

中等职业学校电子信息类专业教学用书

无线电装接 与调试技能训练

孙 超 陈 海 主编

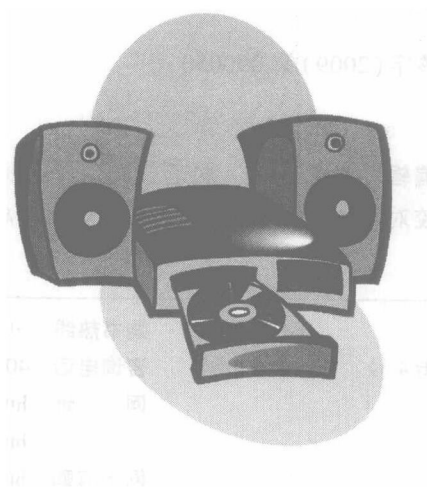


高等教育出版社
Higher Education Press

中等职业学校电子信息类专业教学用书

无线电装接与调试技能训练

孙 超 陈 海 主编



高等教育出版社

内 容 提 要

本书是中等职业学校电子信息类专业教学用书,是根据教育部电子信息类专业教学指导方案,结合劳动部门人才认证培养方案以及相关职业技能鉴定规范编写而成的。

本书主要内容包括:稳压电源的制作、OTL 功放电路的制作、可编程定时器的制作、脉宽调制控制器的制作、仪器仪表的使用以及测试题。

本书附学习卡/防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的说明,可查询图书真伪,并有机会赢取大奖,同时也可登录 <http://sve.hep.com.cn>,上网学习,下载资源。

本书可作为中等职业学校电子信息类专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无线电装接与调试技能训练/孙超,陈海主编. —北京:
高等教育出版社,2009.7

ISBN 978-7-04-025921-6

I. 无… II. ①孙…②陈… III. 无线电技术-高等学校:
技术学校-教材 IV. TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090050 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李葛平	封面设计	于涛	责任绘图	尹莉
版式设计	王艳红	责任校对	姜国萍	责任印制	朱学忠		

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 北京明月印务有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 8.5
字 数 200 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 7 月第 1 版
印 次 2009 年 7 月第 1 次印刷
定 价 12.90 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 25921-00

前言

电子信息技术日新月异,电子产品琳琅满目,电子信息类就业岗位群不断拓展,对从业人员的无线电装接与调试的技能要求也越来越高,为此我们参照相关职业技能鉴定规范组织编写本书。

本书作者在德国学习培训的基础上,结合多年职业技术学校讲授无线电装接与调试的教学经验,以项目任务驱动为教学的出发点,先对项目任务进行分析,再介绍必要的知识内容,随后重点进行项目的设计制作。对每一个项目的设计都以实际的工作任务为背景,主题鲜明,重点突出,并有良好的弹性,便于项目教学的开展,以适应目前中等职业技术学校的教学要求。

本教材最大的特点是“做中学”、“以做为主”、“边做边学”,先编写程序,后上机实操,在实际操作中学习和掌握无线电装配与调试的知识,同时力求教材图文并茂,简单明了,通俗易懂,便于自学。

本书由吴江职业教育中心孙超、陈海主编,经中国职教学会教学工作委员会电工与电子专业教学研究会审阅,王利懿担任主审。苏州职业教育教研室孙簪老师、苏州职业教育中心徐伟刚老师、吴江职业教育中心沈红钢校长对本书的编写给予了大力支持,在此致以诚挚的感谢!

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错漏在所难免,恳请各位使用本教材的老师和同学批评指正(编者 E-mail:chen3153@163.com)。

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作可查询图书真伪并有机会赢取大奖。本书同时配套学习卡,按照本书最后一页“郑重声明”下方的学习卡使用说明,登录 <http://sve.hep.com.cn>,上网学习,下载资源。

编 者

2009年2月

目 录

项目一 稳压电源的制作 1



项目引入	1
工作原理	1
技术分析	1
参考方案	3
拓展设计	22
思考练习	23
设计记录	24
任务评价	32

项目二 OTL功放电路的制作 33



项目引入	33
工作原理	33
技术分析	33
参考方案	35
拓展设计	43
思考练习	43
设计记录	44
任务评价	52

项目三 可编程定时器的制作 53



项目引入	53
工作原理	53
技术分析	53
参考方案	55
拓展设计	62
思考练习	63

设计记录	64
任务评价	72

项目四 脉宽调制控制器的制作 73



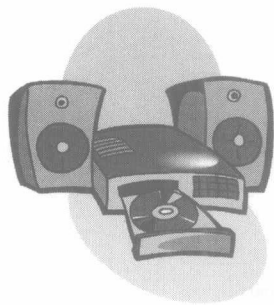
项目引入	73
工作原理	73
技术分析	74
参考方案	76
拓展设计	87
思考练习	87
设计记录	89
任务评价	97

附录 98

附录一 DF1731 SLL 3A 可调式直流稳压、稳流电源使用说明	98
附录二 KENWOOD CS-4125/CS-4135 示波器使用说明	101
附录三 DF1641 函数发生器使用说明	104
附录四 DF2175A 交流毫伏表使用说明	107

无线电装配与调试理论知识题库 112





项目一 稳压电源的制作

项目引入

随着电子技术的发展,特别是电子计算机应用的日益普及,各种电子设备都要求稳定的直流电源供电,电网直接供电已不能满足需要。直流稳压电源的出现解决了这一问题,它被广泛应用于各种电子设备中。稳压电源到底是如何工作的呢?

