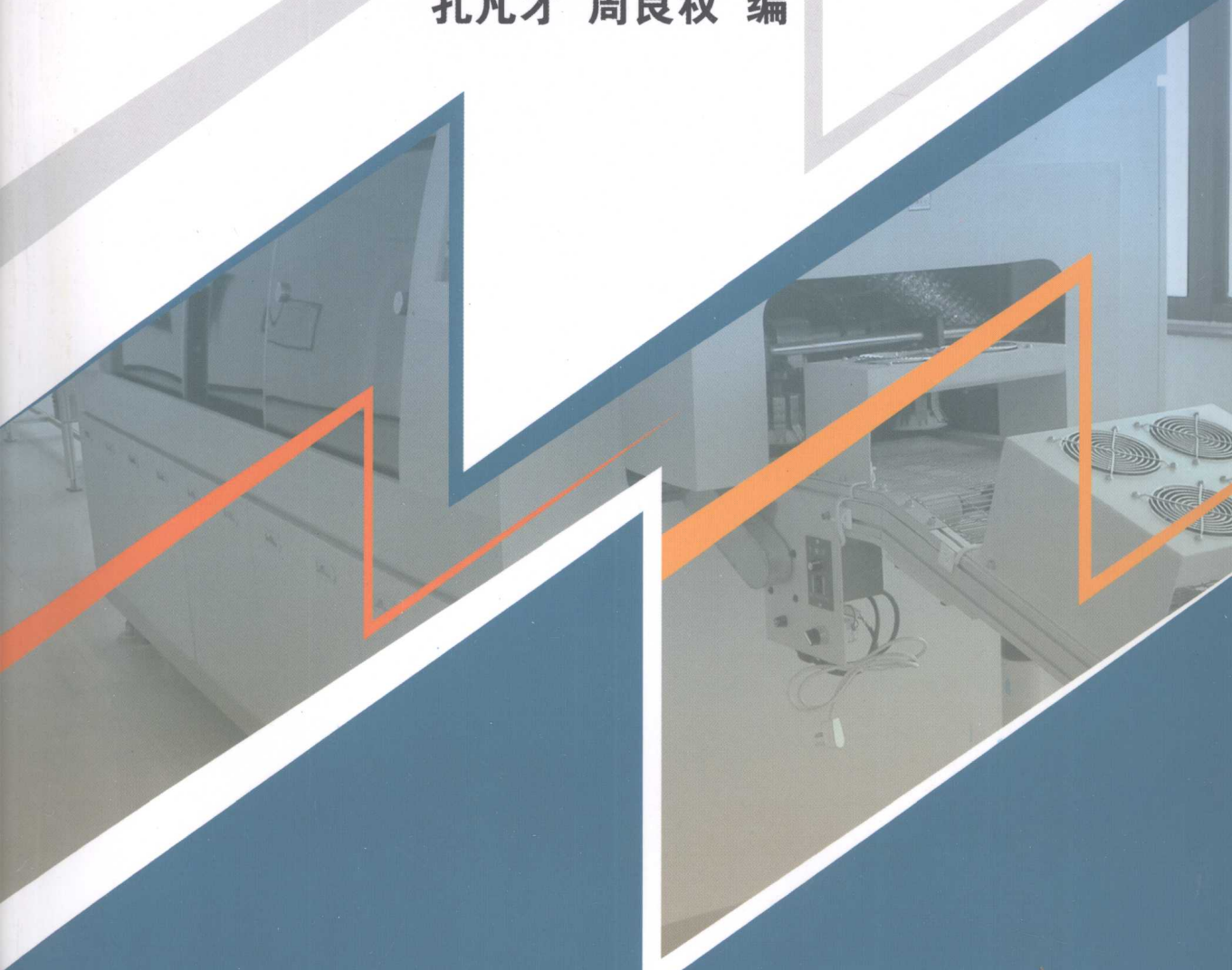




全国高职高专教育“十一五”规划教材

电子技术综合应用 创新实训教程

孔凡才 周良权 编



高等教育出版社
Higher Education Press

全国高职高专教育“十一五”规划教材

电子技术综合应用创新实训教程

孔凡才 周良权 编

高等教育出版社

内容提要

本书是以知识的综合应用和实践动手能力培养为特征的实训教程,其中包括 23 个“模拟电子技术”综合应用项目、32 个“数字电子技术”综合应用项目和 8 个“电力电子技术”综合应用项目。这些项目均经过精心的挑选、反复的斟酌和实际的调试验证,其中除单元电子电路的研究外,还包括众多的电子产品电路的搭建、制作和调试,以及电子线路故障的查找、排除,电子技能竞赛,电子产品元器件采购清单的开列和电子产品说明书的撰写等。项目的重点放在“系统的配置→集成→调试→排查→性能测定→性能改善”的工程要求上。为此编者开发了 100 多种实训模块(见附录),期望彻底告别“傻瓜型”操作模式,转向为学生提供一个可以独立自主去搭建各种电子线路的完全开放的创新实训平台。

本书不仅可配合电子技术类课程教学,还可作课堂讨论、电子技能大赛、课程设计、毕业设计以及电子兴趣小组课外活动的读物。本书可供应用型本科、高专及各类职业院校使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术综合应用创新实训教程/孔凡才,周良权编.

