

# 功率放大电路特性的比较

这些结果是怎样算出的？

	电源功率	最大输出功率	效率	Vom
甲	$V_{cc} \frac{0.5V_{cc}}{R_L}$	$\frac{(0.5V_{cc})^2}{2R_L}$	25%	$0.5V_{cc}$
乙 (双电源)	$2V_{cc} \frac{V_{om}}{\pi R_L}$	$\frac{V_{om}^2}{2R_L}$	$\frac{\pi}{4} = 78.5\%$	$V_{cc}$
乙 (单电源)	$V_{cc} \frac{V_{om}}{\pi R_L}$	$\frac{V_{om}^2}{2R_L}$	$\frac{\pi}{4} = 78.5\%$	$0.5V_{cc}$

最大管耗  $V_{om} = \frac{2V_{CC}}{\pi} \approx 0.64V_{CC}$   $P_{TM} = \frac{2V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = \frac{4}{\pi^2} P_{om} \approx 0.4P_{om}$

功率管的选取 管子的功耗  $P_{CM} > 0.2P_{omax}$ ；功放管的耐压  $V_{(BR)CEO} > 2V_{CC}$ ；功放管允许的最大集电极电流  $I_{CM} > V_{CC}/R_L$

# 功放电路

OCL电路中功放管的选择 （华成英 P. 490）

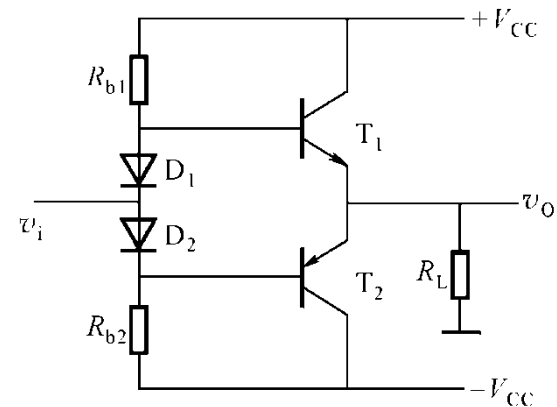
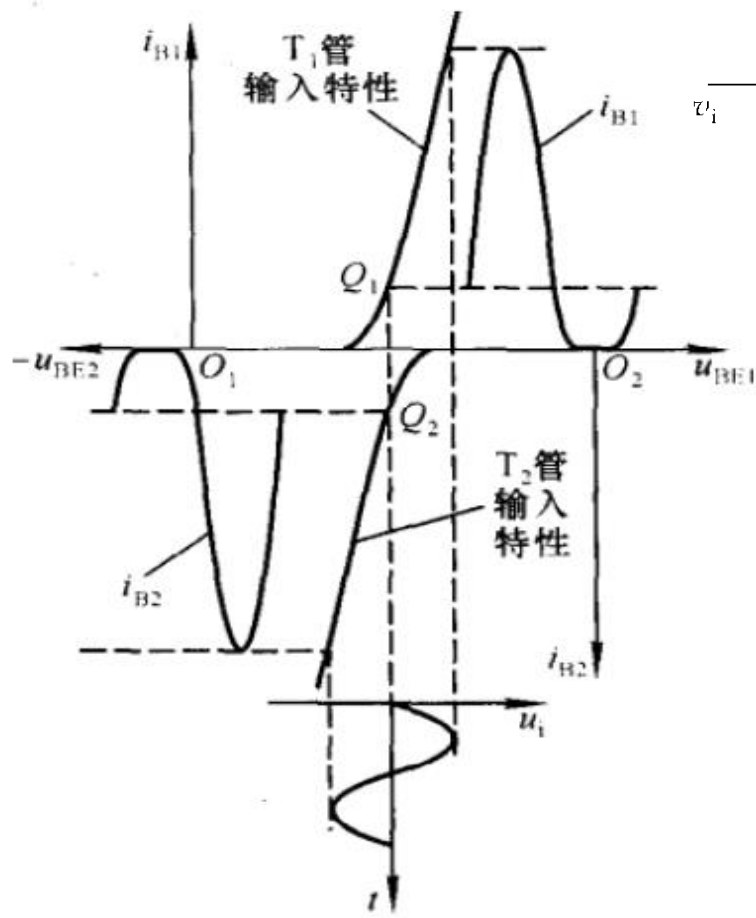
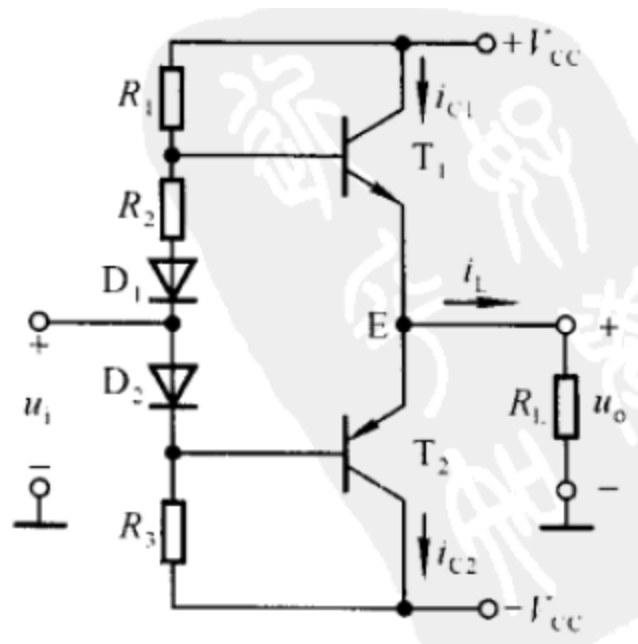
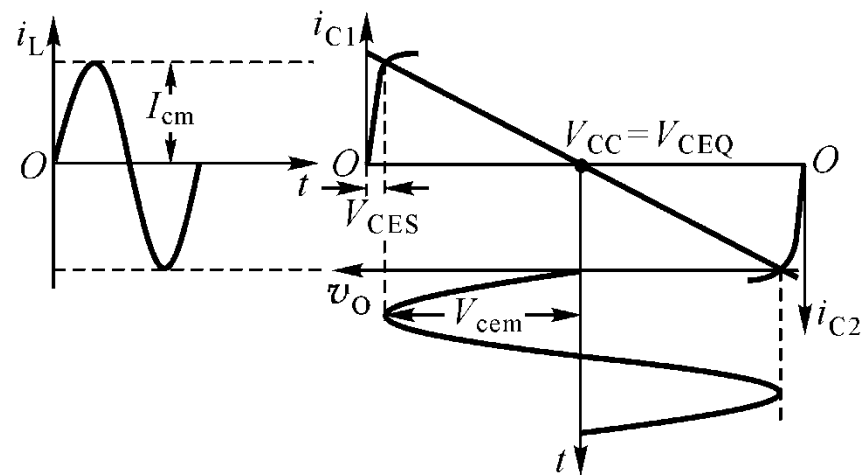
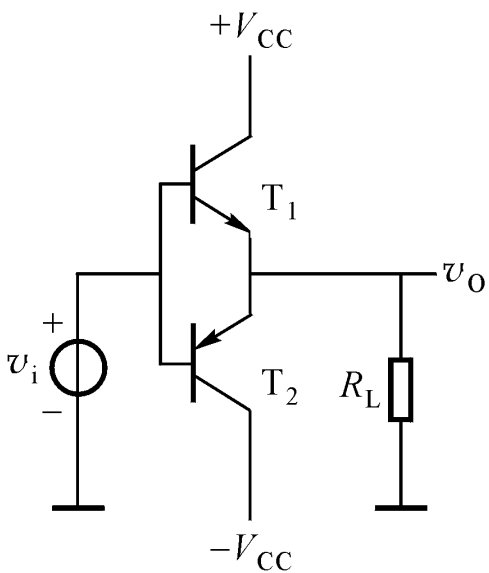
1) 最大管压降  $U_{CE\max} \approx 2V_{CC}$

