

高职高专公共基础课规划教材

GAOZHIGAOZHUAN GONGGONG JICHUKE GUIHUA JIAOCAI



电子技术 实训教程

周向阳 主 编
陈悦明 罗小华 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高职高专公共基础课规划教材

GAOZHIGUANXIAN GONGGONGJICHU KE GUIHUA JIAOCAI



电子技术 实训教程

主 编	周向阳	罗小华
副主编	陈悦明	汪朝虹
编 写	付秋华	谢 军
	张斯珩	
主 审	万晓麟	



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为高职高专公共基础课规划教材。

本书共分四部分。第一部分为模拟电子技术实验，共 14 个项目；第二部分为数字电子实验，共 10 个项目；第三部分为电子技术实训实验，共 8 个项目；第四部分为电子工艺实训。本书包含了大量实验项目，每个实验项目都包含实验目的、预习要求、实验原理、实验设备、实验内容、实验报告等，其内容和难易程度基本满足了不同层次的教学要求，注重加强对学生基本实验技能与综合设计能力的培养，以及提高学生工程设计与实际动手的能力。

本书可作为电气类、机电类、电子信息类等相关专业的电子技术课程实验实训指导书，也可作为成人教育和相关工程技术人员的实用参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术实训教程/周向阳主编. —北京：中国电力出版社，2011.12

高职高专公共基础课规划教材

ISBN 978-7-5123-2520-3

I. ①电… II. ①周… III. ①电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 274012 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10 印张 241 千字

定价 18.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

电子技术实验与实训在电子技术基础的教学中举足轻重，它既是学生在认知过程中感性认识和理性认识相辅相成的必要环节，又是学生从课堂学习走向工程实际的纽带和桥梁。由于电子技术发展迅速而且内容广泛，在有限的时间内和一定的实验室条件下，以何种方式和内容来进行电子技术实训是多年来电子技术教学改革中一直在研究和探讨的问题。随着电子技术的迅速发展，如何培养学生适应发展变化的能力变得越来越重要。为适应高职高专技术应用型人才能力的培养的需要，满足各个学校对实验、实习和课程设计的不同教学需要，配合笔者主编的《电子技术基础》教材编写了这本实验实训指导书。

作为实训用书，本书能较好地锻炼学生的动手能力和分析能力。除了常规的最具代表性的验证性实验外，还添加了有一定难度的实践性环节，供有设计电路要求的学生选用。

本书共分四大部分。第一部分为模拟电子技术实验，共 14 个；第二部分为数字电子实验，共 10 个；第三部分为电子技术实训实验，共 8 个；第四部分为简单的电子工艺实训。第三、四部分偏重于设计，能较好地运用理论知识，其结果具有一定的趣味性，与生活有紧密联系。

本书由江西电力职业技术学院的周向阳担任主编，陈悦明、罗小华担任副主编。周向阳编写了全书，付秋华、罗小华参与编写了第一部分（模拟电子技术实验）的部分内容，汪朝虹、张斯珩参与编写了第二部分（数字电子实验）的部分内容，谢军参与编写了第四部分（电子工艺实训）的部分内容。全书由周向阳统稿。

本书由江西电力职业技术学院信息工程系万晓麟担任主审。本书在编写过程中还参阅了一些专家学者的文献资料。在此一并致谢！

由于时间有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者提出宝贵意见。编者邮箱：zhxy206@163.com。

编 者

2011 年 11 月

目 录

前言

第一部分 模拟电子技术实验	1
实验一 常用电子仪器的使用.....	1
实验二 晶体管共射极单管放大器.....	7
实验三 负反馈放大器	12
实验四 差动放大电路	16
实验五 射极跟随器	20
实验六 集成运算放大器基本应用 (I)——模拟运算电路.....	23
实验七 集成运算放大器的基本应用 (II)——波形发生器.....	27
实验八 集成运算放大器的基本应用 (III)——电压比较器.....	31
实验九 OTL 功率放大器	34
实验十 集成功率放大器	38
实验十一 直流稳压电源 (I)——串联型晶体管稳压电源.....	43
实验十二 直流稳压电源 (II)——集成稳压器.....	48
实验十三 RC 正弦波振荡器	51
实验十四 晶闸管可控整流电路	53
第二部分 数字电子实验	57
实验十五 基本门电路功能测试	57
实验十六 组合逻辑电路的设计与测试	63
实验十七 译码器及其应用	66
实验十八 数据选择器	72
实验十九 触发器	76
实验二十 移位寄存器及其应用	81
实验二十一 计数器	86
实验二十二 集成定时器	91
实验二十三 D/A、A/D 转换器	95
实验二十四 随机存取存储器 2114A 及其应用	99
第三部分 电子技术实训实验	103
实验二十五 温度监测及控制电路.....	103
实验二十六 用运算放大器组成万用电表的设计与调试.....	108
实验二十七 函数信号发生器的组装与调试.....	112
实验二十八 两级交流放大电路.....	115
实验二十九 音频信号发生器.....	117