工作原理

稳压电源是能为负载提供稳定交流电源或直流电源的电子装置,包括交流稳压电源和直流稳压电源两大类。通常,把交流电转换为稳定的直流电需经过整流、滤波和稳压三个环节,其结构方框图及信号变换流程如图 1.1 所示。

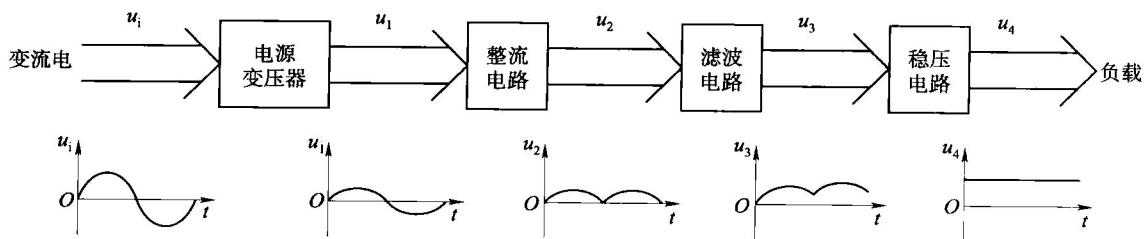


图 1.1 直流稳压电源工作流程图

这个理论框图能不能用实际的电路来实现呢? 答案是肯定的。

技术分析

这里介绍一种带放大环节的三极管串联型线性稳压电路,如图 1.2 所示。

1. 电路组成

调整电路:由三极管 VT_1 和电阻 R_4 组成。

取样电路:由电阻 R_1 、 R_2 及电位器 R_p 组成,电位器 R_p 可调节稳压电路的输出电压 U_o 值。

基准电压电路:由稳压二极管 VD_Z 及其限流电阻 R_3 组成,作为比较的标准。



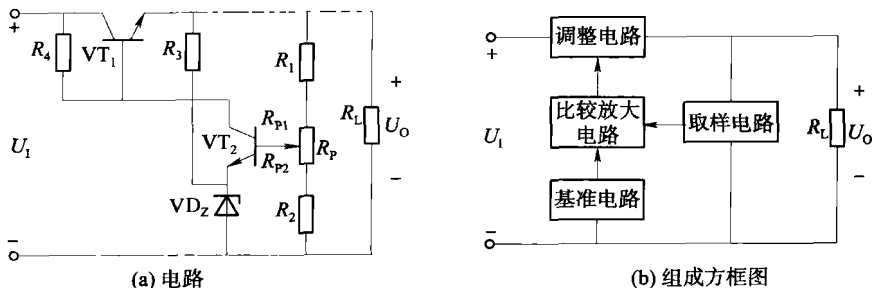


图 1.2 带放大环节的三极管串联型线性稳压电路

比较放大电路:由三极管 VT_2 和电阻 R_4 组成直流放大电路。

由电路可以求得,三极管 VT_2 的基极电压

$$U_{B2} = \frac{U_0}{R_1 + R_2 + R_p} (R_2 + R_{p2})$$

它与输出电压 U_0 成正比。当 U_0 变化时, U_{B2} 也随之变化,而三极管 U_2 的发射极电位 $U_{E2} = U_z$, 为基准电压, 因此, 三极管 VT_2 的发射结电压 $U_{BE2} = U_{B2} - U_{E2}$ 将随 U_0 的变化而变化, 三极管 VT_2 的基极电流 I_{B2} 也随之变化, 从而去控制、调整三极管 VT_1 , 最终达到稳压的目的。

2. 自动稳压原理

当输入 U_1 不变而负载 R_L 变化时, 设 R_L 增大, 则 U_0 跟着增大, 使 U_{B2} 也随之增大, 由于 $U_{E2} = U_z$ 不变, 所以 $U_{BE2} = U_{B2} - U_{E2}$ 也跟着增大, 从而使三极管 VT_2 的基极电流 I_{B2} 也随之增大, 其集电极电流 I_{C2} 增大, 从而使集电极电压 U_{C2} 下降, 即三极管 VT_1 的基极电位 U_{B1} 下降, 从而使发射结电压 U_{BE1} 下降, 基极电流 I_{B1} 下降, 集电极电流 I_{C1} 下降, 引起其电压 U_{CE1} 增大; 由于 $U_0 = U_1 - U_{CE1}$, 所以, 引起了输出电压 U_0 的下降, 补偿了 U_0 的上升, 从而使 U_0 基本保持不变。其稳压过程可表示如下:

