



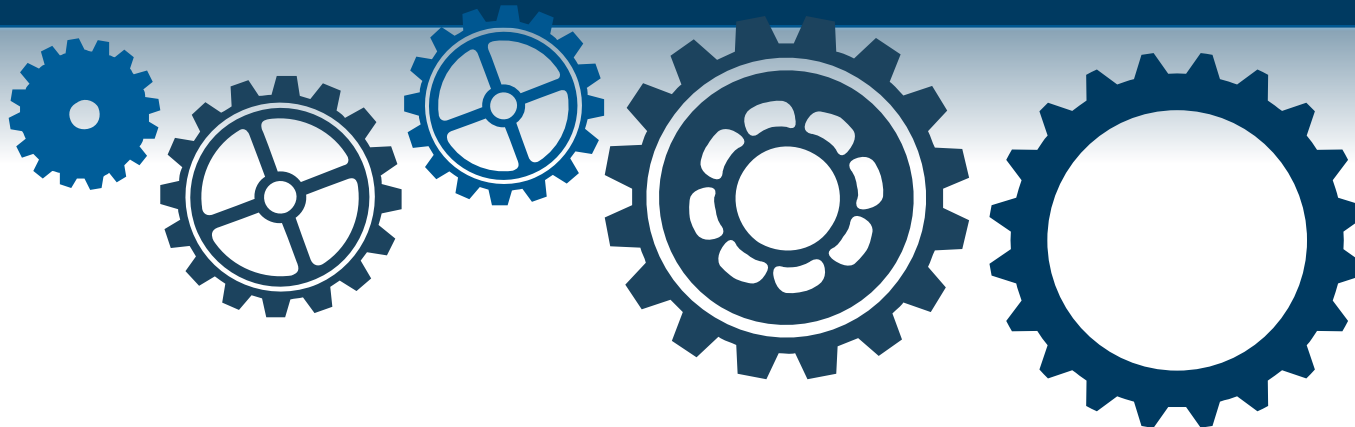
电工电子技术

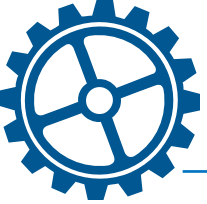


第9章



直流稳压电源





第9章 直流稳压电源

学习目标

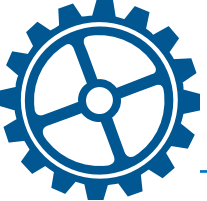
1. 了解直流稳压电源的组成及各部分的功能。
2. 掌握单相半波整流电路和单相桥式整流电路的工作原理，并能进行相关计算。
3. 掌握电容滤波电路的工作原理，并能进行相关计算。
4. 掌握稳压管稳压电路和串联型直流稳压电路的工作原理。
5. 掌握三端集成稳压器的结构、主要参数及在电路中的应用。

育人目标

了解劳动模范的先进事迹，激发学生追求进取的精神。

The slide features several blue gear icons of various sizes and designs. One gear is at the top center, another is to its right. Below the title bar, there are four gears: a small one on the left, a medium one next to it, a large one in the center, and another medium one on the right. The title bar is a dark grey rounded rectangle with a white shadow below it.

9.1 直流稳压电源概述



9.1 直流稳压电源概述

9.1.1 直流稳压电源的组成

直流稳压电源的作用是将频率为50 Hz、有效值为220 V的交流电转换成输出幅值稳定的直流电。直流稳压电源由电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四部分组成，如图9-1所示。

