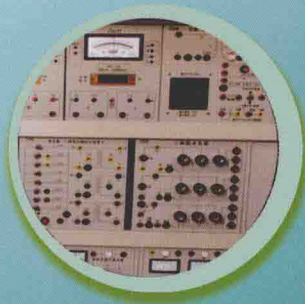
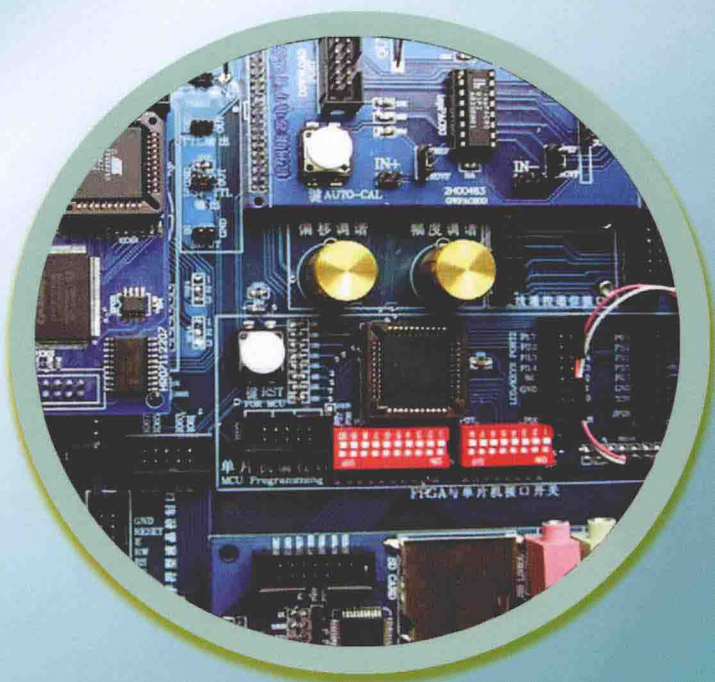


高等院校电工电子技术类课程“十二五”规划教材

电子技术实验与制作实训

主 编 陈列尊
副主编 黄 顺 张学军

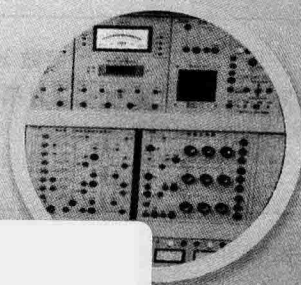
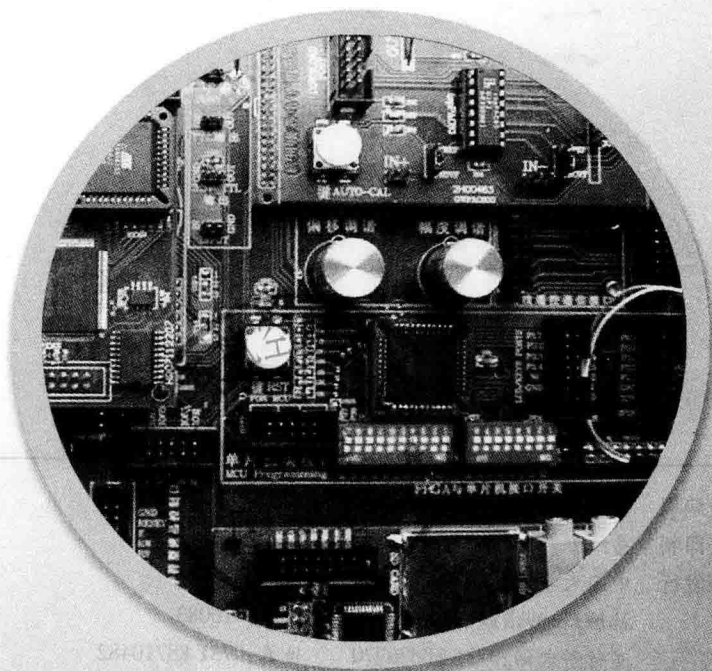


