

737

教育部高职高专规划教材

电子技术实训

张惠敏 主 编
孙建设 朱小娟 副主编
王学力 主 审



A0973705

化学工业出版社
教材出版中心
• 北 京 •

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实训/张惠敏主编. —北京:化学工业出版社, 2002.1

教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-3662-0

I. 电… II. 张… III. 电子技术-高等学校: 技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 002630 号

教育部高职高专规划教材

电子技术实训

张惠敏 主 编

孙建设 朱小娟 副主编

王学力 主 审

责任编辑: 张建茹

责任校对: 马燕珠

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社

教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 9¼ 字数 227 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3662-0/G · 1003

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是根据高职高专院校电子信息类专业《电子技术》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》课程的基本要求编写的配套实训指导教材。共分三部分：上篇模拟电路包含十四个实训项目，重点培养模拟电路的电路调节、指标测试、常用仪器仪表的使用、应用电路的搭接测试和故障排除等能力；下篇数字电路包含十七个实训项目，重点培养数字集成部件的识别、检测和应用，以及典型数字应用电路的搭接和功能检测；第三部分为附录，选择电子技术中常用的仪器仪表，对其技术指标和使用方法进行了较为详尽的说明，目的是为学生自我学习提供方便。

《电子技术实训》实践教学学时为 60~70 学时。

本书可作为高职高专院校电子信息类专业的实训指导教材，亦可作为独立设课的实训教材，也可用于其他工科类相关专业、中职及成人大学、中专实践教学用书。

参 考 文 献

- 1 范志忠等编著.《数字电子技术》.北京:电子工业出版社
- 2 杨邦文编.《新型实用电路制作 200 例》.北京:人民邮电出版社
- 3 陈尔绍编.《实用节能电路制作 200 例》.北京:人民邮电出版社
- 4 香港《无线电制作》杂志供稿.《实用电子小产品制作》.北京:电子工业出版社
- 5 孙义芳,庄慕华编.《电子技术基础实验指导书》.北京:高等教育出版社
- 6 周良全编.《模拟电子技术基础实验》.北京:高等教育出版社
- 7 柯节成编.《简明电子元器件手册》.北京:高等教育出版社
- 8 王 尧编.《电子线路实践》.南京:东南大学出版社
- 9 宁春荣等编.《通用集成电路速查手册》.济南:山东科学技术出版社
- 10 《标准集成电路数据手册—TTL》.北京:电子工业出版社

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是根据高职高专学校电子信息类专业“电子技术”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”课程的基本要求编写的配套实训教材，也可作为独立设课的实训教材。

根据高职高专的培养目标要求，本书着重于对学生进行常用仪器仪表的使用、基本实训技能以及应用电路的组装测试等方面的训练，在传统实训内容的基础上进行了适当的内容扩充，大部分实训项目要求学生自己搭接电路，培养器件识别、检测能力和电子技术应用能力。

《电子技术实训》实践教学为 60~70 学时，内容编排上突出了以下特点。

(1) 技能训练由浅入深、循序渐进，有针对性加强实际应用能力的培养。

(2) 内容齐全。涵盖了模拟和数字电路的内容，既有基本实训项目，也有扩展实训和综合应用。

(3) 适用面宽。本教材作为高职高专电子技术课程的配套技能训练教材，适用于高职高专以及中专及成人大、中专教育。

(4) 突出应用性，强化集成器件的检测及应用。

(5) 通用性强。本教材采用多功能模拟和数学实验系统完成，系统配有常用元器件和常用实验电路，可采用学生自己搭接电路或选用已有电路进行训练，方式灵活，适应不同层次和不同需求的学生。

本教材的实训一、十二和附录由朱小娟编写；实训二~五、七~九、二十六、二十八、二十九由孙建设编写；实训六、十和十三由王瑞琴编写；实训十一由刘素芳编写；数字电路实训指导和实训十五~二十一、二十四由张惠敏编写；实训二十二、二十三由马蕾编写；实训二十五由王桂馨编写；实训十四、二十七、三十、三十一由朱彤编写；全书由张惠敏负责统稿，担任主编；孙建设，朱小娟担任副主编；王学力担任主审。

