

高等学校教学用书

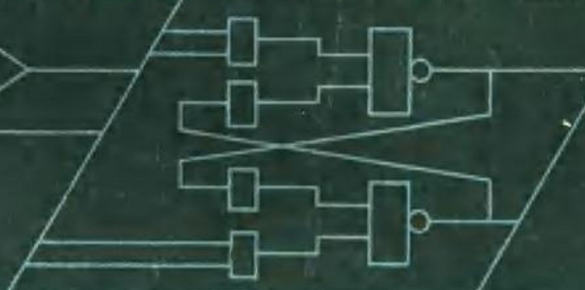
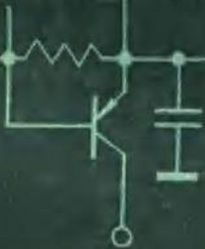
模拟电路

数字电路

微处理器 实验

孙焕根 吴仲海主编

MONI SHUZI WEIJI SHIYAN



7	8	9	A
4	5	6	B
1	2	3	C
0	F	E	D



浙江大学出版社

模拟电路、数字电路和微处理机实验

孙焕根 吴仲海 主 编

责任编辑 陈子饶

* * * * *

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * * * *

开本787×1092 20.5印张 字数486千字

1985年8月第一版

1985年8月第一次印刷

印数1—6000

统一书号：15337·008 定价：3.75元

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。

本书包括五十七个实验，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：

在第一篇模拟电路二十六个实验中，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。在第二篇数字电路十九个实验中，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十二个实验中，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提示。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、吴仲海两同志主编。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	(6)
实验三	单级低频放大器	(13)
实验四	负反馈放大器	(17)
实验五	场效应管放大器	(22)
实验六	差分放大器	(27)
实验七	集成运算放大器参数测试	(32)
实验八	信号运算电路	(38)
实验九	信号产生电路	(43)
实验十	信号处理电路	(47)
实验十一	自激多谐振荡器和波形变换电路	(53)
实验十二	集成时基电路	(57)
实验十三	无输出变压器低频功率放大器	(62)
实验十四	晶体管Y参数的测量	(67)
实验十五	高频电路的阻抗测量	(73)
实验十六	放大器噪声系数的测量	(78)
实验十七	宽频带放大器	(83)
实验十八	小信号谐振放大器	(87)
实验十九	高频功率放大器	(92)
实验二十	LC振荡器和石英晶体振荡器	(97)
实验二十一	直流稳压电源的安装与测试	(103)
实验二十二	振幅调制器和检波器	(108)
实验二十三	调频器与鉴频器	(115)
实验二十四	模拟相乘器及其应用	(122)
实验二十五	锁相环电路	(134)
实验二十六	调幅广播收音机电性能测试	(143)

第二篇 数字电路

实验一	TTL集成逻辑门的测试	(149)
实验二	TTL门电路的逻辑变换和测试	(154)
实验三	CMOS集成门电路的测试	(158)

实验四	TTL集电极开路门和三态输出门	(161)
实验五	利用TTL集成逻辑门构成的脉冲电路	(166)
实验六	组合逻辑电路的设计与测试	(170)
实验七	集成触发器	(175)
实验八	计数器及其应用	(179)
实验九	移位寄存器及其应用	(184)
实验十	CMOS集成单稳态触发器及其应用	(189)
实验十一	译码器及其应用	(192)
实验十二	数据选择器及其应用	(197)
实验十三	半加器、全加器及其应用	(201)
实验十四	同步时序电路的设计与测试	(206)
实验十五	累加器和算术逻辑运算单元	(211)
实验十六	异步时序电路的设计与测试	(215)
实验十七	ROM和RAM的操作及应用	(219)
实验十八	数字钟的设计与调试	(225)
实验十九	A/D和D/A转换的基本功能测试	(228)

第三篇 微处理机

实验一	Z80单板机的操作和监控(TPBUG)命令的使用	(232)
实验二	寻址方式的练习	(239)
实验三	算术、逻辑、转移指令的练习	(242)
实验四	传送、交换、控制指令的练习	(247)
实验五	位操作、循环移位指令的练习	(250)
实验六	Z80—PIO接口实验(1)	(254)
实验七	Z80—CTC接口及其应用	(258)
实验八	Z80—PIO接口实验(2)	(266)
实验九	Z80—PIO接口实验(3)	(270)
实验十	Z80—PIO接口综合应用	(276)
实验十一	A/D、D/A转换与单板机的连接及调试	(281)
实验十二	A/D、D/A转换与单板机的连接及应用	(287)

附 录

附录一	部分常用电子仪器主要技术指标和使用方法	(291)
附录二	数字电路和微处理机实验专用仪器设备	(305)
附录三	部分常用集成电路汇编	(312)
主要参考文献		(323)

