

苏州大学 模拟电路 课程试卷 (B) 卷 共 8 页

考试形式 闭 卷 2017 年 1 月

院系 电子信息学院 年级 专业

学号 姓名 成绩

总 分	题 号	一	二	三	四	五	六	七
	题 分	20	80					
合分人	得 分							

得分

一、课程教学目标 1 (共 20 分)

对教学目标 1 的掌握情况进行命题, 可以多种形式考题应能反映学生的能力掌握情况

本试卷设计一个声控电路, 包括发射电路和接收电路两部分。发射电路如图 1 所示, 采用电池 $+V_B$ 供电, 振荡器产生特定频率 f_a 的正弦波, 经过射极跟随器, 送到功率放大器, 驱动喇叭发出特定频率的声音。接收电路如图 2 所示, 由驻极体话筒 MIC 接收声音。话筒工作时需要直流偏置, R_7 、 R_8 用于抵消话筒的直流偏置电压。声音信号经过差分放大电路和运放构成的仪表放大器电路进行放大, 经过滤波器滤除干扰和噪声, 取出频率为 f_a 的正弦波, 送到比较器中与预设的门限电压做比较, 当 V_H 超过一定限值时比较器输出方波, 经过平均值电路取出平均直流分量 V_M 。当 V_H 较小时, 比较器输出为 0, V_M 也为 0。 V_M 可作为开关信号用于后续电路控制电气设备。不同遥控指令对应不同的发射端频率 f_a , 配合接收端不同频率的滤波器, 即可执行不同的控制操作。

(本试卷中各试题可能存在依赖关系, 若某题有一参数未能求出或计算错误, 在其他题目中出现该参数时可用符号代替, 不再重复扣分。)

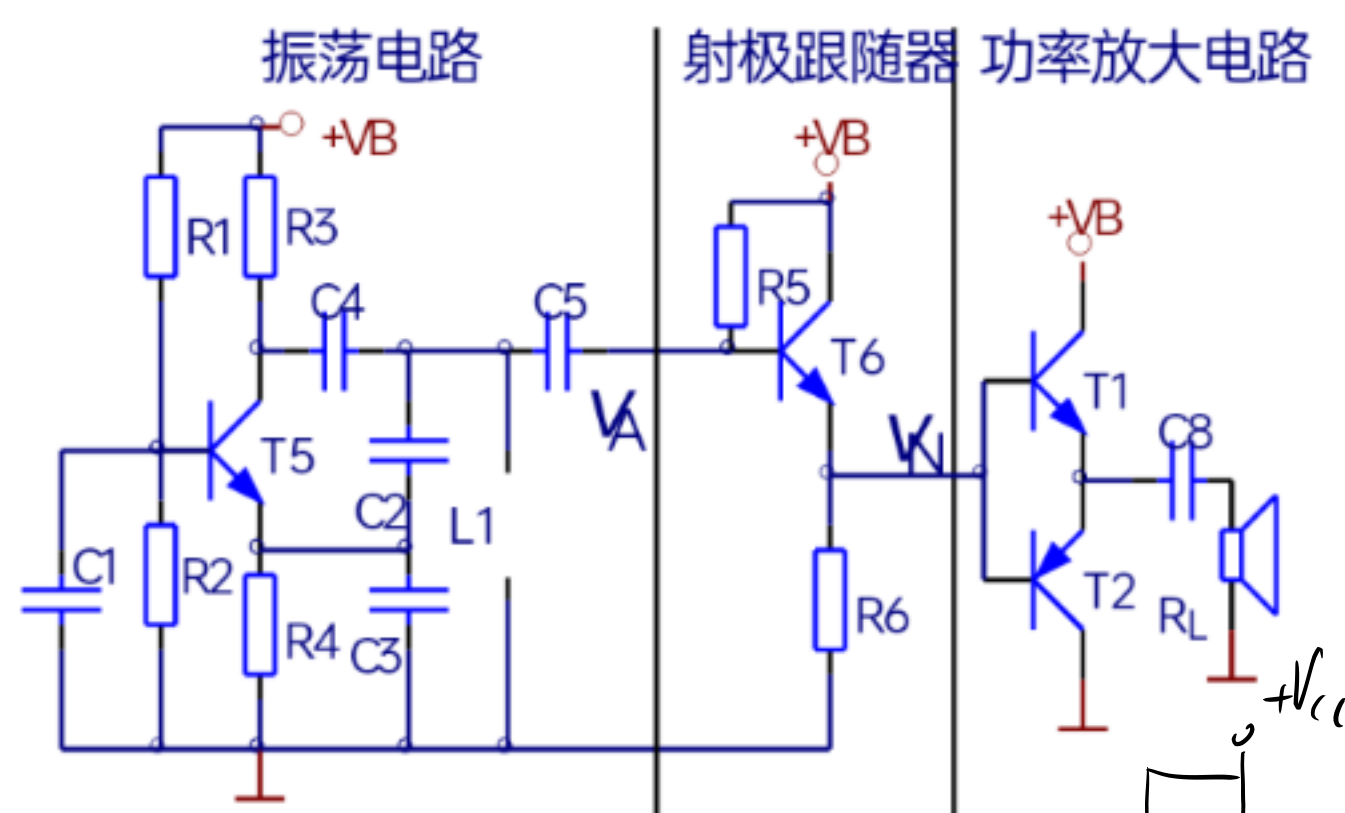
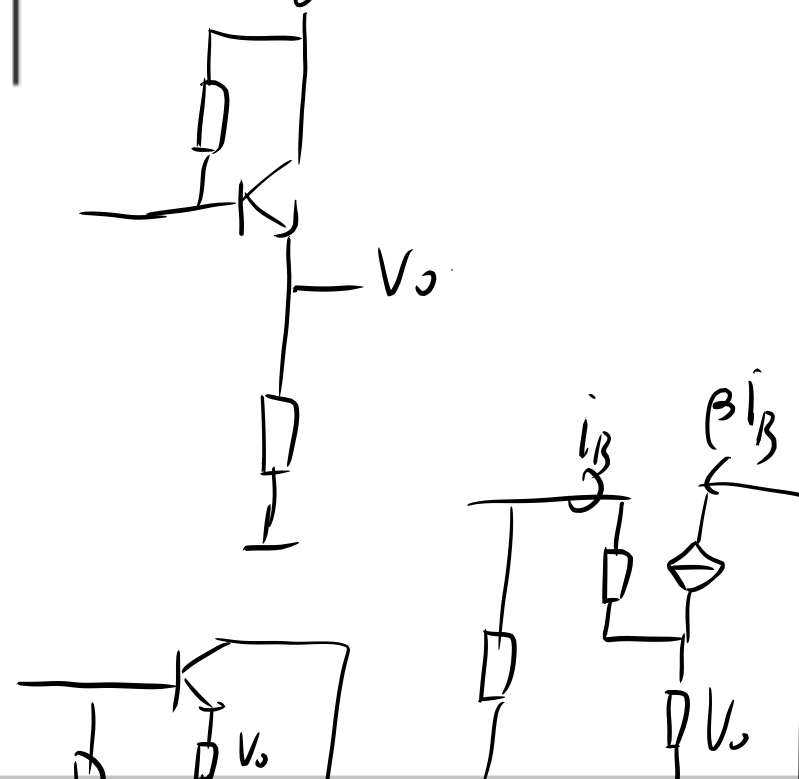


