

中山大学本科生期末考试 参考答案

考试科目：《模拟电子技术》（A 卷/B 卷）

学年学期：2015 学年第 2 学期

姓 名：_____

学 院/系：_____

学 号：_____

考试方式：闭卷/开卷

年级专业：14 级

考试时长：120 分钟

班 别：_____

任课老师：郭建平/王自鑫

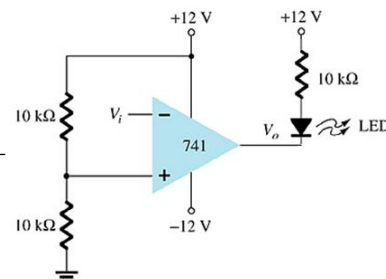
警示

《中山大学授予学士学位工作细则》第八条：“考试作弊者，不授予学士学位。”

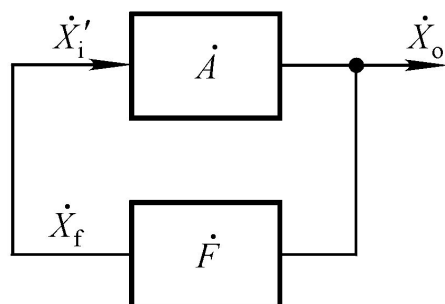
-----以下为试题区域，共 3 道大题，总分 100 分，考生请在答题纸上作答-----

一、选择题（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

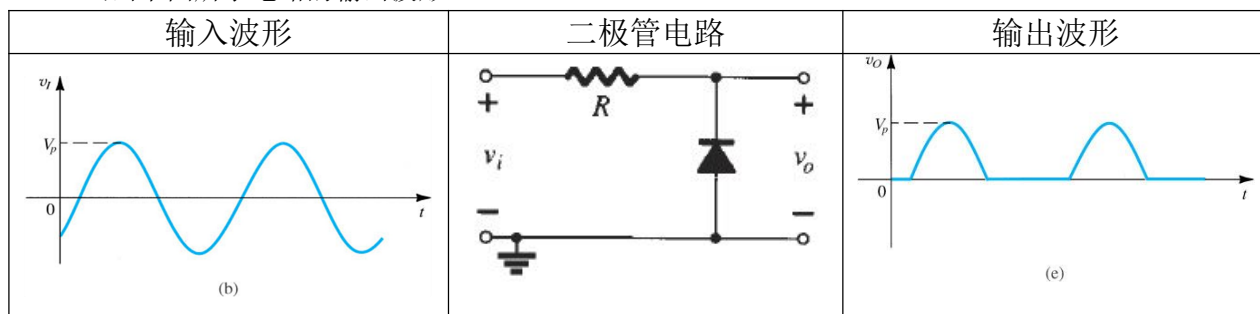
- 在本征半导体中加入__A__元素可以形成 P 型半导体，加入__C__元素可以形成 N 型半导体。
A. 三价 B. 四价 C. 五价 D. 以上均有可能
- 三极管（BJT）工作在线性（linear）区的条件是 BE 结__B__偏、BC 结__偏。
A. 正（forward），正 B. 正，反（reverse） C. 反，正 D. 反，反
- 对于 NMOS 晶体管，如果 $V_{GS} > V_{TH}$ ，且 $V_{DS} < V_{GS} - V_{TH}$ ，则该晶体管工作在__B__区。
A. 截止（cut off） B. 线性（linear） C. 饱和（saturation） D. 三极管（triode）
- 当二极管的正向电流 I_D 从 2mA 变为 4mA 时，它的交流小信号电阻 r_d 将__B__
A. 变大 B. 变小 C. 不变 D. 不能确定
- 当场效应管的漏极电流 I_D 从 2mA 变为 4mA 时，它的低频跨导 g_m 将__A__
A. 变大 B. 变小 C. 不变 D. 不能确定
- 以下哪种单级 BJT 放大器电路的增益是负的？ C
A. 共集（common collector） B. 共源（com. source） C. 共射（com. emitter） D. 共基（com. base）
- 集成运放采用直接耦合方式的原因是__C__
A. 便于设计 B. 放大交流信号 C. 不易制作大容量电容 D. 以上都是
- BJT 低端截止频率（lower cutoff frequency）与__D__有关。
A. 输入耦合（Coupling）电容 B. 输出耦合电容 C. 射极旁路（Bypass）电容 D. 以上都是
- 为了避免 50Hz 电网电压的干扰，应选用__D__滤波电路
A. 低通 B. 高通 C. 带通 D. 带阻
- 如下图所示的比较器（Comparator）电路中，当 $V_i = 8V$ 时 LED 将__A__
A. 亮 B. 不亮 C. 一会亮一会灭 D. 以上都不是