由于编者水平有限，书中的错误及不妥在所难免，敬请使用者批评指正。

编 者

2001.12

目 录

上篇 模拟电路实训	1
实训一 常用电子仪器的使用	1
实训二 常用电子器件识别与检测	3
实训三 单管共射放大电路	7
实训四 共射—共集两级放大电路	11
实训五 差动放大电路	14
实训六 集成功率放大电路	17
实训七 集成运算放大器构成的基本运算电路	19
实训八 集成运算放大器的非线性应用	22
实训九 集成运算放大器构成的测量电路	25
实训十 正弦波信号发生器	28
实训十一 直流稳压电源	31
实训十二 输出电压可调的稳压电源	34
实训十三 单相可控整流电路	36
实训十四 红外线双向对讲机	38
下篇 数字电路实训	42
数字电路实训指导	42
实训十五 TTL 与非门的测试与功能转换	56
实训十六 组合逻辑电路的设计与测试	60
实训十七 译码器功能测试及应用	62
实训十八 数据选择器功能测试及应用	65
实训十九 触发器逻辑功能测试	67
实训二十 四组智力竞赛抢答器	71
实训二十一 计数器逻辑功能测试及应用	74
实训二十二 移位寄存器的功能测试	77
实训二十三 计数、译码、显示综合应用	81
实训二十四 数字电路故障分析与排除	86
实训二十五 555 时基电路典型应用	88
实训二十六 555 时基电路构成的警笛电路	92
实训二十七 可编程音乐发生器	94
实训二十八 模/数转换电路 (ADC)	99
实训二十九 数/模转换电路 (DAC)	101
实训三十 可编程电脑彩灯控制器	104
实训三十一 带有校时功能的数字闹钟	107

附录 仪器仪表使用说明.....	112
一、CA8022/CA8042 型双通道示波器	112
二、CA573 型晶体管图示仪	123
三、CA1640 系列函数信号发生器	129
四、CA2172 双通道交流电子电压表	133
五、CA1713 双路直流稳压电源	134
六、万用表.....	135
参考文献.....	141

上篇 模拟电路实训

实训一 常用电子仪器的使用

一、实训目的

熟悉下列常用电子仪器的控制旋钮，掌握正确使用的方方法。

- (1) 示波器
- (2) 低频信号发生器
- (3) 电子电压表

二、实训仪器与设备

- | | |
|-------------|----|
| (1) 示波器 | 一台 |
| (2) 低频信号发生器 | 一台 |
| (3) 电子电压表 | 一台 |
| (4) 直流稳压电源 | 一台 |
| (5) 万用表 | 一块 |

三、实训原理

示波器、低频信号发生器、电子电压表间的连接方法如图 1-1 所示，要求各仪器的接地端子必须连接在一起，并与实验室的接地系统保持良好的接触。

低频信号发生器可输出一定频率和一定电压幅值的正弦信号电压，其频率和幅值可在信号源频率范围和输出电压范围内任意选择。电子电压表用来测试正弦波信号电压的有效值。示波器可用来观察和测量电压波形。以上各仪器的工作原理及详细说明请参见本书后附录。

