

复旦大学微电子学院

2022~2023 学年第一学期期末考试试卷

■ A 卷  B 卷  C 卷

课程名称: 模拟电子线路 课程代码: MICR130002

开课院系: 微电子学院 考试形式: 网上考试(闭卷)

姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 专业: \_\_\_\_\_

提示: 请同学们秉持诚实守信宗旨, 谨守考试纪律, 摒弃考试作弊。学生如有违反学校考试纪律的行为, 学校将按《复旦大学学生纪律处分条例》规定予以严肃处理。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	总分
得分									

(以下为试卷正文或课程论文题目)

请在答题纸上电子作答:

- ✓ 选择题和填空题: 填写在表格的对应题号处;
- ✓ 计算题: 可电子作答; 也可纸质手写后, 拍照插入答题纸。

参考公式:

- BJT 小信号参数 (其中: 热电压  $V_T = 25mV$ ) :

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}, \quad r_{\pi} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{\beta}{g_m}, \quad r_o = \frac{V_A + |V_{CE}|}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

- NMOS 大信号模型:

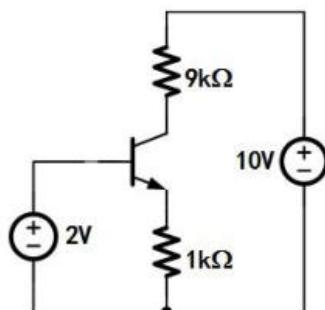
$$\text{饱和区: } I_{DS} = \frac{K_n}{2} (V_{GS} - V_{TH})^2; \quad \text{线性区: } I_{DS} = K_n \left[ (V_{GS} - V_{TH})V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

- NMOS 小信号参数:

$$g_m = K_n(V_{GS} - V_{TH}) = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_{TH}}, \quad r_o = \frac{V_A + V_{DS}}{I_{DS}} \approx \frac{V_A}{I_{DS}}$$

## 一、单项选择题（每题 1.5 分，共 30 分）

1. 在本征半导体中掺入五价元素的杂质，此半导体中的自由电子是（ ）。  
(A) 少子                          (B) 多子  
(C) 杂质                          (D) 热激发
  
2. 当下列半导体器件导通时，载流子输运方式与其它不同器件的是（ ）。  
(A) 二极管                          (B) 三极管 (BJT)  
(C) MOSFET                          (D) 以上都相同
  
3. 当三极管工作于正向放大区时，基极与发射极 (B-E 结)、基极与集电极 (B-C 结) 之间主要的结电容分别为（ ）。  
(A) 都是垫垒电容                          (B) 都是扩散电容  
(C) 垫垒电容，扩散电容                          (D) 扩散电容，垫垒电容
  
4. 在晶体管中，与厄利电压 (Early Voltage) 不相关的是（ ）。  
(A) 基区宽度调制                          (B) 沟道长度调制  
(C) 衬底偏置效应                          (D) 器件输出阻抗
  
5. 右图所示的 NPN 型 BJT 偏置电路，其中： $V_{BE(on)}=0.7V$ ， $V_{CE(sat)}=0.2V$ ，电流放大倍数 $\beta \gg 1$ ；则 BJT 工作于（ ）。  
(A) 截止区  
(B) 饱和区  
(C) 正向放大区  
(D) 反向放大区



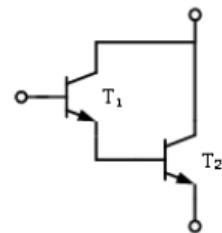
6. 相同 BJT 器件在相同偏置条件下，不同组态的单管放大器中， $-3dB$  带宽最小的是（ ）组态放大器。  
(A) 共集电极 (C-C)                          (B) 共发射极 (C-E)  
(C) 共基极 (C-B)                          (D) 具有射极电阻的共发射极 (C-E)

7. 在放大电路的三种基本组态中：既能放大电压，也能放大电流的是（ ）组态；可以放大电压，但不能放大电流的是（ ）组态；只能放大电流，但不能放大电压的是（ ）组态。

