

仪器科学与电气工程学院考试题签（参考解答）

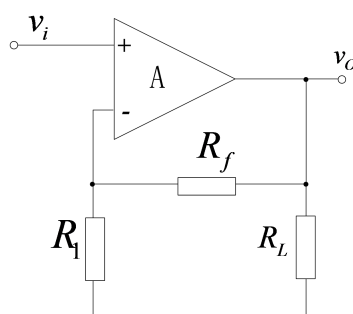
考试课程（全称）：模拟电子技术

适用班级：651101-651106

闭卷 A 卷

一、[本题满分 20 分]

1. [本小题 5 分] 答案：应选择电压串联负反馈组态，电路原理图如下图所示：



2. [本小题 5 分] 答案：存在输入失调电压，在输入端加入调零电阻；属于运放芯片的内部噪声，需重新选用低噪声的运放。
3. [本小题 5 分] 答案：如果重点进行弱信号放大，则应用甲类放大器，因为甲类放大器的失真最小且放大倍数可以很大。如果重点要求输出功率大且效率高，应采用乙类或甲乙类功率放大电路。
4. [本小题 5 分] 答案：无源滤波电路主要由 R、L 和 C 组成，具有结构简单、成本低、运行可靠性较高的优点，缺点有没有放大作用，带负载能力不强，通带和阻带过渡带不陡等。有源滤波电路主要由有源器件（晶体管、场效应管或集成运放）和 R、C 组成，具有体积小、重量轻、可以容易地构成高阶滤波的优点，由于采用集成运放，使得有源滤波电路具有一定的电压放大和缓冲作用，缺点为需要电源。

二、[本题满分 30 分] 答案：

$$\begin{aligned}
 & \begin{cases} \frac{V_i}{R_2} + \frac{V_{o1}}{R_4} = -\frac{V_o}{R_5} \\ V_{o3} = -\frac{1}{R_6 SC} V_o \\ \frac{V_i}{R_1} + \frac{V_{o3}}{R_6} = -V_{o1} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) \end{cases} & \begin{aligned} \frac{V_i}{R_1} - \frac{V_o}{R_6^2 SC} &= R_4 \left(\frac{V_o}{R_5} + \frac{V_i}{R_2} \right) \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) \\ &= \frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) V_o + \frac{R_4 V_i}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) \end{aligned} \\
 & V_o \left[\frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) + \frac{1}{R_6^2 SC} \right] = V_i \left[\frac{1}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) \right] \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right)}{\frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) + \frac{1}{R_6^2 SC}} \\
 & \because R_1 R_4 = R_2 R_3 & \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right)}{\frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) + \frac{1}{R_6^2 SC}} \\
 & \therefore \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_4 C}{R_2} \frac{S}{\frac{R_4}{R_5 R_3} + \frac{R_4 C}{R_5} S + \frac{1}{R_6^2 SC}} & = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right)}{\frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) + \frac{1}{R_6^2 SC}} \\
 & = -\frac{R_4 R_6^2 C^2}{R_2} \frac{S^2}{\frac{R_4 R_6^2}{R_5 R_3} SC + \frac{R_4 R_6^2 C^2}{R_5} S^2 + 1} & = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right)}{\frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) + \frac{1}{R_6^2 SC}} \\
 & = -\frac{R_5}{R_2} \frac{S^2}{\frac{1}{R_3 C} S + S^2 + \frac{R_5}{R_4 R_6^2 C^2}} & = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{R_4}{R_2} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right)}{\frac{R_4}{R_5} \left(\frac{1}{R_3} + SC \right) + \frac{1}{R_6^2 SC}} \\
 & = -\frac{R_5}{R_2} \frac{S^2}{S^2 + \frac{1}{R_3 C} S + \frac{R_5}{R_4 R_6^2 C^2}} & \text{对比通式}
 \end{aligned}$$

$$K(S) = \frac{A_{vp} S^2}{S^2 + \frac{\omega_n}{Q} S + \omega_n^2}$$

知其为高通滤波器，且：

$$\omega_n = \frac{1}{R_6 C} \sqrt{\frac{R_5}{R_4}}, A_{VP} = -\frac{R_5}{R_2}$$

$$\frac{\omega_n}{Q} = \frac{1}{R_3 C}, \alpha = \frac{1}{Q} = \frac{1}{R_3 C \omega_n} = \frac{R_6}{R_3} \sqrt{\frac{R_4}{R_5}}$$

取 $C=0.01$ 微法，令 $R_4=R_5=10k\Omega$ ，

由 $A_{VP} = -\frac{R_5}{R_2}$ 及题意中放大倍数为 10 可知， $R_2=1k\Omega$ ；

由 $\omega_n = 2\pi f_n = \frac{1}{R_6 C} \sqrt{\frac{R_5}{R_4}}$ ，且截止频率为 1kHz，可得 $R_6=15.9k\Omega$ ；

由于要求设计成为巴特沃思滤波器，故 $\frac{1}{Q} = \frac{R_6}{R_3} \sqrt{\frac{R_4}{R_5}} = \sqrt{2}$ ，代入数值得， $R_3=11.2k\Omega$

由 $R_1 R_4 = R_2 R_3$ ，则 $R_1=1120\Omega$ 。

由于 $\mu A741$ 在 1kHz 时，开环增益为 60dB，即 1000 倍，远大于 10，所以可行。

三、[本题满分 15 分] 答案：

$$(1) f_o = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 10k\Omega \times 0.015\mu F} \approx 1061.6Hz$$