二、填空题（共 5 小题，每小题 2 分，共 10 分）



1. 以下电路产生振荡的条件为： $|AF|=1$ $\varphi_A + \varphi_F = (2n+1)\pi$ (n 为整数)
2. 为了稳定静态工作点，因引入 直流 负反馈；为了稳定放大倍数，因引入 交流 负反馈
3. 为了稳定放大电路的输出电压，因引入 电压 负反馈；为了输出电流，则因引入 电流 负反馈
4. 当信号频率等于放大电路的 f_L 或 f_H 时，放大倍数的值约为中频放大倍数的 0.707 倍，也即是下降了 3 dB。
5. 画出下图所示电路的输出波形

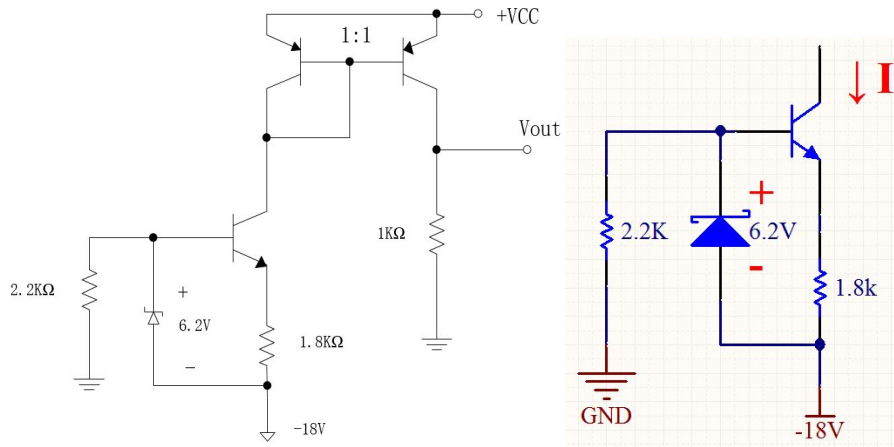


三、计算分析题（共 6 小题，共 70 分）

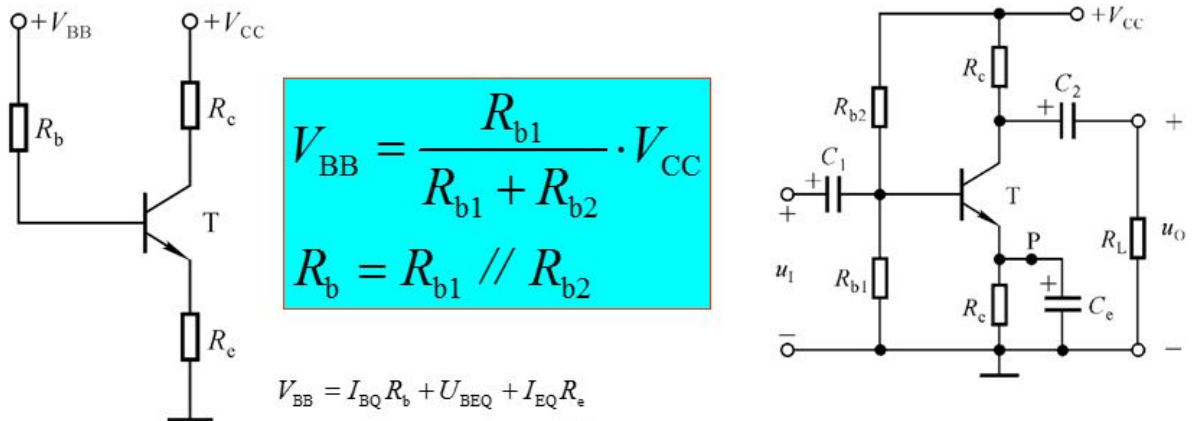
1. 假设三极管 $V_{BEon}=0.7V$ 且三极管工作在线性放大区，（1）计算下图中的三极管的基极电压 V_B 及集电极电流 I_C ；（2）设计一个电路，可以实现输出 1000 倍 I_C 的电压值。（10 分）