实验三十 智力竞赛抢答装置.....	119
实验三十一 电子秒表.....	121
实验三十二 拔河游戏机.....	125
第四部分 电子工艺实训.....	131
实验三十三 面包板上的电子电路实验.....	131
附录一 部分集成电路引脚排列.....	141
附录二 集成逻辑门电路新旧符号对照.....	150
附录三 集成触发器新旧符号对照.....	151
附录四 电阻器的标称值及精度色标法.....	152
参考文献.....	154

模拟电子技术实验

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

- (1) 学习电子电路实验中常用的电子仪器（示波器、信号发生器、交流毫伏表、数字频率计等）的主要技术指标、性能及正确使用方法。
- (2) 初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

二、预习要求

- (1) 阅读有关示波器部分内容。
- (2) 阅读电子学实验装置的功能及使用方法说明。

三、实验原理

在模拟电子电路实验中经常使用的电子仪器有示波器、信号发生器、交流毫伏表及数字频率计等。它们和万用表一起，可以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 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，直流电源的接线用普通导线。

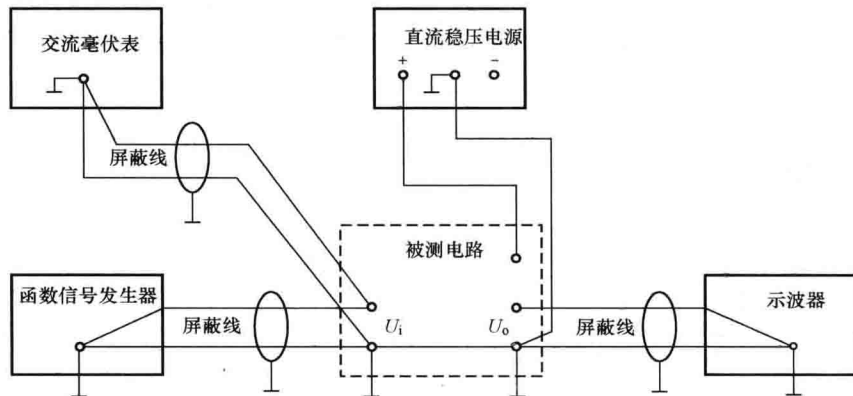


图 1-1 常用电子仪器的连接

1. 双踪示波器

图 1-2 所示为双踪示波器面板示意图。

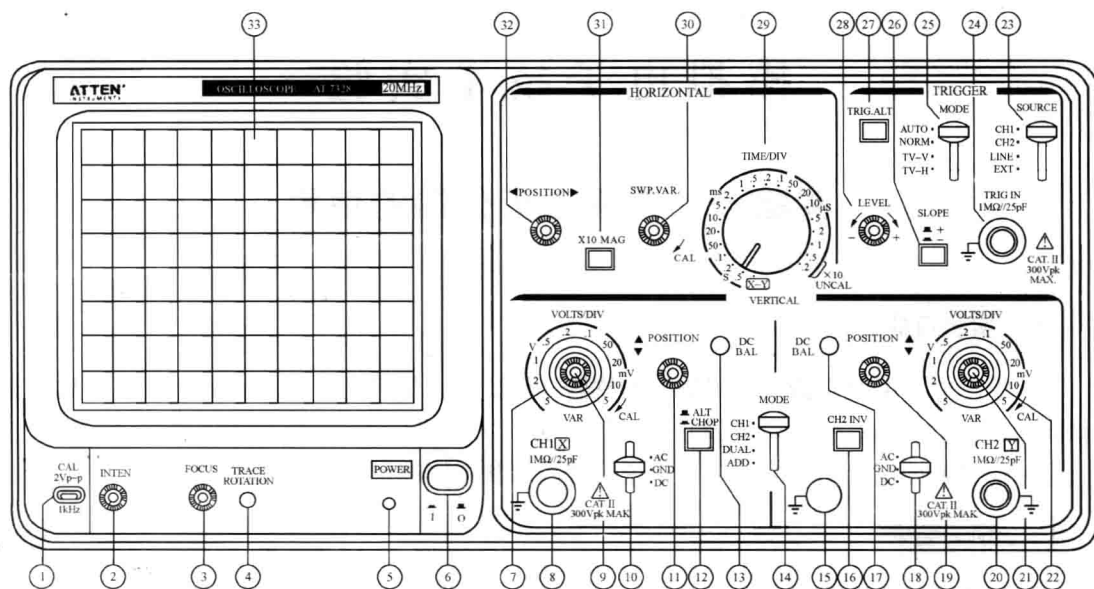


图 1-2 双踪示波器面板示意图

双踪示波器面板主要功能介绍如下。

① CAL: 校准信号输出端, 提供幅度为 $2V_{P-P}$ 、频率 1kHz 的方波信号。

② 亮度 (INTEN): 调节轨迹或亮点的亮度。

③ 聚焦 (FOCUS): 调节轨迹或亮点的聚焦。

⑥ 电源: 主电源开关, 开启时⑤ (POWER) 亮。

⑦、②② 垂直衰减开关 (VOLTS/div): 调节垂直 (纵轴) 幅度从 $5mV/div \sim 5V/div$, 分 10 挡。

