

第十一章 直流稳压电源

11.1 在图 11.1.2 所示桥式整流电路中, 已知变压器副边电压为 10V (有效值), $R_L=10\ \Omega$ 。不考虑二极管的正向压降, 求

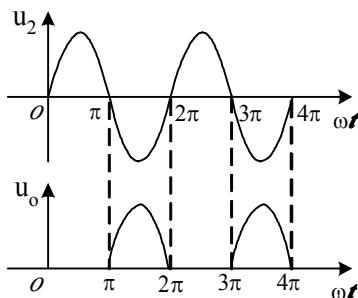
- (1) 负载 R_L 上的直流电压 U_O ;
- (2) 二极管中的电流 I_D 和承受的最大反向电压 U_{RM} ;
- (3) 如果 D_1 断开, 画出 u_1 和 u_o 的波形, 并求 U_O 的值。

解: (1) 直流电压 $U_O=0.9U_2=0.9\times 10=9V$

$$(2) \text{ 二极管电流 } I_D = \frac{1}{2} \frac{U_O}{R_L} = \frac{1}{2} \times \frac{9}{10} = 0.45A$$

二极管承受的最大反向电压 $U_{RM} = \sqrt{2}U_2 = 14.1V$

(3) 二极管 D_1 断开, 电路变成半波整流电路, 整流二极管为 D_2 、 D_4 , u_2 和 u_o 的波形如图所示, $U_O=0.45U_2=4.5V$



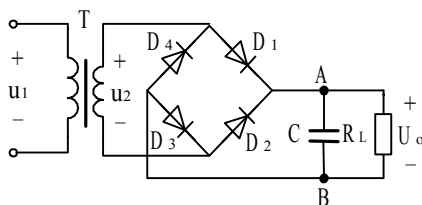
11.2 在题 11.2 图所示的整流滤波电路中, 已知 $U_2=20V$, 求下列情况下 A、B 两点间的电压: (1) 电路正常工作; (2) 电容 C 开路; (3) 负载 R_L 开路; (4) 二极管 D_1 开路。

解: (1) 桥式整流、电容滤波电路的输出电压 $U_O=1.2U_2=24V$ 。

(2) 电容开路。电路为桥式整流电路, 输出电压 $U_O=0.9U_2=18V$ 。

(3) 负载开路, 电容无放电回路, $U_O=U_{2m}=1.4U_2=28V$ 。

(4) D_1 开路, 输出电压为半波整流电路的输出电压, $U_O=0.45U_2=9V$ 。



题11.2图

11.3 设计一桥式整流、电容滤波电路, 要求其直流输出电压为 15V, 最大直流输出电流为 100mA, 已知交流电源的频率为 50Hz, 电压为 220V, 试确定变压器的变比、选择整流二极管的参数, 并大致确定滤波电容的容量。

解: 由 $U_O=1.2U_2$ 得 $U_2 = \frac{U_O}{1.2} = 12.5V$

变压器的变比 $n = \frac{220}{12.5} = 17.6$ 取 $n=18$

由于最大输出电流为 100mA, 因此负载电阻最小要达到 $\frac{15}{0.1} = 150\Omega$

$$\text{滤波电容} \quad C \geq \frac{1}{R_L} \cdot 5 \times \frac{T}{2} = \frac{1}{150} \times 5 \times \frac{1}{2 \times 50} = 330 \mu F$$

二极管中平均电流 $I_D=50\text{mA}$ ，二极管上的最大反向电压为 $\sqrt{2} U_2=17.7\text{V}$ 。留 1.5 倍的裕量，选取 25V、100mA 的硅管。

11.4 试说明电感滤波电路和电容滤波电路的区别。

解：从工作原理上讲，电容滤波是通过电容的储能作用，使电容电压即输出电压在输入电压变化时保持基本不变；而电感滤波是通过电感的储能作用，使电感电流即输出电流保持基本不变。从滤波效果上讲，电容滤波电路，负载电阻越大，滤波效果就越好，因此较适用于负载电流较小的场合，而电感滤波，负载电阻越小，滤波效果越好，因此适用于负载电阻较小、负载电流较大的场合。

11.5 在图 11.2.2 所示的桥式整流电感滤波电路中，设 $U_2=30\text{V}$ ，电源频率为 50Hz ， $L=5\text{H}$ ，试估算 R_L 等于 100Ω 和 $1\text{k}\Omega$ 时输出电压中的纹波电压。