$$V_B = -18 + 6.2 = -11.8V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{6.2 - 0.7}{1.8} = 3.06\text{mA}$$



2. 三极管放大电路如下图所示，(1) 画出直流等效电路；(2) 求出此三极管的静态工作点（即 I_B 、 I_C 、 I_E 及 V_{CE} 的表达式，假设 β 已知）；(3) 画出交流小信号等效电路图；(4) 说明电路中是否存在交流或直流负反馈，如果存在，是什么反馈类型。（15 分）



$$V_{BB} = \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC}$$

$$R_b = R_{b1} // R_{b2}$$

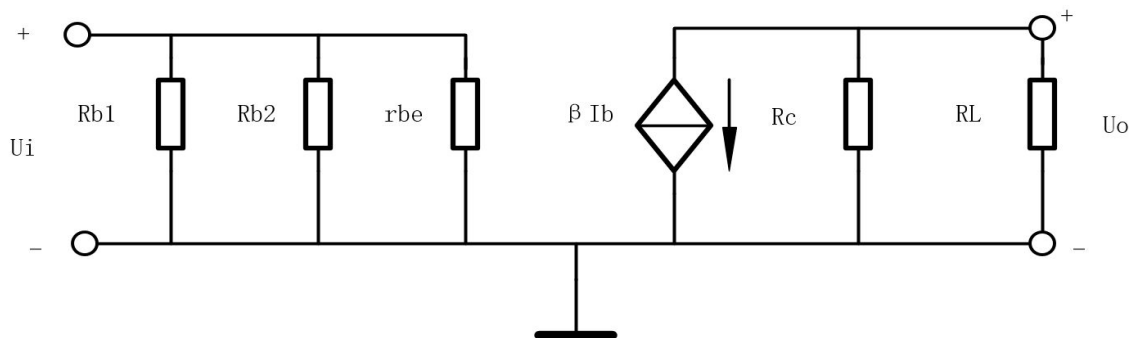
$$V_{BB} = I_{BQ} R_b + U_{BEQ} + I_{EQ} R_e$$

$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e} = \frac{\frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$$

$$I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - \beta I_{BQ} R_c - (1 + \beta) I_{BQ} R_e$$



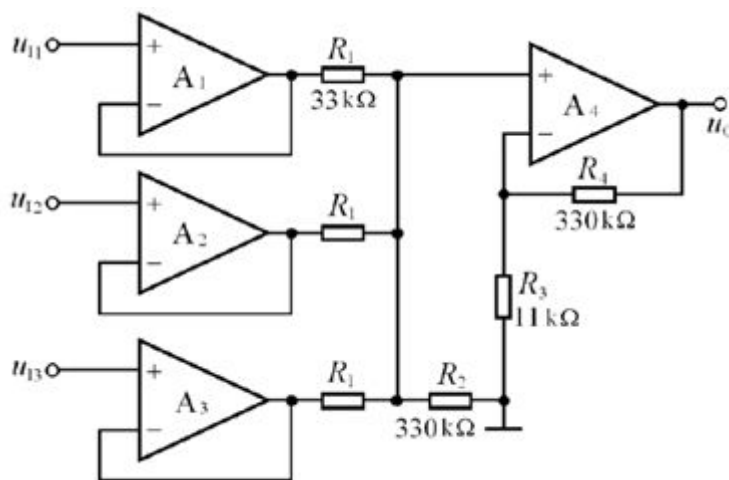
存在直流负反馈，是电流串联负反馈

3. 负反馈放大电路如图所示，（1）请说明 A_1 A_2 A_3 A_4 各形成什么类型的负反馈，相对开环电路，闭环输入输出阻抗有什么变化；（2）求 $u_o = f(u_{i1}, u_{i2}, u_{i3})$ 。（10分）

