

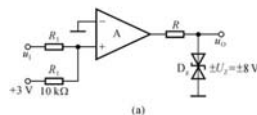
# 模电第八章习题课

江永亨

二零零九年十二月二十日

1

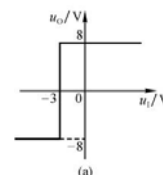
## 8.14 试分别求解图示各电路电压传输特性



所示电路为单限比较器

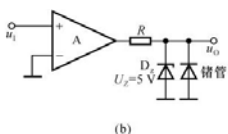
$$u_0 = \pm U_z = \pm 8V$$

$$U_T = -3V$$



2

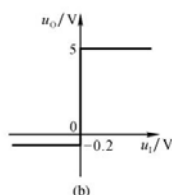
## 8.14 试分别求解图示各电路电压传输特性



所示电路为过零比较器

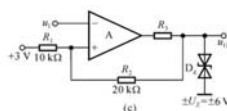
$$u_{OL} = -U_D = -0.2V$$

$$u_{OH} = +U_z = +6V, U_T = 0V$$



3

## 8.14 试分别求解图示各电路电压传输特性

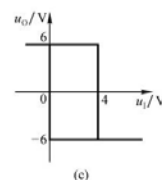


电路为反相输入的滞回比较器

$$u_0 = \pm U_z = \pm 6V, \text{ 令}$$

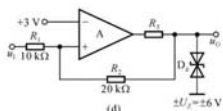
$$u_P = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot u_O + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{REF} = u_N = u_i$$

$$\text{得阈值电压 } U_{T1} = 0V, U_{T2} = 4V$$



4

## 8.14 试分别求解图示各电路电压传输特性



电路为同相输入的滞回比较器

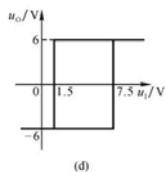
$$u_0 = \pm U_z = \pm 6V, \text{ 令}$$

$$u_P = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot u_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot u_{O1} = u_N = 3V$$

得出阈值电压

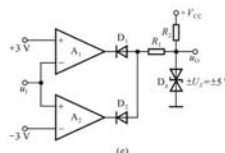
$$U_{T1} = 1.5V$$

$$U_{T2} = 7.5V$$



5

## 8.14 试分别求解图示各电路电压传输特性

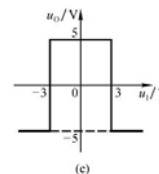


所示电路为窗口比较器

$$u_0 = \pm U_z = \pm 5V$$

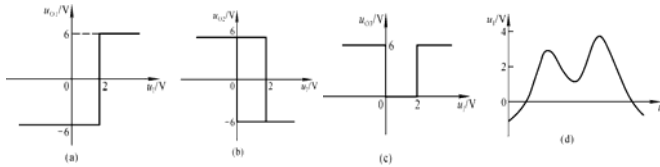
$$\pm U_T = \pm 3V$$

电压传输特性如图所示

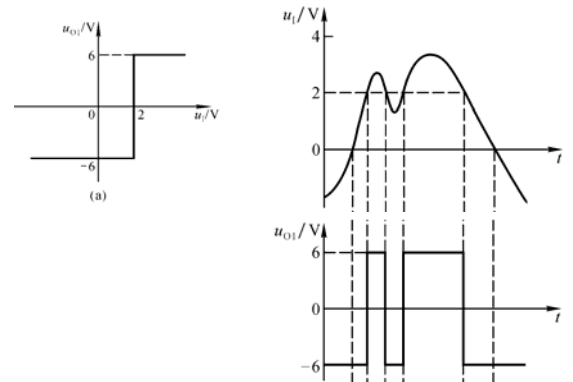


6

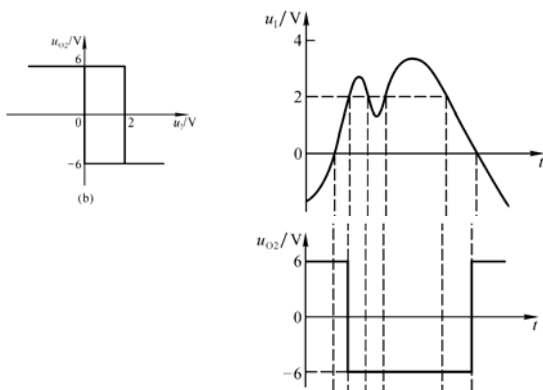
8.15 已知三个电压比较器的电压传输特性分别如图 (a)、(b)、(c) 所示, 它们的输入电压波形均如图 (d) 所示, 试画出  $u_{O1}$ 、 $u_{O2}$  和  $u_{O3}$  的波形。