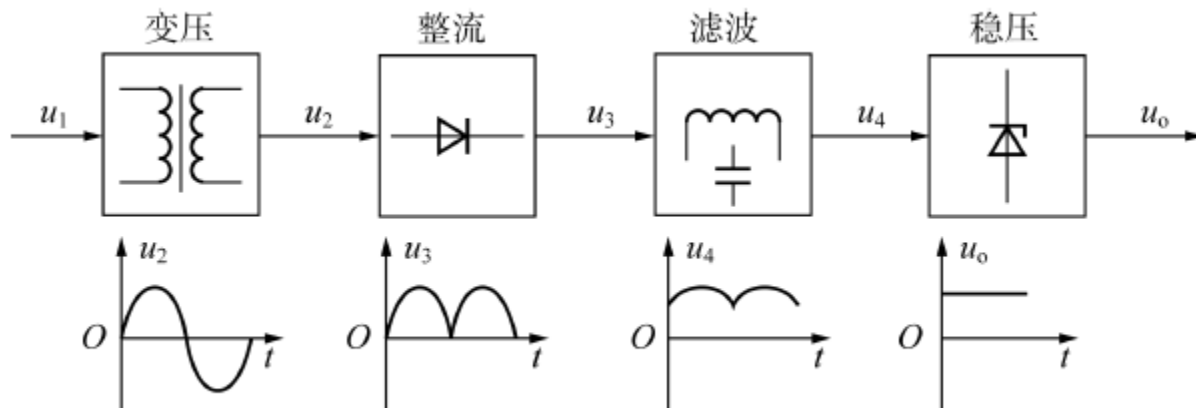
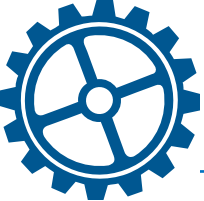


图 9-1 直流稳压电源的组成



9.1 直流稳压电源概述

1. 电源变压器

电源变压器的作用是将电网电压转换为符合实际要求的交流电压。电网上单相交流电压的有效值为220 V，而通常实际需要的直流电压比此值低。因此，应先利用变压器进行降压后再进行交、直流转换。

2. 整流电路

整流电路的主要任务是利用二极管的单向导电特性，将经变压器降压后的交流电变成单向脉动的直流电。

3. 滤波电路

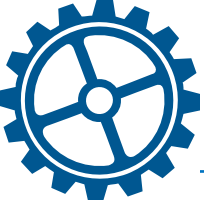
滤波电路的主要任务是滤除脉动直流电中的交流成分，使输出电压成为比较平滑的直流电。

4. 稳压电路

稳压电路的作用是自动稳定输出电压，使输出电压不受电网电压波动和负载大小的影响。

9.1.2 直流稳压电源的主要指标

直流稳压电源的主要指标分为两种：一种是特性指标，另一种是质量指标。



9.1 直流稳压电源概述

1. 特性指标

(1) **输出电压范围**。该指标表征符合直流稳压电源工作条件的情况下，直流稳压电源能够正常工作的输出电压范围。该指标的上限由最大输入电压和最小输入拟输出电压差决定，而其下限由直流稳压电源内部的基准电压值决定。

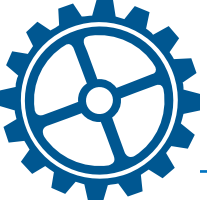
(2) **最大输入-输出电压差**。该指标表征在保证直流稳压电源正常工作条件下，所允许的最大输入拟输出之间的电压差值，其值主要取决于直流稳压电源内部调整晶体管的耐压指标。

(3) **最小输入-输出电压差**。该指标表征在保证直流稳压电源正常工作条件下，所需的最小输入拟输出之间的电压差值。

(4) **输出负载电流范围**。输出负载电流范围又称输出电流范围，在这一电流范围内，直流稳压电源应符合指标规范所给出的指标。

2. 质量指标

(1) **电压调整率 S_U** 。电压调整率是表征直流稳压电源稳压性能优劣的重要指标，又称稳压系数或稳定系数。它表征输入电压变化时，直流稳压电源输出电压稳定的程度，通常以单位输出电压下输入和输出电压相对变化的百分比表示。



9.1 直流稳压电源概述

(2) **电流调整率 S_I** 。电流调整率是反映直流稳压电源负载能力的一项主要指标，又称电流稳定系数。它表征输入电压不变时，直流稳压电源对由于负载电流（输出电流）变化而引起的输出电压波动的抑制能力，通常以单位输出电压下输出电压变化值的百分比来表示。

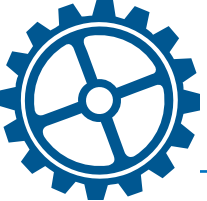
(3) **纹波抑制比 S_R** 。纹波抑制比为输出端对输入端叠加的交流纹波电压的抑制比，当直流稳压电源输入和输出条件保持不变时，纹波抑制比常以输入端交流纹波电压峰-峰值与输出端交流纹波电压峰拟峰值之比表示。