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) SR8型示波器、XD2型低频信号发生器、低频电子电压表的调节与使用方法（见附录一）。

(二) 实验线路。

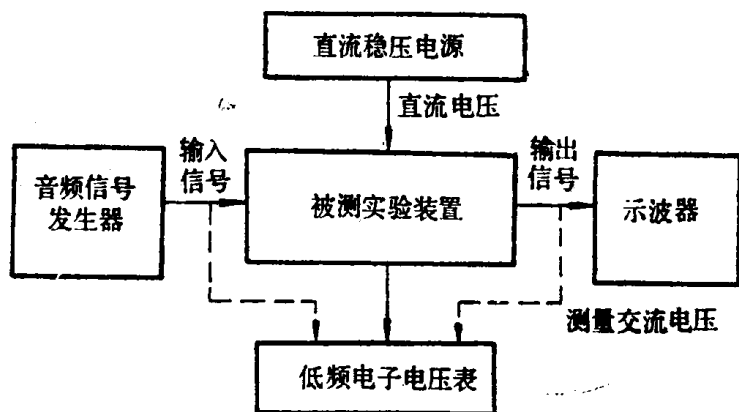


图1.1.1 常用电子仪器使用示意图

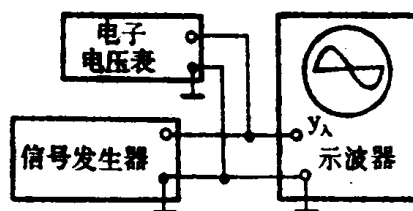


图1.1.2 用示波器观察信号波形，
用电压表测量信号电压

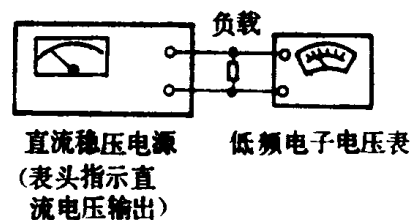


图1.1.3 测量稳压电源输出电压
调整范围和纹波电压

三、实验器材

- | | |
|---------------------------|----|
| (一) 低频信号发生器 (XD2型) | 一台 |
| (二) 低频毫伏表 (DA16或GB9B型) | 一只 |
| (三) 示波器 (SR8型或ST16、SBT5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SR8型示波器、XD2型低频信号发生器、DA16或GB9B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1~5V,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”旋钮来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、100kHz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_{p-p} (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)。把读数值、计算值都记入表1.1.1。

表1.1.1

信号发生器“输出衰减”旋钮所在位置(dB)	0	10	20	30	40	备 注
信号发生器表头指示为5V时的输出电压(V)						
示波器灵敏度选择开关所在挡位(V/div)						
峰-峰波形幅度(格)						
峰-峰电压 U_{p-p} (V)						
显示电压有效值 U_A (V)						$U_A = \frac{\sqrt{2}}{4} U_{p-p}$
实际电压有效值 U_B (V)						$U_B = 10U_A$
电压表指示有效值U						

(2) 接通DA16或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(为了便读数精确,一般要求表头指针指示值在满刻度的三分之一以上)。测得的电压有效值记入表1.1.1。

(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并记入表1.1.2。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入表1.1.2;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。

表1.1.2

信号频率(Hz)(发生器输出)	50	100	500	1k	5k	10k	50k	100k	200k	500k	800k
电压表读数(V)											
扫描速率开关位置(t/div)											
信号周期T(μs)											
测量信号频率(Hz)											

* 3. 测量相位

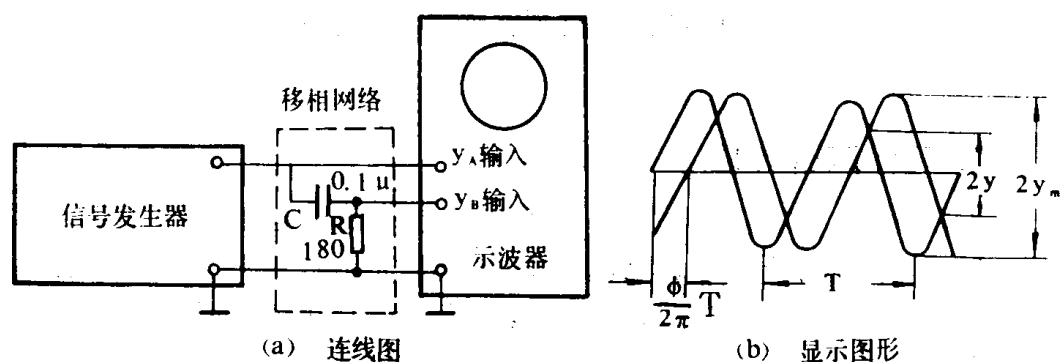


图1.1.4 二踪显示测量相位

本实验采用二踪显示测量相位,如图1.1.4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SR8型二踪示波器的YA和YB输入端,显示方式应置于“交替”或“断续”挡位。然后分别调节YA、YB位移和“V/div”开关及微调旋钮,就可在屏幕上显示出两个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YB”拉出,使“内触发”信号只取自YB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ym的格数,则相位差为

