

目 录

项目一 直流稳压电源的制作与检测	1
1.1 导任务	2
1.1.1 情境描述	2
1.1.2 任务分析	2
1.2 学新知	3
1.2.1 半导体基础知识	3
1.2.2 半导体二极管	10
1.2.3 整流电路	16
1.2.4 滤波电路	19
1.2.5 稳压电路	22
1.3 练技能——焊接工艺	23
1.3.1 锡焊工具与材料	23
1.3.2 手工锡焊的工艺流程	25
1.3.3 直流稳压电源的制作	27
1.3.4 直流稳压电源的检测	30
1.4 析故障	30
1.5 赛风采	31
1.6 重反馈	33
思考与练习	34
项目二 传感器信号放大电路的安装与检测	36
2.1 导任务	37
2.1.1 情境描述	37
2.1.2 任务分析	38
2.2 学新知	38
2.2.1 双极型三极管	38

2.2.2	基本放大电路	44
2.3	练技能——三极管参数测试	51
2.3.1	三极管管脚的识别	51
2.3.2	三极管电流放大倍数 β 的测量	52
2.3.3	示波器的使用方法	53
2.3.4	传感器信号放大电路的安装与检测	53
2.4	析故障	55
2.5	赛风采	58
2.6	重反馈	59
	思考与练习	61
 项目三 智能生产线温度控制系统		63
3.1	导任务	64
3.1.1	情境描述	64
3.1.2	任务分析	64
3.2	学新知	65
3.2.1	集成运放概述	65
3.2.2	集成运放的应用	70
3.3	练技能——电子线路识图	79
3.3.1	集成电路图的功能	80
3.3.2	集成电路图的特点	81
3.3.3	集成电路识图方法和注意事项	82
3.3.4	智能生产线温度控制系统电路的识别与分析	85
3.4	析故障	86
3.5	赛风采	87
3.6	重反馈	88
	思考与练习	89
 项目四 智能生产线数码显示屏的装配与调试		91
4.1	导任务	92
4.1.1	情境描述	92
4.1.2	任务分析	92

4.2	学新知	93
4.2.1	逻辑代数基础	93
4.2.2	基本逻辑门电路	100
4.2.3	组合逻辑电路的分析与设计	105
4.2.4	编码器	107
4.2.5	译码器	109
4.3	练技能——电子元器件的装配与安装工艺	115
4.3.1	常见电子元器件装配工艺	115
4.3.2	电子元器件的插装工艺	119
4.3.3	数码显示电路的装配与调试	120
4.4	析故障	124
4.5	赛风采	124
4.6	重反馈	126
	思考与练习	127
项目五 抢答器电路的装配与调试		130
5.1	导任务	131
5.1.1	情境描述	131
5.1.2	任务分析	131
5.2	学新知	131
5.2.1	项目基本知识	131
5.2.2	时序逻辑电路的分析方法	143
5.2.3	时序逻辑电路的分析	146
5.3	练技能——电子线路的装配与调试工艺	167
5.3.1	电子线路的装配原则	167
5.3.2	电子线路的装配工艺	168
5.3.3	抢答器电路的装配与调试	169
5.4	析故障	171
5.5	赛风采	172
5.6	重反馈	173
	思考与练习	174

项目六 定时机器人的制作与调试	176
6.1 导任务	177
6.1.1 情境描述	177
6.1.2 任务分析	177
6.2 学新知	178
6.2.1 555 定时器概述	178
6.2.2 555 定时器电路结构及工作原理	179
6.2.3 555 定时器电路的典型应用	181
6.3 练技能——电气控制线路故障分析与检查方法	184
6.3.1 电气控制线路故障查找	184
6.3.2 电气控制线路故障检查	185
6.3.3 定时机器人的制作与调试	185
6.4 析故障	187
6.5 赛风采	187
6.6 重反馈	189
思考与练习	190
参考文献	192

项目一



直流稳压电源的制作与检测

项目目标

1. 了解半导体材料的基本知识，掌握二极管的工作特性，了解其他二极管的特点及其在实际应用中的广泛用途。
2. 掌握整流电路、滤波电路、稳压电路的工作原理，确保能够深入理解并灵活应用于电路设计与实践之中。
3. 能正确使用常用电工仪表对二极管进行检测，确保在电路搭建与调试过程中能够准确判断并处理各种元器件问题。
4. 严格遵守相关安全操作规程，培养良好的职业素养和严谨的操作习惯，确保在项目实施过程中既能高效完成任务，又能保障个人及他人的安全。

思政目标

1. 引入中国在可控核聚变等领域的卓越成就，帮助学生了解国家科技发展的现状和未来，增强他们的民族自信和自豪感。
2. 通过掌握直流稳压电源的制作与检测技术，让学生感受到技术的魅力和力量，增强他们的科技自信。
3. 通过直流稳压电源的制作与检测项目，使学生能够将理论知识与实际操作相结合，提升他们的动手能力和实践能力。
4. 通过项目实践，提升学生的沟通能力，让他们学会与他人进行有效的沟通和交流，提高团队合作的效率和质量。

1.1 导任务

1.1.1 情境描述

重庆华数机器人有限公司是一家集机器人产品、机电一体化产品、自动化生产装备、自动控制设备、驱动装置、计算机软件、机电设备及系统集成的研发、生产、销售及售后服务的现代化企业。

随着公司业务的不扩展，对专业技术人才的需求也日益增加。新招聘的智能制造行业毕业生们怀揣着对技术的热情和对未来的憧憬，加入了公司的大家庭。然而将理论知识转化为实际工作能力，是他们面临的重要挑战。为此培训中心主任黄主任深知电子技术工程在机器人及自动化设备中的核心地位，决定为他们量身定制系列的学习与实践任务，以帮助他们快速适应工作环境，掌握关键技能。



图 1-1 直流稳压电源

在学习与实践任务中，黄主任特别强调了直流稳压电源的重要性。他解释说，在机器人和自动化设备的控制系统中，稳定的电源供应是确保设备稳定运行的关键，因此了解和掌握直流稳压电源的制作与检测技术，对于自动化类的毕业生来说至关重要。

那么什么是直流稳压电源，它的作用是什么，它有什么优点，它的结构组成是什么，又是如何实现直流稳压作用？

1.1.2 任务分析

- (1) 认知半导体材料、二极管工作特性、整流电路、滤波电路和稳压电路的基础理论知识；
- (2) 设计并搭建简单的桥式整流电路，测试输出电压，验证整流效果；
- (3) 设计并搭建电容滤波电路，测试输出电压，验证滤波效果；
- (4) 设计并搭建简单的稳压器电路，测试输出电压和稳定性，验证稳压效果；
- (5) 设计并搭建一个完整的直流稳压电源电路，对整机进行调试和优化，确保电源的性能。

1.2 学新知

1.2.1 半导体基础知识

1. 导体、绝缘体和半导体

自然界的一切物质都是由分子、原子组成的。原子又由一个带正电的原子核和在它周围高速旋转着的、带有负电的核外电子组成。不同原子的内部结构和它周围的电子数量各不相同。物质原子最外层电子数量的多少，往往决定该种物质的导电性能。按照导电性能的不同，自然界的物质大体可分为三大类。

(1) 导体

导体最外层电子数通常是1~3个，且距原子核较远，受原子核的束缚力较小。由于外界影响，最外层电子获得一定能量后，极易挣脱原子核的束缚而游离到空间成为自由电子，因此导体在常温下存在大量的自由电子，具有良好的导电能力，导体的物质结构如图1-2(a)所示。常用的导体材料有银、铜、铝、金等。

(2) 绝缘体

绝缘体的最外层电子数一般为6~8个，且距原子核较近，因此受原子核的束缚力较强而不易挣脱其束缚。常温下绝缘体内部几乎不存在自由电子，因此导电能力极差或不导电，绝缘体的物质结构如图1-2(b)所示。常用的绝缘体材料有橡胶、陶瓷、惰性气体等。

(3) 半导体

半导体的最外层电子数一般为4个，在常温下存在的自由电子数介于导体和绝缘体之间，因而在常温下半导体的导电能力也是介于导体和绝缘体之间，半导体的物质结构如图1-2(c)所示。常用的半导体材料有硅、锗等。

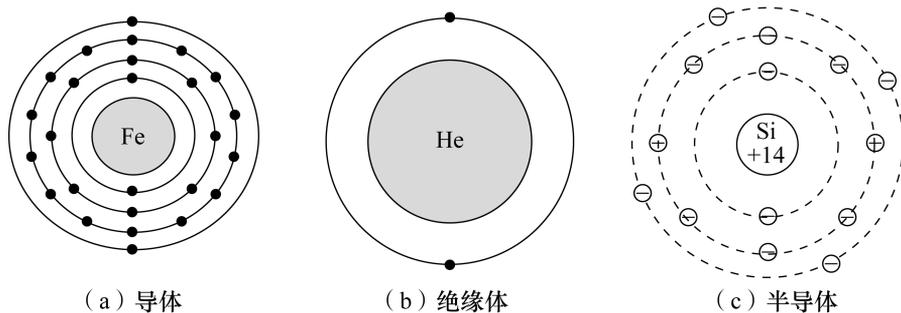


图 1-2 不同物质结构示意图

半导体在不同条件下的导电能力有显著差异。有些半导体对温度的反应特别灵敏，当

环境温度升高时，其导电能力要增强很多，这就是半导体材料的热敏性特点。人们可以把它制成自动控制用的热敏元件，如半导体热敏电阻。

有些半导体对光照敏感。当有光线照射在这些半导体上时，它们表现出像导体一样很强的导电能力；无光照时，它们又变得像绝缘体那样不导电，这就是半导体材料的光敏性特点。人们又研制出各种自动控制用的光电元器件，如基于半导体光电效应的光电转换传感器。

半导体除了热敏性和光敏性外，还有一个更显著的特点——掺杂性。在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质元素后，半导体的导电能力可增至掺杂之前的几十万倍乃至几百万倍。例如在单晶硅中掺入 10^{-6} 数量级的三价元素硼，单晶硅的电阻率可大大减小。

利用半导体的这些独特性能，人们制成了半导体二极管、稳压管、三极管、晶闸管等不同的电子器件。

2. 本征半导体

半导体物质中，用得最多的材料是硅和锗。物质的化学性质通常是由原子结构中的最外层电子数目决定的，我们把物质结构中的最外层电子称为价电子。硅和锗的原子结构中，最外层电子的数目均为 4 个，因此硅和锗称为四价元素，如图 1-3 所示。