$$\begin{aligned} R_L \uparrow &\rightarrow U_0 \uparrow \rightarrow U_{B2} \uparrow \rightarrow U_{BE2} \uparrow \rightarrow I_{B2} \uparrow \rightarrow I_{C2} \uparrow \rightarrow U_{C2} \downarrow \\ &\quad \downarrow \\ U_0 \downarrow &\leftarrow U_{CE1} \uparrow \leftarrow I_{C1} \downarrow \leftarrow I_{B1} \downarrow \leftarrow U_{B1} \downarrow \end{aligned}$$

当 R_L 不变, 而 U_1 变化时, 设 U_1 减小, 则 U_0 随之减小, 从而引起 U_{B2} 减小, U_{BE2} 随之减小, 使三极管 VT_2 的基极电流 I_{B2} 也随之减小, 其集电极电流 I_{C2} 减小, 从而使集电极电压 U_{C2} 增大, 即三极管 VT_1 的基极电位 U_{B1} 上升, 其基极电流 I_{B1} 上升, 集电极电流 I_{C1} 上升, 引起其电压 U_{CE1} 下降, 从而使输出电压 U_0 上升, 补偿了 U_0 的下降, 从而使 U_0 基本保持不变。其稳压过程可表示如下:

$$\begin{aligned} U_1 \downarrow &\rightarrow U_0 \downarrow \rightarrow U_{B2} \downarrow \rightarrow U_{BE2} \downarrow \rightarrow I_{B2} \downarrow \rightarrow I_{C2} \downarrow \rightarrow U_{C2} \uparrow \\ &\quad \downarrow \\ U_0 \uparrow &\leftarrow U_{CE1} \downarrow \leftarrow I_{C1} \uparrow \leftarrow I_{B1} \uparrow \leftarrow U_{B1} \uparrow \end{aligned}$$

同理, 当 R_L 减小或 U_1 上升时, 通过电路自动调整, 最终输出电压 U_0 也能保持基本不变。

上述过程说明串联型线性稳压电路的输出电压 U_0 是稳定的, 其电压稳定度随比较放大电路放大倍数的增大而增大。

由以上分析可以看出, 稳压电路实际上是一种反馈控制电路, 它利用负反馈原理来实现输出



电压的稳定,因此,必须注意反馈的极性。

参考方案

下面以一款 12 V 稳压电源为例,介绍整个三极管串联型线性稳压电路的装配与调试过程。

一、元器件的识别与检测

根据元器件清单仔细核对所用元器件的规格、型号和数量,同时用万用表对各元器件进行检测,筛选出不合格的元器件,并记录元器件检测结果,有测量值的填写实际测量值,其他的填写正常。

