

预习报告		实验记录		分析讨论		总成绩	
25		25		30		80	

年级、专业:	2022 级物理学	组号:	
姓名:	黄罗琳、王显	学号:	22344001、2234002
实验时间:	2024/5/29	教师签名:	

ET13 整流滤波与稳压电路

【实验报告注意事项】

1. 实验报告由三部分组成:

- (a) 预习报告: 课前认真研读实验讲义, 弄清实验原理; 实验所需的仪器设备、用具及其使用、完成课前预习思考题; 了解实验需要测量的物理量, 并根据要求提前准备实验记录表格 (可以参考实验报告模板, 可以打印)。 **(20 分)**
- (b) 实验记录: 认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名 (**用铅笔记录的被认为无效**)。保持原始记录, 包括写错删除部分, 如因误记需要修改记录, 必须按规范修改。(不得输入电脑打印, 但可扫描手记后打印扫描件); 离开前请实验教师检查记录并签名。 **(30 分)**
- (c) 数据处理及分析讨论: 处理实验原始数据 (学习仪器使用类型的实验除外), 对数据的可靠性和合理性进行分析; 按规范呈现数据和结果 (图、表), 包括数据、图表按顺序编号及其引用; 分析物理现象 (含回答实验思考题, 写出问题思考过程, 必要时按规范引用数据); 最后得出结论。 **(30 分)**

实验报告就是将预习报告、实验记录、和数据处理与分析合起来, 加上本页封面。 **(80 分)**

2. 每次完成实验后的一周内交实验报告 (特殊情况不能超过两周)。

【实验安全注意事项】

1. 由于变压器输出没有限流保护, 接线时要注意不要短路;
2. 用示波器测量时, 注意两个通道探头的地线要共地;
3. 用示波器测量纹波大小时, 可以先采用直流耦合, 获取直流分量的平均值, 再采用交流耦合, 观测纹波的波动范围;
4. 选择和调节负载电阻时, 注意不要使负载电流过大;

目录

1 ET13 整流滤波与稳压电路 预习报告	3
1.1 实验目的	3
1.2 仪器用具	3
1.3 原理概述	3
1.4 实验预习题	5
2 ET13 整流滤波与稳压电路 实验记录	7
2.1 实验内容、步骤与结果	7
2.1.1 观察实验原始输出波形	7
2.1.2 搭建半波整流电路, 用示波器观测和记录输出波形	7
2.1.3 搭建全波整流电路, 用示波器观测和记录输出波形	8
2.1.4 在以上两种整流电路中, 加入滤波电容, 用示波器观测和记录输出波形; 调整滤波电容和负载电阻, 观测和记录输出纹波的变化规律	9
2.1.5 在桥式整流滤波电路中, 搭建稳压管并联稳压电路	11
2.1.6 在桥式整流滤波电路中, 搭建集成三端稳压器稳压电路	11
2.2 实验过程遇到问题及解决办法	12
3 ET13 整流滤波与稳压电路 分析与讨论	13
3.1 实验数据分析	13
3.2 实验后思考题	14
4 ET13 整流滤波与稳压电路 结语	15
4.1 实验心得和体会、意见建议等	15
4.2 附件	15

ET13 整流滤波与稳压电路 预习报告

1.1 实验目的

1. 比较半波整流与桥式整流的特点。
2. 了解稳压电路的组成和稳压作用。
3. 熟悉集成三端可调稳压器的使用。
4. 掌握直流稳压电源主要参数测试方法。

1.2 仪器用具

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	模拟电路实验箱	1	
2	数字万用表	1	RIGOL DM3058E
3	函数信号发生器	1	RIGOL DG4162
4	双踪示波器	1	RIGOL DS1104Z PLUS
5	直流稳压电源	1	RIGOL DP831
6	导线	若干	无

