

电子技术实验与课程设计

主编 谭亚丽 郭 华 申忠如



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

014043512

TN-33
99

电子技术实验与课程设计

主编 谭亚丽 郭华 申忠如



北航

C1731822

西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安

TN-33
99

内容简介

本书是在作者多年从事该方面的教学与科研工作的基础上,参照应用技术型本科人才培养要求,注重专业基础与专业应用的时代改革要求,突出因材施教的教学法研究的需要而编写的。全书分两篇,分别为模拟电子技术基础实验与课程设计,数字电子技术基础实验与课程设计。在附录中,介绍了常用电子仪器包括常用仪器仪表和自主开发平台的原理与使用,以及电子器件的分类及命名方法等。

本书可作为高等学校电气信息类、仪器仪表类、电子信息学科及其相近专业,本、专科学生“电子技术基础”实践教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/申忠如,郭华,谭亚丽

主编. —西安:西安交通大学出版社,2014.5

ISBN 978-7-5605-6093-9

I. ①电… II. ①申…②郭…③谭… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材②电子技术-课程设计-高等学校-教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 049968 号

书 名 电子技术实验与课程设计
主 编 谭亚丽 郭 华 申忠如
责任编辑 王 欣

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西时代支点印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 13.5 字数 326 千字
版次/印次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-6093-9/TN·143
定 价 26.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前言

电子技术基础是工科电子信息、电气工程信息类专业的一门重要的技术基础课,具有工程实践性很强的特点。电子技术的实践教学是学好该课程不可缺少的教学环节。有经验的工程师常说“电子技术的应用电路,不仅需要基本理论的支撑,更重要的是通过实践动手干出来”,可见实验和实践教学是学好该课程的关键。

本书针对应用技术型本科的特点,在注重基础知识的理论教学的前提下,重点着眼于工程实践应用能力的培养,以作者多年来从事应用技术型本科电子技术基础实践教学的积累,在对教学内容的优化和教学手段的探索与改革、经数届学生的使用改进后的基础上完成了对本书的编写。

全书分两篇,分别为模拟电子技术基础实验与课程设计,数字电子技术基础实验与课程设计。在附录中,介绍了常用电子仪器包括常用仪器仪表和自主开发平台的原理与使用,以及电子器件的分类及命名方法等。

针对应用技术型本科的特点,在基础实验内容选择上,保留了传统的验证型实验,目的是加深和巩固基本概念、基本理论和学会估算分析方法,学会正确使用常用电子仪器,科学、严肃地记录实验数据,写出合格的实验报告。

在课程设计中,模电引入了 Multisim 仿真软件,加强学生对电子技术的基本单元电路的掌握,拓展出与电子技术相关的模块电路的学习和应用设计。数电引入了 VHDL 语言和 Quartus II 9.0 仿真软件,选择将可以直接使用数字电路器件构成的简单应用系统设计题目,移植在可编程逻辑器件 CPLD 上实现作为补充,既能巩固和加深数字电子课程的基本理论,又能扩展到采用软件实现硬件功能的设计;其中,综合设计制作题选择能促进全面掌握该课程的典型案例,采用因材施教的分层次训练方式,即对电子技术的爱好者采用设计建议、移植复现、激发创新的交互式训练方法,各方法之间相互渗透,融为一体,主线是提高学生的主动学习热情、激发创新意识,在完成基本设计内容并经调试和测试达到了要求的基础上,鼓励学生通过优化部分设计,完成对系统部分功能或技术指标的改进设计,使自己的创新变为现实。一般要求,设计建议给出详细的引导,让学生通过查阅资料学习与题目相关的知识,培养学生的主动学习兴趣,学会使用仿真分析和设计初步完成自己的基本电路设计;给出参考设计,经过学习和消化后移植复现,这种方法既能实现对初学者进入设计的引导,也能激发学生的创新思维。

本书的编写工作具体分工如下:郭华主编第 1 篇和部分附录,谭亚丽主编第 2 篇和部分附录,申忠如负责全书的提纲编写和统稿工作。在编写过程中,西安交通大学城市学院电气与信息工程系部分教师和实验人员参与了讨论并提出了宝贵意见;西安交通大学张彦斌教授认真审阅了全稿,并提出了许多修改意见;西安交通大学出版社和城市学院领导给予了莫大的支持,在此,编者谨向他们致以衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免存在许多不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2014 年 1 月

