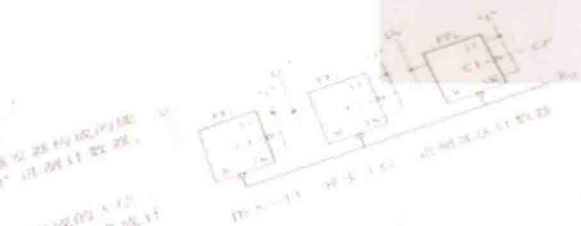


电子技术基础 实训指导书

主 编 夏守行

副主编 林 烨 蔡文明



计数器由三个 JK 触发器构成，因此，

$$\begin{aligned} CP_0 &= CP, CP_1 = Q_0, CP_2 = Q_1 \\ J_0 &= K_0 = 1 \\ J_1 &= K_1 = 1 \\ J_2 &= K_2 = 1 \end{aligned}$$

JK 触发器的特性方程 $Q^{n+1} = JQ^n + KQ^n$

$$Q_0^{n+1} = Q_0^n$$

$$Q_1^{n+1} = Q_1^n \oplus Q_0^n$$

$$Q_2^{n+1} = Q_2^n \oplus Q_1^n$$

由表 5-6，由于电路为异步时序电路，因此，在



WUHAN UNIVERSITY PRESS

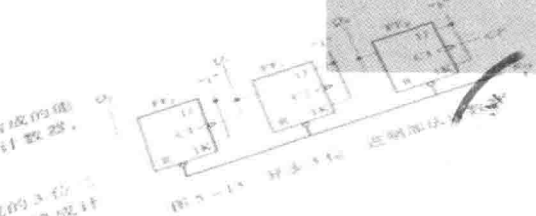
武汉大学出版社

电子技术基础

实训指导书

主 编 夏守行

副主编 林 烨 蔡文明

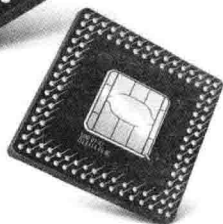
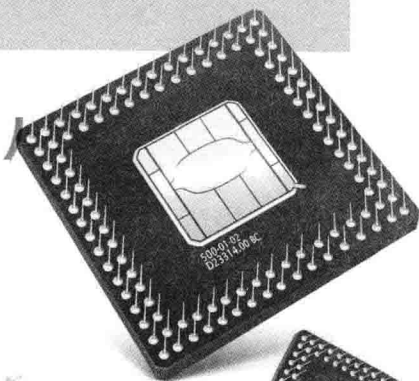


成的 3 位二进制加法计数器，因此，
 $CP_0 = CP$, $CP_1 = Q_0$, $CP_2 = Q_1$,
 $J_0 = K_0 = 1$,
 $J_1 = K_1 = 1$,
 $J_2 = K_2 = 1$

触发器的特性方程 $Q^{n+1} = JQ^n + KQ^n$ 中，得到各触发器的次态方程，在

$$\begin{aligned} Q_0^{n+1} &= Q_0^n (CP_0 + 1) \\ Q_1^{n+1} &= Q_1^n (Q_0^n + 1) \\ Q_2^{n+1} &= Q_2^n (Q_1^n + 1) \end{aligned}$$

见表 5-6。由于电路为异步加法计数器，由状态方程求出



WUHAN UNIVERSITY PRESS
 武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实训指导书 / 夏守行主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2014. 9
ISBN 978-7-307-14289-3

I. ①电… II. ①夏… III. ①电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 213226 号

责任编辑:沈婷婷

责任校对:关 健

版式设计:大春文化

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:杭州印校印务有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:13.5 字数:296 千字

版次:2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-14289-3 定价:39.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前言

本书是由浙江工贸职业技术学院电子工程系实训中心的相关老师共同编写的,属于项目化教学改革的一系列教材之一,可以作为高职高专应用电子类、电子信息类和电工电子类专业学生的电子技术基础实训的教材,也可作为生产一线电子技术和电工电子技术人员参考书。