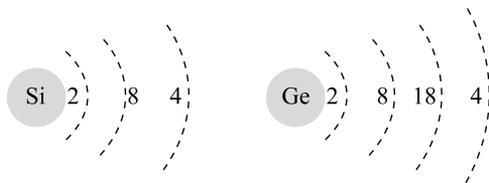


图 1-3 硅和锗的原子结构模型

物质不受外界影响时，原子核内所带的正电荷量与核外电子所带的负电荷量相等，整个原子呈电中性。硅和锗原子的结构模型图中的“+4”，表明了原子核所带的正电荷量。天然的硅和锗是不能制成半导体器件的，它们必须经过拉单晶工艺提炼成纯净的单晶硅或单晶锗，这些单晶体称为本征半导体。本征半导体的晶格结构完全对称，其原子排列得非常整齐，单晶硅共价键结构示意图如图 1-4 所示。

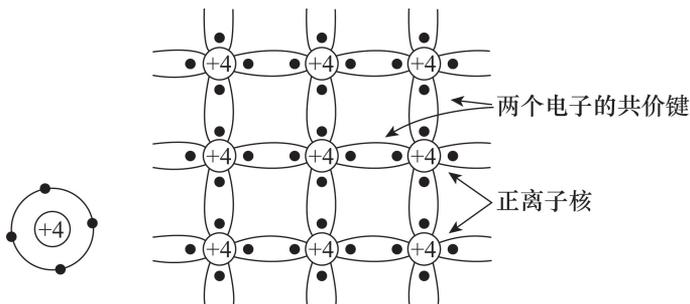


图 1-4 单晶硅共价键结构示意图

由图 1-4 可看出，单晶硅中每个原子的最外层价电子，都成为相邻两个原子的共有价电子，每一对价电子受到相邻两个原子核的吸引被紧紧地束缚在一起，组成共价键结构。从共价键整体结构来看，每个单晶硅原子外面都有 8 个价电子，很像绝缘体的“稳定”结构，因此在绝对零度（-273 ℃）下本征半导体就像绝缘体一样不导电。

实际上，半导体材料中共价键束缚的 8 个价电子并不像绝缘体中的价电子那样被原子核束缚得很紧。当温度升高或受到光照后，共价键中一些价电子的热运动就会加剧，获得足够的能量后就会挣脱共价键的束缚游离到晶体中成为可移动的自由电子。这种由于光照、辐射、温度等热激发而使共价键中的价电子游离到空间成为自由电子载流子的现象称为本征激发，如图 1-5 所示。

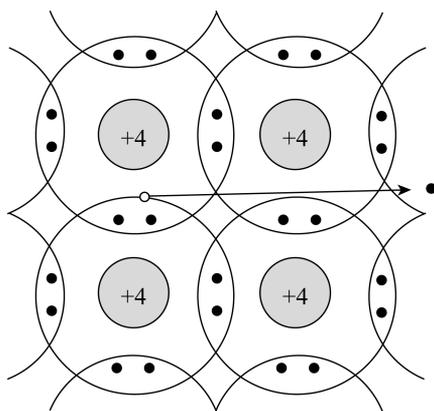


图 1-5 本征激发现象

本征激发下产生的自由电子载流子带负电，在外电场作用下可参与导电。自由电子载流子逆电场方向定向移动形成电流。

本征激发时，游离到空间的价电子在共价键上留下一个空位，称为“空穴”。与此同时，这个空穴很快会被相邻原子中的价电子“跳进”填补，这些价电子填补空穴的同时，又会留下一些新的空穴，这些新的空穴又会被邻近共价键中的另外一些价电子“跳进”填补，如此在本征半导体中又形成了一种新的电荷迁移现象，价电子定向连续填补空穴的本征复合现象。

本征复合不同于本征激发，本征激发的主要导电方式是完全脱离了共价键束缚的自由电子载流子逆着电场方向而形成的定向迁移，而本征复合则是由价电子填补空穴形成电荷迁移。虽然填补空穴的价电子也是逆着电场的方向做定向迁移，但它们填补空穴的运动始终在共价键中进行。为区别于本征激发下自由电子载流子的运动，我们把价电子填补空穴看成是空穴顺着电场方向而形成的定向迁移，因此空穴载流子带正电，顺电场方向定向运动形成电流，即本征复合的结果是产生了另一种载流子——空穴载流子。

3. 半导体的导电机理

载流子是形成电流的原因。金属导体中存在着大量的自由电子载流子，在外电场作用

下，金属导体中的自由电子载流子定向移动形成电流。即金属导体中只有自由电子一种载流子参与导电。

半导体由于本征激发和本征复合产生了自由电子和空穴两种载流子，因此当外电场作用于半导体时，半导体中的自由电子载流子和空穴载流子就会同时参与导电。这一点正是半导体区别于金属导体在导电机理上的本质不同，同时也是半导体导电方式的独特之处。

4. 杂质半导体

本征半导体中虽然有自由电子和空穴两种载流子同时参与导电，但因为数量不多，所以导电能力仍然不能和导体相比。但是在本征半导体中掺入微量的某种杂质元素后，半导体的导电能力将极大地增强。

(1) N型半导体

在硅（或锗）的晶体中掺入少量的五价元素磷（或砷、锑），本征半导体中的共价键结构基本不变，只是共价键结构中某些位置上的硅（或锗）原子被磷原子所取代。当这些磷原子与相邻的4个硅原子组成共价键时，多余的一个价电子就会被挤出共价键结构，使得磷原子核对它的吸引束缚作用变的很弱，常温下这个多余的价电子更容易成为自由电子。值得注意的是，杂质元素中多余价电子挣脱原子核束缚成为自由电子后，在它们原来的位置上并不能形成空穴，因此掺入五价元素的杂质半导体中，自由电子载流子的数量相对空穴载流子多得多，我们把这种掺入五价元素的杂质半导体称为电子型半导体（也称为N型半导体）。

在N型半导体中，虽然仍存在两种载流子，但自由电子载流子的浓度远大于空穴载流子的浓度，故把自由电子称为多数载流子（简称多子），而把空穴载流子称为少数载流子（简称少子）。

N型半导体中，失去电子的定域杂质离子带正电。N型半导体的晶体结构如图1-6所示，当本征硅中的杂质数量等于硅原子数量的 10^{-6} 数量级时，杂质半导体中的自由电子载流子数量将增加几十万倍，使半导体的导电性能显著提高。

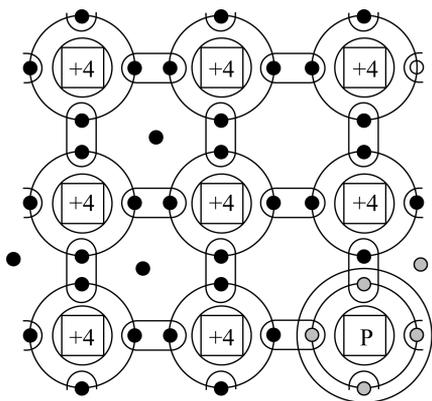


图 1-6 N 型半导体的晶体结构

(2) P 型半导体

在硅（或锗）的晶体内掺入少量三价杂质元素硼（或铟、镓），硼原子只有 3 个价电子，它与周围 4 个硅（或锗）原子组成共价键时，因少一个电子而在共价键中形成一个空位。常温下，相邻硅（或锗）原子共价键中的价电子受到热振动或在其他激发条件下获得能量时，极易“跳入”填补这些空位，这样就在硅（或锗）原子的共价键中失去一个电子而产生一个空穴，硼原子则因接收这些价电子而成为不能移动的带负电离子。这种杂质半导体的晶体结构如图 1-7 所示。

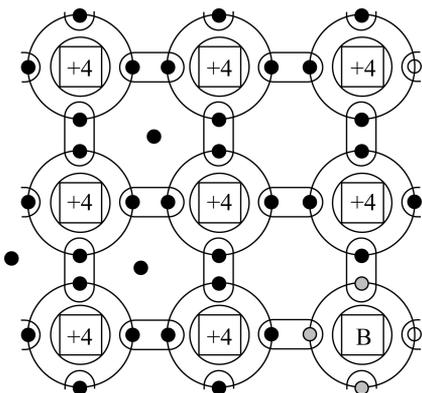


图 1-7 P 型半导体的晶体结构

由结构图可看出，掺入三价元素硼的杂质半导体中，空穴载流子的数量远远多于自由电子载流子的数量，因此空穴载流子称为多数载流子，由本征激发而产生的自由电子载流子数量相对极少，称为少数载流子。这种杂质半导体由于空穴数量远远多于自由电子数量而被人们称为空穴型半导体（也称为 P 型半导体）。

一般情况下，杂质半导体中多数载流子的数量可达到少数载流子数量的 10^{10} 倍之多，因此杂质半导体比本征半导体的导电能力强几十万倍。

不论是 N 型半导体还是 P 型半导体，虽然都有一种载流子占多数，但多出的载流子数量与杂质离子所带电荷数量始终相平衡，即整个杂质半导体上既没有失电子，也没有得电子，整个掺杂晶体仍然呈电中性。

5. PN 结及其形成过程

单一的 N 型半导体和 P 型半导体只能起电阻的作用，不能称为半导体器件。在电子技术中，PN 结是一切半导体器件的“元概念”和技术起始点。

(1) PN 结的形成

如果我们采用不同的掺杂工艺，在一块完整的半导体硅片两侧分别掺入三价元素和五价元素，使其一边形成 N 型半导体，另一边形成 P 型半导体，那么在两种杂质半导体的交界面两侧就会明显地存在着两种载流子的浓度差。由于浓度差，P 区浓度高的空穴载流子向 N 区扩散，N 区浓度高的自由电子载流子向 P 区扩散，从而使 N 区的多子复合掉一部分 P 区扩散来的空穴，在两区交界处留下一个干净的带电杂质离子区，称为空间电荷区。

PN 结形成的过程中，扩散运动越强，复合掉的多子数量越多，空间电荷区也就越宽。另一方面，空间电荷区的内电场又对扩散运动起阻挡作用，而对 N 区和 P 区中的少子漂移起推动作用，少子的漂移运动方向正好与多子扩散运动的方向相反。从 N 区漂移到 P 区的空穴补充了原来交界面上 P 区所失去的空穴，从 P 区漂移到 N 区的电子补充了原来交界面上 N 区所失去的电子，即漂移运动又使空间电荷区变窄，如图 1-8 所示。

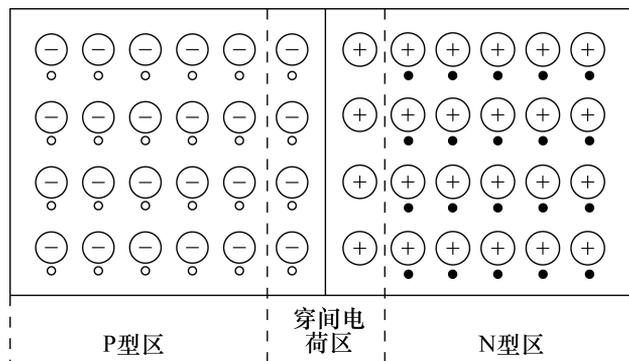


图 1-8 PN 结的形成过程

在 PN 结形成的过程中，多子的扩散和少子的漂移既相互联系，又相互矛盾。初始阶段，扩散运动占优势，随着扩散运动的进行，空间电荷区不断加宽，内电场逐步加强；内电场的加强又阻碍了扩散运动，使得多子的扩散逐步减弱，扩散运动的减弱显然伴随着漂移运动的不断加强；最后，当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时，空间电荷区的宽度将维持不变，PN 结形成。

