**   **

计算机与大数据学院《电子线路综合实验》实验报告

实验时间：2025年5月11日

实验三 直流电源电路的仿真

实验目的：

1、掌握直流稳压电源电路的用途和组成模块；

2、进一步加深对各个功能模块工作原理的理解；

实验原理：

1. 请在观看完实验原理视频后回答以下问题：
2. 把交流电压转换为直流电压的直流电源电路包括哪些模块？它们的作用分别是什么？

变压模块降压 整流模块转化为脉动直流 滤波模块平滑波形 稳压模块稳定电压

1. 请简述桥式整流电路的工作原理。假设变压器输出电压的有效值为20V，经过整流后可以得到的直流分量约为多少？

桥式整流电路由四个二极管（D₁、D₂、D₃、D₄）组成，其核心功能是将交流电（AC）转换为单向脉动直流电（DC）。工作原理如下：正半周（输入电压上端为正）：电流路径：D₁→负载→D₃→返回电源下端。D₂和D₄反向截止。负半周（输入电压下端为正）：电流路径：D₂ →负载→D₄→返回电源上端。D₁和D₃反向截止。结果：无论输入极性如何，负载电流方向始终一致，输出为全波脉动直流（波形频率为输入频率的2倍）。在理想情况下（忽略二极管管压降），桥式整流后的直流分量约为 **18V**。实际应用中需根据二极管特性调整计算结果。

1. 若桥式整流电路中有任意一个二极管是断开的，会发生什么现象？假设变压器输出电压的有效值为20V，此时得到的直流分量约为多少？

桥式整流电路退化为半波整流，输出波形幅值与频率均减半。直流分量：理想情况下约9V； 实际考虑二极管压降时约8.6V。

1. 请简述电容滤波的工作原理。假设变压器输出电压的有效值为20V，经过全波整流和电容滤波之后，可以得到的直流分量约为多少？

电容滤波通过在整流电路输出端并联大容量电容器（通常为电解电容）来平滑脉动直流电压，其工作原理如下：充电阶段：当整流后的电压高于电容电压时，电容被快速充电至接近输入波形的峰值。放电阶段：当整流电压低于电容电压时，电容向负载放电，延缓电压下降速度，减小纹波。效果：输出波形从脉动直流变为较平滑的直流，纹波幅度由电容容量和负载电流决定（容量越大、负载越轻，纹波越小）。直流分量理想情况为26.88V

1. 请简述硅稳压管稳压电路的工作原理，并说明限流电阻的作用。

工作原理

反向击穿特性：当稳压管反向电压达到其标称稳压值Vz时，进入击穿区，此时电流Iz大幅变化，但两端电压Vz基本保持不变。

动态调节：输入电压波动：若输入电压Vin升高，限流电阻 R上的压降增大，吸收多余的电压，使负载电压Vout = Vz保持稳定。

负载变化：若负载电流Iload减小，稳压管自动增加自身电流Iz，维持总电流Ir= Iz+ Iload不变，从而稳定Vout

限流电阻的作用

保护稳压管：限制流经稳压管的最大电流，防止因Iz超过额定值而烧毁稳压管。

电压调整：将输入电压Vin与输出电压Vz的差值转换为电阻压降，确保稳压管工作在击穿区。 动态平衡：当输入电压或负载变化时，通过调整R上的压降，维持Vz稳定。

重要说明：

注意1：本次实验用万用表读直流分量和交流分量时，需等待几秒直至数值稳定，再记录读数。

注意2：本次实验要求示波器的通道A必须接在变压器输出电压*u*2两端，用通道B观测负载电压。

实验内容：

一、桥式整流电路

|  |  |
| --- | --- |
|  | 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。 |

图1 桥式整流电路（左图和右图完全等效）

步骤1：用Multisim仿真软件画出图1（右）的仿真电路，并截图放在图2（注意要接地）。要求变压器副边电压u2的有效值为20V。注意：所有元件的符号标准为DIN标准；（点击“选项”-“全局偏好”-“元器件”更改）。

说明1：交流电源在元器件库的Sources组的“POWER\_SOURCES”中选择“AC\_POWER”，将其放置在设计窗口，双击该仪器，将电压有效值（RMS）设置为220V，频率设置为50Hz。

