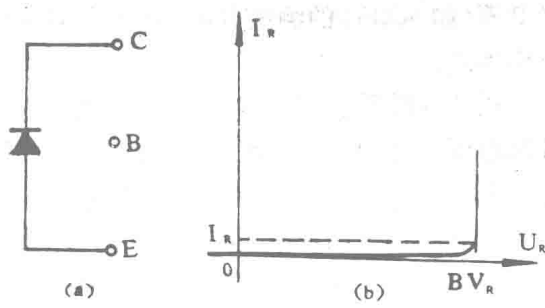


图 1.2.3

3. 稳压管的测试。

由于稳压管是利用二极管反向齐纳击穿的性质而稳压的,因此它的测试方法与二极管反向特性测试方法相同,如图1.2.4所示。由稳压管特性曲线上测出有关参数并作记录。

(二) 半导体三极管的测试(以3DG6、3CG5、3DD15为例)

1. 三极管的反向截止电流和反向击穿电压的测试(“集电极扫描极性”(+ NPN 管)、(- PNP 管);“基极阶梯”关)

I_{cbo} 指发射极开路时,“集—基”极间的反向截止电流; BV_{cbo} 指发射极开路时,“集—基”极间的反向击穿电压。

I_{ebo} 是在集电极开路时,“基—射”极间的反向截止电流; BV_{ebo} 是在基极开路时,“集—射”极间的反向击穿电压。

从图1.2.5可以看出,实际上就是测三极管各PN结在给定条件下的反向特性,所以测试方法与测二极管的反向特性基本相同,仅是三极管各电极的接入方法不同,如图1.2.5所示。记录测量结果。

2. 三极管输出特性的测试(以3DG6、3CG5、3DD15为例)

输出特性曲线是三极管最常用的曲线族,在此曲线上可以测出三极管主要参数。测试首先分清待测管是NPN管还是PNP管;是共基接法还是共射接法。然后根据所用管子和电路

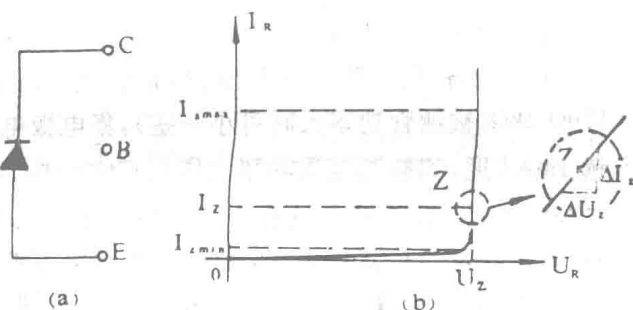


图 1.2.4

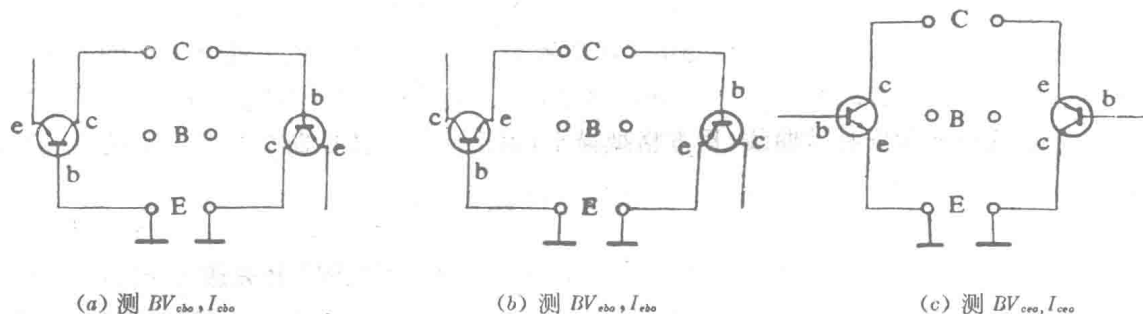


图 1.2.5

接法来调整好 X 、 Y 轴的坐标原点和阶梯零点。

下面先以 NPN 管 (如 3DG6、3DD15) 共射接法为例来说明其测试步骤,然后再来说明 PNP 管 (如 3CG5) 的测试方法。由于是 NPN 管, X 、 Y 轴坐标原点应调到荧光屏左下角并调好阶梯零点。

