

清华大学本科生期末考试试题纸  
《电子电路与系统基础 I》2012 年春季学期期末考试试题 A 卷

班级\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_

一、填空题。(60 分, 请直接在试题纸上填空答题)

- 1) 如图 1 所示, 这是一个跨导放大器的信源激励和负载连接关系, 其电压传递函数(电压增益)  $A_v = v_L/v_S =$  ( )。请给出对这个表达式意义的阐述: ( )。

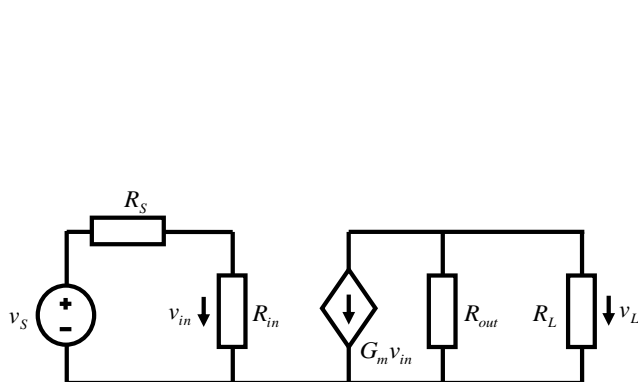


图 1 跨导放大器

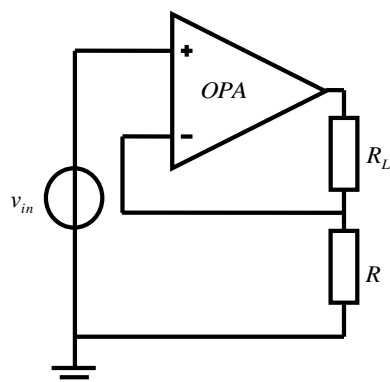


图 2 运放电路

- 2) 如图 2 所示, 这是一个用理想运放实现的负反馈放大器, 放大网络和反馈网络是 ( ) 连接关系, 形成的是 ( ) 放大器。反馈网络在输出端检测的是 ( ) 信号 (请在图上标出), 反馈回到输入端的是 ( ) 信号 (请在图上标出), 反馈系数为 ( ), 对应于该类型的放大器的闭环增益为 ( )。
- 3) 对于并并连接的负反馈放大器, 在应用网络参量矩阵进行分析时, 放大网络和反馈网络的 ( ) 参量矩阵相加 (相加后的矩阵记为 P 矩阵), 求逆, 获得 ( ) 参量矩阵 (记为 Q 矩阵)。在上述这两个参量矩阵 P、Q 中, ( ) 元素是反馈系数, ( ) 元素是闭环增益。其中, 放大器的输入端口为 1 端口, 输出端口为 2 端口。
- 4) 考察一个二端口网络的噪声特性, 往往将噪声的影响等效为输入端的串联噪声电压源  $v_n$  和并联噪声电流源  $i_n$ 。进行噪声电压源  $v_n$  等效时, 输入端 ( ), 测量输出开路噪声电压  $v_{nout}$ , 之后计算本征 ( ) 增益, 根据公式 ( ) 获得输入噪声电压源等效。
- 5) 半导体晶体管按导电通道内形成电流的载流子类型分类, 包括 ( ) 晶体管和 ( ) 晶体管两种类型; 按导电通道的导电受控特性分类, 包括 ( ) 和 ( ) 两类, MOSFET 属于 ( ) 类型和 ( ) 类型的晶体管。
- 6) NMOSFET 是一个二端口元件, 以源极作为公共端点, 栅源端口作为端口 1, 漏源端口作为端口 2, 描述该二端口元件的元件约束方程有两个。这里用两个端口的端口电压  $V_{GS}$ 、 $V_{DS}$  来描述端口电流  $I_G$ 、 $I_D$ , 于是两个端口的端口电流约束方程为:
- (a) 栅源端口电流方程: ( )
- (b) 漏源端口电流方程: 截止区方程 ( )

有源区方程 ( )

欧姆区方程 ( )

已知阈值电压为  $V_{TH}$ , 载流子迁移率为  $\mu_0$ , 栅氧层单位面积电容为  $C_{ox}$ , MOSFET 宽长比为  $W/L$ , 厄利电压为  $V_E$ 。

7) 图 3 所示为 NPN-BJT 反相电路。已知电源电压  $V_{CC}=5V$ , 晶体管 BE 结启动电压为  $0.6V$ , CE 端口饱和电压为  $0.4V$ 。

- 图中  $R_B$  起 ( ) 作用。
- 在图 3 右侧图上, 画出该反相电路的输入电压-输出电压转移特性曲线示意图。
- 在横轴上划分晶体管的三个工作区域, 并将三个区域标注出来。
- 如果希望用该反相电路实现一个反相放大器, 请在转移特性曲线上点画出恰当的直流工作点位置, 并标注 Q 表示静态工作点。

