

电子电路基础

快速入门

张海军 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电子电路基础

快速入门

主 编 张海军

副主编 张 亮 周 新

参 编 邸庆辉 李国辉 马妙霞 辛春娟

施芳雅 赵 亮 张伯虎



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书讲述了常用电子器件的基本知识,常用电子电路分析和电路制作的基础知识。全书分为三篇,第一篇为模拟电路基础篇,主要讲解了常用电子器件及其在设计时的选用,电路原理及电路制作,主要内容有直流稳压电源,功放电路,集成运算放大器,正弦波振荡电路,晶闸管电路。第二篇为数字电路基础篇,主要讲解了数字电路原理,集成电路分析及电路制作,主要内容有反相器,组合逻辑门电路,集成触发器,计数、译码、显示电路,555 定时器。第三篇为综合电路分析篇,也是提高篇,列举一些实际电路分析电路的工作原理,包括小电器类、控制电路类及广告控制与自动控制电路等内容。

本书内容全面、理论知识与制作技能并重,真正做到了由浅入深、循序渐进,读者通过阅读此书,可快速看懂电子电路图,使识图水平和电子制作能力上升到一个新的高度。

本书适合于无线电技术人员、电子爱好者阅读,也适合于各类高职高专电子类课程、汽车电子技术及相关专业作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路基础快速入门 / 张海军主编. —北京:中国电力出版社, 2014.6

ISBN 978-7-5128-5536-1

I. ①电… II. ①张… III. ①电子电路 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 024392 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 6 月第一版 2014 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 352 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

电子技术是研究电子元器件、电子电路及其应用的技术，其应用也促进了多个行业的发展，从而使越来越多的人加入了电子技术人员的行列。为了普及电子科学知识、帮助广大青少年及电子爱好者尽快掌握电子技术，特编写本书。

全书分为三篇，第一篇为模拟电路基础篇，主要讲解了常用电子元器件及其在设计时的选用、电路原理及电路制作，主要内容有直流稳压电源，功放电路，集成运算放大器，正弦波振荡电路，晶闸管电路。第二篇为数字电路基础篇，主要讲解了数字电路原理，集成电路分析及电路制作，主要内容有反相器，组合逻辑门电路，集成触发器，计数、译码、显示电路，555 定时器。第三篇为综合电路分析篇，也是提高篇，列举一些实际电路分析电路的工作原理，包括小电器类、控制电路类及广告控制与自动控制电路等内容。

本书内容全面、理论知识与制作技能并重，真正做到了由浅入深、循序渐进，读者通过阅读此书，可快速看懂电子电路图，使识图水平和电子制作能力上升到一个新的高度。

本书适合于无线电技术人员、电子爱好者阅读，也适合于各类高职高专电子类课程、汽车电子技术及相关专业作为培训教材使用。

本书由张海军主编，张亮、周新任副主编，邸庆辉、李国辉、马妙霞、辛春娟、施芳雅、赵亮、张伯虎参与了本书编写。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 模拟电路基础篇

第一章 直流稳压电源	3
第一节 二极管的基础知识	3
第二节 二极管的电路	7
第三节 三极管的基础知识	13
第四节 三极管的放大电路	16
第五节 稳压电路	25
第六节 实用性稳压电路制作	29
第二章 功放电路	32
第一节 多级放大电路	32
第二节 直流放大器	35
第三节 反馈电路	39
第四节 功放电路	41
第五节 实用功放电路制作	49
第三章 集成运算放大器	54
第一节 集成运放电路概述	54
第二节 集成运放电路应用	58
第三节 集成运放实用电路制作	61
第四章 正弦波振荡电路	67
第一节 振荡电路原理与组成	67
第二节 振荡电路分析	68
第三节 实用振荡电路制作	78
第五章 晶闸管电路	81
第一节 晶闸管原理	81
第二节 晶闸管整流电路	84
第三节 晶闸管触发电路	86
第四节 双向晶闸管电路	89
第五节 晶闸管应用电路制作	91