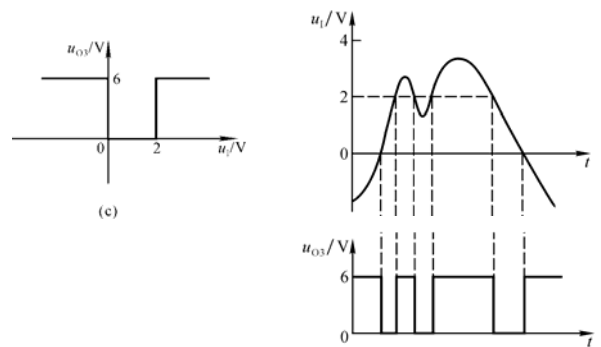
7



8



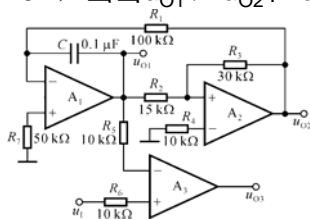
9



10

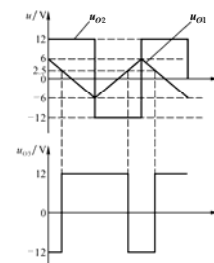
8.22 电路如图所示, 已知集成运放的最大输出电压幅值为  $\pm 12V$ ,  $U_1$  的数值在  $u_{O1}$  的峰峰值之间。

- 1), 求解  $u_{O3}$  的占空比与  $U_1$  的关系式;
- 2), 设  $U_1 = 2.5V$ , 画出  $u_{O1}$ 、 $u_{O2}$  和  $u_{O3}$  的波形



11

2)  $u_{O1}$ 、 $u_{O2}$  和  $u_{O3}$  的波形如图所示



12

1)  $A_1$ 和 $A_2$ 组成矩形波-三角波发生电路, 在 $A_2$ 组成的滞回

比较器中, 令  $u_P = \frac{R_2}{R_2+R_3} \cdot u_{O2} + \frac{R_3}{R_2+R_3} \cdot u_{O1} = 0$

$$\pm U_T = \pm \frac{R_2}{R_3} \cdot U_{OM} = \pm 6V$$

在 $A_1$ 组成的积分运算电路中, 运算关系式为

$$u_O = -\frac{1}{RC} u_{O2} (t_2 - t_1) + u_O(t_1)$$

在二分之一振荡周期内

积分起始值  $u_{O1}(t_1) = -U_T = -6V$

终了值  $u_{O1}(t_1) = -U_T = 6V$ ,  $u_{O2} = -U_{OM} = -12V$

$$T = 2R_1C \frac{2U_T}{U_{OM}} = 20ms$$

13

求解脉冲宽度  $T_1$  和解占空比:

$$u_I = \frac{U_{OM}}{R_1C} \frac{T_1}{2} - U_T$$

$$T_1 = 2 \frac{U_T + u_I}{U_{OM}} R_1C$$

$$q = \frac{T_1}{T} = \frac{U_T + u_I}{2U_T} = \frac{6 + u_I}{12}$$

14

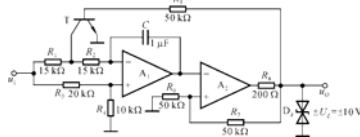
8.26 已知图示电路为压控振荡电路, 晶体管T工作在开关状态, 当其截止时相当于开关断开, 当其导通时相当于开关闭合, 管压降近似为零;  $u_1 > 0$ 。