随着高等职业教育的蓬勃发展,传统的灌输式教学方法早已遇到严重的瓶颈,教学效率和效果低下。而项目式教学方法,是以职业生涯为目标,以工作产品为知识框架,以职业能力为基础,以培养学生与现代技术相适应的技术实践能力为主要内容,近年来得到了很好的应用。项目式教学法体现了“从做中学”、“边学边做”和“手把手教”的新的教学方式,激发了学生的学习欲望和需求,提高了教学效率。

本书的主要内容是:元器件知识、电子工艺、基本电路、电子测量、基本实用电路、综合应用电路项目。元器件知识主要是目前常用的电子元件认识、判断和特性测量,剔除了许多教材中过时、已基本不用的器件,增加了新器件的认识和测量。基本电路是能完成比较单一功能的实用电路,涉及知识点不多,适合读者初始学习。电子工艺、电子测量主要是指装配、焊接、调试技能及各种常用电子仪器仪表的使用等方法。基本实用电路是指某一个方面的知识应用,这种电路一般来自实际产品电路,或根据实际市场需求设计的电路,具有一定实用价值,覆盖理论知识点较广。综合应用电路比基本实用电路覆盖的知识点更多,知识运用能力较强。

本书由浙江工贸职业技术学院电子工程系夏守行副教授任主编,林焯和蔡文明老师任副主编。具体编写分工为:第一章至第四章由林焯老师编写;第五章至第八章由夏守行老师编写;第九章至第十二章由蔡文明老师编写。全书由夏守行统稿。本书得到浙江省高校实验室工作研究会的“浙江省实验室工作研究项目”的支持,在编写过程中,也得到浙江工贸职业技术学院科研处及电子系的相关老师的指导和帮助,在此一并感谢!

由于编者水平和资料收集所限,疏漏和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2014年5月于温州

目 录

第一章 认识元器件 1

- 第一节 电 阻 /1
- 第二节 电 容 /5
- 第三节 电 感 /7
- 第四节 二 极 管 /8
- 第五节 三 极 管 /11
- 第六节 开关和继电器 /14
- 第七节 常用传感器 /16
- 第八节 集 成 电 路 /18

第二章 电子测量与焊接工艺 19

- 第一节 万用表的原理和使用 /19
- 第二节 示波器的原理和使用 /22
- 第三节 信号发生器 /27
- 第四节 手工焊接技术 /30
- 第五节 电路排故方法与技巧 /35
- 第六节 RoHS 与环保 /36

第三章 电 源 电 路 39

- 第一节 集成线性三端稳压电路 /39

第二节	分立件线性稳压电路	/43
第三节	直流开关稳压电源	/46
第四节	恒流源 LED 驱动电路	/48

第四章 小信号检测和控制电路 51

第一节	电压指示器电路	/51
第二节	水塔自动供水控制电路	/53
第三节	超压欠压保护电路	/56
第四节	拍手开关电路	/59
第五节	声控光敏延时开关电路	/61
第六节	人体远红外热释电照明和报警电路	/64

第五章 音频功率放大器 67

第一节	A 类音频功率放大器	/67
第二节	AB 类音频功率放大器	/71
第三节	分立件 OCL 音频功率放大器	/79
第四节	集成音频功率放大器 TDA2822	/84
第五节	集成音频功率放大器 TDA2030A	/91
第六节	分立式数字功放	/95