PN 结中基本不存在导电的载流子，相当于介质；在 PN 结两侧的 P 区和 N 区，由于导电率较高，相当于导体。可见 PN 结具有电容效应，其电容称为 PN 结的结电容。

(2) PN 结的单向导电性

PN 结在无外加电压的情况下，扩散运动和漂移运动处于动态平衡，动态平衡状态下通过 PN 结的电流为零，这时如果在 PN 结两端外加电压，扩散与漂移运动的平衡就会被打破。

当电源电压的正极与 P 区引出端相连，负极与 N 区引出端相连时，称 PN 结正向偏置。PN 结正向偏置时，外部电场的方向是从 P 区指向 N 区，与内电场的方向相反。正向偏置的外电场驱使 P 区的空穴进入空间电荷区抵消一部分负空间电荷，同时 N 区的自由电子进入空间电荷区抵消一部分正空间电荷，结果内电场被削弱，空间电荷区变窄。内电场的削弱使多数载流子的扩散运动得以增强，形成较大的扩散电流（扩散电流就是我们通常所说的电流，是由多子的定向移动形成的）。在一定范围内，外电场越强，正向电流越大，PN 结对正向电流呈低电阻状态，这种情况在电子技术中称为 PN 结正向导通，PN 结的正向导通作用原理如图 1-9 所示。

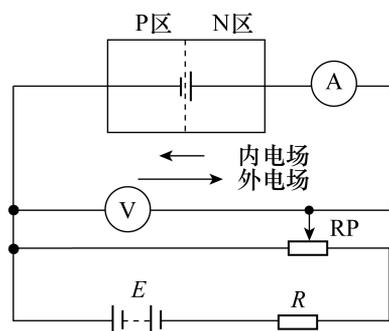


图 1-9 PN 结的正向导通作用原理

把电源的正、负极位置换一下，即 P 区接电源负极，N 区接电源正极，就构成了 PN 结的反向偏置。反向偏置时 PN 结的外电场与内电场方向一致，同样导致了扩散与漂移运动平衡状态的破坏。外电场驱使空间电荷区两侧的空穴和自由电子移走，使空间电荷区变宽，内电场继续增强，造成多子的扩散难以进行，同时加强了少子的漂移，形成由 N 区流向 P 区的反向电流。由于常温下少子恒定且数量极少，相当于 PN 结的反向电阻很高，工程上通常认为反向偏置时的 PN 结基本不导电，在电子技术中称为 PN 结反向阻断。PN 结的反向阻断作用原理如图 1-10 所示。

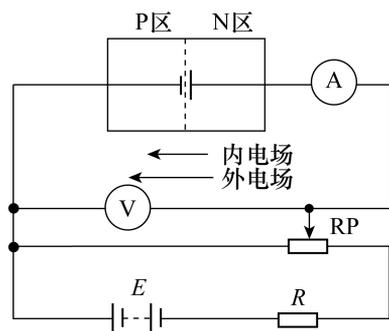


图 1-10 PN 结的反向阻断作用原理

当外加的反向电压在一定范围内变化时，反向电流几乎不随外加电压的变化而变化，因为少子是热激发的产物。只要温度不发生变化，少子的浓度就不变，即使反向电压在允许的范围增加再多，也无法使少子的数量增加，因此反向电流又称为反向饱和电流。值得注意的是，反向电流是造成电路噪声的主要原因之一，因此设计电路时必须考虑温度补偿问题。

PN 结的上述“正向导通，反向阻断”作用，说明 PN 结的导电性能够控制，这一点正是各种半导体器件的主要工作机理。

1.2.2 半导体二极管

1. 二极管的基本结构

一个 PN 结外引两个铝电极即可构成半导体二极管，简称二极管。按材料的不同可分为硅二极管和锗二极管；按结构的不同又可分为点接触型二极管、面接触型二极管和平面型二极管三类。

(1) 点接触型二极管

如图 1-11 (a) 所示，点接触型二极管是用一根细金属触丝和一块半导体熔焊在一起构成 PN 结的，因此 PN 结的结面积很小，结电容也很小，不能通过较大电流；但点接触型二极管的高频性能好，常常用于高频小功率场合，如高频检波、脉冲电路及计算机里的高速开关元件。

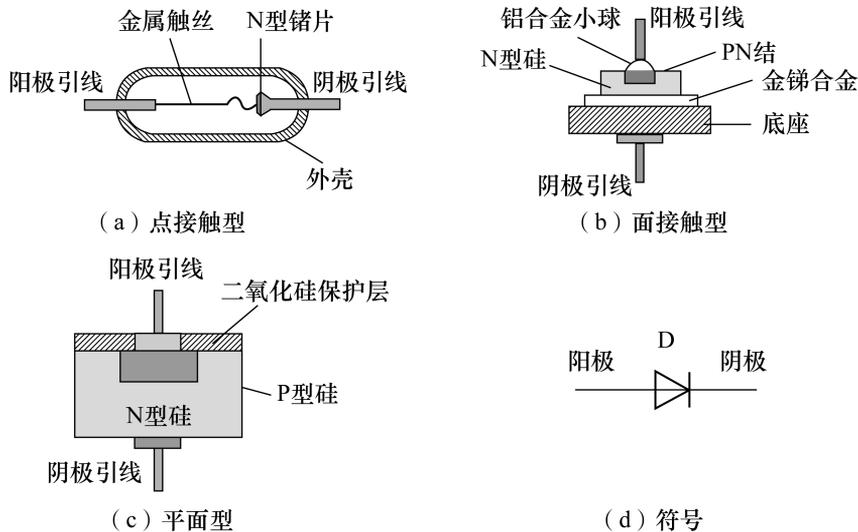


图 1-11 半导体二极管的结构形式及符号

(2) 面接触型二极管

如图 1-11 (b) 所示，面接触型二极管一般用合金方法制成较大的 PN 结，由于其结面积较大，因此结电容也大，允许通过较大的电流（几安至几十安），适宜用作大功率低频整流器件，主要用于把交流电变换成直流电的“整流”电路中。

(3) 平面型二极管

如图 1-11 (c) 所示，这类二极管采用二氧化硅作保护层，可使 PN 结不受污染，而且大大减少了 PN 结两端的漏电流。由于此类半导体表面制作平整，故而得名平面型二极管。平面型二极管的质量较好，批量生产中产品性能比较一致。平面型二极管结面积较小的用作高频管或高速开关管，结面积较大的用作大功率调整管。

目前，大容量的整流元件一般都采用硅管。二极管的型号中，硅管通常用 C 表示，如

2CZ31 为 N 型硅材料制成的管子型号；锗管一般用 A 表示，如 2AP1 为 N 型锗材料制成的管子型号。

普通二极管的电路图形符号如图 1-11 (d) 所示，P 区引出的电极为正极，又称为阳极；N 区引出的电极为负极，又称为阴极。

2. 二极管的伏安特性

只有在掌握半导体二极管特性的基础上，才能正确掌握和使用它。二极管的伏安特性曲线如图 1-12 所示。

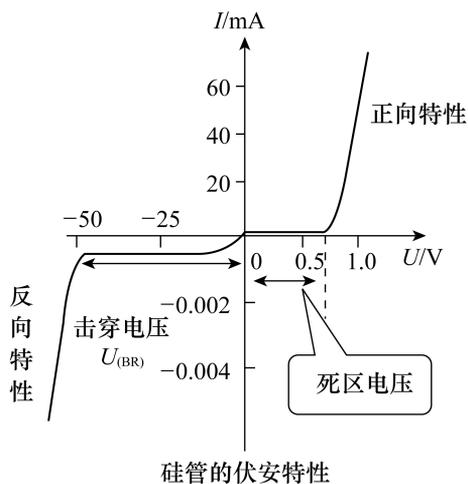


图 1-12 二极管的伏安特性曲线

观察二极管的伏安特性曲线可发现，当二极管两端的正向电压较小时，通过二极管的电流基本为零。这说明，较小的正向电压的电场不足以克服 PN 结内电场对扩散运动的阻挡作用，此时二极管仍呈高阻而处于截止状态，我们把这段区域称为死区。通常硅管死区电压的典型值取 0.5 V，锗管死区电压的典型值取 0.1 V。

当外加正向电压超过死区电压后，PN 结的内电场作用大大削弱而使二极管导通。处于正向导通区的普通二极管，正向电流在一定范围内变化时，其管压降基本不变，硅管导通压降一般为 0.6~0.8 V，其典型值通常取 0.7 V；锗管导通压降一般为 0.2~0.3 V，其典型值常 0.3 V。这表明二极管的正向电流大小通常取决于半导体材料的电阻。工作在正向导通区的二极管，其正向导通电流与二极管两端所加正向电压具有一一对应关系，如果正向导通区内二极管两端所加电压过高，必然造成正向电流过大而使二极管过热而损坏，所以二极管正偏工作时，通常需加分压限流电阻。

外加反向电压低于反向击穿电压 U_{BR} 的一段范围，称为二极管的反向截止区。反向截止区内，通过二极管的反向电流是半导体内部少子的漂移运动形成的，只要二极管的工作环境温度不变，少子就数量恒定，因此少子又被称为反向饱和电流。反向饱和电流的数值很小，在工程实际中通常视为零值。但是，半导体少子构成的反向电流对温度十分敏感，当由于光照、辐射等原因使二极管所处环境温度上升时，反向电流将随温度的增加而大大

增加。

若反向电压继续增大至超过反向击穿电压 U_{BR} ，反向电流会骤然剧增，特性曲线向下骤降，二极管失去其单向导电性，进入反向击穿区。普通二极管若工作在反向击穿区，由于反向电流很大，一般都会造成“热击穿”，热击穿使得二极管永久损坏，不能再恢复到原来的性能，即失效了。但是利用电击穿时电流变化很大，PN 结两端电压变化却很小的特点，人们研制出工作在反向击穿区的稳压管。由上述对二极管伏安特性的分析可知，二极管属于非线性电阻元件。

3. 二极管的主要参数

二极管的参数很多，有些参数仅仅表示管子性能的优劣，而另一些参数则属于至关重要的极限参数，如二极管的最大耗散功率，使用时超过该值，管子将烧坏。因此理解和掌握二极管的主要参数，可帮助我们在工程实际中正确、合理地选用二极管。

(1) 最大耗散功率 P_{max}

二极管的最大耗散功率用 P_{max} 表示，数值上等于通过管子的电流与加在管子两端电压的乘积。过热是电子器件的大忌，二极管能耐受住的最高温度决定它的极限参数 P_{max} ，使用二极管时一定要注意，不能超过极限参数 P_{max} ，否则二极管必将烧损。