2) 最大集电极电流  $I_{CE\max} \approx V_{CC} / R_L$

3) 集电极最大功耗  $P_{T\max} \approx 0.2P_{om}$

功放输出的最大功率除了决定与功放自身的参数外，还与输入电压有关

若功放管 $T_1$ 的C—E短路，则 $T_2$ 管静态压降 $2V_{CC}$ ，而 $T_2$ 管工作在放大状态，造成集电极电流很大，管子烧坏



实际的功率放大电路通常由电压放大级和功率放大级组成，并引入负反馈以改善各方面的性能。

输出电压？

电压串联型交、直流负反馈

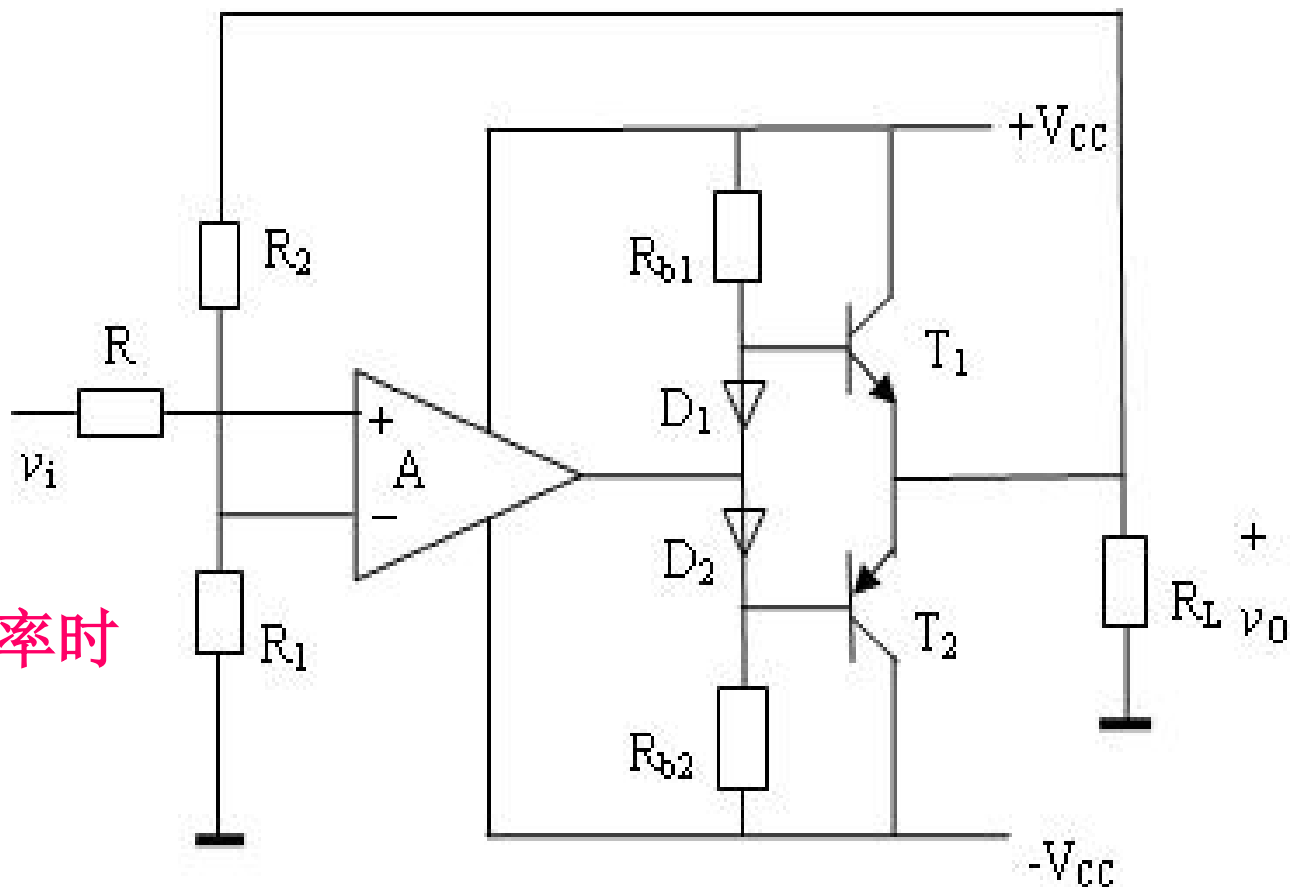
输出交流功率？

管子损耗？

运放输出限制影响？

$R_{b1}$  断开影响？

对应于最大输出功率时的最大输入电压？



**【例3】** OTL放大电路如图所示：

设 $T_1$ 、 $T_2$ 特性完全对称， $v_i$ 为正弦电压， $V_{CC}=10V$ ， $R_L=16\Omega$ 。

(1)静态时，电容 $C_2$ 两端的电压应该是多少？

调整哪个电阻能满足这一要求？

**解：** 电容 $C_2$ 两端的电压应为5V。

调整 $R_1$ 、 $R_3$ 。

(2)动态时，若输出电压波形

出现交越失真，应如何调整？

**解：** 应调大 $R_2$ ，使 $b_1$   $b_2$ 间电压增大，  
提供较大的静态电流。

(3)若 $R_1=R_3=1.2k\Omega$ ， $T_1$ 、 $T_2$ 管 $\beta=50$ ，

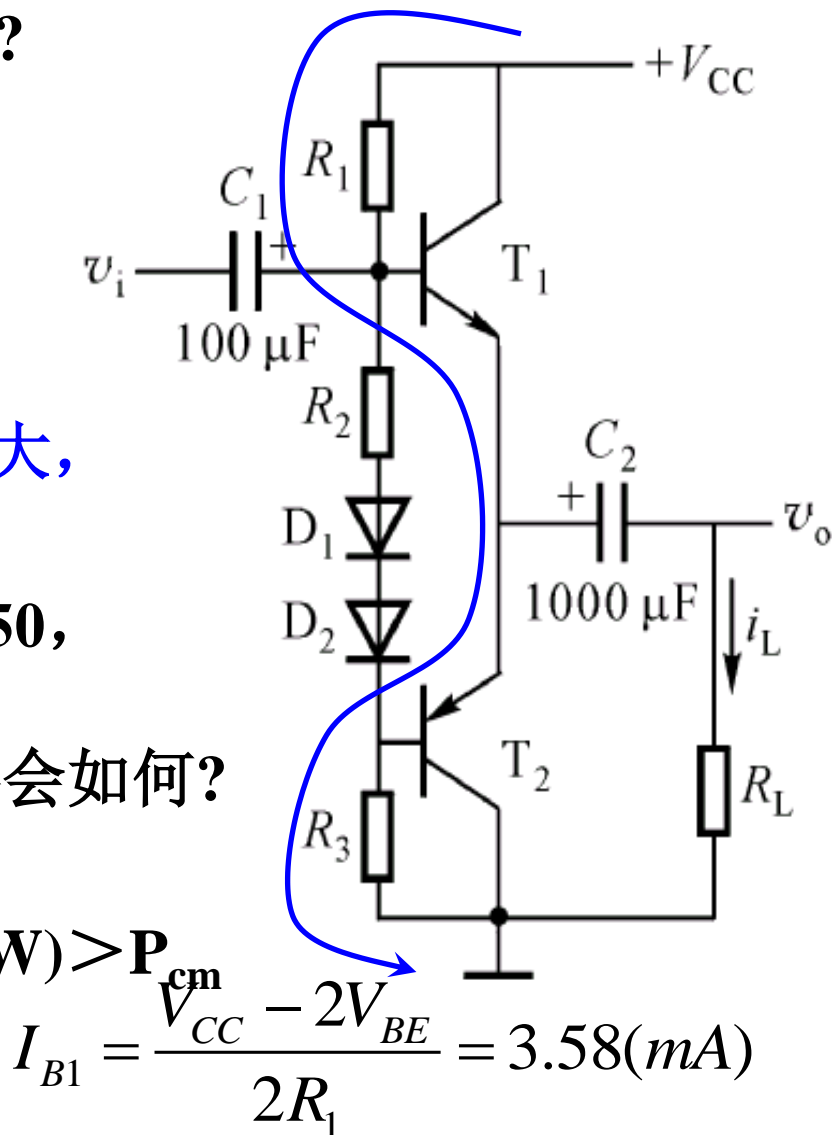
$|V_{BE}|=0.7V$ ， $P_{cm}=200mW$ ，

设 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $R_2$ 中任一开路，将会如何？

**解：**  $I_{C1}=I_{C2}=\beta I_{B1}=179(mA)$

$P_T=I_{C1} \cdot V_{CE}=I_{C1} \cdot 5V = 895(mW) > P_{cm}$

$\therefore$  功率管将会烧坏。