北京:高等教育出版社,2008.11

ISBN 978-7-04-025005-3

I. 电… II. ①孔…②周… III. 电子技术-高等学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 150641 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 李葛平 封面设计 张志奇 责任绘图 郝林
版式设计 王艳红 责任校对 杨凤玲 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 高等教育出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16
印张 15
字数 360 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2008 年 11 月第 1 版
印次 2008 年 11 月第 1 次印刷
定价 19.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25005-00

前 言

“模拟电子技术”、“数字电子技术”与“电力电子技术”属于相对独立的技术应用型课程,它们涉及其他课程的基础理论相对较少,可以直接应用到工、农、医等领域的产品上去。如今相关应用实例的书籍和资料很多,特别是近年来新型集成电子器件和它们的应用电路的不断涌现,使得电子技术已从以往分立元件电路的计算、设计转向新型器件的选用和应用电路的选择上来。另一方面,现代教育理念要求学校教育应从知识灌输转向能力培养上来,特别是应加强对自学能力、分析能力、实践动手能力和创新应用能力的培养。

基于以上考虑,我们将“模拟电子技术”、“数字电子技术”与“电力电子技术”的实验、实训项目,由原先的验证书本理论,转向书本知识的综合应用和实践动手能力培养上来。项目的配置虽然也包含了必要的基础理论的验证,但重点放在“系统的配置→集成→调试→排故→性能测定→性能改进”方面,放在知识的综合应用和理论结合生产实际的创新实训上。我们希望彻底告别“傻瓜型”操作模式,转向为学生提供可以独立自主去搭建各种电子线路的完全开放的平台;在这个平台上,配备有各种电源(共 20 种)和各种仪表,还有 100 多种单元模块和组合模块(参见附录),这些模块采用透明有机盒(兼作实物示教),为学生可能进行的创新与探索提供了较为完备的物质基础。

教材项目的配置,期望既保证基础知识的巩固与运用,又能反映当前电子技术在生产中的应用,为此“模拟电子技术”配置了 23 个项目,“数字电子技术”配置了 32 个项目,“电力电子技术”配置了 8 个项目。这些项目都经过精心的挑选、反复的斟酌和实际的调试验证。其中除单元电子电路的研究外,还包括众多的电子产品电路的搭建、制作和调试,电子线路故障的查找与排除,以及电子技能竞赛,电子产品元器件采购清单的开列,电子产品技术说明书的撰写等。这些内容不仅可作为与电子技术课程配套的实验、实训项目,还可作为课堂讨论、课程设计与毕业设计的课题,此外还可作为电子技能大赛和电子兴趣小组课外活动的内容;这些内容为读者提供了多种用途的选择。至于有的项目内容较多,则可选择其中一部分或分两次进行,或安排较多实训时间。本书可供应用型本科、高专和各类职业院校使用。

本书由上海理工大学孔凡才、周良权合编,其中第一篇和第三篇由孔凡才编写,第二篇由周良权编写;全书由上海第二工业大学顾永杰副教授审阅,审者对书稿提出许多宝贵意见,此外在项目的开发与本书编写过程中,得到了亚龙科技集团陈继权总裁的大力支持与帮助,编者在此一并表示衷心的感谢。最后对亚龙科技集团研发中心的陈东红主任以及蔡桂飞、郝晓胜、郑秀、王雷芳和汪汝群等多位同志给予的帮助,表示深切的谢意。限于编者水平,书中难免有差错与不妥之处,敬请读者不吝指正。

孔凡才 E-mail:kongfanc@163.com,周良权 E-mail:ZLQ1933@YAHOO.com.cn

编者

2008 年 8 月

目 录

第一篇 模拟电子技术综合应用

- | | | | | | |
|------|---|--------|-------|--|--------|
| 项目一 | 常用二极管的性能测试及应用 | (1) | 项目十四 | 对由运算放大器组成的积分运算电路、微分运算电路输出特性和波形变换性能的研究 ... | (31) |
| 项目二 | 双极晶体管及场效应管输出特性的测定 | (3) | 项目十五 | 对由运算放大器组成的电压比较器传输特性的研究 | (34) |
| 项目三 | 单管放大电路的研究 | (7) | 项目十六 | 用气敏传感器和电压比较器制作烟雾报警器(电子产品线路)(综合应用) | (37) |
| 项目四 | 两级放大电路及负反馈放大电路的研究 | (9) | 项目十七 | 方波、三角波和锯齿波发生器电路的研究与测试 | (39) |
| 项目五 | 助听器电路的调试(电子产品线路)(综合应用) | (11) | 项目十八 | 三角波、方波及正弦波发生器的制作竞赛 | (42) |
| 项目六 | 恒流充电器的调试(场效应管的应用)(电子产品线路)(综合应用) | (13) | 项目十九 | RC(文氏桥式)正弦波振荡器的制作与调试 | (43) |
| 项目七 | 三极管放大电路故障排除 | (16) | 项目二十 | 电容三点式LC正弦波发生器 | (46) |
| 项目八 | 整流、滤波及稳压电路的研究 | (17) | 项目二十一 | 有源滤波电路的研究 | (47) |
| 项目九 | 直流稳压正、负电源电路的研究 | (21) | 项目二十二 | 直流-直流(DC-DC)集成电压变换电路的应用与调试(电子产品线路)(综合应用) | (51) |
| 项目十 | 典型复合互补OTL功率放大电路调试(电子产品线路)(综合应用) | (23) | 项目二十三 | 恒温控制电路的制作与调试(竞赛项目)(电子产品线路)(综合应用) | (55) |
| 项目十一 | OTL功率放大电路的故障排除 | (24) | | | |
| 项目十二 | LM386集成音响功率放大电路及其应用(电子产品线路)(综合应用) | (25) | | | |
| 项目十三 | 运算放大器基本运算电路 ... | (27) | | | |

