

国家示范校项目建设成果系列教材

电子技术与技能

主编 杨兰平

中国科学技术大学出版社

国家示范校项目建设成果系列教材



本书以项目为导向，以任务为驱动，以能力培养为核心，以应用为目的，力求做到“教、学、做”一体化。

本书可作为中等职业学校电子技术专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

电子技术与技能

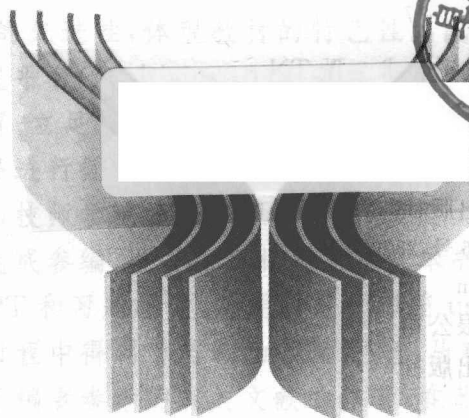
本书共分10个项目，主要介绍电子技术的常用工具、常用元器件、常用电路、常用设备、常用工艺、常用材料、常用标准、常用规范、常用法规、常用标准。



主 编 杨兰平

副主编 臧振武

参 编 张 艳 胡达成



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书遵循国家职业教育改革发展示范学校建设的思路,根据其精品课程及特色教材建设的要求编写而成。全书分为模拟电子技术与技能和数字电子技术与技能两大模块,共 12 个教学项目,即常用半导体器件、基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大电路、信号产生电路、直流稳压电路、逻辑代数基础、逻辑门电路基础、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲单元电路,并结合“电子技术”课程的特点,通过 24 个典型任务来实现“理实一体化”教学。

本书可作为高职院校、中职学校的电子电气类、机电类专业一体化教学的课程教材,也可以作为工程技术人员的自学用书。

平兰杨 编 主

高洪如 编 主 编

如洪如 编 参 参

图书在版编目(CIP)数据

电子技术与技能/杨兰平主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2015.8

ISBN 978-7-312-03580-7

I.电… II.杨… III.电子技术 IV.TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 231013 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥市宏基印刷有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 15.75

字数 403 千

版次 2015 年 8 月第 1 版

印次 2015 年 8 月第 1 次印刷

定价 32.00 元

中国科学技术大学出版社

前 言

本书编者结合目前课程教学改革的标准和要求,在多年的“电子技术”课程教学改革和实践探索的基础上总结经验,按照国家职业教育教学改革示范学校建设对精品课程及特色教材的要求,针对职业院校的学生素质和教学实际,采用了模块化分项式“教、学、做”相结合的理想一体化教学模式,开发了以“任务驱动式”为特色的新型教材。

本书以培养学生的电子应用能力和操作技能为目标,力求通过适用、有效、够用的项目教学的实施,达到学生不仅掌握与教学任务相关的知识,而且能够运用电子技术解决实际问题的目的。

本书具有如下特色:

1. 将“任务驱动式”教学法贯穿于“任务目标——任务引入——相关知识——仿真实验——组装(插装)调试——操作练习”整个教学过程。

2. 以技能训练为主线和相关知识为支撑的编写思路,较好地处理了理论教学与技能训练的关系,有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力。

3. 针对职业院校学生特点,精选教学内容,按照“必须、够用、适用”的原则,删除了单纯的理论推导,保留了必需的、基本的教学内容。

4. 突出教材的先进性,体现教材的特色性。配合多媒体教学手段,引入了电子仿真与开发平台(Multisim 10)对教学任务进行演示和仿真,加深了学生对理论知识的理解;立足现有教学设备,结合天煌教仪 DZX-2 型电子学综合实验装置对教学任务进行插装测试训练,提高了学生的动手能力。

本书由马鞍山技师学院杨兰平担任主编,负责大纲的审定和统稿,臧振武任副主编,张艳、胡达成参编,全书由甄林禹主审。本书配有电子教学参考资料包,包括电子教案、PPT 和习题答案,可通过电子邮箱 ustcp@163.com 联系。