第二篇 数字电路基础篇

第六章 反相器	97
第一节 脉冲基础知识	97
第二节 晶体管的开关特性	101
第三节 反相器的制作	104
第七章 组合逻辑门电路	107
第一节 数字电路概述	107
第二节 基本逻辑门电路	110
第三节 组合逻辑门电路	114
第四节 数字电路分析方法	116
第五节 逻辑电路的制作	121
第八章 集成触发器	125
第一节 基本集成触发器	125
第二节 同步触发器	126
第三节 边沿触发器	130
第四节 主从触发器	132
第九章 计数 译码 显示电路	135
第一节 时序电路概述	135
第二节 寄存器	138
第三节 计数器	140
第四节 显示器	146
第五节 电路制作	149
第十章 555 定时器	153
第一节 多谐振荡器	153
第二节 单稳态触发器	155
第三节 双稳态触发器(施密特触发器)	158
第四节 电路制作(555 定时器)	161

第三篇 综合电路分析篇

第十一章 综合电路识图	169
第一节 音响电路识图	169
第二节 风扇类电路分析	175
第三节 厨房电器类电路分析	178
第四节 控制充电电路	188
第五节 其他电路原理分析	195
附录 A 实训原理图、元件清单和装配电路板图	200

第一篇

模拟电路基础篇



第一章

直流稳压电源

第一节 二极管的基础知识

本节学习要点

- (1) 掌握二极管的结构、符号和二极管的重要特性。
- (2) 掌握二极管的伏安特性曲线及各个区的特点。
- (3) 了解二极管的分类、型号，及其三个重要参数。
- (4) 掌握利用万用表测量二极管的方法。

一、二极管的结构和特性

(一) 二极管的外形和图形符号

1. 二极管的外形

二极管是电子产品中应用非常广泛的电子器件之一，它的种类、型号非常多，图 1-1 是在实际电路中应用的几种二极管的外形。

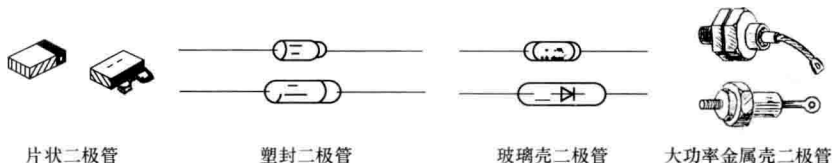


图 1-1 二极管的外形

2. 二极管的图形符号

图 1-2 中，+号称为正极，-号称为负极。二极管的正极又称阳极，负极又称阴极。

(二) 二极管的结构

1. 物体的分类

(1) 导体：电阻率小于 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为导体，载流子为自由电子。

(2) 绝缘体：电阻率大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为绝缘体，基本无自由电子。

(3) 半导体：电阻率介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体，主要有硅 (Si)、锗 (Ge) 等 4 价元素材料。其电阻率在各种因素 (掺杂、光照、电场、磁场) 作用下变化巨大，且电阻率随温度增加而减小 (负温度系数)。