检测负载电阻(滑动电阻器)和变压器是否正常。

图 1.3 所示为稳压电路常用元器件外形图。

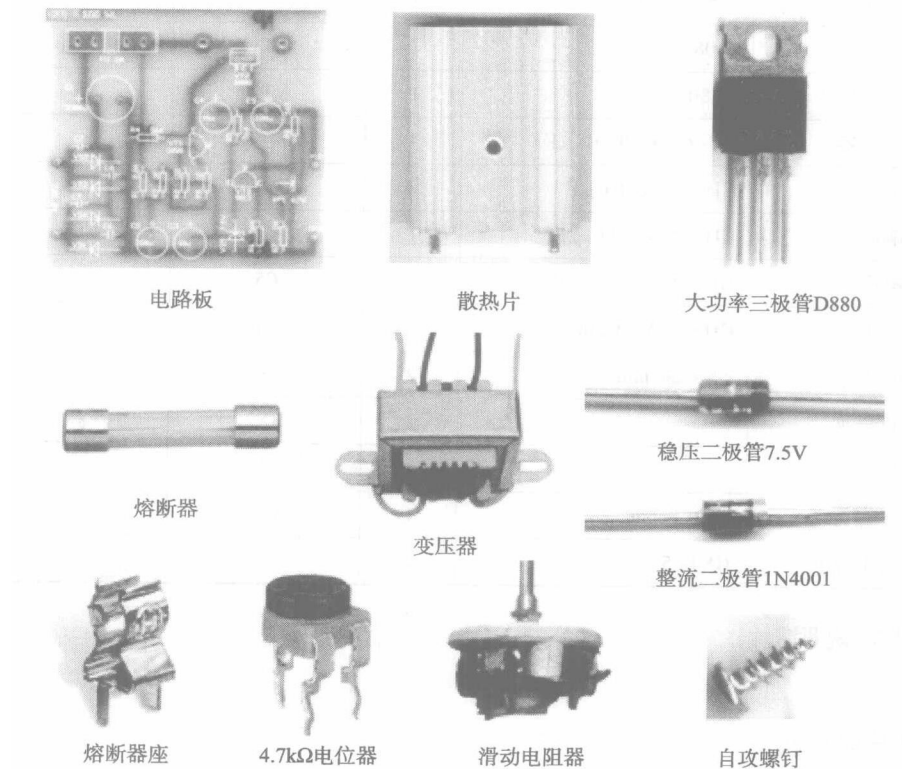


图 1.3 稳压电路常用元器件外形图

稳压电源元器件清单

序号	品名	型号规格	数量	配件图号	实测值
1	碳膜电阻	RT-0.25 W-10 Ω	1	R9	
2	碳膜电阻	RT-0.25 W-100 Ω	1	R2	
3	碳膜电阻	RT-0.25 W-560 Ω	2	R5 ,R8	
4	碳膜电阻	RT-0.25 W-1 kΩ	1	R3	
5	碳膜电阻	RT-0.25 W-2 kΩ	1	R7	
6	碳膜电阻	RT-0.25 W-2.2 kΩ	1	R1	
7	碳膜电阻	RT-0.25 W-56 kΩ	2	R4 ,R6	
8	微调电阻	WS-4.7 kΩ	1	RP1	4.7kΩ
9	整流二极管	1N4001	4	VD1 ~ VD4	
10	稳压二极管	7.5 V	1	VD5	
11	三极管	9013	1	VT3	
12	三极管	1008	1	VT1	
13	功率三极管	D880	1	VT2	
14	瓷片电容	CC-63 V-0.01 μF	4	C6 ~ C9	
15	电解电容	CD-16 V-10 μF	2	C3 ,C4	
16	电解电容	CD-25 V-100 μF	1	C2	
17	电解电容	CD-25 V-220 μF	1	C5	
18	电解电容	CD-25 V-3 300 μF	1	C1	
19	熔断器	φ5 * 20 mm-2 A	2	BX2	
20	熔断器夹		2	BX2	
21	散热片		1	VT2	
22	自攻螺钉	m3 * 8 mm	1	VT2	
23	印制电路板	GK1-5	1		

二、装配说明

※元器件的安装

1. 常用安装方法

(1) 卧式安装(如图 1.4 所示)

(2) 立式安装(如图 1.5 所示)

2. 说明

① 电阻器一般采用卧式贴板安装,特殊位置采用立式安装,引脚弯脚时应有一定的弧度,不



能弯成直角,而且弯脚应保持左右距离相等且对称,尽量做到美观大方,如图 1.5 所示。

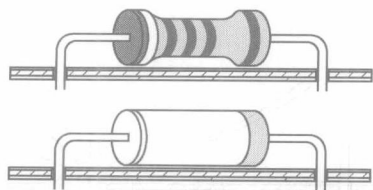


图 1.4 卧式安装

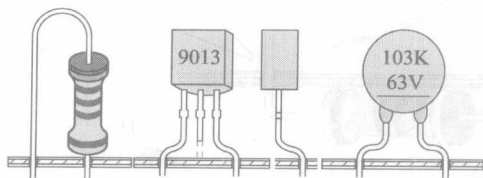


图 1.5 立式安装

② 二极管的安装方法基本上和电阻器一样。

③ 三极管的安装应根据需要选择不同的安装方法,但不能贴板安装,弯脚时注意尺寸,要留有一定的高度。

④ 电容器的安装也要根据实际情况,选择不同的安装方法,相同体积的电容器安装高度要一致,特殊情况也可以卧式安装,如图 1.6 所示。

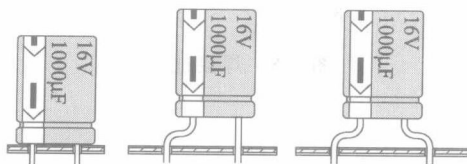


图 1.6 电容器的安装

⑤ 其他元器件应根据装配图要求进行安装。

※ 手工焊接

1. 电烙铁的拿法

手工焊接握电烙铁的方法有正握法、反握法及握笔法三种,如图 1.7 所示。焊接元器件及维修电路板时以握笔法较为灵活、方便。

2. 焊点的质量要求

手工焊接对焊点的要求是:

- ① 具有良好的导电性。
- ② 具有一定的机械强度。
- ③ 焊点上焊料要适量。
- ④ 焊点表面应具有良好的光泽且表面光滑。
- ⑤ 焊接点不应有毛刺、空隙。
- ⑥ 焊接点表面要清洁。