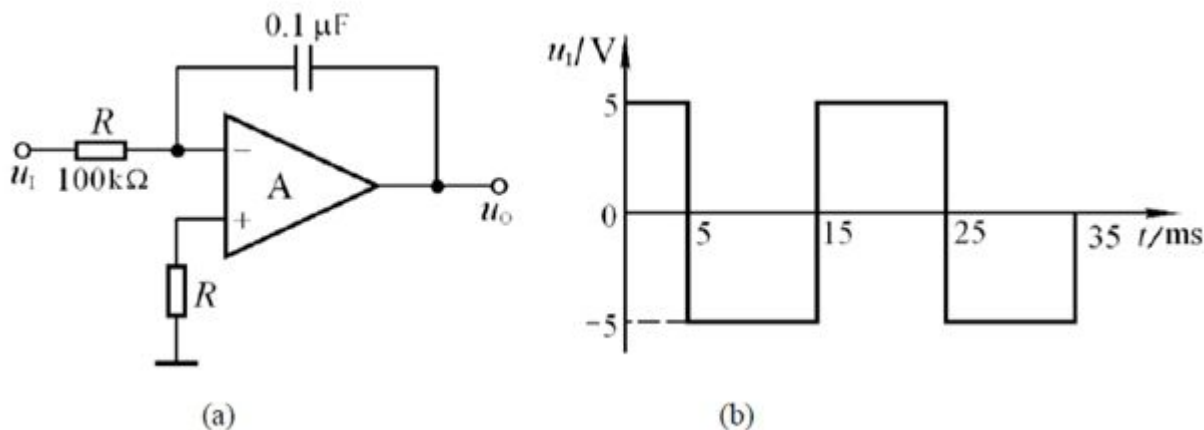
电压串联负反馈，输入阻抗变大，输出阻抗变小

A_1, A_2, A_3 的输出电压分别为 u_{i1}, u_{i2}, u_{i3} ，由于在 A_4 组成的反相求和运算电路中反相输入端和同相输入端外接电阻值相等，所以，

$$u_o = \frac{R_4}{R_1} (u_{i1} + u_{i2} + u_{i3}) = 10(u_{i1} + u_{i2} + u_{i3})$$



4. 负反馈放大电路如图（a）所示，（1）求 $u_o = f(u_i)$ ；（2）已知输入电压的波形如图（b）所示，当 $t=0$ 时， $u_o=0$ ，画出输出电压 u_o 的波形。（10分）



解：输出电压的表达式为 $u_o = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_i dt + u_o(t_1)$

当 u_i 为常量时：

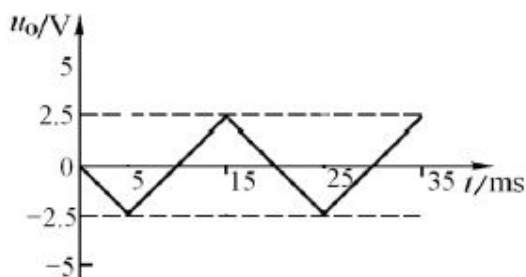
$$u_o = -\frac{1}{RC} u_i (t_2 - t_1) + u_o(t_1) = -\frac{1}{10^5 \times 10^{-7}} u_i (t_2 - t_1) + u_o(t_1) = -100 u_i (t_2 - t_1) + u_o(t_1)$$

若 $t=0$ 时 $u_o=0$ ；则

$$\text{当 } t=5\text{ms 时, } u_o = -100 \times 5 \times 5 \times 10^{-3} \text{V} = -2.5\text{V}。$$

$$\text{当 } t=15\text{ms 时, } u_o = [-100 \times (-5) \times 10 \times 10^{-3} + (-2.5)]\text{V} = 2.5\text{V}。$$