图 1 声控发射电路



$$A_v = - \frac{(H\beta) i_B R_6}{i_B r_{be} + (H\beta) i_B R_6}$$

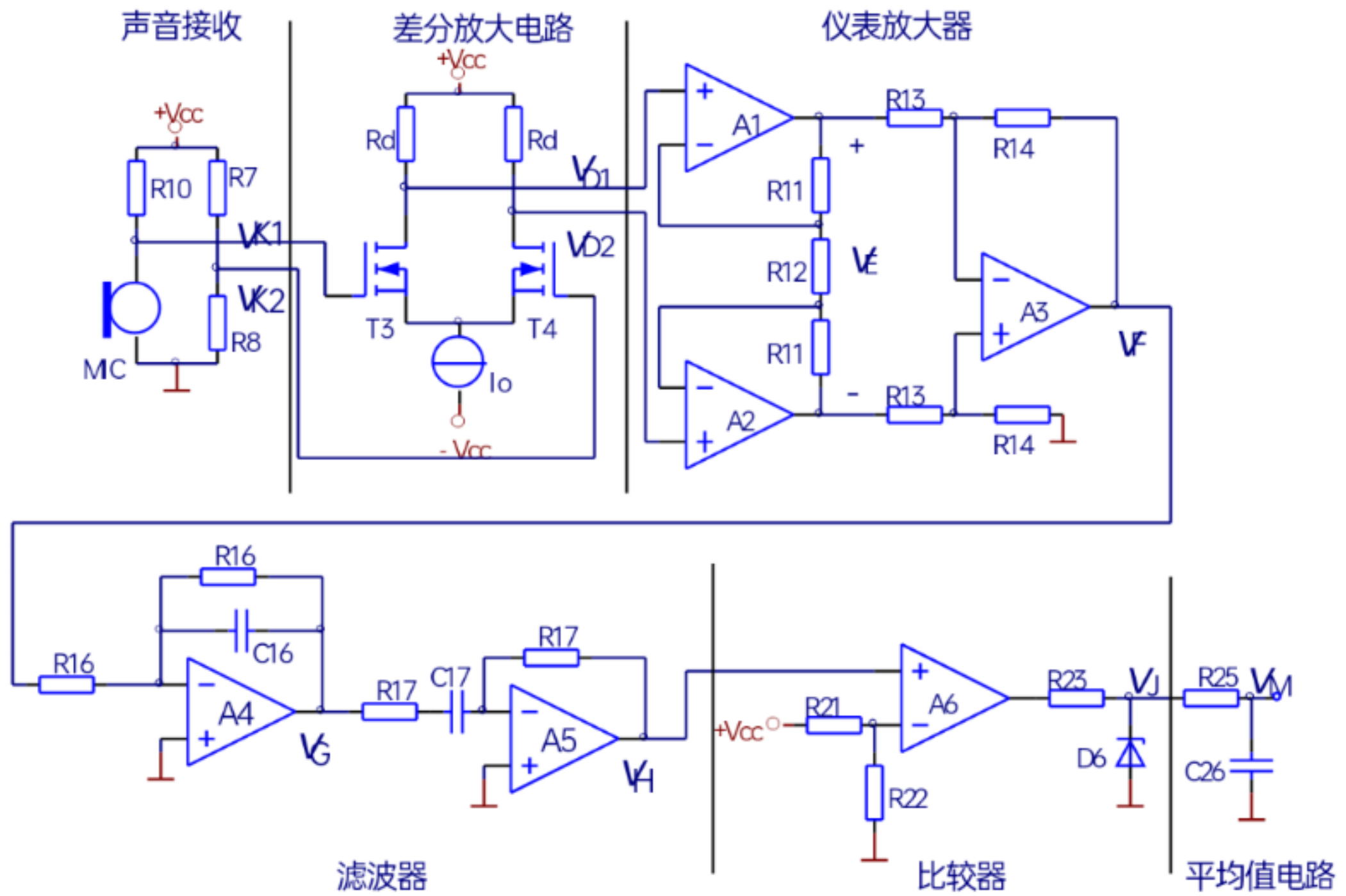


图 2 声控接收电路

1. (10 分)