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

测量结果记入表1.1.3。

表1.1.3

两正弦波形的幅度	两交点间的垂直距离(格数)	相位差(弧度)
$2y_m =$	$2y =$	$\varphi =$

*(三) 测试直流稳压电源的输出电压及相应的纹波电压

稳压电源的主要技术指标有：电压调节范围，输出最大纹波电压、直流输出电流、稳定性、电流调整率（或内阻）等。因为，以后还有稳压电源的实验，所以这里按图1.1.3接线只测试输出电压调节范围及纹波电压。拨动直流稳压电源的输出电压量程开关（粗调）和电位器旋钮（微调），分别调到6V挡和9V挡，调节负载电阻使负载电流为200mA。用万用表和毫伏表分别测量电源输出端的直流电压及纹波电压，并将测量值记入表1.1.4。

表1.1.4

负载电流200mA	直流输出指示电压6V	直流输出指示电压9V
直流电压(V)		
纹波电压(mV)		

五、实验报告要求

(一) 总结 SR8 型或其它型号示波器、XD2型低频信号发生器、DA16（或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）。

六、实验预习要求及思考题

(一) 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。

(二) 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？

(三) 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？

(四) 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？

(五) 示波器为什么要用探头？只有在什么情况下才不用探头？

(六) 在实验时所用的连线为什么一般都要用低频屏蔽线？

附录

1. 一般低频电子电压表的使用方法及注意事项

(1) 接通电源前，对表头进行机械零点的检查和校准。

(2) 接通电源后，将输入端短路，调节“零位”，使表头指针指示零位。

(3) 在测量电压时，应首先将量程开关置于合适挡位（一般先置于大量程挡，然后根据被测电压大小，再逐步地减小到小量程挡）再接入被测电压。这时表头的指示值即为被测正弦电压的有效值。

(4) 由于一般电子电压表灵敏度较高，为避免因50Hz交流电的感应将表头指针打弯，因而在测量时先接地线后接信号线，测量结束拆连线时先拆信号线后拆地线。

- (5) 一般电压表是正弦电压有效值刻度，如被测电压波形不是正弦波则会引入很大误差。
 (6) 为减小测量误差，测量时应选择合适的量程，使指针指示在满刻度的1/3以上区域。
 GB9B型低频毫伏表面板图如图1.1.5所示。