中南大学出版社
www.csupress.com.cn

高等院校电工电子技术类课程“十二五”规划教材

电子技术实验与制作实训

主 编 陈列尊
副主编 黄 顺 张学军
参 编 谭岳衡 许岳兵 谢宇希



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与制作实训/陈列尊主编. —长沙:中南大学出版社,
2014. 2

ISBN 978 - 7 - 5487 - 0859 - 9

I. 电... II. 电... III. 电子技术 - 实验 - 高等学校 - 教学参
考资料 IV. TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 073714 号

电子技术实验与制作实训

主编 陈列尊

☐责任编辑 胡小锋

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 湖南地图出版社印刷厂

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 15 ☐字数 365 千字

☐版 次 2014 年 2 月第 1 版 ☐2014 年 2 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 0859 - 9

☐定 价 29.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

电子技术实验与实训是电子信息类及相关专业理论与实践相结合的一个重要纽带和桥梁。良好的电子技术实验教学与实践训练,不仅能有效促进学生对基本理论和基本知识的理解与掌握,而且能训练与提高学生的基本技能,培养实践动手能力、创新能力和进行综合设计的能力,为以后从事电子电路设计、研制电子产品奠定坚实的基础,对实现应用型电子信息类专业技术人才的培养目标具有重要的意义和作用。

《电子技术实验与制作实训》是根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会修订的《电子电气基础课程教学基本要求》,并结合学校实验教学的实际需要,编写的一本实验教材。其中电子技术部分是以武汉凌特科技有限公司、武汉众友科技有限公司生产的实验装置为平台(部分实验项目素材由武汉凌特科技有限公司和武汉众友科技有限公司提供);仿真部分是以软件 Proteus ISIS 为平台。全书共分 5 篇,第一篇为模拟电子技术实验,安排了 18 个基本实验项目;第二篇为数字电子技术实验,安排了 21 个基本实验项目;第三篇为高频电子线路实验,安排了 6 个基本实验项目;第四篇为电子线路仿真与综合实训,包括 Proteus ISIS 的基本运用与 6 个综合设计性实训项目;第五篇为附录,包括常用数字集成电路、电子线路实验、电子线路设计与调试等方面的基础资料。

本书内容安排由浅到深:既有测试、验证性内容,也有设计、研究性的内容;既有实际电路的调试及运行,也有电子电路的扩展设计。实验内容循序渐进,逐渐增强实践的难度,层次分明。既可作为高等院校相关专业的模拟电子技术、数字电子技术、高频电子线路及电子技术课程设计等课程的实验教材及指导书,也可作为高职、高专相关专业的实验教材。

本教材由陈列尊、黄顺、张学军、谭岳衡、许岳兵、谢宇希等进行编写。在编写过程中参考了国内同行的同类教材与相关资料,也得到了中南大学出版社胡小锋编辑的热心帮助,以及衡阳师范学院“物理学教育部普通高校第一类特色专业建设项目(TS11635)”和湖南省普通高校省级教学团队“光电课程教学团队”建设项目的支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中肯定存在一些问题与不足,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 录

第一篇 模拟电路	(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	(6)
实验三 晶体管两级放大器	(12)
实验四 场效应管放大器	(15)
实验五 负反馈放大器	(18)
实验六 射极跟随器	(21)
实验七 差动放大器	(25)
实验八 RC 正弦波振荡器	(29)
实验九 LC 正弦波振荡器	(30)
实验十 低频功率放大器——OTL 功率放大器	(32)
实验十一 直流稳压电源——晶体管稳压电源	(35)
实验十二 晶闸管可控整流电路	(40)
实验十三 集成运算放大器指标测试	(43)
实验十四 模拟运算电路实验	(48)
实验十五 波形发生器电路实验	(54)
实验十六 有源滤波器电路实验	(57)
实验十七 电压比较器电路实验	(62)
实验十八 电压—频率转换电路实验	(65)
实验十九 集成低频功率放大器	(66)
实验二十 集成直流稳压电源	(68)
第二篇 数字电路	(71)
实验一 TTL 门电路参数测试	(71)
实验二 TTL 门电路的逻辑功能测试	(74)
实验三 TTL 集电极开路门和三态输出门测试	(76)
实验四 CMOS 门电路参数测试	(79)
实验五 CMOS 门电路的逻辑功能测试	(80)
实验六 集成逻辑电路的连接和驱动	(81)
实验七 编码器及其应用	(85)
实验八 译码器及其应用	(88)
实验九 数码管显示实验	(91)
实验十 数据选择器及其应用	(94)
实验十一 加法器与数值比较器	(99)