- (1) T5 构成什么类型的正弦波振荡器?
- (2) T6 构成的射极跟随器电路, 其电压增益、输入电阻和输出电阻有什么特点?
- (3) T1、T2 构成什么类型的功率放大电路? 该电路存在什么失真? 采用什么电路可以消除此类失真?

- 1) 电容三点式 LC
- 2) 电压增益接近于 1, 输入电阻大, 输出电阻小.
- 3) 乙类单电源互补对称功放
交越失真, 甲乙类电路

2. (10 分) 图 1 中, 运放 A1、A2、A3 也可采用集成的仪表放大器芯片 INA128, 数据手册上的某特性曲线如图 2 所示, 部分参数表如表 1 所示, G 表示增益, INA128 增益可调。

表 1 INA128 参数表

				UNIT
				μV
				$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
				$\mu\text{V}/\text{V}$
				$\mu\text{V}/\text{m}\Omega$
				$\Omega \parallel \text{pF}$
				$\Omega \parallel \text{pF}$
				V
				V
				V
				dB
				dB
				dB
				dB
				nA
				$\text{pA}/^{\circ}\text{C}$
				nA
				$\text{pA}/^{\circ}\text{C}$
PARAMETER	CONDITIONS	INA128P, U INA129P, U		
		MIN	TYP	MAX
INPUT				
Offset Voltage, RTI				
Initial	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$		$\pm 10 \pm 100/\text{G}$	$\pm 50 \pm 500/\text{G}$
vs Temperature	$T_A = T_{\text{MIN}} \text{ to } T_{\text{MAX}}$		$\pm 0.2 \pm 2/\text{G}$	$\pm 0.5 \pm 20/\text{G}$
vs Power Supply	$V_S = \pm 2.25\text{V to } \pm 18\text{V}$		$\pm 0.2 \pm 20/\text{G}$	$\pm 1 \pm 100/\text{G}$
Long-Term Stability			$\pm 0.1 \pm 3/\text{G}$	
Impedance, Differential			$10^{10} \parallel 2$	
Common-Mode			$10^{11} \parallel 9$	
Common-Mode Voltage Range ⁽¹⁾	$V_O = 0\text{V}$	$(V^+) - 2$ $(V^-) + 2$	$(V^+) - 1.4$ $(V^-) + 1.7$	
Safe Input Voltage				± 40
Common-Mode Rejection	$V_{\text{CM}} = \pm 13\text{V}, \Delta R_S = 1\text{k}\Omega$			
	$G = 1$	80	86	
	$G = 10$	100	106	
	$G = 100$	120	125	
	$G = 1000$	120	130	
BIAS CURRENT			± 2	± 5
vs Temperature			± 30	
Offset Current			± 1	± 5
vs Temperature			± 30	