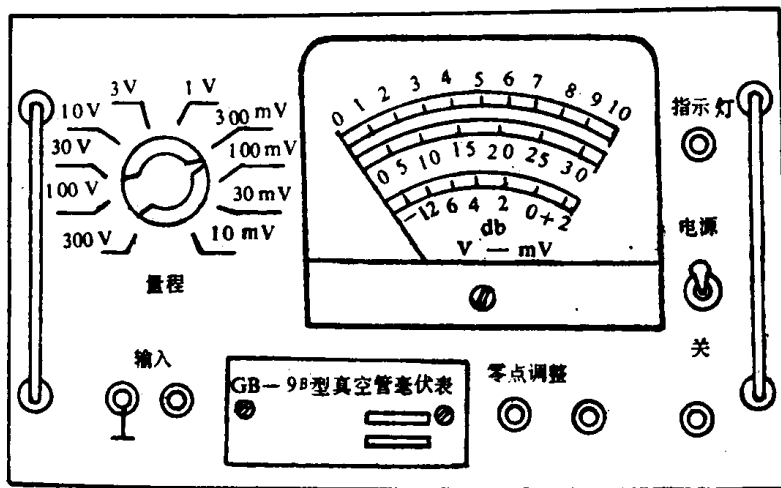


图1.1.5 GB9低频毫伏表面板图

2. XD2型低频信号发生器
 其面板图如图1.1.6所示。

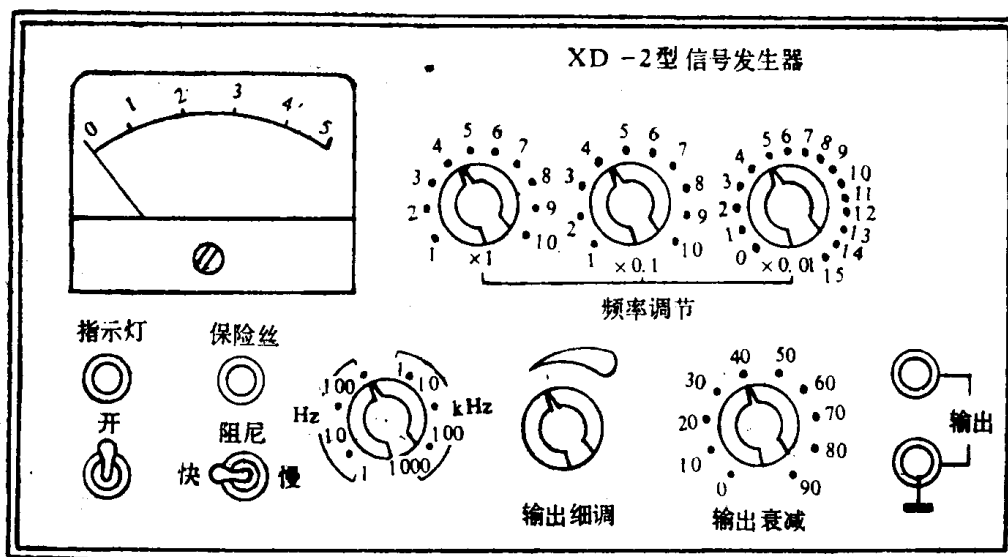


图1.1.6 XD 2信号发生器面板图

- (1) 主要技术指标
 频率范围是1Hz—1MHz，分为六个波段，最大输出电压为5V；输出衰减的粗衰减为0—90 dB，而细衰减为连续可调与粗衰减相配合。
- (2) 主要原理
 主振器采用文氏电桥振荡电路。产生的正弦信号经跟随器、细衰减器和粗衰减器后输出。其中细衰减器的衰减量由电位器调节，输出电压幅度直接由表头指示；粗衰减器是10dB间隔的多挡步进式衰减器，其衰减量直接标在“输出衰减”开关旁边。
- (3) 使用方法
 频率调节和指示：根据所需频率，先将“频率范围”旋钮置于相应频段，然后分别调节三

个“频率调节”旋钮（“×1”和“×0.1”是步进式的，“×0.01”是连续可变的），输出信号的频率就可由这四个旋钮指示位置直接读出。

幅度调整和指示：调节“输出细调”旋钮（细衰减器），使表头指示电压在某一数值，同时将“输出衰减”旋钮（粗衰减器）置于某挡位上。这时，输出电压幅度等于电压表指示值乘以“输出衰减”旋钮指示的分贝数换算成的电压衰减倍数。

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。

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

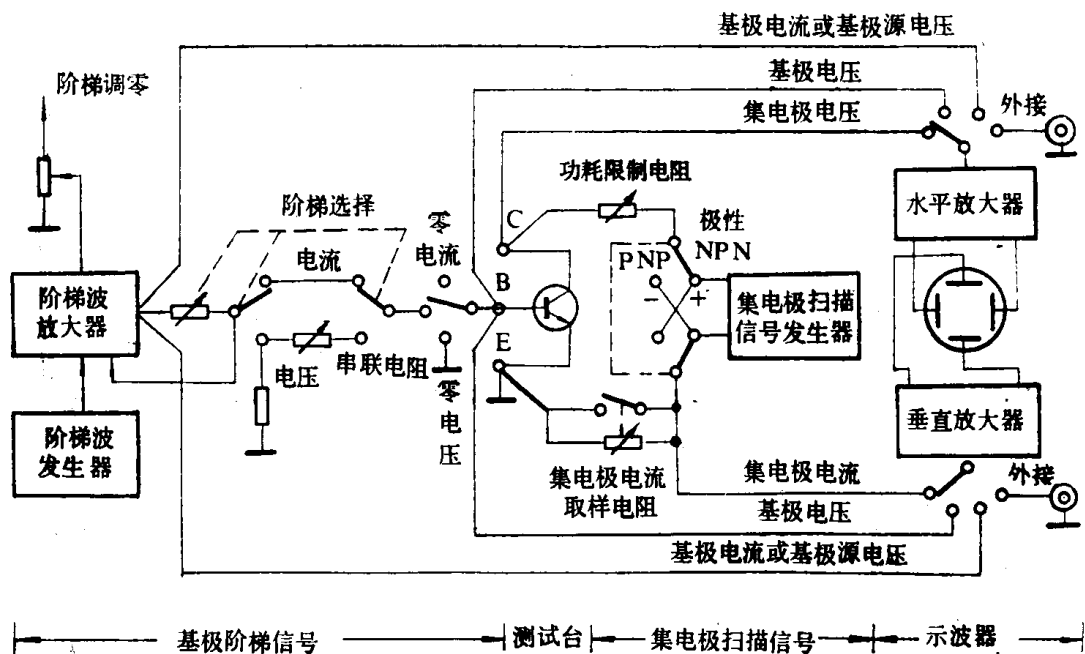


图1.2.1 JT—1型晶体管特性图示仪原理框图

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) 一台
- (二) 待测试的半导体三极管、二极管
3DG6、3CG5、3DD15、2AP9、2CP11、2CW14、2DW7C 各一只