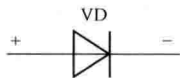


图 1-2 二极管的图形符号

2. 半导体

(1) 本征半导体。纯净的不含其他杂质的半导体称为本征半导体。

$T=0\text{K}$ 时, 它同绝缘体, 无自由电子。温度升高, 热运动使本征半导体的价电子脱离共价键成为自由电子, 且在共价键处留下“空穴”。

电子带负电, 空穴带正电, 是两种载流子。产生电子—空穴对的过程称为激发, 电子—空穴对成对消失的过程称为复合。

本征半导体的自由电子浓度和空穴浓度相等, 且随温度增高而增大。一定温度下自由电子浓度和空穴浓度达到动态平衡。

(2) 杂质半导体。半导体掺入杂质后, 电阻率急剧下降。主要分为 N 型半导体和 P 型半导体。

1) N 型半导体。半导体掺入五价元素磷、锑、砷等构成 N 型半导体。其电子多, 是多数载流子。空穴是少数载流子。

2) P 型半导体。半导体掺入三价元素硼、镓、铟等构成 P 型半导体。空穴是多子, 电子为少子。三价元素为受主原子。

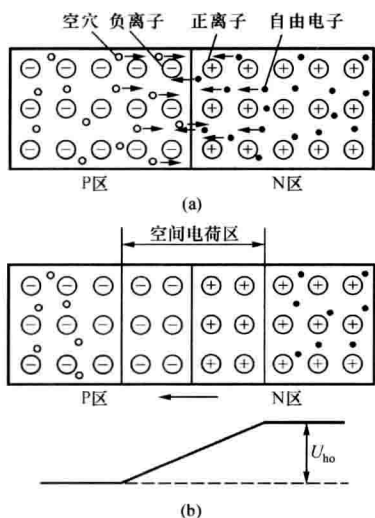


图 1-3 PN 结中载流子的运动示意图

(a) 载流子扩散运动; (b) 形成稳定的空间电荷区

3. 半导体二极管

(1) PN 结。P 型和 N 型半导体通过一定的工艺制造在一起, 则它们接触面上形成一个特殊的薄层称为 PN 结。

PN 结中载流子的运动: 在 PN 结界面的两侧, 由多数载流子扩散形成了一个由不能移动的正负离子组成的空间电荷区, 因而产生了一个电位差 U_V , 称电位壁垒, 它的电场方向由 N 区指向 P 区, 阻碍了扩散运动, 却使少数载流子做漂移运动。

扩散作用使得空间电荷区增宽, 导致内电场增强, 结果又导致漂移作用增强, 当多子的扩散运动和少子的漂移运动相等时, 就达到了某种动态平衡, 此时空间电荷区宽度不变。

图 1-3 是 PN 结中载流子的运动示意图。

(2) PN 结的单向导电性。

1) 外加正向电压 (也称正向偏置, 简称正偏)。如图 1-4 (a) 所示, 当外加正向电压 (P 区接电源正极、N 区接电源负极) 时, 此时内外电场方向相反。在外电场的作用下, P 区的多数载流子空穴和 N 区的多数载流子电子都向空间电荷区移动, 分别与空间电荷区中的一部分负、正离子中和, 使空间电荷量减少, 空间电荷区变窄, PN 结呈现一个很小的电阻, 此时多子扩散形成的正向电流 I_F 较大。

2) 外加反向电压 (也称反向偏置, 简称反偏)。如图 1-4 (b) 所示, 当外加反向电压 (P 区接电源负极、N 区接电源正极) 时, 内外电场方向一致。在外电场的作用下, P 区的多数载流子空穴和 N 区的多数载流子电子远离空间电荷区, 使空间电荷量增多, 空间电荷区变宽, 这一结果有利于少数载流子的漂移。当温度不变时, 少数载流子浓度不变, 因此反向电流 I_R 几乎与反偏无关, 常又称为反向饱和电流 I_s 。由于室温下 I_s 很小, 故 PN 结呈高阻截止状态。

可见, PN 结在正向偏置时电阻很小, 处于导通状态; 反偏时虽存在反向电流, 但很小, 电阻很大, 处于截止状态。这就是 PN 结的单向导电性。

(3) 二极管的单向导电性。将 PN 结用玻璃或金属封装起来 (见图 1-5), 两端引出一条电极,

就构成了二极管，由于 PN 结具有单向导电性，因此二极管也具有单向导电性。

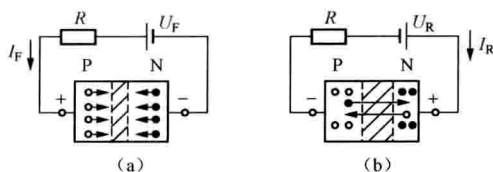


图 1-4 PN 结的单向导电性

(a) 外加正向电压；(b) 外加反向电压

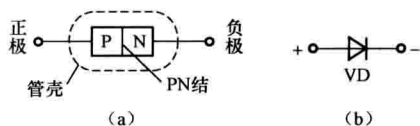


图 1-5 二极管的组成和图形符号

(a) 组成；(b) 图形符号

二、二极管的伏安特性

实验测得二极管伏安特性曲线如图 1-6 所示。

1. 正向特性

(1) 死区：当电压超过某一电压值时，电流明显增大，该电压称死区电压。硅管的死区电压在 0.5V 左右；锗管的死区电压在 0.1V 左右。

(2) 指数区：当正向电压超过死区电压后，电流电压关系基本呈指数关系。

(3) 线性区：当电压较大时，电流电压基本呈线性关系，此时，硅管电压通常为 0.7V 左右，锗管为 0.2V 左右。

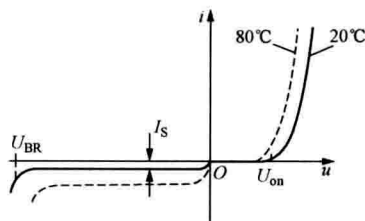


图 1-6 二极管伏安特性曲线

2. 反向特性

(1) 反向饱和电流区：反向饱和电流 I_S 基本不随外电压变化，但与温度密切相关。此时二极管中几乎没有电流流过，二极管处于截止状态，这种连接方式称为反向偏置。二极管处于反向偏置时，仍然会有微弱的反向电流流过二极管，称为漏电流。