实验十二	组合逻辑电路的设计与测试	(103)
实验十三	触发器及其应用	(106)
实验十四	移位寄存器及其应用	(111)
实验十五	计数器及其应用	(114)
实验十六	脉冲分配器及其应用	(119)
实验十七	单稳态触发器与施密特触发器	(121)
实验十八	多谐振荡器	(128)
实验十九	555 定时器及其应用	(131)
实验二十	D/A 转换实验	(138)
实验二十一	A/D 转换实验	(142)
第三篇	高频实验	(146)
实验一	高频小信号调谐放大电路	(146)
实验二	非线性丙类功率放大电路	(150)
实验三	正弦波振荡电路	(154)
实验四	调幅与检波电路	(156)
实验五	调频与鉴频电路	(160)
实验六	自动增益控制与锁相环路	(165)
第四篇	电子线路仿真与综合实训	(171)
第一章	Proteus ISIS 的基本操作	(171)
第一节	Proteus ISIS 概貌	(171)
第二节	Proteus ISIS 基本操作	(175)
第三节	工程实例	(189)
第二章	综合应用实验	(197)
实验一	综合应用实验——声光双控延时开关	(197)
实验二	综合应用实验——简易电子琴	(199)
实验三	综合应用实验——数字锁相环应用电路	(202)
实验四	综合应用实验——控温电路	(205)
实验五	综合应用实验——多功能数字钟的设计	(206)
实验六	综合应用实验——多路智力竞赛抢答器	(211)
第五篇	附 录	(215)
附录一	部分集成电路引脚排列图	(215)
附录二	IC 插拔方法指南与分立元件使用	(222)
附录三	基于 IC 插座的分离元件使用方法	(226)
附录四	万用表测定二极管和三极管的方法	(229)
附录五	放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	(232)
参考文献		(234)

第一篇 模拟电路

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

(1)了解电子电路实验中常用的电子仪器——双踪示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、数字万用表等的主要技术指标及使用方法。

(2)熟悉示波器状态的正确调整方法(包括亮度、聚焦、触发源与触发方式、耦合方式、Y衰减器与时基单元等);掌握用双踪示波器观察信号波形和测量信号波形的幅度、频率、相位差、时间间隔,脉冲波形的上升沿、下降沿等参数的方法。

二、实验仪器

- (1)双踪示波器
- (2)函数信号发生器
- (3)直流稳压电源
- (4)数字万用表

三、实验原理

在电子技术实验中,经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、数字万用表等。可以完成对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,以连线简捷,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1-1-1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,称为共地。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。

1. 示波器

示波器是一种用途很广的电子测量仪器,它既能直接显示电信号的波形,又能对电信号进行各种参数的测量。现着重指出下列几点:

(1)寻找扫描光迹。将示波器Y轴显示方式置“CH1”或“CH2”,输入耦合方式置“GND”,开机预热后,若在显示屏上不出现光点和扫描基线,可按下列操作去找到扫描线:

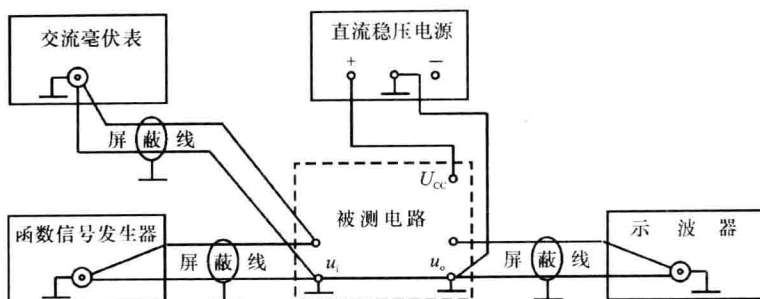


图 1-1-1 电子技术实验中常用电子仪器布局图

①适当调节亮度旋钮。

②触发方式开关置“自动”。

③适当调节垂直($\updownarrow$)、水平($\rightleftarrows$)“位移”旋钮,使扫描光迹位于屏幕中央。(若示波器设有“寻迹”按键,可按下“寻迹”按键,判断光迹偏移基线的方向。)

