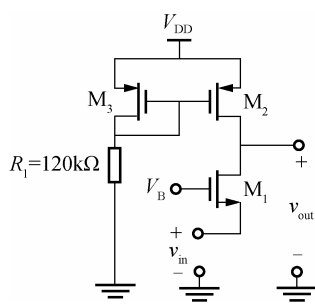


第 6 章 习题答案

6.13 题图 6.13 所示电路是以 PMOS 镜像电流源作负载的共栅极放大器电路, 基于 $0.18\mu\text{m}$ 工艺, 晶体管 M_1 、 M_2 、 M_3 的宽长比均为 $W/L=1/0.2$ 。 $V_{DD}=1.8\text{V}$, $V_B=0.7\text{V}$, 并设输出负载 $C_L=1\text{pF}$ 。



题图 6.13

(1) 利用 Hspice 对该电路进行直流仿真, 并选择合适的输入直流偏置电压:

(a) 电压转移特性 $V_{out}-V_{in}$;

(b) M_1 直流工作点: V_{DS1} 、 V_{GS1} 、 I_{D1} ;

(c) M_1 小信号等效电路参数跨导 g_{m1} 、漏源电导 g_{ds1} 、栅源电容 C_{gs1} 、栅漏电容 C_{gd1} , 从 M_1 漏极往 PMOS 电流镜看入的等效电阻。

(2) 继续进行瞬态仿真, 给出瞬态特性仿真结果 (输入、输出电压波形)。

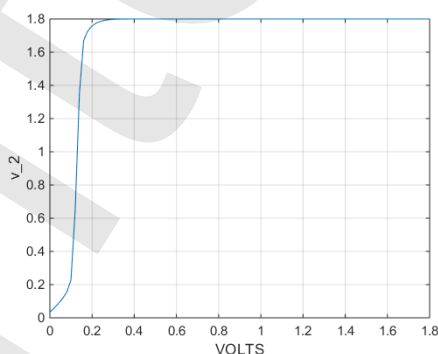
(3) 继续进行交流仿真, 给出交流特性仿真结果。

解:

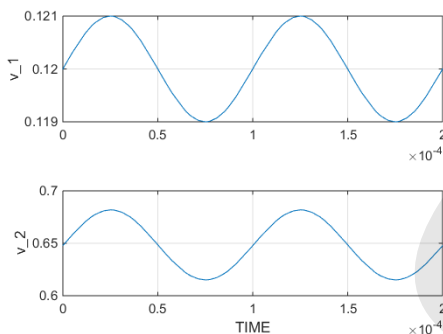
参考本书电子版资料提供的 CMOS 共源放大器仿真文件 (对应教材节 6.4.2), 在此基础上进行仿真研究。详见附录代码。

(1)

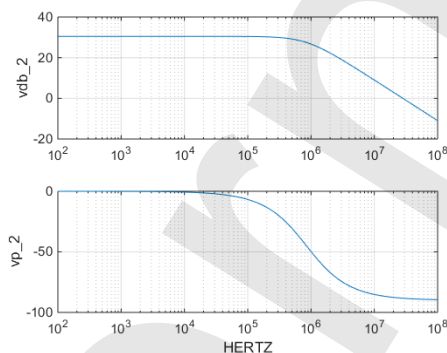
(a) 电压转移特性如下图所示; (b) 根据电压转移特性, 确定 M_1 直流工作点: $V_{GS1}=0.58\text{V}$, 则 V_{DS1} 与 I_{D1} 可利用 OP 仿真得到; (c) 利用 OP 仿真, 可以得到各小信号等效电路参数。



(2) 瞬态特性仿真结果



(3) 交流特性仿真结果



6.14 电路仍然如题图 6.13 所示,在题 6.13 直流仿真结果的基础上,完成以下内容:

- (1) 构建该放大器低频小信号电路模型,计算低频小信号增益。
 - (2) 构建该放大器高频小信号电路模型,计算该电路增益频率特性。
- 与题 6.13 的结果比较,并作出分析。

解:

根据电压转移特性,取 $V_{in}=0.12V$,即 $V_{GS1}=0.58V$ 。

(1) 低频小信号电路模型基本与图 6.5.3 相同,但是需去掉 R_s 。

根据 $g_{m1}=141\mu S$ 、 $g_{mb1}=34\mu S$ 、 $g_{ds1}=3.7\mu S$ 、 $g_{ds2}=1.63\mu S$,利用式 (6.5.4),可以得到低频小信号增益 $A_0=(g_{m1}+g_{mb1}+g_{ds1})/(g_{ds1}+g_{ds2})=33.5$ ($=30.5dB$),与仿真结果一致。

