6.1 Ignoring other capacitors, calculate the input impedance of the circuit in Figure 6.1(**λ=0**)

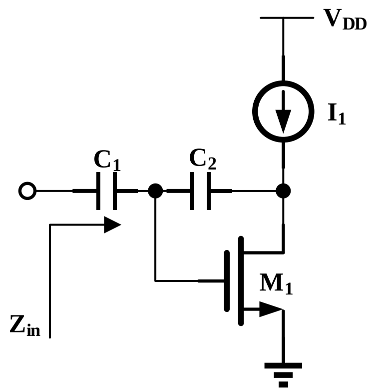
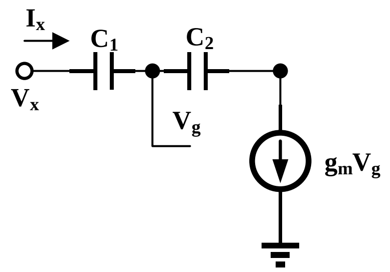


Figure 6.1

解：



$$Ix = g_m V_g$$

$$Vx - \frac{g_m V_g}{SC_1} = V_g$$

$$\therefore Z_{in} = \frac{V_x}{I_x} = \frac{g_m + SC_1}{g_m SC1}$$

5.2 Calculate the input impedance and transfer function of the circuit in Figure 6.2. (**λ=γ=0**)

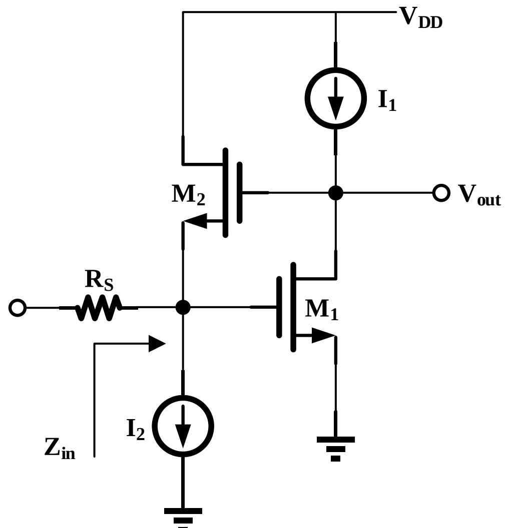
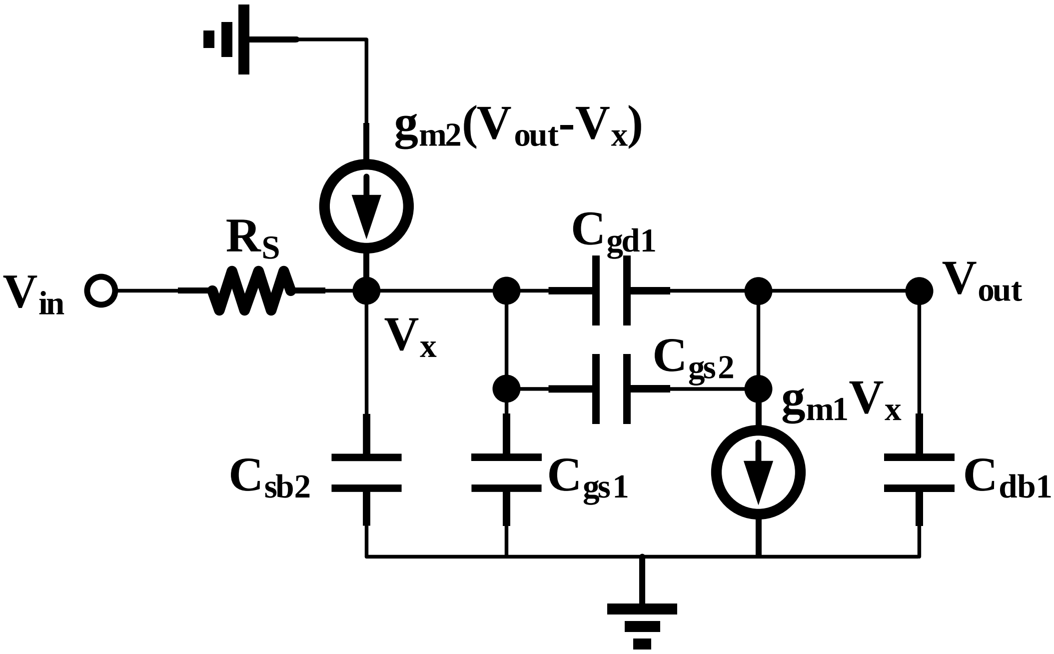
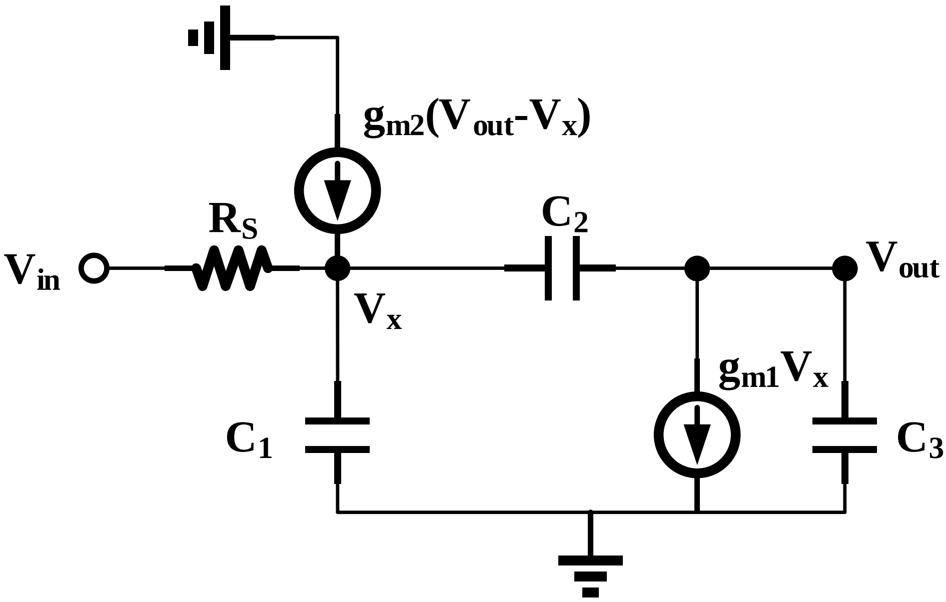