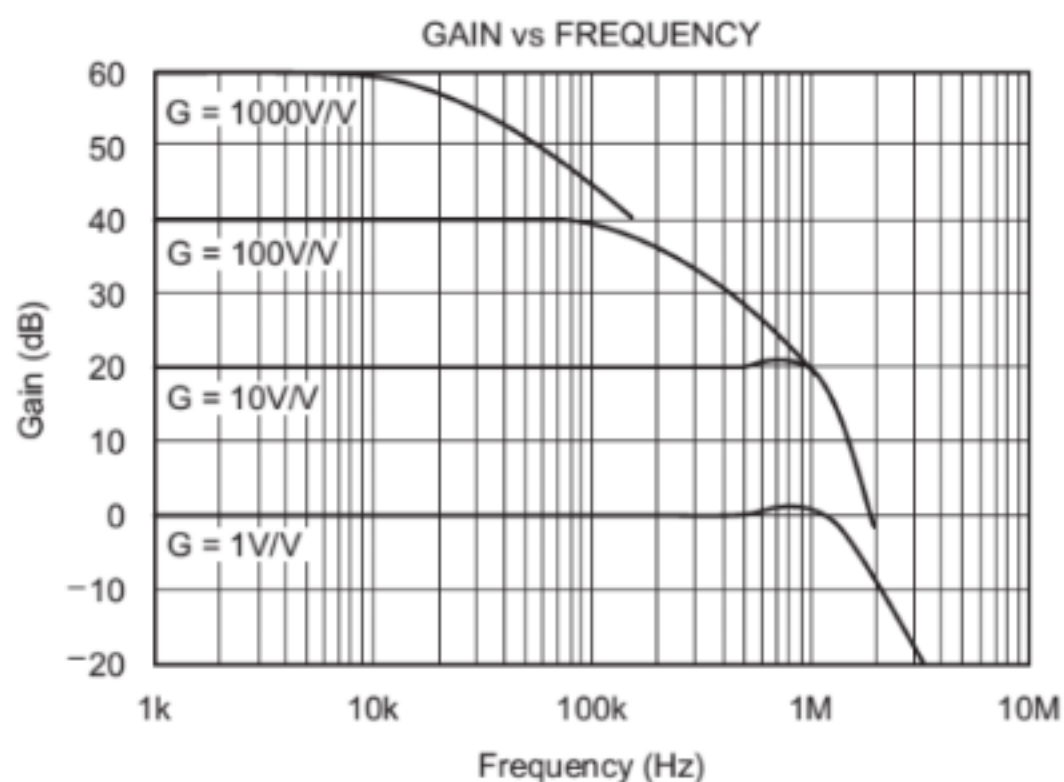


图 2 增益特性

- (1) 根据图 2 可以得到什么结论？由图可知输入信号频率 1MHz 时，INA128 的增益约多少倍？
- (2) 表 1 中 Common-Mode Rejection 代表什么指标？该指标与什么因素有关？
- (3) 除 Common-Mode Rejection 外，另选 3 个参数，根据课程所学知识，说明其中文名称。

(1) 随着频率的增大，增益下降 10 倍

(2) 共模抑制比 温度 增益

(3) 输入失调电压，输入失调电流，安全输入电压

输入偏置电流

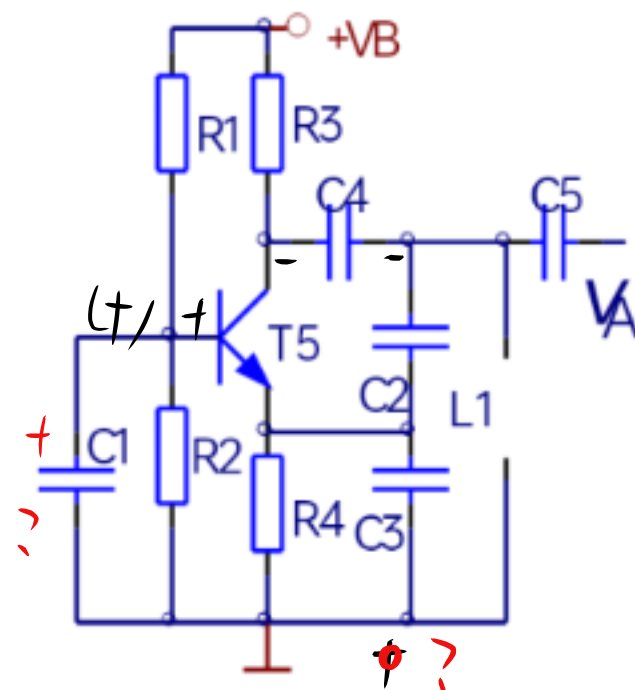
Input Bias Current

得分 二、课程教学目标 2 (共 80 分)

对教学目标 2 的掌握情况进行命题, 可以多种形式考题应能反映学生的能力掌握情况

3. (10 分) 对于图 1 中正弦波振荡电路, 电容 C_1 、 C_4 、 C_5 容量较大, 交流时可视为短路。

- (1) 使用相位平衡条件判断能否产生正弦波振荡。
- (2) 写出该电路的振荡频率公式。若要求输出频率 $f_0 = 10\text{kHz}$, 取 $C_2 = C_3 = 0.12\mu\text{F}$, 求 L_1 。



$$1) \varphi_a + \varphi_f = 0$$

∴ 可以产生正弦波振荡

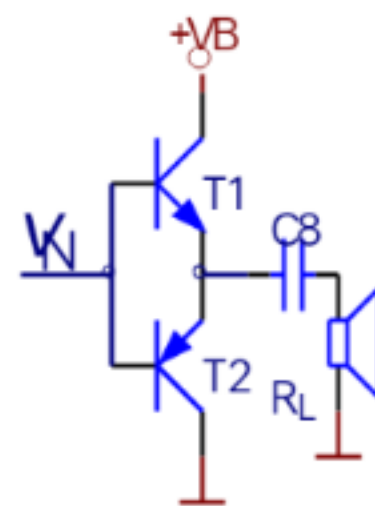
$$2) f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad L_1 = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C} = 4.2 \times 10^{-3}$$

$$C = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = 0.06 \mu\text{F}$$

$$L_1 = 1\text{mH}$$

4. (10 分) 对于图 1 中功率放大电路, 电源电压 $+V_B = 6\text{V}$, 喇叭阻抗 $R_L = 4\Omega$ 。设功率管 T_1 和 T_2 的饱和压降 $V_{CES} = 1\text{V}$, 忽略三极管发射结导通电压 V_{BE} , 输入电压 v_N 含有 $+V_B/2$ 的直流偏置电压。

- (1) 求此功放电路的最大电压输出幅度 V_{om} 和最大输出功率 P_{om} 。
- (2) 在最大输出功率时, 计算此时的效率 η 、直流电源提供的功率 P_V 、



两个功率管的总管耗 P_T 。

- (3) 选择功率管型号时, 其集电极最大电流 I_{CM} 、集电极最大耗散功率 P_{CM} 、反向击穿电压 $V_{(BR)CEO}$ 应满足什么条件?