(2) 击穿区： U_{BR} 为反向击穿电压。当二极管两端的反向电压增大到某一数值，反向电流会急剧增大，二极管将失去单向导电特性，这种状态称为二极管的击穿。

三、二极管的分类、型号和参数

(一) 二极管的分类

(1) 按材料分可分为硅管、锗管。

(2) 按 PN 结的面积大小分可分为点接触型和面接触型。

(3) 按用途分可分为：

1) 整流二极管：利用二极管单向导电性，可以把方向交替变化的交流电变换成单一方向的脉动直流电。

2) 开关二极管：二极管在正向电压作用下电阻很小，处于导通状态，相当于一只接通的开关；在反向电压作用下，电阻很大，处于截止状态，如同一只断开的开关。利用二极管的开关特性，可以组成各种逻辑电路。

3) 限幅元件：二极管正向导通后，它的正向压降基本保持不变（硅管为 0.7V，锗管为 0.3V）。利用这一特性，在电路中作为限幅元件，可以把信号幅度限制在一定范围内。

4) 继流二极管：在开关电源的电感和继电器等感性负载中起继流作用。

5) 检波二极管：在收音机中起检波作用。

6) 变容二极管：使用于电视机的高频头中。

7) 稳压二极管：在电路中起稳压作用。电源电路经常使用。

(二) 二极管的型号命名方法 (见图 1-7)

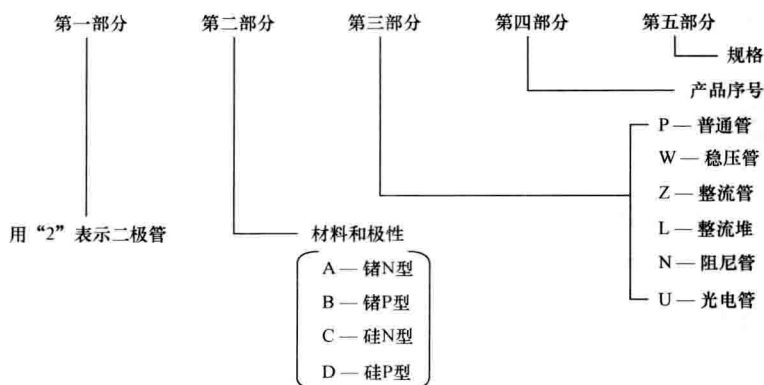


图 1-7 二极管的型号命名规定由五个部分组成

(三) 二极管的参数

用来表示二极管的性能好坏和适用范围的技术指标，称为二极管的参数。不同类型的二极管有不同的特性参数。其中主要参数如下。

1. 额定正向工作电流

是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。因为电流通过管子时会使管芯发热，温度上升，温度超过容许限度（硅管为 140°C 左右，锗管为 90°C 左右）时，就会使管芯过热而损坏。所以，二极管使用中不要超过二极管额定正向工作电流。例如，常用的 IN4001~4007 型锗二极管的额定正向工作电流为 1A。

2. 最高反向工作电压

加在二极管两端的反向电压高到一定值时，会将管子击穿，失去单向导电能力。为了保证使用安全，规定了最高反向工作电压。例如，IN4001 二极管反向耐压为 50V，IN4007 反向耐压为 1000V。

3. 反向电流

反向电流是指二极管在规定的温度和最高反向电压作用下，流过二极管的反向电流。反向电流越小，管子的单方向导电性能越好。值得注意的是反向电流与温度有着密切的关系，大约温度每升高 10°C ，反向电流增大一倍。例如 2AP1 型锗二极管，在 25°C 时反向电流若为 $250\mu\text{A}$ ，温度升高到 35°C ，反向电流将上升到 $500\mu\text{A}$ 。依次类推，在 75°C 时，它的反向电流已达 8mA，不仅失去了单方向导电特性，还会使管子过热而损坏。又如，2CP10 型硅二极管， 25°C 时反向电流仅为 $5\mu\text{A}$ ，温度升高到 75°C 时，反向电流也不过 $160\mu\text{A}$ 。故硅二极管比锗二极管在高温下具有较好的稳定性。