Figure 6.2

解：
小信号模型：



化简电路得：



其中：

$$C_1 = C_{gs1} + C_{sb2}$$

$$C_2 = C_{gd1} + C_{gs2}$$

$$C_3 = C_{db1}$$

计算传输函数：

对 Vout 点使用 KCL 有：

$$SC_2(Vx-Vout)=g_{m1}Vx+SC_3Vout$$

$$\therefore \frac{Vout}{Vx}=\frac{SC_2-g_{m1}}{S(C_2+C_3)}$$

对 Vx 点使用 KCL 有：

$$\frac{Vin-Vx}{Rs}+g_{m2}(Vout-Vx)=SC_1Vx+SC_2(Vx-Vout)$$

$$\frac{Vin}{Rs}=Vx(\frac{1}{Rs}+g_{m2}+SC_1+SC_2)-(g_{m2}+SC_2)\left[\frac{SC_2-g_{m1}}{S(C_2+C_3)}\right]Vx$$

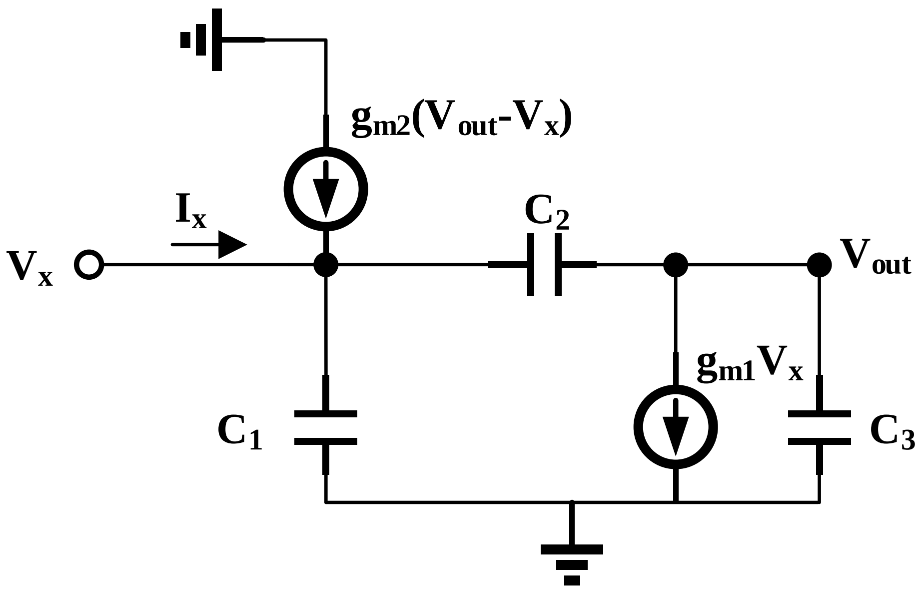
$$=Vx\frac{S^2(C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3)+S\left[\frac{1}{Rs}(C_2+C_3)+g_{m1}C_2+g_{m2}C_3\right]+g_{m1}g_{m2}}{S(C_2+C_3)}$$

所以传输函数为：

$$\therefore \frac{Vout}{Vin}=\frac{Vout}{Vx}\bullet\frac{Vx}{Vin}=\frac{\frac{1}{Rs}(SC_2-g_{m1})}{S^2(C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3)+S\left[\frac{1}{Rs}(C_2+C_3)+g_{m1}C_2+g_{m2}C_3\right]+g_{m1}g_{m2}}$$

计算输入阻抗：

等效电路图：

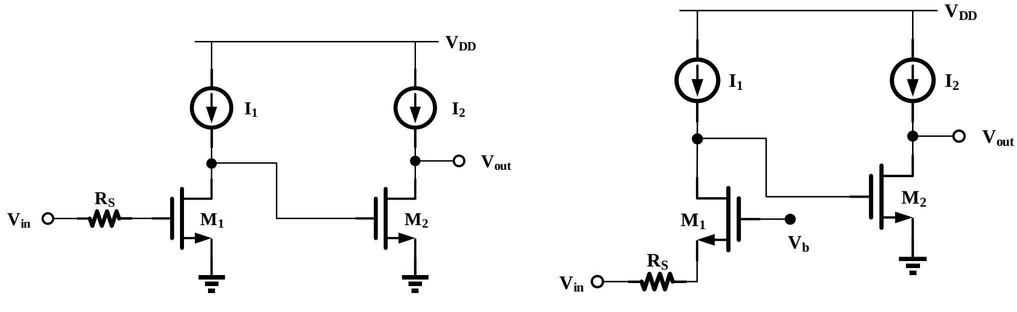


$$Ix=SC_1Vx+SC_2(Vx-Vout)+g_{m2}(Vx-Vout)$$

代入前面 Vx 与 Vout 的公式，得：

$$Zin=\frac{Vx}{Ix}=\frac{S(C_2+C_3)}{S^2(C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3)+S(g_{m1}C_2+g_{m2}C_3)+g_{m1}g_{m2}}$$