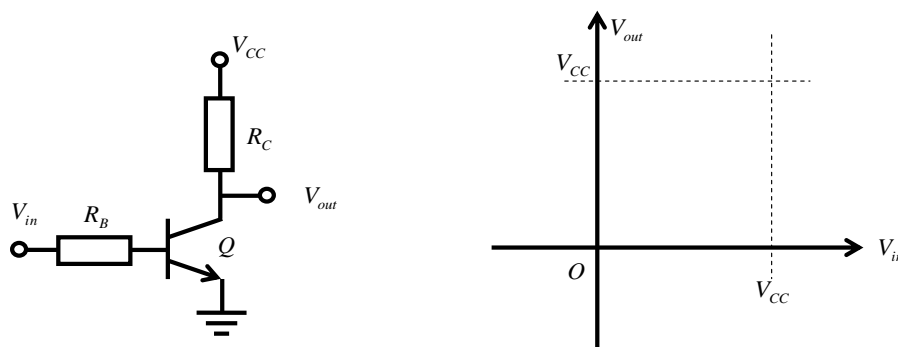


图 3 NPN-BJT 反相电路 反相电路输入输出转移特性曲线 (第 ii,iii,iv 问)

- 偏置于有源区的晶体管的交流小信号电路模型为压控流源, 具有向端口外输出交流功率的能力, 因而是有源的, 其向外提供的能量来自 ( )。
- MOSFET 晶体管有三种组态, 对交流小信号而言, 共源 CS 组态是跨导放大器, 共栅 CG 组态是 ( ), 共漏 CD 组态是 ( )。
- CE 组态的 BJT 晶体管, 其小信号等效电路微分元件由直流工作点决定, 假设工作在有源区的 BJT 的集电极直流电流为  $I_{CQ}$ , 厄利电压为  $V_A$ , 电流增益为  $\beta$ , 则其小信号电路模型中的输入电阻  $r_{be}=( )$ , 输出电阻  $r_{ce}=( )$ , 跨导增益  $g_m=( )$ 。
- BJT 差分对管的 1dB 线性范围为 ( )。
- 对如图 4(a)、(b)所示的两个二端口网络, 在空中填上其传输参量矩阵和噪声系数, 已知信源内阻为  $R_S$ 。

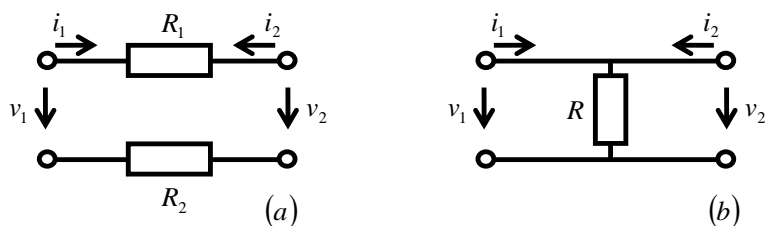


图 4

传输参量矩阵: ( ) ( )

噪声系数： ( ) ( )

13) 某线性二端口网络的阻抗参量矩阵为  $\begin{bmatrix} 5 & 1 \\ 20 & 6 \end{bmatrix}$ ，则其导纳参量矩阵为 ( )，混合参量矩阵为 ( )。

14) 某理想压控流源，端口 1 对端口 2 的跨导控制系数为  $6\text{mS}$ ，其最适描述参量为 ( ) 参量，该参量矩阵为 ( )。

15) 理想电压缓冲器的最适描述参量为 ( ) 参量，该参量矩阵为 ( )。

16) 如图 5 所示，这是 ( ) 结构的跨导放大器，跨导增益近似为 ( )，输出电阻为 ( )。已知晶体管  $M_1$  和  $M_2$  的小信号电路参数分别为  $g_{m1}, r_{ds1}, g_{m2}, r_{ds2}$ 。