⑧ CH1 (X) 输入: 双踪显示的通道 1; 在 X-Y 模式下, 作为 X 轴 (横轴) 输入端。

⑨、②① 垂直微调 (VAR): 可连续变化, 顺时针旋转到底为垂直 (纵轴) 校正位置。

⑩、①⑧: 垂直轴输入信号的输入方式。AC 为交流耦合, GND 为输入接地, DC 为直流耦合。

⑪、①⑨ 垂直位移 ($\blacktriangle$ POSITION $\blacktriangledown$): 调节光迹在屏幕上的垂直位置。

⑫ ALT/CHOP: 双踪显示时, 放开此键, 两个通道交替显示 (扫描速度较快时使用); 按下此键, 两个通道同时断续显示 (扫描速度较慢时使用)。

⑭ 垂直方式:

CH1 或 CH2 通道单独显示。

DUAL 表示两个通道同时显示。

ADD 表示叠加显示两个通道的代数和 $CH1 + CH2$ 。按下⑮ CH2 INV 按钮, 为代数差 $CH1 - CH2$ 。

⑮ GND: 示波器机箱的接地端子。

⑳ CH2 (X) 输入: 双踪显示的通道 2; 在 X-Y 模式下, 作为 Y 轴 (纵轴) 输入端。

②③ 触发源选择 (SOURCE): INT 为内触发, EXT 为外触发。

CH1: ①④在 DUAL 或 ADD 时, 选择通道 1 作为内部触发信号源。

CH2: ①④在 DUAL 或 ADD 时, 选择通道 2 作为内部触发信号源。

②④ 外触发输入端子: 用于外部触发信号。使用此功能时, 开关②③应在 EXT 位置。

②⑤ 触发方式 (TRIGGER MODE): AUTO 为自动, NORM 为常态, TV-V 为电视场, TV-H 为电视行。

②⑥ 极性 (SLOPE): 触发信号“+”表示上升沿触发, “-”表示下降沿触发。

②⑦ 触发交替选择 (TRIG. ALT): 当①④在 DUAL 或 ADD 时, 而且②③在通道 1 或通道 2 时, 按下②⑦时, 会交替选择通道 1 和通道 2 作为内触发信号源。

②⑧ 触发电平 (LEVEL): 显示一个稳定的波形。

②⑨ 水平扫描速度开关 (TIME/div): 从 $0.2\mu\text{s}/\text{div}$ ~ $5\text{s}/\text{div}$, 分 20 挡; 设置到 X-Y 位置时可作为 X-Y 示波器。

