

一、预习报告

1. 实验综述

实验原理：

- (1) 单相半波整流电路：电路图如图 1，在交变电流的正半周时，二极管导通，忽略其正向降压的情况下，负载 R_L 上的电压等于输入电压 u_2 的一半；在交变电压的负半周时，二极管不导通，负载上无电压，二极管承受的反向电压最大为 $\sqrt{2}U_2$. 负载上输出的平均电压理论值为： $U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 0.45U_2$. 该电路结构简单，但二极管承受的反向电压大，输出电压脉动大，变压器效率低。
- (2) 单相全波整流电路：电路图如图 2，交变电流正半周时， U_{D1} 导通， U_{D2} 承受反向电压而截止；交变电流负半周时， U_{D2} 导通， U_{D1} 承受反向电压而截止。截止的二极管承受反向电压最大为 $2\sqrt{2}U_2$. 负载上输出的平均电压理论值为： $U_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 0.9U_2$. 在一个周期内两个二极管轮流导通，脉动程度降低。
- (3) 单相桥式整流电路：电路图如图 3，无论是在正半周期还是负半周期，二极管承受的最大反向电压均为 $\sqrt{2}U_2$ ，负载上输出的平均电压理论值也是 $0.9U_2$.
- (4) RC 滤波电路：减小整流电路输出的电压脉动可以利用电容器的充放电作用，提高输出电压中的直流部分。将电容和负载电阻并联在一起，可提高负载电阻两端电压的直流部分。

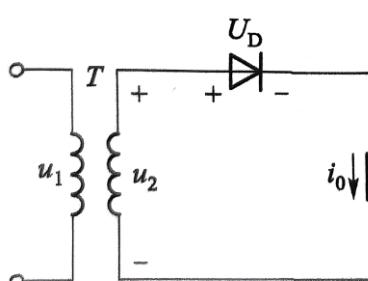


图 1

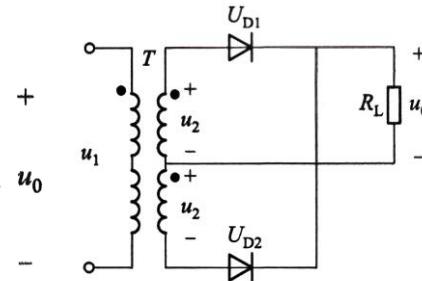
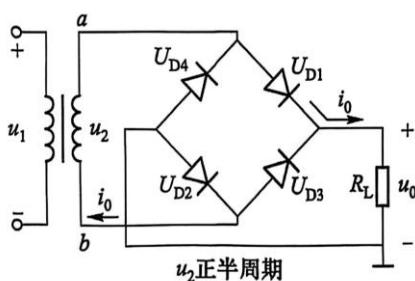
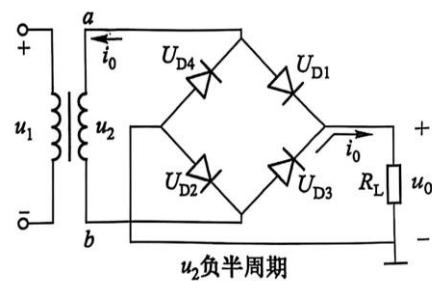


图 2



u_2 正半周期



u_2 负半周期

图 3

实验方法：分别组装连接3种整流电路，观察输入、输出电压的波形，并测量两者的峰-峰值。再添加滤波电路，示波器观察滤波前后电阻负载两端电压波形变化，并更换不同的滤波电容进行观察。