1), 分别求解T导通和截止时  $u_{O1}$  和  $u_I$  的运算关系式  $u_{O1} = f(u_I)$

2), 求出  $u_O$  和  $u_{O1}$  的关系曲线  $u_O = f(u_{O1})$

3), 定性画出  $u_O$  和  $u_{O1}$  的波形

4), 求解振荡频率  $f$  和  $u_1$  的关系式



15

1) T导通时,  $u_{N1} = u_1/3$ 。

$$u_{O1} = \frac{1}{R_2C} \cdot \frac{u_1}{3} (t_1 - t_0) + u_{O1}(t_0) \\ = \frac{10^3}{45} u_1 (t_1 - t_0) + u_{O1}(t_0)$$

T截止时,

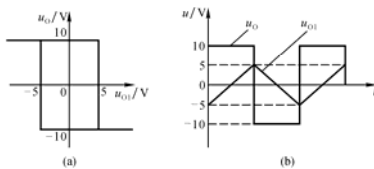
$$u_{O1} = \frac{1}{(R_1 + R_2)C} \cdot \frac{-2u_1}{3} (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1) \\ = -\frac{10^3}{45} u_1 (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1)$$

16

2,3)

$u_O$  和  $u_{O1}$  的关系曲线如图(a)所示

$u_O$  和  $u_{O1}$  的波形如图(b)所示



17

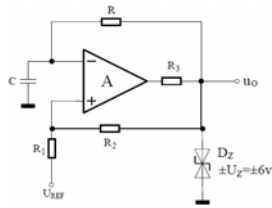
4) 首先求出振荡周期, 然后求出振荡频率, 如下:

$$U_T = \frac{10^3}{45} \cdot u_1 \cdot \frac{T}{2} - U_T \\ T = \frac{2U_T \times 90}{10^3 u_1} = \frac{0.9}{u_1} \\ f \approx 1.1 u_1$$

18

补充题13 图示电路中, 已知 $R_1=10k\Omega$ ,  $R_2=20k\Omega$ ,  $R=10k\Omega$ ,  $C=0.01\mu F$ , 稳压管的稳压值为 $6V$ ,  $U_{REF}=0$ 。

- 1), 分别求输出电压 $u_O$ 和电容两端电压 $u_C$ 的最大值和最小值
- 2), 计算输出电压 $u_O$ 的周期, 对应画出 $u_O$ 和 $u_C$ 的波形, 标明幅值和周期。



19

补充题13

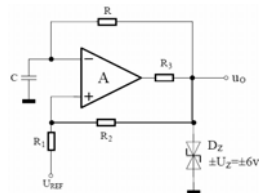
- 3), 若增大 $R_1$ 的阻值, 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期
- 4), 若增大 $R$ 的阻值, 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期
- 5), 若增大 $U_Z$ , 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期
- 6) 若 $U_{REF}=3V$ , 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期

20

- 1):  $u_O$  最大值和最小值分别为 $+6V$  和 $-6V$ ;

$$u_C \text{ 的最大值 } U_{Cmax} \text{ 为: } U_Z \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 2V$$

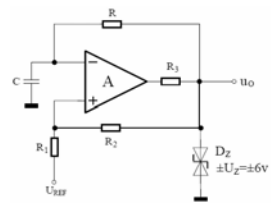
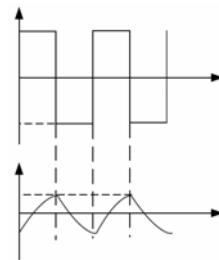
$$u_C \text{ 的最小值 } U_{Cmin} \text{ 为: } -U_Z \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -2V$$



21

- 2), 计算输出电压 $u_O$ 的周期, 对应画出 $u_O$ 和 $u_C$ 的波形, 标明幅值和周期。

$$\text{设 } u_O \text{ 的周期为 } T, \text{ 则 } T = 2RC \ln \frac{U_Z - U_{Cmin}}{U_Z - U_{Cmax}} = 2RC \ln \frac{6+2}{6-2} = 138.6\mu s$$



22

- 3), 若增大 $R_1$ 的阻值, 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期

$$T = 2RC \ln \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) = 138.6\mu s$$