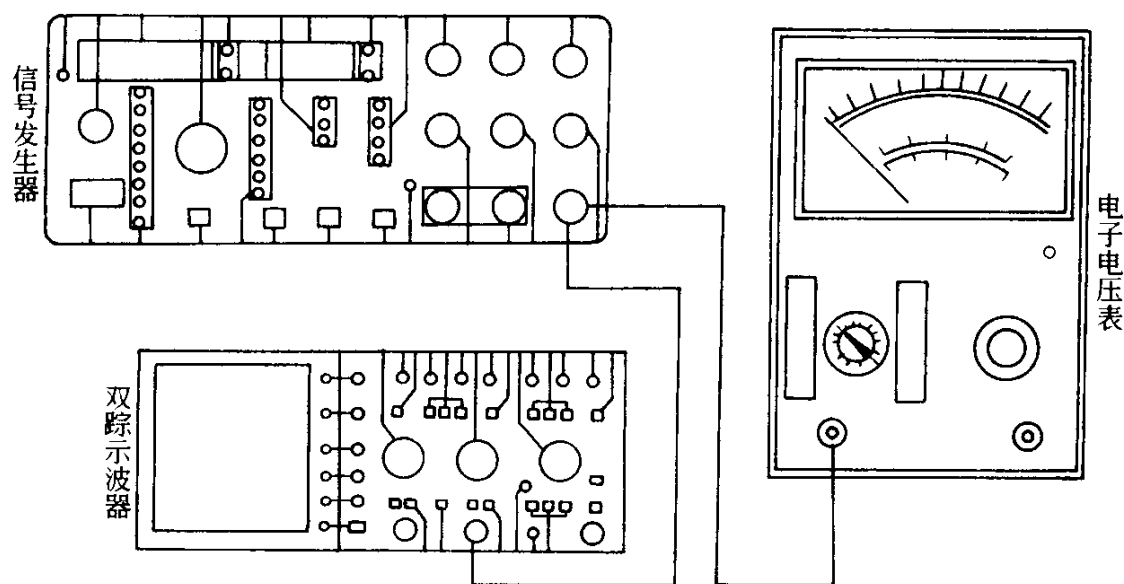


图 1-1 仪器间的连接图

四、实训内容与步骤

1. 测试低频信号发生器在不同输出衰减挡时的输出电压值

按图 1-1 将低频信号发生器的信号输出端与电子电压表的输入端相连接，示波器不接入。

固定低频信号发生器输出信号频率 $f = 1\text{kHz}$ 不变。将“输出衰减”调到“0dB”，调节幅度旋钮使电压从零开始调到最大值（用电子电压表测）。保持幅度旋钮的位置不变，按表 1-1 的要求调节“输出衰减”旋钮，用电子电压表分别测试各衰减挡时电压并填表 1-1。

表 1-1 不同输出衰减时的输出电压 0dB 时输出最大电压

“输出衰减” dB 值	0	20	40	60	80
电子电压表测试值/V					

2. 测试低频信号发生器给定频率和电压时的输出电压值

调节低频信号发生器的有关旋钮按表 1-2 中要求输出给定频率和电压的正弦波信号，用电子电压表分别测试电压值并将各旋钮位置填入表 1-2 中。

表 1-2 低频信号发生器输出信号的调节和测量

对输出信号的要求	频率/Hz	50	250	1k	3k	15k	50k
	电压/V	5	1.8	0.6	0.15	0.053	0.0005
低频信号发生器旋钮位置	旋钮						
	输出衰减/dB						
电子电压表放置的量程							

3. 用示波器测试直流电压

将低频信号发生器与示波器断开。

由直流稳压电源输出一个 1.5V 的直流电压。

将示波器 Y 轴输入耦合选择开关置“ $\perp$ ”位，选择合适的 Y 轴电压灵敏度 V/div 挡级，用“Y 轴移位”旋钮调节基准零线位置，将示波器 Y 轴输入耦合选择开关置于“DC”挡位。然后将 1.5V 直流电压加于示波器。用示波器测量此电压值，并将有关旋钮所置挡位记入表 1-3 中。由刻度值换算出直流电压值，并与万用表测量值进行比较。（注意示波器探头的衰减倍数）。

表 1-3 用示波器测量直流电压 1.5V 时有关旋钮位置

Y 轴输入耦合开关位置	Y 轴电压灵敏度 V/div 位置	Y 轴刻度格数	直流电压值	万用表测试值

4. 用示波器观察电压波形

由低频信号发生器输出一个频率为 5kHz、电压值为 3V（用电子电压表测）的正弦波电压。将示波器 Y 轴输入耦合开关置于“AC”挡位，用示波器观察此电压波形。调节示波器有关旋钮，按表 1-4 要求使示波器屏幕上显示出幅值大小和周期数不同的波形，并将有关旋钮位置记入表 1-4 中。