四、实验内容及步骤

(一) 二极管和稳压管的测试

1. 二极管正向特性测试。1)测试前,先将“峰值电压”旋钮→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—20伏”,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1kΩ;2)按图1.2.2(a)分别接入待测二极管2AP9、2CP11,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;3)由正向伏安特性曲线上测出有关参数记入表1.2.1。

2. 二极管反向特性测试。1)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;2)按图1.2.3(a)接

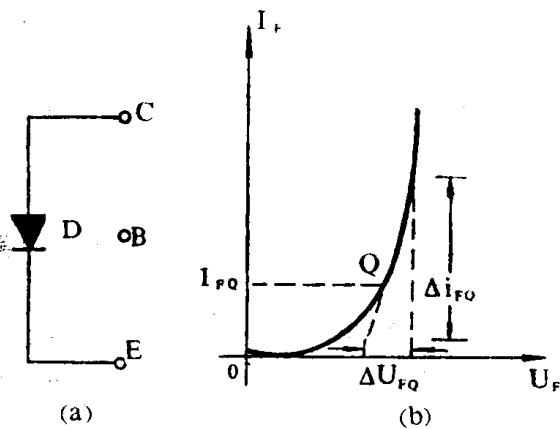


图1.2.2

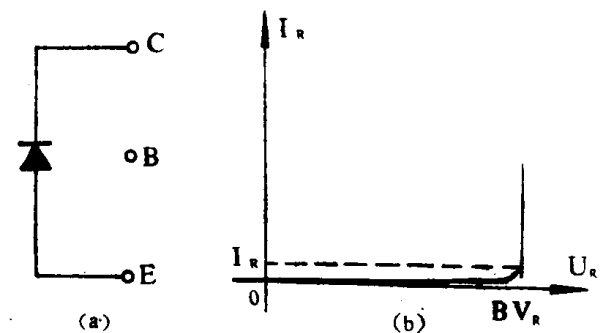


图1.2.3

入待测二极管2AP9、2CP11,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;3)由反向特性曲线上测出有关参数记入表1.2.1。

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

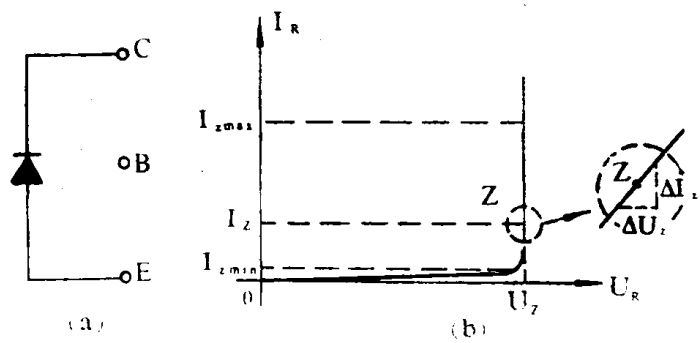


图1.2.4

参数记入表1.2.1。

表1.2.1

二极管 型号	正向压 降 U_F ($I_F = 5\text{mA}$)	正向直流 电阻 R_F ($I_F = 5\text{mA}$)	正向交流 电阻 r_F ($I_F = 5\text{mA}$)	反向截 止电流 I_R	反向击 穿电压 BV_R	稳压管 型号	稳定电 压 U_Z ($I_Z = 10\text{mA}$)	动态内 阻 r_z ($I_Z = 10\text{mA}$)	最小稳 定电流 $I_{z\text{min}}$ ($0.95U_Z$)
2AP9						2DW7C			
2CP11						2CW14			

表1.2.1的含意： U_F 是指在给定工作电流处二极管的正向管压降； R_F 是指在给定工作电流处的电压与电流之比，即 $R_F = U_{FQ}/I_{FQ}$ ； r_F 是指在给定工作电流时的 ΔU_F 与 Δi_F 之比，即 $r_F = \Delta U_{FQ}/\Delta i_{FQ}$ ； I_R 是指在给定的反向偏压下所对应的反向截止电流； BV_R 是指在当反向电压加大到某个值，反向电流迅速加大时的这个反向电压； U_Z 是按手册上规定的正常反向齐纳电流 I_Z 所对应的电压； $I_{z\text{min}}$ 是指稳压管刚进入稳压区时所对应的电流； $I_{z\text{max}}$ 是稳压管刚离开稳压区所对应的电流，为防止损坏管子所以一般不测试，可根据 $I_{z\text{max}} \leq P_z/U_Z$ 求出（ P_z 为手册给定的稳压管允许的耗散功率）； r_z 是在稳压区给定的工作电流处稳压管的交流电阻，即 $r_z = \Delta U_Z/\Delta i_z$ 。