1.3 原理概述

1. 半波整流电路

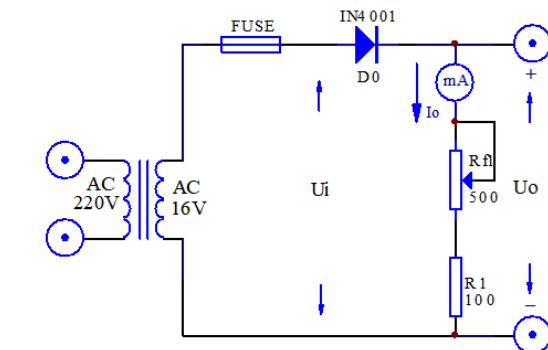


图 1: 实验电路

220V、50Hz 的市电交流正弦信号经过变压器降压后的幅度有效值约 16V，频率 50Hz。经过整流二极管后，在负载 R_f+R_1 上，得到一个脉动电压，由于二极管的单向导通作用，只有 14V 交流信号的正半周可以通过载，负半周被二极管阻断，无法通过。

2. 全波整流（桥式整流）电路

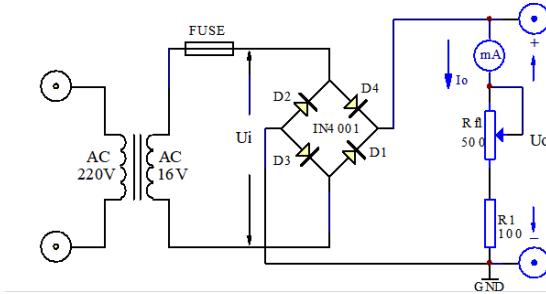


图 2: 实验电路

半波整流电路简单，但是电源利用效率低，电压波动大。通过 4 只二极管的巧妙连接，可以实现全波整流。电源正半周通过 D4，负载，D3 流通，负半周通过 D1，负载，D2 流通，这样电源的正负半周都作用到了负载上，在负载上得到上正下负的直流脉动电压，提升了电源利用效率，减少了输出电压波动。这 4 只二极管组成的全波整流电路，也称之为整流桥，这种整流方法称之为桥式整流。

3. 电容滤波电路

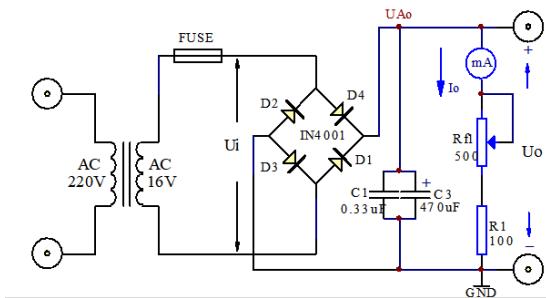


图 3: 实验电路

无论半波整流还是全波整流的输出电压都是脉动的，为了得到输出电压相对稳定的平滑的直流电，可通过滤除交流成分的滤波电路来实现。利用电容的充放电特性组建的电容滤波电路是最常用的滤波电路。当整流后脉动电压值大于电容两端电压时给电容充电，直到电压峰值，当整流后的脉动电压值低于电容电压时，电容放电向负载提供电流，电容电压下降速度按指数规律（参考一阶电路）。如此循环往复，使输出电压在较小范围内波动，这个波动范围也成为电源纹波。

4. 稳压管并联稳压电路

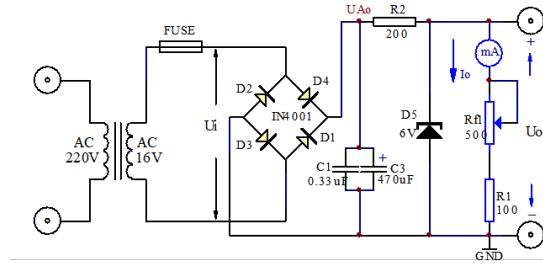


图 4: 实验电路

电容滤波电路可以把整流后的脉动电压限制在某个固定值附近波动，但是电压波动的平均值取决于变压器输出，也和滤波电容与负载电阻的大小相关，不能随意调整。如果用电设备需要在输入电压波动时得到稳定的直流电压供应，就需要不同结构的稳压电路提供稳压电源。