(2)双踪示波器一般有五种显示方式,即“CH1”、“CH2”、“CH1 + CH2”三种单踪显示方式和“交替”、“断续”二种双踪显示方式。“交替”显示一般适宜于输入信号频率较高时使用。“断续”显示一般适宜于输入信号频率较低时使用。

(3)为了显示稳定的被测信号波形,“触发源选择”开关一般选为“内”触发,使扫描触发信号取自示波器内部的Y通道。

(4)触发方式通常先置于“自动”调出波形后,若被显示的波形不稳定,可通过调节“触发电平”旋钮找到合适的触发电压,使被测试的波形稳定地显示在示波器屏幕上。有时,由于选择了较慢的扫描速率,显示屏上将会出现闪烁的光迹,但被测信号的波形不在X轴方向左右移动,这样的现象仍属于稳定显示。

(5)适当调节“扫描速率”旋钮及“Y轴灵敏度”旋钮使屏幕上显示一至两个周期的被测信号波形。在测量幅值时,根据被测波形在屏幕坐标刻度上垂直方向所占的格数(div或cm)与“Y轴灵敏度”指示值(V/div)的乘积,即可算得信号幅值的实测值。在测量周期时,根据被测信号波形一个周期在屏幕坐标刻度水平方向所占的格数(div或cm)与“扫描速率”指示值($\mu\text{s}/\text{div}$)的乘积,即可算得信号频率的实测值。

2. 函数信号发生器

函数信号发生器按需要输出正弦波、方波、三角波三种信号波形。输出电压最大可达峰-峰值 $20V_{p-p}$ 。通过输出衰减开关和输出幅度调节旋钮,可使输出电压在毫伏级到伏级范围内连续调节。函数信号发生器的输出信号频率可以通过频率分挡按键进行调节。

函数信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

3. 直流稳压电源

直流稳压电源为电路提供直流工作电源。

4. 数字万用表

可通过数字万用表直观简易的操作面板进行交直流电压和交直流电流、电阻等的测量,其结果由高清晰度的荧光数码管直接显示。

四、实验内容

1. 直流稳压电源和数字万用表的使用

以直流稳压电源上的显示为准，将直流稳压电源调至表 1-1-1 所需电压值，再选用数字万用表直流电压挡测其输出电压，填入表 1-1-1 中。

表 1-1-1 直流稳压电源和数字万用表的使用数据记录表

电子线路要求的电压值/V	直流稳压电源直调值	数字万用表实测值
3		
10		
25		

2. 双踪示波器、函数信号发生器、数字万用表的使用

(1) 示波器扫描基线调节

开启电源开关，将示波器的显示方式选择“单踪”显示(CH1)，Y轴输入耦合方式选择“GND”，扫描方式选择“自动”。调节“辉度”、“聚焦”等旋钮，使荧光屏上显示一条细而且亮度适中的扫描基线。然后调节“X轴位移”(↔)和“Y轴位移”(↑↓)旋钮，使扫描线位于屏幕中央，并且能上下左右移动自如。

(2)* 测试“校正信号”波形的幅度、频率

将示波器的“校正信号”通过专用电缆线引入选定的Y通道(CH1)，将Y轴输入耦合方式选择“AC”，触发源选择置“CH1”，调节X轴“扫描速率”(t/div)和Y轴“输入灵敏度”开关(V/div)，使示波器显示屏上显示出一个或数个周期稳定的方波波形。