**题7.7**  $V_{CC} = 12V$   $V_D = 0.7V$   $U_{CES} = 1V$  运放最大输出  $\pm 10V$   $R = 1k\Omega$

$$R_L = 100\Omega$$

1.  $R_f = 9k\Omega$

2. 输出功率

$$P_o = \frac{V_{om}^2}{2R_L} = \frac{5^2}{200} = 0.125W$$

电源功率

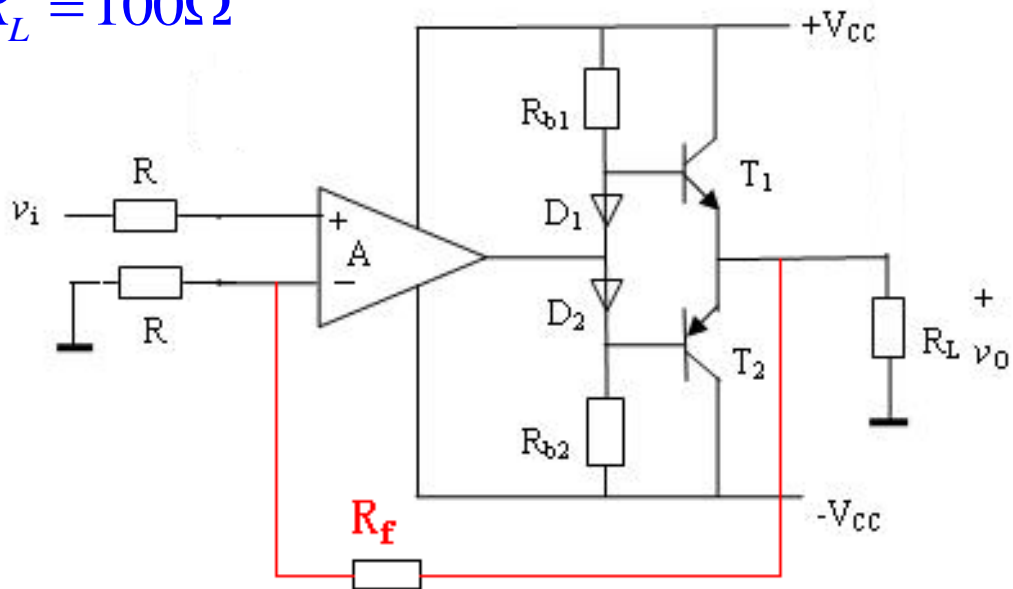
$$P_E = \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L} = \frac{120}{314} = 0.382W$$

效率  $\eta = \frac{P_o}{P_E} = 32.7\%$

最大管耗  $P_{T1} \approx 0.2P_{om} = 0.2 \frac{V_{CC}^2}{2R_L} = 0.144W$

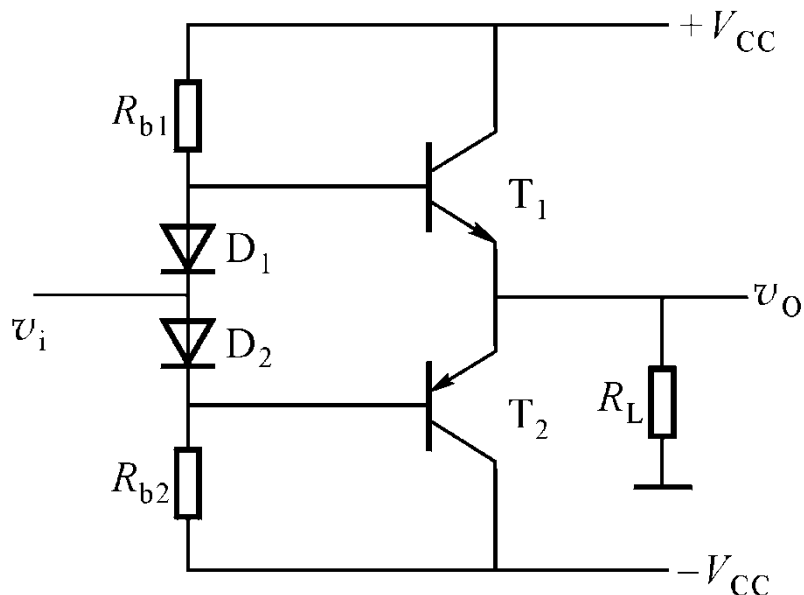
3. 最大不失真输出功率

$$P_{omax} = \frac{V_{om}^2}{2R_L} = \frac{10^2}{200} = 0.5W$$



管耗  $P_T = \frac{P_E - P_o}{2} = 0.1285W$

## 讨论一：电路故障对性能的影响



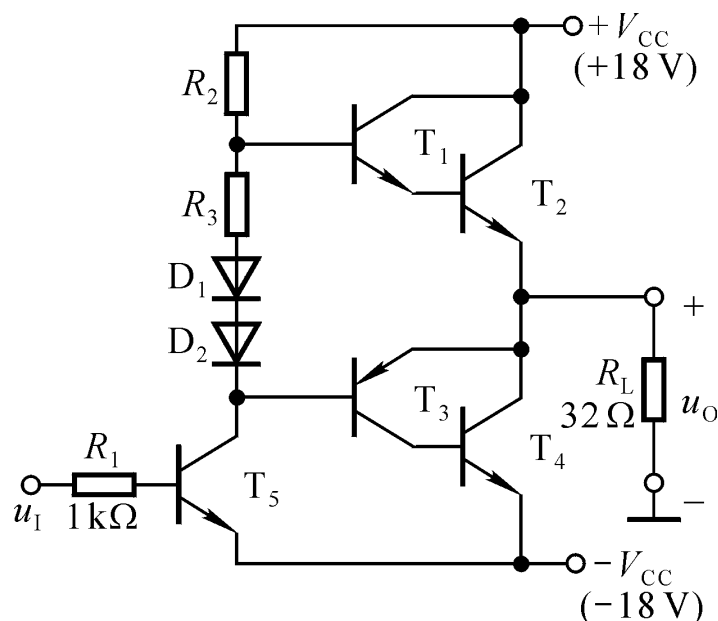
电路出现下述故障时，分别产生什么现象？

1.  $R_{b1}$  短路； 嵌位， $v_o = V_{cc} - 0.7$
2.  $R_{b1}$  断路；  $T_1$  不导通，只有负半波
3.  $D_1$  短路； 有轻微交越失真
4.  $D_1$  断路； 管子可能烧坏
5.  $T_1$  集电极开路。 正负半波不对称， $T_2$  含直流有可能烧坏

## 讨论二：出现下列故障时，将产生什么现象？

$T_2$ 、 $T_5$ 的极限参数：

$$P_{CM}=1.5W, I_{CM}=600mA, U_{BR(CEO)}=40V。$$



1.  $R_2$ 短路； 钳位  $18-1.4=16.6$  (V)