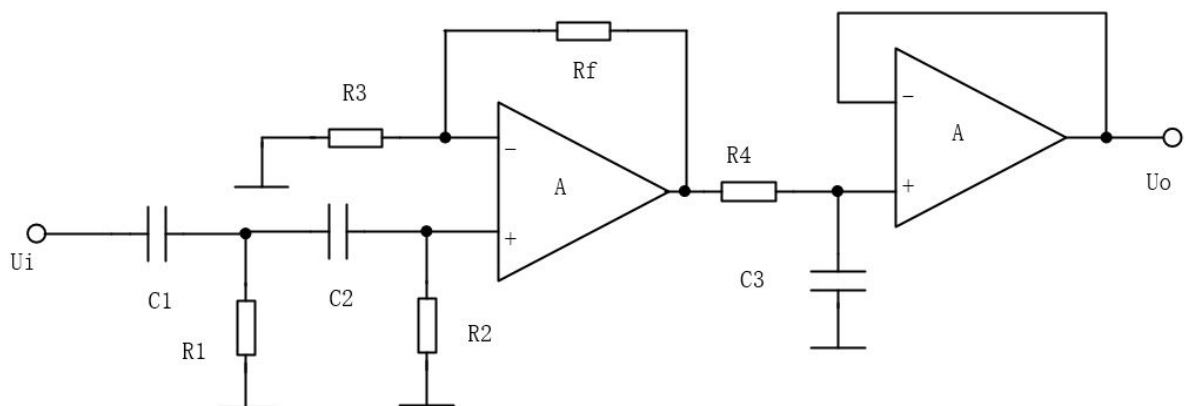
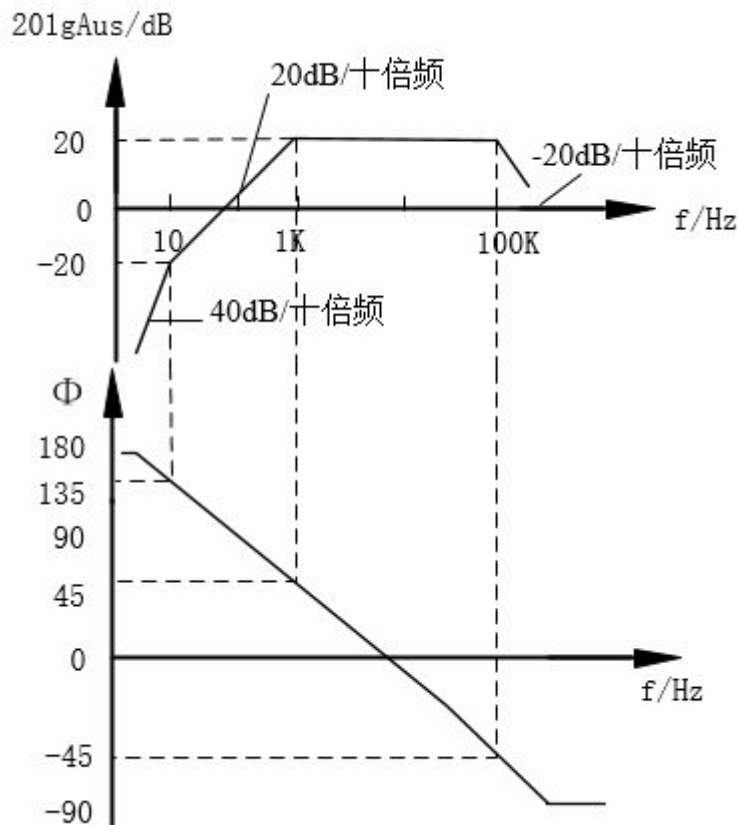
输出波形如图：



5. 已知某有源带通滤波电路的 $f_{L1}=10\text{Hz}$, $f_{L2}=1\text{kHz}$, $f_H=100\text{kHz}$, 通带增益为20dB, (18分)