①校准“校正信号”幅度。将“Y轴灵敏度”旋钮置适当位置，读取校正信号幅度，记入表 1-1-2 中。

表 1-1-2 校准“校正信号”数据记录表

	测 量 值
幅 度 V_{p-p}/V	
频 率 f/kHz	
上升沿时间/ μs	
下降沿时间/ μs	

注：不同型号示波器标准值有所不同，请按所使用示波器将标准值填入表格中。

②校准“校正信号”频率。将“扫描速率”旋钮置适当位置，读取校正信号周期，记入表 1-1-2。

③测量“校正信号”的上升时间和下降时间。调节“Y轴灵敏度”旋钮，并移动波形，使方波波形在垂直方向上正好占据中心轴上，且上、下对称，便于阅读。通过“扫描速率”旋

钮逐级提高扫描速度,使波形在 X 轴方向扩展(必要时可以利用“扫速扩展”按键将波形再扩展 10 倍),并同时调节触发电平旋钮,从显示屏上清楚地读出上升时间和下降时间,记入表 1-1-2 中。

(3) 交流信号电压幅值的测量

选择函数信号发生器的输出波形为正弦波。调节函数信号发生器的有关旋钮,使信号频率为 1 kHz,信号峰-峰值为 10 V,适当调节示波器的“ Y 轴灵敏度”(V/div)、“扫描速率”、“触发电平”等旋钮,使示波器能观察到完整、稳定的正弦波,则此时屏幕纵向坐标表示每格的电压值,根据被测波形在纵向高度所占的格数便可读出电压的数值。将函数信号发生器的分贝衰减器置于表 1-1-3 中所要求的位置,用数字万用表交流电压挡和示波器进行测量,记入表 1-1-3 中。

表 1-1-3 交流信号电压幅值的测量数据记录表

函数信号发生器		数字万用表	示波器的测量(探头 10:1 衰减)		
电压显示	输出衰减 /dB	测量值/V (有效值)	Y 轴灵敏度 (V/div)	峰-峰波形高度 /格	电压/V (峰-峰值)
10 V	0				
	20				
	40				

(4) 交流信号频率的测量

选择函数信号发生器的输出为正弦波,调节函数信号发生器的有关旋钮,按表 1-1-4 的要求,得到所需的电压和频率值,调节示波器的“扫描速率”,此时“扫描速率”(t/div)表示屏幕横向坐标每格所表示的时间值。根据被测信号波形在横向所占的格数,直接读出信号的周期,而测量频率只需将被测的周期求倒数即可。用示波器测出其周期并计算频率,将所测结果与已知频率相比较。

表 1-1-4 交流信号频率的测量数据记录表

函数信号发生器输出		示波器的测量		
频率	电压(峰-峰值)/V	扫描速率(t/div)	一个周期占有的水平格数	信号频率
400 Hz	5			
1 kHz	5			
10 kHz	5			

(5) 用示波器观察波形

将函数信号发生器频率调到 1 kHz,电压大小可设为任意值,用示波器观察其方波、三角波、锯齿波的波形,并将所观察的波形绘制在自拟的表格中。

(6) 测量两波形间的相位差

按图 1-1-2 所示连接实验电路,将函数信号发生器的输出电压调至频率为 1 kHz,峰-峰值为 3 V 的正弦波,经 RC 移相网络获得频率相同但相位不同的两路信号 u_i 和 u_R ,分别加到双踪示波器的 CH1、CH2 输入端。

为便于稳定波形,比较两波形相位差,应使内触发信号取自被设定作为测量基准的一路信号。

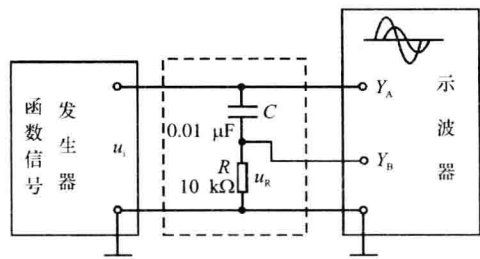


图 1-1-2 两波形间相位差测量电路

将 CH1、CH2 输入耦合方式选择“AC”状态,调节“触发电平”、“扫描速率”及 CH1、CH2 的“Y 轴灵敏度”,使在荧屏上显示出易于观察的两个相位不同的正弦波形 u_i 及 u_R ,如图 1-1-3 所示。根据两波形在水平方向时间差 Δt ,及信号周期 T ,则可求得两波形相位差。