四、二极管的测试

使用万用表可以测试二极管的极性和性能的好坏。测试前先把万用表的转换开关拨到欧姆挡的 $R \times 1\text{k}$ 或 $R \times 100$ 挡位（注意不要使用 $R \times 1$ 挡，以免电流过大烧坏二极管，也不要使用 $R \times 10\text{k}$ 挡，以免电压过高击穿二极管），再将红、黑两根表笔短路，进行欧姆调零。

(一) 二极管极性的检测

用万用表的红黑表笔分别接触二极管的两极，测得一次电阻值，再将万用表的红黑表笔对调，再测一次。两次阻值一次比较大，一次比较小，说明二极管具有单向导电性。阻值比较大的那次黑表笔所接的是二极管的正极，另一端为负极。

(二) 二极管性能好坏的检测

1. 正向特性测试

把万用表的黑表笔（表内正极）搭触二极管的正极，红表笔（表内负极）搭触二极管的负极。若表针不摆到零值而是停在标度盘的中间，这时的阻值就是二极管的正向电阻，一般正向电阻越小越好。若正向电阻为零值，说明管芯短路损坏，若正向电阻接近无穷大值，说明管芯断路。短路和断路的管子都不能使用。

2. 反向特性测试

把万用表的红表笔接触二极管的正极，黑表笔搭触二极管的负极，若表针指在无穷大值或接近无穷大值，管子就是合格的。

第二节 二极管的电路

本节学习要点

- (1) 掌握二极管整流原理。
- (2) 掌握二极管的三种整流电路。
- (3) 掌握二极管的电容滤波原理与电路，了解电感滤波和复式滤波。
- (4) 掌握稳压二极管的稳压原理与稳压电路。

一、二极管的整流电路

(一) 整流与整流器

- (1) 整流：将交流电转换成直流电的过程称为整流。其原理是利用二极管的单向导电性。
- (2) 整流器：将交流电转换成直流电的电路称为整流器。

(二) 二极管整流电路

1. 单相半波整流电路

- (1) 电路组成。如图 1-8 (a) 所示，由电源变压器 T、整流二极管 VD 和负载 R_L 组成。

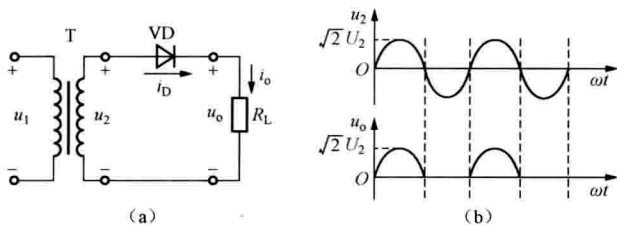


图 1-8 单相半波整流电路

(a) 电路图；(b) 波形图

- (2) 工作原理。设变压器二次电压有效值为 U_2 ，其瞬时值 $u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ ，二极管为理想二极管。

当 u_2 为正半周（上正下负）时，二极管 VD 正向导通，则 $u_V = 0$ ， $u_o = u_2$ ， $i_o = i_V = u_2 / R_L$ 。