说明2：变压器在元器件库的Basic组的“TRANSFORMER”中选择“1P1S” ，将其放置在设计窗口，双击该仪器，将“一次线圈1”的匝数设置为11。

说明3：电阻*RL*在Basic组的“RESISTOR”中任选一个将其放置在设计窗口，双击该电阻，将阻值设置为500Ω。

说明4：二极管选用元器件库Diodes组的 “DIODES\_VIRTUAL”中“DIODE”。

说明5：开关选用元器件库Basic组中的SWITCH中的DIPSW1。

说明6：接地端在元器件库的Sources组的“POWER\_SOURCES”中选“GROUND”。

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\Administrator\Documents\Tencent Files\1517633137\FileRecv\MobileFile\Image\YG$%`]K4)9}$`36)]GDZGQB.png  图2 桥式整流电路的仿真图 | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。  （A通道“交流”，B通道“0” ，单次触发）  图3 桥式整流电路的输入波形 |

注意：请在表格中放入图片后，右击图片，选择“大小和位置”，把图片缩放到合适大小。

步骤2：首先将二极管D2上面的开关S1闭合，利用示波器分别观测整流前的输入波形（即u2两端）和整流后的输出波形（即RL两端），将波形截图放在图3和图4的位置。然后将二极管D2上面的开关S1打开，观测若某一个二极管损坏的输出波形。波形截图放在图5的位置。

说明1：观测波形的动态变化时，应该把示波器触发方式设置为“正常”，输入通道设置成“交流”，输出通道设置成“直流”。

说明2：为了方便比较波形，可以将示波器的两个通道的连接线设置成不同颜色。（选择通道B的“+”端导线后，右击选择“区段颜色”，将其更改为蓝色或黑色）。

说明3：为了方便截图，可把示波器触发方式更改为“单次”。

|  |  |
| --- | --- |
| 表格  AI 生成的内容可能不正确。  （A通道“0”，B通道“直流”，单次触发）  图4 桥式整流正常工作的输出波形 | 图表  AI 生成的内容可能不正确。  （A通道“0”，B通道“直流”，单次触发）  图5 桥式整流中一个D断开的输出波形 |

步骤3：利用万用表的（直流电压档）测量开关S1闭合和打开时，桥式整流电路输出端（*RL*两端）的直流分量，并填写到表1中。

表1 桥式整流电路的输出电压

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 整流效果 | 输出电压直流分量的理论值 | 输出电压直流分量的测量值 |
| 全波整流（S1闭合） | 18V | 16.581V |
| 半波整流（S1打开） | 9V | 8.301V |

二、电容滤波电路

步骤1：用Multisim仿真软件画出图6电路的仿真电路，并截图放在图7（注意一定要接地）。交流电源和变压器的设置保持与上图一致（即*U*2=20V）。

图示, 示意图

AI 生成的内容可能不正确。

图6 整流+滤波电路

说明1：桥式整流模块可在元器件库Diodes组的 “FWB”中选择“1B4B42”。请在选择该元件之前，先把元器件标准更改为“ANSI”标准。注意：除了整流模块1B4B42外，其余所有元件的符号标准均为DIN标准。

说明2：电解电容可在元器件库Basic组中的“CAP\_ELECTROLIT”中任选一个将其放置在设计窗口，双击该电容，将值设置为50μF。注意电容不要接反。

说明3：可变电阻可在“Basic”中的倒数第四项“VARIABLE\_RESISTOR”中选择一个再改变其阻值。

图示

AI 生成的内容可能不正确。

图7 整流+滤波电路的仿真图

步骤2：验证电容大小对滤波效果的影响。闭合开关S3，先将可变电阻的滑动条处于0%，用示波器分别观测S1和S2都打开、仅闭合S1、闭合S1和S2的输出波形变化，并将波形截图填入表2中。用万用表的直流电压档和交流电压档分别测量上述三种情况下的输出电压直流分量和交流分量，并填写到表2中。

表2 不同电容作用后的输出电压（负载固定）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 可变电阻处于0% | 输出端的  直流分量 | 输出端的  交流分量 | 输出端的波形截图（B通道选“直流”）  （只要截波形，刻度设置为10V/Div） |
| S3闭合  S1和S2都打开  （全波整流） | 16.702V | 8.426V | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |
| S3闭合  S1闭合，S2打开  （整流+单电容滤波） | 24.86V | 2.325V | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |
| S3闭合  S1闭合，S2闭合  （整流+双电容滤波） | 25.15V | 1.073V | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |

注意：示波器的参数设置详见图8。请在表格中放入图片后，右击图片，选择“大小和位置”，把图片缩放到合适大小。截图规范如表2第一行所示。三张图片的大小尽量一致并对齐。