调节阶梯零点。各开关应处于下列位置: Y 轴作用的“毫安—伏/度”置于基极电流或基极源电压; X 轴的“伏/度”置于集电极电压 $1V/\text{度}$; “阶梯选择”置于 $0.01V/\text{级}$, “阶梯作用”置重复; “阶梯极性”置 (+), 集电极扫描信号的“峰值电压范围”置 $0-20V$, 极性取 (+)。然后逐步加大扫描电压的幅度, 就会在荧光屏上看到图 1.2.6 所示的阶梯信号。再将 Y 轴作用中的“放大器校正”开关置于零点, 记住光迹的位置, 复位后调“阶梯调零”旋钮使阶梯信号的起始级 (最下面一根直线) 与“零点”时光迹相重合, 阶梯零点就调好了。此时, 阶梯信号的起始电位就处在零电平的位置上。在以后测试过程中不要动“阶梯调零”旋钮。

在调整好坐标原点和阶梯零点后, 就可对待测管进行测试。测试步骤如下:

(1) 将各开关置于下列位置: 极性为 (+), 峰值电压范围为 $0-20V$, 功耗电阻为 $100\Omega-1k\Omega$ (被测管功率大时可小一些), 集电极电流“毫安—伏/度” (按需要选择, 测 3DG6 选 $1mA/\text{度}$, 如被测管功率大则可选大一些), 集电极电压“伏/度”亦按需要选择 (如测 3DG6 选 $1V/\text{度}$), 接地选择为射极接地, 阶梯极性 (+), 阶梯选择在 $mA/\text{级}$ (灵敏度按需要选择, 测 3DG6 时选 $0.02mA/\text{级}$, 如被测管功率大可适当选大一些);

(2) 将待测管按图 1.2.7(a) 插入, 逐步加大峰值电压, 就可在屏幕上得到图 1.2.7(b) 所示的 NPN 管输出特性曲线。

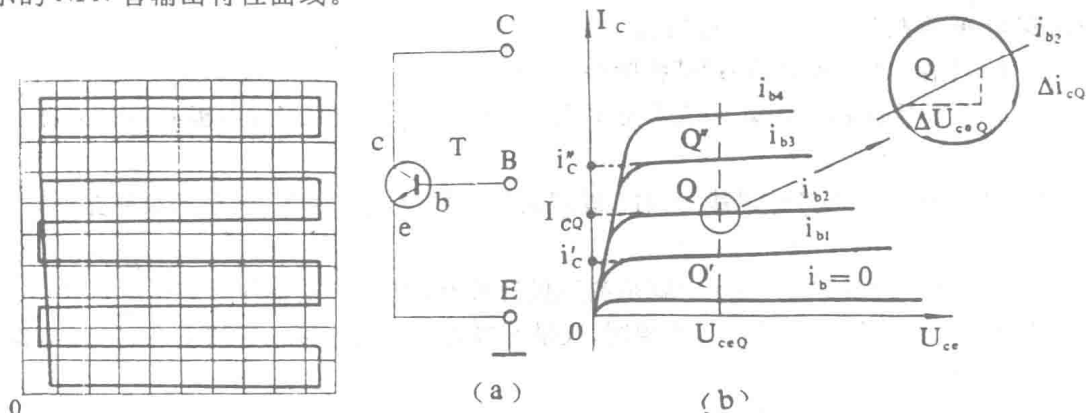


图 1.2.6 阶梯信号

图 1.2.7

同样, 测量 PNP 管 (如 3CG5) 时, 只要把 X 、 Y 轴坐标原点调到荧光屏右上角; 置极性开

关为(-),置阶梯极性为(-),其余同NPN管。

从输出特性曲线上可测出,

$$(1) \text{ 电流增益 } h_{fe} = \frac{\Delta i_c}{\Delta i_b} \Big|_{U_{ce}=\text{常数}}$$

$$(2) \text{ 管子输出阻抗 } \frac{1}{h_{oe}} = \frac{\Delta U_{ce}}{\Delta i_c} \Big|_{i_b=\text{常数}}$$