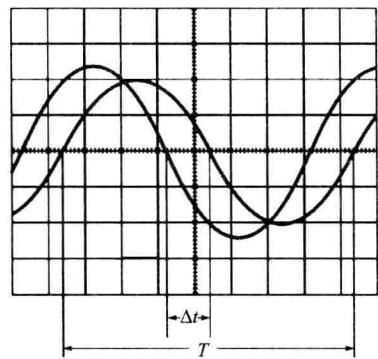


图 1-1-3 双踪示波器显示两相位不同的正弦波

$$\theta = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ$$

(1-1-1)

式中: T ——输入信号周期;
 Δt ——两波形在 X 轴方向时间差。

记录两波形相位差于表 1-1-5 中,并将实测计算值 $\theta_{\text{实}}$ 与 RC 移相网络的理论计算值 $\theta_{\text{理}}$ 相比较。

表 1-1-5 两波形相位差数据记录表

一周期	两波形 X 轴时间差	相位差	
		实测计算值	理论计算值
$T =$	$\Delta t =$	$\theta_{\text{实}} =$	$\theta_{\text{理}} =$

实验二 晶体管共射极单管放大器

一、实验目的

- (1) 掌握放大器静态工作点的调试方法, 学会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模拟电路实验设备的使用。

二、实验仪器

- (1) 双踪示波器
- (2) 万用表
- (3) 交流毫伏表
- (4) 信号发生器

三、实验原理

1. 放大器静态指标的测试

图 1-2-1 为电阻分压式工作点稳定单管放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{B2} 和 R_{B1} 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。

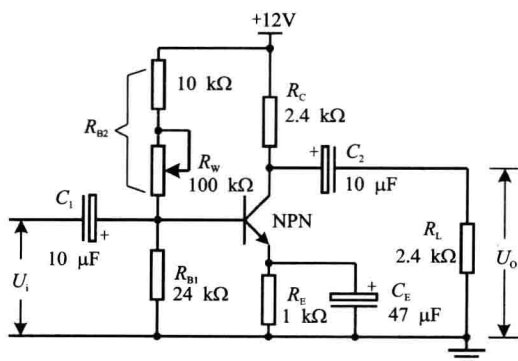


图 1-2-1 共射极单管放大器实验电路

在图 1-2-1 所示电路中, 当流过偏置电阻 R_{B1} 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管 T 的基极电流 I_B 时(一般 5 ~ 10 倍), 则它的静态工作点可用下式估算, V_{CC} 为供电电源, 此为 +12 V。

$$U_B \approx \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} \quad (1-2-1)$$

$$I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx I_C \quad (1-2-2)$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \quad (1-2-3)$$

电压放大倍数

$$A_V = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be}} \quad (1-2-4)$$

输入电阻

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be} \quad (1-2-5)$$

输出电阻

$$R_o \approx R_C \quad (1-2-6)$$

※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数字万用表,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 $I_C = \frac{V_{CC} - U_C}{R_C}$,由 U_C 确定 I_C)。

(2) 静态工作点的调试

放大器静态工作点的调试是指对三极管集电极电流 I_C (或 U_{CE}) 的调整与测试。

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的影响。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 1-2-2 (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 1-2-2 (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。

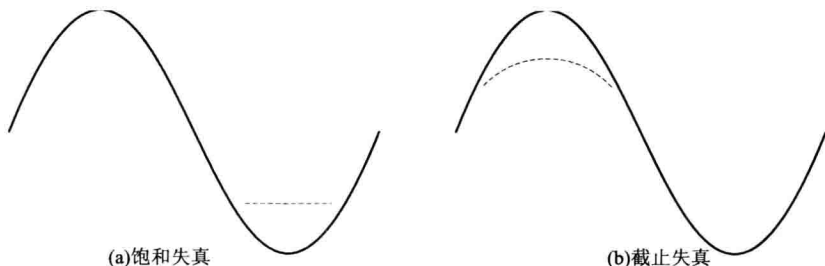


图 1-2-2 静态工作点对 U_o 波形失真的影响

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 1-2-3 所示,但通常多采用调节偏电阻 R_{B2} 的方法来改变静态工作点,如减小 R_{B2} ,则可使静态工作点提高等。