2.  $R_2$ 断路； 过热0, -18, -17

3.  $D_1$ 短路； 轻微交越失真

4.  $D_1$ 断路； 管子烧坏

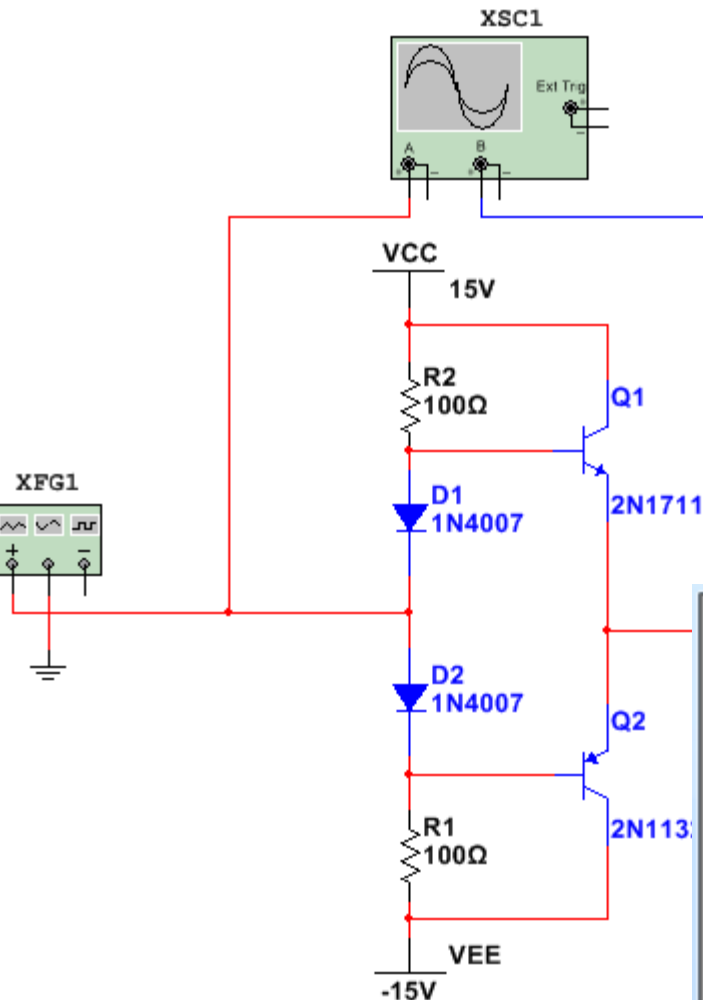
5.  $T_1$ 集电极开路。 正负半周不对称

故障分析的问题，答案具有多样性，需多方面思考！

功放的故障问题，特别需要考虑故障的产生是否影响功放管的安全工作！



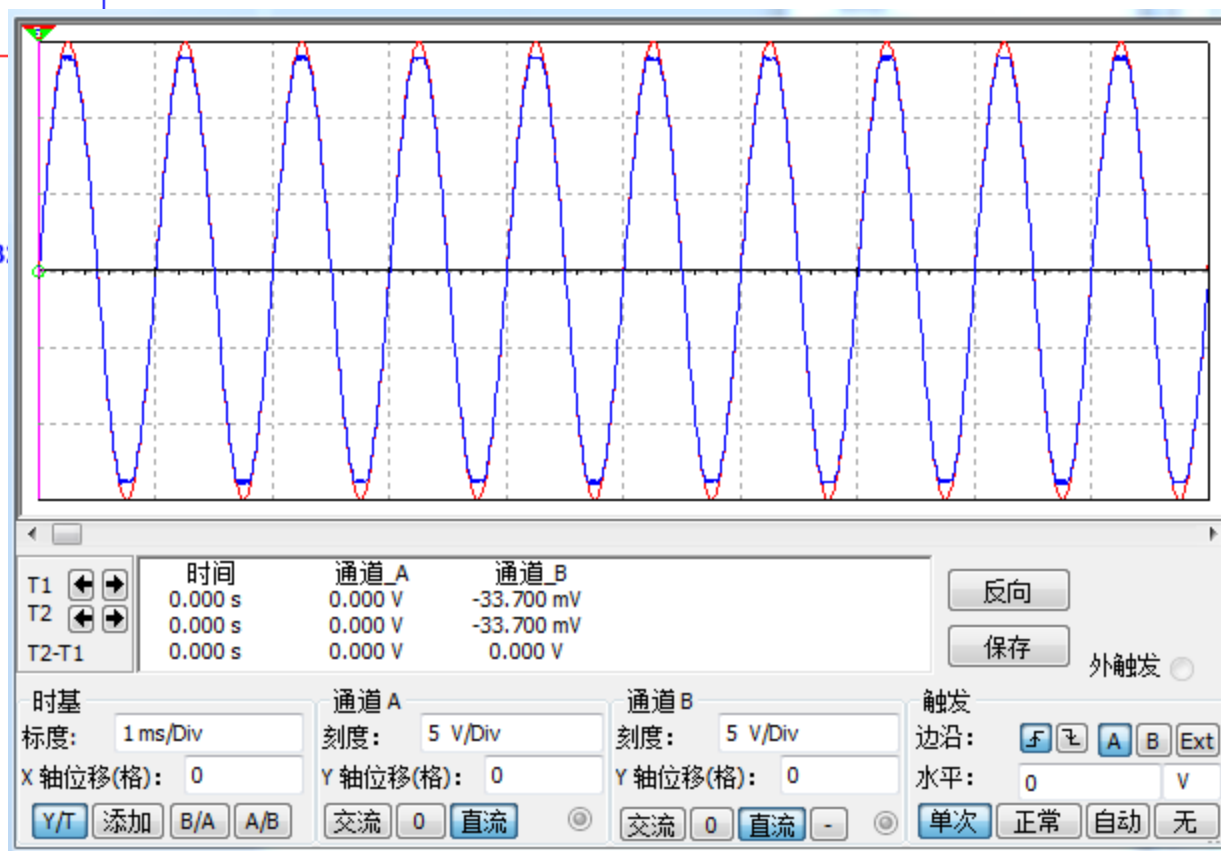
最大不失真输出电压幅度？



波形

信号选项

频率:	1	kHz
占空比:	50	%
振幅:	15	Vp
偏置:	0	V



波形



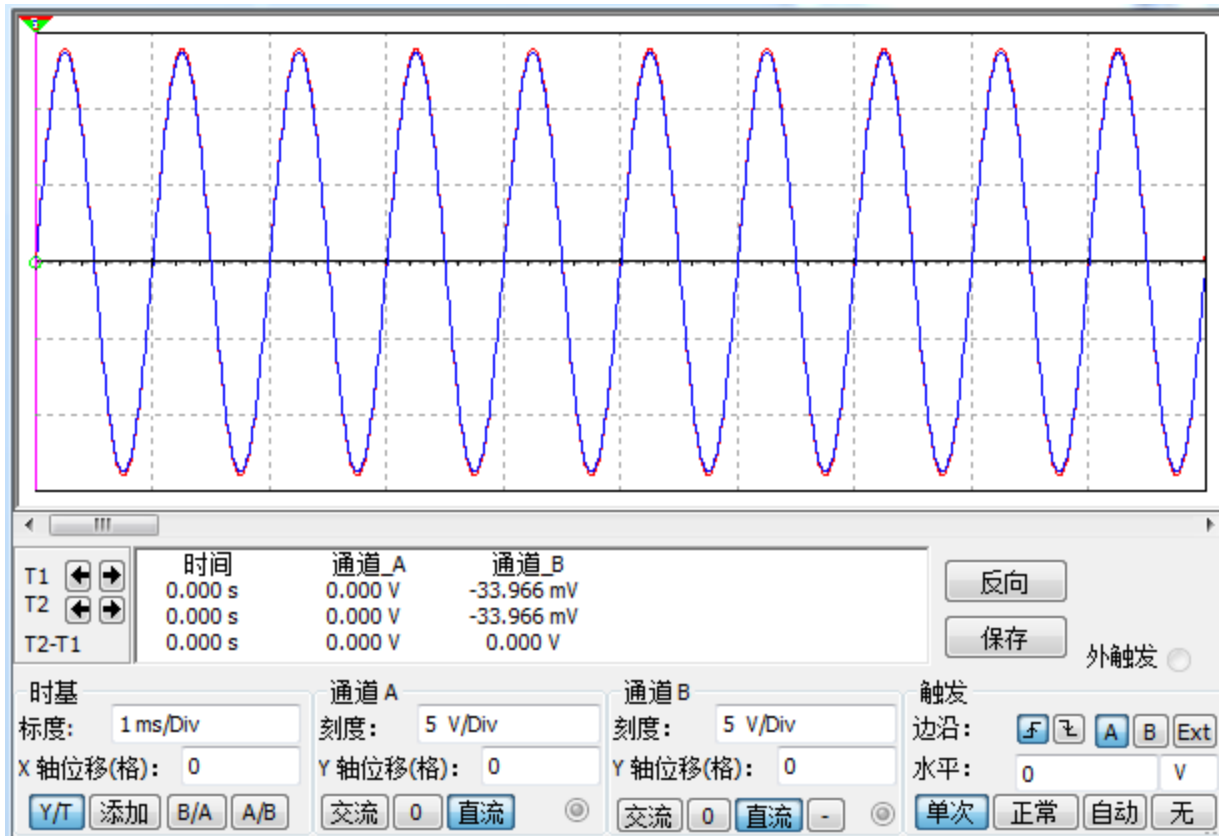
信号选项

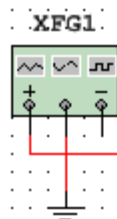
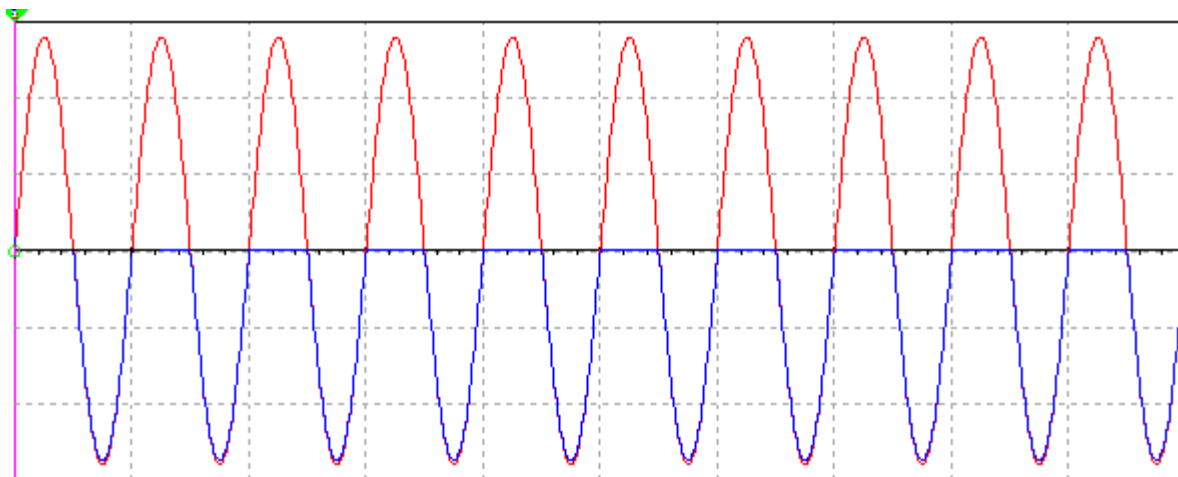
频率: 1 kHz