(2) 最大整流电流 I_{DM}

实际应用中，二极管工作在正向范围时的压降近似为一个常数，所以它的最大耗散功率通常用最大整流电流 I_{DM} 表示。最大整流电流是指二极管长期安全使用时，允许流过二极管的最大正向平均电流值，也是二极管的重要参数。

点接触型二极管的最大整流电流通常在几十毫安以下；面接触型二极管的最大整流电流可达 100 mA；对大功率二极管而言可达几安。二极管使用过程中电流若超过此值，可能引起 PN 结过热而使管子烧坏。因此大功率二极管为了降低结温，增加管子的负载能力，通常都要把管子安装在规定散热面积的散热器上使用。

(3) 最高反向工作电压 U_{RM}

最高反向工作电压 U_{RM} 是指二极管反向偏置时允许加的最大电压瞬时值。若二极管工作时的反向电压超过此值，则二极管有可能被反向击穿而失去单向导电性。为确保安全，半导体器件手册上给出的最高反向工作电压 U_{RM} 通常为反向击穿电压的 50%~70%，留有余量。

(4) 反向电流 I_R

指二极管未击穿时的反向电流值。 I_R 值越小，二极管的单向导电性越好。反向电流 I_R 随温度的变化而变化较大，这一点要特别加以注意。

(5) 最高工作频率 f_M

最高工作频率 f_M 的值由 PN 结的结电容大小决定。二极管的工作频率若超过该值，则二极管的单向导电性变差。

除上述参数外，二极管的参数还有最高使用温度、结电容等。实际应用中，我们要认真查阅半导体器件手册，合理选用二极管。

4. 二极管的应用

二极管的单向导电性使其在整流、限幅、钳位、开关、检波和续流等电路中有着广泛的应用。

(1) 二极管整流电路

利用二极管的单向导电性，可以把正弦交变电流变换成单一方向的脉动直流电流。具体应用见 1.2.3 部分。

(2) 二极管钳位与隔离

当二极管正向导通时，由于正向压降很小，可以忽略，因此强制使其阳极电位与阴极电位基本相等，这种作用称为二极管的钳位作用。当二极管加反向电压时，二极管截止，相当于断路，阳极与阴极被隔离，称为二极管的隔离作用。

如图 1-13 所示电路中，当输入端 A 的电位 $U_A = +3\text{ V}$ ，B 的电位 $U_B = 0\text{ V}$ 时，因为 A 端电位比 B 端电位高，所以 VD_A 导通，如果忽略二极管正向压降，则 $U_F \approx +3\text{ V}$ 。当 VD_A 导通后， VD_B 上加的是反向电压，因而截止。在这里， VD_A 起到钳位作用，把输出端 F 的电位钳制在 $+3\text{ V}$ ， VD_B 起隔离作用，把输入端 B 和输出端 F 隔离开来。

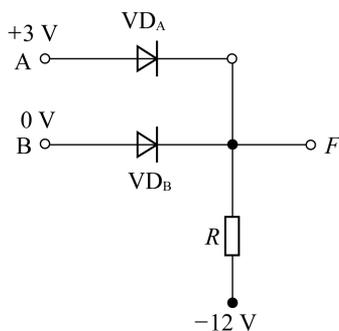


图 1-13 二极管钳位与隔离电路

(3) 二极管检波

收音机从载波信号中检出音频信号称为检波。载波经过二极管后负半周被削去，经过电容使高频信号旁路，负载上得到低频信号。

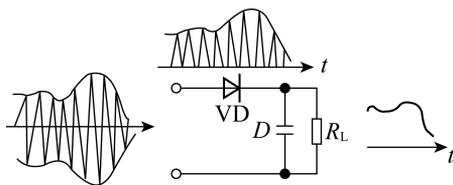


图 1-14 二极管检波电路

(4) 二极管限幅

限幅的作用是限制输出电压的幅度。某二极管限幅电路如图 1-15 (a) 所示，设 U_i 为正弦波，且 $U_m > U_s$ 。当 $U_i < U_s$ 时， VD 截止，此时电阻 R 中无电流，故 $U_o \approx U_i$ 。当 $U_i >$

U_s 时, VD 导通, 此时如果忽略二极管压降, 则 $U_o = U_s$ 。输出波形如图 1-15 (b) 所示, 从而达到限幅的目的。

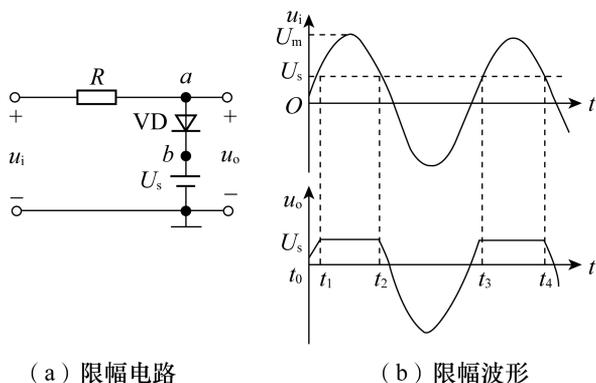


图 1-15 二极管限幅电路及波形

5. 特殊二极管

(1) 稳压二极管

稳压二极管是电子电路特别是电源电路中常见的元器件之一, 与普通二极管不同的是, 稳压二极管的正常工作区域是反向齐纳击穿区, 故而也称为齐纳二极管, 电路图形符号如图 1-16 (a) 所示。稳压二极管是由硅材料制成的特殊面接触型晶体二极管, 其伏安特性与普通二极管相似, 如图 1-16 (b) 所示。由于稳压二极管的反向击穿可逆, 因此工作时不会发生“热击穿”, 图 1-16 (b) 所示稳压二极管的反向击穿特性曲线比较陡直, 说明其反向电压基本不随反向电流变化而变化, 这就是稳压二极管的稳压特性。

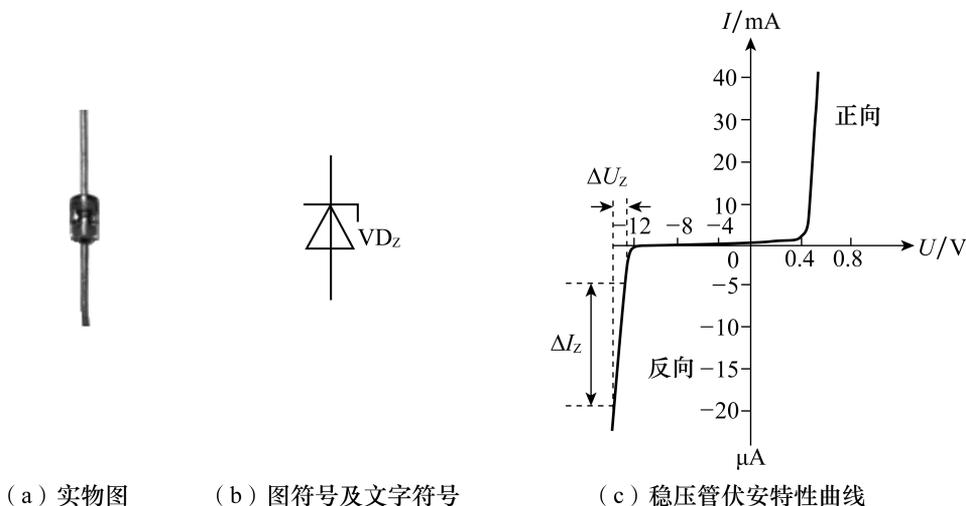


图 1-16 稳压二极管

稳压二极管常用在小功率电源设备中的整流滤波电路之后, 起到稳定直流输出电压的作用。除此之外, 稳压二极管还常用于浪涌保护电路、电视机过压保护电路、电弧控制电

路、手机电路等。

(2) 发光二极管

半导体发光二极管 (LED) 是一种把电能直接转换成光能的固体发光元件, 其基本用途是作为收录机等电子设备的指示灯。与普通二极管一样, 发光二极管的管芯也是由 PN 结组成的, 具有单向导电性。在发光二极管中通以正向电流, 可高效率发出可见光或红外辐射, 半导体发光二极管的电路图形符号与普通二极管类似, 只是旁边多了两个指向外的箭头, 如图 1-17 所示。



图 1-17 发光二极管

随着近年来发光二极管发光效能逐步提升, 充分发挥发光二极管的照明潜力, 将发光二极管作为发光光源的可能性也越来越高, 发光二极管无疑成为近年来最受重视的光源之一。一方面凭借其轻、薄、短、小的特性, 另一方面借助其封装类型的耐摔、耐振性能及特殊的发光光形, 发光二极管的确给了人们一个很不一样的光源选择。

(3) 光电二极管

光电二极管可将光信号转换成电信号, 广泛应用于各种遥控系统、光电开关、光探测器, 以及以光电转换的各种自动控制仪器、触发器、光电耦合器、编码器、特性识别装置、过程控制器、激光接收装置等方面。光电二极管的实物及电路图形符号如图 1-18 所示。

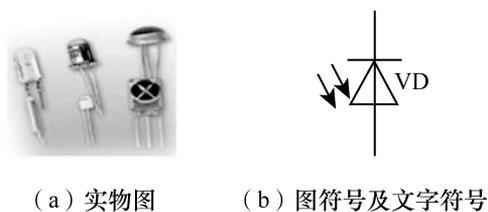


图 1-18 光电二极管

光电二极管的种类很多, 多应用在红外遥控电路中。为减少可见光的干扰, 常采用黑色树脂封装, 可滤掉 700 nm 波长以下的光线。光电二极管对长方形的管子, 往往做出标记角, 指示受光面的方向。一般情况下引脚长的为正极。

(4) 变容二极管

变容二极管实物图及电路图形符号如图 1-19 所示。



图 1-19 变容二极管

工程实际中，利用二极管结电容随反向电压的变化而变化的特点，在反偏高频条件下，将二极管作为可变电容使用，称之为变容二极管。变容二极管在电子技术中通常用于高频技术中的调谐回路、振荡电路、锁相环路以及电视机高频头的频道转换和调谐电路，正常工作时应反向偏置。

(5) 激光二极管

激光二极管是在发光二极管的 PN 结间安置一层具有光活性的半导体，构成一个光谱谐振腔，工作时正向偏置，可发射出激光，其实物图及符号如图 1-20 所示。

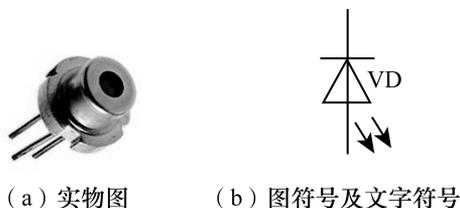


图 1-20 激光二极管

激光二极管广泛地应用于计算机的光盘驱动器，激光打印机中的打印头，激光唱机，条形码扫描仪，激光测距、激光医疗、光通信、激光指示等小功率光电设备中，在舞台灯光、激光手术、激光焊接和激光武器等领域的大功率设备中也得到了应用。