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。所以确切的说,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。如须满足较大信号的要求,静态工作点最好尽量靠近交流负载线的中点。

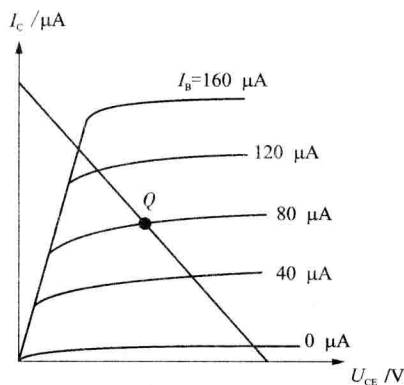


图 1-2-3 电路参数对静态工作点的影响

2. 放大器动态指标的测试

放大器动态指标测试包括电压放大倍数、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

$$A_v = \frac{U_o}{U_i} \quad (1-2-7)$$

(2) 输入电阻 R_i 的测量

为了测量放大器的输入电阻,按图 1-2-4 所示电路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,用交流毫伏表测出 U_s 和 U_i ,则根据输入电阻的定义可得

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_s - U_i}{R}} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R \quad (1-2-8)$$

测量时应注意:

- ① 测量 R 两端电压 U_R 时必须分别测出 U_s 和 U_i ,然后按 $U_R = U_s - U_i$ 求出 U_R 值。
- ② 电阻 R 的值不宜取得过大或过小,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 R_o 的测量

按图 1-2-4 所示电路,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 和接入负载后输出电压 U_L ,根据

$$U_L = \frac{R_L}{R_0 + R_L} U_0 \quad (1-2-9)$$

即可求出 R_0

$$R_0 = \left(\frac{U_0}{U_L} - 1 \right) R_L \quad (1-2-10)$$

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。

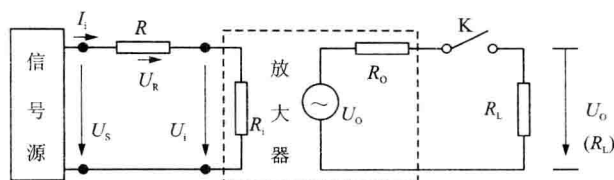


图 1-2-4 输入、输出电阻测量电路

(4) 最大不失真输出电压 U_{OPP} 的测量 (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情况下, 逐步增大输入信号的幅度, 并同时调节 R_w (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 (如图 1-2-5) 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_0 (有效值), 则动态范围等于 $2\sqrt{2}U_0$ 。或用示波器直接读出 U_{OPP} 来。

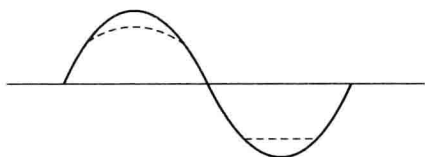


图 1-2-5 静态工作点正常, 输入信号太大引起的失真

(5) 放大器频率特性的测量

放大器的频率特性是指放大器的电压放大倍数 A_v 与输入信号频率 f 之间的关系曲线。单管阻容耦合放大电路的幅频特性曲线如图 1-2-6 所示。

A_{vm} 为中频电压放大倍数, 通常规定电压放大倍数随频率变化下降到中频放大倍数的 $1/\sqrt{2}$, 即 $0.707A_{vm}$ 所对应的频率分别称为下限频率 f_L 和上限频率 f_H , 则通频带

$$BW = f_H - f_L \quad (1-2-11)$$

放大器的幅频特性就是测量不同频率信号时的电压放大倍数 A_v 。为此可采用前述测 A_v 的方法, 每改变一个信号频率, 测量其相应的电压放大倍数, 测量时要注意取点要恰当, 在低频段与高频段要多测几点, 在中频可以少测几点。此外, 在改变频率时, 要保持输入信号的幅度不变, 且输出波形不能失真。