占空比: 50 %

振幅: 14 Vp

偏置: 0 V





函数发生器-XFG1

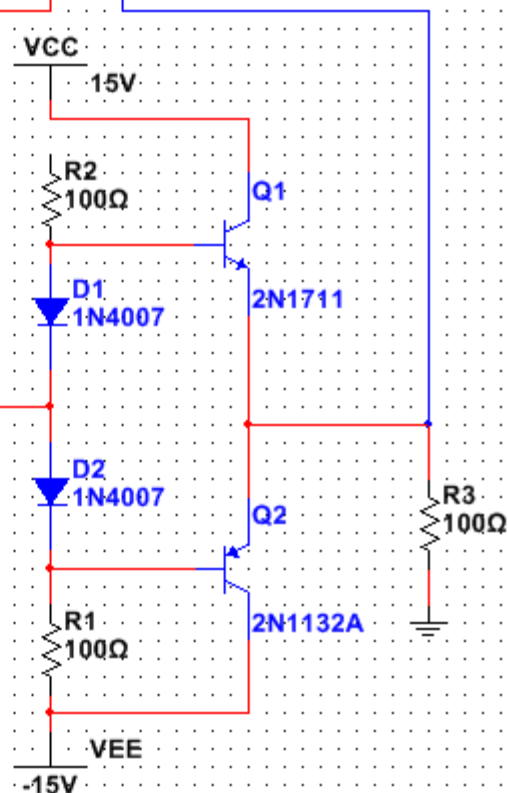
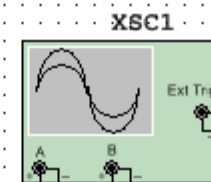
波形:   

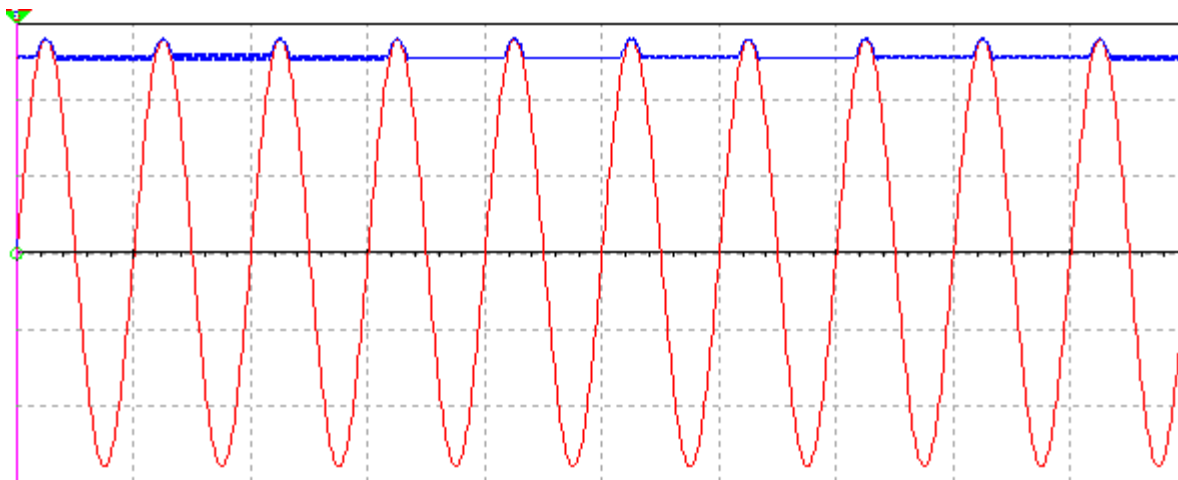
信号选项

频率:	1	kHz
占空比:	50	%
振幅:	14	Vp
偏置:	0	V

设置上升/下降时间

+ 普通 -





函数发生器-XFG1

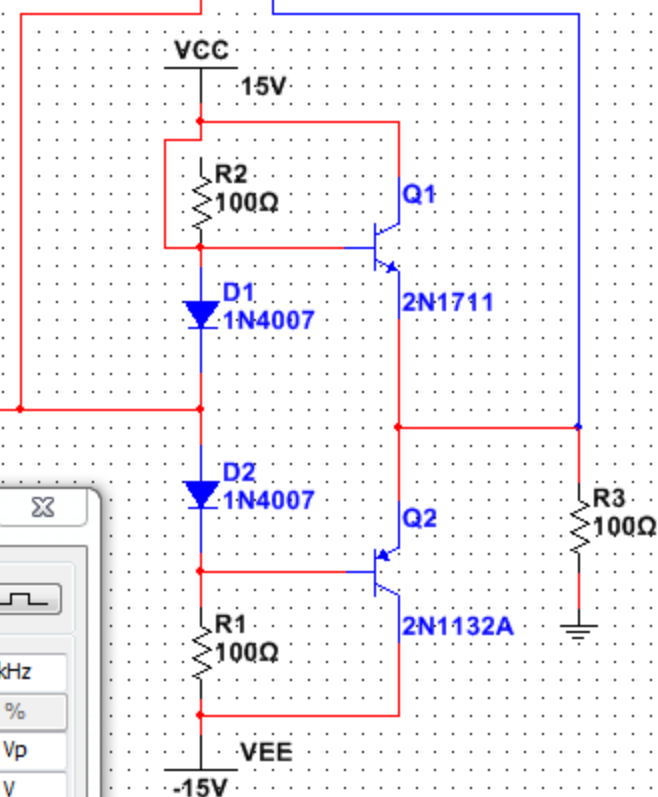
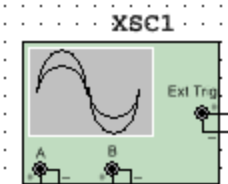
波形:   

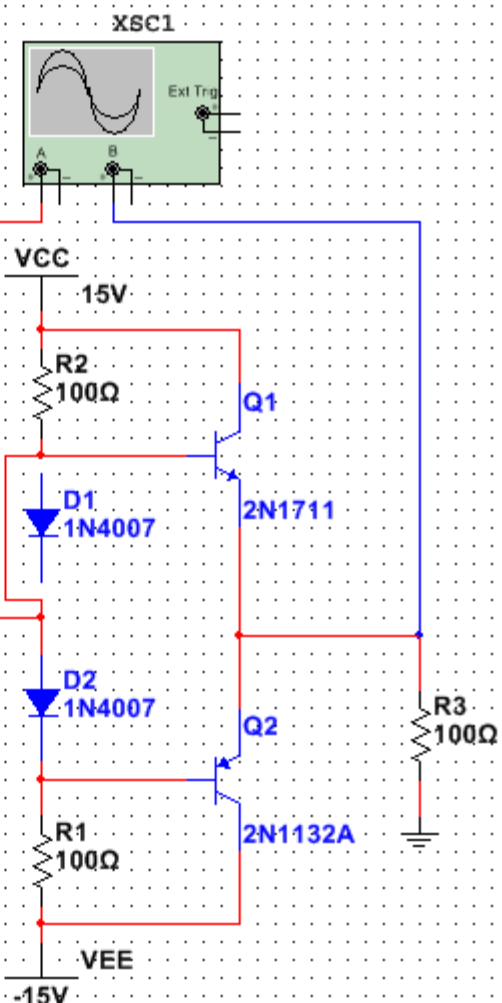
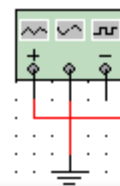
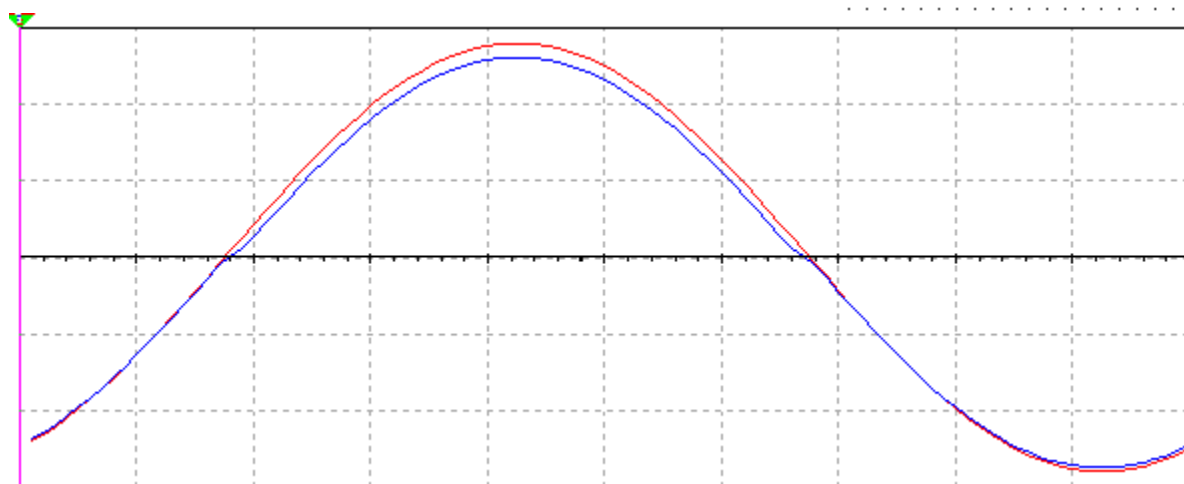
信号选项