第六章 信号发生器 99

第一节	RC 正弦波信号发生器	/99
第二节	LC 正弦波信号发生器	/102
第三节	石英晶体振荡信号发生器	/107
第四节	波形变换电路	/110

第七章 高频电子电路 114

第一节	无线调频话筒	/114
第二节	超外差式收音机	/117
第三节	无线电遥控灯光电路	/124

第八章 电力电子电路 129

第一节	调光电路	/129
第二节	方波逆变器	/134

第三节 准正弦波逆变器 /138

第四节 光伏充电管理器 /140

第九章 门电路应用电路 144

第一节 简易逻辑笔的制作 /144

第二节 触摸式报警电路的制作 /146

第三节 话音触摸式报警电路 /149

第四节 声光双控延时照明电路 /153

第五节 门电路密码锁 /155

第十章 组合逻辑电路 159

第一节 优先编码电路 /159

第二节 多路信号传输电路 /164

第三节 八路数显抢答器 /166

第十一章 时序逻辑电路 170

第一节 二进制—十进制对照显示电路 /171

第二节 多芯电缆检测电路 /174

第三节 变色吊顶电路设计 /177

第四节 数显地址呼叫器 /180

第五节 60 秒倒计时电路 /185

第十二章 555 时基电路 189

第一节 555 逻辑测试笔 /191

第二节 双音报警电路 /193

第三节 红外防盗电路 /196

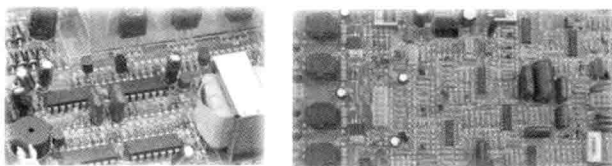
第四节 简易电子琴制作 /199

第五节 双向流动彩灯控制电路 /201

参考文献 207

第一章 认识元器件

我们打开一个电子产品的外壳,看到线路板上很多元器件,它们排列规则,井然有序,像是一支等待检阅的军队。通过本章的学习,我们将认识其中大部分元器件的种类、功能和特性。



第一节 电 阻

电阻是电路中最基本、最常用的元件,据统计电阻器在一般电子产品中占到全部元器件总数的 50% 以上。电阻的主要功能是限流和分压。电阻将电能转变成热能,是一种耗能元件。电阻的代号是 R,单位是 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$,电路符号如图 1-1-1 所示。

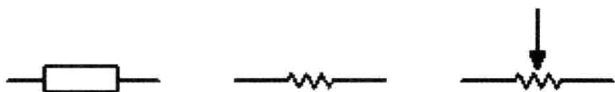


图 1-1-1 电阻的电路符号

按照制造工艺和材料电阻器可分为合金型、薄膜型和合成型三种。合金型是电阻合金拉制成合金线或者碾压成合金箔制成的,比如绕线电阻等;薄膜型是在玻璃或陶瓷基体上沉积一层电阻薄膜,薄膜厚度一般在几微米以下,常见的有碳膜、金属膜和金属氧化膜;合成型电阻体是由导电颗粒和化学粘结剂混合而成。一般按照外观和分装不同,我们在实训中遇到的电阻有色环电阻、贴片电阻、水泥电阻、电位器、滑动变阻器等。

一、色环电阻

色环电阻又叫色标电阻,是在电阻表面上印有四道或五道色环,用色环的颜色及顺序表示其阻值。普通电阻用四道颜色表示,精密电阻用五道颜色表示。

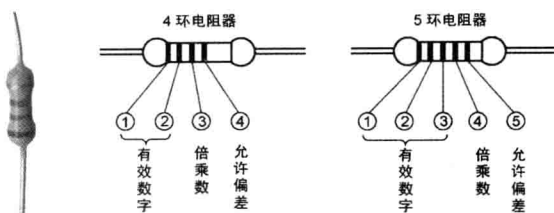


图 1-1-2 色环电阻

(一) 四环电阻

四环电阻表面印有四道色环,前三道色环表示阻值。其中第一、二道色环表示两位有效数字,第三道色环表示倍乘数,也就是两位有效数字后面加 0 的个数。第四道色环表示误差。四环电阻是普通电阻,其电阻材料是碳膜,有 5% 和 10% 两种误差,金色表示 5% 的误差,银色表示 10% 的误差。

表 1-1-1 四环电阻各环的颜色含义

色环颜色	第一道数字	第二道数字	第三道倍数	第四道误差
黑	0	0	0	
棕	1	1	1	1%
红	2	2	2	2%
橙	3	3	3	
黄	4	4	4	
绿	5	5	5	0.5%
蓝	6	6	6	0.25%
紫	7	7	7	0.1%
灰	8	8	8	
白	9	9	9	
金			-1	5%
银			-2	10%
无色				20%

例:一四环电阻从左到右颜色分别为金、红、黑、棕色,从表中可知金色只代表 5% 的误差,所以最右边棕色为第一道色环,第一、二环颜色表示 10,是阻值的有效数字,第三行红色表示 2,是倍数,电阻阻值为 $10 \times 10^2 = 1000 \Omega = 1 \text{ k}\Omega$ 。

思考题 10 Ω 、1 Ω 、0.1 Ω 的电阻怎么表示?