本书在编写过程中得到了马鞍山技师学院、马鞍山职业技术学院领导的大力支持,同时,对于编者参考的有关文献的作者,在此一并致谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 模拟电子技术与技能

前言	(i)
----------	-------

模块一 模拟电子技术与技能

项目一 常用半导体器件	(003)
-------------------	-------

任务一 识别与检测晶体管	(003)
--------------------	-------

任务二 组装与测试晶体管应用电路	(013)
------------------------	-------

练习题	(023)
-----------	-------

项目二 基本放大电路	(027)
------------------	-------

任务一 组装与调试单级电压放大电路	(027)
-------------------------	-------

任务二 组装与测试功率放大电路	(041)
-----------------------	-------

练习题	(050)
-----------	-------

项目三 负反馈放大电路	(054)
-------------------	-------

任务一 插装与调试单级负反馈放大电路	(054)
--------------------------	-------

任务二 组装与调试两级阻容耦合负反馈放大电路	(062)
------------------------------	-------

练习题	(072)
-----------	-------

项目四 集成运算放大电路	(076)
--------------------	-------

任务一 插装与调试比例运算放大电路	(076)
-------------------------	-------

任务二 组装与调试电压比较电路	(087)
-----------------------	-------

练习题	(095)
-----------	-------

项目五 信号产生电路	(098)
------------------	-------

任务一 组装与调试 RC 正弦波振荡电路	(098)
----------------------------	-------

任务二 插装与测试石英晶体正弦波振荡电路	(109)
----------------------------	-------

练习题	(115)
-----------	-------

项目六 直流稳压电路	(118)
------------------	-------

任务一 插装与调试三端固定式集成稳压电路	(118)
----------------------------	-------

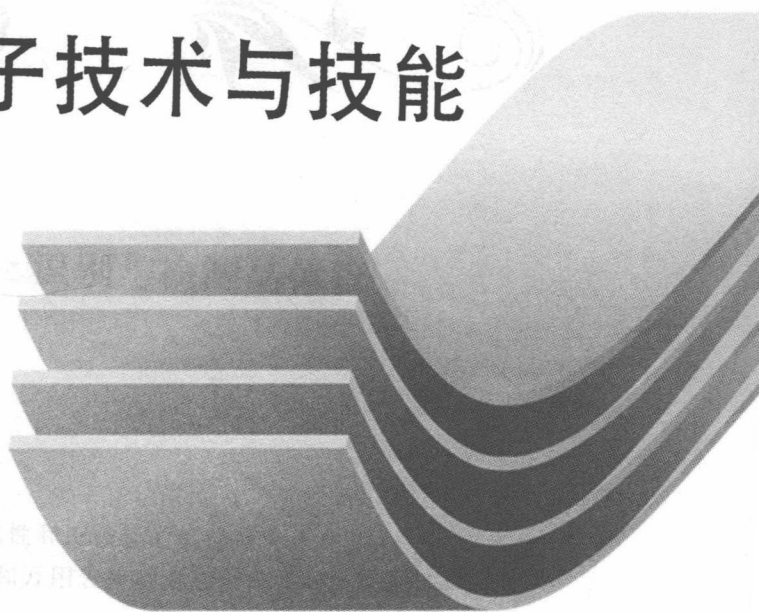
任务二 组装与调试三端集成稳压正负电源电路	(133)
练习题	(138)

模块二 数字电子技术与技能

项目七 逻辑代数基础	(143)
任务一 仿真逻辑函数各表示方法之间的转换	(143)
任务二 设计 10 以内十进制数判偶电路	(154)
练习题	(160)
项目八 逻辑门电路基础	(163)
任务一 设计与组装列车优先出行门电路	(163)
任务二 插装与调试 OC 门 CT74LS03 的线与功能电路	(170)
练习题	(179)
项目九 组合逻辑电路	(182)
任务一 仿真与测试竞争冒险现象	(182)
任务二 组装与调试编码—译码—显示电路	(190)
练习题	(200)
项目十 触发器	(204)
任务一 仿真与插装基本 RS 触发器防抖动开关电路	(204)
任务二 插装与调试数字抢答器电路	(209)
练习题	(215)
项目十一 时序逻辑电路	(218)
任务一 设计与仿真任意进制计数器	(218)
任务二 插装与调试异步二—十进制计数器电路	(226)
练习题	(230)
项目十二 脉冲单元电路	(233)
任务一 插装与调试与非门多谐振荡器电路	(233)
任务二 插装与调试 555 定时器门铃电路	(238)
练习题	(242)
参考文献	(245)