(2) 当未起振时，二极管 D_1 、 D_2 接近于开路，由 D_1 、 D_2 和 R_3 组成的并联支路的等效电路近似为 $R_3 = 2.7k\Omega$ ， $A_V = (R_2 + R_3 + R_1) / R_1 \approx 3.3 > 3$ ，有利于起振；反之当 v_o 幅值很大时， D_1 或 D_2 导通，由 R_3 和 D_1 、 D_2 导通电阻组成的并联支路的等效电阻减小， A_V 随之下降， v_o 幅值趋于稳定。

(3) 当 D_1 短路时， $A_V < 3$ ，电路不能起振，输出 v_o 为一条直线。

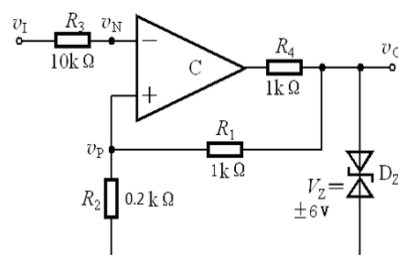
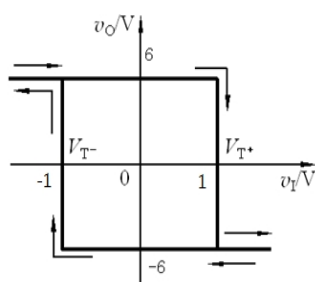
四、[本题满分 20 分] 答案：

门限电压： $V_{REF} = 0$ $V_O = \pm 6V$

得到 $R_2=0.2k\Omega$

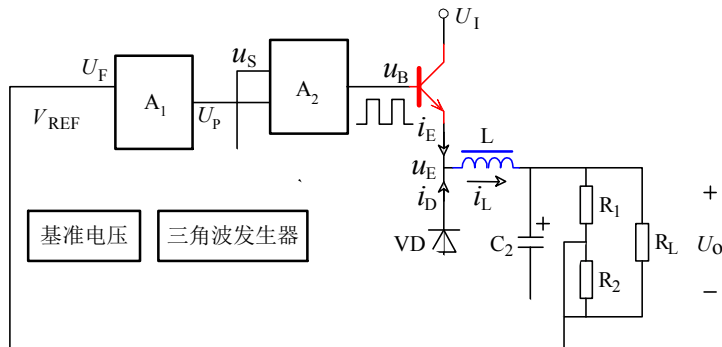
由输出电压的跳变方向及门限值可得到输入信号在反相端以及各电阻的阻值如图所示。

传输特性和电路图如下图所示：



五、[本题满分 15 分] 答案：

开关电源的优点效率高、体积小、重量轻。



图中 U_I 是未经稳压的直流输入电压，晶体管为开关管， u_B 为矩形波，控制开关管的工作状态，电感 L 和电容 C 组成滤波电路，VD 为续流二极管。

根据图示电路可得

$$U_O = \frac{T_{ON}}{T}(U_I - U_{CES}) + \frac{T_{OFF}}{T}(-U_D) \approx \frac{T_{ON}}{T}U_I \approx DU_I \quad (*)$$

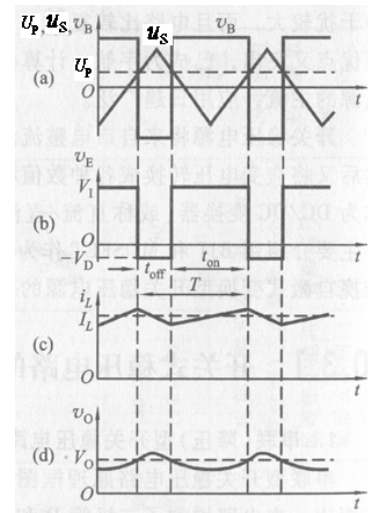
式中 T 为矩形波的周期， T_{ON} 为开启时间， T_{OFF} 为关断时间， D 为占空比

当电路的输入电压波动或者电路的负载发生变化而引起输出电压的变化时，如果能在 U_O 增大时，减小控制电压 u_B 的占空比或在 U_O 减小时，增大 u_B 的占空比，那么输出电压就可以获得稳定。

驱动电路主要由取样电路 (R_1 、 R_2)、基准电压电路、误差放大器 A_1 、三角波发生器和电压比较器 A_2 组成。取样电路通过 R_1 、 R_2 对 U_O 分压得到反馈电压 U_F ，基准电压电路输出稳定的电压 V_{REF} ，两个信号之差经 A_1 放大后，作为由 A_2 组成的电压比较器的阈值电压 U_P ，将三角波发生器的输出 u_S 与 U_P 比较，得到开关管的控制信号 u_B 。

当 U_I 升高时，由 (*) 式可知 U_O 升高时，反馈电压 U_F 随之增大，与基准电压之间的差值 V_{REF} 减小，因而误差放大器 A_1 的输出电压 U_P 减小，经电压比较器使 u_B 的高电平变小，占空比 D 变小，因此输出电压随之减小，调节的结果令 U_O 基本不变。其调节控制过程简述如下：

$$U_O \uparrow \rightarrow U_F \uparrow \rightarrow U_P \downarrow (U_P = A_1(V_{REF} - U_F)) \rightarrow D \downarrow \rightarrow U_O \downarrow$$



出题教师 (签字)

系 (教研室) 主任 (签字)

院长 (签字)

日期