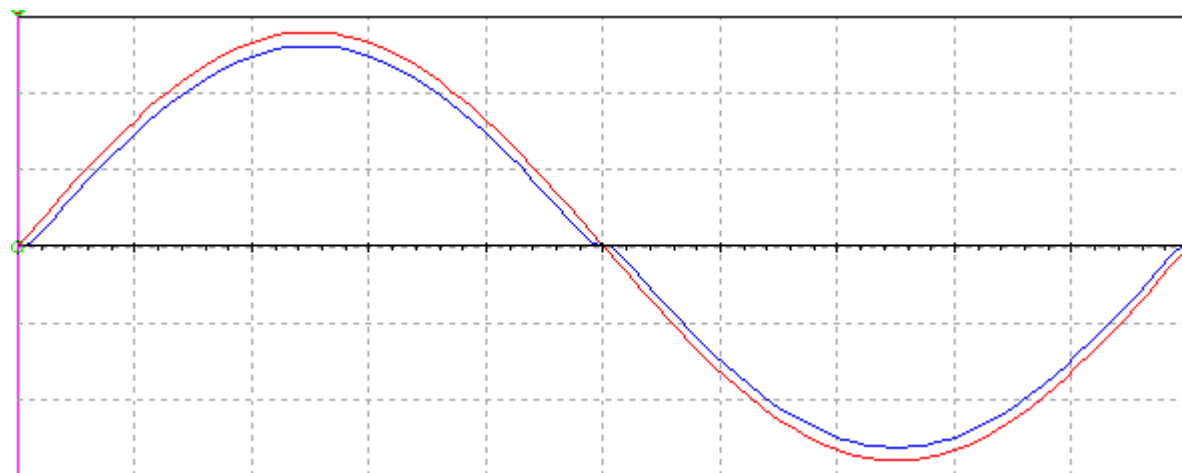
频率:	1	kHz
占空比:	50	%
振幅:	14	Vp
偏置:	0	V

设置上升/下降时间

普通







XFG1



函数发生器-XFG1

波形



信号选项

频率: 1 kHz

占空比: 50 %

振幅: 14 Vp

偏置: 0 V

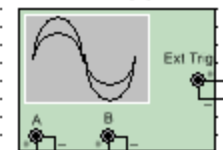
设置上升/下降时间

+

普通

-

XSC1



VCC

15V



R2  
100Ω



D1  
1N4007



D2  
1N4007



R1  
100Ω

VEE

-15V

Q1

2N1711

Q2

2N1132A

R3

100Ω

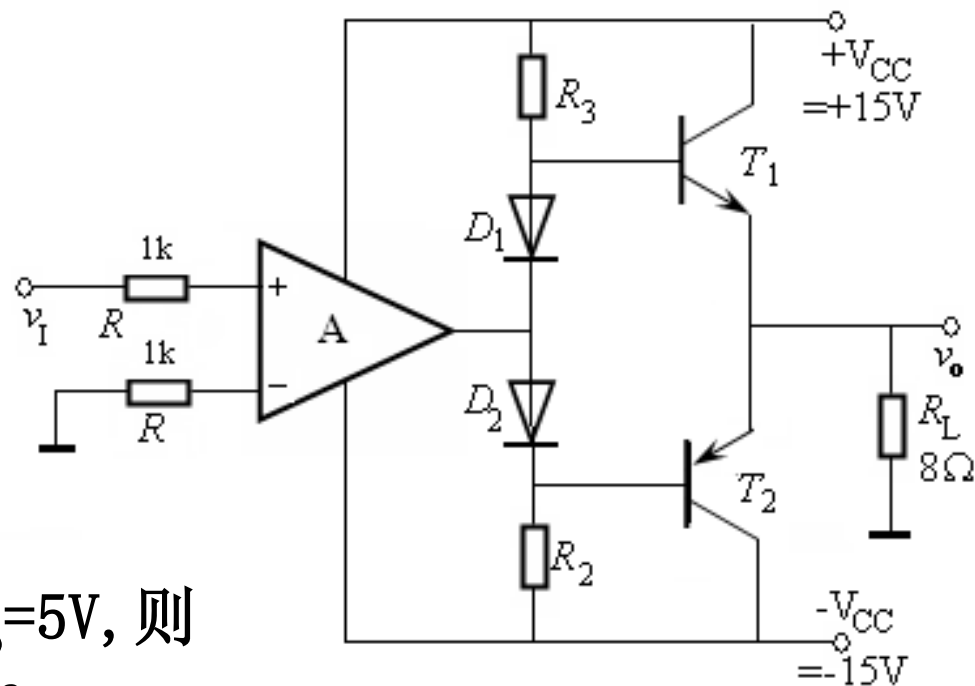
**【例1】** 已知功放电路如图所示， $T_1$ 和 $T_2$ 的饱和压降 $|V_{CES}|=1V$ ，电流放大系数 $\beta$ 为29，集成运放的最大输出电压幅度为 $\pm 10V$ ，最大输出电流为35mA，

(1) 为了提出高输入电阻，稳定输出电压幅度，应引入哪种组态的交流负反馈？并在图中画出。

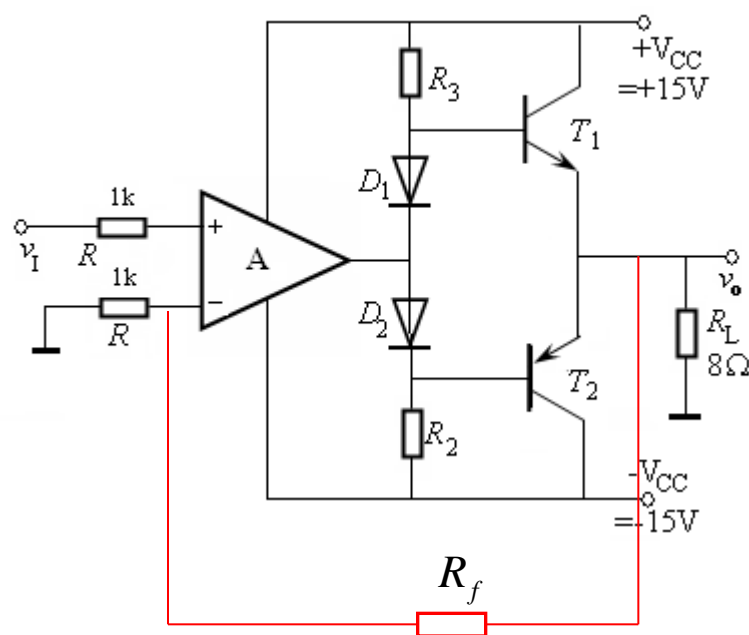
(2) 若输入信号 $v_i=0.1V$ ， $v_o=5V$ ，则反馈网络中的电阻应该多少？