实验现象：可观察到示波器上不同整流电路对应的图形，且加上滤波电路后图像发生改变

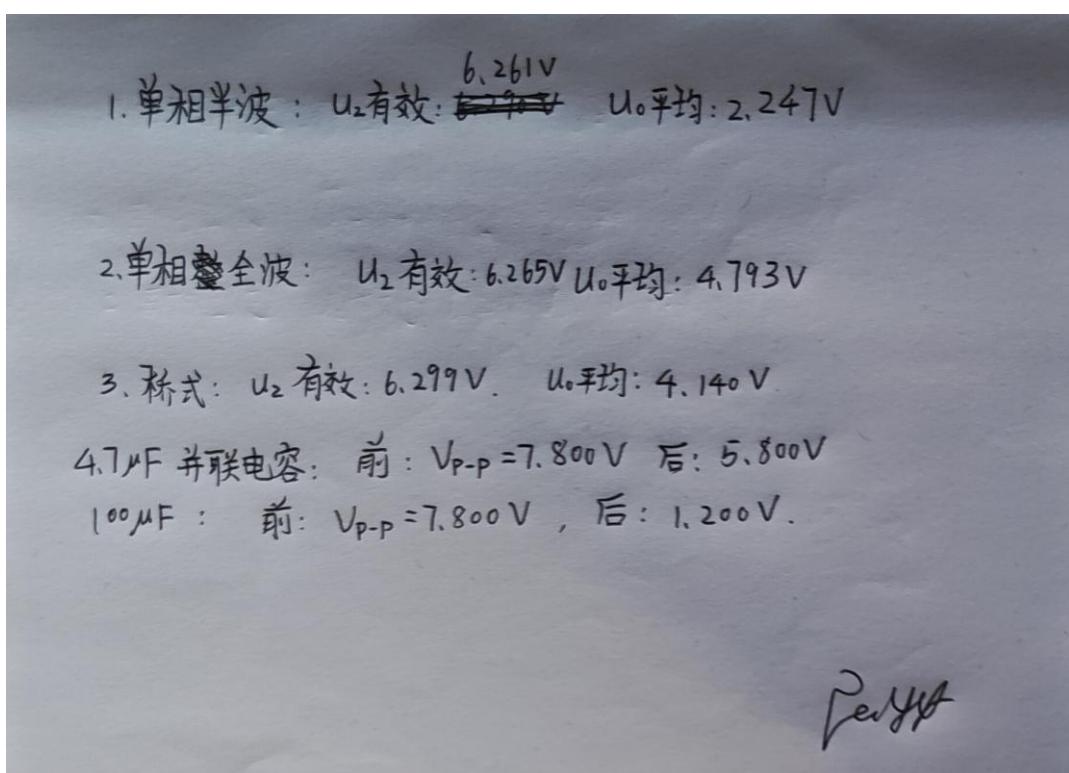
2. 实验重点

- (1) 了解整流器的工作原理，理解二极管在其中的具体作用，学会组装整流器。
- (2) 学会运用示波器对电压信号进行测定，使得其变化图像更加直观简洁。
- (3) 学会计算整流电路中的平均电压、波形系数、波峰系数等，并对组装整流器进行评估。

3. 实验难点

- (1) 实验中电路连接需要注意专用面包板上的插孔对应连接的线路，否则连错电路。
- (2) 实验前要对示波器的操作进行熟悉，学会将电信号输入并进行电压测定。
- (3) 实验中应当注意选取的电学元件最大负载和输入电压的大小，否则易损坏元件。

二、原始数据



三、结果与分析

1. 数据处理与结果

(1) 单相半波整流电路：实验过程中的输出电压记录图如图 1，根据数据记录可知此时 $U_{\text{有效}} = 6.261V$, $U_{\text{平均}} = 2.247V$, 波形系数为 $K_{F1} = \frac{U}{U_{\text{平均}}} = \frac{6.261V}{2.247V} = 2.786$, $K_{F1 \text{ 理论}} = \frac{1}{0.45} = 2.222$, 相对误差: $E = \frac{K_{F1} - K_{F1 \text{ 理论}}}{K_{F1 \text{ 理论}}} = \frac{2.786 - 2.222}{2.222} = 25.4\%$