(4) **温度稳定性 K** 。温度稳定性是在规定的直流稳压电源工作温度 T_i 的最大变化范围内（ $T_{\min} \leq T_i \leq T_{\max}$ ），直流稳压电源输出电压相对变化的百分比。

(5) **输出电阻 R_o** 。在输入电压和温度不变的情况下，输出电压变化量和负载电流变化量之比定义为输出电阻。

The image features a central dark grey rounded rectangle containing the text '9.2 整流电路'. This rectangle is surrounded by several blue gear icons of various sizes and designs, including some with internal spokes. The entire composition is set against a light grey background with a subtle gradient and a reflection effect below the central rectangle.

9.2 整流电路



9.2 整流电路

9.2.1 单相半波整流电路

1. 工作原理

单相半波整流电路如图9-2a所示。它是最简单的整流电路，由整流变压器T、整流二极管VD及负载电阻 R_L 组成。其中， U_1 、 U_2 分别为整流变压器的一次和二次交流电压的有效值。

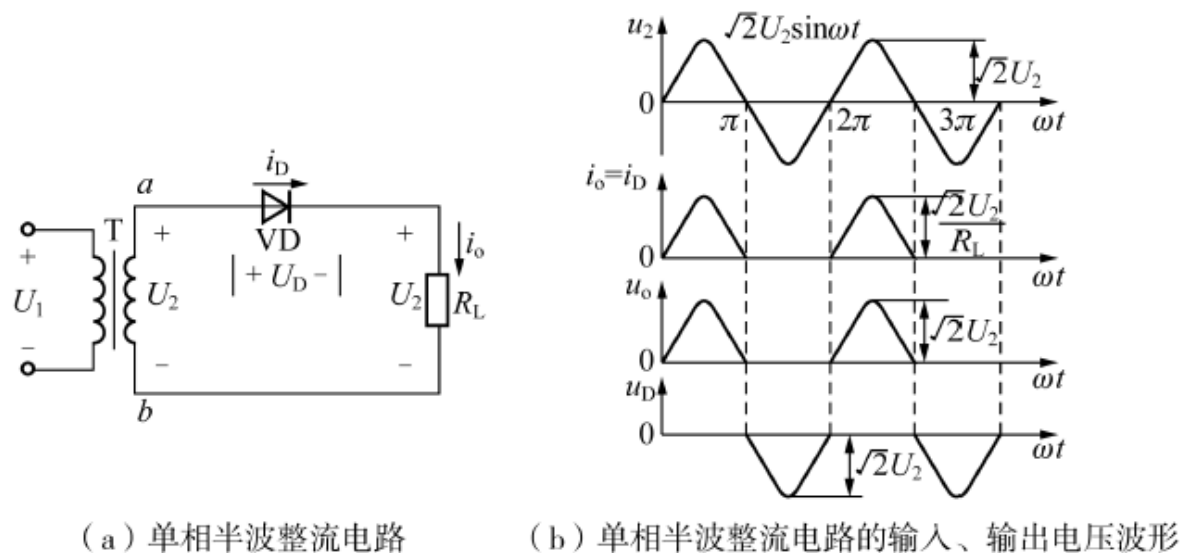
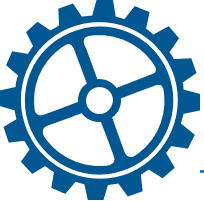


图 9-2 单相半波整流电路及其输入、输出电压波形



9.2 整流电路

整流变压器二次电压为 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin\omega t$ ，当 u_2 在正半周时，其极性为上正下负。即 a 点电位高于 b 点，二极管 VD 因承受正向电压而导通。此时有电流流过负载，并且和二极管上的电流相等，即 $i_o = i_D$ 。忽略二极管的电压降，则负载两端的输出电压等于变压器二次电压，即 $u_o = u_2$ ，输出电压 u_o 的波形与变压器二次电压 u_2 相同。