$$1) V_{om} = \frac{V_B}{2} - V_{CES} = 2\text{V}$$

$$P_{om} = \frac{V_{om}^2}{2R_L} = 0.5\text{W}$$

$$2) P_V = \frac{V_{CC} \cdot V_{om}}{\pi R_L} = 0.95\text{W}$$

$$\eta = \frac{P_{om}}{P_V} = 52.6\%$$

$$P_T = P_V - P_{om} = 0.45\text{W}$$

$$3) I_{cm} > \frac{V_{om}}{R_L} = 0.5\text{A} \quad 0.75\text{A}$$

$$P_{cm} > \frac{\left(\frac{V_{CC}}{2}\right)^2}{\pi^2 R_L} = 0.23\text{W}$$

$$V_{(BR)CEO} > V_{CC} - V_{CES} = 5\text{V}$$

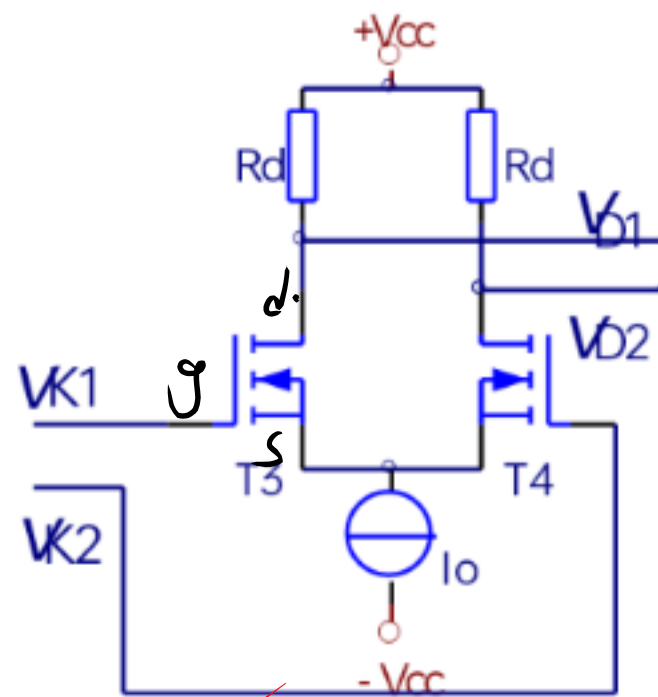
5. (10 分) 对于图 2 中的差分放大电路, 两个场效应管低频跨导 $g_m = 1.41 \text{ mS}$, $I_{D0} = 4 \text{ mA}$, 开启电压 $V_T = 2 \text{ V}$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, $R_d = 10 \text{ k}\Omega$, 电流源 $I_o = 1 \text{ mA}$,

(1) 求静态时 ($V_{K1} = V_{K2} = 0$), 场效应管 T_3 的漏极电流

I_{DQ} 、漏极对地电位 V_{DQ} 。

(2) 求差模电压增益 A_{vd} 、差模输入电阻 R_{id} 、输出电阻 R_o 。

(3) 共模电压增益 A_{vc} 是多少?



解: (1) 设 $V_{GS} = 0$ 在静态时

$$V_{GS} = 0 - (V_{CC} - I_{DQ} R_d - V_{DSQ}) = V_{DSQ} + I_{DQ} R_d - V_{CC}$$

$$I_{DQ} = I_{D0} \left(\frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2 \quad (2) \quad A_{vd} = - \frac{g_m V_{GS} R_d}{V_{GS}} = -g_m R_d = -14.1$$

$$I_{DQ} = \frac{1}{2} I_o$$

$$I_{DQ} = 0.5 \text{ mA}$$

$$V_{GSQ} = 2.7 \text{ V}$$

$$V_{DSQ} = 9.7 \text{ V}$$

$$V_{DQ} = V_{DSQ} - V_{GSQ} = 7 \text{ V}$$

$$R_{id} = 2R_{i1} = \infty$$

$$R_o = 2R_d = 20 \text{ k}\Omega$$

$$(3) \quad A_{vc} = 0$$

6. (10 分) 对于图 2 中的仪表放大器, 输入

V_{D1} 、

V_{D2} 已知,

(1) 求 A_1 、 A_2 输出电压 V_E 的表达式。

(2) 求整个电路电压增益 $A_v = \frac{V_F}{V_{D1} - V_{D2}}$ 的表

达式。

解: (1) $I = \frac{V_{D1} - V_{D2}}{R_{12}}$

$$V_E = I(2R_{11} + R_{12}) = (V_{D1} - V_{D2}) \left(1 + 2 \frac{R_{11}}{R_{12}} \right)$$