第二篇 数字电子技术综合应用

- | | | | | | |
|-----|------------------------|--------|-----|------------------------|--------|
| 项目一 | 基本逻辑门电路功能测试 | (57) | 项目五 | 数值比较器功能测试 | (69) |
| 项目二 | 优先编码器功能测试 | (60) | 项目六 | 七段码锁存/译码/驱动器功能测试 | (73) |
| 项目三 | 二进制译码器和数据选择器功能测试 | (63) | 项目七 | 各类触发器功能测试 | (76) |
| 项目四 | 全加器和超前进位全加器功能测试 | (66) | 项目八 | 双向移位寄存器功能测试 | (81) |
| | | | 项目九 | 二-五-十进制计数器功 | |

| | | | |
|-------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|
| 能测试 | (85) | 电路 | (125) |
| 项目十 2 位十进制计数/译码/驱动/显示电路 | (88) | *项目二十三 D/A 转换器将数码转换成单极性、双极性模拟电压 | (127) |
| 项目十一 可逆十进制计数电路功能测试 | (91) | 项目二十四 数控变频三角波-方波发生器(综合应用) | (132) |
| 项目十二 N 进制计数电路功能测试 | (93) | 项目二十五 移位寄存器彩灯显示电路(综合应用) | (134) |
| 项目十三 555 定时器基本应用电路 | (96) | *项目二十六 8 位优先编码器抢答电路(综合应用) | (139) |
| 项目十四 微分型单稳态触发器电路 | (101) | *项目二十七 触摸式密码电子锁电路(综合应用) | (142) |
| 项目十五 集成单稳态触发器及其应用 | (103) | *项目二十八 数字钟电路(综合应用) | (145) |
| 项目十六 集成施密特触发器及其应用 | (107) | *项目二十九 2 位十进制计数符合电路(综合应用) | (147) |
| 项目十七 声光控制节能路灯电路(电子产品电路)(综合应用) | (112) | *项目三十 交通灯控制电路(综合应用) | (151) |
| 项目十八 8 线数据传输电路 | (116) | *项目三十一 升/降阶梯波形信号发生器(综合应用) | (155) |
| 项目十九 4 位环形计数节拍发生器 | (118) | *项目三十二 光电转换加/减计数电路(综合应用) | (157) |
| 项目二十 秒脉冲信号发生器 | (120) | | |
| 项目二十一 伺服电机测速与时钟脉冲测频电路(综合应用) | (122) | | |
| 项目二十二 救护车/消防车声响报警 | | | |

第三篇 电力电子技术综合应用实训

| | | | |
|---|---------|--|---------|
| 项目一 晶闸管的控制特性及其作为固体开关的应用(电子产品电路)(综合应用) | (162) | (调光台灯)电路的制作与调试(电子产品电路)(综合应用) | (177) |
| 项目二 单结晶体管触发电路 | (165) | 项目七 双极晶体管(BJT)PWM 控制直流电动机可逆调速电路(综合应用) | (180) |
| 项目三 晶闸管单相半控桥式整流电路(电阻负载)的调试与分析 | (169) | 项目八 (SG3525)PWM 专用集成模块控制、MOSFET 电路供电的开关型稳压电源的调试和性能分析(电子产品电路)(综合应用) | (184) |
| 项目四 晶闸管单相半控桥式整流电路(电阻电感负载)(反电势负载)的研究 | (171) | | |
| 项目五 IGBT 直流斩波电路的调试与分析(综合应用) | (174) | | |
| 项目六 双向晶闸管单相交流调压 | | | |

| | |
|---|---------|
| 附录 | (188) |
| 附录一 亚龙 YL-GD(NT)系列电工、电子综合应用创新实训装置简介 | (188) |
| 附录二 模块清单 | (190) |
| 附录三 数字电子技术实训项目集成器件引脚排列图 | (209) |
| 附录四 电子仪器使用方法简介 | (215) |
| 附录五 常用元件识别 | (226) |
| 参考文献 | (233) |

模拟电子技术综合应用

项目一 常用二极管的性能测试及应用

一、实训目的

1. 学会使用指针式万用表测定并判断二极管的管脚与管子的好坏。
2. 学会测定常用二极管(整流二极管、稳压管和发光二极管)的工作特性。

二、实训电路和工作原理

1. 二极管好坏的判断

指针式万用表的“*”端(黑棒)为电流流出端,在测量电阻时黑棒极性为正,红棒极性为负,(参见图 1.1.1)(万用表内部为多个电阻串并联与调零电位器构成的组合电路,此处仅为示意图)。

用万用表测二极管时,通常将电阻挡拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1 \text{ k}$ 挡。一般二极管的正向(如图中(a))电阻为几百欧,反向(如图中(b))电阻为几百千欧。若二极管正反向电阻都很小,表明二极管内部已短路。若正反向电阻都很大,则表明二极管内部已断路。

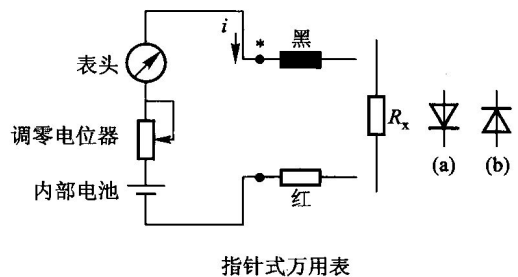


图 1.1.1 应用指针式万用表测试二极管

2. 二极管性能的测定

图 1.1.2 为二极管性能测试电路。图中 R 为限流电阻, $R = 200 \Omega$ 。

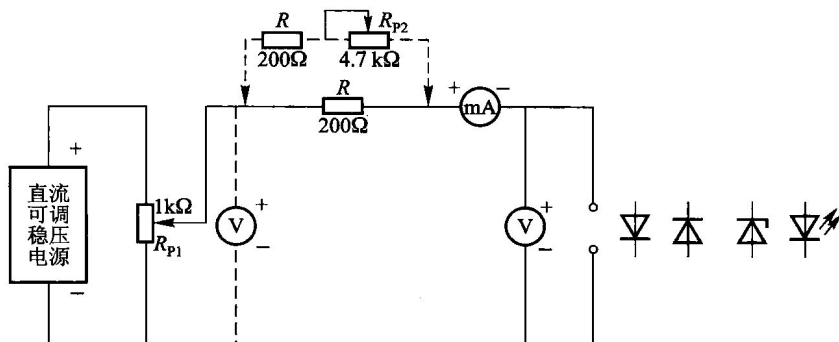


图 1.1.2 二极管性能测试电路

① 二极管的伏安特性如图 1.1.3 所示。这里主要测定它的正向伏安特性 $i_D = f(u_D)$ 。对反向伏安特性,通常反向转折电压 (U_{BR}) 很高(如 1N4007 为 1 000 V),因而此处仅测量反向漏电流 I_R (又称反向饱和电流)。