模块一

模拟电子技术与技能



封端头(S)

由变善显 亦非变前照次 也 部 中 受 的 射 半

射 电 流 (I_E)



项目一

常用半导体器件



任务一 识别与检测晶体管

【任务目标】

- ①了解半导体的基础知识；
- ②理解半导体二极管的单向导电性和三极管的电流放大原理；
- ③掌握二极管、三极管使用常识和万用表检测方法。

【任务引入】

半导体二极管和三极管是最简单的半导体器件，它们在电子技术中有着非常广泛的应用。识别常用半导体器件的种类，掌握检测晶体管质量的方法是学习电子技术必须掌握的一项基本技能。

【相关知识】

一、半导体基本知识

1. 半导体的基本特性

(1) 热敏性

半导体的导电能力随着温度的升高而迅速增加。

(2)光敏性

半导体的导电能力随光照的变化有显著变化。

(3)杂敏性

半导体的导电能力因掺入适量杂质而发生很大变化。

2. 本征半导体

本征半导体指化学成分纯净的半导体，一般由纯硅和锗制造。

制造半导体器件的半导体材料的纯度要达到 99.9999999%，常称为“九个 9”。它在物理结构上呈单晶体形态。以硅为例，这种结构的立体和平面如图 1.1 所示。

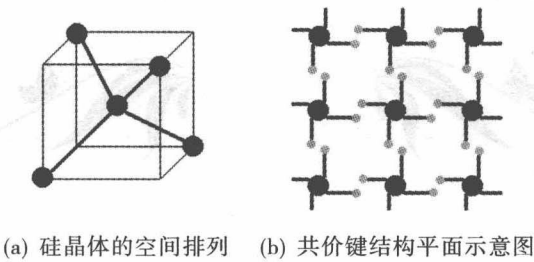


图 1.1 硅原子空间排列及共价键结构平面示意图

在温度升高或受到光的照射时，本征半导体因热激发而出现成对的自由电子和空穴现象，这一现象称为本征激发（也称热激发）。

自由电子在运动中和空穴相遇时会重新结合而成为对消失，这一现象称为复合。本征激发和复合的过程如图 1.2 所示。本征激发和复合在一定温度下会达到动态平衡。

自由电子的定向运动形成了电子电流，空穴的定向运动也可形成空穴电流，它们的方向相反。如图 1.3 所示。

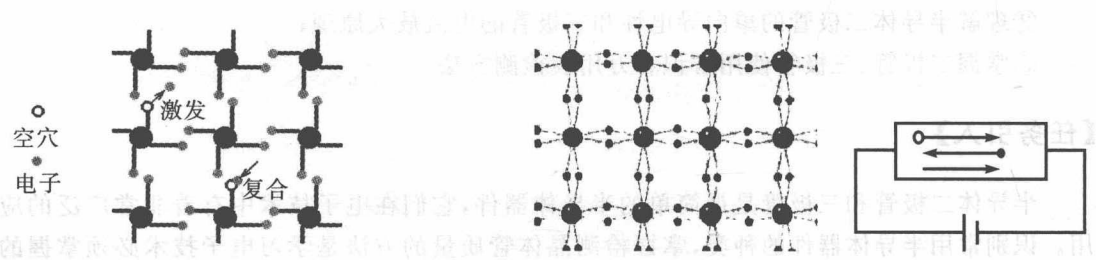


图 1.2 本征激发和复合的过程

图 1.3 空穴在晶格中的移动

3. 杂质半导体

在本征半导体中掺入某些微量元素作为杂质，可使半导体的导电性能发生显著变化。掺入的杂质主要是三价或五价元素。掺入杂质的本征半导体称为杂质半导体。

(1)N 型半导体