5.3 Calculate the poles of each circuit in Figure 6.3

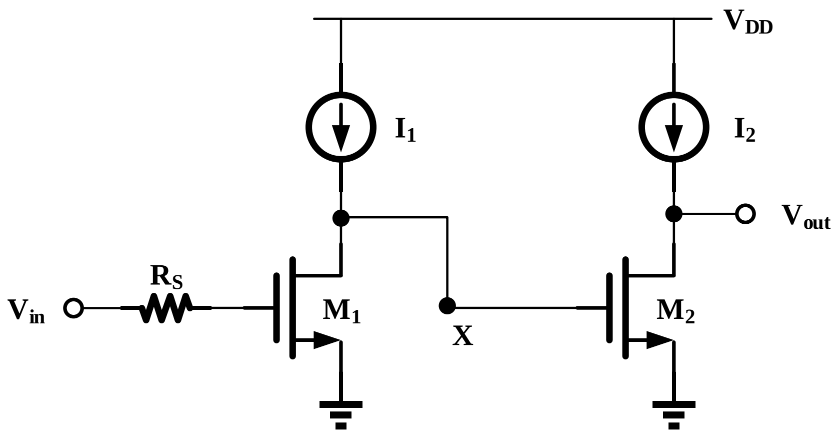


(a) λ≠0 (b) λ=0

Figure 6.3

解：

(a)



电路中一共有三个极点：

第一个极点在 Vout 处：

$$w_{pout} = \frac{1}{r_{o2}(C_{gd2} + C_{db2})}$$

第二个极点在输入端 Vin 处：

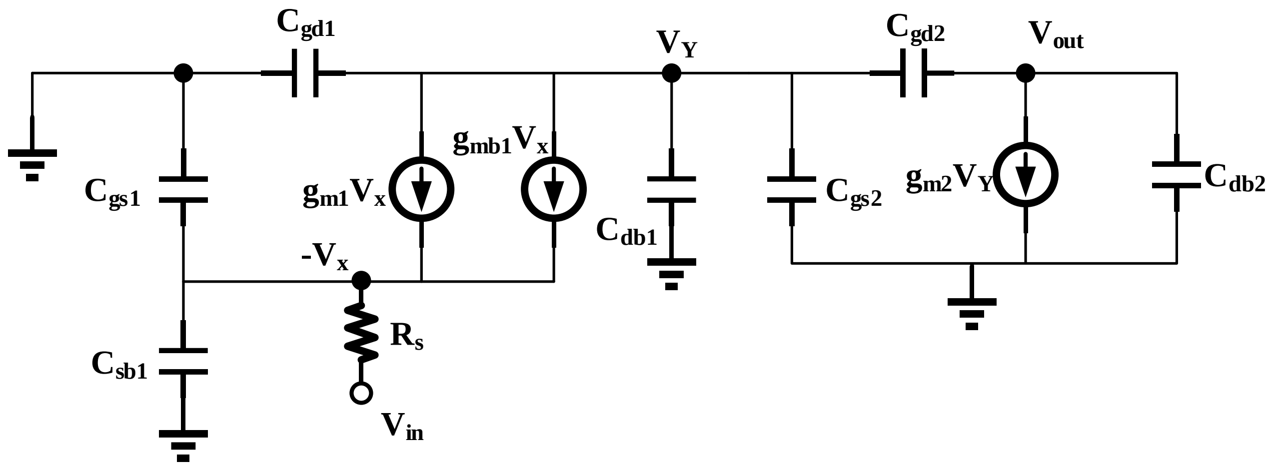
$$w_{pin} = \frac{1}{R_s\left[(1 + g_{m1}r_{o1})C_{gd1} + C_{gs1}\right]}$$