3. 手工焊接方法

手工焊接时一般采用五步法进行,即准备施焊、加热焊件、送入焊丝、移开焊丝、移开烙铁。如图 1.8 所示。

① 准备施焊:将元器件引脚成形后插装到位,预热电

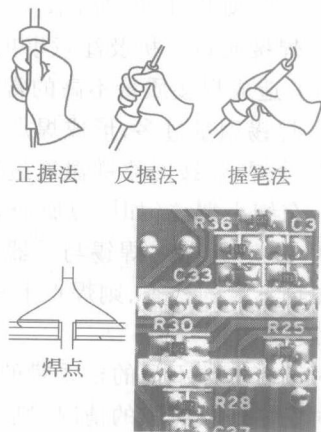


图 1.7 电烙铁的拿法及焊点实物

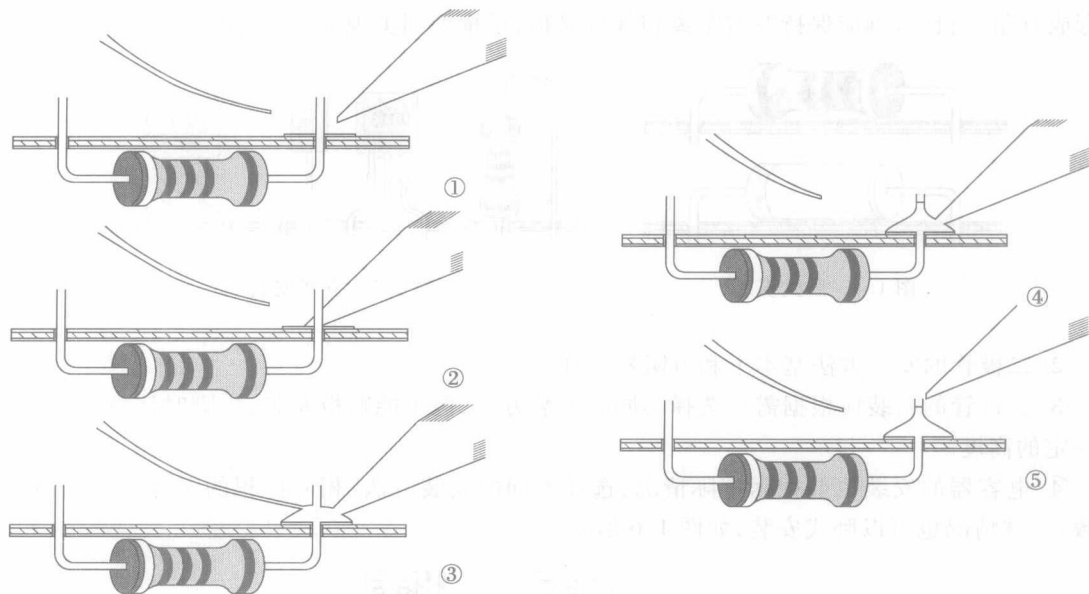


图 1.8 焊接过程

烙铁,拿好焊锡丝,准备焊接。

② 加热焊件:将烙铁头同时靠在元器件引脚和焊盘的结合部上,开始加热焊件,即元器件引脚和焊盘。

③ 送入焊丝:将焊接处加热到一定温度后,从电烙铁的对面送入焊锡丝,放在焊盘上,使焊锡丝熔化,浸润焊盘和元器件引脚。

④ 移开焊丝:当焊锡丝适量熔化后,迅速移开焊锡丝。

⑤ 移开烙铁:当焊接点上的焊料流散接近饱满,助焊剂尚未完全挥发,也就是焊接点上的温度最适当、焊锡最光亮、流动性最强的时刻,迅速移开电烙铁。待焊接面焊锡冷却后就得到一个理想的焊点,如图 1.7 中所示。

4. 焊接质量分析及注意事项

(1) 造成焊接质量不高的常见原因

① 焊锡用量过多,形成焊点的锡堆积;焊锡过少,不足以包裹焊点。

② 冷焊:焊接时烙铁温度过低或加热时间不足,焊锡未完全熔化、浸润,焊锡表面不光滑(不光滑),有细小裂纹(如同豆腐渣)。

③ 夹松香焊接:焊锡与元器件或印制电路板之间夹杂着一层松香,造成电气连接不良。若夹杂加热不足的松香,则焊点下有一层黄褐色松香膜;若加热温度太高,则焊点下有一层碳化松香的黑色膜。

对于有加热不足的松香膜的情况,可以用烙铁进行补焊。

对于已形成黑膜的情况,则要“吃”净焊锡,清洁被焊元器件或印制电路板表面,重新进行焊接。

④ 焊锡连桥:指焊锡量过多,造成元器件的焊点之间短路。这在对超小元器件及印制电路



板上的细小连线进行焊接时要尤为注意。

⑤ 焊剂过量,焊点周围松香残渣很多。

当有少量松香残留时,可以用电烙铁再轻轻加热一下,让松香挥发掉,也可以用蘸有无水酒精的棉球擦去多余的松香或焊剂。

⑥ 焊点表面的焊锡形成突尖。这多是由于加热温度不足、焊剂过少、烙铁离开焊点时角度不当造成的。

(2) 注意事项

① 新电烙铁使用之前一定要上锡,以便于焊接,使用过程中要保持烙铁头清洁,经常去污上锡。

② 焊接时注意电烙铁的使用,防止烫伤人或其他物品,尤其是烙铁的电源线。

③ 电烙铁长时间不用时应关掉电源,或拔下插头。

④ 严格按照焊接五步法进行焊接,焊接时间不能过长,以免损坏元器件。

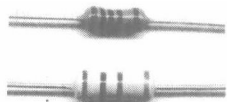
※电阻

1. 常用电阻

① 线绕电阻:通用线绕电阻、精密线绕电阻、大功率线绕电阻、高频线绕电阻。

② 薄膜电阻:碳膜电阻、合成碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻、化学沉积膜电阻、玻璃釉膜电阻、金属氮化膜电阻,如图 1.9 所示。