注意，在对以上参数的测试过程中，功耗电阻应先选取较大的阻值，一般功率较小的管子取 $1\text{k}\Omega$ 为宜，功率较大的，可适当选小些。

(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。

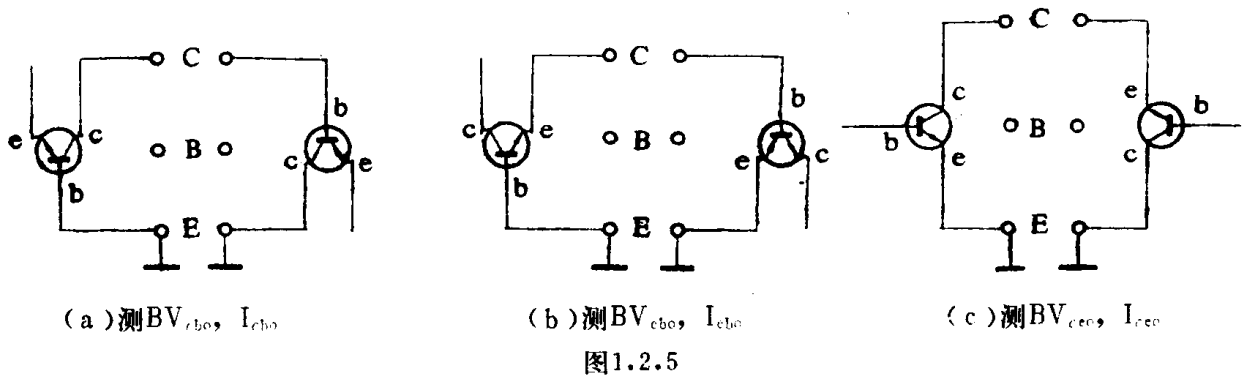
从图1.2.5可以看出，实际上就是测三极管各PN结在给定条件下的反向特性，所以测试方法与测二极管的反向特性基本相同，仅是三极管各电极的接入方法不同，如图1.2.5所示。测试结果记入表1.2.2。

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。测试前首先应分清待测管是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。

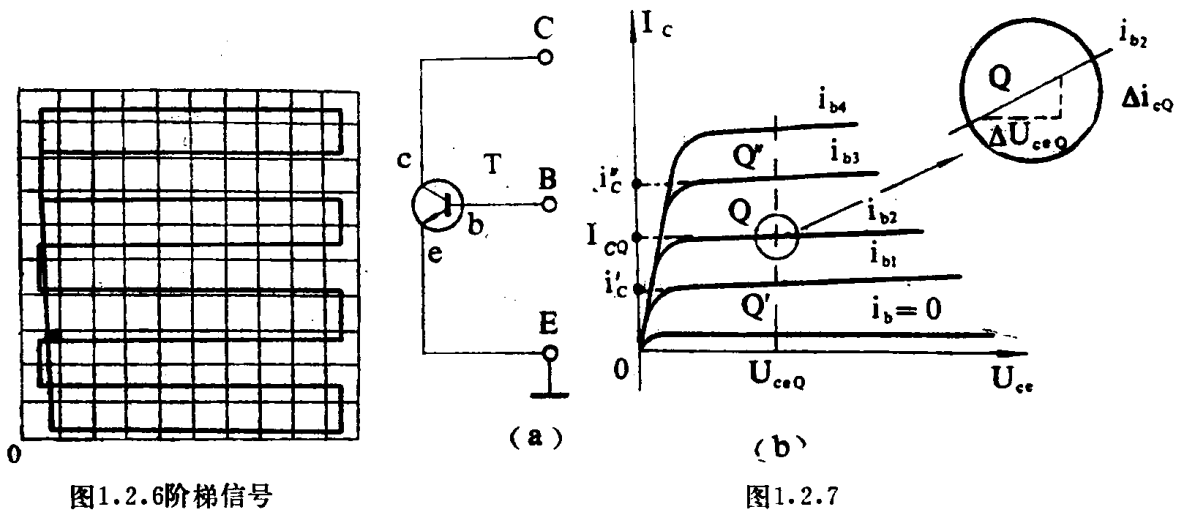
下面先以NPN管（如3DG6、3DD15）共射接法为例来说明其测试步骤，然后再来说明PNP管（如3CG5）的测试方法。由于是NPN管，X、Y轴坐标原点应调到荧光屏左下角并调好阶梯零点。

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 $1\text{V}/度$ ；“阶梯选择”置于 $0.01\text{V}/级$ ，“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/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/度); 接地选择: 射极接地; 阶梯极性(+); 阶梯选择: mA/级(灵敏度按需要选择, 测3DG6时选0.02mA/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。



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) 电流增益 $h_{fe} = \left. \frac{\Delta i_c}{\Delta i_b} \right|_{U_{ce}=\text{常数}}$