6.15 题图 6.15 所示源极跟随器电路，以 NMOS 电流阱作负载，基于 $0.18\mu\text{m}$ 工艺，晶体管尺寸 $W/L=0.4/0.2$ ， $V_{DD}=1.8\text{V}$ ， $V_{SS}=-1.8\text{V}$ ， $V_b=-1.22\text{V}$ ，并设输出负载 $C_L=1\text{pF}$ 。

(1) 利用 Hspice 对该电路进行直流仿真，并选择合适的输入直流偏置电压：

(a) 电压转移特性 $V_{\text{out}}-V_{\text{in}}$ ；

(b) M_1 直流工作点： V_{DS1} 、 V_{GS1} 、 I_{D1} ；

(c) M_1 小信号等效电路参数跨导 g_{m1} 、漏源电导 g_{ds1} 、栅源电容 C_{gs1} 、栅漏电容 C_{gd1} ，从 M_1 源极往 NMOS 看入的等效电阻。

(2) 继续进行瞬态仿真，给出瞬态特性仿真结果（输入、输出电压波形）。

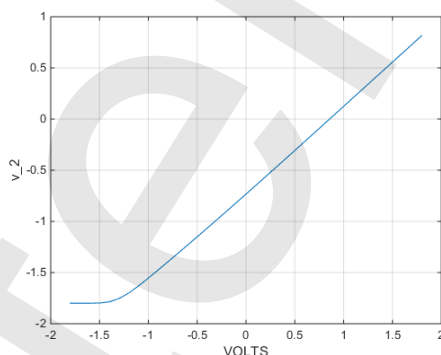
(3) 继续进行交流仿真，给出交流特性仿真结果。

解：

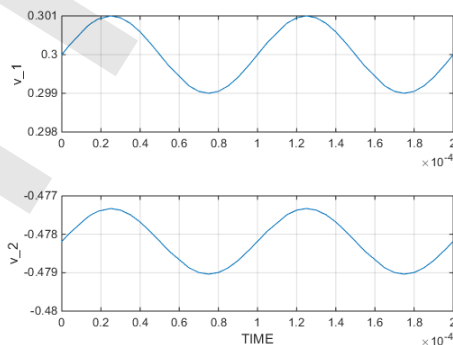
参考本书电子版资料提供的 CMOS 共源放大器仿真文件（对应教材节 6.4.2），在此基础上进行仿真研究。详见附录代码。

(1)

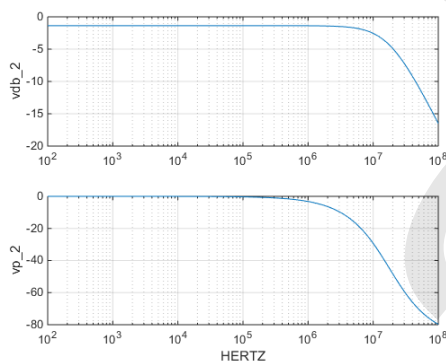
(a) 电压转移特性如下图所示；(b) 根据电压转移特性，确定 M_1 直流工作点：取 $V_{\text{in}}=0.3\text{V}$ ，则 V_{GS1} 、 V_{DS1} 与 I_{D1} 可利用 OP 仿真得到；(c) 利用 OP 仿真，可以得到各小信号等效电路参数。



(2) 瞬态特性仿真结果



(3) 交流特性仿真结果



6.16 电路仍然如题图 6.15 所示，在题 6.15 直流仿真结果的基础上，完成以下内容：

- (1) 构建该放大器低频小信号电路模型，计算低频小信号增益。
- (2) 构建该放大器高频小信号电路模型，计算该电路增益频率特性。

与题 6.15 的结果比较，并作出分析。

解：

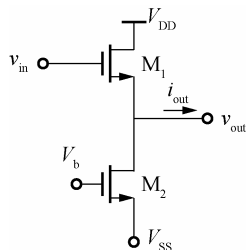
根据电压转移特性，取 $V_{in}=0.3V$ 。

(1) 低频小信号电路模型与图 6.6.3 相同。

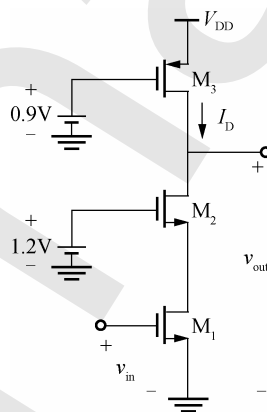
根据 $g_{m1}=96\mu S$ 、 $g_{mb1}=11\mu S$ 、 $g_{ds1}=3.3\mu S$ 、 $g_{ds2}=1.78\mu S$ ，利用式 (6.6.5)，可以得到低频小信号增益 $A_0=g_{m1}/(g_{m1}+g_{mb1}+g_{ds1}+g_{ds2})=0.86$ ($=-1.31dB$)，与仿真结果一致。