③ 敏感电阻:压敏电阻、热敏电阻、光敏电阻、力敏电阻、气敏电阻、湿敏电阻。



2. 主要特性参数

① 标称阻值:电阻上面所标示的阻值。

② 允许误差:标称阻值与实际阻值的差值与标称阻值之比的百分数称为阻值偏差,它表示电阻的精度。

③ 额定功率:在正常的大气压力及环境温度条件下,电阻长期工作所允许耗散的最大功率。

④ 温度系数:温度每变化 1°C 所引起的电阻值的相对变化。阻值随温度升高而增大的为正温度系数(PTC),反之为负温度系数(NTC)。

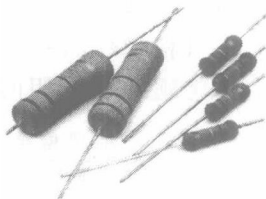


图 1.9 薄膜电阻

3. 电阻阻值标示方法

① 直标法:用数字和单位在电阻表面标出阻值,其允许误差直接用百分数表示。若电阻上未注偏差,则均为 $\pm 20\%$ 。

② 文字符号法:用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值,其允许偏差也用文字符号表示。符号前面的数字表示整数阻值,后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。

文字符号:	D	F	G	J	K	M
允许偏差:	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

③ 数码法:在电阻上用三位数码表示标称值。

④ 色标法:用不同颜色的带或点在电阻表面标示标称阻值和允许偏差,如图 1.10 所示。当



电阻为四环时,最后一环必为金色或银色,前两位为有效数字,第三位为乘方数,第四位为偏差。
当电阻为五环时,最后一环与前面四环距离较大。前三位为有效数字,第四位为乘方数,第五位为偏差。

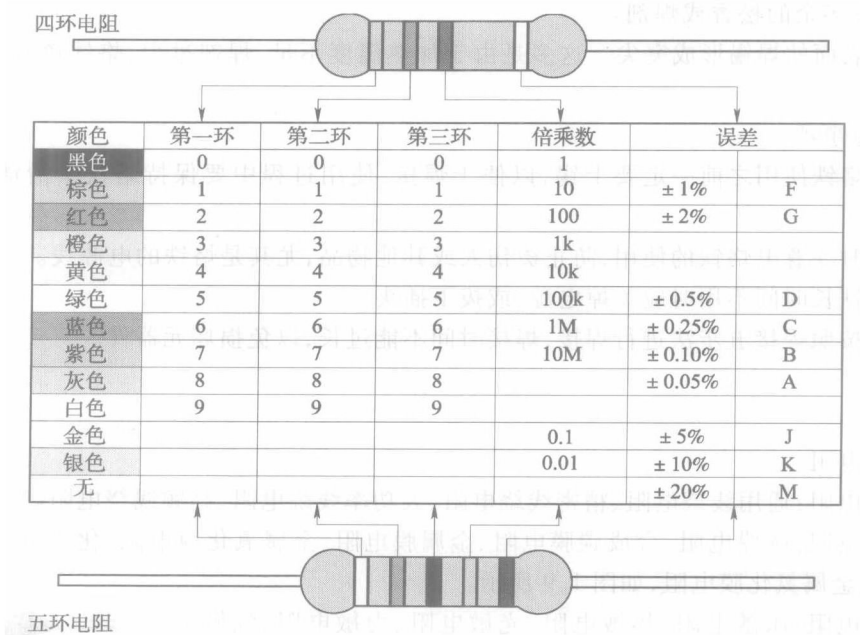
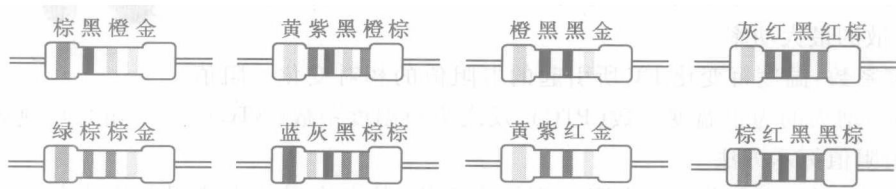


图 1.10 电阻器阻值的色标法

例:(棕-绿-黑-金)表示 $R=15 \times 1 \pm 5\% \Omega = 15\Omega \pm 0.75\Omega$

(棕-绿-黑-金-棕)表示 $R=150 \times 10^{-1} \pm 1\% \Omega = 15\Omega \pm 0.15\Omega$

思考题:下列电阻的阻值各为多少?