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

(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 $1\text{mA}/\text{度}$; “阶梯选择”置于 $0.2\text{mA}/\text{级}$; “级/族”旋钮调到 5 级/族 (由于 $i_b = 1\text{mA}$, 而 $0.2\text{mA}/\text{级}$, 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 $0.1\text{V}/\text{度}$ 或 $0.05\text{V}/\text{度}$ 。

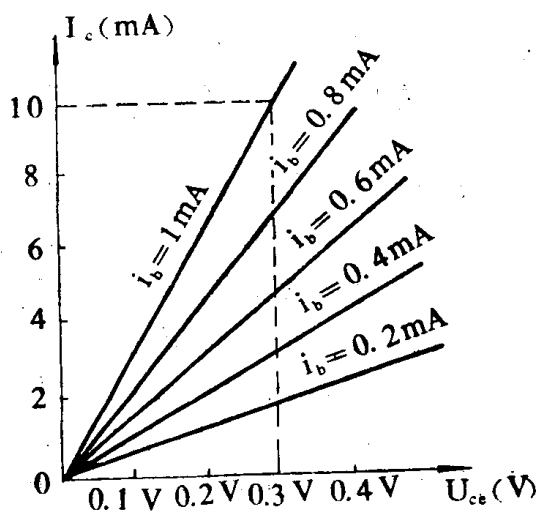


图1.2.8

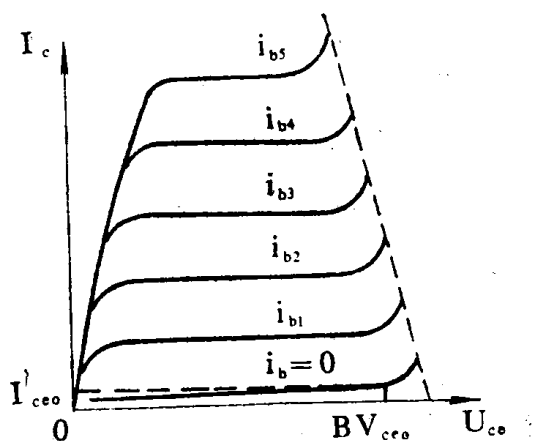


图1.2.9

(4) 反向截止电流 I_{ces0} 和反向击穿电压 BV_{ces0} , 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_{ces0} , 当加大集电极扫描电压直到 I_{ces0} 迅速加大, 当达到 BV_{ces0} 规定的测试电流 I'_{ces0} 时, 所对应的 U_{ce} 就是 BV_{ces0} 。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 3DG6、3DD15、3CG5 为例测试画出输出特性曲线和测出以上各参数, 记入表 1.2.2。

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 $h_{ie} = \left. \frac{\Delta U_{be}}{\Delta i_b} \right|_{U_{ce}=\text{常数}}$

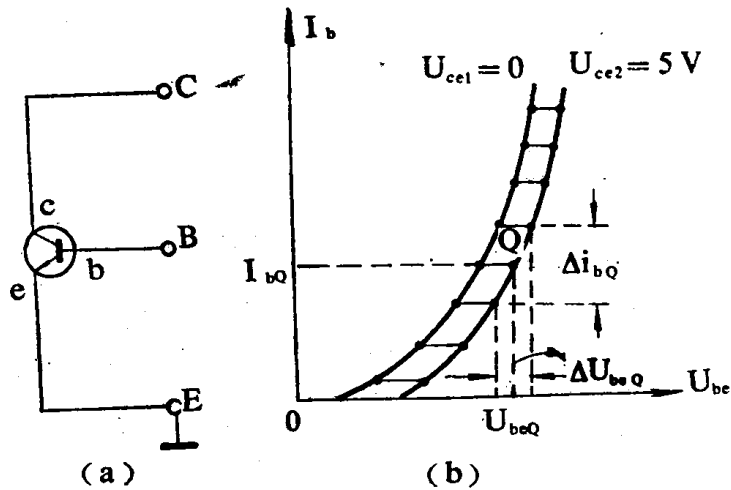


图1.2.10

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记入表1.2.2。

表1.2.2

待测参数	3DG6(NPN小功率管)		3DD15(NPN大功率管)		3CG5(PNP小功率管)	
	测试条件	测试结果	测试条件	测试结果	测试条件	测试结果
I_{ceo} $*I_{cbo}$	$U_{ce} = 10V$		$U_{ce} = 50V$		$U_{ce} = -10V$	
BV_{ceo}	$I_c = 0.1mA$		$I_c = 5mA$		$I_c = -0.1mA$	
$BV_{cbo} * BV_{ebo}$						
h_{fe}	$U_{ce} = 10V$ $I_c = 2mA$		$U_{ce} = 10V$ $I_c = 2A$		$U_{ce} = -10V$ $I_c = -2mA$	
$*h_{oe}$ h_{ie}	$U_{ce} = 10V$		$U_{ce} = 10V$		$U_{ce} = 10V$	
U_{ces}	$I_b = 1mA$ $I_c = 10mA$		$I_b = 0.25A$ $I_c = 2.5A$		$I_b = 1mA$ $I_c = 10mA$	