(3) 若输入信号电压的幅度足够大，则电路的输出最大不失真功率有多少？

(4) 求最大不失真输出时，该功放电路的效率为多少？



**解：**（1）提高输入电阻应该是串联负反馈，而稳定输出电压应该是电压负反馈，所以连接成**电压串联负反馈**



（2）这是一个同相比例运算电路，  
所以有：

$$v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \times v_i$$

$$R_f = \left(\frac{v_o}{v_i} - 1\right) \times R = 49k\Omega$$



(3) 计算负载上能得到的最大输出功率，应该从电路给定的条件出发。因负载电阻固定，所以，应该从三个条件上分析：

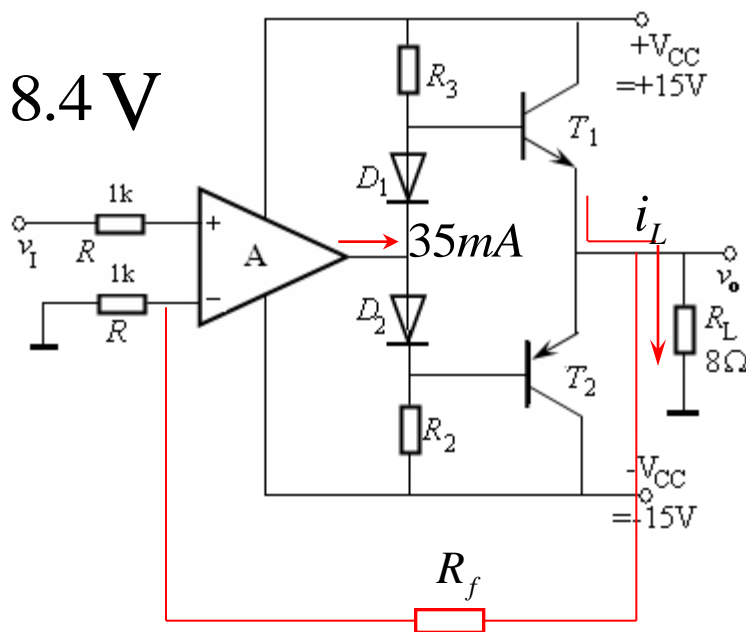
- 从饱和压降只有1V时，最大输出可以有14V；
- 从集成运放最大输出为 $\pm 10\text{V}$ 考虑，负载上只能得到约 $\pm 9.3\text{V}$ 电压。
- 从集成运放最大输出电流35mA考虑，负载上只能得到的电压为：

$$V_O = (i_L \times R_L) = (29 + 1) \times 0.035 \times 8 = 8.4 \text{ V}$$

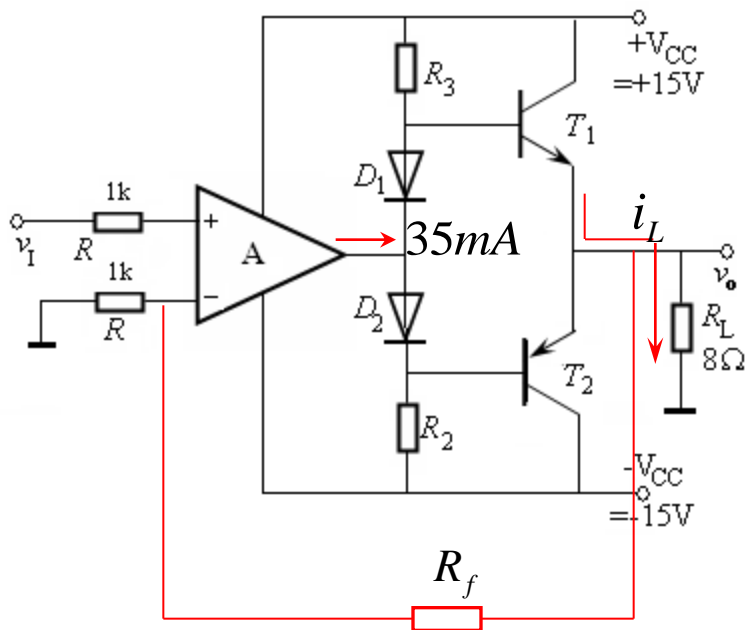
可见，最后输出只能服从电流，即输出最大电压为 $\pm 8.4\text{V}$ 。

所以，

$$p_o = \frac{V_O^2}{2R_L} = \frac{8.4 \times 8.4}{16} = 4.41 \text{ W}$$



(4) 求转换效率 $\eta$  应求出流过电源电流,



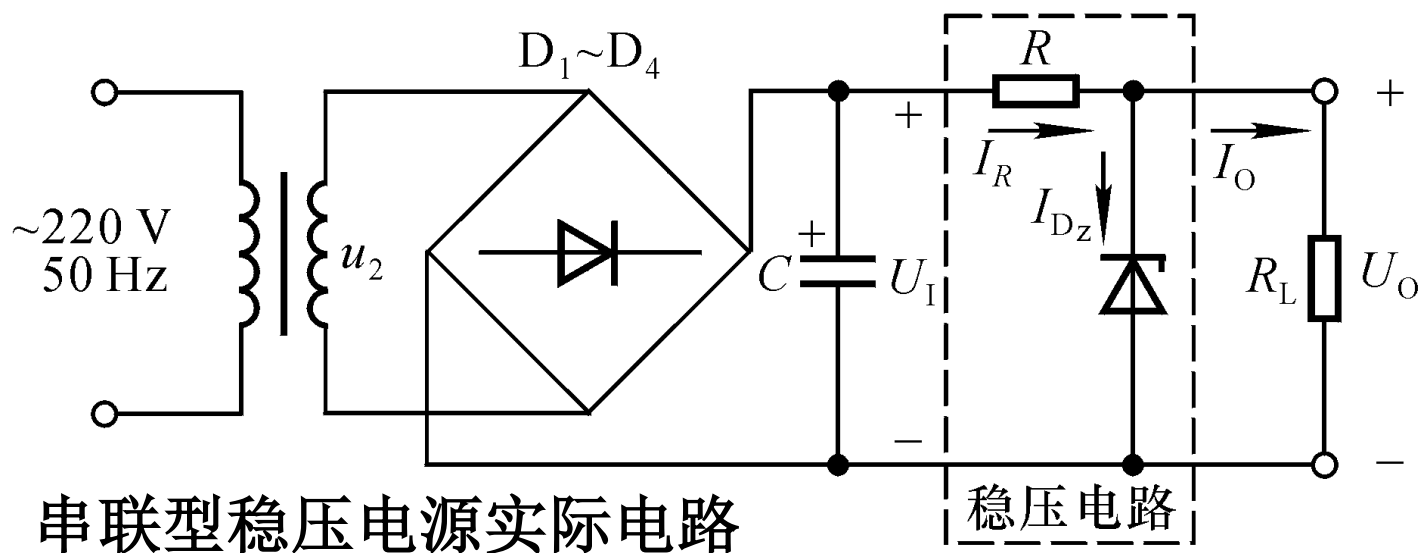
$$p_V = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi 2 \times V_{CC} \times \frac{V_{Om}}{R_L} \sin \omega t dt$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times 2 \times V_{CC} \times \frac{8.4}{8} \times 2 \approx 10W$$

??

双电源的功率  $2V_{cc} \frac{V_{om}}{\pi R_L}$

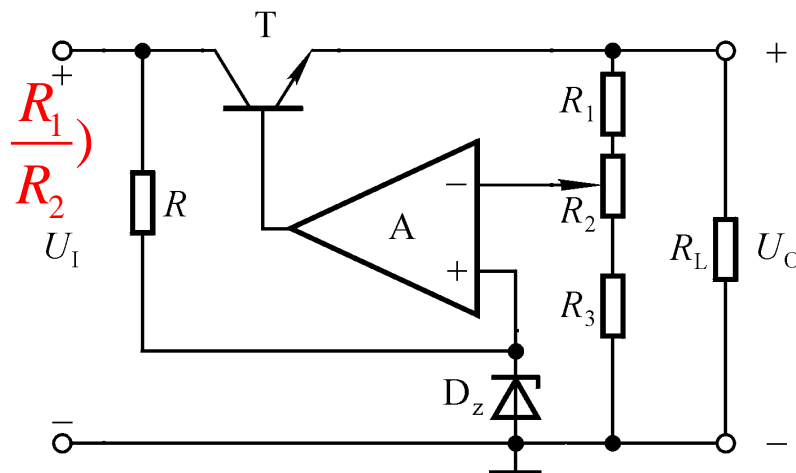
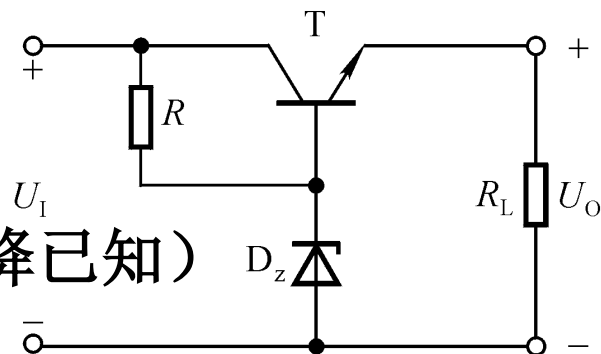
$$\eta = \frac{P_O}{P_V} = \frac{4.41}{10} = 44.1\%$$