(二) 五环电阻

五环电阻一般是 1% 误差的精密电阻,其标识方法和四环电阻很接近,区别是五环

电阻的第一、二、三道环是有效数字,第四道环是倍数,第五道环是误差。各道色环含义如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 五环电阻各环的颜色含义

色环颜色	第一道数字	第二道数字	第三道数字	第四道倍数	第五道误差
黑	0	0	0	0	
棕	1	1	1	1	1%
红	2	2	2	2	2%
橙	3	3	3	3	
黄	4	4	4	4	
绿	5	5	5	5	0.5%
蓝	6	6	6	6	0.25%
紫	7	7	7	7	0.1%
灰	8	8	8	8	
白	9	9	9	9	
金				—1	5%
银				—2	10%
无色					20%

(三) 色环电阻的功率

色环电阻除了有阻值参数外,还有功率参数,即电阻允许的最大功率。一般常用的色环电阻功率为 $1/4\text{W}$,按大小不同还有 $1/8\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 1W 等规格。

思考题 一个 $1\text{k}\Omega$ 、 $1/4\text{W}$ 的色环电阻,能够通过的最大电流是多少?

二、贴片电阻

贴片电阻是应用于 SMT(表面安装技术)的一种电阻,其外形如图 1-1-3 所示。贴片电阻一般采用数字直标法标识阻值,精度为 5% 的普通电阻采用三位数字标识,如 100 表示 $10 \times 10^0 = 10\Omega$;精度为 1% 的精密电阻采用四位数字标识,如 5102 表示 $510 \times 10^2 = 51\text{k}\Omega$ 。

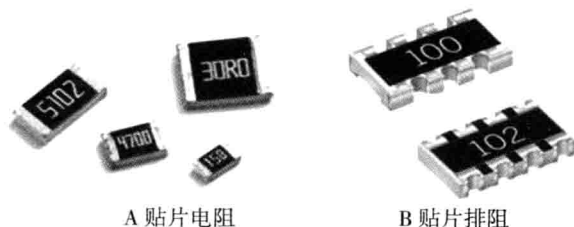


图 1-1-3 贴片电阻

贴片电阻封装有英制和公制两种,如英制 0603 贴片电阻表示电阻大小为 $60\text{mil} \times 30\text{mil}$,其公制为 1608,表示 $1.6\text{mm} \times 0.8\text{mm}$ 。常用贴片电阻公英制和功率对应关系如表 1-1-3 所示。

表 1-1-3 贴片电阻公英制和功率耐压对应关系

公制	英制	功率	耐压	阻值范围
1005	0402	1/16	25	10~1M
1608	0603	1/10	50	1~10M
2012	0805	1/8	150	
3216	1206	1/4	200	

三、电位器

电位器是一种常见的可调电阻,因其在电路中的作用是获得与输入电压成一定比例的输出电压,称为电位器。它分为单圈电位器 and 多圈电位器。电位器是一种三端元件,将可调端和其中一个不可调端短路就变成一个二端元件。电位器按电阻体材料可分为碳膜电位器、金属膜电位器和绕线电位器,按功率和外观又有大型、小型、微型之分。下面介绍几种常见的电位器。

(一)RM065 卧式电位器

该电位器外观如图 1-1-4 所示。该款电位器可调胶盖为白色,底座为蓝色,所以市场上也称之为蓝白可调电阻。该款电位器采用合成碳膜做电阻体,单圈可调,调节迅速但调节精度较低,价格较为便宜,耐压 50V,额定功率为 0.1W。

(二)3296W 电位器

该电位器外观如图 1-1-5 所示,采用金属陶瓷作电阻体,25 圈可调,调节速度慢,但调节精度高,额定功率为 0.5W。

(三)WX112 电位器

该款电位器外观如图 1-1-6 所示,是单圈金属绕线电位器,额定功率 5W,使用寿命长。



图 1-1-4 RM065 电位器



图 1-1-5 3296W 电位器



图 1-1-6 WX112 电位器

第二节 电 容

电容是存储电荷的器件,也是最基本、最常用的电子元件之一。电容不仅能存储电能,而且可以在需要的时候释放出来。电容的电路符号如图 1-2-1 所示。电容的主要参数有标称电容量、额定电压、允许误差三项。下面介绍几种常见的电容。