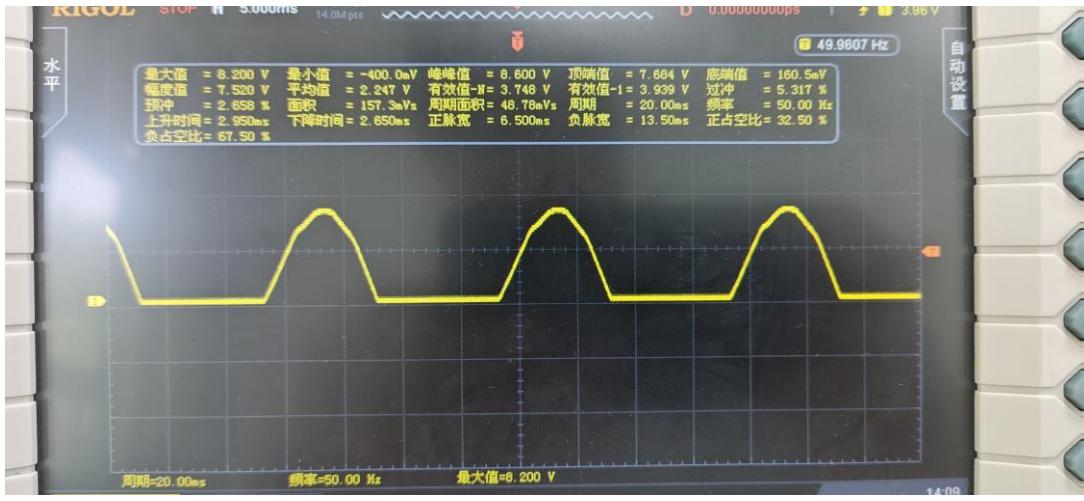


图 1

(2) 单相全波整流电路：实验过程中的输出电压记录图如图 2，根据数据记录可知此时 $U_{\text{有效}} = 6.265V$, $U_{\text{平均}} = 4.793V$, 波形系数为 $K_{F2} = \frac{U}{U_{\text{平均}}} = \frac{6.265V}{4.793V} = 1.307$, $K_{F2 \text{ 理论}} = \frac{1}{0.9} = 1.111$, 相对误差: $E = \frac{K_{F2} - K_{F2 \text{ 理论}}}{K_{F2 \text{ 理论}}} = \frac{1.307 - 1.111}{1.111} = 17.6\%$

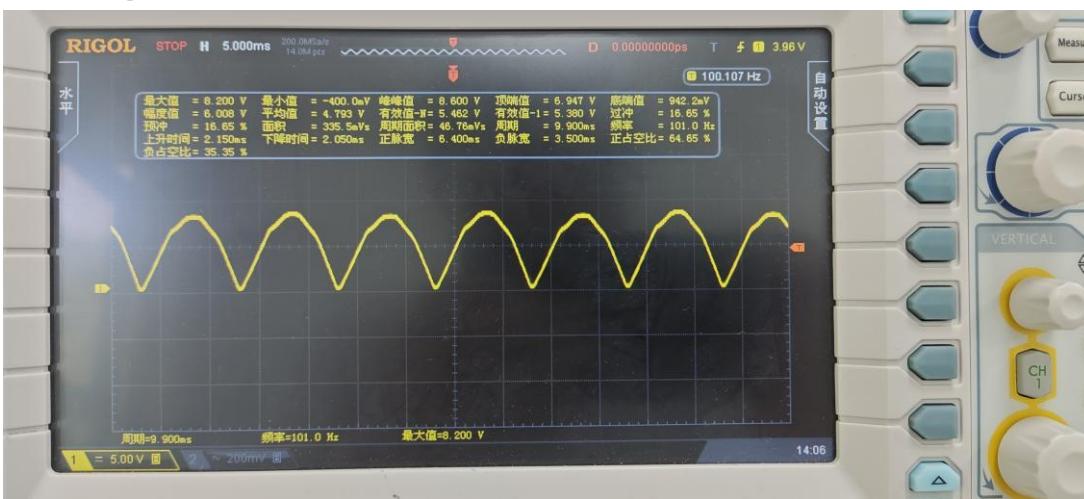


图 2

(3) 单相桥式整流电路：实验过程中的输出电压记录图如图 3，根据数据记录可知此时 $U_{\text{有效}} = 6.265V$, $U_{\text{平均}} = 4.793V$, 波形系数为 $K_{F3} = \frac{U}{U_{\text{平均}}} = \frac{6.265V}{4.793V} = 1.307$, $K_{F3 \text{ 理论}} = \frac{2}{1.414} = 1.414$, 相对误差: $E = \frac{K_{F3} - K_{F3 \text{ 理论}}}{K_{F3 \text{ 理论}}} = \frac{1.307 - 1.414}{1.414} = -7.5\%$

$$=6.299V, U_{\text{平均}}=4.140V, \text{波形系数为} K_{F3} = \frac{U}{\bar{U}} = \frac{6.299V}{4.140V} = 1.521, K_{F3 \text{ 理论}} = \frac{1}{0.9} = 1.111, \text{ 相对误差: } E = \frac{K_{F3} - K_{F3 \text{ 理论}}}{K_{F3 \text{ 理论}}} = \frac{1.521 - 1.111}{1.111} = 36.9\%$$