表 1-4 用示波器观察电压波形

旋钮位置 显示要求	V/div	t/div	Y 轴输入耦合开关	电平
二周期、峰峰值刻度四格				
三周期、峰峰值刻度六格				
四周期、峰峰值刻度二格				

5. 用示波器测试正弦电压

按表 1-5 的要求, 由低频信号发生器输出不同频率、不同电压值 (用于电子电压表测量) 的正弦信号, 用示波器对它们进行显示和测量, 将各旋钮的位置记入表 1-5 中, 并将显示值换算后的频率和电压值填入表中, (注意示波器探头的衰减倍数)。

表 1-5 用示波器测试正弦电压

正弦波信号参数	频率/Hz		250	1k	20k	100k
	电压有效值/V		1.4	0.5	7.6	5
示波器旋钮位置和量值	V/div	挡级				
		微调				
		峰-峰值所占格数				
	t/div	挡级				
		微调				
		一个周期所占格数				
测 算 值	频率/Hz					
	幅值/V					

五、实训注意事项

- (1) 使用仪器前要清楚仪器的基本工作原理及各旋钮和按键的功能。
- (2) 拨动旋钮、按键要有计划, 切不可无目的乱拨。操作时动作要轻, 拨不动时不要强行用力。
- (3) 各仪器间接地端要可靠连接, 以免意外损坏。
- (4) 电子电压表通电前, 调整电表的机械零位, 将量程开关置 300V 挡。

六、实训预习要求

- (1) 结合实验室现有的电子仪器型号, 参阅附录中各种仪器的工作原理, 了解示波器、低频信号发生器、电子电压表的调整和使用方法。
- (2) 低频信号发生器的信号频率怎样调节? 输出电压幅值怎样调节和测试。
- (3) 电子电压表如何调零? 如何正确使用和测量?
- (4) 怎样用示波器来显示和读取被测电压的幅值和周期?

实训二 常用电子器件识别与检测

一、实训目的

- (1) 认识与熟悉各种电子元件的外观与型号
- (2) 掌握用万用表检测各种元件的方法

二、实训仪器与设备

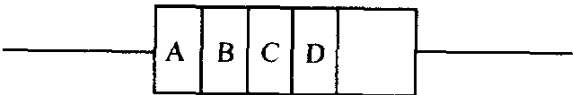
- | | |
|---------------------|----|
| (1) 多功能模拟电子实验系统 | 一台 |
| (2) 万用表 | 一块 |
| (3) 稳压电源 | 一台 |
| (4) 各类电阻、电容、二极管、三极管 | 若干 |

三、实训原理

1. 电阻的识别与测量

目前在实际工作中普遍使用色环电阻。色环表示阻值及精度，电阻的功率一般与其体积成正比。模拟实验系统上的绝大部分电阻为 $\frac{1}{2}$ W，其次还有 $\frac{1}{4}$ W和 $\frac{1}{8}$ W，其阻值可用万用表的电阻挡测出。表2-1是电阻的色环与阻值及精度的对应表。

表 2-1 电阻的标称值及精度的色标

符号	A	B	C	D
颜色	第一位数	第二位数	应乘倍数	允许偏差
黑	—	0	$\times 10^0 = 1$	—
棕	1	1	$\times 10^1 = 10$	—
红	2	2	$\times 10^2 = 100$	—
橙	3	3	$\times 10^3 = 1000$	—
黄	4	4	$\times 10^4 = 10000$	—
绿	5	5	$\times 10^5 = 100000$	—
蓝	6	6	$\times 10^6 = 1000000$	—
紫	7	7	$\times 10^7 = 10000000$	—
灰	8	8	$\times 10^8 = 100000000$	—
白	9	9	$\times 10^9 = 1000000000$	—
金	—	—	$\times 10^{-1} = 0.1$	$\pm 5\%$
银	—	—	$\times 10^{-2} = 0.01$	$\pm 10\%$
无色	—	—	—	$\pm 20\%$
外形				