当 u_2 在负半周时，其极性为上负下正。即 a 点电位低于 b 点，二极管 VD 因承受反向电压而截止。此时负载无电流流过，输出电压 $u_o = 0$ ，变压器二次电压 u_2 全部加在二极管 VD 上。

综上所述，负载电阻 R_L 得到如图 9-2b 所示的单向脉动电压。

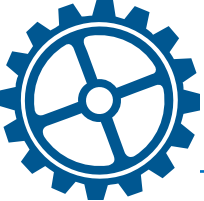
2. 要参数计算

(1) **负载上电压平均值和电流平均值。** 负载电阻 R_L 上得到的整流电压虽然是单方向的(极性一定)，但其大小是变化的。常用一个周期的平均值来衡量这种单向脉动电压的大小。单相半波整流电压的平均值为

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin\omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.45U_2$$

流过负载电阻 R_L 的电流平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$



9.2 整流电路

(2) 整流二极管的电流平均值和承受的最高反向电压。流经二极管的电流平均值就是流经负载电阻 R_L 的电流平均值，即

$$I_D = I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$

二极管截止时承受的最高反向电压就是整流变压器二次交流电压 u_2 的最大值 U_{DRM} ，即

$$U_{DRM} = U_{2M} = \sqrt{2}U_2$$

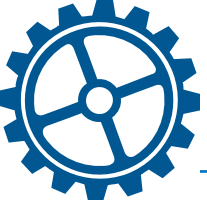
根据 I_D 和 U_{DRM} 就可以选择合适的整流二极管。

单相半波整流电路使用元件少，电路结构简单，输出电流适中，由于变压器只有半个周期导电，因此输出电压的脉动较大，整流效率低，变压器存在单向磁化等问题。单相半波整流电路常用于电子仪器和家用电器等要求不高的场合。

9.2.2 单相全波整流电路

1. 工作原理

单相全波整流电路如图9-3a所示。它由整流变压器、两个整流二极管VD及负载电阻 R_L 组成。其中 U_1 、 U_2 分别为整流变压器的一次和二次交流电压，设整流变压器二次电压为 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin\omega t$ 。



9.2 整流电路

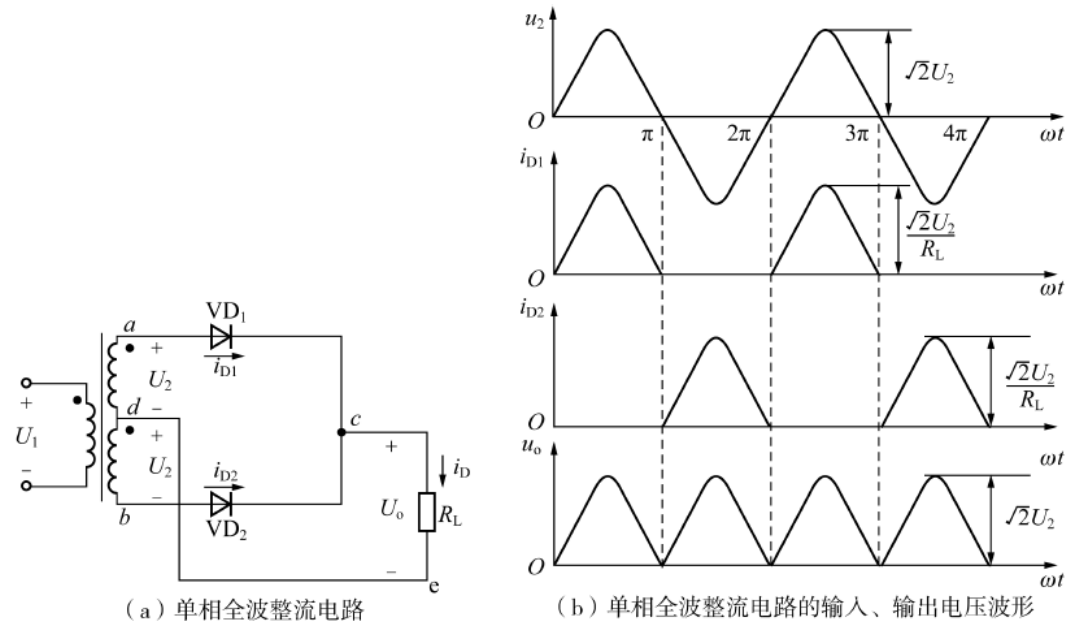
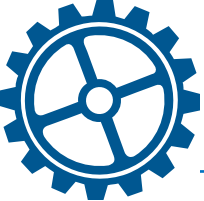