目 录

第一篇 模拟电子技术	(1)
第1章 基础实验	(1)
实验1 双踪示波器使用	(1)
实验2 共射极放大电路性能测试	(5)
实验3 场效应管放大器	(12)
实验4 负反馈放大器的性能分析	(16)
实验5 信号发生器	(21)
实验6 互补推挽功率放大电路(OTL)	(25)
实验7 串联型晶体管稳压电源	(28)
第2章 电路仿真分析与设计	(33)
2.1 仿真入门——跟我学	(33)
2.2 模拟电子电路仿真练习	(43)
2.3 典型应用电路的仿真研究	(59)
2.4 综合设计制作选题	(65)
第二篇 数字电子技术	(84)
第3章 基础实验	(84)
实验1 TTL集成逻辑门的参数测试	(84)
实验2 加法器、数据选择器和模拟开关	(87)
实验3 译码器和编码器	(93)
实验4 触发器实验	(98)
实验5 NE555定时器	(102)
实验6 集成计数器应用设计	(107)
实验7 数/模、模/数转换器	(110)
第4章 课程设计	(116)
4.1 仿真软件介绍	(116)
4.2 设计入门跟我学——初步熟悉	(117)
4.3 典型实例设计练习——巩固提高	(134)
4.4 课程设计制作选题	(136)

附录	(146)
附录 A 双踪示波器	(146)
附录 B 函数信号发生器	(155)
附录 C 晶体管毫伏表	(159)
附录 D 晶体管特性图示仪	(160)
附录 E 万用板(面包板)	(166)
附录 F CPLD 应用设计平台	(167)
附录 G 硬件描述语言 VHDL 简介	(174)
附录 H 元器件的分类与命名方法	(205)

第一篇 模拟电子技术

第 1 章 基础实验

实验 1 双踪示波器使用

一、实验目的

1. 了解示波器的基本原理、类型、应用场合和使用注意事项。
2. 以 YB4328D 双踪示波器为例,在教师引导下同步练习,初步学会该类型的示波器使用。

二、实验内容

在预习附录 A 内容的基础上,由教师总结讲授基本原理和操作要点。

1. 熟悉面板上四个区域的控件名称与作用

双踪示波器如图 1-1-1 所示,其面板分为 A、B、C、D 四个区域,下面将分别予以介绍。

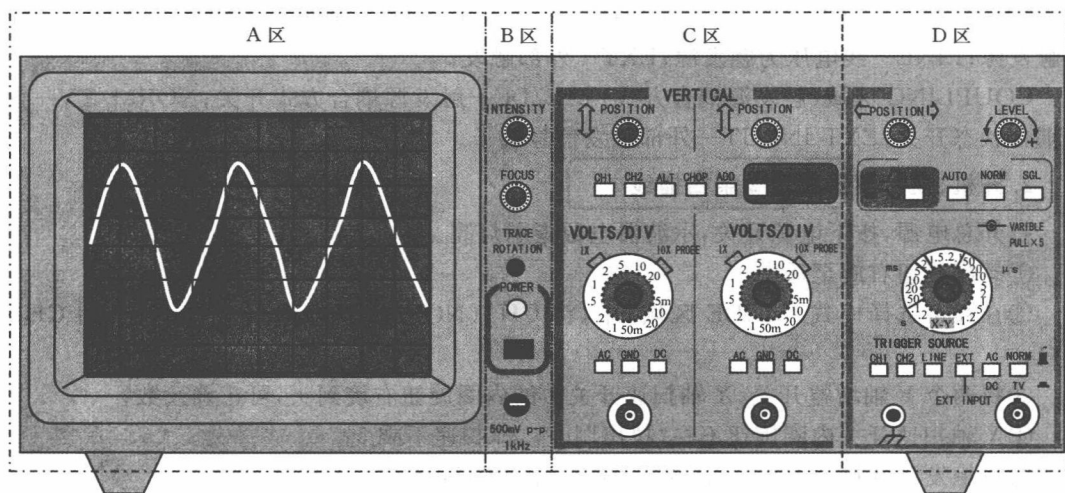


图 1-1-1 双踪模拟示波器面板示意图

(1) A 区: 荧光屏

荧光屏上有刻度,横轴分为 10 个大格,纵轴分为 8 个大格,每大格内又被分为 5 个小格。

示波器开关上标注的每格(VOLTS/DIV 或者 SEC/DIV)指的是“大格”。

(2)B 区:电源和电子枪控制区

INTENSITY:屏辉度调节旋钮;