- (A) 共射 共集 共基      (B) 共射 共基 共集  
(C) 共集 共基 共射      (D) 共基 共射 共集

8. 如图所示的复合管（达灵顿管）设计共射放大器时，与单管共射放大器相比，下列参数变化方向不同的是（ ）。

- (A) 输入阻抗  
(B) 输出阻抗  
(C) 电流增益  
(D) 发射结导通电压

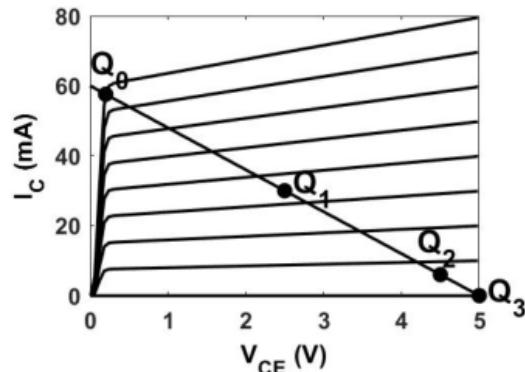


9. 由 PNP 型晶体三极管构成的共射级放大电路，输出电压出现的削底失真是（ ）失真，欲改善失真应该将基极偏置电流（ ）。

- (A) 饱和，增大      (B) 饱和，减小  
(C) 截止，增大      (D) 截止，减小

10. 在如图所示的晶体管输出特性曲线和负载线，甲类（A类）功率放大器的工作点应设置在（ ）。

- (A)  $Q_0$   
(B)  $Q_1$   
(C)  $Q_2$   
(D)  $Q_3$



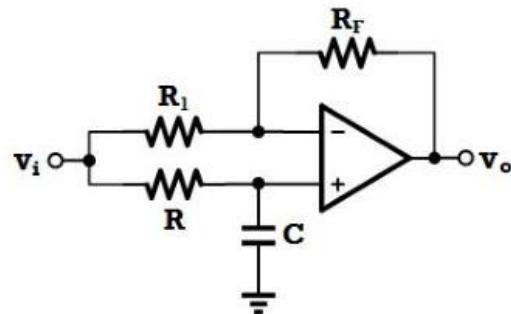
11. 导通角用弧度表征功率放大器中每个晶体管周期性的导通时间，若甲类（A类）、乙类（B类）和甲乙类（AB类）的导通角分别为 $\theta_A$ 、 $\theta_B$ 、 $\theta_{AB}$ ，则：（ ）。

- (A)  $\theta_A > \theta_B > \theta_{AB}$   
(B)  $\theta_{AB} > \theta_A > \theta_B$   
(C)  $\theta_A > \theta_{AB} > \theta_B$   
(D)  $\theta_A = \theta_B = \theta_{AB}$

12. 乙类（B类）功放产生的交越失真属于（ ）  
(A) 截止失真                          (B) 饱和失真  
(C) 频率失真                          (D) 相位失真
13. 与推挽乙类（B类）功率放大器相比较，甲乙类推挽（AB类）功率放大器的优点在于（ ）。  
(A) 消除交越失真                      (B) 提高转换效率  
(C) 降低静态功耗                      (D) 简化电路结构
14. 若要从信号源获得更大的电压，并稳定输出电压，应在放大电路中引入（ ）组态的负反馈。  
(A) 电压并联                          (B) 电压串联  
(C) 电流并联                          (D) 电流串联
15. 在输入量不变的情况下，若引入反馈后（ ），则说明引入的反馈是负反馈。  
(A) 输入电阻增大                      (B) 输出量增大  
(C) 净输入量增大                      (D) 净输入量减小
16. 使用纯电阻反馈网络的负反馈放大器与相应的开环放大器相比，具有相同的（ ）。  
(A) 输入阻抗                          (B) 输出阻抗  
(C) -3dB 带宽                        (D) 0dB 带宽
17. 为保证负反馈电路的可靠稳定性，电路设计要求（ ）的相位裕度不小于45度。  
(A) 开环增益 ( $A_0$ )                      (B) 环路增益 ( $A_0F$ )  
(C) 反馈系数 (F)                      (D) 闭环增益 ( $A_f$ )