(3) 反向饱和压降 U_{ces} 是指在给定的 i_b 和 i_c 下,“集—射”之间的电压降。一般取 $i_c \leq I_{cm}$ (集电极最大允许电流), $i_b = i_c/10$ (相当于要求 $h_{fe} \geq 10$)。例如 3DG6 的 U_{ces} 的测试条件是 $i_b = 1\text{mA}$, $i_c = 10\text{mA}$; 此时应将 Y 轴作用的“毫安—伏/度”置于 1mA/度 ; “阶梯选择”置于 0.2mA/级 ; “级/族”旋钮调到 5 级/族 (由于 $i_b = 1\text{mA}$, 而现取 0.2mA/度 , 所以输出特性曲线族至少要调到有五根, 若将 $i_b = 0\text{mA}$ 一根计入就是六根)。然后逐步加大集电极扫描电压, 使 $i_b = 1\text{mA}$ 的一根曲线正好达到 $I_c = 10\text{mA}$ 为止, 此时所对应的 U_{ce} 就是 U_{ces} , 如图 1.2.8 所示。为了提高 U_{ces} 的测试精度, 可将集电极电压的“伏/度”开关置于 0.1V/度 或 0.05V/度 。

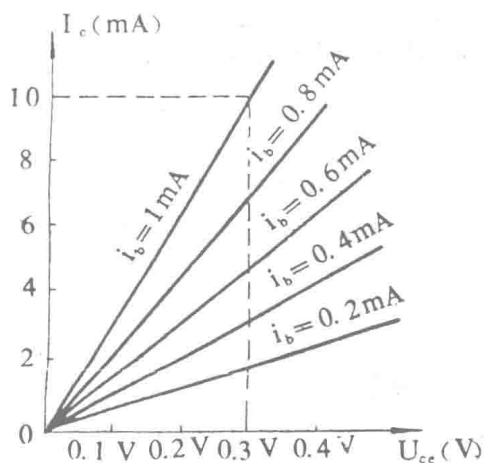


图 1.2.8

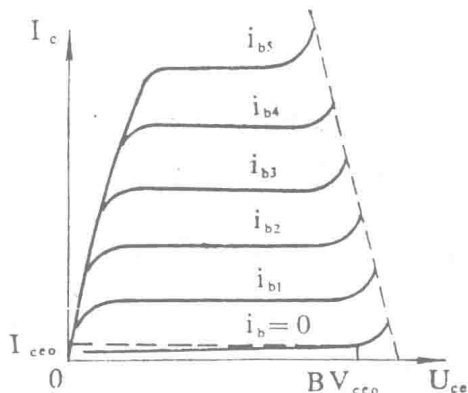


图 1.2.9

(4) 反向截止电流 I_{ces} 和反向击穿电压 BV_{ces} , 这两个参数除用前面介绍过的方法测试外, 也可从输出特性曲线测出, 如图 1.2.9 所示。图中最下面的一根曲线 $i_b = 0$ 时 (注意: 阶梯零点必须调整好), 它所对应的集电极电流即为 I_{ces} , 当加大集电极扫描电压直到 I_{ces} 迅速加大, 当达到 BV_{ces} 规定的测试电流 I'_{ces} 时, 所对应的 U_{ce} 就是 BV_{ces} 。注意功耗电阻不宜取得过小, 一般为 $0.5\text{k}\Omega$ 至 $1\text{k}\Omega$ 。

请以 3DG5、3DD15、3CG5 为例测试画出输出特性曲线和测出以上各参数, 记录测量结果。

3. 三极管输入特性的测试。如果 NPN 管采用共射接法, 则 X、Y 轴的坐标原点应调到荧光屏的左下角, 如前面的测试中已调好阶梯零点, 就不再重调, 就可直接对被测管进行测试, 为此可将开关置于下列位置: 集电极扫描信号的“极性”置“+”; “峰值电压范围”置“0—20V”; “功耗电阻”置于“ $1\text{k}\Omega$ ”; X 轴作用的“伏/度”置于基极电流或基极源电压, 阶梯信号“极性”置“+”; “阶梯作用”置于“重复”; “阶梯选择”置于毫安/级 (可根据所需基极电流而定); “接地选择”置于“发射极接地”。将待测管按图 1.2.10(a) 接入插座, 先将“峰值电压”置于零点, 逐步加大“峰值电压”旋钮, 就可得到图 1.2.10(b) 所示相对于不同的 U_{ce} 的输入特