解：桥式整流电压 $u = \frac{2U_m}{\pi} = \left(1 - \frac{2}{3} \cos 2\omega t - \frac{2}{15} \cos 4\omega t \cdots\right)$ 作为 RL 串联电路和输入电

压，式中 $U_m = \sqrt{2} U_2 = 42.4\text{V}$ ， $\omega=314\text{rad/s}$

对二次谐波， $U_m^{(2)} = \frac{4U_m}{3\pi} = 18\text{V}$ ， $X_L^{(2)} = 2\omega L = 3.14\text{k}\Omega$

$R_L=100\Omega=0.1\text{k}\Omega$ 时， R_L 上二次谐波分量的幅值

$$U_{om}^{(2)} = \frac{R_L}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}} U_m^{(2)} = 0.57\text{V}$$

$R_L=1\text{k}\Omega$ 时， $U_{om}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 3.14^2}} 18 = 5.46\text{V}$

对四次谐波 $U_m^{(4)} = \frac{4U_m}{15\pi} = 3.6\text{V}$ $X_L^{(4)} = 4\omega L = 6.28\text{k}\Omega$

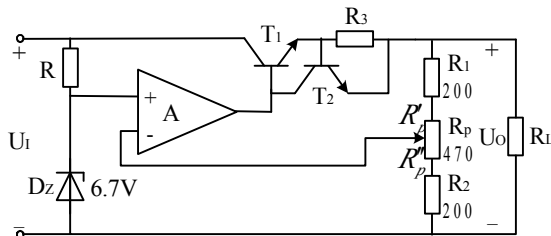
$R_L=0.1\text{k}\Omega$ 时， $U_{om}^{(4)} = \frac{0.1}{\sqrt{(0.1)^2 + 6.28^2}} \times 3.6 = 0.057\text{V}$

$R_L=1\text{k}\Omega$ 时， $U_{om}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 6.28^2}} \times 3.6 = 0.57\text{V}$

因此， $R_L=100\Omega$ 时 纹波电压的幅值为 $\sqrt{0.57^2 + 0.057^2} = 0.57\text{V}$ ，有效值为 0.4V

$R_L=1k\Omega$ 时, 纹波电压幅值为 $\sqrt{5.46^2 + 0.57^2} = 5.49V$, 有效值为 $3.9V$ 。

11.6 在题 11.6 图所示串联型直流稳压电路中, $U_Z=6.7V$, 求输出电压的调节范围。若要求最大输出电流为 $500mA$, 试确定取样电阻 R_3 的值。



题11.6图

解: 输出电压 $U_o = \frac{U_Z}{R_p' + R_2} (R_1 + R_p + R_2)$

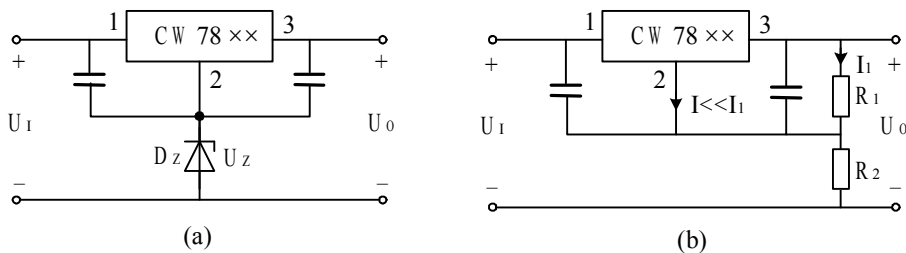
$$U_{o\max} = \frac{6.7}{200} (200 + 470 + 200) = 29.1V$$

$$U_{o\min} = \frac{6.7}{200 + 470} \times 870 = 8.7V$$

输出电压最大时, R_p 中的电流为 $\frac{29.1}{870} = 33.4mA$, 因此, 负载电流最大 ($500mA$) 时, R_3

中的电流为 $533mA$ 。取样电阻 $R_3 = \frac{0.7}{0.533} = 1.3\Omega$ (设晶体管 T_2 为硅管)

11.7 题 11.7 图所示电路为扩展输出电压的简易电路, 试写出输出电压的表示式。



题11.7图

解: (a) $U_o = U_{32} + U_Z = U_{XX} + U_Z$

(b) 公共端电流 $I \ll I_1$ 时, 流过电阻 R_2 的电流与 I_1 相等, 因此

$$U_o = \frac{U_{XX}}{R_1} (R_1 + R_2) = (1 + \frac{R_2}{R_1}) U_{XX}$$

11.8 在图 11.4.3 所示电路中, 已知三端稳压器的型号是 CW7815, $R_p=510\Omega$, 欲使输出电压的调节范围为 20~30V, 试确定 R_1 、 R_2 的值。