③⑩ 水平扫描速度微调 (SWP. VER): 可连续变化, 顺时针旋转到底为校正位置。

③⑪ 扫描扩展开关 ($\times 10\text{MAG}$): 按下时扫描速度扩展 10 倍。

③⑫ 水平位移 ($\blacktriangleleft$ POSITION $\blacktriangleright$): 调节在屏幕上的水平位置。

双踪示波器原理和使用可见说明书, 现着重指出以下几点注意事项。

(1) 寻找扫描光迹点。在开机半分钟后, 如仍找不到光点, 可调节亮度和聚焦旋钮, 从中判断光点位置或者适当调节垂直 ($\blacktriangle$ POSITION $\blacktriangledown$) 和水平 ($\blacktriangleleft$ POSITION $\blacktriangleright$) 移位旋钮, 将光点移到荧光屏的中心位置。

(2) 为显示稳定的波形, 需注意示波器面板上的下列各控制开关 (或旋钮) 的位置。

1) “水平扫描速率”开关 (t/div): 它的位置应根据被观察信号的周期来确定。

2) “触发源选择”开关 (内、外): 通常选为内触发。

3) “触发方式”开关: 通常可先置于“自动”位置, 以便找到扫描线或波形, 如波形稳定情况较差, 再置于“常态”位置, 但必须同时调节电平旋钮, 使波形稳定。

(3) 示波器有五种显示方式。属单踪显示有“CH1”、“CH2”、“CH1+CH2”; 属双踪显示有“交替”与“断续”。作双踪显示时, 通常采用“交替”显示方式。仅当被观察信号频率很低时 (如几十 Hz 以下), 在一次扫描过程中同时显示两个波形, 才采用“断续”显示方式。

(4) 在测量波形的幅值时, 应注意 Y 轴灵敏度“微调”旋钮置于“校准”位置 (顺时针旋到底)。在测量波形周期时, 应将水平扫描速率“微调”旋钮置于“校准”位置 (顺时针旋到底), 扫描速率“扩展”旋钮置于“推进”位置。

2. 信号发生器

图 1-3 所示为信号发生器面板示意图。

信号发生器面板主要功能介绍如下。

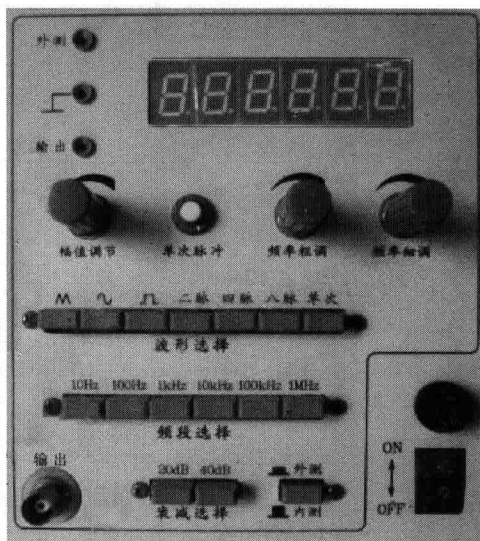


图 1-3 信号发生器面板示意图



图 1-4 交流毫伏表面板示意图

按下波形选择，可输出正弦波、方波、锯齿波等。

调节幅值调节旋钮，输出电压最大可达 $U_{P-P} = 15V$ 。按下衰减选择 20dB，从输出探头输出电压衰减 10 倍；按下衰减选择 40dB，从输出探头输出电压衰减 100 倍。