五、实验报告要求

- (一) 用坐标纸画出各实验曲线。
- (二) 列表整理实验数据。
- (三) 实验讨论。

六、实验预习及思考题

- (一) 预习实验指导书和有关JT-1晶体管特性图示仪的操作说明。

(二) 事先拟制实验方案和实验表格。

(三) 从JT-1图示仪的工作原理搞清各个旋钮的功能。

(四) 在使用“JT-1”时，为不使待测晶体管损坏，哪几个开关旋钮的位置是不能随便放置的？

附录：JT-1型晶体管特性图示仪面板图如图1.2.11所示。

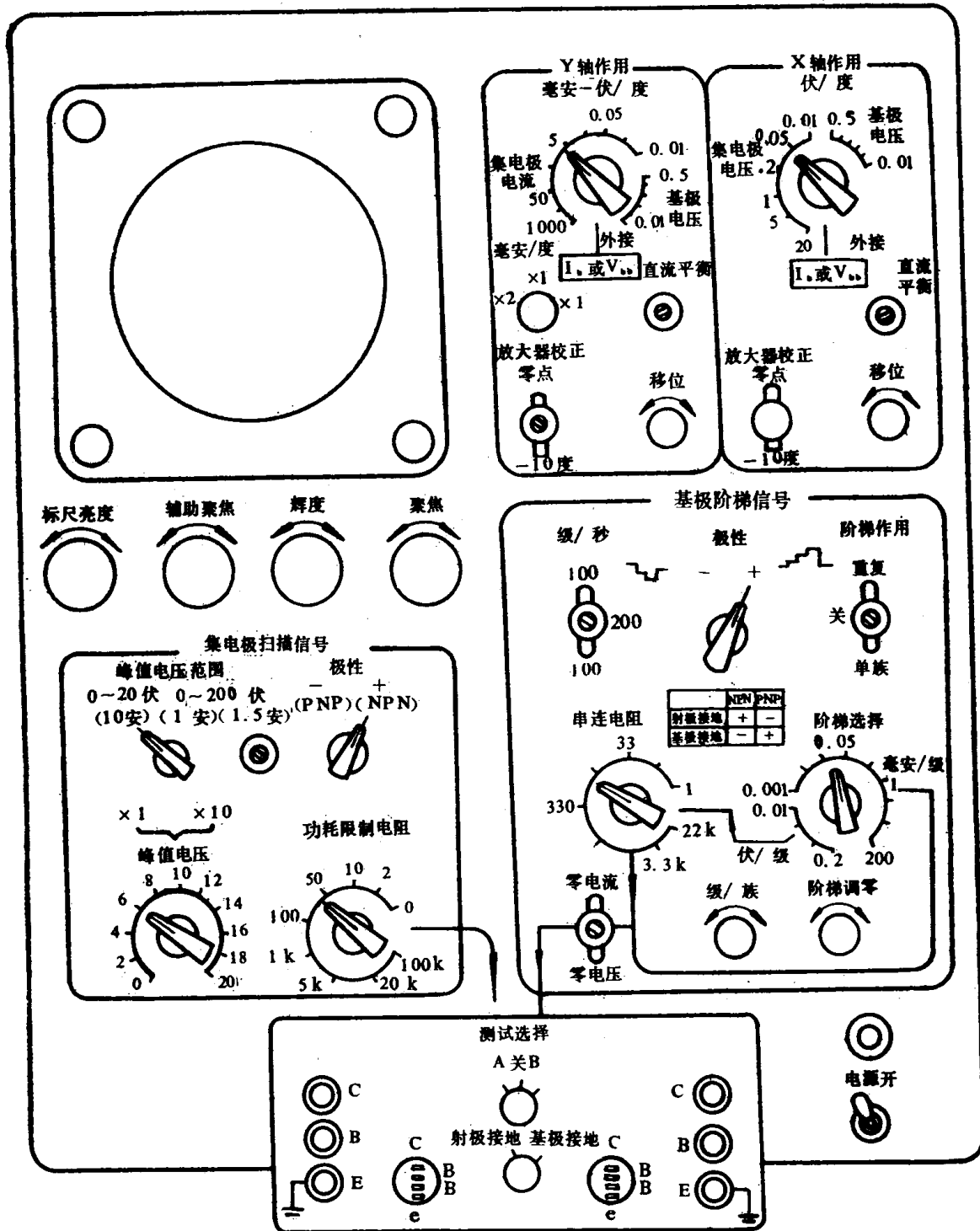


图1.2.11 JT-1型晶体管特性图示仪面板图