1.2.3 整流电路

整流电路是利用二极管的单向导电作用，将交流电变成脉动直流电的电路。这种方法简单、经济，在日常生活中及电子电路中经常采用。

1. 单相半波整流电路

(1) 单相半波整流电路的组成和工作原理

单相半波整流电路如图 1-21 所示。变压器 T 接在交流电源上，将电网正弦交流电压 220 V 变换成所需的交流电压 u_2 ，设 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ ，如图 1-22 所示。

在变压器二次电压 u_2 的正半周，电压的实

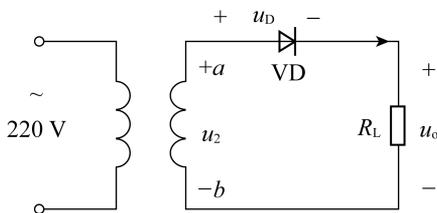


图 1-21 单相半波整流电路

实际方向与参考方向相同,即 a 端为正, b 端为负,二极管承受正向电压而导通,电流 i_o 经过二极管流向负载,在负载电阻 R_L 上得到极性为上正下负的电压,且此时负载电压 $u_o = u_2$ 。在变压器二次电压 u_2 的负半周,电压的实际方向与参考方向相反,即 a 端为负, b 端为正,二极管承受反向电压而截止,负载中没有电流流过,此时负载电压 $u_o = 0$ 。由上面的分析可知,利用二极管的单向导电性,可以把交流电变换成单向脉动的直流电。单相半波整流电路的波形如图 1-22 所示。

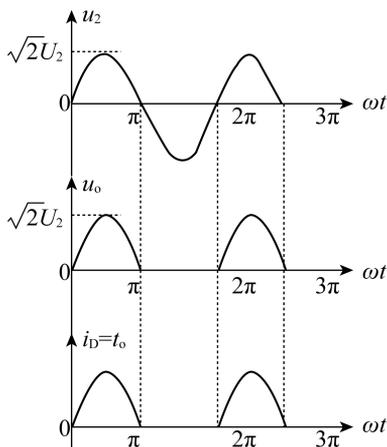


图 1-22 单相半波整流电路波形

(2) 负载上的直流电压和电流

在半波整流电路中,负载两端的直流电压平均值的估算公式为

$$U_o = 0.45U_2 \quad (1-1)$$

流过负载的电流平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-2)$$

(3) 二极管的选用

在半波整流电路中,二极管的电流与负载电流相等,即

$$I_D = I_o \quad (1-3)$$

所以在选用二极管时,二极管的最大整流电流 I_F 应大于负载电流 I_o 。

二极管在电路中承受的最高反向电压 U_{Rmax} 为交流电压的最大值,即

$$U_{Rmax} = U_{2m} = \sqrt{2}U_2 \quad (1-4)$$

按照以上两个原则,查阅半导体手册就可以选择到合适的二极管。

根据图 1-21 和图 1-22 可以发现,半波整流电路结构简单,使用元器件少,只利用了交流电的半个周期,输出直流电压波动较大,电源变压器的利用率低,因此半波整流电路主要用于输出电压较低、输出电流较小且性能要求不高的场合。日常使用的电热毯调温开关的低温档,实际上就是串入了一个二极管,使电阻上只得到半波电压,使电流减小,从

而降低了发热量。

2. 单相桥式整流电路

(1) 单相桥式整流电路的组成和工作原理

单相桥式整流电路如图 1-23 所示。电路中的 4 个二极管可以是 4 个分立的二极管，也可以是一个内部集成了 4 个二极管的桥式整流器（或整流桥）。

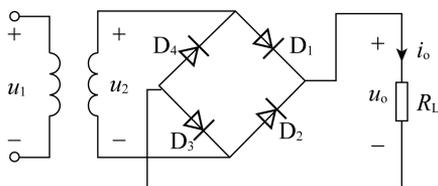


图 1-23 单相桥式整流电路

图 1-24 所示为单相桥式整流电路的简易画法。

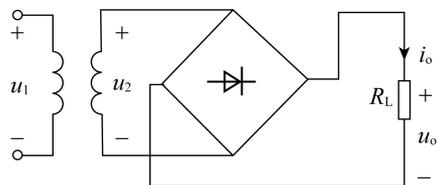


图 1-24 单相桥式整流电路的简易画法

在变压器二次电压 u_2 的正半周，电压 a 端为正， b 端为负， VD_1 、 VD_3 承受正向电压而导通， VD_2 、 VD_4 承受反向电压而截止，电流 i_{o1} 由变压器二次绕组 a 端依次经过二极管 VD_1 、负载 R_L 、二极管 VD_3 回到二次绕组 b 端，在负载电阻 R_L 上得到极性为上正下负的电压，此时负载电压 $u_o = u_2$ 。

在变压器二次电压 u_2 的负半周，电压 b 端为正， a 端为负， VD_2 、 VD_4 承受正向电压而导通， VD_1 、 VD_3 承受反向电压而截止，电流 i_{o2} 由变压器二次绕组 b 端依次经过二极管 VD_2 、负载 R_L 、二极管 VD_4 回到二次绕组 a 端，在负载电阻 R_L 上依然得到极性为上正下负的电压，此时负载电压 $u_o = u_2$ 。单相桥式整流电路波形如图 1-25 所示。

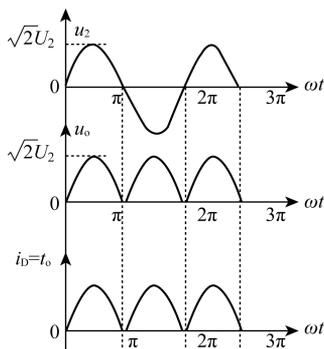


图 1-25 单相桥式整流电路波形

(2) 负载上的直流电压和电流

根据图 1-25 可知, 桥式整流输出电压波形的面积是半波整流时的 2 倍, 所以输出电压的平均值 U_o 就等于半波整流时的 2 倍, 即

$$U_o = 0.9U_2 \quad (1-5)$$

流过负载的电流平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-6)$$

(3) 二极管的选择

桥式整流电路中, 4 个二极管两个一组, 轮流导电, 每个二极管在一个周期中只导通半个周期, 因此每个二极管中流过的平均电流是负载电流的一半, 即

$$I_o = \frac{1}{2} I_o = 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-7)$$

二极管承受的最高反向电压为

$$U_{Rmax} = U_{2m} = \sqrt{2}U_2 \quad (1-8)$$

桥式整流与半波整流相比, 输出电压平均值高, 波动小, 输出与半波整流电路相同直流电压的情况下, 二极管承受的反向电压和通过的电流小, 因此得到了广泛的应用。

1.2.4 滤波电路

任何整流电路, 其输出电压都含有较大的脉动成分。除了在一些特殊的场合可以直接用作放大器的电源外, 通常都要采取措施, 在尽量降低输出电压中的脉动成分时也要努力保留其中的直流成分, 使输出电压接近于理想的直流电压。这种措施就是滤波。

电容和电感都是基本的滤波元件, 利用它们在二极管导电时储存一部分能量, 然后再逐渐释放出来, 从而得到比较平滑的波形; 从另一个角度看, 电容和电感对于交流成分和直流成分反映出来的阻抗不同, 如果把它们合理地安排在电路中, 可以达到降低交流成分保留直流成分的目的, 体现出滤波的作用, 所以电容和电感是组成滤波电路的主要元件。常用的滤波电路有电容滤波、电感滤波和复式滤波。

1. 电容滤波电路

单相桥式整流电容滤波电路如图 1-26 所示, 滤波电容直接与负载并联, 利用电容的“通交隔直”作用, 使脉动直流电中的交流成分通过电容形成回路, 不经过负载; 而直流成分不能通过电容, 只能通过负载, 这样负载就得到了比较平滑的直流电, 电路波形如图 1-27 所示。

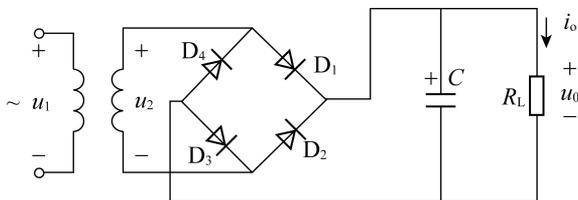


图 1-26 单相桥式整流电容滤波电路

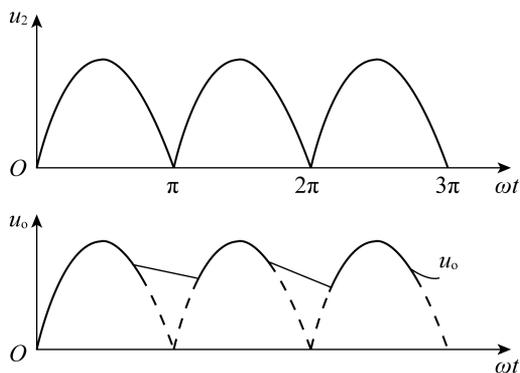


图 1-27 单相桥式整流电容滤波电路波形

(1) 工作原理

设电容电压初值为 0，接通电源后 u_2 为正半周时，二极管 VD_1 、 VD_3 正向偏置而导通，电源经 VD_1 、 VD_3 向负载供电，同时向电容 C 充电，由于充电回路电阻较小，因此充电很快，直到 C 两端电压等于 u_2 （图 1-27 中 t_1 时刻），此后 u_2 继续减小， $u_C > u_2$ ，导致二极管 VD_1 、 VD_3 反向偏置而截止，负载 R_L 与电源之间相当于断开，电容 C 通过负载电阻 R_L 而放电，由于 R_L 阻值较大，因而放电较慢，直到 u_2 正半周结束，即 t_2 时刻。

负半周开始时，因为 u_C 仍然大于 $|u_2|$ ，所以二极管 VD_2 、 VD_4 反向偏置，保持截止状态，电容 C 继续放电，电压值逐渐减小，而 $|u_2|$ 将按正弦规律变化，直到两个电压相等，即 t_3 时刻；之后，由于 $|u_2| > u_C$ ，二极管 VD_2 、 VD_4 正向偏置而导通，电源经 VD_2 、 VD_4 向负载供电，同时向电容 C 充电，直到 $|u_2| = u_C$ ，即 t_4 时刻。随着 $|u_2|$ 的继续减小， $u_C > |u_2|$ ，导致二极管 VD_2 、 VD_4 反向偏置而截止，电容 C 通过负载电阻 R_L 放电，直到 u_2 负半周结束，即 t_5 时刻，开始下一个周期的循环。