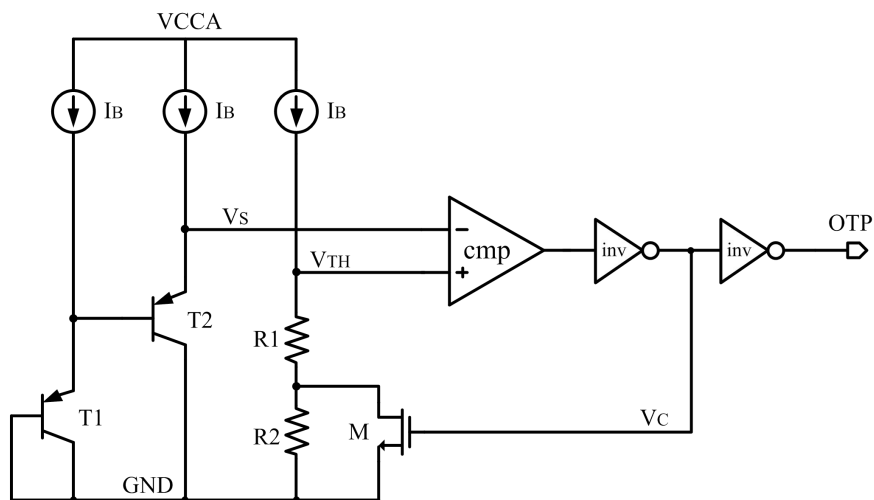
- (1) 写出该带通滤波器的传输函数，即 u_o/u_i (3分)
- (2) 画出该滤波器传输函数对应的波特图 (含幅频特性和相频特性) (10分)
- (3) 画出一种该有源滤波器可能的实现方式 (具体电容值、电阻值可不给出) 的电原理图，并指出如何实现20dB的通带增益。(5分)

$$Au = \frac{-10}{\left(1 + \frac{10}{jf}\right) \left(1 + \frac{10^3}{jf}\right) \left(1 + j\frac{f}{10^5}\right)}$$



$$R_1 C_1 > R_4 C_3 \quad R_f = 9R_3$$

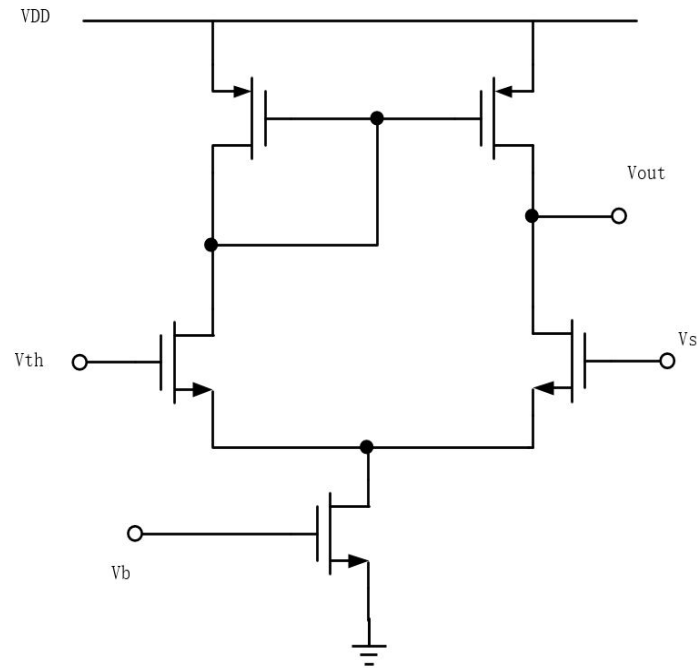
6. 如下图所示电路图中，已知cmp为比较器，inv为数字反相器，cmp和inv正电源接VCCA，负电源接地，M为增强型NMOS管，（1）请分析电路功能和原理；（2）试画出一种实现cmp的晶体管级电路图，要求不使用电阻。（7分）



功能：温度检测电路，高温时产生高电平信号。

原理：Vs 为负温度系数电压，VTH 为比较器阈值电压，且该阈值电压与输出信号相关，整体成迟滞比较器电路。常温情况下，输出信号 OTP 为低电平，阈值电压等于 $I_b \cdot R_1$ 。温度升高 T1 时，Vs 电压下降至 $I_b \cdot R_1$ ，比较器输出翻转，OTP 为高电平，阈值电压变为 $I_b \cdot (R_1 + R_2)$ 。若比较器输出需要再次翻转，则温度需要下降至 T2，此时 Vs 电压为 $I_b \cdot (R_1 + R_2)$ 。T2 < T1

Cmp 管级电路图：



试卷到此结束！