② 对稳压管(单向击穿二极管),则主要测定它的转折特性,理解它的工作区域。稳压管的伏安特性如图 1.1.4 所示。图中 I_Z 为工作电流, U_Z 为稳压值。 ΔU_Z 为工作区域。

③ 对发光二极管,如 2EF 系列,工作电流 $I_F = 10 \text{ mA}$,最大工作电流 $I_{FM} = 30 \sim 50 \text{ mA}$,正向电压 $U_F = 1.7 \sim 2.0 \text{ V}$,反向耐压 $U_{BR} = 7 \text{ V}$,因此对发光二极管,则主要是限流电阻的选择。

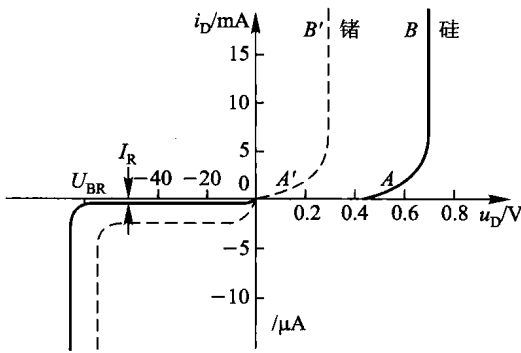


图 1.1.3 二极管伏安特性曲线

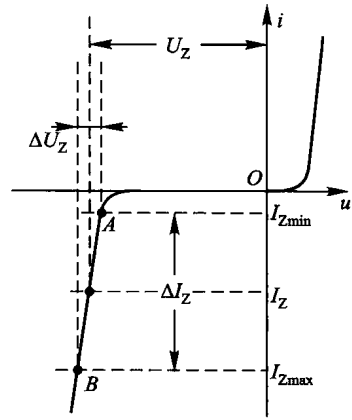


图 1.1.4 稳压二极管伏安特性曲线

三、实训设备

1. 电源与仪器:直流可调稳压电源、电压表、毫安表、微安表(或万用表的 μA 挡)。

2. 模块:R01(200 Ω)、RP3(1 k Ω)、RP5(4.7 k Ω)、VD1(1N4007)、VS1(1N4733A)、BX07(LED, $\phi 5$)。

四、实训内容与实训步骤

1. 由 VD1 单元选整流二极管 1N4007,按图 1.1.1 所示测定二极管正、反向电阻阻值,记下 $R_{D正} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$, $R_{D反} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ k}\Omega$,并由此判断此二极管是否正常。

2. 按图 1.1.2 接线,测定二极管正向特性。

将电源电压调至 2 V 左右,然后用电位器 R_p 调节输出电压 u_D 为表 1.1.1 所示的值。

表 1.1.1 二极管正向特性

| u_D/V | 0 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 |
|----------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| i_D/A | | | | | | | | | | |

3. 在上述实训中,将二极管反接,以微安表取代毫安表,将电源电压 u_D 调至 10 V,测定二极管的反向饱和电流 $I_R = \underline{\hspace{2cm}} \mu\text{A}$ 。

4. 在图 1.1.2 中,以稳压管取代二极管,测定其稳压特性(伏安特性)。在单元 VS1 中选稳

压值 $U_z = 5\text{ V}$ 的稳压管,将电源电压调至 6 V ,调节电位器 R_p ,按表 1.1.2 所示逐步加大电压,测定并记录下稳压管工作电流 I_z 。

表 1.1.2 稳压管伏安特性

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|
| U_z/V | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 4.8 | 5.0 | | |
| I_z/mA | | | | | | | | 5 | 10 |

5. 在图 1.1.2 中,将 BX07 中的发光二极管(LED)取代二极管,将电位器 R_{p2} ($4.7\text{ k}\Omega$) 与限流电阻($200\ \Omega$)串联取代 R ,用电压表测量电源电压(如图 1.1.2 中虚线所示),由于发光二极管工作电流通常为 10 mA ,发光二极管与二极管一样,也有电压死区(0.5 V 左右),所以施加的电压过低,发光二极管不会亮,过高又会烧坏发光二极管,因此施加电压通常在 3.0 V 以上,并串接一适当的电阻,使发光二极管电流为 10 mA (正常工作)。下面请根据表 1.1.3 所示不同电源电压(调节 R_{p1}),选择适当的限流电阻 R' (调节 R_{p2})(R' 为 $200\ \Omega$ 电阻与电位器 R_{p2} 电阻阻值之和), R' 应选标称值。

表 1.1.3 发光二极管限流电阻的选取 ($I_{\text{LED}} = 10\text{ mA}$) (约)

| | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|----|
| 电源电压 U/V | 2.0 | 3.0 | 6.0 | 12 |
| 电位器阻值 R_{p2}/Ω | | | | |
| 限流电阻阻值 R'/Ω (标称值) | | | | |