解: 电路的输出电压

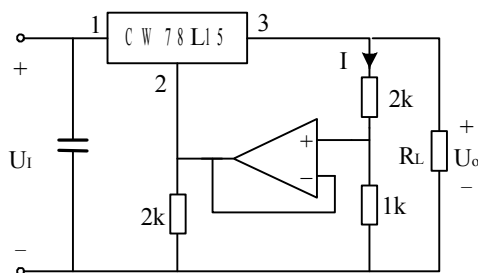
$$\frac{R_1 + R_2 + R_p}{R_1 + R_p} U_{xx} \leq U_0 \leq \frac{R_1 + R_2 + R_p}{R_1} U_{xx}$$

即
$$\frac{R_1 + R_2 + 510}{R_1 + 510} \times 15 = 20$$

$$\frac{R_1 + R_2 + 510}{R_1} \times 15 = 30$$

解方程得: $R_1=1020\Omega$, $R_2=510\Omega$

11.9 求题 11.9 图所示电路的输出电压值和负载电阻 R_L 的最小值。



题11.9图

解: 运放接成负反馈, $u_+ = u_- = U_2$, 故有
$$I = \frac{U_3 - U_+}{2} = \frac{U_{32}}{2} = \frac{15}{2} mA$$

电路的输出电压
$$U_0 = \frac{15}{2} \times (2 + 1) = 22.5V$$

由于 78L××型稳压器的最大输出电流为 0.1A, 故负载电阻 R_L 应满足

$$\frac{22.5}{R_L} \leq 0.1$$

即
$$R_L \geq 225\Omega$$

11.10 题 11.10 图所示电路中, $R_1 R_4 > R_2 R_3$, 试证明输出电压为

$$U_O = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_1 R_4 - R_2 R_3} U_{xx}$$

证明: 由运放虚断得

$$U_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0$$

运放接成负反馈，故有

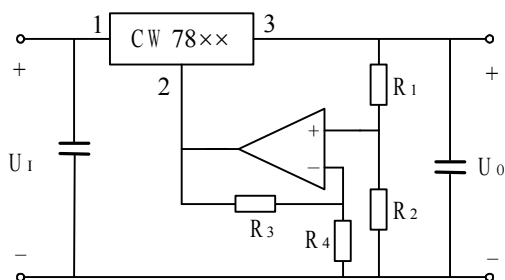
$$U_+ = U_- = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_2$$

$$U_2 = \frac{R_3 + R_4}{R_4} U_+ = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_4(R_1 + R_2)} U_0$$

而 $U_3 - U_2 = U_{XX}$, $U_3 = U_0$

故 $U_0 - \frac{(R_3 + R_4)R_2}{R_4(R_1 + R_2)} U_0 = U_{XX}$

$$U_0 = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_1 R_4 - R_2 R_3} U_{XX}$$



题11.10图

11.11 题 11.11 图所示电路为用 CW317 组成的可调恒流源电路。当 R_1 在 $1\Omega \sim 100\Omega$ 范围内变化时，求恒流电流 I_0 的变化范围。（设 $I_{adj} \approx 0$ ）。当 R_L 用 $1.5V$ 的待充电电池代替，充电电流为 $50mA$ 时，求电池的等效电阻，并确定 R_1 的值。

解：CW317 的基准电压 $U_{21} = 1.25V$ ，忽略调整端的电流，则

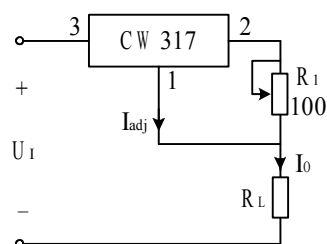
$$I_0 = \frac{U_{21}}{R_1} = \frac{1.25}{R_1}$$

$I_{0max} = 1.25A$, $I_{0min} = 12.5mA$ ，即 I_0 在 $12.5A$ 和 $12.5mA$ 之间。 $I_0 = 50mA$ 时

$$R_1 = \frac{1.25}{0.05} = 25\Omega$$

电池的等效电阻

$$R_{eq} = \frac{1.5}{0.05} = 30\Omega$$



题11.11图