按下频段选择，输出电压频率 0Hz~1MHz（如需 1kHz 正弦波，将 1kHz 频段选择按下）。

3. 交流毫伏表

图 1-4 所示为交流毫伏表面板示意图。

交流毫伏表主要功能介绍如下。

测量正弦交流电压时，先把量程开关置较大量程挡位，再视实际读数将适当量程按下，量程单位也是读数单位，如果量程偏小则无读数，需要加大量程。

测量时将探头接在“输入”端。

四、实验设备

实验设备包括：①信号发生器；②双踪示波器；③交流毫伏表。

五、实验内容

1. 熟悉模拟实验台面板

图 1-5 所示为模拟实验台面板示意图。

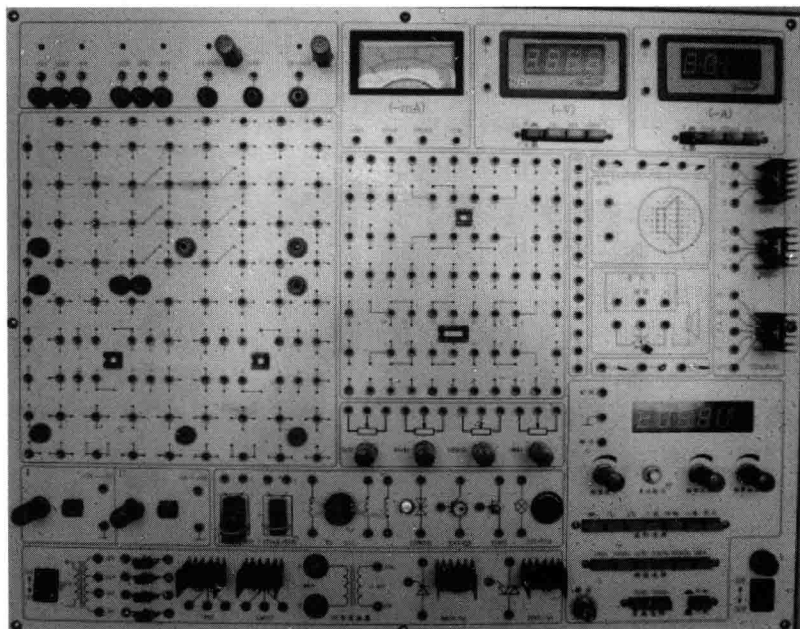


图 1-5 模拟实验台面板示意图

模拟实验台面板主要功能介绍如下。

(1) 面板左上角为电源组, 有直流 $\pm 5\text{V}$ 、直流 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 0\sim 24\text{V}$ 连续可调电源。

(2) 面板右上方为直流表计, 从左至右依次为直流毫安电流表、数字直流电压表、数字直流电流表。

(3) 面板左中部可插实验电路板或集成块。

(4) 面板右下角为信号发生器。

2. 测量示波器内的校准信号

用机内校准信号(方波 $f=1\text{kHz}\pm 2\%$), 电压幅度 ($1\text{V}\pm 30\%$) 对示波器进行自检。

(1) 调出波形。

1) 将示波器校准信号输出端通过专用电缆与 CH1 (或 CH2) 输入插口接通, 调节示波器各有关旋钮, 将触发方式开关置“自动”位置, 触发源选择开关置“内”, 内触发选择开关置常态, 对校准信号的频率和幅值正确选择扫速开关 (TIME/div) 及 Y 轴灵敏度开关 (V/div) 位置, 则在荧光屏上可显示出一个或数个周期的方波。

2) 分别将触发方式开关置“高频”和“常态”位置, 并同时调节触发电平旋钮, 调出稳定波形。

(2) “校准信号”幅度的测量。将垂直微调 (VAR) 旋钮置“校准”位置 (顺时针旋转到底), 垂直衰减开关 (VOLTS/div) 置适当位置, 读取校准信号幅度, 记入表 1-1 中。

表 1-1 “校准信号”幅度与频率的测量

项 目	标准值	实测值
幅度	1V (P-P)	
频率	1kHz	

(3) “校准信号”频率的测量。将水平扫速微调旋钮 (SWP. VER) 置“校准”位置 (顺时针旋转到底), 水平扫速开关 (TIME/DIV) 置适当位置, 读取校准信号周期记入表 1-1 中。

3. 信号发生器输出电压波形及频率的测量

(1) 分别按下各频段选择按钮, 调节频率粗调旋钮, 令信号发生器输出频率分别为 100Hz、1kHz、10kHz 的正弦波。

(2) 用导线分别接入信号发生器输出孔和接地孔, 送入示波器。

(3) 分别改变示波器水平开关、垂直衰减开关位置, 调节电压幅度旋钮, 用交流毫伏表测量信号源输出电压峰-峰值 ($U_{\text{OP-P}}=2\text{V}$), 得到一个稳定的波形后, 记入表 1-2 中。

表 1-2 信号发生器输出电压波形及频率的测量

信号电压与频率计读数	实 测 值			计算值
	周期 (ms)	频率 (Hz)	$U_{\text{P-P}}$ (V)	有效值 (V)
100Hz				
1kHz				
10kHz				

读数注意事项如下。

1) 示波器屏幕上每个方格长度单位为 1div, 每个 div 内分 5 等份。

2) 如一个正弦波周期为 2div, 当时的水平扫描速度为 0.5ms/div, 则此波形周期为 $T=2 \times 0.5=1\text{ms}$, 即频率为 $f=1/T=1\text{kHz}$ 。

3) 如一个正弦波峰-峰值为 2div, 当时的垂直衰减开关刻度值为 1V, 则此波形电压峰-峰值为 $U_{\text{P-P}}=2 \times 1=2\text{V}$, 其有效值为 $U=U_{\text{P-P}}/2\sqrt{2}$ 。