常用电阻还分为金属膜和碳膜两类，金属膜电阻优点是温度范围宽、精度较高、噪声小，但脉冲负载能力差；碳膜电阻优点是阻值范围宽、温度系数小而且是负值，脉冲负载稳定、价格低廉。

2. 电容的种类

电容规格型号繁多，容值大于 $1\mu\text{F}$ 的一般都用铝电解电容，电解电容体积小，容量大，两极分正、负，外观呈小圆筒状，对未使用的新电容而言，伸出的两极中长的一个为正极，壳上标有负极符号、容值及额定电压等。

其他常用电容有瓷片、独石、涤纶、钽电容等。电容的额定电压一般都和体积成正比，容值常用三位数表示，单位是 pF 。前两位是数值，第三位代表10的几次方，如“104”表示 $10 \times 10^4 \text{pF} = 0.1\mu\text{F}$ ，105表示 $10 \times 10^5 \text{pF} = 1\mu\text{F}$ ，101表示 $10 \times 10^1 \text{pF} = 100\text{pF}$ ，224表示 $0.22\mu\text{F}$ 等，体积稍大的电容一般在其表面直接标上容值及额定电压。

3. 电位器

电位器外形主要有：直滑式和旋转式两类。常用类型有碳膜、实芯、多圈线绕电位器等。一般的旋转电位器旋转角度约 270° 。多圈线绕电位器可旋转十多圈，其特点是功率较大（5W左右）、可调精度高，广泛用于电源电路及其他细调电路中，价格较高。碳膜电位器价格便宜，应用广泛，但额定功率小。

4. 二极管

常用的二极管有开关二极管 2CK、检波二极管 2AP、整流二极管 1N4001（额定电压 50V，额定电流为 1A）等。

稳压二极管常用的有 2CW51（3.5V）、2CW52（4V）、2CW53（5.3V）、2CW54（6.5V）等。

用万用表电阻挡可以检测二极管好坏并找出正负极，检测时用 $\times 100$ 挡或 $\times 1k$ 挡。指针式万用表的黑表笔（表的 $\ominus$ 端）是内部电池的正极。当用两只表笔分别以正、反向测二极管时，表针所指示的阻值应相差很大（硅二极管反向时表针几乎不动，锗管反向时表针摆动角度不足全刻度的 $\frac{1}{4}$ ），这表示二极管是好的。阻值小的那一次测试表示测出的是二极管的正向电阻，这时二极管的阳极接在黑表笔端，则红表笔接的是二极管的阴极。若两次测试的阻值都很小，表示二极管已反向击穿；若两次测试的阻值都很大（接近 ∞ ），则证明二极管内部已断路。

用数字万用表测试二极管时，挡位放在二极管挡，若红表笔和黑表笔分别接二极管阳极和阴极，则液晶屏显示的是二极管的导通电压，若表笔反接，则液晶屏上最高的数字位显示 1 表示 ∞ ，说明二极管反向截止。

测量稳压二极管的稳定电压 U_z 时，需要一台稳压电源和一个 500Ω 左右的电阻 R ，将电阻 R 与稳压二极管 VD 串联后接入电源。如图 2-1 所示。可用万用表直流电压挡测稳压二极管两端电压 U_z 。电阻 R 为 500Ω 时，直流电压 U 的幅度一般应比 U_z 高 5V 左右。这样可以有 10mA 左右的测试电流，可使测量的 U_z 约为稳压中值（当 U_z 的幅度在 9V 以下时应按此值设定 U 的幅度）。