按照制造工艺和材料分类,电容可分为有机介质电容器、无机介质电容器和电解电容器。无机介质常见的有纸介质、涤纶介质、聚苯乙烯等;无机介质有陶瓷、云母、玻璃等;电解电容有铝电解电容、钽电解电容等。

一、瓷片电容

瓷片电容是在瓷片的两边贴上金属电极压合而成,多为扁圆形,是无极性电容,有高频和低频之分,外观如图 1-2-2 所示。低频瓷片电容的容量范围多在 $10\text{pF} \sim 4.7\mu\text{F}$ 之间,额定电压多为 50V 、 100V 、 500V 等。低频瓷片电容体积小、价格低,但稳定性低,一般用在要求不高的低频电路中。瓷片电容的表面一般用数字直标法标注电容量和耐压值,比如标注 104 的瓷片电容,其容量为 $10 \times 10^4 = 100000\text{pF} = 0.1\mu\text{F}$ 。

二、铝电解电容

铝电解电容一般用铝箔和浸有电解液的纤维带交叠卷成圆柱形后封装在铝壳内制成,其外观如图 1-2-3 所示。大容量的铝电解电容的外壳顶端通常有“十”字形压痕,作用是防止电容过热引起的电容体爆炸。铝电解电容的特点是容量大,价格便宜,但是易漏电,稳定性差,有正负极性,适宜用于电源滤波或者低频电路中。使用的时候,要特别注意正负极不要接反。如图 1-2-3 所示的铝电解电容的两只引脚一只长一只短,“长脚”为正极,或者圆柱体上有白色阴影的一侧为负极。

铝电解电容圆柱体上一般用直标法标有容量和耐压两个参数。如果作为滤波电容,耐压值应该大于有效值的 1.42 倍,另外还要留出 15% 的裕量。电解电容的误差一般在 10%、20% 以上。



图 1-2-2 瓷片电容

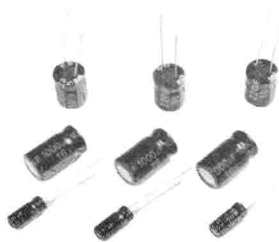


图 1-2-3 铝电解电容

三、钽电解电容

钽电解电容采用金属钽作为电解质。由于金属钽的物理性能稳定,所以它与铝电解电容相比具有绝缘电阻大、漏电小、性能稳定、寿命长、温度和频率特性好等优点,但是成本高、额定工作电压低,主要用于电气性能高的电路。由于钽电容比容量非常高、体积小,在表面安装技术(SMT)上有着广泛应用。图 1-2-4 所示是钽电解电容的外观。

四、涤纶电容

涤纶电容是一种有机电容,用两片金属箔做电极,夹在极薄绝缘介质中,卷成圆柱形或者扁柱形芯子,介质是涤纶。涤纶薄膜电容,介电常数较高,体积小,容量大,稳定性较好,适宜做旁路电容。其外观如图 1-2-5 所示。涤纶电容的精度、损耗、绝缘电阻、温度特性、可靠性及适应环境等指标都优于电解电容、瓷片电容两种电容,但是容量价格以及容量体积比都大于以上两种电容。



图 1-2-4 A 插件钽电容 B 贴片钽电容



图 1-2-5 涤纶电容

五、安规电容

安规电容是指电容失效后不会导致电击、不危及人身安全的一类特殊电容。主要用在电源电路中,起到电源滤波作用。安规电容分为 X 电容和 Y 电容,火线和零线间的是 X 电容,零火线和地线间的是 Y 电容,它们分别对差模和工模干扰起滤波作用。

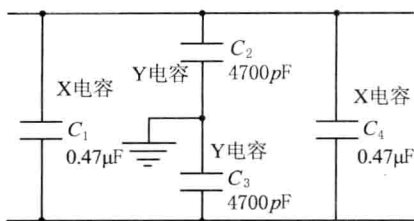


图 1-2-6 安规电容电路



X 安规电容



Y 安规电容

图 1-2-7

六、固态电容器

固态电容器(全称为固态铝质电解电容器)属于高端电容,它采用高导电性分子材料作电解质,通常采用铝壳包裹,电容器顶端没有“十”字或“K”字防爆纹。由于没有电解液,不存在爆浆现象,具有使用寿命长、温度特性好等优点。