4. 电阻的检测方法

- ① 检查电阻的外观有无破损,色环是否清晰,引脚有无断裂和氧化。
- ② 使用万用电阻挡测量其阻值,与其标示值相比较,误差应在规定的范围以内。
注意测量方法,选择合适的挡位,防止人体电阻接入。

本项目中安装电阻的注意事项和要求:

以下电阻均采用卧式安装,如图 1.11 所示。

- ① 左右对称,电阻位于两孔中间。色环方向和文字方向一致。
- ② 弯脚要有圆弧,不能出现直角,引脚保持平直,如图 1.12 所示。



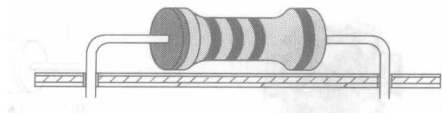


图 1.11 电阻的安装形式

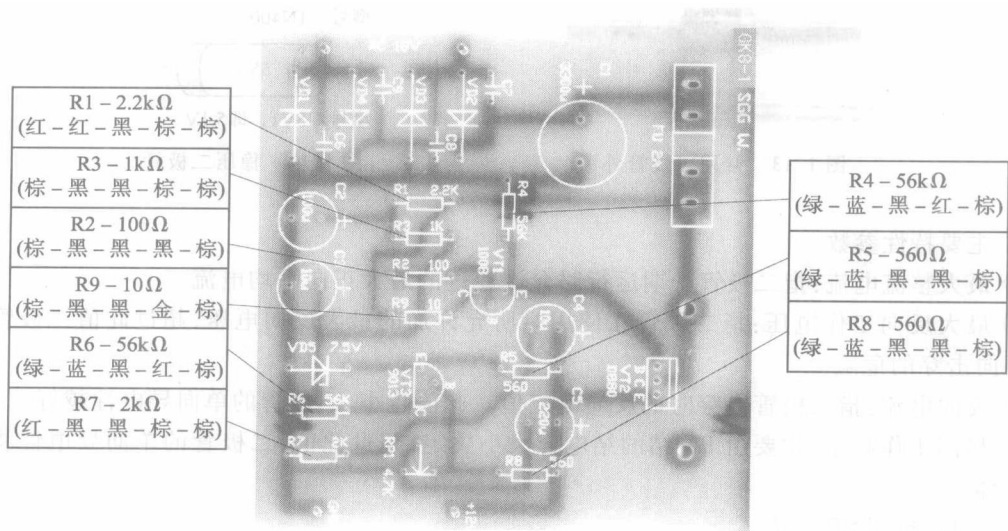


图 1.12 电阻安装说明

※ 二极管

1. 常用二极管

常用二极管的外形如图 1.13 所示。

- ① 整流二极管:将交流电转换成直流电的二极管称为整流二极管,它是面结合型的功率器件,因结电容大,故工作频率较低。
- ② 检波二极管:检波二极管是用于把叠加在高频载波上的低频信号检出来的器件,它具有较高的检波效率和良好的频率特性。
- ③ 开关二极管:用于接通和关断电路的二极管称为开关二极管,它的特点是反向恢复时间短,能满足高频和超高频应用的需要。
- ④ 稳压二极管:由硅材料制成的面结合型二极管,它是利用 PN 结反向击穿时的电压基本上不随电流的变化而变化的特点稳压的,故称为稳压二极管,如图 1.14 所示。
- ⑤ 发光二极管:将电信号转换成光信号的二极管。通常由磷砷化镓(GaAsP)、磷化镓(GaP)制成,光的波长(颜色)与材料有关,发光二极管的开启电压和正向导通电压比普通二极管大,正向电压一般为 1.3 ~ 2.4 V。
- ⑥ 光电二极管:通常由硅材料制成,管壳有接收光照的透镜窗口。光电二极管的电流与照度成正比,用于信号检测、光电传感器、电机转速测量等。



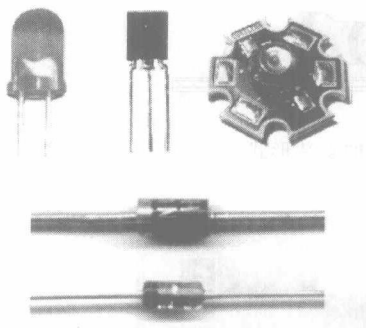


图 1.13 常用二极管外形

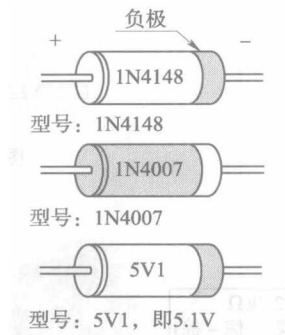


图 1.14 稳压二极管

2. 主要特性参数

- ① 最大整流电流:指二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流。
- ② 最大反向工作电压:指二极管在使用时所允许加的最大反向电压,超过此值二极管就发生反向击穿的危险。
- ③ 反向电流:指二极管击穿时的反向电流值。此值越小,二极管的单向导电性越好。
- ④ 最高工作频率:主要由 PN 结的结电容大小决定,超过此值,二极管的单向导电性将不能很好地体现。