此时可以利用稳压二极管的反向稳压特性，把分压限流电阻 R₂ 和稳压二极管 D₅ 并联接入滤波电容的两端，就可以在稳压二极管两端得到稳定的电压输出。

稳压管并联稳压电路受负载变化影响较大，当负载变化时，负载与 R₂ 的分压也会发生变化，当负载电阻变小时，负载分压降低会导致稳压管无法稳压。

5. 三端集成稳压器电路

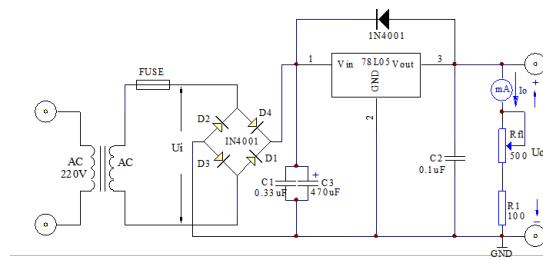


图 5: 实验电路

常用的三端集成稳压器是 78XX 和 79XX 系列，78XX 是正电压稳压器，79XX 是负电压稳压器。XX 是设定好的稳压电压值。以 78XX 系列为为例，7805，输出电压 5V，7812，输出电压 12V。

1.4 实验预习题

思考题 1.1: RC 一阶电路时间常数对电容放电曲线的影响；

时间常数 τ 定义为：

$$\tau = R \cdot C$$

电容放电时，电压 $V(t)$ 随时间 t 的变化可以表示为：

$$V(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

其中， V_0 是初始电压。

- 当 $t = \tau$ 时, $V(t) = V_0 e^{-1} \approx 0.368V_0$
- 当 $t = 2\tau$ 时, $V(t) = V_0 e^{-2} \approx 0.135V_0$
- 当 $t = 3\tau$ 时, $V(t) = V_0 e^{-3} \approx 0.050V_0$
- 当 $t = 5\tau$ 时, $V(t) \approx 0$

思考题 1.2: 稳压二极管特性

稳压二极管（也称齐纳二极管）是一种特殊类型的二极管，它在反向击穿区域具有稳定的电压特性。以下是稳压二极管的主要特性和工作原理：

稳压二极管在正向偏置时的行为与普通二极管类似，但在反向偏置时，当反向电压达到某一特定值（称为击穿电压或齐纳电压 V_Z ）时，二极管会进入击穿区域，并且在这一区域内电压几乎保持不变。

在击穿区域，稳压二极管的电压基本恒定，即使通过二极管的电流有较大变化。这种特性使得稳压二极管非常适合用于电压稳压和电压参考电路。

稳压二极管的击穿机制主要包括齐纳击穿和雪崩击穿：

- **齐纳击穿：**在低于 5V 的反向击穿电压下，电场强度足够高以致使价带中的电子跃迁到导带，形成击穿电流。
- **雪崩击穿：**在高于 5V 的反向击穿电压下，由于电场较弱，载流子通过碰撞电离产生大量电子和空穴对，形成击穿电流。

稳压二极管常用于简单的电压稳压电路中，以提供稳定的输出电压。当输入电压 V_{in} 大于齐纳电压 V_Z 时，输出电压 V_{out} 会稳定在 V_Z 附近。

思考题 1.3: 电源效率的计算方法

电源的效率用电源的输出功率除以电源的总功率。

输出功率 $P_{\text{输}} = UI$ (U 是电源的输出电压也叫外电压、路端电压)

电源总功率 $P_{\text{总}} = EI$ (E 是电源的电动势)

效率 $= P_{\text{输}} / P_{\text{总}}$, 一般比值换成百分比

专业:	物理学	年级:	2022 级
姓名:	黄罗琳、王显	学号:	22344001、22344002
室温:	25°C	实验地点:	A522
学生签名:	见附件部分	评分:	
实验时间:	2024/6/12	教师签名:	

ET13 整流滤波与稳压电路 实验记录

2.1 实验内容、步骤与结果

2.1.1 观察实验原始输出波形



图 6: 实验电路原始输出波形

2.1.2 搭建半波整流电路，用示波器观测和记录输出波形

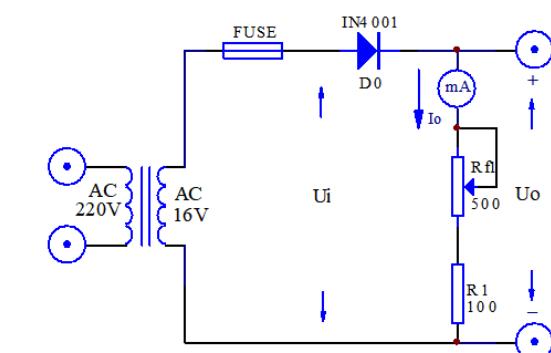


图 7: 实验电路图

电路参数如图: 14V(AC)