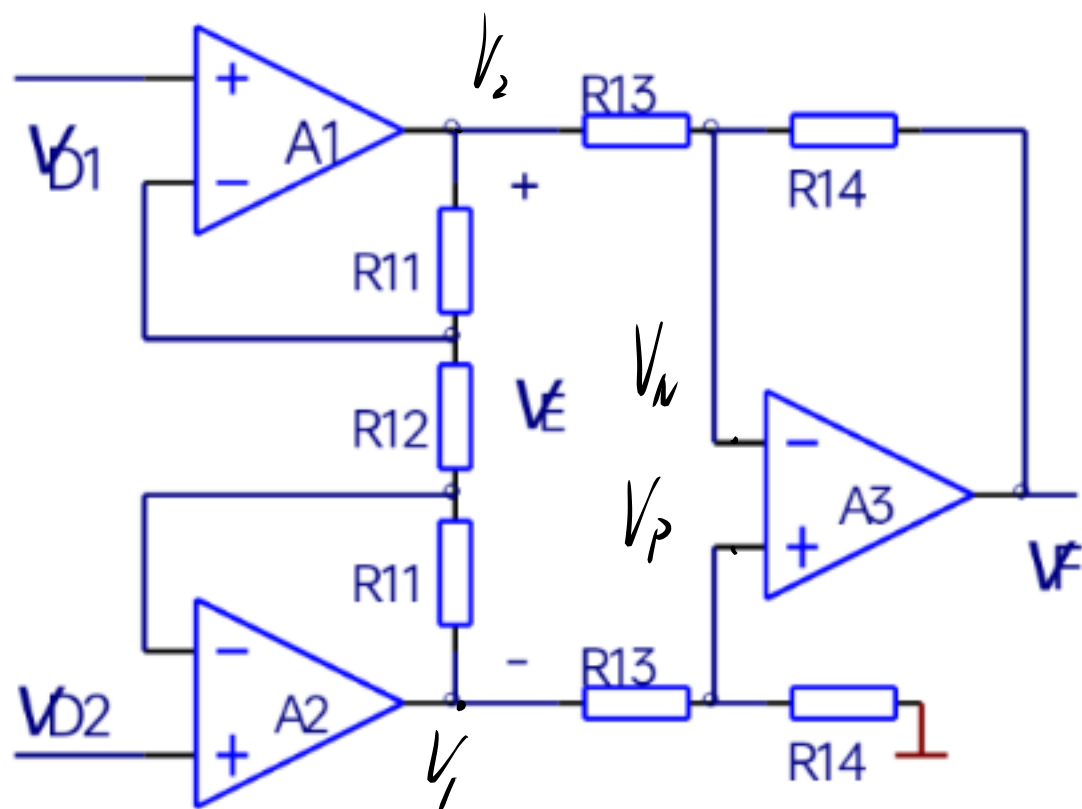
$$(2) \quad V_1 = \left(1 + \frac{R_{13}}{R_{14}} \right) V_P$$

$$V_2 = V_1 + V_E$$

$$V_N = V_2 + \frac{(V_F - V_2) R_{13}}{R_{13} + R_{14}} = \frac{R_{13}}{R_{13} + R_{14}} V_F + \frac{R_{14}}{R_{13} + R_{14}} V_2 = V_P = V_1 \frac{R_{14}}{R_{13} + R_{14}}$$

$$R_{13} V_F = R_{14} (V_1 - V_2) = -R_{14} V_E = - \left(1 + 2 \frac{R_{11}}{R_{12}} \right) (V_{D1} - V_{D2}) R_{14}$$

$$A_v = \frac{V_F}{V_{D1} - V_{D2}} = - \left(1 + 2 \frac{R_{11}}{R_{12}} \right) \frac{R_{14}}{R_{13}}$$



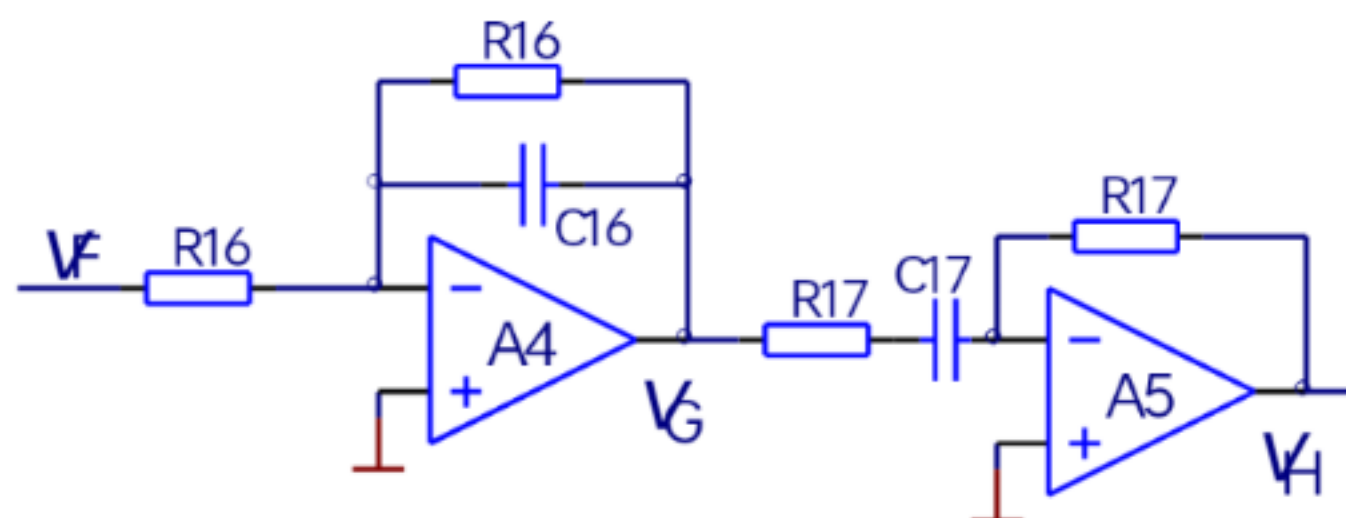
7. (10 分) 对于图 2 中的滤波器电路，由两级滤波器 A4 和 A5 串联相接而成，

(1) 对于滤波器 A4，求传递函数 $A_v(j\omega) = \frac{V_G(j\omega)}{V_F(j\omega)}$

(2) 对于滤波器 A4，根据传递函数，判断是什么类型的滤波电路（高通/低通/带通/带阻），

以及滤波器的阶数。

(3) 按照图 2 的设计需求，两级滤波器 A4 和 A5 串联后是什么类型的滤波电路？根据前面各小题的信息，滤波器的截止频率（若为高通/低通）或中心频率（若为带通/带阻）应该设计为多少？