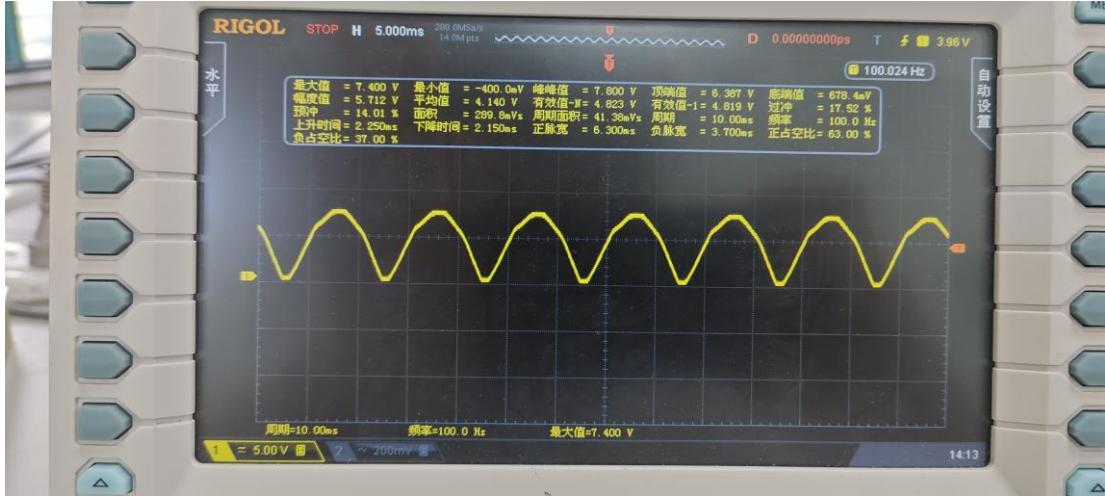


图 3

(4) 并联两个不同大小的电阻以后, 测量单相桥式整流电路: 当并联电容为 $4.7\mu F$ 时, 并联前有 $V_{P-P1}=7.800V$, 并联后有 $V_{P-P1}'=5.800V$, $\frac{V_{P-P1}'}{V_{P-P1}} = \frac{5.800V}{7.800V} = 0.7436$; 当并联电容为 $100\mu F$ 时, 并联前有 $V_{P-P2}=7.800V$, 并联后有 $V_{P-P2}'=1.200V$, $\frac{V_{P-P2}'}{V_{P-P2}} = \frac{1.200V}{7.800V} = 0.1538$. 图 4, 图 5 分别为并联 $4.7\mu F$ 和 $100\mu F$ 的电容器时的输出电压图像。可见, 当并联电容器的电容越大时, 滤波作用越大, 更加趋近于直流电, 交流部分更小。

滤波原理: 在交流电压的正半周期时二极管导通对电容器充电, 当电压到达负半周期时, 二极管截止, 电容器上的电压则通过负载电阻进行放电。当放电的时间远大于周期时, 电容器刚释放一小部分时下一周期又导通了, 这样一次一次就保持了输出电压的变化基本稳定。