(2) 输出电压和电流

半波整流电路的输出电压为

$$U_o = U_2 \quad (1-9)$$

桥式整流电路的输出电压为

$$U_o = 1.2U_2 \quad (1-10)$$

注意：上述输出电压公式是以变压器和二极管理想状态下得出的。实际上，变压器和二极管都存在着电阻，会造成一定的电压损耗，在输出电压较大时影响较小，可以忽略，但当输出电压低于 10 V 以下时，就必须考虑变压器和二极管的内电阻，一般将计算值减去 1~2 V，否则计算不够准确。

电容滤波电路结构简单，使用方便，输出电压较高，但只适用于负载电流较小，且变化不大的场合。一般家用电子产品都采用电容滤波。

2. 电感滤波电路

电感滤波电路如图 1-28 所示，滤波电感与负载串联，利用电感的“通直阻交”的作

用，阻止了交流电通过电感加到负载上，使输出电压平滑。

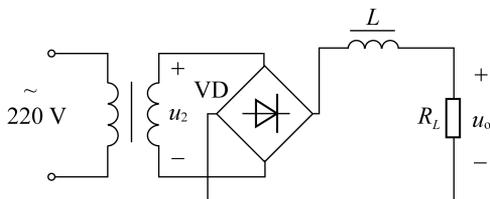


图 1-28 电感滤波电路

具体工作原理：由于电感对直流量阻抗非常小，近似短路，因此直流量在经过电感后几乎没有损失，都提供给负载；而电感对交流量的阻抗为 $X_L = \omega L$ ，当电感的电感量 L 足够大 ($X_L \gg R_L$) 时，交流成分几乎全部降在电感上，从而使输出电压中的交流成分大大减小，负载上获得较平滑的直流电压。电感滤波电路波形如图 1-29 所示。

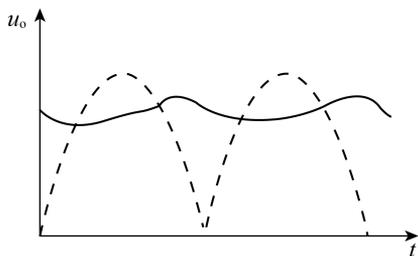


图 1-29 电感滤波电路波形

电感滤波输出电压相对较低，只有 u_2 有效值的 0.9 倍，即

$$U_0 = 0.9U_2 \quad (1-11)$$

电感滤波电路的输出电压平滑，电感量越大，负载阻抗越小，输出电压的脉冲就越小。电感滤波电路适用于负载电流较大或负载变动较大的场合，在工业生产中应用较多，如电解、电镀电路中。

3. 复式滤波电路

根据图 1-27 和图 1-29 中的滤波电路波形，输出电压尽管已经比较平滑了，但还存在一定的脉动，在一些要求电压非常平滑的场合还是不能满足负载对电源的要求。为了进一步减小脉冲，可采用复式滤波。

常用的复式滤波电路有 LC 滤波电路、II 型 RC 滤波电路和 T 形滤波电路等。以 LC 滤波电路为例分析复式滤波的原理。图 1-30 所示为 LC 滤波电路，整流后得到的脉动直流电经过电感 L 时，交流成分受到较大的衰减，然后再经过电容 C 滤波，进一步消除交流成分，使输出电压更加平滑。

【例 1-1】 如图 1-26 所示的单相桥式整流电容滤波电路中，已知 $U_1 = 220 \text{ V}$ ，频率为 50 Hz ，要求直流电压 $U_0 = 30 \text{ V}$ ，负载电流 $I_0 = 500 \text{ mA}$ 。试求电源变压器二次电压 u_2 的有效值，并选择整流二极管和滤波电容。

解 (1) 变压器二次电压有效值

由于 $U_0 = 1.2U_2$, 因此

$$U_2 = \frac{U_0}{1.2} = \frac{30}{1.2} = 25 \text{ V}$$

(2) 选择整流二极管

流经整流二极管的平均电流为

$$I_0 = \frac{1}{2}I_0 = 250 \text{ mA}$$

考虑二极管要通过较大的冲击电流, 所以 $I_F > 3I_D = 3 \times 250 = 0.75 \text{ A}$

二极管承受的最大反向电压为

$$U_R = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 25 = 35 \text{ V}$$

查阅半导体手册, 选用 1N4001 型整流二极管, 其最高反向工作电压为 50 V, 最大整流电流为 1 A。

(3) 选择滤波电容

负载电阻大小为

$$R_L = \frac{U_0}{I_0} = \frac{30}{0.5} = 60 \Omega$$

取 $R_L C \geq 2T$, 由此得滤波电容的容量为

$$C \geq \frac{2T}{R_L} = \frac{2}{50 \times 60} = 666.7 \mu\text{F}$$

电容的耐压值为

$$U_C \geq 2U_2 = 2 \times 25 = 50 \text{ V}$$

因此选用标称值为 680 $\mu\text{F}/50 \text{ V}$ 的电解电容。

1.2.5 稳压电路

1. 电路结构

稳压管稳压电路如图 1-30 所示。 R 是限流电阻, R_L 是负载, 它与硅稳压管并联。当稳压管击穿时, 通过它的电流在很大的范围内变化, 而管子两端的电压却基本不变, 起到了稳压的作用。

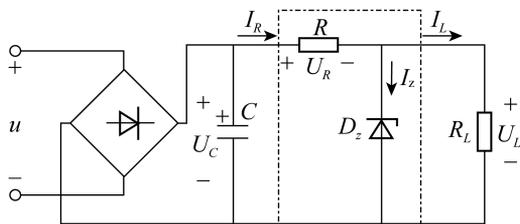


图 1-30 稳压电路

2. 工作原理

根据 KCL 和 KVL 定律有

$$I_R = I_Z + I_L \quad U_i = U_R + U_L$$

U_i 为整流滤波电路的输出电压，也是稳压电路的输入电压。

当交流电网波动时，如电网电压上升，则

$$U_i \uparrow \rightarrow U_L \uparrow \rightarrow U_Z \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_L \downarrow$$

当电网未波动 U_i 不变，而负载 R_L 变动时，如 R_L 减小，则

$$I_L \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_L \downarrow \rightarrow U_Z \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow I_R \downarrow \rightarrow U_R \downarrow \rightarrow U_L \uparrow$$

总之，无论是电网波动还是负载变动，负载两端电压经稳压管自动调整后（与限流电阻 R 配合）都能基本上维持稳定。

硅稳压管稳压电路结构简单，但受稳压管最大电流限制，又不能任意调节输出电压，所以只适用于输出电压不需调节、负载电流小且要求不甚高的场合。

1.3 练技能——焊接工艺

焊接是使金属连接的一种方法，是电子产品生产中必须掌握的一种基本操作技能。

电子产品中印制电路板的焊接主要采用锡焊，锡焊是将铅锡焊料融入焊件的缝隙使其连接的一种焊接方法，因其焊料熔点低、焊点强度高、锡焊过程可逆及成本低等优点而被广泛使用。

1.3.1 锡焊工具与材料

1. 电烙铁的结构

电烙铁是手工施焊的主要工具，它的作用是加热焊接部位，熔化焊料，使焊料和被焊金属连接起来。选择合适的电烙铁并合理地使用它，是保证焊接质量的基础，如图 1-31 为典型的电烙铁。



图 1-31 典型电烙铁外观

电烙铁主要由四个部分组成。

- (1) 发热元件 发热元件俗称烙铁芯子，将电能转换为热能的能量转换部分。
- (2) 烙铁头 作为热量存储和传递的烙铁头，一般用紫铜制成。

(3) 手柄 一般用木料或胶木制成,对于设计不良的手柄,温升过高会影响操作。

(4) 接线柱 接线柱是发热元件同电源线的连接处。

2. 电烙铁的分类及适用范围

在电子元器件焊接操作中,常用的电烙铁主要有直热式电烙铁、恒温电烙铁和吸锡电烙铁等。

(1) 直热式电烙铁

直热式电烙铁根据发热方式可以分为外热式电烙铁和内热式电烙铁。

外热式电烙铁是指烙铁芯包在烙铁头的外部,如图 1-32 所示。外热式电烙铁一般有 20 W、25 W、30 W、50 W、75 W、100 W、150 W、300 W 等多种规格。功率越大,烙铁头的温度越高。一般用 35 W 外热式电烙铁焊接印制电路板。

内热式电烙铁是指烙铁芯装在烙铁头的内部,从烙铁头内部向外传导热。内热式电烙铁的特点是体积小、发热快、质量轻、耗电低等。内热式电烙铁的规格为 20 W、30 W、50 W 等,主要用来焊接印制电路板。

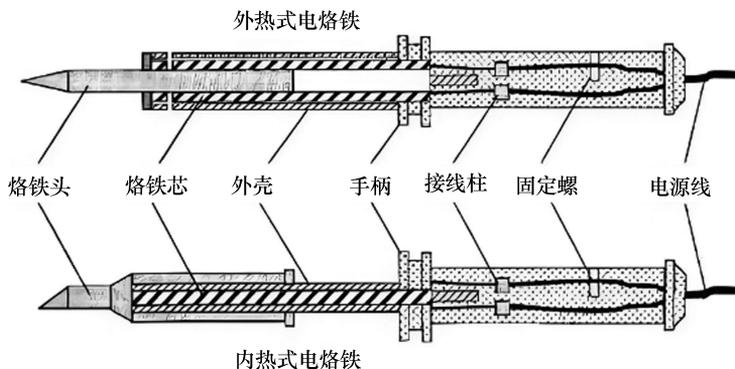


图 1-32 直热式电烙铁

(2) 恒温式电烙铁

恒温式电烙铁是在普通电烙铁头上安装强磁体传感器制成的,如图 1-33 所示。其工作原理是,接通电源后,烙铁头的温度上升,当达到设定的温度时,传感器里的磁铁达到居里点而磁性消失,从而使磁芯触点断开,这时停止向烙铁芯供电;当温度低于居里点时磁铁恢复磁性,与永久磁铁吸合,触点接通,继续向电烙铁供电。如此反复,自动控温。



图 1-33 恒温可调便携式电烙铁

(3) 吸锡电烙铁

吸锡电烙铁又叫带吸球或吸杆的电烙铁，它是将普通电烙铁与活塞式吸锡器合为一体的拆焊工具，如图 1-34 所示。它的使用方法是接通电源 3~5 s 后，把活塞按下并卡住，将锡头对准欲焊接元器件，待锡熔化后按下按钮，活塞上升，焊锡被吸入吸管。用毕，推动活塞三四次，清除吸管内残留的焊锡，以便下次使用。



图 1-34 吸锡电烙铁

3. 焊料与焊剂

(1) 焊料

能熔化两种或两种以上的金属，使之成为一个整体的易熔金属或合金都叫作焊料。焊料的种类很多，焊接不同的金属使用不同的焊料。在一般电子产品装配中，通常用锡铅焊料，俗称“焊锡”。我们把锡铅合金焊料中锡占 63%、铅占 37% 的焊锡称为“共晶焊锡”，它是比较理想的焊料，是我们一般常使用的焊锡。