七、贴片电容

贴片电容主要有贴片钽电容(如图 1-2-8 所示)、贴片电解电容、贴片陶瓷电容等类型。

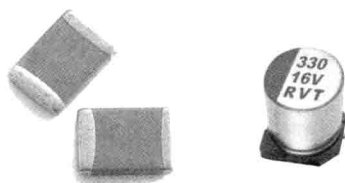


图 1-2-8 贴片电容

第三节 电 感

电感是导线一圈一圈地绕在绝缘体上制成的,各圈之间彼此绝缘,芯体可以是空心、铁芯、磁粉芯等。和电容一样,电感也是储能元件,其主要作用有筛选信号、消除噪音、平滑电流及抑制电磁波干扰等。电感器的电路符号如图 1-3-1 所示。

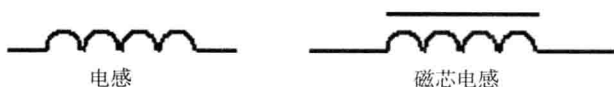


图 1-3-1 电感的电路符号

电感器的作用是通直流隔交流,它可以和电容一起构成滤波电路,或者与电容电阻一起构成谐振电路。电感的参数有电感量、固有电容、品质因数、额定电流等。

当流经电感的电流改变时会出现反向电动势来抵抗电流的改变,这种现象称为自感。两个电感线圈相互靠近时,一个电感线圈的磁场变化将影响另一个电感线圈,这种影响就是互感。变压器、互感器等是利用电感的互感现象制成的特殊电感。

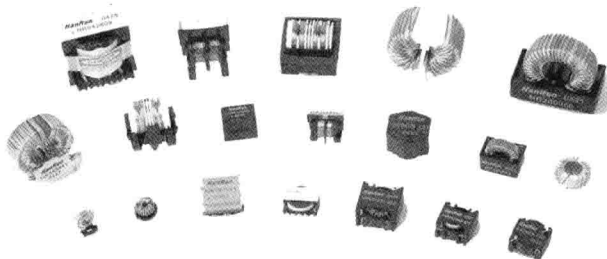


图 1-3-2 各种电感

第四节 二极管

二极管是由一个 PN 结构成的半导体器件,具有单向导电性。二极管的种类很多,根据材料可分为硅二极管和锗二极管,根据不同的用途可分为检波二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管等,根据管芯结构可分为点接触型、面接触型、平面型二极管,其他特殊的还有肖特基二极管、变容二极管等。二极管的主要参数有正向电流 I_F 、正向电压降 V_F 、最大连续反向电压 V_{rm} 、反向恢复时间 T_{rr} 等。二极管的电路符号如图 1-4-1 所示。下面介绍几款常用的二极管参数及其主要用途。

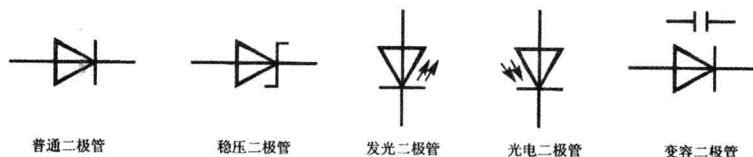


图 1-4-1 二极管电路符号

一、1N4000 系列二极管



图 1-4-2 1N4000 二极管(左插件右贴片)

1N4000 系列二极管是面接触硅管,塑料外壳封装,具有正向电流大、反向耐压高、反应速度慢的特点,多用在交流电的整流、继电器线圈泄能等场合。其外观如图 1-4-2 所示,有银色标记的一端为阴极。表 1-4-1 是 1N4000 系列二极管的主要参数对照表。

表 1-4-1 1N4000 系列二极管主要参数表

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4000	Unit
* Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}								
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
DC Blocking Voltage	V_R								
* Non-Repetitive Peak reverse Voltage (halfwave, single phase, 60Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
⁸ RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
* Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60Hz, see figure 8, $T_A = 75^{\circ}\text{C}$)	I_O	1.0							Amp
* Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions, see Figure 2)	I_{FSM}	30(for 1 cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{sig}	-65 to +175							$^{\circ}\text{C}$