图 9-3 单相全波整流电路及其输入、输出电压波形

单相全波整流电路的原理是利用中间抽头变压器和两个二极管，获取正、负半周信号。当输入波形在正半周时，变压器二次电压极性a点为正，b点为负，二极管VD₁导通，VD₂截止，负载电阻RL上得到由上至下的电流；当输入波形在负半周时，变压器二次电压极性a点为负，b点为正，二极管VD₂导通，VD₁截止，负载电阻RL上仍然得到由上至下的电流，由此利用了负半周的信号，使整流效率提高。

单相全波整流电路中的二极管所承受的反向峰值电压高，是单相半波整流电路的2倍，而且单相全波整流电路必须采用具有中心抽头的变压器，每个线圈只有一半时间参与导电，因此变压器的利用率也不高。



9.2 整流电路

2. 主要参数计算

(1) 负载上的电压平均值和电流平均值。单相全波整流电路的输出电压是单相半波整流电路的2倍，即

$$U_o = 0.90U_2$$

流过负载电阻 R_L 的电流平均值为

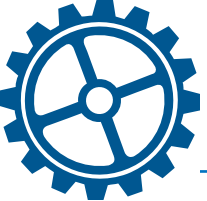
$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.90 \frac{U_2}{R_L}$$

(2) 整流二极管的电流平均值和承受的最高反向电压。流经二极管的电流平均值就是流经负载电阻 R_L 的电流平均值，即

$$I_D = \frac{1}{2} I_o = \frac{1}{2} \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$

二极管截止时承受的最高反向电压就是整流变压器二次交流电压 u_2 的最大值的2倍，即

$$U_{\text{DRM}} = 2\sqrt{2}U_2$$

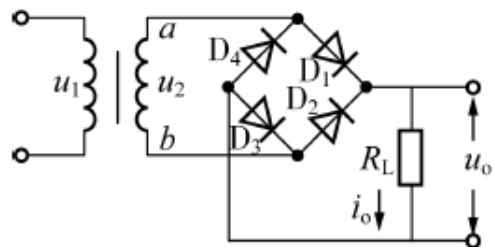


9.2 整流电路

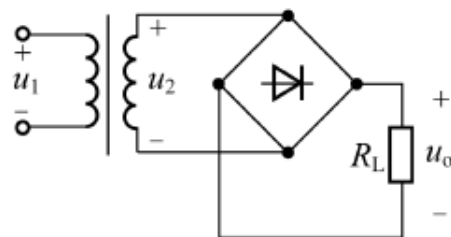
9.2.3 单相桥式整流电路

1. 工作原理

单相桥式整流电路是由四个整流二极管接成电桥的形式构成的，如图9-4a所示。如图9-4b所示为单相桥式整流电路的简化画法。



(a) 单相桥式整流电路

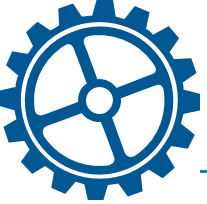


(b) 单相桥式整流电路的简化画法

图 9-4 单相桥式整流电路

设整流变压器二次电压为

$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin\omega t$$



9.2 整流电路

当 u_2 在正半周时，其极性为上正下负，即a点电位高于b点电位，二极管 VD_1 、 VD_3 因承受正向电压而导通， VD_2 、 VD_4 因承受反向电压而截止。此时电流的路径为 $a \rightarrow VD_1 \rightarrow R_L \rightarrow VD_3 \rightarrow b$ ，如图9-5a所示。

当 u_2 在负半周时，其极性为上负下正，即a点电位低于b点电位，二极管 VD_2 、 VD_4 因承受正向电压而导通， VD_1 、 VD_3 因承受反向电压而截止。此时电流的路径为 $b \rightarrow VD_2 \rightarrow R_L \rightarrow VD_4 \rightarrow a$ ，如图9-5b所示。