FOCUS:聚焦旋钮;

TRACE ROTATION:基线旋转调节;

POWER:电源开关;

PROBE ADJUST:校准输出峰峰值为 500 mV,频率为 1 kHz 的标准方波信号。

(3)C 区:Y 轴偏转板控制区

分为独立的通道 1(CH1)、通道 2(CH2)部分和共用的 MODE 部分。

POSITION(2 个通道各 1 个):Y 位置旋钮;

VOLTS/DIV(2 个通道各 1 个):Y 轴增益开关;

AC、GND、DC(2 个通道各 1 组):输入耦合开关(3 选 1 开关);

CH1 OR X、CH2 OR Y:被测信号输入端;

MODE 区域 5 选 1 开关:CH1—选择通道 1;CH2—选择通道 2;ALT—交替方式;
CHOP—断续方式;ADD—相加方式;

独立开关 CH2(NORM/INVERT):通道 2 极性选择开关。

(4)D 区:X 轴偏转板控制区

POSITION:X 轴位置旋钮;

LEVEL:触发电平旋钮;

SEC/DIV:扫速选择开关;

SWEEP MODE 区域(触发扫描模式)3 选 1 开关:AUTO—自动触发选择;NORM—常态
触发选择;SGL—单次触发选择;

独立开关:SLOPE—触发沿选择;

TRIGGER MODE 区域(触发源选择)4 选 1 开关:CH1—通道 1 为触发源;CH2—通道 2
为触发源;LINE—线电压为触发源;EXT—外部触发;

COUPLING 区域(触发源耦合方式):AC/DC—触发源耦合方式开关;NORM/TV—触发
源耦合状态开关;EXT INPUT—外部触发信号端子。

2. 开机,让示波器显示 2 条扫描线

打开总电源,按下电源开关,示波器电源指示灯亮。

①辉度旋钮右旋至适中;

②在通道选择模式(MODE 区域)中,将 CH2(NORM/INVERT)开关弹出,即 CH2 不
反向;

③将两个 Y 轴增益开关、X 轴扫速开关中的内圈旋钮右旋到头,可正确读数;

④X 轴扫速开关内圈旋钮不在“拉出”状态,即扫速不乘 5;

⑤将触发源选择(TRIGGER SOURCE)置于 CH1,以 CH1 为触发源;

⑥将触发源耦合方式中的两个“按下/弹出”开关置于“弹出”状态和非 TV 状态;

⑦在扫描触发方式(SWEEP MODE)中,按下 AUTO(自动触发);

⑧将通道选择开关置于 ALT 或者 CHOP,将两个通道的输入耦合开关(AC GND
DC)均置于 GND。

⑨将示波器的扫速开关置于 0.1 ms/DIV , 分别调节 Y 轴位置旋钮, 示波器在屏幕上显示出两通道各自的 0 扫描线。

3. 校准信号

PROBE ADJUST 机内校准信号是输出峰峰值为 500 mV , 频率为 1 kHz 的标准方波信号。校准方法是将示波器的探头正极接至校准输出, 在荧光屏上显示满足标准参数的方波, 否则, 必须进行以下所述校准, 甚至申请返修或报废:

将通道 1 和通道 2 的两探头黑线悬空, 正极接到校准信号端子(英文标识为 PROBE ADJUST)。将输入耦合开关改为 DC, 并且调整电平旋钮, 可在示波器上看到方波显示。

由于校准信号的峰峰值为 500 mV , 因此, 可以将两个通道的 Y 轴增益开关旋至 0.5 V/DIV ; 校准信号频率为 1 kHz , 可以将 X 轴扫速开关旋至 0.2 ms/DIV 。

在屏幕上看到如图 1-1-2 所示的图形。可以读出: 此信号的峰峰值为 1 格, 对应 Y 轴增益开关为 0.5 V/DIV , 可以计算出此信号的峰峰值为 $1 \times 0.5 = 0.5\text{ V}$; 此信号的周期为 5 格, 每格为 0.2 ms , 则周期为 1 ms , 对应的频率为 1 kHz , 这个数值与示波器的标定是一致的。表明此示波器的校准是正确的。