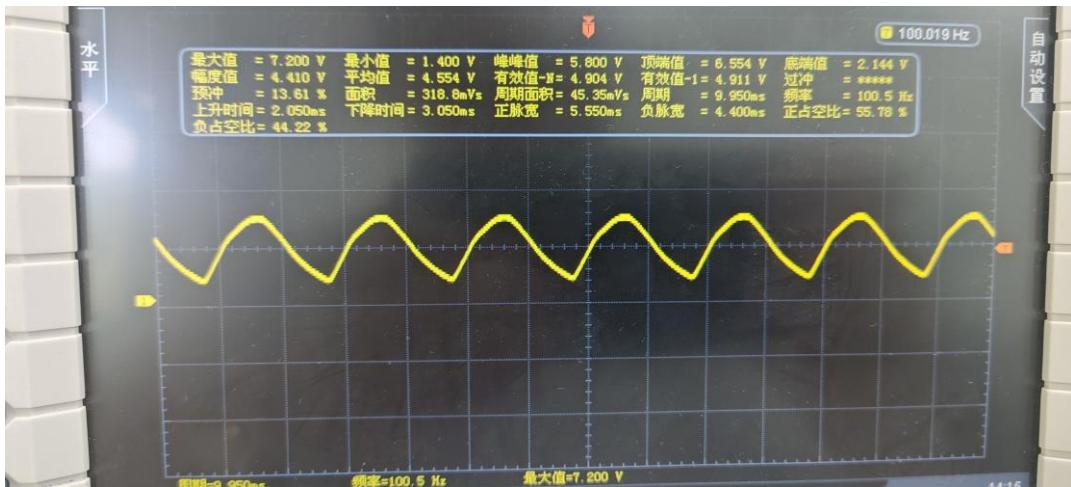


图 4



图 5

2. 误差分析

实验中实际测量的波形系数比理论值均偏大，由此和可能存在的误差分析如下：

- 1) 理论分析中忽略了二极管正向降压而计算，但实际上整流二极管会降压导致输出电压平均值减小，由此导致波形系数比理论分析大。
- 2) 实际上电路中的导线和连接处都会由于电阻存在而分压，使得负载电阻两端的电压下降，波形系数偏大。
- 3) 示波器上显示的电压值始终处于波动状态，而实验记录数据是随机停止时所记录的，因此也存在一定的误差。

查阅资料可知硅二极管的正向导通电压范围在 0.6~0.8V，去其中值为 0.7V。对单相半波整流电路，将 $U_{\text{平均}}$ 加上 0.7V 修正为 2.947V， $K'_{F1} = \frac{6.261V}{2.947V} = 2.124$ ， $E' = \frac{|2.124 - 2.222|}{2.222} = 4.386\%$ ；

对单相全波整流电路，将 $U_{\text{平均}}$ 加上 0.7V 修正为 5.493V， $K'_{F2} = \frac{6.265V}{5.493V} = 1.140$ ， $E' = \frac{|1.140 - 1.111|}{1.111} = 2.659\%$ ；单相桥式整流电路，由于有 2 个二极管分压，将 $U_{\text{平均}}$ 加上 1.4V 修正为 5.540V， $K'_{F3} = \frac{6.299V}{5.540V} = 1.137$ ， $E' = \frac{|1.137 - 1.111|}{1.111} = 2.34\%$ 。由此可见，大致修正后能够极大程度地减小相对误差，提高实验的准确度。

3. 实验探讨

本次实验主要进行了整流器的组装，首先让我对交流电是如何转换为直流电有了了解。同时

对 3 种电路的组装和电压测定，让我更直观地体会到 3 种方法的优缺点。最后并联一个电容器之后输出电压的图像更加直观地展示了交流电越来越趋向于平稳直流电的过程。对实验结果的误差分析也让我全面地思考实验中存在的问题。

四、思考题

1. 总结不同的整流电路和不同滤波电路的利弊。

答：（1）单相半波整流电路：优点是电路结构简单，元件少，成本低；缺点是只能利用半个周期的电能，效率低，且二极管承受的反向电压大，输出电压的脉动很大。

（2）单相全波整流电路：优点是一个周期内两个二极管轮流导通，输出电压平均值提高，脉动程度降低；缺点是二极管承受的反向电压增大到原来的两倍，电路结构更加复杂，且需要变压器有中心抽头。

（3）单相桥式整流电路：优点是输出电压平均值大且脉动程度低，二极管反向电压小；缺点是电路结构更加复杂，如果考虑二极管导通分压会有 2 个二极管分压。

（4）RC 滤波电路：操作简单，成本低，但是负载能力差，一般只适合负载较小时。

（5）LC 滤波电路：适用于输出电流较大时，但是电感和电容体积大，成本高。

2. 整流和滤波的目的是什么？

答：整流和滤波可以将交流电转化为稳定的单向直流电。

3. 如何根据需要选择合适的整流电路？

答：（1）根据实际所拥有的电子元件、二极管来组装成不同的整流电路

（2）考虑二极管的反向击穿电压和电容器的击穿电压，避免选择不合适导致元件被击穿

（3）考虑负载的功率和需要的转换效率，如需要较大的电压可以选择桥式的组装