五、实训注意事项

1. 二极管及发光二极管正向电阻较小,要注意加限流电阻,以免电流过大,烧坏管子。
2. 电源电压调节电位器在开始时要调至电压最低点,以免出现过高压。

六、实训报告要求

1. 说明判断实际二极管完好的依据。
2. 根据表 1.1.1 数据,画出二极管的正向特性曲线。
3. 根据表 1.1.2 数据,画出稳压管的伏安特性曲线,指出其工作区域。
4. 根据表 1.1.3 数据,说明在不同电压下,发光二极管限流电阻的选取值。

项目二 双极晶体管及场效应管输出特性的测定

一、实训目的

1. 测定双极晶体管的输出特性。
2. 测定场效应管的输出特性。

二、实训电路和工作原理

1. 双极晶体管(简称三极管)的 B-E 结为一个 PN 结,它的输入特性 $i_B = f(u_{BE})$ 与二极管正向特性相似,所以本项目不再测试。本项目主要测定三极管的输出特性。

1) 三极管的输出特性是指在基极电流 i_B 一定的条件下, $i_C = f(u_{CE})$ 的关系。其测试电路如图 1.2.1 所示。

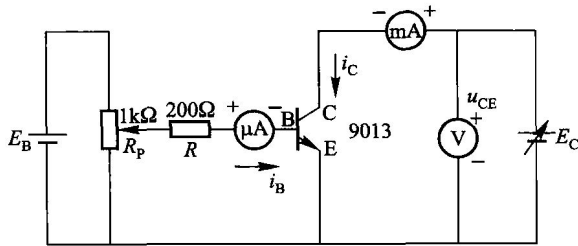


图 1.2.1 三极管输出特性测试电路

2) NPN 三极管 9013 主要参数:

集电极最大功率 P_{CM}/mW 400

集电极最大电流 I_{CM}/mA 500

集电极-发射极击穿电压 $U_{CEO(BR)}/V$ 25

集电极-发射极穿透电流 I_{CEO}/mA 0.5

集电极-发射极饱和电压 $U_{CE(sat)}/V$ 0.6

截止频率 f_T/MHz 150

电流放大倍数 β 64 ~ 144

外形 TO-92

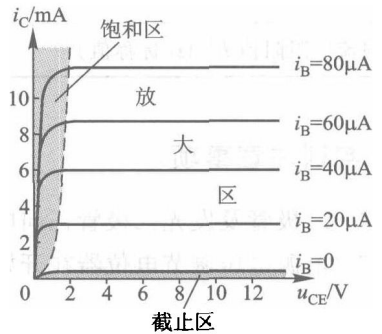
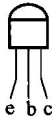


图 1.2.2 三极管输出特性曲线

3) 三极管的输出特性曲线如图 1.2.2 所示。

在此簇曲线中有三个特征区域:

① 截止区 $i_B = 0, i_C \leq I_{CEO}$, 三极管此时相当于开路。

② 饱和区 其特征是 $u_{CE} \leq u_{BE}$, 此时集电极与发射极间的电压值称为饱和电压, $U_{CES} < 0.4 V$, 三极管 C-E 之间相当于短路(相当于开关闭合)。

③ 放大区:其特征是 $u_{BE} > U_{ON}$ (开启电压), $u_{CE} > u_{BE}$, 此时呈现的特点:一是恒流性, i_C 基本与 u_{CE} 无关;二是受控性, i_C 仅受 i_B 控制, $i_C = \beta i_B$, 呈现电流放大特点。

2. 场效应管有多种类型,现以 N 沟道增强型场效应管为例,来测定场效应管的输出特性。

1) 场效应管输出特性测试电路如图 1.2.3 所示。

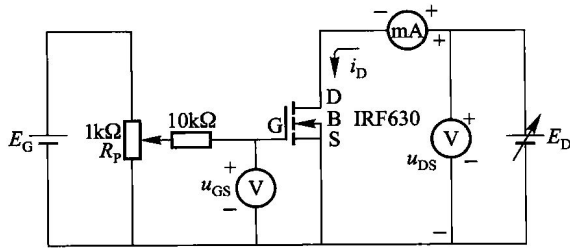


图 1.2.3 场效应管输出特性测试电路

2) N 沟道增强型场效应管 IRF630 主要参数:

- 最大耗散功率 $P_{D(max)}/W$ 75
- 源极最大电流 $I_{D(max)}/A$ 9.0 ($U_{GS} = 10V$)
- 漏源击穿电压 $U_{DS(BR)}/V$ 200
- 漏源导通电阻 $R_{DS(on)}/\Omega$ 0.4

外形 TO-220

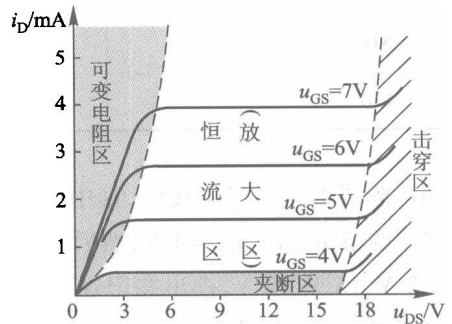
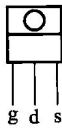


图 1.2.4 N 沟道增强型场效应管的输出特性曲线

3) N 沟道增强型场效应管的输出特性曲线如图

1.2.4 所示,它的四个特征区域如下:

- ① 夹断区 当 u_{GS} 过小, $u_{GS} \leq u_{GS(off)}$ 时 [$u_{GS(off)}$ 称为夹断电压], $i_D = 0$, 场效应管全夹断(不通)。
- ② 可变电阻区 当 u_{DS} 很小时, 导电沟道畅通, i_D 随 u_{DS} 的增加而线性增大, 这意味着场效应管相当于一个电阻, 这个区域称为可变电阻区, 其边缘线称为预夹断轨迹。
- ③ 恒流区(放大区) 在此区域内, i_D 与漏源电压 u_{DS} 基本无关(恒流), 此时 i_D 主要取决于栅源电压 u_{GS} 。当 u_{GS} 改变时, i_D 将产生显著变化, 其工作原理与三极管放大区一样, 形成放大作用, 所以又称为放大区。
- ④ 击穿区 当 $u_{DS} \geq U_{DS(BR)}$ 时 [$U_{DS(BR)}$ 称为漏源击穿电压], i_D 将迅速增大, 烧坏管子。