在本征半导体中掺入五价杂质元素，例如磷，可形成 N 型半导体，也称电子型半导体。N 型半导体的结构如图 1.4 所示。

(2)P 型半导体

在本征半导体中掺入三价杂质元素，如硼、镓、铟等，形成 P 型半导体，也称为空穴型半导体。P 型半导体的结构如图 1.5 所示。

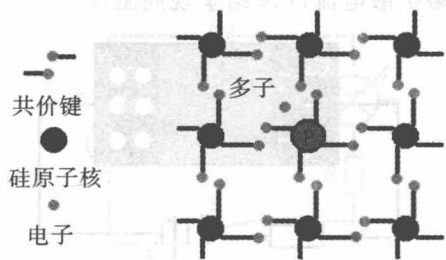


图 1.4 N 型半导体的结构

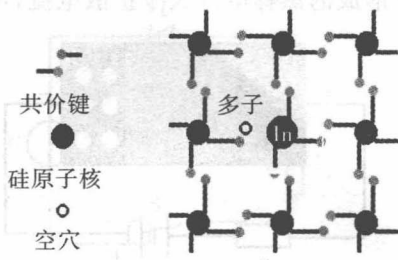


图 1.5 P 型半导体的结构

4. PN 结

(1)PN 结的形成

在一块本征半导体两侧通过扩散不同的杂质元素,分别形成 N 型半导体和 P 型半导体。此时在 N 型半导体和 P 型半导体的结合面上形成如下物理过程:

因浓度差→多子进行扩散运动→由杂质离子形成空间电荷区→空间电荷区形成内电场→内电场促使少子漂移→内电场阻止多子扩散。最后,多子的扩散和少子的漂移达到动态平衡。对于 P 型半导体和 N 型半导体结合面,离子薄层形成的空间电荷区称为 PN 结。在空间电荷区由于缺少多子,所以也称耗尽层。PN 结形成的过程如图 1.6 所示。

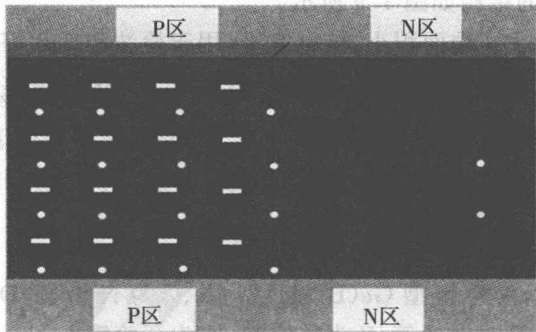


图 1.6 PN 结的形成过程

(2)PN 结的单向导电性

PN 结具有单向导电性,PN 结 P 区的电位高于 N 区的电位称为加正向电压,简称正偏;PN 结 P 区的电位低于 N 区的电位称为加反向电压,简称反偏。

①PN 结加正向电压时的导电情况:

PN 结加正向电压时的导电情况如图 1.7 所示。

外加的正向电压有一部分降落在 PN 结区,方向与 PN 结内电场方向相反,削弱了内电场。于是,内电场对多子扩散运动的阻碍减弱,扩散电流加大。扩散电流远大于漂移电流,可忽略漂移电流的影响,PN 结呈现低阻性。

②PN 结加反向电压时的导电情况:

PN 结加反向电压时的导电情况如图 1.8 所示。

外加的反向电压有一部分降落在 PN 结区,方向与 PN 结内电场方向相同,加强了内电场。内电场对多子扩散运动的阻碍增强,扩散电流大大减小。此时 PN 结区的少子在内电