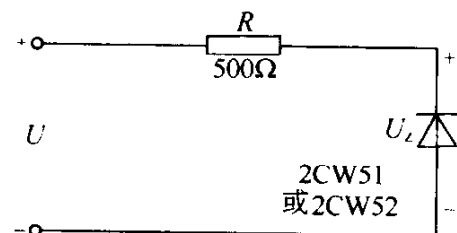


图 2-1 稳压二极管稳定电压 U_z 的测量

5. 三极管的检测与端子的判别

常用型号有 3DG6、3DG130、9012（PNP）、9013（NPN）等。用万用表的电阻挡可判断三极管的好坏与三个极的名称。用万用表的 h_{FE} 挡可测量三极管的 β 值。

（1）判断三极管的好坏与基极 若不清楚三个极的名称，可首先假设一个是基极，因基极对集电极和发射极是两个同向的 PN 结，先用一个表笔放在假设的基极上，用另一支笔分别碰另外两个极，看看指针偏转幅度如何，再把表笔反过来测一遍，若其中的一次对两极都导通（阻值较小），另一次对两极全截止（阻值很大），则表明假设的基极正确，同时全导通的那一次，若是黑表笔在基极，表示该管为 NPN 管，反之为 PNP 管。

若两次测量不是上述情况，说明假设的基极不对，再设另一极为基极，进行同样测试，直至找出基极，若每次都测不出基极，说明管子已坏。

（2）判断集电极 c 和发射极 e 基极开路时，用万用表电阻挡测集电极与发射极间的电阻时，无论正反向，阻值都很大，说明三极管是好的。为了找出集电极 c，可先假设某个极为 c，用一个 $10k\Omega$ 左右的电阻接在 c-b 间，再用万用表电阻挡的 $\times 1k$ 挡去测 c-e 间电阻（NPN 管时黑表笔放在 c，PNP 管时红表笔放在 c），若测得的阻值明显比不接电阻时小，说明假设正确；否则用另一极当做 c 再测一次。

若无电阻，可用手指捏紧 c-b 两极代替电阻，但注意不要把 c-b 两极碰到一块。

（3）用万用表的 h_{FE} 挡测三极管的 β 值 h_{FE} 挡上有两列小插孔，每列三个孔，其中一

列用于 NPN 管，另一列用于 PNP 管，三个孔上都标有 e、b、c 符号，把三极管对应的三个管脚插入三个孔，表针指示的刻度表示出 β 值的大小。

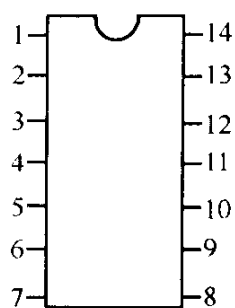


图 2-2 集成块端子排列

6. 集成器件外形识别与管脚识别

集成电路的外封装常用双列直插式，外壳为矩形，两边有两排端子，有 8 端、14 端、16 端、20 端等。其中一端有半圆形槽状的标识端（也有 8 端的集成电路只有一个圆点），将标识端向上、集成电路型号标识面面对读者，此时左上角的端子为 1 号，其他端子号按逆时针顺序排列。如图 2-2 所示。

四、实训内容与步骤

1. 观察实验系统上各个电阻外观

按表 2-1 识别电阻值，并用万用表测量比较、验证标称值与实测值是否符合，误差多少（注意万用表各电阻挡应调零）。

2. 观察电容的外观与型号

用万用表判断其好坏。小电容接万用表电阻挡时，指针应不动，较大电容接万用表电阻挡时，指针会先偏转一个角度后，再回到初始位，电容越大，则指针返回原位的时间越长（即放电时间越长）。

3. 电位器的测试

用万用表相应的电阻挡测试模拟实验系统上的电位器，一只表笔放在电位器中间接点，另一只表笔放在其上接点或下接点，旋动旋钮，观察阻值变化是否连续。旋钮可正向或反向旋动，若阻值连续增大或减小，表示电位器良好，若出现跳跃或开路的阻值，说明电位器故障或接触不良。