另外, 应将聚焦和辉度旋钮调整到合适的位置。图 1-1-3 为聚焦不合适的校准信号, 图形出现了横向或纵向的问题。

上述操作既说明示波器工作正常, 也说明了你已初步学会了使用示波器观察两路被测信号的双踪显示并学会了如何读数。

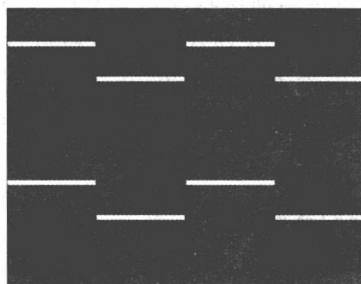


图 1-1-2 正确显示的校准信号

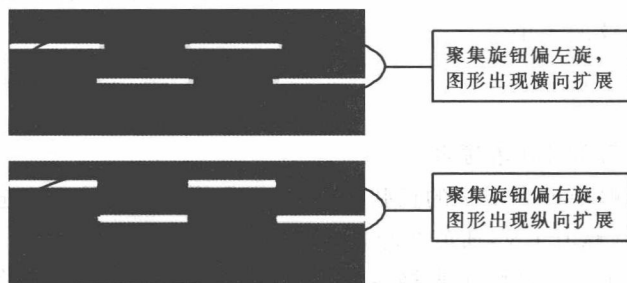


图 1-1-3 聚焦不合适的校准信号

4. 观察两输入信号的相位

单管放大电路如图 1-1-4 所示,输入为正弦波,频率在 10 kHz 左右,电压峰值 10 mV,经探头接入 Y 轴 CH1,电路输出经探头接入 Y 轴 CH2。

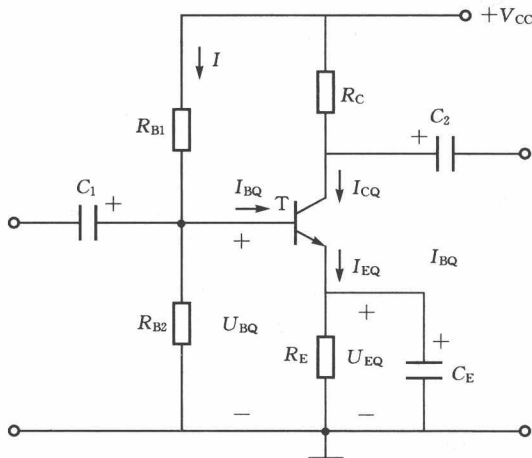


图 1-1-4 单管放大电路

- ①选择 ALT 或者 CHOP,通道 1 的 Y 轴增益开关为 5 mV/DIV,输入耦合开关为 AC。
- ②为实现在示波器上有显示,将扫描模式开关(SWEEP MODE)置于 AUTO。
- ③确定触发源为 CH1(在 TRIGGER SOURCE 区域进行选择,按下相应的通道)。
- ④扫速为 20 μ s/DIV。从示波器上可以读出,正弦波的周期为 100 μ s 左右。
- ⑤分别调节 Y 轴位置旋钮,示波器在屏幕上显示出两通道各自波形。观察输入与输出之间的相位差。

5. 观察直流电源和其上叠加的纹波

观察在直流电源输出电压上叠加的小信号波形,方法是:将示波器 SWEEP MODE 选择为自动触发,输入耦合开关置于 DC,然后根据 0 电平线读数。

观察直流电源上的纹波,将示波器的输入耦合开关置于 AC,并适当增大 Y 轴增益,就可以看到直流电源上的纹波。观察者一般都可以从重叠波形中粗略读出纹波幅度,并用这个幅度来衡量直流电源的纹波大小。

三、问题思考

1. 示波器出现黑屏的原因有哪些?
2. 为什么将一个峰峰值为 1 V 的正弦波,用两根电缆线分别接入通道 1 和通道 2,在示波器上读数,通道 1 为峰峰值 1 V,通道 2 却是 0.8 V?
3. 将一个信号源的正弦波输出直接接到示波器的通道 1,却看到一条直线。可能造成这种现象的主要原因是什么?
4. 将探头校准信号引入通道 1,却显示两个光点在屏幕上移动,可能是什么原因引起的,怎样调节可显示正常?