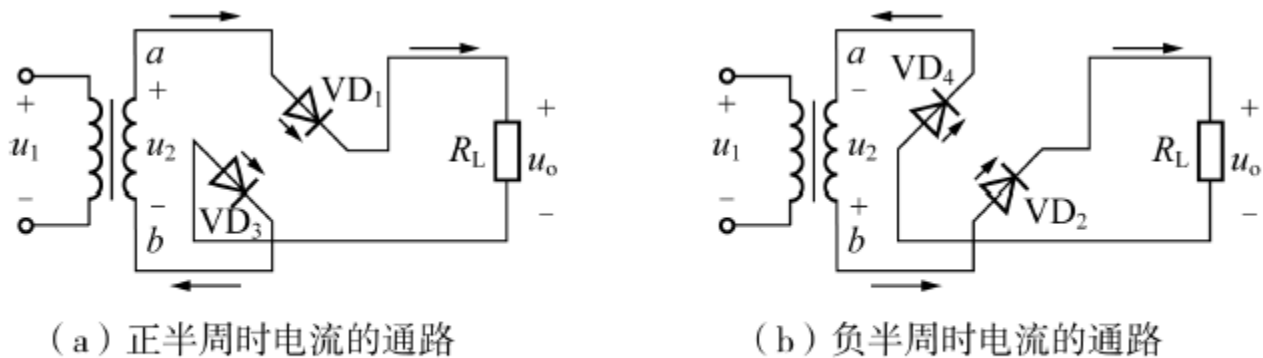
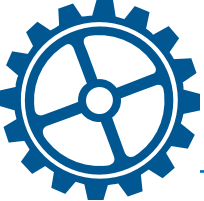


图 9-5 单相桥式整流电路的工作原理图



9.2 整流电路

可见无论电压 u_2 是在正半周还是在负半周，负载电阻 R_L 上都有相同方向的电流流过。因此，负载电阻 R_L 得到的是单向脉动电压和电流，若忽略二极管导通时的正向压降，则单相桥式整流电路的波形如图9-6所示。

2. 主要参数计算

(1) 负载上的电压平均值和电流平均值。单相桥式整流电压的平均值为

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin\omega t \, d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}U_2 = 0.9U_2$$

流过负载电阻 R_L 的电流平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L}$$

(2) 整流二极管的电流平均值和承受的最高反向电压。单相桥式整流电路中，每两个二极管串联导通半个周期，流经每个二极管的电流平均值为负载电流的一半，即 $U_{\text{DRM}} = U_{2\text{M}} = \sqrt{2}U_2$

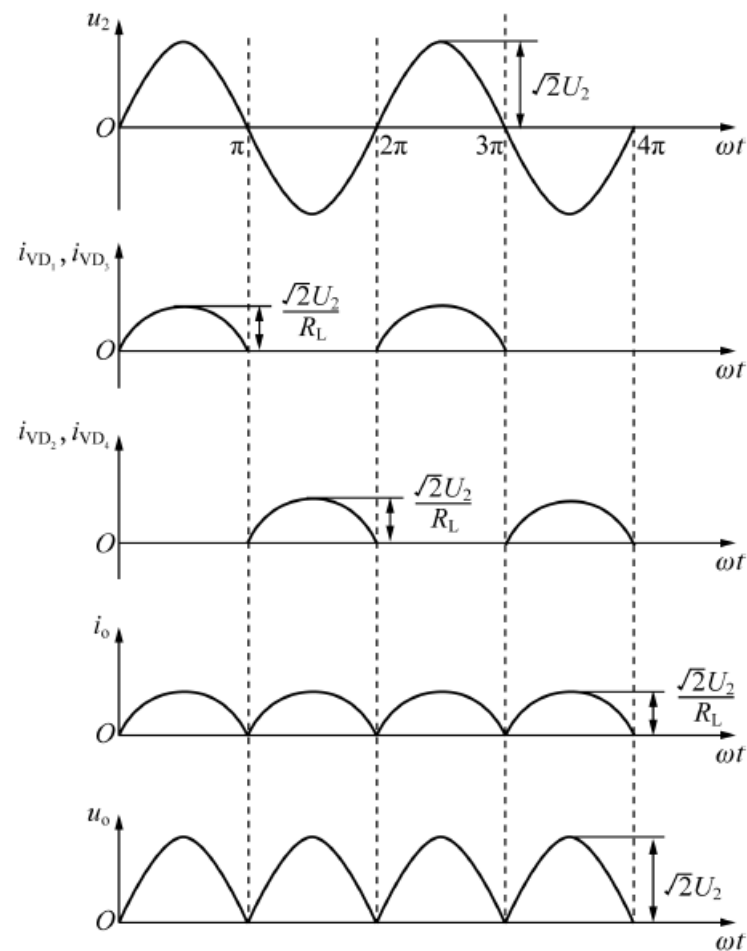
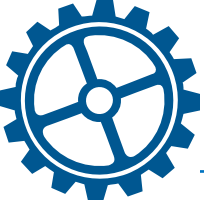