场作用下形成的漂移电流大于扩散电流,可忽略扩散电流,PN 结呈现高阻性。

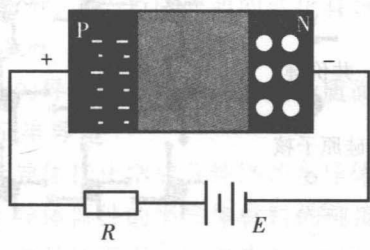


图 1.7 PN 结加正向电压时

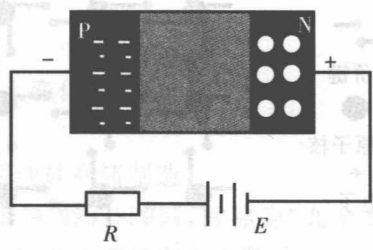


图 1.8 PN 结加反向电压时

在一定的温度条件下,由本征激发决定的少子浓度是一定的,故少子形成的漂移电流是恒定的,基本上与所加反向电压的大小无关,这个电流也称为反向饱和电流。

PN 结加正向电压时,呈现低电阻,具有较大的正向扩散电流;PN 结加反向电压时,呈现高电阻,具有很小的反向漂移电流。所以,PN 结具有单向导电性。

二、半导体二极管

1. 二极管的结构

在 PN 结上加上引线和封装,就成为一个二极管。二极管按结构分点接触型、面接触型和平面型三大类。它们的结构如图 1.9 所示。

- ①点接触型二极管-PN 结面积小,结电容小,用于检波和变频等高频电路。
- ②面接触型二极管-PN 结面积大,结电容大,用于工频大电流整流电路。
- ③平面型二极管。

2. 半导体二极管的型号

以 2AP9 二极管为例,其名称含义:

2:代表二极管;

A:代表器件的材料,A 为 N 型 Ge(B 为 P 型 Ge、C 为 N 型 Si、D 为 P 型 Si);

P:代表器件的类型,P 为普通管(Z 为整流管、K 为开关管);

9:用数字代表同类器件的不同规格。

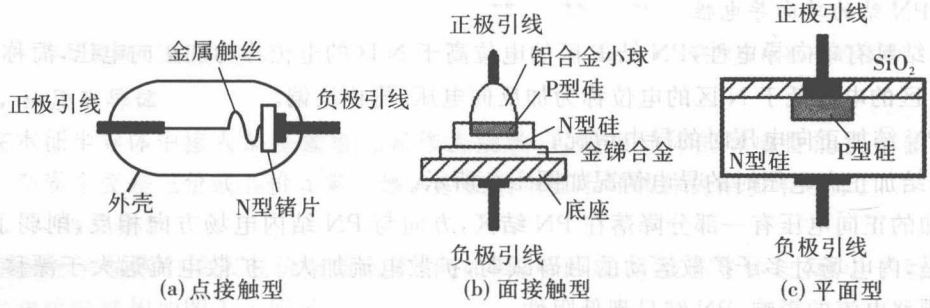


图 1.9 二极管的结构示意图

3. 半导体二极管的特性

由于二极管是将 P 型和 N 型半导体结合在一起做成 PN 结,再封装起来构成的,所以二极管本身就是一个 PN 结,具有单向导电性,如图 1.10 和图 1.11 所示。

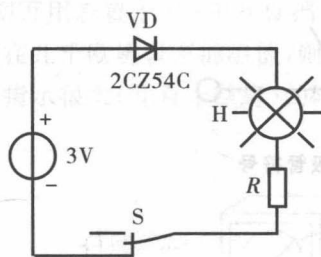


图 1.10 二极管正向导通

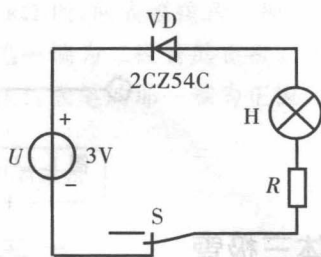


图 1.11 二极管反向截止

4. 特殊二极管

(1) 稳压二极管

稳压二极管是应用在反向击穿区的特殊硅二极管。稳压二极管在工作时应反接,并串入一只电阻。

电阻的作用一是起限流作用,以保护稳压管;二是当输入电压或负载电流变化时,通过该电阻上电压降的变化,取出误差信号以调节稳压管的工作电流,从而起到稳压作用。

(2) 发光二极管

发光二极管是一种将电能直接转换成光能的光发射器件,简称 LED,它由镓、砷、磷等元素的化合物制成,这些材料构成的 PN 结加上正向电压时,就会发出光来,光的颜色取决于制造所用的材料。