实验2 共射极放大电路性能测试

一、实验目的

1. 了解半导体二极管的结构和类型,学会使用万用表判断其极性。
2. 了解晶体三极管的结构和类型,学会使用万用表判断管脚名称,使用晶体管图示仪观察输入输出特性曲线,获得本次实验所选三极管的 $\bar{\beta}$ 和 β 值,以便估算出静态工作点和放大器性能。
3. 学会放大电路静态工作点的调试方法,会分析静态工作点对放大器性能的影响。
4. 掌握放大电路电压放大倍数、输入电阻和输出电阻的测试方法。
5. 了解最大不失真输出电压的测试方法。

二、实验准备

1. 使用万用表判断二极管的极性

利用二极管的单向导电性判断二极管极性:可用万用表的电阻挡判断二极管的极性。将正极的表笔接到二极管的 a 脚,负表笔接到二极管的另一端即 b 脚,读出电阻的值 R_a 并记录;然后将表笔调换测得电阻值 R_b ,比较两个电阻的大小:若 $R_b > R_a$,则 a 脚为二极管的正极,b 脚为负极;反之,则 a 脚为二极管的负极,b 脚为正极。

2. 使用万用表判断三极管的管脚名称

(1) 判断三极管基极和类型

利用 PN 结的单向导电性,可用数字表的电阻挡首先判断出三极管的基极,将正极的表笔接到三极管的 a 脚,负表笔分别两次接到另两脚,若读出电阻的值全为小值,反之将表笔的负极接到三极管的 a 脚,正表笔分别两次接到另两脚,若读出电阻的值全为大值,则可判断 a 脚为基极,并且可说明该管为 NPN 管。反之为 PNP 管。

(2) 判断三极管发射极和集电极

将表笔的正极接到三极管除基极外的一脚 x,将表笔的负极接到三极管的另一脚 y,然后用一个约为 $100\text{ k}\Omega$ 的电阻串接到正表笔与基极之间,读出电阻的值为 R_1 。反之将表笔的负极接到三极管除基极外的一脚 x,将表笔的正极接到三极管的另一脚 y,然后用一个约为 $100\text{ k}\Omega$ 的电阻串接到正表笔与基极之间,读出电阻的值为 R_2 ,比较两个电阻的大小,若 $R_1 > R_2$,则 x 脚为三极管的 e 极,y 脚为 c 极。

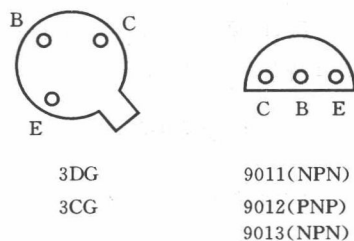


图 1-2-1 实验用三极管管脚分布

(3) 本实验所用三极管

图 1-2-1 为本实验所用的三极管管脚分布。

3. 观察晶体管特性曲线并计算晶体管 $\bar{\beta}$ 和 β 值

以 NPN 型 3DK2 晶体管为例,查手册得知 3DK2 的 $\bar{\beta}$ 测试条件为 $U_{CE} = 1\text{ V}$ 、 $I_C = 10\text{ mA}$ 。将光点移至荧光屏的左下角作坐标零点。仪器部件的置位详见表 1-2-1。

表 1-2-1 3DK2 晶体管 $\bar{\beta}$ 、 β 测试时仪器部件的置位

部件	置位	部件	置位
峰值电压范围	0~10 V	Y 轴集电极电流	1 mA /度
集电极极性	+	阶梯信号	重复
功耗电阻	250 Ω	阶梯极性	+
X 轴集电极电压	1 V/度	阶梯选择	20 μ A

逐渐加大峰值电压就能在显示屏上看到一簇特性曲线,如图 1-2-2 所示。读出 X 轴集电极电压 $u_{CE}=1$ V 时最上面一条曲线(每条曲线为 20 μ A,最下面一条 $I_B=0$ 不计在内) I_B 值和 Y 轴 I_C 值,可得

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{8.5 \text{ mA}}{200 \mu\text{A}} = 42.5$$