4. 检测二极管

① 把万用表电阻挡位调至 $\times 100$ 或 $\times 1k$ 挡，（因 $10k$ 挡的表内电压太高，为 $9V$ ，会损坏二极管。 $\times 1$ 和 $\times 10$ 挡输出电流大，也易损坏二极管）。用表笔检测二极管的好坏并找出阳极和阴极。

② 测稳压二极管的稳定电压 U_z 。模拟实验系统上配有 2CW51、2CW52、2CW53、2CW54 等稳压二极管，本次以 2CW51 或 2CW52 为例，先按图 2-1 连线，将稳压电源调至 $8V$ ，接入电路。用万用表直流电压挡的 $10V$ 挡测量出 U_z ，比较与标称值的差别。

5. 测试三极管

用万用表 $\times 1k$ 挡检测三极管的好坏、型号和三个极的名称，测试时要细心准确，再用 h_{FE} 挡测试 β 值。注意端子符号与管子的型号。

6. 观察 LM324 集成电路的外形，识别端子号

用万用表电阻挡 $\times 1k$ 挡测各端子间的阻值都应在几千欧以上。

五、实训注意事项

(1) 正确使用万用表，避免把红、黑表笔插反，否则会误读结果。

(2) 测试时不要两手同时捏住两只表笔的头部和元件两端，这样人体电阻会影响测量精度。

六、实训预习要求

(1) 熟悉万用表的使用。

(2) 掌握二极管和三极管的原理及特点。

七、实训报告要求

(1) 写出实训过程和结果，总结经验。

(2) 写出实训体会。

实训三 单管共射放大电路

一、实训目的

(1) 通过实训认识实际电路，加深对放大电路的理解，巩固理论知识，进一步建立信号放大的概念；

(2) 掌握静态工作点的调整与测试方法。观察静态工作点对放大电路输出波形的影响。

(3) 掌握放大电路交流指标的测试方法。

(4) 进一步熟悉电子仪器的使用。

二、实训仪器与设备

(1) 多功能模拟电子实验系统	一台
(2) 稳压电源	一台
(3) 示波器	一台
(4) 函数信号发生器	一台
(5) 电子毫伏表	一台
(6) 万用表	一块

三、实训原理

实训电路图如图 3-1 所示。该图是分压式偏置单管共射放大电路，图中 B_1-B_1' 和 C_1-C_1' 间断开是为了测量电流用的，不测电流时应短接。

1. 静态工作点的测量与调试

测量静态工作点时，应断开信号源，并在放大电路的 u_i 输入端短路的状态下测量。用万用表的直流电压挡及直流电流挡分别测量 I_{B1} 、 I_{C1} 、 U_{CE1} 及各极对地电位，也可

测量出 U_{RC1} ，计算出 $I_{C1} = \frac{U_{RC1}}{R_{C1}}$ 。

该电路图中，当 U_{CC} 、 R_{C1} 、 R_{E1} 等参数确定以后，工作点主要靠调节偏置电路的电阻 RP_1 来实现。

如果静态工作点调得过高或过低，当输入端加入正弦信号 u_i 时，若幅度较大，则输出信号 u_o 将会产生饱和或截止失真。因此当静态工作点调得适中时，可以使三极管工作在最大动态范围。

2. 放大电路动态参数测试

(1) 测电压放大倍数 A_u 。将图中 F—G 短接。在放大电路的输入端加交流信号 u_i 时，在输出端输出一个放大的交流信号 u_o 。则电压放大倍数 A_u 的计算公式为