QR 代码

AI 生成的内容可能不正确。

图8 示波器的参数设置

步骤3：验证负载大小对滤波效果的影响。闭合开关S1和S3，打开S2。用示波器分别观测可变电阻的滑动条处于50%和100%情况下的输出波形变化，并将波形截图填入表3中。用万用表的直流电压档和交流电压档分别测量上述三种情形下的输出电压直流分量和交流分量，并填写到表3的第1-2行中。

步骤4：闭合开关S1，打开S2和S3（即小电容滤波遇到RL=∞时）。用示波器观测输出波形，并用万用表分别测量其直流分量和交流分量，填写到表3的最后一行中。

表3 外接不同负载时的输出电压（电容固定）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| S1闭合，S2打开 | 输出端的  直流分量 | 输出端的  交流分量 | 输出端的波形截图（B通道选“直流”）  （只要截波形，刻度设置为10V/Div） |
| S3闭合  可变电阻处于50% | 25.896V | 1.616V | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |
| S3闭合  可变电阻处于100% | 26.021V | 1.222V | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |
| RL=∞（空载）  （即S3打开时） | 27.333V | 5.804mV | 应用程序  AI 生成的内容可能不正确。 |

注意：示波器的参数设置与图8相同。请在表格中放入图片后，右击图片，选择“大小和位置”，把图片缩放到合适大小。截图规范如表2第一行所示。三张图片的大小尽量一致并对齐。

三、稳压电源电路

步骤1：用Multisim仿真软件画出图9电路的仿真电路，截图放在图10（注意要接地）。交流电源和变压器的设置保持与上图一致（即*U*2=20V）。

图示, 示意图

AI 生成的内容可能不正确。

图9 稳压电源电路

说明1：稳压管选用元器件库Diodes组的 “DIODES\_VIRTUAL”中“ZENER”，将其放置在设计窗口，双击该元件，将稳定电压设置为12V。

注意1：电解电容的极性不要接反。限流电阻Rz不要漏接。

注意2：除了整流模块1B4B42外，其余所有元件的符号标准均为DIN标准。

图示, 示意图

AI 生成的内容可能不正确。

图10稳压电源电路的仿真图

步骤2：先将可变电阻的滑动条处于0%，用示波器观测开关S1闭合前后的输出波形变化，并将波形截图填入表4中。用万用表的直流电压档和交流电压档分别测量上述两种情形下的输出电压直流分量和交流分量，并填写到表4中。

表4 稳压模块作用前后的输出电压

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 可变电阻处于0% | 输出端的  直流分量 | 输出端的  交流分量 | 输出端的波形截图（B通道选“直流”）  （只要截波形，刻度设置为10V/Div） |
| S1打开  （无稳压模块） | 21.891V | 427.752mV | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |
| S1闭合  （有稳压模块） | 12.034V | 2.701mV | 图片包含 表格  AI 生成的内容可能不正确。 |

注意：示波器的参数设置与图8相同。请在表格中放入图片后，右击图片，选择“大小和位置”，把图片缩放到合适大小。截图规范如表2第一行所示。三张图片的大小尽量一致并对齐。

步骤3：将开关S1闭合，改变可变电阻的阻值，根据表5验证稳压管反向击穿后的稳压效果。注意：每次改变负载阻值需重新仿真，避免误差。读数时，需等待几秒，直至数值稳定，再记录读数。

表5外接不同负载时获得的输出电压直流分量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 100Ω\*20% | 100Ω\*40% | 100Ω\*60% | 100Ω\*80% | 100Ω\*100% |
| 12.034V | 12.034V | 12.034V | 12.034V | 12.035V |

步骤4：将开关S1闭合，可变电阻的滑动条处于0%，按照表6更改输入电压*u*1的有效值，验证电网电压的微小波动对输出电压的影响，将输出电压直流分量填写到表6中。

表6电网电压的微小波动对输出电压直流分量的影响

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 可变电阻的滑动条处于0% | 210V | 215V | 220V | 225V | 230V |
| 输出电压的直流分量 | 12.032V | 12.033V | 12.034V | 12.034V | 12.035V |

四、单管整流直流电源电路

在实际应用中，有时由于条件受限无法找到4个二极管构成桥式整流模块。此时也可以仅用1个二极管构成单管整流模块，然后利用电容滤波和稳压电路，达到交流电到直流电的转换。

实验步骤如下：

步骤1：用Multisim仿真软件画出图11电路的仿真电路，截图放在图12（注意一定要接地）。先将可变电阻的滑动条处于0%。交流电源（220V，50Hz）和变压器（11:1）的设置保持与上图一致（即*U*2=20V）。二极管选用元器件库Diodes组的 “DIODES\_VIRTUAL”中“DIODE”。稳压管选用元器件库Diodes组的 “DIODES\_VIRTUAL”中“ZENER”。