4. 小信号输入电压的测量

(1) 保持正弦波频率 1kHz、电压峰-峰值 2V 不变, 将探头接入信号发生器的“输出”接线柱, 再用示波器 CH1 (CH2) 连接。

(2) 分别将信号发生器衰减 20dB、40dB 的旋钮按下, 适当调节垂直衰减旋钮, 使显示波形适中时, 用交流毫伏表记录两种情况下的电压峰-峰值, 看看有什么关联。

六、实验报告

(1) 整理实验数据, 并进行分析。

(2) 问题讨论。

1) 双踪示波器采用“常态”、“自动”两种触发方式有什么区别? 通过实验对它们的操作特点及适用场合加以总结。

2) 用双踪显示波形, 并要求比较相位时, 为在荧光屏上得到稳定波形, 应怎样选择下列开关的位置?

a) 显示方式选择 (CH1、CH2、CH1+CH2、交替、断续)。

b) 触发方式 (常态、自动)。

c) 触发源选择 (内、外)。

d) 内触发源选择 (CH1、CH2、交替)。

实验二 晶体管共射极单管放大器

一、实验目的

- (1) 学会放大器静态工作点的调试方法, 分析静态工作点对放大器性能的影响。
- (2) 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。
- (3) 熟悉常用电子仪器及电子技术实验台的使用。

二、预习要求

- (1) 了解放大器干扰和自激振荡消除的方法。
- (2) 能否用数字电压表直接测量晶体管的 U_{BE} ? 为什么实验中要采用测 U_B 、 U_E , 再间接算出 U_{BE} 的方法?
- (3) 测试中, 如果将信号源、交流毫伏表、示波器中任一仪器的两个测试端子接线换位 (即各仪器的接地端不再连接在一起), 将会出现什么问题?

三、实验原理

图 2-1 所示为电阻分压式稳定静态工作点的单管放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{B1} (即电阻 R_{b1} 和电位器 R_p) 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。

在图 2-1 中, 当流过偏置电阻 R_{B1} (R_{b1} 和电位器 R_p 的阻值) 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管的基极电流 I_B 时 (一般 5~10 倍), 则它的静态工作点的估算公式为

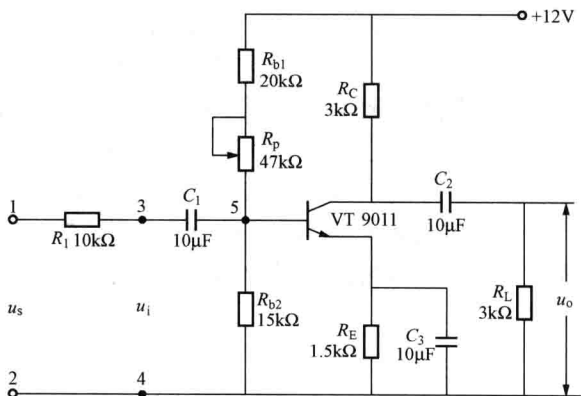


图 2-1 单管放大器实验电路图

$$U_{BQ} \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$

$$I_{EQ} = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx I_{CQ}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E)$$

电压放大倍数为

$$A_V = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be}}$$

输入电阻为

$$r_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be}$$

输出电阻为

$$r_o \approx R_c$$

由于电子器件性能的分散性比较大,因此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、消除干扰与自激振荡及放大器各项动态参数的测量与调试等。

1. 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直流毫安表和直流电压表,分别测量晶体管的集电极电流 I_C 以及各电极对地的电位 U_B 、 U_C 和 U_E 。一般实验中,为了避免断开集电极,所以采用测量电压,然后算出 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 $I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C}$, 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。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。如工作点偏高,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 (a) 所示。如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 (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 u_i , 检查输出电压 u_o 的大小和波形是否满足要求。如不满足,则应调节静态工作点的位置。