1. 稳压电路输出电压  $V_O = ?$

2. 整流电路输出电压  $V_C = ?$  (设调整管压降已知)

3. 变压器输出电压  $V_2 = ?$



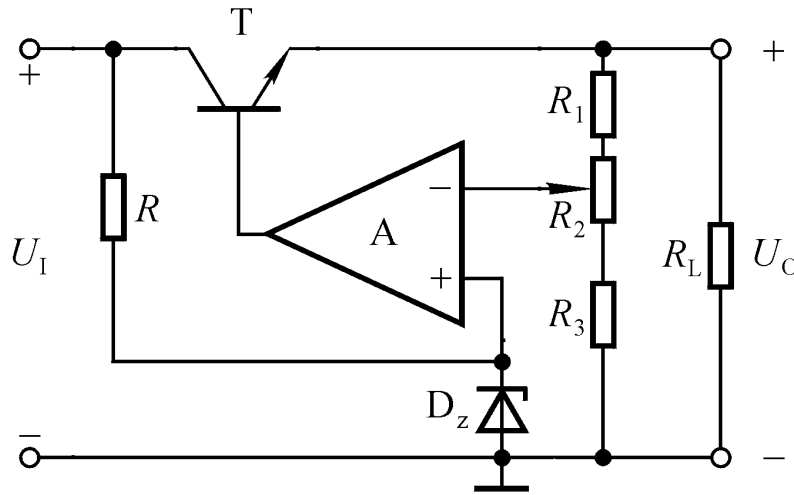
在深度负反馈条件下  $V_O \approx \frac{V_{REF}}{F_v} = V_{REF} (1 + \frac{R_1}{R_2})$

在输入电压最低且输出电压最高时，管压降最小

## 讨论3\_2——AC/DC

$$0.9U_2 > U_{Omax} + U_{CES}$$

### 讨论一：对于基本串联型稳压电源的讨论

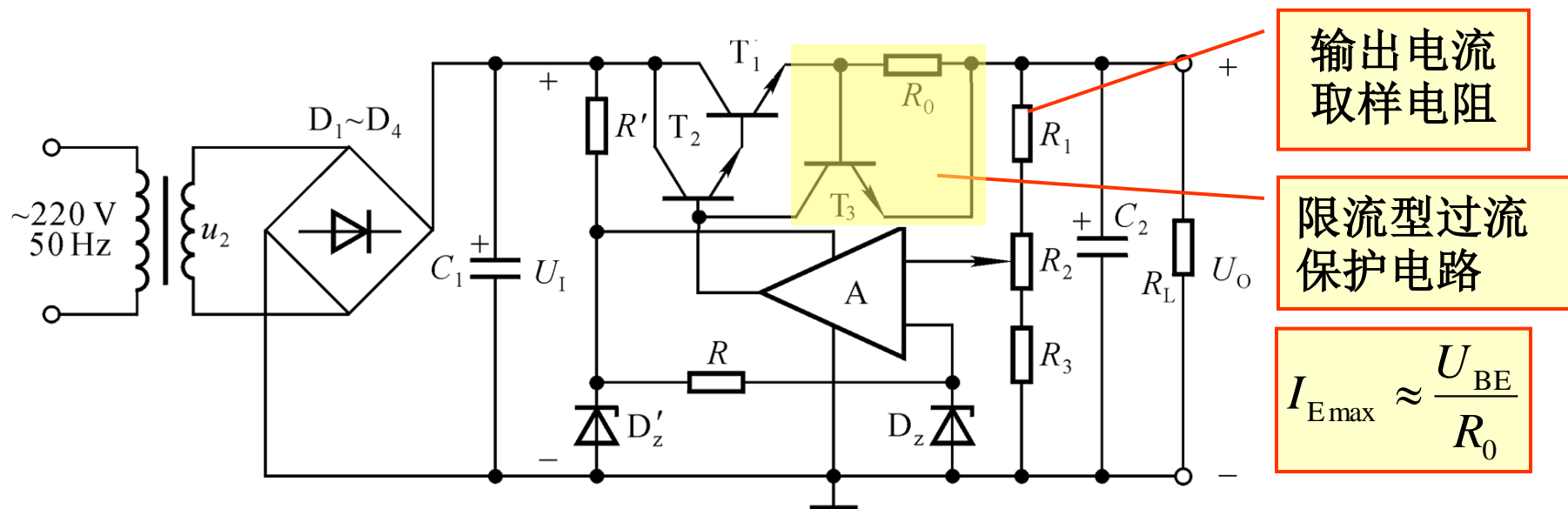


1. 若 $U_O$ 为10V~20V,  $R_1 = R_3 = 1k\Omega$ , 则 $R_2$ 和 $U_Z$ 各为多少?
2. 若电网电压波动 $\pm 10\%$ ,  $U_O$ 为10V~20V,  $U_{CES} = 3V$ ,  $U_I$ 至少选取多少伏?

3. 若电网电压波动 $\pm 10\%$ ,  $U_I$ 为28V,  $U_O$ 为10V~20V; 晶体管的电流放大系数为50,  $P_{CM} = 5W$ ,  $I_{CM} = 1A$ ; 集成运放最大输出电流为10mA, 则最大负载电流约为多少?

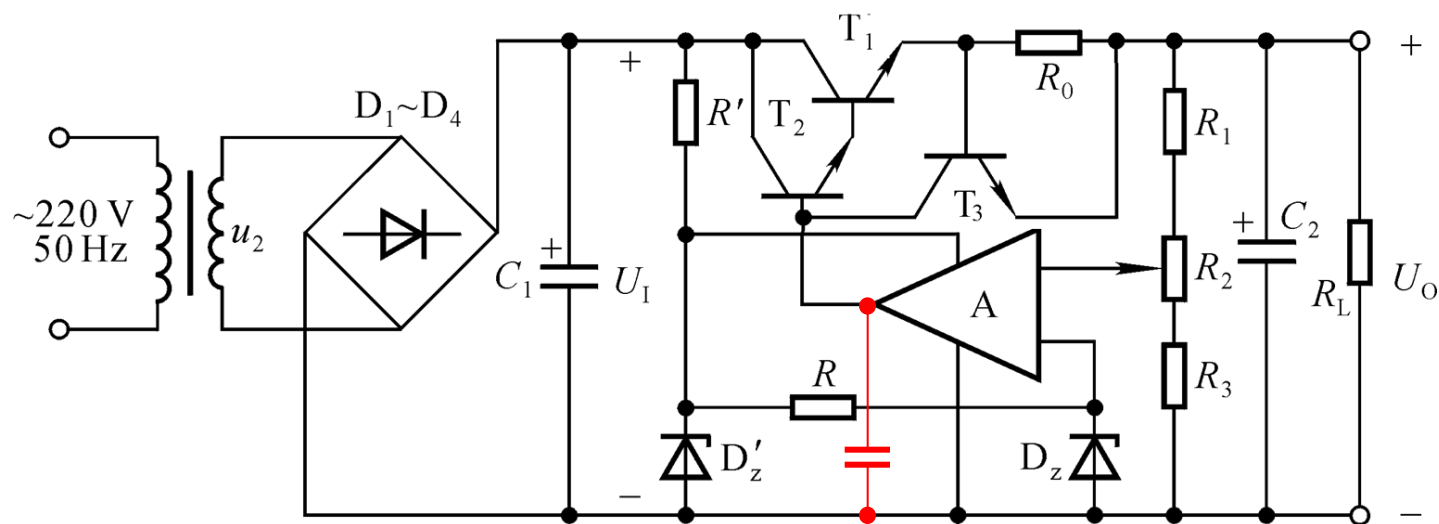
应取几个极限值求出的负载电流最大值中最小的那个作为电源的性能指标——最大负载电流

## 讨论二：关于实用串联型稳压电源的讨论



1. 标出集成运放的同相输入端和反相输入端；
2. 电路由哪些部分组成？
3.  $U_I=21V$ ,  $R_1=R_2=R_3=300\Omega$ ,  $U_Z=6V$ ,  $U_{CES}=3V$ ,  $U_O=?$
4. 如何选取 $R'$ 和 $R$ ？

### 讨论三：关于实用串联型稳压电源的讨论



其电流应大于调整管的穿透电流

电路可能产生了自激振荡

5. 取样电阻的取值应大些还是小些，为什么？它们有上限值吗？
6. 若电路输出纹波电压很大，则其原因最大的可能性是什么？
7. 根据图中过流保护电路的原理组成一种限流型过流保护电路。