第三个极点在端点 X 处：

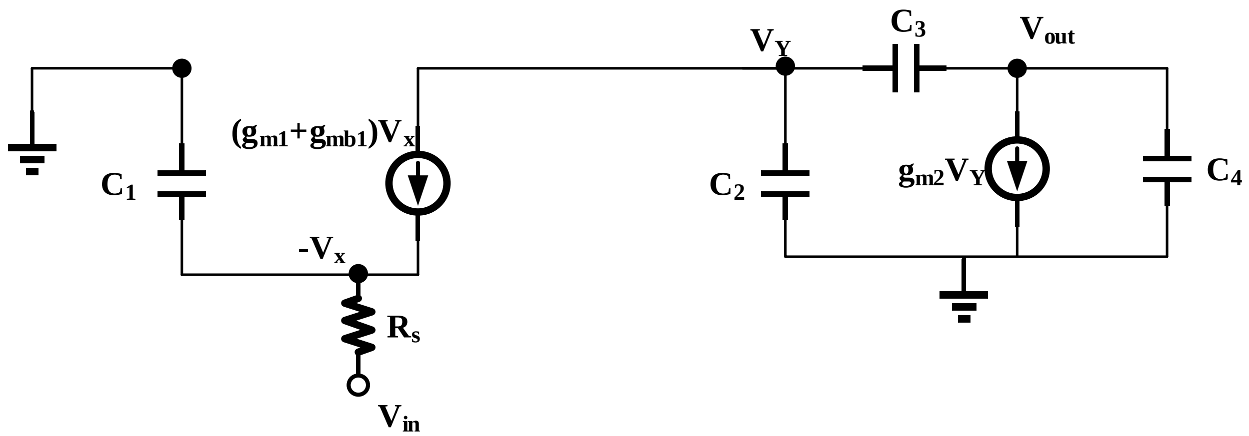
$$w_{px} = \frac{1}{r_{o1}\left[(C_{gd1} + C_{db1} + C_{gs2}) + (1 + g_{m2}r_{o2})C_{gd2}\right]}$$

(b)

画出小信号模型：



进行化简得：



其中：

$$C_1 = C_{gs1} + C_{sb1}$$

$$C_2 = C_{gs2} + C_{db1} + C_{gd1}$$

$$C_3 = C_{gd2}$$

$$C_4 = C_{db2}$$

对 Vout 进行 KCL，有：

$$SC_3(V_Y - V_{out}) = g_{m2}V_Y + SC_4V_{out}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{out}}{V_Y} = \frac{-g_{m2} + SC_3}{S(C_3 + C_4)}$$

对 V_Y 进行 KCL，有：

$$(g_{m1}+g_{mb1})V_x+SC_2V_Y+SC_3(V_Y-V_{out})=0$$

$$\Rightarrow \frac{V_Y}{V_X}=-\frac{(g_{m1}+g_{mb1})(C_3+C_4)}{\left[S(C_2C_3+C_2C_4+C_3C_4)+C_3g_{m2}\right]}$$

对 Vx 进行 KCL，有：

$$\frac{V_{in}+V_X}{R_s}+SC_1V_x+(g_{m1}+g_{mb1})V_X=0$$

$$\Rightarrow \frac{V_X}{V_{in}}=-\frac{1}{SC_1R_s+\left[1+(g_{m1}+g_{mb1})R_s\right]}$$