三、实训设备

1. 电源与仪器: 直流可调稳压电源、直流电源、电压表、毫安表、微安表、万用表。
2. 模块: R01(200 Ω)、R15(10 k Ω)、RP3(1 k Ω)、VT3(9013)、VT5(IRF630)。

四、实训内容与实训步骤

1. 按图 1.2.1 完成接线。其中 E_B 为直流 3 V 电源, E_C 为直流可调稳压电源。微安表也可用万用表代替。

2. 调节 R_P , 改变输入电压, 使基极电流 i_B 为 20 μA (并保持不变), 然后调节直流可调稳压电源 E_C , 使它的输出电压(即 u_{CE})分别为 0 V、0.20 V、0.50 V、1.0 V、5.0 V 和 10 V, 记录下对应的集电极电流 i_C , 填入表 1.2.1 内。

3. 然后再调节 R_P , 使 i_B 分别为 $0 \mu\text{A}$ 、 $40 \mu\text{A}$ 、 $80 \mu\text{A}$ 和 $120 \mu\text{A}$, 重复上述实验。

表 1.2.1 三极管(9013)输出特性

| $i_B/\mu\text{A}$ | u_{CE}/V | 0 | 0.20 | 0.50 | 1.0 | 5.0 | 10 |
|-------------------|-------------------|---|------|------|-----|-----|----|
| | i_C/mA | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | |

4. 按图 1.2.3 完成接线, 其中 E_C 由 12 V 直流电源供电, E_D 由直流可调稳压电源供电。

5. 调节 R_P , 使 $u_{GS} = 4 \text{ V}$, 然后调节直流可调稳压电源, 使 E_D (即 u_{DS}) 分别为 0 V 、 3 V 、 6 V 、 9 V 、 12 V 、 15 V 、 18 V , 读出并记录下相应的漏极电流 i_D , 填入表 1.2.2 中。

6. 将 u_{GS} 分别调至 5 V 、 6 V 和 7 V , 重复上述实验。

表 1.2.2 场效应管(IRF630)输出特性

| u_{GS}/V | u_{DS}/V | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
|-------------------|-------------------|---|---|---|---|----|----|----|
| | i_D/mA | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |

五、实训注意事项

1. 接线时要特别注意三极管和场效应管管脚的识别, 不要搞错。此外电源与电表的“+”、“-”极不要接错。

2. 电源电压调节电位器, 在开始实验时要调至电压最低点, 以免出现过高电压。

六、实训报告要求

1. 由表 1.2.1 所列数据, 画出 9013 型三极管一族输出特性曲线, 在曲线图上注明各特征区

域(截止区、饱和区和放大区)(参见图 1.2.2),并求出它的电流放大倍数 $\beta = \frac{\Delta i_c}{\Delta i_B}$ 。

2. 由表 1.2.2 所列数据,画出 IRF630 型场效应管一簇输出特性曲线,在曲线图上注明各特征区域(夹断区、可变电阻区和放大区)(参见图 1.2.4),并求出它的跨导 $g_m = \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}}$ 。

项目三 单管放大电路的研究

一、实训目的

1. 掌握单管放大电路的配置、接线和工作原理。
2. 掌握放大器电压放大倍数的测定方法。
3. 研究静态工作点设置对波形失真的影响。
4. 掌握信号发生器、晶体管毫伏表(或数字万用表)和示波器的正确使用。

二、实训电路与工作原理

1. 单管共射放大电路如图 1.3.1 所示。

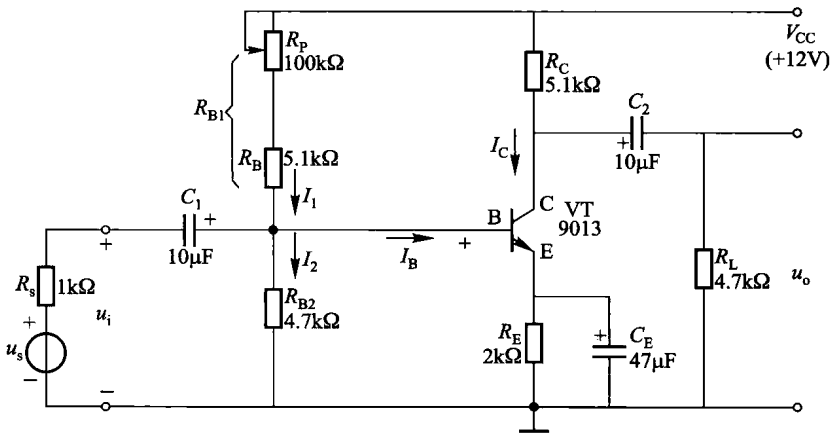


图 1.3.1 单管共射放大电路

图 1.3.1 为分压式共发射极单管放大电路,三极管采用 9013,其基极电位 u_B 由 R_{B1} (由 R_P 及 R_B 串联构成)和 R_{B2} 分压决定,调节 R_P ,可调节 u_B ,改变 i_B ,即可调节静态工作点。图中的 R_E 为了稳定电路的静态工作点(减少温度变化的影响),再并接 C_E ,使发射极交流电压对地短路(消除 R_E 对交流信号电压的影响)。图中 C_1 和 C_2 为隔直电容,隔离直流电压对输入与输出电压的影响。 R_C 将电流信号转化成电压信号, R_L 为负载电阻,为输出构成通路。