发光二极管通常用透明的塑料封装,管脚长的为正极,管脚短的为负极。有的发光二极管有三个引出脚,根据管脚电压情况能发出两种颜色的光。发光二极管的符号和外形如图 1.12 所示。发光二极管的驱动电压低、工作电流小,具有很强的抗振动与冲击能力、体积小、可靠性高、耗电小和寿命长等优点,广泛用于信号指示等电路中。

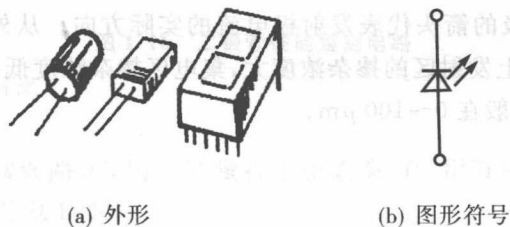


图 1.12 发光二极管的外形与图形符号

(3) 光电二极管

光电二极管又称光敏二极管。它的管壳上备有一个玻璃窗口,以便于接受光照。其特点是,当光线照射它的 PN 结时,可以成对地产生自由电子和空穴,使半导体中少数载流子的浓度提高。这些载流子在一定的反向偏置电压作用下可以产生漂移电流,使反向电流增加。因此它的反向电流随光照强度的增加而线性增加,这时光电二极管等效于一个恒流源。当无光照时,光电二极管的伏安特性与普通二极管一样,其图形符号如图 1.13 所示。

光电二极管被广泛应用于光电技术中,将光信号转换为电信号。例如在光缆通信中,通过接收端的光电二极管将光信号转换为电信号;在数控机床中作为光电控制器件或用来进行光的测量。大面积的光电二极管可作为一种绿色能源,称为光电池,用于太阳能发电、高速公路沿途标志牌的电源等。

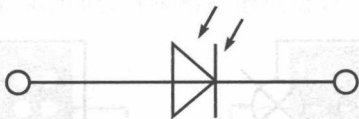


图 1.13 光电二极管符号

三、半导体三极管

1. 三极管的结构

半导体三极管也称为双极型半导体三极管，它的结构示意图如图 1.14 所示。

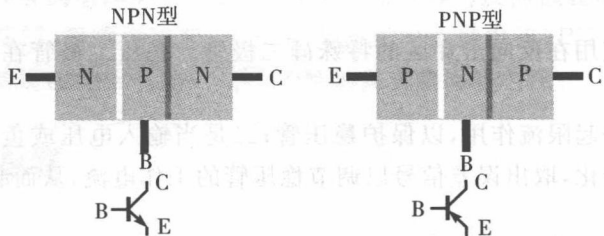


图 1.14 半导体三极管及结构示意图

2. 三极管的类型

三极管的类型有两种：NPN 型和 PNP 型。中间部分称为基区，相连电极称为基极，用 B 或 b 表示(Base)；一侧称为发射区，相连电极称为发射极，用 E 或 e 表示(Emitter)；另一侧称为集电区和集电极，用 C 或 c 表示(Collector)。

E-B 间的 PN 结称为发射结(J_e)，C-B 间的 PN 结称为集电结(J_c)。

3. 极型三极管的符号

在图 1.14 中，发射极的箭头代表发射极电流的实际方向。从外表上看两个 N 区(或两个 P 区)是对称的，实际上发射区的掺杂浓度大，集电区掺杂浓度低，且集电结面积大。基区要制造得很薄，其厚度一般在 0~100 μm。

【识别检测】

一、二极管的判别与检测

1. 实训器材

- ①2AP9、2CP21 各 1 只；
- ②MF47 型万用表或 DT890 型数字万用表 1 只；
- ③100 mA、50 mA 电流表各 1 只；
- ④1 V、15 V 电压表各 1 只。

2. 操作步骤

(1)极性和性能的判别

①判别极性：

将 MF47 型万用表置于 $R \times 100 \Omega$ 挡或 $R \times 1 k\Omega$ 挡,两表笔接到二极管两端,如图 1.15 所示,若表针指在几千欧姆以下的阻值,则接黑表笔一端为二极管的正极,二极管正向导通;反之,如果表针指示很大(几百千欧姆)的阻值,则接红表笔的那一端为正极。