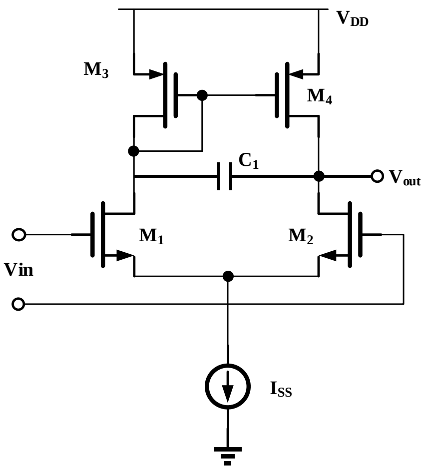
所以一共有三个极点，分别是：

$$w_{p0}=0$$

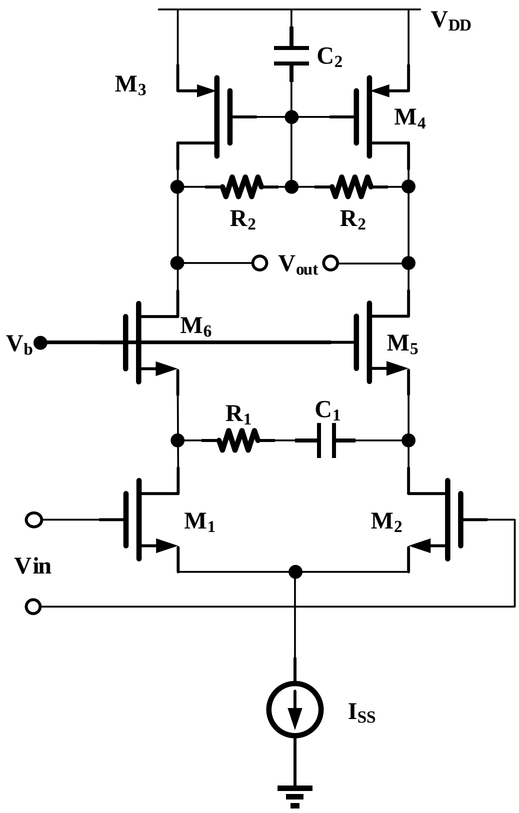
$$w_{p1}=-\frac{C_3g_{m2}}{C_2C_3+C_2C_4+C_3C_4}$$

$$w_{p2}=-\frac{1}{SC_1R_s+\left[1+(g_{m1}+g_{mb1})R_s\right]}$$

5.4 Calculate the gain of each circuit in Figure 6.4 ignoring all other capacitors. (**λ=γ=0**)



(a)



(b)

Figure 6.4

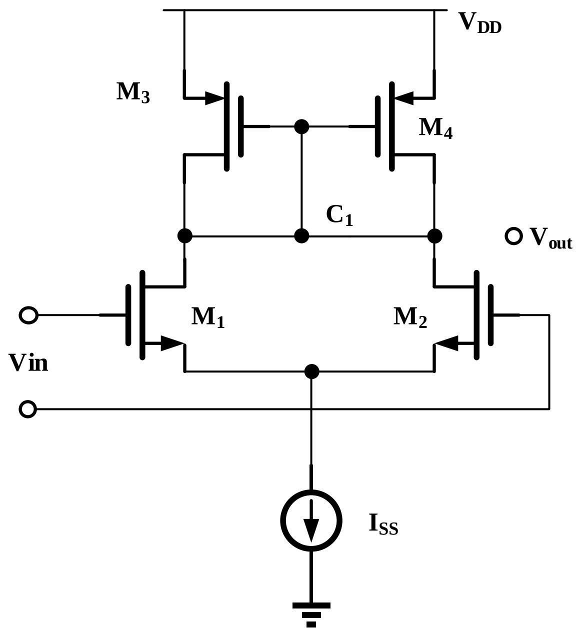
解：

(a)