2. 放大器的电压放大倍数 $A = \frac{u_o}{u_i}$

基极电位过低(i_B 过小),使静态工作点过低,将导致输出电压波形产生“截止失真”。
基极电位过高(i_B 过大),使静态工作点过高,将导致输出电压波形产生“饱和失真”。

三、实训设备

1. 电源与仪器:直流可调稳压电源,晶体管毫伏表(或数字万用表)、函数信号发生器,以及双踪示波器。

2. 模块:R04(1 k Ω)、(2 k Ω)、R06(10 k Ω)、(22 k Ω)、R14(4.7 k Ω)、(5.1 k Ω)、RP10(100 k Ω)、C06(10 μ F) \times 2、C07(47 μ F)、VT3(9013)。

四、实训内容与实训步骤

1. 按图 1.3.1 所示电路完成接线。

2. 由函数信号发生器提供输入信号,将函数信号发生器的波形输出开关置于“正弦波”,输出电压调至 5 mV,信号频率调至 $f=1\ 000\ \text{Hz}$ 。

3. 将双踪示波器的 Y_1 端接在输入信号电压两端,测量输入信号电压波形;

将双踪示波器的 Y_2 端接在输出负载电阻 R_L 两端,测量输出信号电压波形;

Y_1 和 Y_2 的公共端按图 1.3.1 所示接地线。

4. 调节电位器 R_p ,使静态工作点适中,输出电压波形不失真(用示波器观察)。

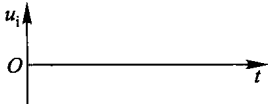
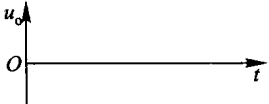
5. 用晶体管毫伏表(或数字万用表)分别测量输入电压的数值 U_i 及输出电压的数值 U_o 。由此可算出放大器的电压放大倍数 $A = \frac{U_o}{U_i}$ (式中 U_o 与 U_i 为有效值)。

6. 用示波器对比输出和输入电压波形的峰-峰值,也可以计算出放大器的放大倍数 $A = \frac{U_{opp}}{U_{ipp}}$ 。

7. 增大输入电压的幅值,使输出为最大不失真电压。然后调节 R_p ,观察 R_{B1} 过大和过小导致电压波形失真的情况,并作记录。并从中获得较为适中的 R_p 取值(记录 R_p 的取值范围)及基极电流 i_B 的取值范围。




8. 将相关的实验波形与数据记录在表 1.3.1 和表 1.3.2 中。

表 1.3.1 单管放大电路输出-输入电压波形及数据

| | 输入电压 u_i/mV | 输出电压 u_o/mV | 放大倍数 A |
|------|---|---|----------|
| 电压波形 |  |  | |
| 有效值 | (U_i) | (U_o) | |
| 峰-峰值 | (U_{ipp}) | (U_{opp}) | |

波形上注明周期与峰值。

表 1.3.2 输出电压失真时与不失真时的电压波形与基极电流 i_B 取值范围

| | 截止失真 | 不失真 | 饱和失真 |
|-----------------|---|---|---|
| 输出电压 u_o 波形 |  |  |  |
| 基极电流 i_B 取值范围 | $i_B < (\quad)$ | $(\quad) < i_B < (\quad)$ | $i_B > (\quad)$ |

五、实训注意事项

1. 在开始使用直流电源和信号源时,要将输出电压调至最低,待接好后,再逐步将电压增至规定值。

2. 示波器探头的公共端(或地端)与示波器机壳及插头的接地端是相通的。测量时,容易产生事故,特别在电力电子线路中,更是危险,因此示波器的插座应经隔离变压器供电,否则应将示波器插头的接地端除去。

3. 学会信号发生器的使用,观察并理解各种调节开关和旋钮的作用。明确频率与幅值显示的数值与单位。

4. 要学会双踪示波器的使用,掌握辉度、聚焦、X 轴位移、Y 轴位移、同步、(AC、 \perp 、DC)开关、幅值[Y 轴电压灵敏度(V/div)]及扫描时间[即 X 轴每格所代表的时间($\mu\text{s}/\text{div}$ 或 ms/div)]等旋钮的使用和识别。

六、实训报告要求

1. 写出测量放大器电压放大倍数的方法及其数值,将相关波形与数据填入表 1.3.1 中。
2. 说明静态工作点调节的方法和静态工作点调节不当造成的后果,并画出“截止失真”和“饱和失真”时的输出电压波形,以及对应的基极电流取值范围,填入表 1.3.2 中。
3. 分析 R_p 值的大小对静态工作点的影响及造成失真的原因。