若把 X 轴选择开关放在基极电流或基极源电压位置,即可得到图 1-2-3 所示的电流放大特性曲线。即

$$\beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}$$

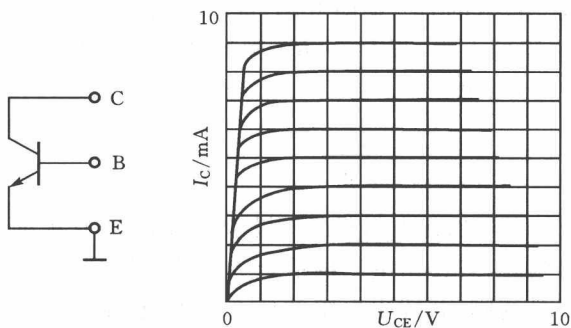


图 1-2-2 晶体三极管输出特性曲线

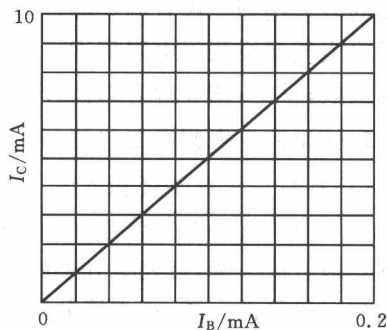


图 1-2-3 电流放大特性曲线

PNP 型三极管 $\bar{\beta}$ 和 β 的测量方法同上,只需改变扫描电压极性、阶梯信号极性,并把光点移至荧光屏右上角即可。

三、实验原理

1. 电路的性能指标

图 1-2-4 为基极固定分压晶体管放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{B1} 和 R_{B2} 组成的分压电路,并在发射极中接电阻 R_E 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。

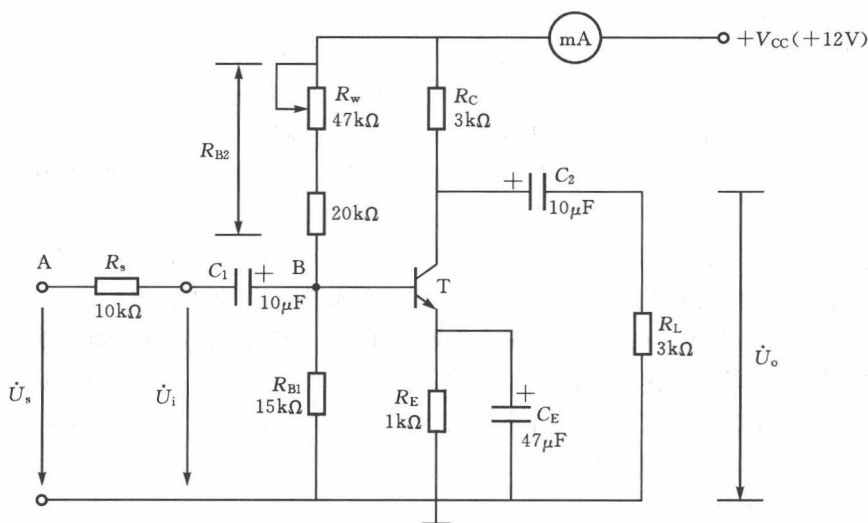


图 1-2-4 基极固定分压晶体管放大器实验电路图

在图 1-2-4 电路中,当流过偏置电阻 R_{B1} 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管的基极电流 I_B 时(一般为 5~10 倍),它的静态工作点可用下式估算

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

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E}$$

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

电压放大倍数

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_C \parallel R_L)}{r_{be}}$$

输入电阻

$$R_i = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{be}$$

输出电阻

$$R_o = R_C$$

2. 放大器的测量和调试

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,以及放大器各项动态参数的测量与调试等。

(1) 静态工作点的测量与调试

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,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),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。

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;工作点偏低则易产生截止失真。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,但通常多采用调节偏置电阻 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,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_u 的测量。调整放大器到合适的静态工作点,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

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

②输入电阻的测量。为了测量放大器的输入电阻,按图 1-2-4 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

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_R}{R}} = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R$$

测量时应注意:

a. 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 $U_R = U_s - U_i$ 求出 U_R 值。

b. 电阻 R 的值不应取得过大或过小,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 1-2-5 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 。