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

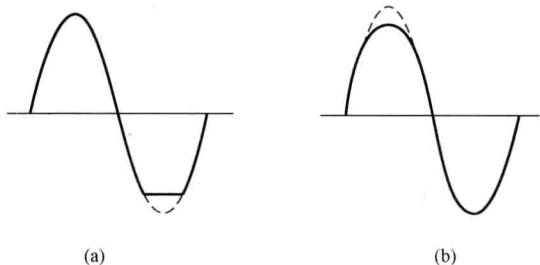


图 2-2 三极管的非线性失真
(a) 饱和失真图; (b) 截止失真图

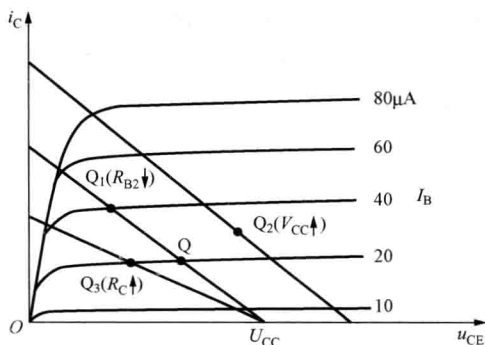


图 2-3 静态工作点变化图

最后还要说明的是,上面所说的工作点“偏高”或“偏低”不是绝对的,应该是相对信号的幅度而言,如信号幅度很小,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,产生波形失真是信号幅度与静态工作点设置配合不当所致。如需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。

2. 放大器动态指标测试

放大器动态指标测试有电压放大倍数、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

$$A_V = \frac{U_o}{U_i}$$

(2) 输入电阻的测量。为了测量放大器的输入电阻,如图 2-4 所示,在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,测出 U_S 和 U_i ,则根据输入电阻的定义可得

$$r_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{U_R} R = \frac{U_i}{U_S - U_i} R$$

测量时应注意以下几点。

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 和 U_i ,然后按照 $U_R = U_S - U_i$ 求出 U_R 值。

2) 电阻 R 的值不易取得过大或过小,以免产生较大的测量误差,通常取 R 与 r_i 为同一数量级为好,本实验可取 $R=1\sim 2\text{k}\Omega$ 。

(3) 输出电阻的测量。按图 2-4 输入电阻和输出电阻的测量电路,在放大器正常工作条件下,测出输出端不接负载 R_L 的输出电压 u_o 的有效值 U_o 和接入负载后的输出电压 U_L ,根据

$$U_L = \frac{R_L}{r_o + R_L} U_o$$

即可求出 r_o ,其公式为

$$r_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

在测试中应注意,必须保持 R_L 接入前后输入信号的大小不变。

(4) 最大不失真输出电压 U_{oP-P} 的测试(最大动态范围)。如上所述,为了得到最大动态范围,应将静态工作点调在交流负载线的中点。为此在放大器正常工作的情况下,逐步增大输入信号的幅度,并同时调节 R_P (改变静态工作点),用示波器观察 u_o ,当输出波形同时出现削底和缩顶现象时,说明静态工作点已调在交流负载线的中点。然后反复调整输入信号,使波形输出幅度最大,且无明显失真时,用交流毫伏表测出 u_o 的有效值 U_o ,则动态范围等于 $2\sqrt{2}U_o$,也可用示波器直接读出输出电压峰-峰值 U_{oP-P} 来。

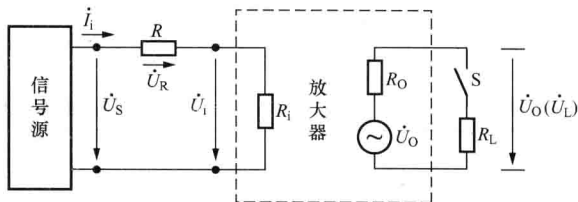


图 2-4 输入电阻和输出电阻的测量电路

四、实验设备

实验设备包括：①+12V 电源；②信号发生器；③双踪示波器；④交流毫伏表；⑤数字直流电压表；⑥数字直流毫安电流表；⑦单管放大电路实验板。

五、实验内容

图 2-5 所示为单管放大电路实验电路板。为防止干扰，各电子仪器的公共端必须连接在一起，同时信号源、交流毫伏表和示波器的引线应采用专用电缆线或屏蔽线，如使用屏蔽线，则屏蔽线的外包金属网应接在公共接地端上。