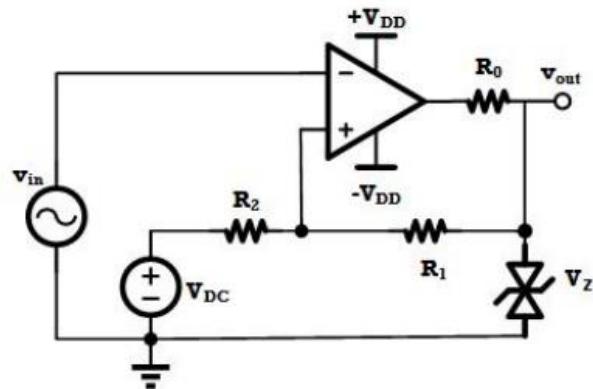
18. 如图所示是用理想运放设计的滤波器，当 $R_F = R_1$ 时，其传递函数为（）。

- (A)  $\frac{1 - sRC}{1 + sRC}$
- (B)  $\frac{1 + sRC}{1 - sRC}$
- (C)  $\frac{1}{1 + sRC}$
- (D)  $\frac{1}{1 - sRC}$

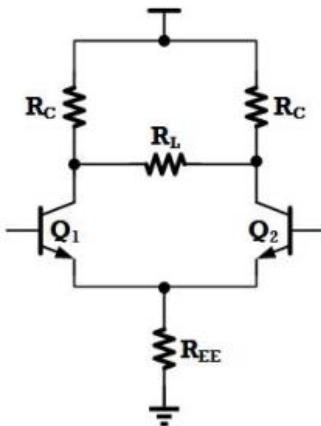


19. 如图所示用理想运放设计的滞回比较器，其中：运放工作电源为 $\pm 15V$ ，双向稳压管输出电平 $V_Z = \pm 10V$ ， $V_{DC}=2V$ ， $R_1=15\text{ k}\Omega$ ， $R_2=5\text{ k}\Omega$ ，则该滞回比较器的阈值电压为（）。

- (A) +7V 和 -3V
- (B) +6V 和 0V
- (C) +4V 和 -1V
- (D) +8V 和 -7V



20. 当用半电路模型分析如图所示的差分电路时，在差模半电路模型和共模半电路模型中，公共射极电阻  $R_{EE}$  应分别等效为（）和（）。



- (A)  $R_{EE}/2, R_{EE}/2$
- (B)  $2R_{EE}, 2R_{EE}$
- (C)  $2R_{EE}, \infty$
- (D)  $0, 2R_{EE}$

## 二、填空题（每空 2 分，共 40 分）

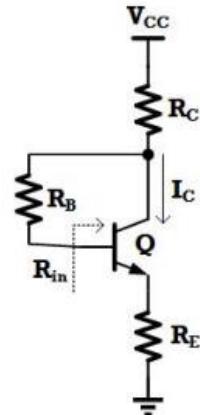
1. 三极管包括发射结和集电结两个 PN 结，它们的偏置状态决定了三极管的工作区域，三个工作区域的条件分别是：放大区是\_\_\_\_(1)\_\_\_\_，饱和区是\_\_\_\_(2)\_\_\_\_，截止区是\_\_\_\_(3)\_\_\_\_。
  
2. 当温度升高时，三极管的下列参数变化趋势为（增大，减小）：
  - a. 电流放大系数  $\beta$  \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_；
  - b. 反向饱和电流  $I_{CBO}$  \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_；
  - c. 当  $I_B$  不变时发射结正向电压  $V_{BE}$  \_\_\_\_ (6) \_\_\_\_。

3. 右图电路中，已知：热电压： $V_T = 25\text{mV}$ ；

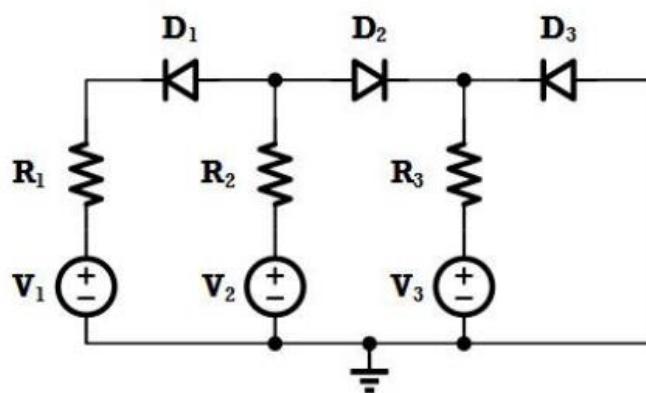
$V_{CC} = 15\text{V}$ ,  $R_B = 80\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 12\text{k}\Omega$ ,  $R_E = 1.5\text{k}\Omega$ ;