6.17 题图 6.17 所示共源共栅电路，基于 $0.18\mu\text{m}$ 工艺，晶体管尺寸均为 $W/L=0.4/0.2$ ， $V_{DD}=1.8\text{V}$ ，并设输出负载 $C_L=1\text{pF}$ 。

- (1) 利用 Hspice 对该电路进行直流仿真，并选择合适的输入直流偏置电压：
 - (a) 电压转移特性 $V_{out}-V_{in}$ ；
 - (b) 晶体管直流工作点；
 - (c) 小信号等效电路参数。
- (2) 继续进行瞬态仿真，给出瞬态特性仿真结果（输入、输出电压波形）。
- (3) 继续进行交流仿真，给出交流特性仿真结果。



题图 6.15



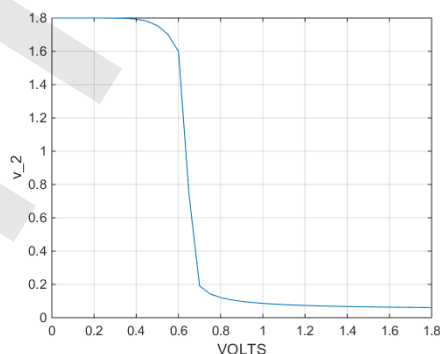
题图 6.17

解：

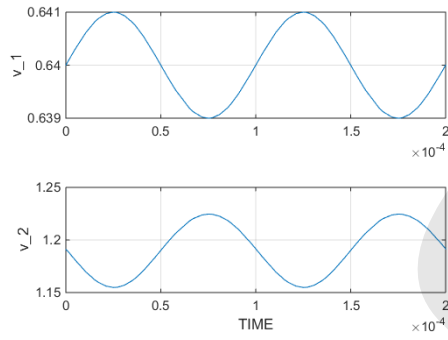
参考本书电子版资料提供的 CMOS 共源放大器仿真文件（对应教材节 6.4.2），在此基础上进行仿真研究。详见附录代码。

(1)

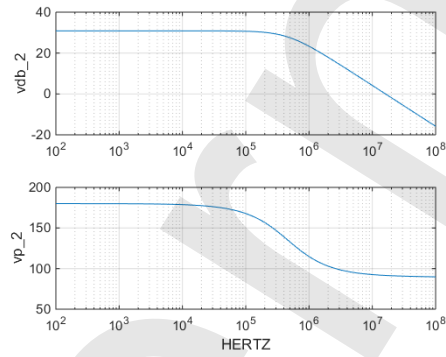
(a) 电压转移特性如下图所示；(b) 根据电压转移特性，确定 M_1 直流工作点：取 $V_{in}=0.64\text{V}$ ，则直流工作点可利用 OP 仿真得到；(c) 利用 OP 仿真，可以得到各小信号等效电路参数。



(2) 瞬态仿真仿真结果



(3) 交流仿真仿真结果



6.19 题图 6.19 所示 PMOS 电流镜作负载的差分放大器，基于 $0.18\mu\text{m}$ 工艺，晶体管尺寸为 $W_1/L_1 = W_2/L_2 = 3/1$, $W_3/L_3 = W_4/L_4 = 14/1$, $W_5/L_5 = 6/1$, $V_{DD} = 1.8\text{V}$, $V_b = 0.5\text{V}$, 并设输出负载 $C_L = 1\text{pF}$ 。

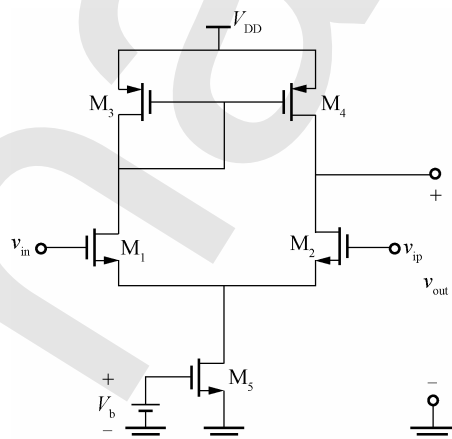
- (1) 利用 Hspice 对该电路进行直流仿真，并选择合适的输入共模电压：
 - (a) 电压转移特性 $V_{out} - V_{id}$, 其中 $V_{id} = V_{ip} - V_{in}$;
 - (b) 晶体管直流工作点;
 - (c) 小信号等效电路参数。
- (2) 继续进行瞬态仿真，给出瞬态特性仿真结果 (输入、输出电压波形)。
- (3) 继续进行交流仿真，给出交流特性仿真结果。