当 u_2 为负半周（下正上负）时，二极管 VD 反向截止，则 $u_V = u_2$ ， $u_o = 0$ ， $i_o = i_V = 0$ 。

这样，在 u_2 变化的一个周期内，负载 R_L 上得到了一个单方向半波脉动直流电压 u_o ，其波形

如图 1-8 (b) 所示。因此这种电路被称为“单相半波整流电路”。

(3) 基本参数。

1) 负载上的直流电压 U_O 。从图 1-8 (b) 可见, 虽然通过 R_L 的电压 u_o 有变化, 但其半波脉动直流电压为

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

2) 负载上的直流电流 I_O 。根据欧姆定律可知

$$I_O = U_O / R_L = 0.45 U_2 / R_L \quad (1-2)$$

3) 通过二极管的平均电流 I_V 。由图 1-8 (a) 可看出, 通过整流二极管的电流与负载电流相等, 则有

$$I_V = I_O = U_O / R_L \approx 0.45 U_2 / R_L \quad (1-3)$$

4) 二极管承受的最大反向电压 U_{RM} 。从图 1-8 (a) 还看出, 当 u_2 为负半周时, 二极管承受的最高反向电压为

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

式 (1-3)、式 (1-4) 是选用整流二极管的依据。

可见, 半波整流电路结构简单, 只用了一个整流二极管。但输出波形脉动幅度大, 直流成分低, 二极管半周不导通, 利用率低。

2. 单相全波整流电路

(1) 电路组成。单相全波整流电路如图 1-9 (a) 所示, 波形图如图 1-9 (b) 所示。

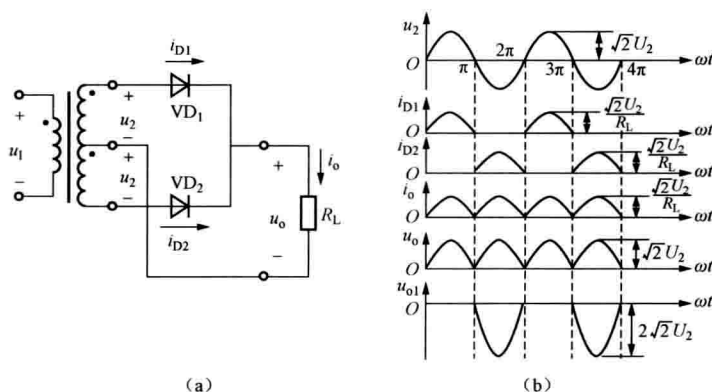


图 1-9 单相全波整流电路

(a) 电路图; (b) 波形图

(2) 工作原理。设变压器一次电压有效值为 U_1 , 二次绕组带中心抽头, 其电压为两个大小相等、相位相反的两个值 U_2 , 其瞬时值 $u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$, 二极管为理想二极管。

当 u_1 为正半周 (上正下负) 时, 二极管 VD_1 正向导通, VD_2 反向截止。

当 u_1 为负半周 (下正上负) 时, 二极管 VD_1 反向截止, VD_2 正向导通。

这样, 在 u_1 变化的一个周期内, 负载 R_L 上得到了一个单方向全波脉动直流电压 u_o 。

(3) 基本参数。

1) 根据图 1-9 (b) 可知, 全波整流电路的输出电压为

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

2) 流过负载的平均电流为

$$I_O = U_O / R_L = 0.9 U_2 / R_L \quad (1-6)$$

3) 二极管所承受的最大反向电压为

$$U_{RM} = 2\sqrt{2}U_2 \quad (1-7)$$

注意：整流电路中的二极管是作为开关运用的。整流电路既有交流量，又有直流量，通常：

输入（交流）——用有效值或最大值；

输出（交直流）——用平均值；

整流管正向电流——用平均值；

整流管反向电压——用最大值。

3. 单相桥式整流电路

(1) 电路组成。它由电源变压器 T、4 只整流二极管（视为理想二极管）和负载 R_L 组成，如图 1-10 (a) 所示。由于 4 只二极管接成电桥形式，故将此电路称为桥式整流电路。

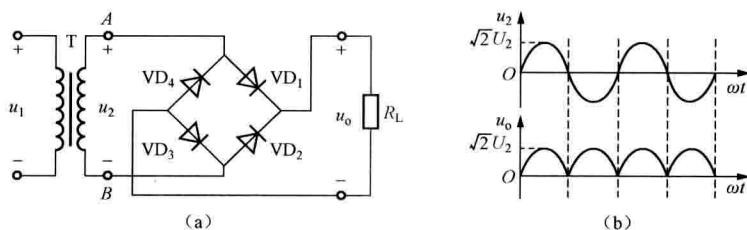


图 1-10 单向桥式整流电路

(a) 原理电路；(b) 波形图

(2) 工作原理。

当 u_2 为正半周时， VD_1 、 VD_3 导通， VD_2 、 VD_4 截止。电流流通的路径为： $A \rightarrow VD_1 \rightarrow R_L$ （电流方向由上至下） $\rightarrow VD_3 \rightarrow B \rightarrow A$ ；

当 u_2 为负半周时， VD_2 、 VD_4 导通， VD_1 、 VD_3 截止。电流流通的路径为： $B \rightarrow VD_2 \rightarrow R_L$ （电流方向由上至下） $\rightarrow VD_4 \rightarrow A \rightarrow B$ 。