晶体管 Q:  $V_{BE(on)} = 0.7\text{V}$ ,  $\beta = 99$ ,  $V_A = 100\text{V}$ ;

则： $I_C = \underline{(7)}$ ,  $g_m = \underline{(8)}$ ,  $R_{in} = \underline{(9)}$ 。



4. 如图所示二极管组成的电路



其中： $V_1 = -15\text{V}$ ,  $V_2 = +10\text{V}$ ,  $V_3 = -5\text{V}$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = 5\text{k}\Omega$ ; 则：

- a. 在三个二极管 (D1、D2 和 D3) 中，处于导通状态的是\_\_\_\_ (10) \_\_\_\_；
- b. 当使用理想二极管模型（即： $V_{BE(on)}=0\text{V}$ ）进行估算时，这三个二极管中最大工作电流等于\_\_\_\_ (11) \_\_\_\_。

5. 差分放大器的基本功能是对差模信号的 (12) 作用和对共模信号的 (13) 作用，这一性能用 (14) 指标来衡量；当其差模电压增益  $A_{vdm} = -50 \text{ V/V}$ ，共模电压增益  $A_{vcm} = -5 \text{ mV/V}$ ，则该指标= (15) dB。

6. 判断下图四种的电路中反馈的极性与组态，若为负反馈，则只写反馈组态（如：电压串联）；若为正反馈，则只写反馈极性（即：正反馈）：

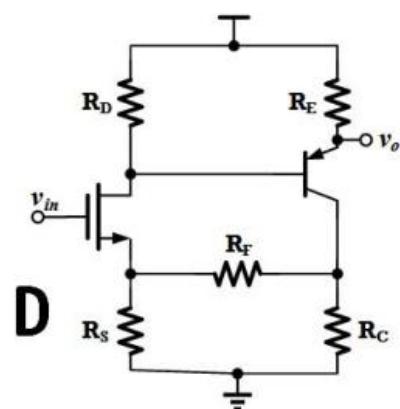
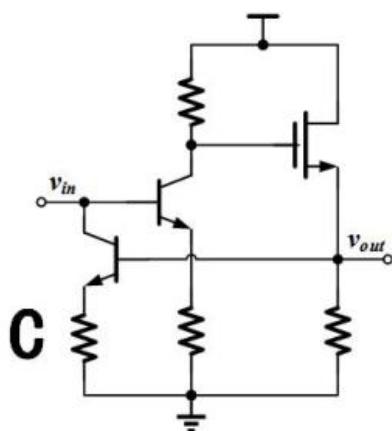
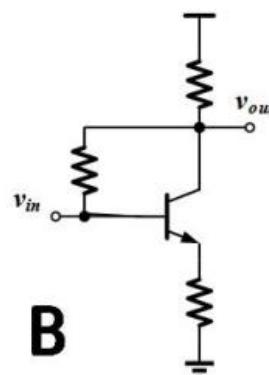
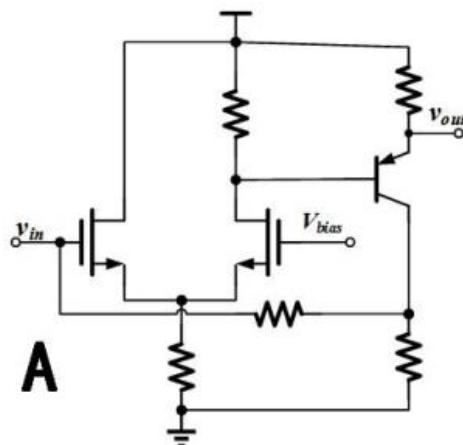
图 A 是 (16)；