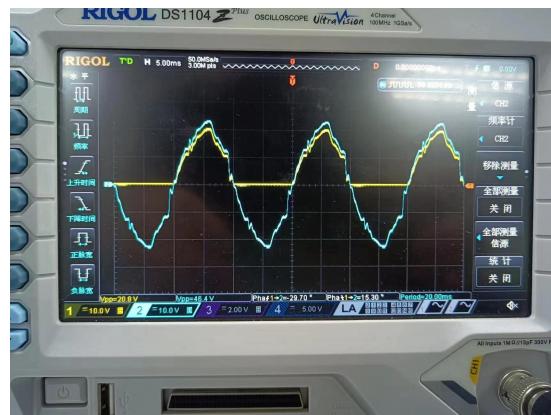


图 8: 整流图像

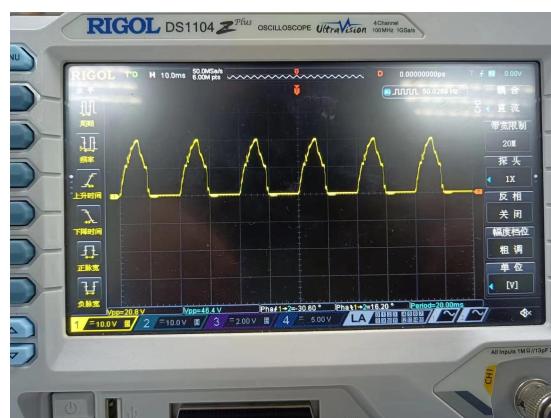


图 9: 整流图像

2.1.3 搭建全波整流电路，用示波器观测和记录输出波形

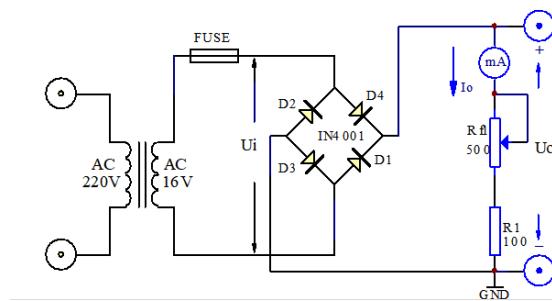


图 10: 实验电路

电路参数如图: 14V(AC)