图 9-6 单相桥式整流电路的波形



9.2 整流电路

(3) 整流变压器二次电压有效值和电流有效值。整流变压器二次电压有效值为

$$U_2 = \frac{U_o}{0.9} = 1.1U_o$$

整流变压器二次电流有效值为

$$I_2 = \frac{U_2}{R_L} = 1.1 \frac{U_o}{R_L} = 1.1I_o$$

根据以上计算，可以选择整流二极管和整流变压器。

除了用分立元件组成桥式整流电路外，现在半导体器件厂已将整流二极管封装在一起，制成单相整流桥和三相整流桥模块，这些模块只有输入交流引脚和输出直流引脚，减少了接线工作，提高了电路的可靠性，使用起来非常方便。单相整流桥模块的实物接线图如图9-7所示。

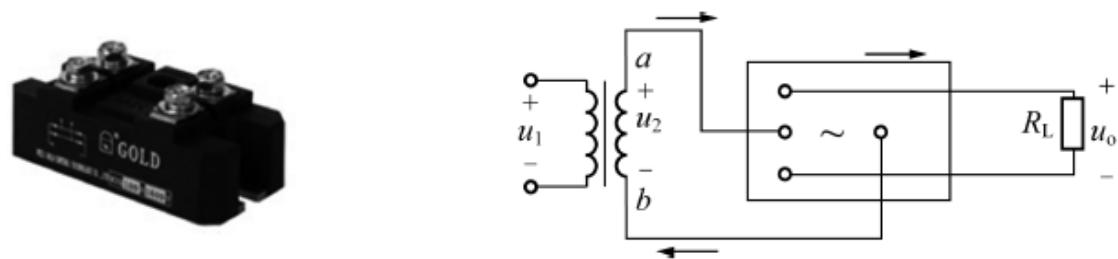
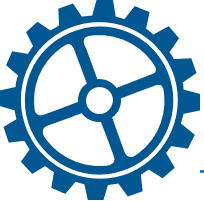


图 9-7 单相整流桥模块的实物接线图



9.2 整流电路

常见整流电路的性能比较见表9-1。单相半波整流电路的输出电压相对较低，且脉动大。单相全波整流电路则需要变压器的二次绕组具有中心抽头，且两个整流二极管承受的最高反向电压相对较大。因此，这两种电路应用较少。单相桥式整流电路的优点是输出电压高，电压脉动较小，整流二极管所承受的最高反向电压较低，同时因整流变压器在正、负半周内都有电流供给负载，整流变压器得到了充分的利用，效率较高。因此，单相桥式整流电路得到了广泛的应用。单相桥式整流电路的缺点是二极管用得较多。

表 9-1 常见整流电路的性能比较

类型	电路图	整流电压波形	整流电压平均值	二极管电流平均值	二极管承受的最高反向电压
单相半波			$0.45U_2$	I_o	$\sqrt{2}U_2$
单相全波			$0.9U_2$	$\frac{1}{2}I_o$	$2\sqrt{2}U_2$
单相桥式			$0.9U_2$	$\frac{1}{2}I_o$	$\sqrt{2}U_2$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/835014124343012014>