图示, 示意图

AI 生成的内容可能不正确。

图11 单管整流直流电源电路

图12 单管整流直流电源电路的仿真图

步骤2：将开关S2闭合，开关S1和S3打开，该电路具有半波整流功能。用示波器观测此时的输入波形和输出波形。用万用表的直流电压档和交流电压档分别测量此时输出端的直流分量和交流分量，并填写到表7中。

图示, 示意图

AI 生成的内容可能不正确。

步骤3：将开关S2和S1闭合，开关S3打开，该电路具有半波整流+电容滤波功能。用示波器观测此时的输出波形。用万用表的直流电压档和交流电压档分别测量此时输出端的直流分量和交流分量，并填写到表7中。

步骤4：将开关S2打开（即接入限流电阻），开关S1和S3闭合，该电路具有整流+滤波+稳压功能，其中*RZ*为限流电阻。用示波器观测此时的输出波形。用万用表的直流电压档和交流电压档分别测量此时输出端的直流分量和交流分量，并填写到表7中。

注意1：单管整流直流电源电路没有桥式整流直流电源电路稳定，电压值会出现波动，可任选一个值记录或记录中间值。

注意2：示波器的参数设置与图8相同。请在表格中放入图片后，右击图片，选择“大小和位置”，把图片缩放到合适大小。截图规范如表2第一行所示。三张图片的大小尽量一致并对齐。

注意3：每次改变开关状态需重新仿真，避免误差。读数时，需等待几秒，直至数值稳定，再记录读数。

表7 不同功能模块作用后的输出电压

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 可变电阻处于0% | 输出端的  直流分量 | 输出端的  交流分量 | 输出波形（B通道选“直流”）  （只要截波形，刻度设置为10V/Div） |
| S2闭合，S1和S3打开  （半波整流） | 8.659V | 10.572V | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |
| S2和S1闭合，S3打开  （整流+电容滤波） | 25.766V | 1.347V |  |
| S2打开，S1和S3闭合  （整流+滤波+稳压） | 12.028V | 6.626mV |  |

步骤5：保持S2打开，S1和S3闭合，在仿真运行状态下，滑动可变电阻的滑动条，根据表8验证稳压管反向击穿后的稳压效果。注意：每次改变负载阻值需重新仿真，避免误差。读数时，需等待几秒，直至数值稳定，再记录读数。

表8外接不同负载时获得的输出电压直流分量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 100Ω\*20% | 100Ω\*40% | 100Ω\*60% | 100Ω\*80% | 100Ω\*100% |
| 12.028V | 12.029V | 12.03V | 12.03V | 12.03V |

实验讨论

1. 表1中输出端直流分量的测量值小于理论值的原因是什么？全波整流和半波整流的直流分量之间有什么关系？

原因分析：二极管导通压降：理论计算假设二极管为理想器件（无压降），但实际每个硅二极管导通时存在约0.7V压降（桥式整流需扣除1.4V）。 负载电流影响：负载电流较大时，变压器和线路内阻导致电压进一步降低。 测量误差：万用表测量的是电压平均值，而理论值基于理想波形（无纹波）。 全波与半波整流的直流分量关系：两倍

2. 滤波电路是利用电容的什么特性使输出电压趋于平滑？为什么电容必须与负载并联而不是串联？

电容特性：利用电容的 充放电特性，在整流电压高于电容电压时充电，低于时放电，从而平滑输出电压。并联原因：维持负载电压：并联时电容直接为负载提供平滑电压，串联则会分压导致负载无法工作。高频滤波：并联电容可有效滤除高频纹波，串联仅会改变直流偏置。

3. 电容的放电速度与什么有关？增大电容值或负载值，输出电压波形有什么变化？

增大电容值：放电变慢，纹波幅度减小，输出电压更平滑（如电容从100μF增至1000μF）。 增大负载值（即减小负载电流）：放电速度降低，纹波进一步减小（轻载时接近峰值电压）。

4. 表4中S1闭合后的输出电压直流分量小于S1闭合前的，相差的电压由谁负担？

限流电阻

实验小结：（可总结收获、所犯错误，解决方案、心得体会等）

1. 理解了整流、滤波、稳压电路的工作原理及实际与理论的差异。
2. 掌握了电容滤波对纹波抑制的作用规律，以及稳压管动态调节电压的方法。