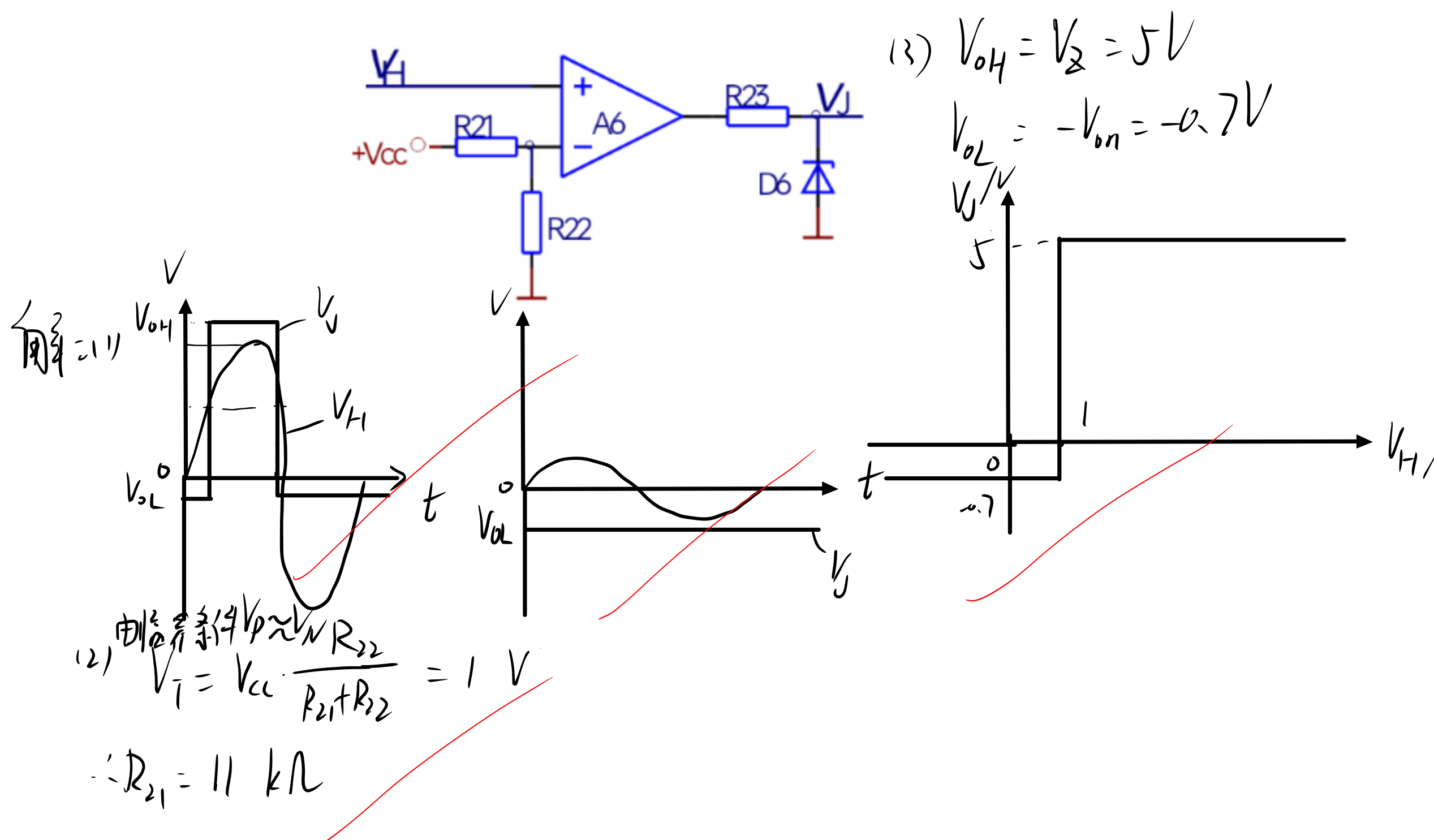
解：(1) $V_G = \frac{V_F}{R_{16}} (R_{16} \parallel \frac{1}{j\omega C_{16}})$
 $\therefore A_v(j\omega) = \frac{R_{16} \parallel \frac{1}{j\omega C_{16}}}{R_{16}} = \frac{\frac{R_{16}}{j\omega C_{16}}}{R_{16} + \frac{1}{j\omega C_{16}}} = \frac{\frac{1}{j\omega C_{16}}}{R_{16} + \frac{1}{j\omega C_{16}}} = \frac{1}{1 + j\omega R_{16} C_{16}}$