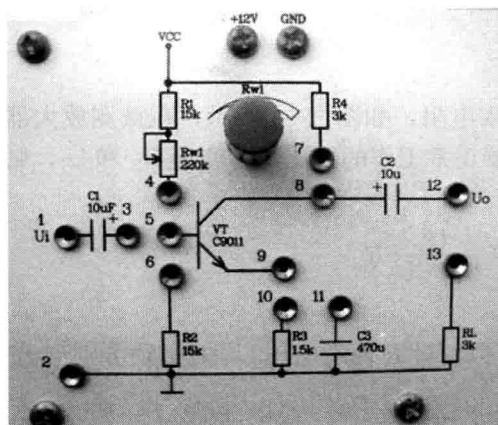


图 2-5 单管放大电路实验电路板

1. 测量静态工作点

将实验电路板按图 2-1 连接，即用导线将 3 孔与 5 孔连接、4 孔与 5 孔连接、5 孔与 6 孔连接、7 孔与 8 孔连接、9 孔与 10 孔连接、10 孔与 11 孔连接。

接通电源前，先将 R_{w1} 调到最大（右旋），信号源输出旋钮旋至零（即输入端不接信号源）。接通放大电路的 +12V 电源，调节 R_{w1} 使放大电路发射极电压 $U_E = 3V$ （9 孔对地电位，用数字直流电压表测量），再测量 U_B 、 U_C ，记入表 2-1 中。

表 2-1

三极管静态各级对地电压值

测 量 值			计 算 值		
U_B (V)	U_E (V)	U_C (V)	U_{BE} (V)	U_{CE} (V)	I_C (mA)

2. 电压放大倍数的测量

在放大器输入端 u_i （1、2 孔间）加入频率为 1kHz 的正弦信号，调节信号源的输出旋钮使放大电路的输入信号 $U_{iP-P} = 20mV$ （本实验信号采用信号源下端的衰减端口输出信号，同时按下衰减 40dB 的按钮），同时用示波器观察放大器输出电压 u_o （12 孔与地之间）的波形，在波形不失真的条件下用示波器（或交流毫伏表）测量两种情况下（空载时 12、13 孔断开，加负载时 12、13 孔连接）的 U_{oP-P} 值，并用示波器同时观察 u_o 和 u_i 的相位关系，把结果记入表 2-2 电压放大倍数的测量中。

表 2-2

电压放大倍数的测量

R_c (k Ω)	R_L (k Ω)	U_{oP-P} (V)	A_v	观察记录一组 u_o 和 u_i 波形
3	∞			
3	3			

3. 观察静态工作点对电压放大倍数的影响

置 $R_L = \infty$ （空载时 12、13 孔断开）， u_i 适当调节，调节 R_{w1} ，用示波器监视输出的电

压波形，在 u_o 不失真的条件下，测量几组 I_c （将数字直流毫安电流表串接于 7、8 孔之间）和 U_o 值，记入表 2-3 中。

表 2-3 静态工作点对电压放大倍数的影响

I_c (mA)			2.0		
U_o (mV)					
A_u					

测量 I_c 时，要先将信号源输出旋钮旋至零（即使 $U_i=0$ ）。

4. 观察静态工作点对输出波形失真的影响

置 $R_L=3k\Omega$ （加负载时 12、13 孔连接）， $u_i=0$ ，调节 R_P 使 $I_C=2.0mA$ （也可通过测量 U_E 来估算 I_C ）测出 U_{CE} 值，再逐步加大输入信号，使输出电压 u_o 足够大但不失真。然后保持输入信号不变，分别增大和减小 R_{W1} ，使波形出现失真，绘出 u_o 的波形，并测出失真情况下的 I_C 和 U_{CE} 值，把结果计入表 2-4 中。每次测 I_C 和 U_{CE} 值时都要将信号源的输出旋钮旋至零。

表 2-4 静态工作点对输出波形失真的影响

I_c (mA)	U_{CE} (V)	u_o 波形	失真情况	管子工作状态

5. 最大不失真输出电压的测量

置 $R_L=3k\Omega$ ，按照实验内容 4 中所述方法，同时调节输入信号的幅度和电位器 R_{W1} ，用示波器或交流毫伏表测量 U_{oP-P} 及 U_o ，记入表 2-5 中。

表 2-5 最大不失真输出电压的测量

I_c (mA)	U_i (mV)	U_o (V)	U_{oP-P} (V)

六、实验报告

- (1) 列表整理测量结果，并把实测的静态工作点、电压放大倍数、输入电阻、输出电阻之值与理论计算值相比较（取一组数据进行比较），分析产生误差原因。
- (2) 总结 R_c 、 R_L 及静态工作点对放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的影响。
- (3) 讨论静态工作点变化对放大器输出波形的影响。
- (4) 分析讨论在调试过程中出现的问题。