幅值不变, 周期增大

- 4), 若增大 $R$ 的阻值, 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期

幅值不变, 周期增大

- 5), 若增大 $U_Z$ , 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期

幅值增大, 周期不变

23

- 6) 若 $U_{REF}=3V$ , 将如何影响 $u_O$ 的幅值和周期。

$u_C$  的最大值 $U_{Cmax}$  增加为:

$$U_{REF} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_Z \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 4V$$

$u_C$  的最小值 $U_{Cmin}$  增加为: **幅值不变, 周期增大**

$$U_{REF} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_Z \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0V$$

设 $u_O$  的周期为 $T$ , 利用RC 一阶电路的三要素法列方程如下:

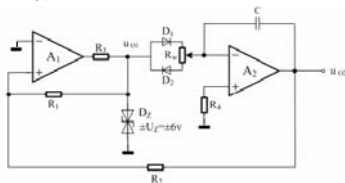
$$T = RC \left( \ln \frac{U_Z - U_{Cmin}}{U_Z - U_{Cmax}} + \ln \frac{-U_Z - U_{Cmax}}{-U_Z - U_{Cmin}} \right) = 2RC \left( \ln \frac{6-0}{6-4} + \ln \frac{-6-4}{-6-0} \right) = 322.3\mu s$$

$$\frac{dT}{dU_{Cmin}} = \frac{2U_Z}{U_Z^2 - U_{Cmax}^2} - \frac{2U_Z}{U_Z^2 - U_{Cmin}^2} \quad \text{周期在0参考点处最小!}$$

24

补充题14 图示电路中，已知 $R_W$ 的滑动端位于中点。选择填空：A. 增大 B. 不变 C. 减小

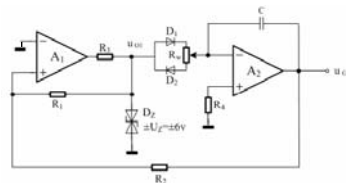
当 $R_1$ 增大时， $u_{O1}$ 的占空比将——，振荡频率将——， $u_{O2}$ 的幅值将——；当 $R_2$ 增大时， $u_{O1}$ 的占空比将——，振荡频率将——， $u_{O2}$ 的幅值将——；当 $U_z$ 增大时， $u_{O1}$ 的占空比将——，振荡频率将——， $u_{O2}$ 的幅值将——；若 $R_W$ 的滑动端向上移动，则 $u_{O1}$ 的占空比将——，振荡频率将——， $u_{O2}$ 的幅值将——。



25

$$u_{p1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_{O1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{O2} = 0 \Rightarrow U_T = \pm \frac{R_2}{R_1} U_z$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{2|U_T|}{U_z/R_{W1}C} + \frac{2|U_T|}{U_z/R_{W2}C} = \left( \frac{2U_z R_{W1}C}{U_z} + \frac{2U_z R_{W2}C}{U_z} \right) \frac{R_2}{R_1} = 2(R_{W1} + R_{W2})C \frac{R_2}{R_1}$$



26

补充题14 图示电路中，已知 $R_W$ 的滑动端位于中点。选择填空：A. 增大 B. 不变 C. 减小

当 $R_1$ 增大时， $u_{O1}$ 的占空比将 **不变**，振荡频率将 **增大**， $u_{O2}$ 的幅值将 **减小**；当 $R_2$ 增大时， $u_{O1}$ 的占空比将 **不变**，振荡频率将 **减小**， $u_{O2}$ 的幅值将 **增大**；当 $U_z$ 增大时， $u_{O1}$ 的占空比将 **不变**，振荡频率将 **不变**， $u_{O2}$ 的幅值将 **增大**；若 $R_W$ 的滑动端向上移动，则 $u_{O1}$ 的占空比将 **减小**，振荡频率将 **不变**， $u_{O2}$ 的幅值将 **不变**。

$$U_T = \pm \frac{R_2}{R_1} U_z$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{2|U_T|}{U_z/R_{W1}C} + \frac{2|U_T|}{U_z/R_{W2}C} = \left( \frac{2U_z R_{W1}C}{U_z} + \frac{2U_z R_{W2}C}{U_z} \right) \frac{R_2}{R_1} = 2(R_{W1} + R_{W2})C \frac{R_2}{R_1}$$

27



# 谢谢大家!



28