性曲线。从输入曲线中可测出三极管共射接法时的交流输入电阻 $h_{ie} = \frac{\Delta U_{be}}{\Delta i_b} |_{v_{ce} = \text{常数}}$ 。

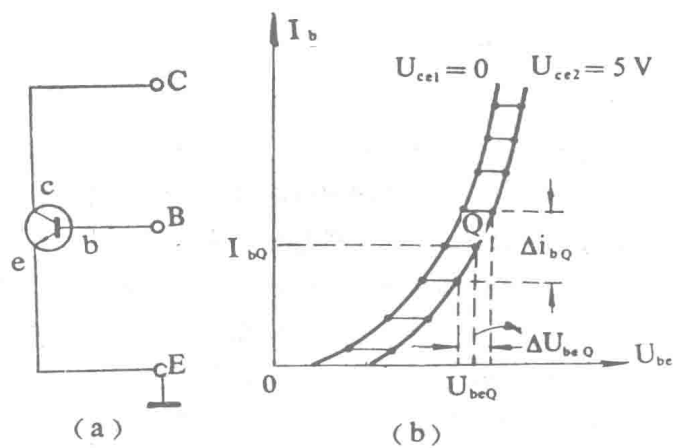


图 1.2.10

以 3DG6、3DD15、3CG5 为例测试，画出输入、输出特性曲线和测出以上参数并作好记录。

(三) 场效应管直流参数的测试

场效应管的参数如图 1.2.11 所示。它和一般半导体三极管特性的区别是每条曲线并不是基极电流 I_b 而是栅极源极电压 V_{GS} 。这样一来，不能使用基极电流而将基极电流旋钮置到电压档。

场效应管的主要参数跨导为：

$$g_m = \frac{\Delta I_{DS}}{\Delta V_{GS}} |_{v_{DS} = \text{常数}}$$

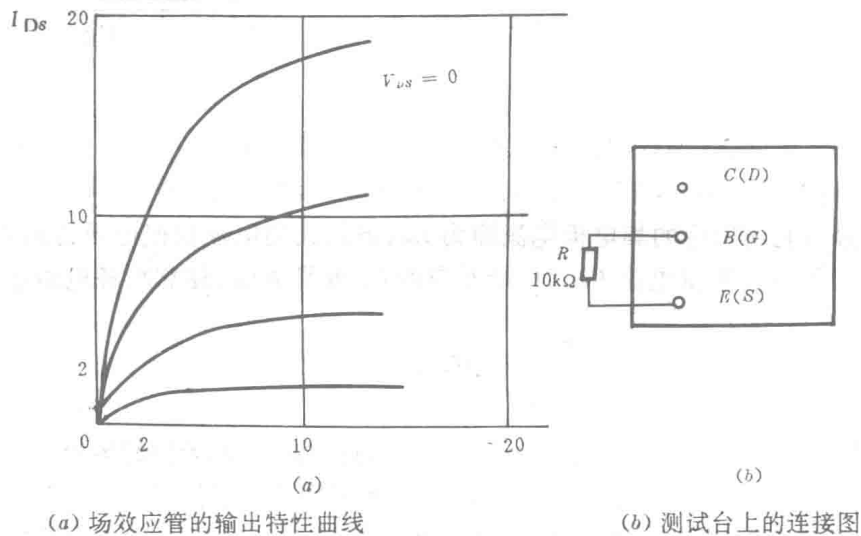


图 1.2.11 场效应管特性及测试连接

在有些场效应管中栅源电压较大，或者因为 ΔV_{GS} 不为整数， g_m 值不好算，也可以采用这样的办法：将晶体管座上 be 之间并接一个 $10k\Omega$ 电阻，然后选用基极电流 $i_b = 0.1mA$ 档。这时在栅极产生的输入电压为