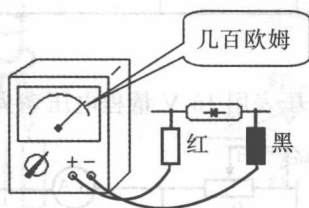


图 1.15 二极管极性判别电路

②鉴别性能:

将 MF47 型万用表的黑表笔接二极管正极,红表笔接二极管的负极,测得二极管的正向电阻。一般在几千欧姆以下为好,要求正向电阻愈小愈好。将红黑表笔对调,可测反向电阻。一般应在 $200 k\Omega$ 以上,如图 1.16 所示。

若反向电阻太小,二极管失去单向导电作用。如果正、反向电阻都为无穷大,表明管子已断路;反之,二者都为零,表明管子短路。

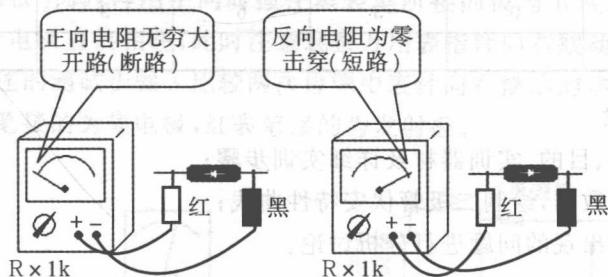


图 1.16 二极管性能鉴别电路

(2) 正、反向特性的测试

①正向特性的测试:

a.按图 1.17 所示连接线路, U_F 用 $1 V$ 量程电压表头, P_V 用万用表 $2.5 V$ 挡,电流表用 $100 mA$ 表头,二极管选用 2CP21。