(2) 焊剂

焊剂又称助焊剂，是指焊接时用于去除被焊金属表面氧化层及杂质的物质。电子设备的金属表面同空气接触后都会生成一层氧化膜，温度越高氧化越厉害。这层氧化膜妨碍了液态焊锡对金属的浸润作用，犹如玻璃沾上油就使水不能浸润一样。助焊剂就是用于清除金属表面氧化膜，保证焊锡润湿和流动性的一种化学制剂，它仅起到清除氧化膜的作用，不可能除掉焊件上的所有污物。

助焊剂的种类很多，一般可分为无机助焊剂、有机助焊剂、松香基助焊剂，其中松香基助焊剂是使用最多的一种。松香的助焊能力和电气绝缘性能好、不吸潮、无毒、不腐蚀、价格低，因而被广泛采用。制好的印制板，最后涂上了松香水（松香+酒精，比例一般为 1:3），不但具有助焊能力，而且还可防止铜的氧化，有利于焊接。

注意：松香反复加热后会炭化（发黑）而失效，因此发黑的松香不起助焊作用。

1.3.2 手工锡焊的工艺流程

一个良好焊点的产生，除了焊接材料具有可焊性、焊接工具（电烙铁）功率合适、采

用正确的操作方法之外，最重要的是操作者的技能。只有经过相当长时间的焊接练习，才能掌握焊接技术。有些人会认为用烙铁焊接非常容易，没有什么技术含量，这是非常错误的。只有通过焊接实践，不断用心领会，不断总结，才能掌握较高的焊接技能。

1. 焊前准备

焊接前的准备包括焊接部位的清洁处理；导线与接线端子的连接；元器件插装以及焊料、焊剂和工具的准备，使连接点处于随时可以焊接的状态。

2. 手工锡焊的操作方法

(1) 电烙铁的握法

通常用右手握住电烙铁，握法有反握、正握和笔握三种，如图 1-35 所示。反握法对被焊件压力较大，适用于功率大于 75 W 的电烙铁；正握法适用于弯烙铁头的操作或直烙铁头在大型机架上的焊接；笔握法适用于小功率的电烙铁，焊接印制电路板上的元器件。

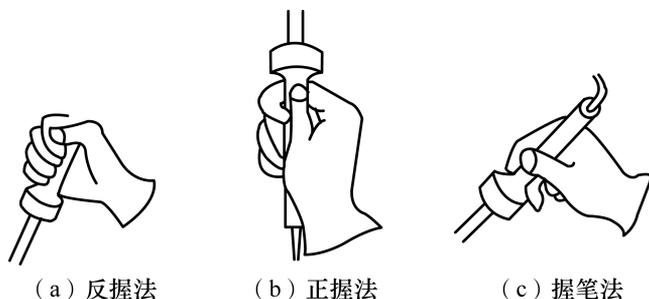


图 1-35 电烙铁握法

(2) 电烙铁的操作要领

焊接印制电路板时，一般将电烙铁与焊盘保持 45° 的接触角度，同时将烙铁头对准引线和铜箔一起加热，以保证均匀地加热速度。

当焊料熔化后，烙铁头应迅速离开焊点。如果焊料停止供给后还继续加热，会造成焊料流淌，焊点表面出现粗糙状，失去金属光泽；如果烙铁头过早撤离，会造成加热不充分，焊剂作用不够，焊点强度降低，甚至会造成虚焊或假焊。

电烙铁除具有加热作用外，还能够控制焊料量。烙铁头以 45° 方向撤离，焊点圆滑，带走少量焊料；烙铁头垂直向上撤离，焊点容易造成拉尖；烙铁头以水平方向撤离，焊点被带走大量焊料；烙铁头沿焊点向下撤离，会带走大部分焊料。掌握上述烙铁头撤离方向，就能控制焊料留存量，使每个焊点符合要求，这也是手工焊接的技巧之一。

(3) 焊锡丝的拿法

焊锡丝的正确拿法包括连续锡丝拿法和断续锡丝拿法。

①连续锡丝拿法 适用于连续进行焊接的情况，应使用左手的拇指和食指夹住锡丝，用另外三个手指配合将焊锡丝连续不断送往焊点，如图 1-36 (a) 所示。

②断续锡丝拿法 若不是连续焊接，焊锡丝的拿法也可采用断续锡丝拿法，如

图 1-36 (b) 所示。

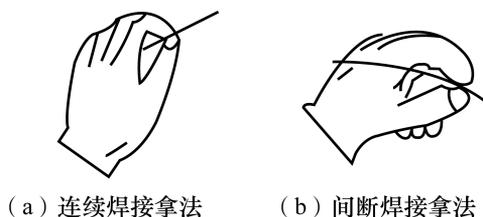


图 1-36 焊锡丝拿法

注意：焊锡丝不应缠在手指上使用，以免对皮肤造成伤害。握锡丝的长度应为 4~8 cm，过长易摇晃使焊接不到位，过短则易烫伤手指。

3. 手工锡焊过程

手工焊接可分为五步基本操作，五步基本操作法的工艺流程如图 1-37 所示。

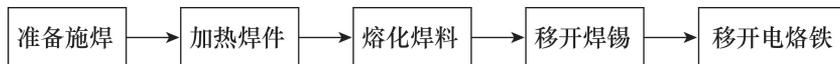


图 1-37 手工焊接工艺流程图

- (1) 准备施焊 首先把被焊件、锡丝和烙铁准备好，处于随时可焊的状态。
- (2) 加热焊件 把烙铁头放在接线端子和引线上进行加热。
- (3) 熔化焊料 被焊件经加热达到一定温度后，立即将手中的锡丝触到被焊件上使之熔化。
- (4) 移开焊锡 当锡丝熔化一定量后，迅速移开锡丝。
- (5) 移开电烙铁 当焊料的扩散范围达到要求后移开电烙铁。

1.3.3 直流稳压电源的制作

1. 直流稳压电源的设计

(1) 设计思路

直流稳压电源是一种将 220 V/50 Hz 工频交流电转换成稳定直流电输出的装置，需要经过变压、整流、滤波、稳压四个环节才能完成。直流稳压电路一般由电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路组成，基本框图如图 1-38 所示。

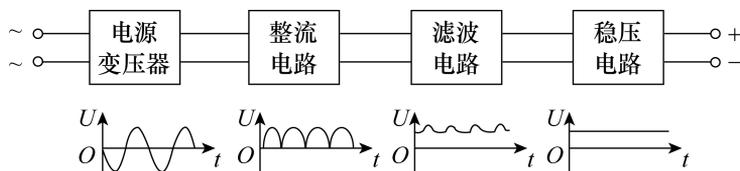


图 1-38 直流稳压电源的基本框图

考虑到图 1-26 中单相桥式整流电容滤波电路已包含变压、整流、滤波三个环节，为降低难度，我们在此电路上增加图 1-30 中的稳压电路即可成为一个单相桥式整流、电容滤波、稳压管稳压的直流电源，其设计的电路框架图如图 1-39 所示。

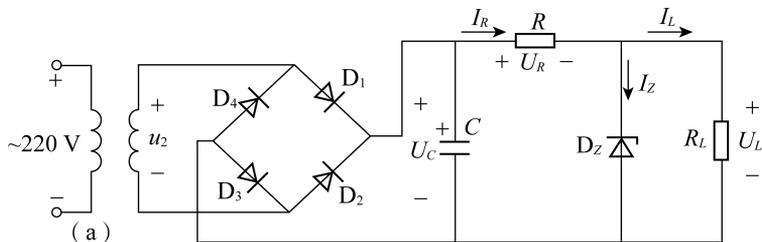


图 1-39 直流稳压电源电路框架图

(1) 设计具体要求

- ①整流二极管 采用 1N4007 型硅管；
- ②降压变压器 输出为 12 V 单相交流电压；
- ③滤波电容 电容 $C_1=1\ 000\ \mu\text{F}$ ， $C_2=0.33\ \mu\text{F}$ ， $C_3=0.33\ \mu\text{F}$ ；
- ④稳压电路 LM7815 稳压管；
- ⑤输出电压 +15 V。

(3) 直流稳压电源的电路图

根据设计具体要求，为满足实际工艺需求，滤波电容通常由一大 C_1 一小 C_2 两个电容并联组成（因为当外界噪声频率过高超出了大电容的自谐振频率，大电容不再具备滤波能力，并联小电容可以滤去噪声），输出端并联电容 C_3 （对负载瞬间变化的大电流造成快速波动进行滤波），因此将图 1-39 中的电路框图进行优化，得到如图 1-40 所示的直流稳压电源电路。

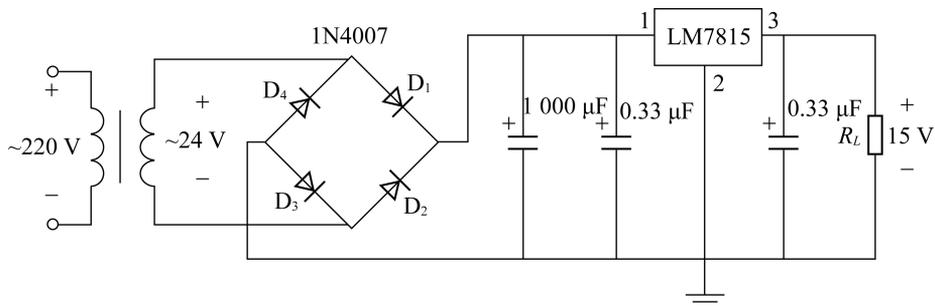


图 1-40 直流稳压电源电路图

2. 直流稳压电源的制作

(1) 制作工具及器件准备

根据设计要求选择对应参数的元器件及焊接工具，具体清单如表 1-1 所示。

表 1-1 焊接工具及元器件清单

序号	设备型号	数量
1	降压变压器 (24 V)	1 个
2	1N4007 型硅管 (整流桥)	4 个
3	1 000 μF 电容	1 个
4	0.33 μF 电容	2 个
5	LM7815 稳压管	1 个
6	印制电路板	1 个
7	电烙铁及支架	1 套
8	导线	若干
9	焊锡丝	1 卷
10	松香	1 盒
11	数字万用表	1 个
12	示波器	1 个
13	一字起	1 个
14	剪刀	1 把

(2) 直流稳压电源焊接前的准备

- ①焊接前要将被焊元器件的引线进行清洁和预镀锡；
- ②清洁印制电路板的表面，主要是去除氧化层、检查焊盘、印制导线是否有缺陷和短路点等不足；
- ③检查电烙铁能否吃锡，如果吃锡不良，应进行去除氧化层和预镀锡工作；
- ④按图 1-40 所示电路图检查所有元器件的型号、规格及数量是否符合图纸的要求，用万用表电阻挡检测整流二极管的极性和好坏，确定电解电容的极性，确定 LM7815 的三个脚。