低频时 C1 作为开路，增益等于差分电路增益：

$$Av = -g_{m1}(r_{o2} \| r_{o4}) \cong \infty$$

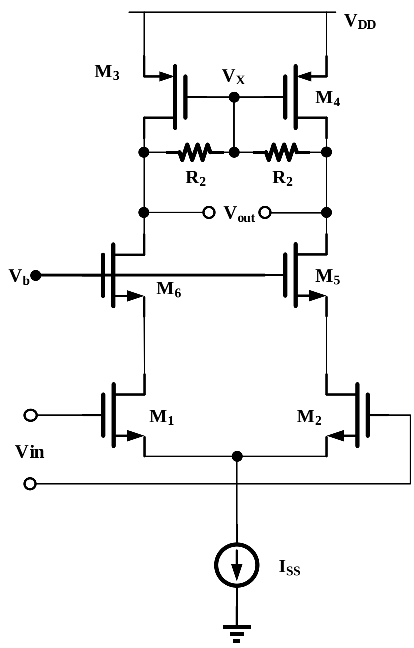
高频时 C1 作为通路，其等效电路如下：



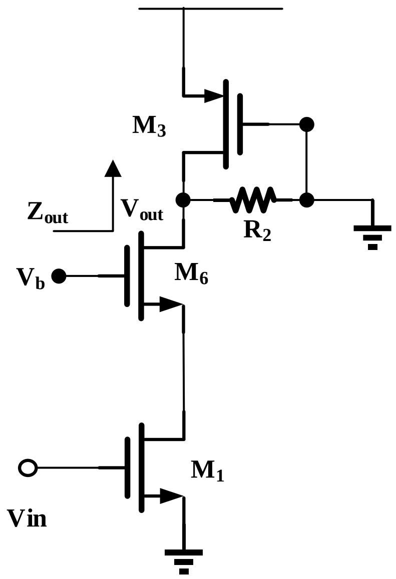
此时增益为 0

(b)

低频时电容作为开路，等效电路如图：



在 Vin 变化时认为 Vx 点电压不变，可用半边电路等效：



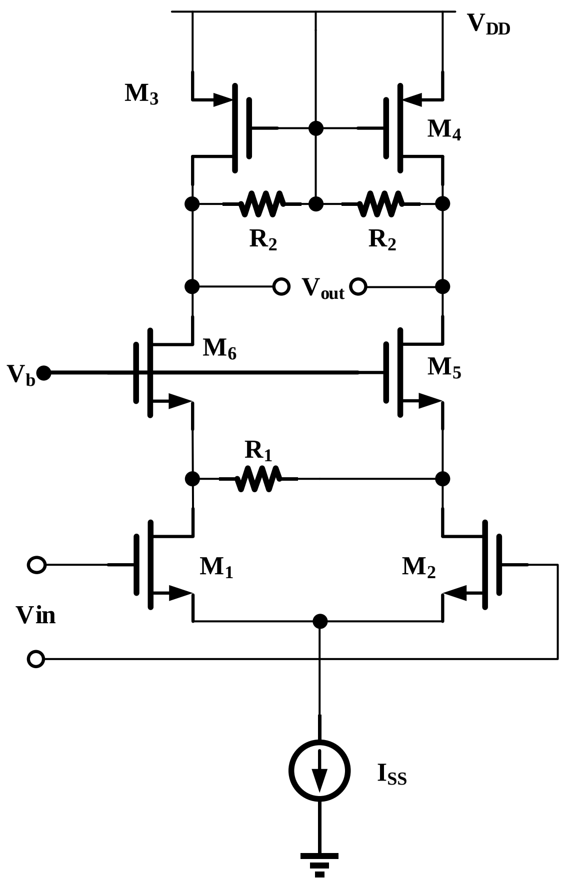
其中，

$$Z_{out} \cong r_{o3} \,||\, R_2 \cong R_2$$

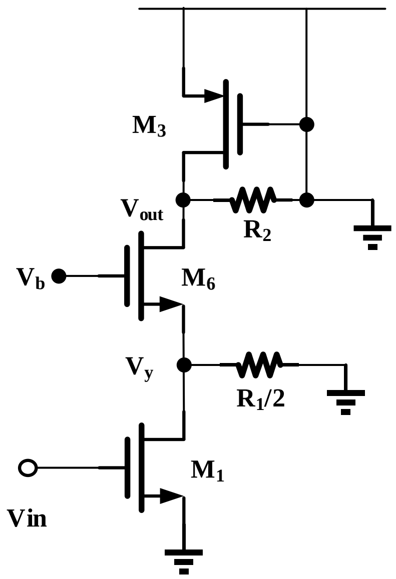
所以，

$$Av \cong -g_{m1} R_2$$

高频时认为电容为通路，等效电路如图：



同理，可以用半边电路来做：



$$\frac{V_y}{V_{in}}=-g_{m1}\left(\frac{1}{g_{m6}}\,||\,\frac{R_1}{2}\right),\frac{Vout}{Vy}\cong+g_{m6}R_2$$

$$\therefore\frac{V_{out}}{V_{in}}=-\frac{g_{m1}g_{m6}R_1R_2}{(2+g_{m6}R_1)}$$