3. 二极管的检测方法

① 极性的判别:将万用表置于二极管测量挡,两表笔分别接二极管的两个电极,测出其正向导通压降(几百毫伏),此时红表笔接的是二极管的正极,黑表笔接的是二极管的负极。反之没有读数。

② 好坏的判断:通常二极管的正向电阻越小越好,反向电阻越大越好。正、反向电阻值相差越悬殊,说明二极管的单向导电特性越好。

用万用表 2k 挡分别测二极管的正、反向电阻,若测得正、反向电阻值均接近 0 或阻值较小,则说明该二极管内部已击穿短路或漏电损坏。若测得二极管的正、反向电阻值均为无穷大,则说明该二极管已开路损坏。

※整流桥堆

整流桥堆外形如图 1.15 所示。

整流桥堆就是将整流二极管封在一个壳内,分为全桥和半桥两种。

全桥是将连接好的桥式整流电路的四只二极管封在一起。

半桥是将两只二极管即桥式整流电路的一半封在一起,用两个半桥可组成一个桥式整流电路。

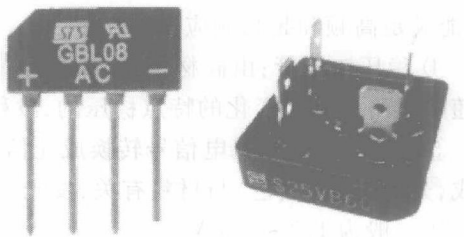


图 1.15 整流桥堆外形

※三极管

1. 常用三极管

常用三极管的外形如图 1.16 所示。

三极管的主要功能是电流放大和开关作用,有 NPN 和 PNP 两种类型。

常用的三极管有 90××系列,包括低频小功率硅管 9013 (NPN)、9012(PNP),低噪声管 9014(NPN 型),高频小功率管 9018(NPN 型)等。它们的型号一般都标在塑壳上,大多是 TO-92 标准封装。

我国生产的三极管命名规则:

第一部分的 3 表示为三极管。

第二部分表示器件的材料和结构:

A: PNP 型锗材料 B: NPN 型锗材料

C: PNP 型硅材料 D: NPN 型硅材料

第三部分表示功能:

U: 光电管 K: 开关管 X: 低频小功率管 G: 高频小功率管 D: 低频大功率管 A: 高频大功率管

2. 主要特性参数

(1) 电流放大系数

也称电流放大倍数,用来表示三极管的放大能力。

根据三极管工作状态的不同,电流放大系数又分为直流电流放大系数和交流电流放大系数。

① 直流电流放大系数:是指在静态无变化信号输入时,三极管集电极电流 I_C 与基极电流 I_B 的比值,一般用 h_{FE} 或 β 表示。

② 交流电流放大系数:是指在有交流信号输入状态下,三极管集电极电流变化量 Δi_C 与基极电流变化量 Δi_B 的比值,一般用 h_{fe} 或 β 表示。

(2) 耗散功率

也称集电极最大允许耗散功率 P_{CM} ,是指三极管参数变化不超过规定允许值时的最大集电极耗散功率。

(3) 频率特性

主要包括特征频率 f_T 和最高振荡频率 f_M 等,若三极管工作在超过了其工作频率范围的状态,则会使其放大能力减弱甚至失去放大作用。

(4) 集电极最大电流 I_{CM}

是指三极管集电极所允许通过的最大电流。

(5) 最大反向电压

是指三极管在工作时所允许施加的最高工作电压。

(6) 反向电流

包括其集电极-基极之间的反向电流 I_{CBO} 和集电极-发射极之间的反向击穿电流 I_{CEO} 。

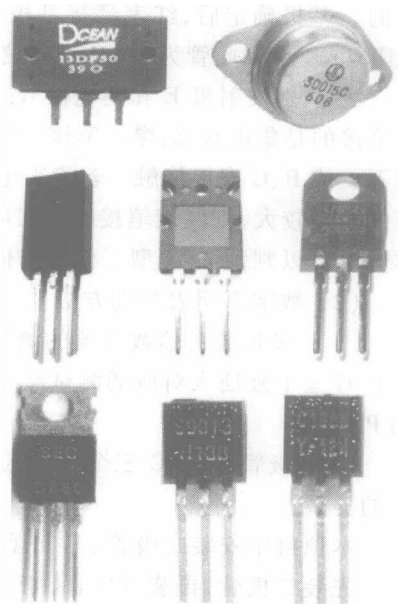


图 1.16 常用三极管外形