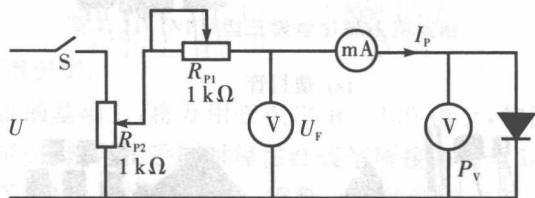


图 1.17 二极管正向特性测试电路

b.将 R_{P2} 和 R_{P1} 阻值调至最大位置。

c.稳压电源输出 U 调至 $5 V$,检查无误后,闭合开关 S 。

d.分别调节 R_{P2} 和 R_{P1} ,观察不同的 U_F 时流过二极管的电流 I_P 和 P_V 的读数,并填入表 1.1 中。

表 1.1 正向特性测试记录

U_F/V	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
I_P/mA						
P_V/V						

②反向特性的测试：

a.按图 1.18 所示连接线路,电压表用 15 V 量程电压表头,电流表用万用表0.05 mA挡。

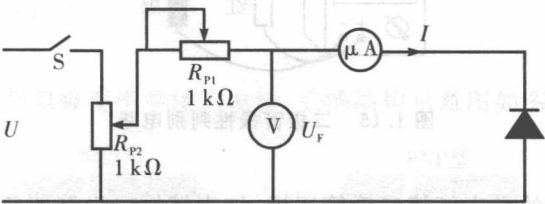


图 1.18 二极管反向特性测试电路

b.稳压电源输出 U 调至 15V,闭合开关 S 。

c.分别调节 R_{P2} 和 R_{P1} ,观察不同的反向电压时反向电流的大小,填入表 1.2 中。

表 1.2 反向特性测试记录

U_F/V	0	3	6	9	12	15
$I/\mu A$						

3. 实训报告要求

- ①写明实训日期、目的、实训器材及详细实训步骤；
- ②记录实训所测数据,绘制二极管伏安特性曲线；
- ③对实训过程中出现的问题进行分析讨论。

二、三极管的判别与检测

1. 了解三极管的外形和封装

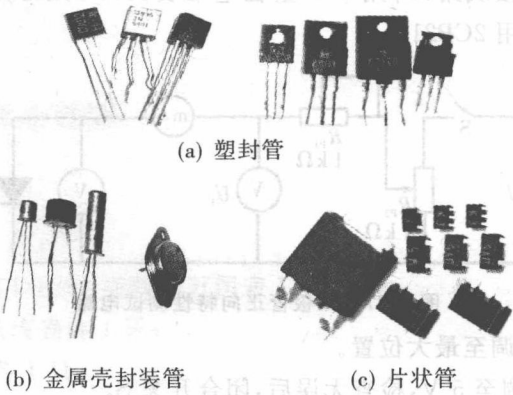


图 1.19 三极管的外形和封装

2. 晶体三极管性能的粗略鉴别

(1) 三极管管型判断

搭接方法如图 1.20 所示。

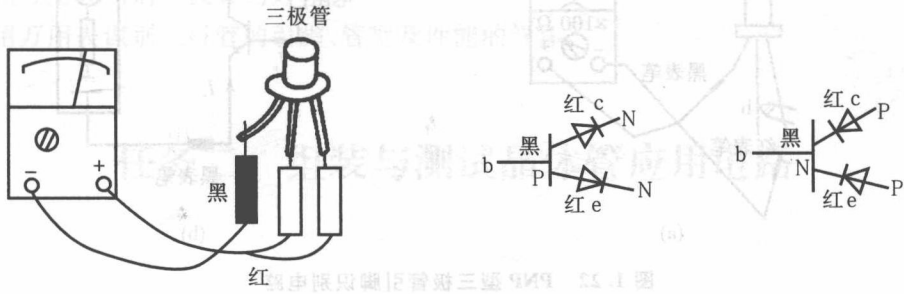


图 1.20 三极管管型判断电路

(2) 管脚判断

管脚判断用万用表的电阻挡 $R \times 1k$ 先确定基极和管型(是 NPN 或 PNP),再确定集电极和发射极。

①NPN 型三极管引脚识别。

在判断出管型和基极的基础上,将万用表拨在 $R \times 1k$ 挡上,如图 1.21 所示,用黑、红表笔接基极之外的另两根引脚,再用手同时捏住黑表笔所接的极与 b 极(手相当于一个电阻器),注意不要让两个电极直接相碰,此时注意观察万用表指针向右摆动的幅度;然后,将黑、红表笔对调,重复上述的测试步骤。比较两次检测中表针向右摆动的幅度,以摆动幅度大的那次测量为准,黑表笔接的为集电极,红表笔接的为发射极。

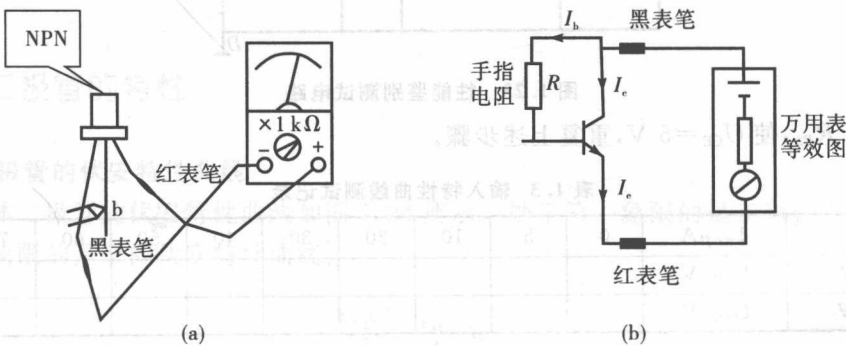


图 1.21 NPN 型三极管引脚识别电路

②PNP 型三极管引脚识别。

在判断出管型和基极的基础上,将万用表拨出 $R \times 100$ 挡上,如图 1.22 所示。用黑、红表笔接基极之外的另两根引脚,再用手同时捏住红表笔所接的极与 b 极,注意观察万用表指针向右摆动的幅度。然后,将黑、红表笔对调,重复上述的测试步骤。比较两次检测中表针向右摆动的幅度,以摆动大的那次测量为准,红表笔接的为集电极,黑表笔接的为发射集。