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$$

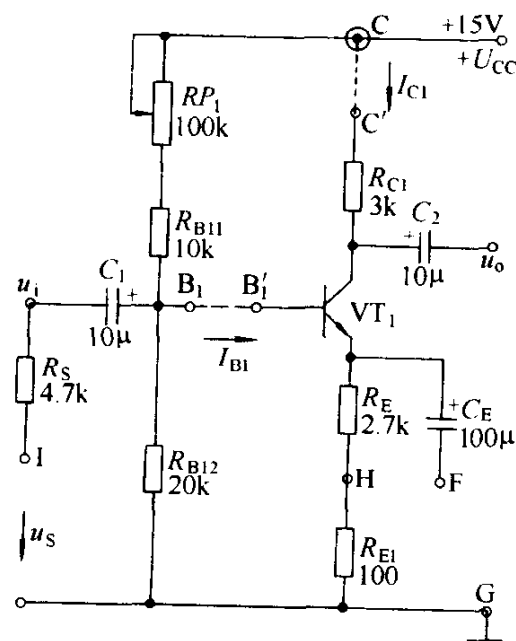


图 3-1 单管共射放大电路

由上面公式可知：测出 u_o 与 u_i 的有效值即可算出 A_u 的值。应当注意，测量 u_o 与 u_i 时，必须保证放大器的输出电压为不失真波形，因此测量过程需用示波器监视输出波形。

(2) 输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 的测量 图 3-2 是放大电路输入与输出电路的等效电路图，根据图中的电压、电流关系可以看出，只要测量出相应的电压值，便可求出输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 。

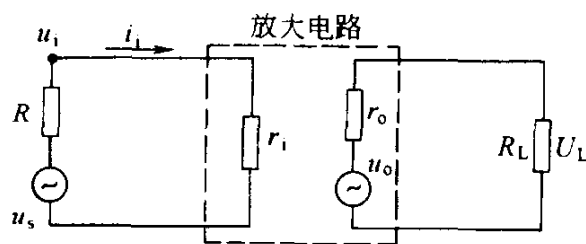


图 3-2 输入电阻与输出电阻的测量

$$\textcircled{1} r_i \text{ 的测量: 由图 3-2 看出 } r_i = \frac{u_i}{i_i} = \frac{u_i}{\frac{u_s - u_i}{R_s}} = \frac{u_i}{u_s - u_i} R_s$$

式中的 R_s 是已知的，因此，只要用电子毫伏表分别量出 u_i 与 u_s 即可求得 r_i 。

$\textcircled{2} r_o$ 的测量：图 3-2 中， u_o 是负载开路时的输出电压， u_L 是接入负载 R_L 后的输出电压。

$$\text{则 } \frac{u_o}{r_o + R_L} R_L = u_L \quad \text{所以 } r_o = \left(\frac{u_o}{u_L} - 1 \right) R_L$$

因此只要测量出 u_o 、 u_L ，即可求得 r_o 。

四、实训内容与步骤

1. 确认实验电路及各测试点的位置

对照模拟实验系统与图 3-1，若 VT_1 是插接在电路上的，可先拔下用万用表测出其 β 值，记入表 3-1 中。把稳压电源的输出电压调至 15V，将放大电路的 U_{cc} 端和地端分别接 +15V 电源的正极和负极。

2. 静态工作点的调试与测量

(1) 调整并测试给定的静态工作点 为防止干扰，应先将 u_i 短路。把万用表的直流 5mA 挡串接在集电极的 $C-C_1'$ 中，再将 B_1-B_1' 短接，调节 RP_1 使 $I_{C1} = 1\text{mA}$ ，分别测出此时的 I_{B1} 、 U_{B1} 、 U_{C1} 、 U_{E1} 、 U_{RC1} 值，并将测试结果记入表 3-1 中。

表 3-1 放大电路的静态工作点

测试条件	测试值						计算值		
	I_{B1}	I_{C1}	U_{B1}	U_{E1}	U_{C1}	β	U_{BE1}	U_{CE1}	β
$I_C = 1\text{mA}$									
最大动态范围									

I_{C1} 也可通过测 R_{C1} 两端的电压再进行换算。

$$I_{C1} = \frac{U_{RC1}}{R_{C1}}$$

(2) 调整并测试最大动态范围的静态工作点 调节函数信号发生器使其产生 1kHz 的正