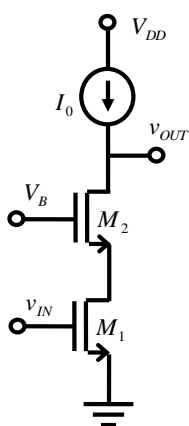


图 5 某电路结构

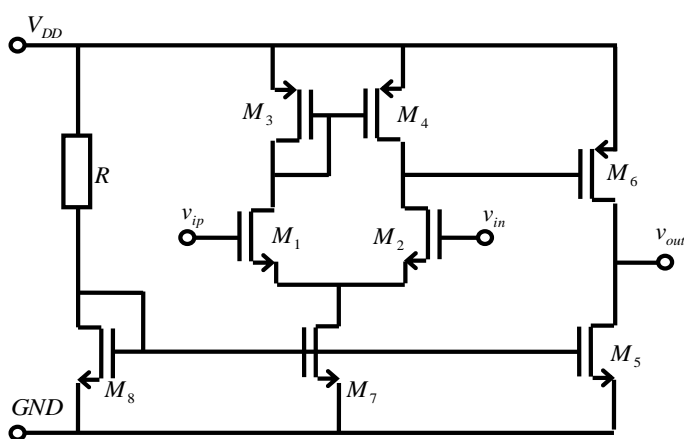


图 6 MOSFET 运放电路

17) 图 6 所示为一个 MOSFET 运放内部电路，请对图中所有元件的作用给予描述。

元件	在电路中起什么作用
$M_1, M_2$	
$M_3, M_4$	
$M_5$	
$M_6$	
$M_7$	
$M_8$	
$R$	
$V_{DD}$	

二、如图6所示为MOSFET运算放大器的内部电路。对于NMOS，其参数为 $\mu_n C_{ox} = 13.8 \mu A/V^2$ ，

$V_{TH,n} = 0.7V$ ， $\lambda_n = 0.01V^{-1}$ ；对于PMOS，其参数为 $\mu_p C_{ox} = 4.6 \mu A/V^2$ ， $V_{TH,p} = 0.7V$ ，

$\lambda_p = 0.01V^{-1}$ 。电源电压为1.8V。8个晶体管的宽长比为 $(W/L)_1=(W/L)_2=(W/L)_8=8:1$ ，

$(W/L)_3=(W/L)_4=24:1$ ， $(W/L)_5=16:1$ ， $(W/L)_6=48:1$ ， $(W/L)_7=16:1$ 。（12分）

- 现在希望M<sub>8</sub>管的过驱动电压 $V_{od8}=V_{GS8}-V_{TH8}=0.2V$ ，电阻R取值多大？
- 在上述电阻取值情况下，每个晶体管的静态电流为多大？
- 该运放的电压增益为多少？
- 该运放的输入电阻和输出电阻各为多少？
- 你认为这个运放的哪项指标需要改进？通过什么措施来改进这项指标？

三、简答题（10分）

- 放大器A噪声系数为2dB，功率增益为10dB，放大器B噪声系数为2.2dB，功率增益为20dB，两个放大器级联的顺序是AB级联还是BA级联更好？
- 已知某放大器输入输出转移特性方程为 $v_o(t)=10v_i(t)-0.1v_i^3(t)$ ，当输入信号 $v_i(t)=V_{im} \cos \omega t$ 满足什么条件时，放大器的3次谐波失真低于-60dB？

四、对于如图7所示的CE组态的BJT放大器，已知 $V_{CC}=+12V$ ， $R_{B1}=51k\Omega$ ， $R_{B2}=10k\Omega$ ， $R_C=5.1k\Omega$ ， $R_{E1}=100\Omega$ ， $R_{E2}=1.2k\Omega$ ， $R_L=10k\Omega$ ， $R_S=100\Omega$ 。对BJT晶体管Q，已知厄利电压 $V_A=100V$ ，电流增益 $\beta=100$ 。图中三个电容为大电容，对直流是开路的，对交流信号则是短路的。（18分）

- 画出晶体管的直流分析电路，计算直流工作点 $I_{CQ}$ 和 $V_{CEQ}$ 。
- 根据直流工作点，给出小信号参数 $r_{be}$ ， $r_{ce}$ ， $g_m$ 的具体数值大小。
- 画出交流小信号等效电路，计算小信号电压增益 $A_v=v_{out}/v_s$ 。

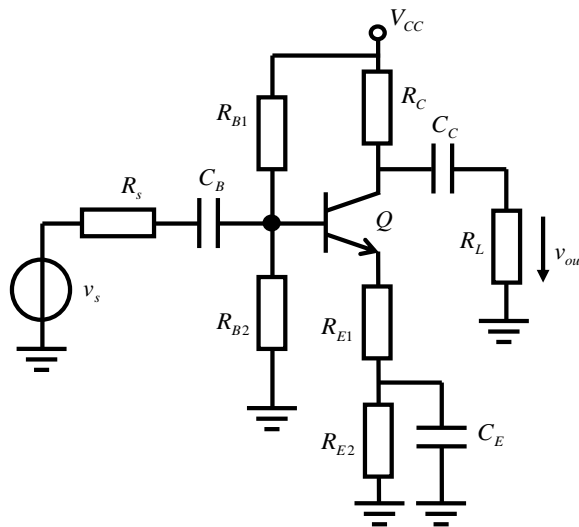


图7 BJT-CE 小信号放大器