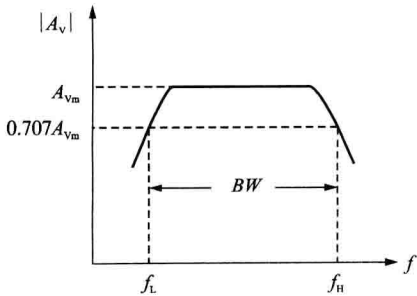


图 1-2-6 幅频特性曲线

四、实验内容

1. 测量静态工作点

- (1)关闭系统电源。用信号连接导线连接成如图 1-2-1 所示的电路。
- (2)将 DTP1 接到 GND，使输入信号 U_i 为 0。
- (3)打开系统电源。
- (4)调节 R_w ，使 $I_C = 2.0\text{ mA}$ (即 $U_E = 2\text{ V}$)，用万用表测量 U_B 、 U_E 、 U_C 、 R_{B2} 值。记入表 1-2-1。

表 1-2-1 测量静态工作点数据记录表

$I_C = 2.0\text{ mA}$

测 量 值				计 算 值		
U_B/V	U_E/V	U_C/V	$R_{B2}/\text{k}\Omega$	U_{BE}/V	U_{CE}/V	I_C/mA

2. 测量电压放大倍数

- (1)关闭系统电源。
- (2)断开 DTP1 和 GND 之间的连线，连接集成函数信号发生器模块的 OUT 和 DTP1。
- (3)调节信号源使其输出一个频率为 1 kHz、峰-峰值为 50 mV 的正弦波作为输入信号 U_i 。(信号源的使用方法见实验一)
- (4)同时用双踪示波器观察放大器输入电压 U_i (DTP1 处)和输出电压 U_o (DTP31 处)的波形，在 U_o 波形不失真的条件下(若信号失真可适当调节输入信号的幅度)用毫伏表测量 U_i 和 U_o ，记录结果。
- (5)关闭系统电源。拆除 R_L 和 C_2 间的连线。
- (6)打开系统电源。用毫伏表测量 U_o 。将两次测量的结果填入表 1-2-2。

表 1-2-2 测量电压放大倍数数据记录表

$$I_C = 2.0 \text{ mA} \quad U_i = \quad \text{mV (有效值)}$$

$R_C/k\Omega$	$R_L/k\Omega$	U_o/V	A_v	观察记录一组 U_o 和 U_i 波形
2.4	∞			
1.2	∞			
2.4	2.4			

注:若无交流毫伏表,可用示波器测量信号的峰-峰值。

3. 观察静态工作点对电压放大倍数的影响

调节 R_w , 用示波器监视输出电压波形, 在 U_o 不失真的条件下, 测量数组 I_C 和 U_o 的值, 记入表 1-2-3。

注意: 测量 I_C 时, 要使 $U_i = 0$ (断开输入信号 U_i , DTP5 接地)。

表 1-2-3 观察静态工作点对电压放大倍数的影响数据记录表

$$R_C = 2.4 \text{ k}\Omega \quad R_L = \infty \quad U_i = \quad \text{mV (有效值)}$$

I_C/mA			2.0		
U_o/V					
A_v					

4. 观察静态工作点对输出波形失真的影响

调节 R_w , 使 $I_C = 2.0 \text{ mA}$ (即 $U_E = 2 \text{ V}$)。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_w , 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, 记入表 1-2-4 中。

注意: 每次测 I_C 和 U_{CE} 值时要使输入信号为零 (即使 $u_i = 0$)。

表 1-2-4 观察静态工作点对输出波形失真的影响数据记录表

$$R_C = 2.4 \text{ k}\Omega \quad R_L = \infty \quad U_i = \quad \text{mV}$$

I_C/mA	U_{CE}/V	U_o 波形	失真情况	管子工作状态

5. 测量最大不失真输出电压

(1) 关闭系统电源。连接 DTP25 - DTP39。

(2) 打开系统电源。用示波器观测 U_o (DTP31)。逐步增大输入信号的幅度, 并同时调节 R_w (改变静态工作点), 当输出波形刚好同时出现削底和缩顶现象 (如图 1-2-5) 时 R_w