图 11: 整流图像

2.1.4 在以上两种整流电路中，加入滤波电容，用示波器观测和记录输出波形；调整滤波电容和负载电阻，观测和记录输出纹波的变化规律

1. 半波整流

实验参数： 200Ω $470\mu F$

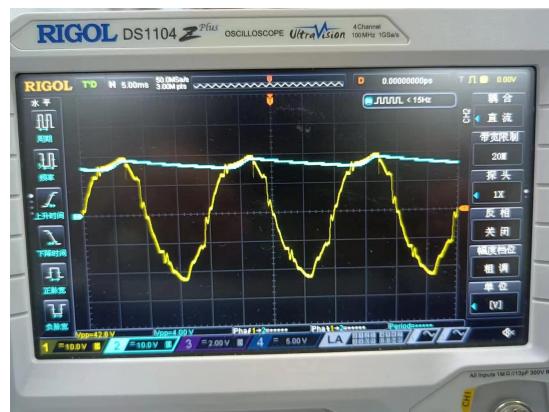


图 12: 纹波图像

实验参数： 1200Ω $470\mu F$ 负载电阻增大。

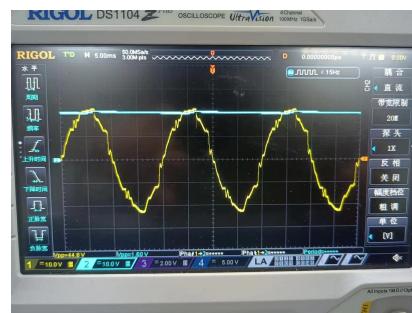


图 13: 纹波图像

实验参数: 200Ω $47\mu F$ 滤波电容减小。



图 14: 纹波图像

2. 全波整流

实验参数: 200Ω $470\mu F$

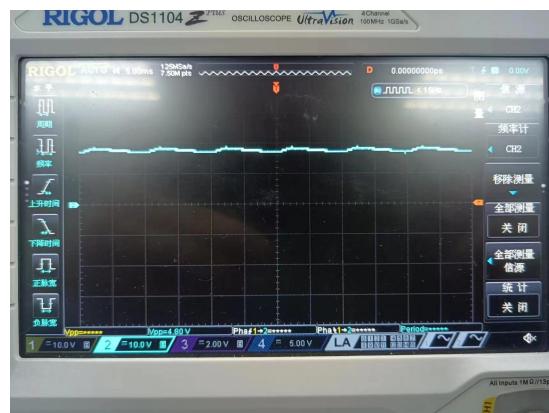


图 15: 纹波图像

实验参数: 1200Ω $470\mu F$ 负载电阻增大。



图 16: 纹波图像

实验参数: 200Ω $47\mu F$ 滤波电容减小。



图 17: 纹波图像

2.1.5 在桥式整流滤波电路中，搭建稳压管并联稳压电路

调整负载大小 (120ohm, 240ohm, 360ohm)，观测并记录稳压电路的稳压效果；



表 1: 实验数据

负载 (Ω)	Ii (mA)	Ui (V)	Pi (W)	Io (mA)	Uo (mV)	Po (W)
120	14.67	2.93	0.0430	164.025	33.325	5.466
240	14.85	2.95	0.0438	145.952	35.162	5.132
360	14.88	2.97	0.0442	97.422	35.529	3.461

2.1.6 在桥式整流滤波电路中，搭建集成三端稳压器稳压电路



图 18

图 19

图 20

表 2: 实验数据

负载 (Ω)	Ii (mA)	Ui (V)	Pi (W)	Io (mA)	Uo (V)	Po (W)
120	129.13	15.17	1.959	110.3	13.27	1.464
240	138.56	14.25	1.974	59.3	14.29	0.847
360	145.67	14.18	2.066	40.2	14.56	0.585

2.2 实验过程遇到问题及解决办法

1. 实验中的测量方式存在一定的实验问题，出现了相关的很严重的实验误差。
2. 实验中的电路连接和判断所测数据相对较难，需要经过一些讨论。

专业:	物理学	年级:	2022 级
姓名:	黄罗琳、王显	学号:	22344001、22344002
日期:	2024/6/12	评分:	

ET13 整流滤波与稳压电路 分析与讨论

3.1 实验数据分析

- 搭建半波整流电路，用示波器观测和记录输出波形；交流电经过半波整流电路后，一个周期内一半时间有波形显示，一半时间为 0。
- 搭建桥式整流电路，用示波器观测和记录输出波形；交流电经过桥式整流电路后，一个周期内没有输出为零，存在周期波形。
- 加入滤波电容在刚刚全波桥式整流电路的基础上，加入滤波电容后，得到的结果如图 12-17 所示：
半波整流 + 电容滤波：负载电阻增大，纹波减小；滤波电容增大，纹波减小。桥式整流 + 电容滤波：负载电阻增大，纹波没有明显；滤波电容增大，纹波减小。
- 在桥式整流滤波电路中，搭建稳压管并联稳压电路，调整负载大小，观测并记录稳压电路的稳压效果；观察实验图像数据可知，随着负载增大，纹波数据小幅度减小，可以认为稳压效果更好了。
- 在桥式整流滤波电路中，搭建集成三端稳压器稳压电路，调整负载大小，观测并记录稳压电路的稳压效果；观察实验图像数据可知，随着负载增大，纹波数据小幅度减小，可以认为稳压效果更好（存疑）。
- 比较实验 45 电路中稳压电路的输入输出效率；

表 3: 实验 4 和实验 5 的数据及计算结果

实验	负载 (Ω)	$\frac{P_o}{P_i} \times 100\%$
实验 4	120	12.71%
实验 4	240	11.72%
实验 4	360	7.83%
实验 5	120	74.73%
实验 5	240	42.91%
实验 5	360	28.32%