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

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。

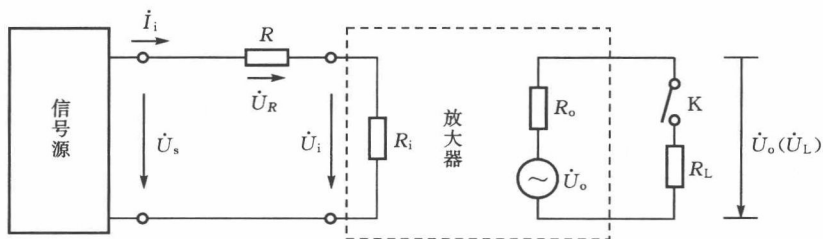


图 1-2-5 输入输出电阻的测量电路

④最大不失真输出电压 U_{opp} 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 (有效值),则动态范围等于 $2\sqrt{2}U_o$ 。也可用示波器直接读出 U_{opp} 来。

⑤放大器频率特性的测量。测量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_u 。为此,可采用前述测 A_u 的方法,每改变一个信号频率,测量其相应的电压放大倍数。测量时应注意取点要恰当,在低频段与高频段应多测几点,在中频段可以少测几点。此外,在改变频率时,要保持输入信号的幅度不变。

四、实验仪器

示波器、函数信号发生器、毫伏表、稳压电源、万用表。

五、实验内容

1. 实验预习

实验电路板如图 1-2-6 所示。为了防止干扰,各仪器的公共端必须连在一起。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。

①理论分析 R_{B1} , R_{B2} , R_C , R_E 对静态工作点的影响; R_{B1} , R_{B2} 取值多大合适? 比例如何分配? U_{BQ} 应为何值? 有旁路电容时, R_E 应取值多少? 隔直耦合电容 C_1 , C_2 的作用是什么?

② R_{B1} , R_{B2} , R_C , R_E 变化对输入输出电阻、放大倍数、动态范围的影响有哪些?

③为什么在示波器可以读数的情况下还要用毫伏表读数?

④根据理论分析估算实验放大电路静态和动态参数值填入实验表格。

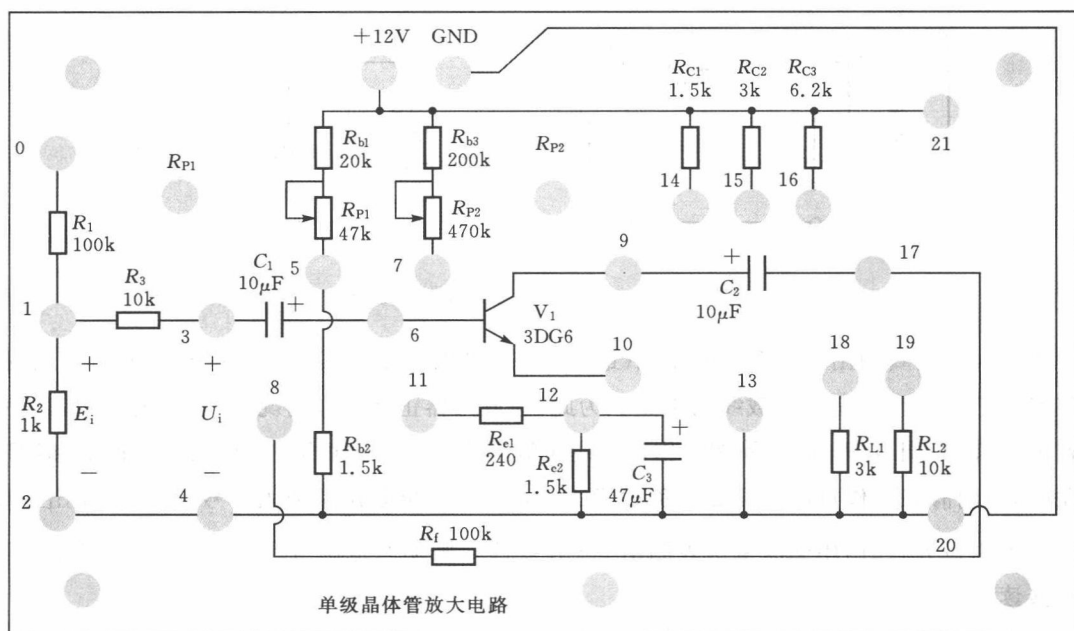


图 1-2-6 实验 2 的电路板图

2. 实验测试

(1) 测量静态工作点

将实验电路板按对应位置插接到实验台上。 R_C 取 $R_{C2} = 3\text{ k}\Omega$ 。用连接导线将 9、15 端，10、12 端，5、6 端相连。接通 +12 V 电源，调节 R_{P1} 使 $U_{RC} = 6\text{ V}$ ，用数字万用表的直流电压挡测量 U_B 、 U_E 、 U_C ，将测量值记入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 静态工作点测量值与计算值