(2) 一阶，低通

(3) 带通滤波电路
 $f_0 = 10 \text{ kHz}$

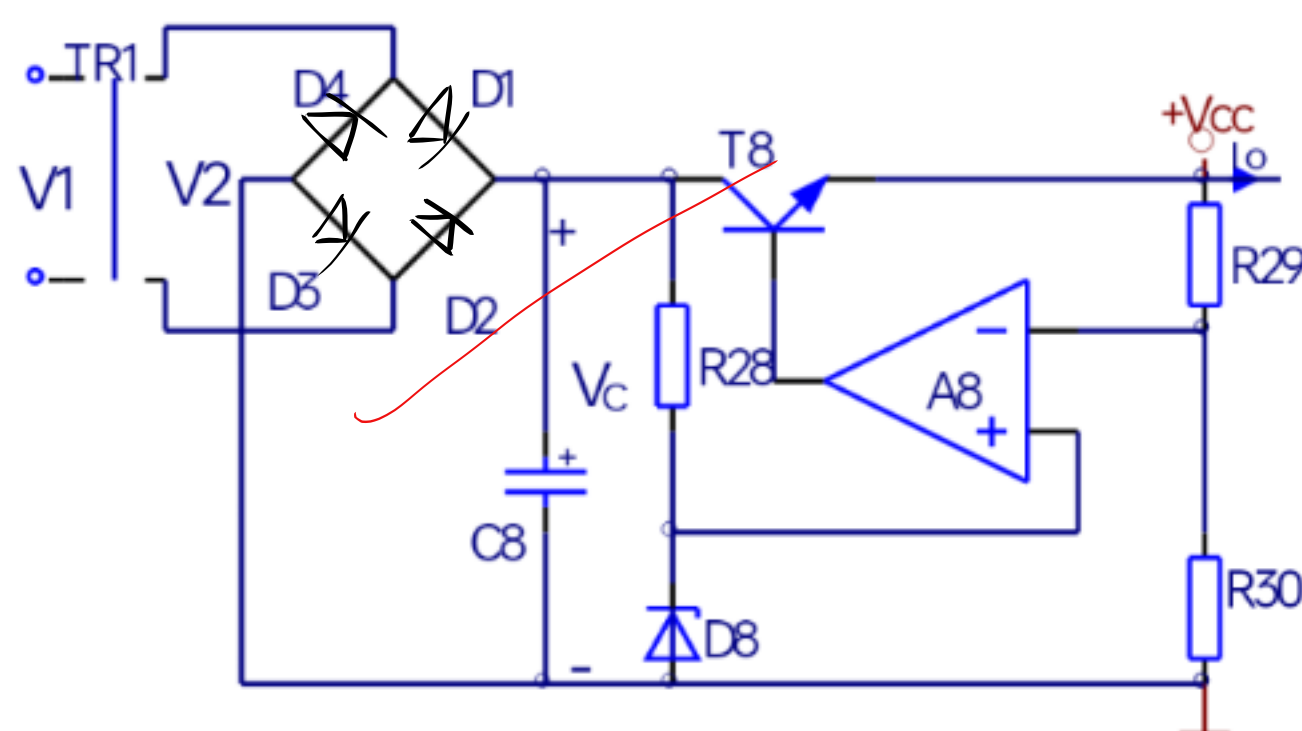
8. (15 分) 对于图 2 中的比较器电路, 稳压管 D_6 的稳定电压 $V_Z = 5V$, 正向导通电压 $V_{on} = 0.7V$ 。 $+V_{CC} = +12V$, 取 $R_{22} = 1k\Omega$ 。 要求输入 v_H 大于 $1V$ 时, 输出高电平 V_{OH} 。 v_H 小于 $1V$ 时, 输出低电平 V_{OL} 。 运放 A6 的最大输出为 $\pm 10V$ 。

- (1) 按照题意, 若输入正弦波 $v_H = 2\sin(2\pi \times 10^4 t)V$, 画出输出波形 v_J 。 若输入正弦波 $v_H = 0.5\sin(2\pi \times 10^4 t)V$, 再画出输出波形。(在同一个坐标系中画出 v_H 、 v_J 。 v_J 输出高低电平以符号 V_{OH} 、 V_{OL} 表示)
- (2) 求阈值电压 V_T 表达式。 为符合上述设计要求, 确定 R_{21} 大小。
- (3) 求输出高电平 V_{OH} 和输出低电平 V_{OL} , 并画出电路的传输特性。



9. (15 分) 采用下图所示线性稳压电源电路为图 2 声控接收电路供电。要求 $+V_{CC} = +12V$ ，输出电流 $I_o = 0.2A$ 供给声控接收电路。TR₁ 为电源变压器，将 $V_1 = 220V$ 的交流电压降压为 $V_2 = 12V$ ，后经整流、滤波和稳压，产生 $+V_{CC}$ 。稳压管 D₈ 的稳定电压为 $V_Z = 3.3V$ ，取 $R_{30} = 3.3k\Omega$ ，

- (1) 根据输出电压极性，画出 4 个整流二极管 D₁~D₄。
- (2) 根据经验公式估算整流、滤波后在 C₈ 上产生的直流电压 V_{C8} 。
- (3) 推导输出电压 $+V_{CC}$ 和稳压管稳定电压 V_Z 的表达式。根据题意设计要求确定 R_{29} 大小。
- (4) 计算调整管 T₈ 集电极-发射极间电压 V_{CE} 和集电极损耗功率 P_C 。为降低损耗，提高电源效率，可以使用什么类型的稳压电源？
- (5) 若电网电压 V_1 下降 20%， $+V_{CC}$ 是否还能输出电压 $+12V$ ？



解: (2) $V_{C8} = 1.1V_2 = 13.2V$ (4) $V_{CE} = V_{C8} - V_{CC} = 1.2V$

(3) $V_{CC} = (1 + \frac{R_{29}}{R_{30}}) V_Z$

$\therefore R_{29} = 8.7k\Omega$

(4) $P_C = I_C V_{CE} = 0.24W$

可用输出电压可调的稳压电路

(5) $V'_{C8} = 0.8V_{C8} = 10.56V < 12V$

不能