注:如果要了解 1N4007 的详细参数,在 Google 搜索“1N4007 pdf”关键字,就可以找到 1N4007 二极管 pdf 格式的技术规格书(电脑上要安装 Adobe Reader 或者其他 pdf 阅读软件)。

二、1N4148 二极管

1N4148 二极管是点接触型硅管,是小电流高频开关二极管,玻璃外壳封装。其正向电流只有 150mA,反向电压 100V,一般用在信号频率较高的电路中。1N4148 的外观如图 1-4-3 所示,黑色标记的一端为阴极。

三、1N5819 二极管

1N5819 是肖特基二极管,其外形如图 1-4-4 所示。肖特基二极管又叫肖特基势垒二极管(Schottky Barrier Diode, SBD),它不是利用 P 型半导体与 N 型半导体接触形成



图 1-4-3 1N4148 二极管(左插件右贴片)



图 1-4-4 1N5819(左插件右贴片)

PN 结原理制作的,而是利用金属与半导体接触形成的金属-半导体结原理制作的。因此,肖特基二极管也称为金属-半导体(接触)二极管或表面势垒二极管。SBD 具有开关频率高和正向压降低等优点,但其反向击穿电压比较低。1N5819 正向额定电流 1A、峰值电流 25A、正向压降 0.6V、最大反向电压 40V。由于肖特基二极管反应速度快,多用在高频低电压整流和开关电源的续流。

四、稳压二极管

稳压二极管(Zener diode)又叫齐纳二极管,它是一种直到临界反向击穿电压前都具有很高电阻的半导体器件。在这临界击穿点上,电流增加而电压则保持恒定。稳压二极管是根据击穿电压来分挡的,几个稳压二极管可以串联起来构成更大的稳定电压。稳压二极管的外观与 1N4148 类似,在玻璃管上会有电压值的标记,比如 9V₁ 的标记表示稳定电压为 9.1V。使用稳压二极管时要注意两点:一、必须与限流电阻串联接入电路,否则二极管会反向击穿;二、稳压二极管必须反接于电路中。其应用电路如图 1-4-5 所示。

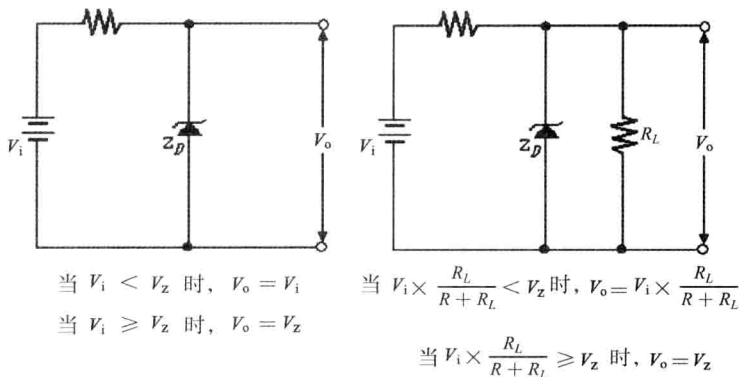


图 1-4-5 稳压二极管应用电路

五、发光二极管

发光二极管简称为 LED。由镓(Ga)与砷(As)、磷(P)、氮(N)、铟(In)的化合物制成的二极管,当电子与空穴复合时能辐射出可见光,因而可以用来制成发光二极管。在电路及仪器中作为指示灯,也可组成阵列显示文字和图像。随着科技发展,用以照明的功率 LED 也开始流行,可代替白炽灯、荧光灯等作照明用途,具有寿命长、节能等优点。

圆柱形 LED 指示灯有直径为 3mm 和 6mm 两种,长引脚为阳极,短引脚为阴极,也可以用数显万用表二极管挡测量。普通的 LED 指示灯一般要通过 5~15mA 的电流才能发光,电流不能超过 20mA,否则 LED 会损坏,所以 LED 要接串联限流电阻。红色、绿色等 LED 导通后管压降一般在 2V 左右。目前许多贴片 LED 为高亮 LED,通过 1~