这样，在 u_2 变化的一个周期内，负载 R_L 上得到了一个单方向全波脉动直流电压 u_O ，其波形如图 1-10 (b) 所示。

(3) 基本参数。

1) 负载上的直流电压 U_O 。从图 1-10 (b) 可见，因全波输出波形面积为半波的两倍，因此

$$U_O = 2 \times 0.45 U_2 = 0.9 U_2 \quad (1-8)$$

2) 负载上的直流电流 I_O

$$I_O = U_O / R_L = 0.9 U_2 / R_L \quad (1-9)$$

3) 通过二极管的平均电流 I_V 。由图 1-10 (a) 可看出，每两只整流二极管串联后在 u_2 的正、负半周轮流导通，因此流过每个二极管的平均电流只是负载上平均电流的一半，则有

$$I_V = I_O / 2 = 0.45 U_2 / R_L \quad (1-10)$$

4) 二极管承受的最大反向电压 U_{RM} 。从图 1-10 (a) 还看出，当 VD_1 、 VD_3 导通时，截止管 VD_2 、 VD_4 的负极与 A 端同相位，正极与 B 端同相位，截止管两端所承受的最高反向电压为

$$U_{RM} = \sqrt{2} U_2 \quad (1-11)$$

可见,桥式整流电路虽说比半波整流电路多用了三只整流二极管,但直流成分却提高了一倍,变压器利用率也得到充分利用,因此桥式整流电路得到了广泛的应用。

单相桥式整流电路的变压器中只有交流电流流过,而半波和全波整流电路中均有直流分量流过。所以单相桥式整流电路的变压器效率较高,在同样的功率容量条件下,体积可以小一些。单相桥式整流电路的总体性能优于单相半波和全波整流电路,故广泛应用于直流电源之中。

二、滤波电路

由半波整流电路到全波整流再到桥式整流电路,虽输出波形脉动幅度减小了很多,但输出仍是直流脉动电压。这种脉动电压中含有较大的交流成分,因此不能保证电子设备的正常工作,即使较小的交流成分在音响设备中也会出现严重的交流噪声,电视机的图像产生扭曲等。因此需要进一步的减小输出电压的纹波,使其更加平滑。人们常采用电容、电感等储能元件来完成此功能,这种电路被称作滤波电路。滤波电路的种类有电容滤波、电感滤波、复式滤波(阻容滤波、感容滤波)。下面重点分析电容滤波。

(一) 电容滤波电路

1. 电路组成

如图 1-11 (a) 所示。由于电容的特点是其两端电压不能突变,故在滤波电路中电容与负载电阻应采用并联方式。

2. 滤波原理

(1) K1 断开、K2 闭合的状态。此时,该电路就是前面讲过的桥式整流电路,负载将得到 $0.9U_2$ 的脉动电压波形,如图 1-11 (b) 所示。

(2) K1 闭合、K2 断开的状态(空载)。设初始 $u_C=0$,当接通电源后, u_C 被充电到峰值 $\sqrt{2} U_2$,此时将使电桥中的二极管截止, u_C 无放电通路,只能保持峰值不变, $U_{O(AV)}=\sqrt{2} U_2$,如图 1-11 (b) 所示。