项目四 两级放大电路及负反馈放大电路的研究

一、实训目的

1. 掌握阻容耦合两级放大电路的典型线路和它的工作原理。
2. 理解负反馈环节的特点和它对电路性能的影响。
3. 学会多级放大电路的接线和测试。

二、实训电路和工作原理

1. 两级阻容耦合放大及电压串联负反馈放大电路如图 1.4.1 所示。

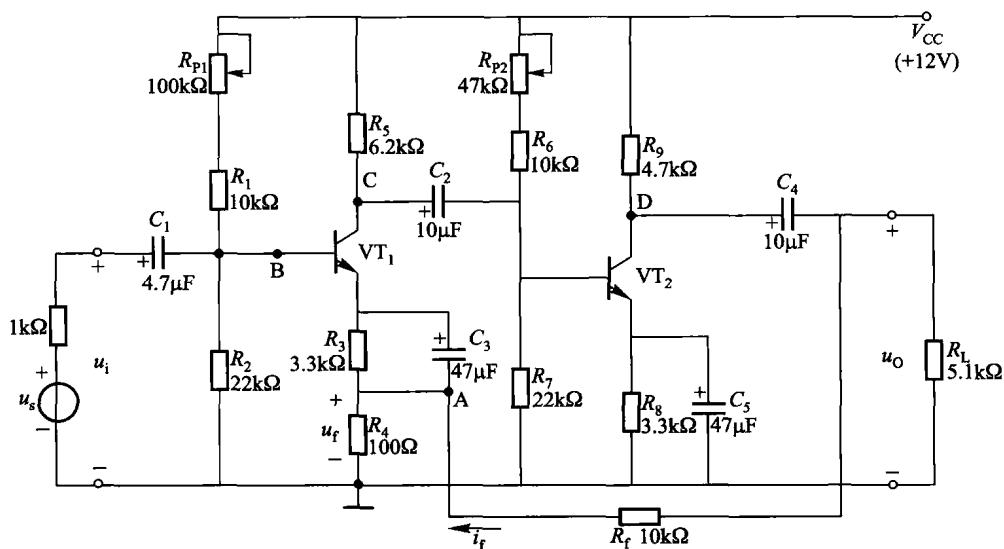


图 1.4.1 电压串联负反馈放大电路

图中 VT_1 (9013) 与 VT_2 (BU406) 构成两级放大电路, 两级间采用阻容耦合 (C_2 、 R_7), 图中电位器 R_{P1} 及 R_{P2} 可调节 VT_1 和 VT_2 的静态工作点。

图中 R_3 、 R_4 及 R_8 对本级构成电流负反馈, 其中 R_3 及 R_8 并有旁路电容 C_3 和 C_5 , 它们对交流信号将构成短路, 从而消除 R_3 及 R_8 对交流信号的负反馈作用。

从电压输出端 u_o 引入反馈信号, 经 R_f 接至第一级的 A 点, 它将向 R_4 灌入反馈电流 i_f , 这样它将使 R_4 上的反馈电压 u_f 升高, 使 u_{B1} 幅值减小, 从而构成负反馈。由于 u_f 与所加基极电压 u_B 串联, 所以是串联反馈。又由于 i_f 取决于输出电压 u_o , 所以是电压反馈。综上所述, i_f 构成电压串联负反馈。

2. 第一级发射极串接电阻构成的负反馈, 可减小温度变化时静态工作点的影响。 R_f 跨级构成的电压串联负反馈将使输入电阻增大, 输出电阻减小, 并使工作状态稳定, 但它将使放大倍数下降。

三、实训设备

1. 电源与仪器: 直流可调稳压电源, 函数信号发生器、双踪示波器、晶体管毫伏表 (或数字万用表)。

2. 模块: R01 (100 Ω)、R04 (1 k Ω)、(3.3 k Ω)、R05 (3.3 k Ω)、(4.7 k Ω)、R06 (10 k Ω)、(22 k Ω) $\times 2$ 、R14 (4.7 k Ω)、RP9 (47 k Ω)、RP10 (100 k Ω)、C06 (10 μF) $\times 2$ 、C15 (47 μF) $\times 2$ 、VT3 (9013)、VT1 (BU406) (BU406 为 TO-220 外形)。

四、实训内容与实训步骤

1. 按图 1.4.1 所示电路完成接线 (先不接入 R_f)。

2. 正弦信号 u_s 由函数信号发生器提供, 调节使 $u_s = 5 \text{ mV}$, 频率 $f = 1\ 000 \text{ Hz}$ 。

3. 此电路的调试关键是 VT_1 和 VT_2 两级放大器静态工作点的选择(调 R_{p1} 及 R_{p2}) 以及反馈量 i_f 的大小。

在检查接线正确无误后, 可先调试第一级放大环节。可先调节 R_{p1} , 使第一级 VT_1 集电极输出(C点)的电压波形不失真, 用示波器检查 C 点电压波形并记录其幅值。(调节使 C 点电位 V_c 约为 9 V)。

4. 待第一级静态工作点基本调节好, 再调节 R_{p2} , 使第二级输出(D点)的电压波形不失真, (使 D 点的直流电位 V_D 约为 6 V)。

若两级的放大器倍数过大, 有可能使输出波形幅值过大, 而造成失真。为此可适当降低输入信号电压的幅值。

5. 用晶体管毫伏表(或数字万用表)测量 u_i 及 u_o 的有效值 U_i 及 U_o 。(或用双踪示波器检测 u_i 与 u_o 的峰-峰值 U_{ipp} 和 U_{opp}) 由此求得放大电路的电压放大倍数 $A = U_o/U_i$ 或 $A = U_{opp}/U_{ipp}$ 。

6. 接上 R_f , 接入电压串联负反馈。观察反馈对电压波形的影响及对放大倍数的影响。重复步骤 5, 测量并计算出加上电压串联负反馈后的放大倍数。

7. 若反馈接入端由 A 点接入 B 点, 请分析这构成哪一类反馈, 并观察和测量输出电压的波形和电压幅值。

五、实训注意事项

与项目三相同。

六、实训报告要求

1. 记录下输出电压不失真时 R_{p1} 及 R_{p2} 的选取值(实测)。

2. 记录输入和输出电压波形, 并算出放大电路的电压放大倍数。填入自制表格中(与表 1.3.1 相同)。

3. 分析电压串联负反馈对输出电压波形和放大倍数的影响。

4. 当反馈接入端由 A 点误接在 B 点后, 分析对反馈环节性质的影响以及输出电压的影响。

项目五 助听器电路的调试 (电子产品线路)(综合应用)

一、实训目的

1. 加深理解多级放大电路的工作原理和典型负反馈环节的应用。

2. 学会对实际电子产品电路的调试。

二、实训电路和工作原理

1. 助听器电路原理图如图 1.5.1 所示。