解:

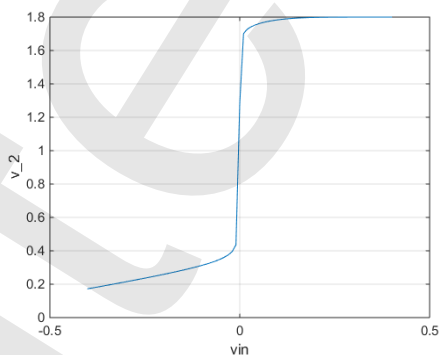
参考本书电子版资料提供的 CMOS 共源放大器仿真文件 (对应教材节 6.4.2), 在此基础上进行仿真研究。详见附录代码。

(1) 输入共模电压取 $V_{CM} = 0.9\text{V}$ (在输入共模范围内取值即可)。

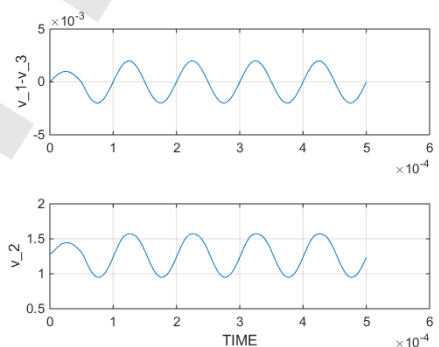
(a) 电压转移特性如下图所示; (b) 输入共模电压确定之后, 则直流工作点可利用 OP 仿真得到; (c) 利用 OP 仿真, 可以得到各小信号等效电路参数。



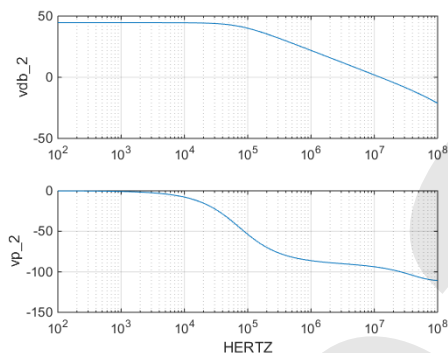
题图 6.19



(2) 瞬态仿真仿真结果

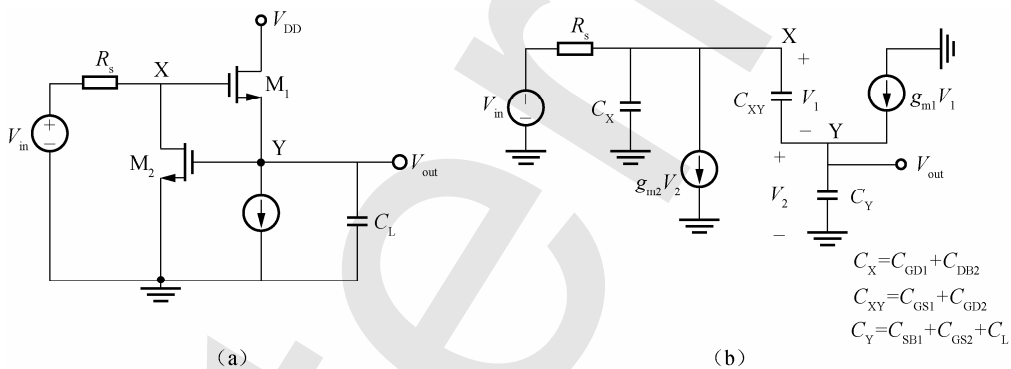


(3) 交流仿真仿真结果



6.21 说明题图 6.21 (a) 所示电路的反馈类型, 并求该电路的传递函数 V_{out}/V_{in} 。

提示: 题图 6.21 (a) 可用图 (b) 电路等效 (忽略 r_{ds1} 与 r_{ds2})。围绕节点 Y、X 列写 KCL 方程, 联立求解该方程即可得系统函数。



题图 6.21

解:

电路反馈类型为电压并联反馈。