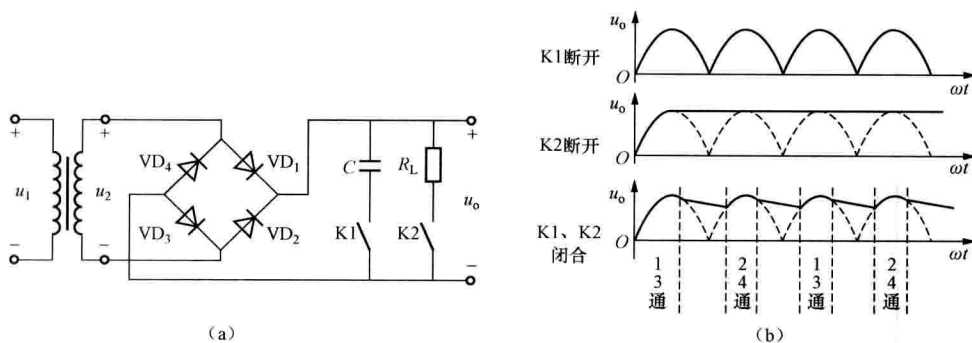


图 1-11 桥式整流电容滤波电路

(a) 电路图; (b) 波形图

(3) K1、K2 闭合的状态。为了分析方便,我们不妨在变压器二次侧无损耗,二极管导通电压为零的理想情况下讨论。

当 u_2 为正半周时, VD_1 和 VD_3 导通, VD_2 和 VD_4 截止。电流一路流经负载电阻 R_L , 另一路对电容器 C 充电,在理想情况下认为电容两端电压 u_C (u_O) 能够跟随 u_2 的上升而上升并充电到 u_2 的峰值 $\sqrt{2} U_2$,如图 1-11 (b) 所示。此后 u_2 按正弦规律从峰值开始下降,电容器 C 通过负载 R_L 放电,其电压 u_C 也开始下降,趋势与 u_2 基本相同。由于电容器 C 按指数规律放电,所以当 u_2 下降到一定数值后, u_C 的下降速度小于 u_2 的下降速度,使 u_C 大于 u_2 ,从而导致 VD_1 和 VD_3 反偏

而变为截止。此后,电容 C 继续通过 R_L 放电, u_C 按指数规律缓慢下降,而不随 u_2 的下降而下降。只有待到负半周输入信号 $|u_2| > u_0$ 时, VD_2 和 VD_4 导通,再次向电容器 C 充电,当 u_C 达到峰值之后,随着 $|u_2|$ 的减小电容再次放电,直到 $|u_2| < u_C$ 时,整流二极管再次同时截止,电容器 C 又经 R_L 缓慢放电。如此循环,输出电压 u_0 变成了比较平滑的直流电。

(二) 电感滤波器

1. 电路组成

如图 1-12 在整流电路输出端和负载之间串入一个电感线圈 L (有铁芯的线圈,称扼流圈),也具有滤波作用,称为电感滤波器。它是利用电感的直流电阻小、交流阻抗大的特性进行滤波的。

2. 滤波原理

当整流电路输出脉动直流电压时,负载电流将随着增加或减小。当负载电流增大时,电感线圈中将产生与电流方向相反的感应电动势,力图阻止电流的增加;而当负载电流减少时,电感线圈中将产生与电流方向相同的感应电动势,力图阻止电流减少。由于电感具有反抗电流变化的作用,使得负载电流的脉动程度减小了,在负载电阻 R_L 上也就可以得到一个较平滑的直流输出电压实线波形。显然,电感量 L 越大,滤波效果越好。

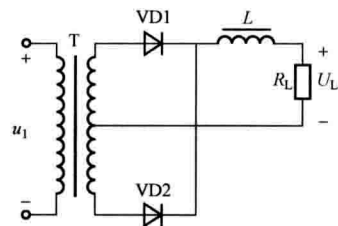


图 1-12 全波整流电感滤波电路

电感滤波器适用于负载电流较大并经常变化的场合。

(三) 复式滤波

复式滤波器是由电感和电容或电阻和电容组合起来的滤波器。

常见的复式滤波器有下列几种:

1. π 型滤波器 (见图 1-13)

2. L 型滤波器 (见图 1-14)

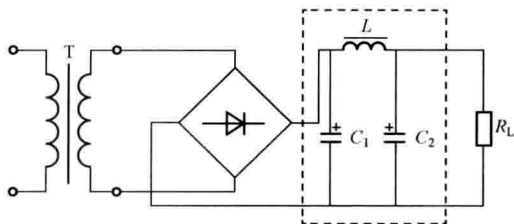


图 1-13 LC- π 型滤波器

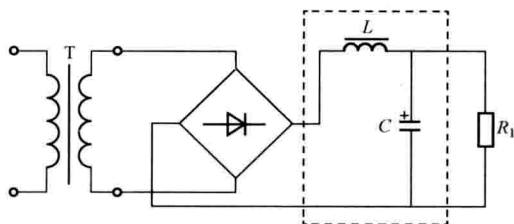


图 1-14 L 型滤波器

3. RC- π 滤波器 (见图 1-15)

三、二极管稳压电路

(一) 稳压二极管

1. 图形符号 (见图 1-16)

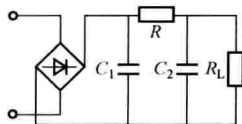


图 1-15 RC- π 滤波器

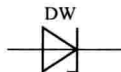


图 1-16 稳压二极管图形符号

2. 硅稳压二极管的特性 (见图 1-17)

从伏安特性曲线可知,当反向电压增大到击穿电压时,反向电流开始急剧增大。只要反向电