明显看出，使用集成三端稳压器的效率明显比稳压管电路高，并且电路负载越小，电路效率越高。

3.2 实验后思考题

思考题 3.1：比较半波整流与桥式整流的特点

半波整流只能获取一半的正信号，而桥式整流能够获得完整的同向信号。

半波整流器利用二极管的单向导电特性，只在交流电的正半周期时导通，将正半周期的电流传输给负载，而在负半周期时则截止，电流被阻断。这样，负载上只会出现正半周期的电流，而负半周期的电流则被抑制。

而桥式整流器通过四个二极管组成桥式电路，能够在交流电的正、负半周期都将电流整流为同一方向的直流电。当输入交流电为正半周期时，对角的两个二极管导通，电流通过负载；当输入交流电为负半周期时，另对角的两个二极管导通，体现完整的信号。

思考题 3.2：滤波电容 C 的作用。

电容在电路中起到滤波的作用，主要通过其充放电特性来平滑电压波形，从而滤除变化幅度较大且频率较快的信号。在整流电路中，整流后的直流电压通常包含脉动成分，这些脉动会导致电压不稳定，影响后续电路的正常工作。为了解决这一问题，常常在整流电路后面添加一个电容作为滤波器。

当整流后的脉动电压加到滤波电容上时，电容开始充电，电压逐渐上升到脉动电压的峰值。在电源电压下降期间，电容由于其储能特性不会立即放电，而是缓慢放电。这种缓慢放电的特性使得电容能够在电源电压下降时仍然提供电流，维持输出电压相对稳定，减小电压的脉动幅度。

具体来说，当电源电压高于电容电压时，电容充电；当电源电压低于电容电压时，电容放电。由于电容的放电过程较为缓慢，它可以在电源电压下降的过程中释放储存的电能，抵消部分电压波动，从而在负载两端提供较为平滑的直流电压。

通过这种方式，电容滤波器能够有效滤除高频噪声和脉动成分，使输出电压更加平滑和稳定。不同容量的电容对不同频率的噪声和脉动具有不同的滤波效果，通常容量越大，滤波效果越好，可以滤除更低频率的波动。因此，在实际电路设计中，根据需要选择合适容量的电容，以达到最佳的滤波效果。

思考题 3.3：稳压二极管稳压作用。

稳压二极管的最主要作用是电压稳压。在电源电路中，由于负载变化或电源波动，电压可能会出现不稳定的情况。稳压二极管通过其在反向击穿区域的稳定电压特性，可以提供一个恒定的输出电压，从而保证后续电路的稳定运行。无论输入电压如何变化，只要输入电压高于齐纳电压，稳压二极管就能将输出电压稳定在其击穿电压值附近。

ET13 整流滤波与稳压电路 结语

4.1 实验心得和体会、意见建议等

1. 实验总体难度在于得到一个正确的实验数据，某些时候，尽管我们测出了一组数据，但是我们无法保证它的正确性，这种不自信根本在于电路仪器的测量精度、作用效果的质疑
2. 本实验报告采用 LATEX 编辑，实验分工为黄罗琳同学负责记录数据、编辑报告、数据分析，王显同学负责实验操作、数据分析。

4.2 附件

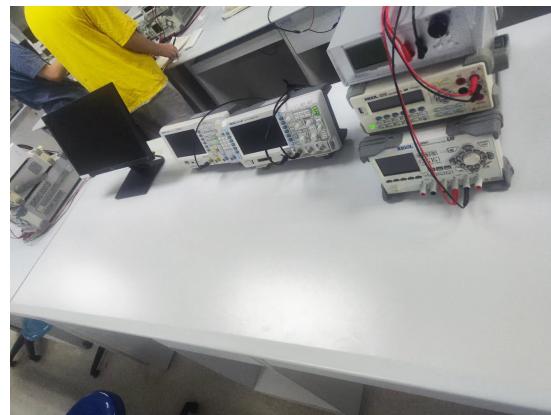


图 21: 桌面

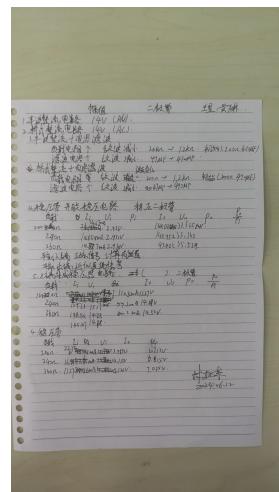


图 22: 实验数据