测 量 值				估 算 值		
U_B/V	U_E/V	U_C/V	U_{RC}/V	U_{BE}/V	U_{CE}/V	I_C/mA

(2) 测量电压放大倍数

保持 $R_{C2} = 3\text{ k}\Omega$ ， $U_{RC} = 6\text{ V}$ 的静态工作点不变。将信号发生器的输出端接到实验板的 0、2 插孔，调节信号源“频率调节”旋钮，使放大器输入端为 1 kHz 的正弦信号，调节信号源的“输出幅度”旋钮使 U_i (3、4 端) = 10 mV (用晶体管毫伏表测量)。测量放大器空载和带负载两种情况下的输出电压有效值，将所测结果记录于表 1-2-3 中。

表 1-2-3 电压放大倍数的测量与估算值

 $U_{RC} = 6\text{ V}$ $U_i = 10\text{ mV}$

$R_C/\text{k}\Omega$	$R_L/\text{k}\Omega$	U_o/V	计算 A_u
3.0	∞		
3.0	3.0		

(3) 观察 U_i 、 U_o 的相位关系及静态工作点对输出电压波形的影响

维持上述电路不变, $u_i = 10 \text{ mV}$, 用示波器观察输入输出电压波形, 注意它们的相位关系。调节 R_P 改变静态工作点, 直到输出波形出现较明显的饱和或截止失真, 观察输出波形, 并测量和记录每种失真波形所对应的 U_{RC} 和 U_{CE} 数值, 把结果记入表 1-2-4 中。根据测量值确定失真波形的性质, 若截止失真不明显, 允许采用逐渐增加输入信号电压的方法使放大器输出电压产生截止失真。

表 1-2-4 静态工作点对输出电压波形的影响

 $R_C = 3.0 \text{ k}\Omega$ $R_L = \infty$ $U_i = 10 \text{ mV}$

U_{RC}/V	U_{CE}/V	u_o 波形	失真情况	管子工作状态
6				

(4) 测量最大不失真输出电压(动态范围)

置 $R_C = 3.0 \text{ k}\Omega$, $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$, 按照实验原理④中所述方法, 同时调节输入信号的幅度和电位器 R_P , 用示波器和交流毫伏表测量 U_{opp} 及 U_o , 记入表 1-2-5 中。

表 1-2-5 测量最大不失真输出电压

 $R_C = 3.0 \text{ k}\Omega$ $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$

I_C/mA	U_{im}/mV	U_{cm}/V	U_{opp}/V

(5) 测量输入电阻和输出电阻

置 $R_C = 3.0 \text{ k}\Omega$, $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$, $I_C = 2 \text{ mA}$ 。输入 1 kHz 正弦信号, 在输出电压 u_o 不失真的情况下, 用交流毫伏表测出 U_s , U_i 和 U_L , 记入表 1-2-6 中。保持 U_s 不变, 断开 R_L , 测量输出电压 U_o , 记入表 1-2-6 中。

表 1-2-6 测量输入电阻和输出电阻与估算值比较

 $I_C = 2 \text{ mA}$ $R_C = 3.0 \text{ k}\Omega$ $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$

U_s/mV	U_i/mV	$R_i/\text{k}\Omega$		U_L/V	U_o/V	$R_o/\text{k}\Omega$	
		测量值	计算值			测量值	计算值

(6) 测量幅频特性曲线与估算值比较

取 $I_C = 2 \text{ mA}$, $R_C = 3.0 \text{ k}\Omega$, $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$ 。保持输入信号 u_i 或 u_s 的幅度不变, 改变信号源频率 f , 逐点测出相应的输出电压 U_o , 记入表 1-2-7 中。

表 1-2-7 测量幅频特性曲线

f/kHz											
U_o/V											
$A_u = U_o/U_i$											

为了频率 f 取值合适, 可先粗测一下, 找出中频范围, 然后再仔细读数。

六、实验报告

1. 实际测试完成后, 科学、真实地记录数据, 填入实验内容中的表格。