图 B 是 (17)；

图 C 是 (18)；

图 D 是 (19)；

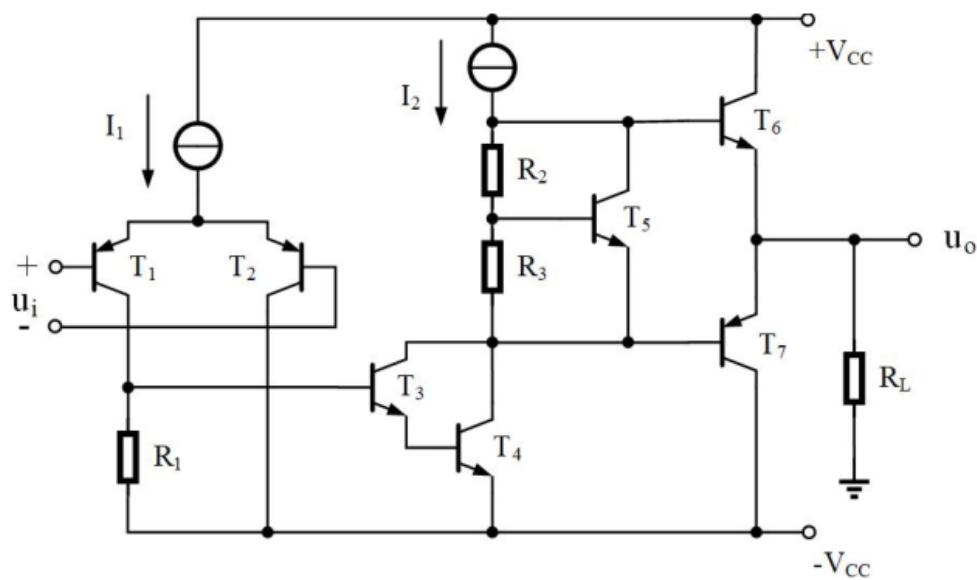
图 D 的反馈系数  $F = (20)$ 。



### 三、计算题（每题 10 分，共 30 分）

1、电路如下图所示，两个恒流源为各级放大电路提供静态工作电流，输入为差分信号。

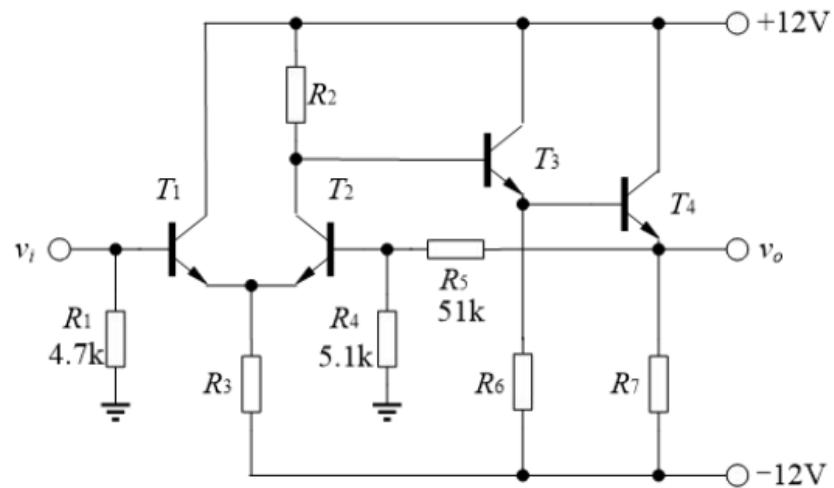
- (1) 说明  $T_1 \sim T_7$  管的功能；
- (2) 设晶体管的电流放大系数为  $\beta$ ，不考虑基区宽度调制效应。试写出各级放大器的中频电压增益、以及总的电压增益  $A_u = \frac{u_o}{u_i}$  的表达式。



2、下图为负反馈放大器，已知其中晶体管静态工作点以及主要参数为：

$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = 0.3\text{mA}, \quad I_{CQ3} = 0.5\text{mA}, \quad I_{CQ4} = 1.2\text{mA}, \quad V_{BE(on)} = 0.7\text{V}, \quad \beta \geq 250.$$

- (1) 说明此电路的主要负反馈回路由何元件构成，属于何种类型负反馈？
- (2) 已知当输入小信号电压  $v_i$  置零时，输出电压是 0V，若假定可以忽略所有  $I_{BO}$ ，计算各未标明阻值的电阻的阻值（小数点后保留两位有效数字）。
- (3) 计算深度负反馈条件下的电压增益  $A_v = \frac{v_o}{v_i}$ 。



3、下图所示电路由理想运算放大器构成。

- (1) 写出电路的电压传递函数。
- (2) 说明是什么类型的滤波器（高通、低通、带通、带阻等）。
- (3) 写出滤波器特征参数表达式（通带增益、特征频率、品质因子等）。