(3) 直流稳压电源焊接过程

元器件装焊的顺序原则是先低后高、先轻后重、先耐热后不耐热。一般的装焊顺序依次是电阻、电容、二极管、集成电路等。

- ①电阻的焊接 按图纸要求将电阻器插入规定位置，插入孔位时要注意，字符标注的电阻器的标称字符要向上（卧式）或向外（立式），色环电阻器的色环顺序应朝一个方

向，以方便读取。插装时可按图纸标号顺序依次装入，也可按单元电路装入，依具体情况而定，然后就可对电阻器进行焊接。

②电容的焊接 将电容器按图纸要求装入规定位置，注意有极性电容器的阴、阳极不能接错，电容器上的标称值要易看可见。

把烙铁尖放到电容的引脚，加热焊盘，预计 2 s 后迅速把焊丝放到引脚和烙铁交汇点，此时焊丝会迅速融化，控制好焊丝的进丝量，使焊点成为锥形并且贯穿过渡孔。

③二极管的焊接 将二极管辨认证、负极后按要求装入规定位置，型号及标记要向上或朝外。对于立式安装二极管，其最短的引线焊接要注意焊接时间不要超过 2 s，以避免温升过高而损坏二极管。

④集成电路的焊接 将集成电路按照要求装入印制电路板的相应位置，并按图纸要求进一步检查集成电路的型号、引脚位置是否符合要求，确保无误后便可进行焊接。

1.3.4 直流稳压电源的检测

直流稳压电源制作完成后，需要检测其正确性，主要步骤包括外观检查、确定电源安全、测量输出电压及稳定性测试。

1. 外观检查

在安装电路后，应仔细检查组件是否安装正确，无缺失或错误，以及焊点是否使用正确的焊料，无虚焊、错焊等情况。同时，检查电源线是否损坏，电缆连接器是否短路等。

2. 确定电源安全

接通电源时，要注意任何异常现象，如冒烟、着火、特殊气味、特殊噪音或异常发热等，一旦发现异常应立即关闭电源。

3. 测量输出电压

使用万用表测量 R_L 上的直流电压值，使用示波器观测输出电压的波形。

4. 测试稳定性

对稳定器进行负载实验，通过改变负载电流，测试稳定器是否能够保持输出电压的稳定性，是否能承受过载和短路等异常状态，确保电源输出的稳定性和可靠性。

1.4 析故障

在直流稳压电源的制作完成后进行检测时可能会遇到多种故障，包括无输出电压、输出电压波动大、过热保护触发问题及输出电流异常等典型问题，如表 1-2 所示。根据各种故障分析故障原因，找出解决方法并排除故障，以确保直流稳压电源的正确性及稳定性。

表 1-2 直流稳压电源的典型故障及排故方法

序号	故障现象	故障原因	排 故 方 法
1	无输出电压	输入电源不正常	检查电源插头是否紧固,电源线是否受损,使用万用表测量输入电源的电压是否稳定
		输出端短路	用万用表测量输出端是否因连接不良或线路短路
		电子元器件损坏	用万用表分模块测量,找出损坏元器件,更换新的元器件并焊接
		虚焊或焊接缺陷	用万用表分模块测量,找出虚焊点,进行重焊
2	输出电压波动大	输入电源不稳定	使用稳定的输入电源或添加滤波电容来减小波动
		连接线路不良或松动	检查电源与负载之间的连接是否牢固可靠,检查接地线是否连接良好
		负载问题	某些负载对电源电压更敏感,使用更稳定的负载

1.5 赛风采

为培养学生的动手能力、创新能力和团结协作的精神,结合全国职业技能大赛电子产品设计与制作赛项的内容,根据班级情况将学生进行分组,每组3~4人,每次指定一名组长,下发学生任务单,如表1-3所示,以课程竞赛的方式定时完成项目实训任务。

表 1-3 学生任务单

任务名称	可调式直流稳压电源的制作与检测	班级		组别		成绩	
组长		组员					
一、任务要求 设计并制作可调式直流稳压电源,保证输出为1.2~12 V连续可调的直流稳定电压。							
知识准备 1. 直流稳压电源包含哪四个环节? 2. 画出直流稳压电源电路框架图。 3. 简述整流桥的工作特性。							

表 1-3 (续)

<p>4. 画出可调式三端稳压器 LM317 的标准应用图。</p>	
<p>三、方案设计</p> <p>1. 设计具体要求</p> <p>(1) 输入电压 220 V、50 Hz 的单相交流电；</p> <p>(2) 整流二极管 采用 1N4007 型硅管；</p> <p>(3) 降压变压器 输出为 12 V 单相交流电压；</p> <p>(4) 滤波电容 电容 $C_1=1\ 000\ \mu\text{F}$, $C_2=0.33\ \mu\text{F}$, $C_3=10\ \mu\text{F}$, $C_4=0.33\ \mu\text{F}$；</p> <p>(5) 稳压电路 LM317 可调稳压管；</p> <p>(6) 限流电阻 $R=200\ \Omega$；</p> <p>(7) 可调电阻 $0\sim 2\ \text{k}\Omega$；</p> <p>(8) 输出电压 $+1.2\sim 12\ \text{V}$。</p> <p>2. 根据所提供的元器件型号及规格设计可调式直流稳压电源的电路图。</p> <p>3. 指导老师巡视赛场，了解情况，并帮助学生确保设计方案的可行性。</p>	
<p>四、电路制作</p> <p>1. 各组组长负责分配任务，组织小组成员按规范要求进行元器件焊接。</p> <p>2. 采用万用表测量电路中的输入和输出电压。</p> <p>3. 利用示波器进行波形输出演示，并画出输入电压、输出电压波形图。</p>	
<p>学生自评：</p>	<p>教师评语：</p>
<p>组长评价：</p>	

1.6 重反馈

为全面了解课堂的教学效果，实时进行教学反馈，实现“以评促学、以评促教”的教学评一体化教学宗旨，主要采用过程性评价和课后评价相结合的方式。

1. 过程性评价

在比赛阶段指导教师需巡视场地，了解情况，对问题与疑点积极引导，适时点拨，帮助学生解决各种问题，掌握学生的学习动态，同时进行过程性评价，评价标准如表 1-4 所示，以达到竞赛考核与适度助学的目的。

比赛时间到，请各组派代表进行成果展示，通过示波器进行波形展示，并总结经验教训。随后教师对小组进行点评，并总结成果及易错点，帮助学生查漏补缺。

2. 课后评价

在课堂教学后继续延续学习过程，以提高教学连贯性。

(1) 通过线上平台发布课后作业，检验学生的重点、难点学习效果，及时了解学生的学习情况。

(2) 通过线上平台直接对作业完成情况进行评分，对得分较高的学生进行表扬，得分欠佳的学生进行引导和预警。

表 1-4 过程性评价标准

项目名称	可调式直流稳压电源的制作与检测			时 间		
组长		组员				
考核项目	考核内容	考核要求及评分标准		配分	组长评价	教师评价
知识准备	直流稳压电源的环节和元器件特性	知识掌握情况和资料查阅情况，每个问题 2.5 分		10 分		
方案设计	设计电路图	1. 元器件选择 10 分，选错一个扣 3 分； 2. 电路图设计的正确性 15 分，错一个模块扣 5 分		25 分		
电路制作	制作并检测直流稳压电源	1. 焊接质量 10 分，虚焊或焊接缺陷每个扣 2 分； 2. 功能的实现 15 分，一个模块不能实现扣 5 分； 3. 电烙铁等工具的正确使用 10 分，操作不当每次扣 2 分； 4. 参数的测试 5 分，无输出电压扣 5 分； 5. 成果展示：示波器波形输出 5 分，无法输出扣 5 分		45 分		

表 1-4 (续)

安全文明意识	文明生产	安全用电, 无操作事故, 遵守整理、整顿、清扫、清洁和修身要求, 发生事故扣 10 分, 损坏设备、丢失东西视情况扣分	10 分		
团队协作精神	小组成员分工协作	要有组内分工表, 每人均有任务并能完成任务。不参与者每人扣 10 分, 不积极参与或抄袭他人成果者视情况扣分。第一组完成任务且本项无扣分加 5 分	10 分		
汇总			100 分		
总分	项目总分=组长评分×30%+教师评分×70%				

思考与练习

一、选择题

- 二极管的主要特点是 ()。
 - 整流
 - 单向导电性
 - 加正向电压截止, 加反向电压导通
 - 发光
- 在杂质半导体中, 多子的浓度主要取决于 ()。
 - 掺杂浓度
 - 掺杂工艺
 - 温度
 - 光照
- 单相桥式整流电路中每个二极管在一个周期中导通 ()。
 - 一个周期
 - 半个周期
 - 三分之一周期
 - 四分之一周期
- 在桥式整流电路中接入滤波电容后, 其输出电压 ()。
 - 降低
 - 升高
 - 不变
 - 升高和降低都可能
- 稳压管起稳压作用, 是利用它的 ()。
 - 正向特性
 - 单向导电性
 - 双向导电性
 - 反向击穿特性

二、填空题

- 半导体具有热敏性、_____和_____三大特点。
- P 型半导体中自由电子是_____载流子, 空穴是_____载流子。
- 加在二极管上的正向电压大于死区电压时, 二极管_____; 加反向电压时, 二极管_____。
- 直流稳压电路一般由电源变压器、_____、_____和稳压电路组成。

5. 手工焊接可分为五步基本操作, 即准备施焊、_____、_____、移开焊锡和移开电烙铁。

三、简答题

1. 半导体的导电机理与金属的导电机理一样吗, 为什么?
2. 二极管的伏安特性曲线上共分哪几个区? 简要说明各工作区的特点。
3. 半导体二极管工作在反向击穿区, 是否一定被损坏, 为什么?
4. 整流电路中半波整流和桥式整流哪个更好, 为什么?
5. 稳压二极管正常工作时在哪个区域, 使用时应注意什么?

四、计算题

1. 图 1-41 所示的电路中, 二极管均为理想二极管。试分析其工作过程, 并求出流过二极管的电流。

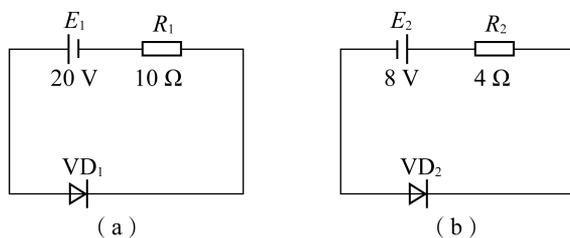


图 1-41

2. 若一个稳压二极管的稳定电压为 5.6 V, 电路中串联了一个 10 Ω 的电阻, 且电流为 50 mA, 计算该稳压二极管两端的电压。