



接点 B において KCL を用いると

$$\begin{aligned}
 g_{mB} \cdot (-v_{in}) + g_{dB}v_{BD} + g_{dMB}v_{BD} + g_{mMB}v_{BD} &= 0 \\
 v_{BD} &= \frac{g_{mB}}{g_{mMB} + g_{dMA} + g_{dMB}} v_{in} \\
 &\approx \frac{g_{mB}}{g_{mMB}} v_{in} \quad (1)
 \end{aligned}$$

である。次に接点 A について KCL と、式 (1) を用いると

$$\begin{aligned}
 g_{mMA}v_{BD} + g_{dMA}v_{AS} &= (g_{mA} - \Delta g_m)v_{AS} \\
 &\quad + g_{dA}(\Delta v - v_{AS}) \\
 &\quad + (g_{mA} + \Delta g_m)v_{AS} \\
 &\quad + g_{dA}(-\Delta v - v_{AS}) \\
 v_{AS} &= \frac{g_{mMA}}{2g_{mA} - 2g_{dA} - g_{dMA}} v_{AS} \\
 &\approx \frac{g_{mMA}}{g_{mMB}} \cdot \frac{g_{mB}}{g_{mA}} v_{in} \quad (2)
 \end{aligned}$$

と表せる。さらに、接点 O について KCL と式 (2) を用いると

$$i_{outp} = i_{A1} + i_{A3} \quad (3)$$

であるが、差動半回路の性質により  $i_{A3} = -i_{A2}$  となるので

$$i_{outp} = i_{A1} - i_{A2} \quad (4)$$

となる。ここで、出力電圧  $\Delta v$  は KVL と、式 (4) より

$$\begin{aligned}
 -\Delta v &= R_L i_{outp} \\
 &= R_L \cdot (-2\Delta g_m v_{AS} + 2\Delta v g_{dA}) \\
 \Delta v &= \frac{2R_L \Delta g_m}{1 + 2R_L g_{dA}} v_{AS} \quad (5)
 \end{aligned}$$

と計算できる。出力電圧を  $v_{out}$  とすると、式 (2)、(5)、と定数  $K_A$  を用いて  $\Delta g_m = 2K_A V_{CTRL}$  と表せることを勘案すると

$$v_{out} = \frac{4K_A R_L \Delta g_m}{1 + 2R_L g_{dA}} \cdot \frac{g_{mMA}}{g_{mMB}} \cdot \frac{g_{mB}}{g_{mA}} \cdot V_{CTRL} \cdot v_{in} \quad (6)$$

と求められた。ここで、カレントミラーのサイズが等しいとすると  $g_{mMA} = g_{mMB}$  となるので以前求めた利得と同様の結果になることが確かめられた。

### 3. 素子値の設計

今回、出力振幅を大きくするために NMOS にはトリプルウェルを用いて、バルクの電位を各 NMOS のソース電位に合わせることにした。図 4 に示す回路において  $V_{ds} = 1.8 \text{ V}$  とし、 $v_{in}$  を  $0 \text{ V}$  から  $1.8 \text{ V}$  まで掃引した時のドレイン電流を図 4 に示す。さらに、図 5 には  $v_{in} = 0.8 \text{ V}$  から  $v_{in} = 1 \text{ V}$  での最小二乗法による近似直線とその x 切片を示す。ただし、トランジスタはゲート長を  $0.18 \mu\text{m}$ 、ゲート幅を  $0.44 \mu\text{m}$ 、並列数を 16 とした。

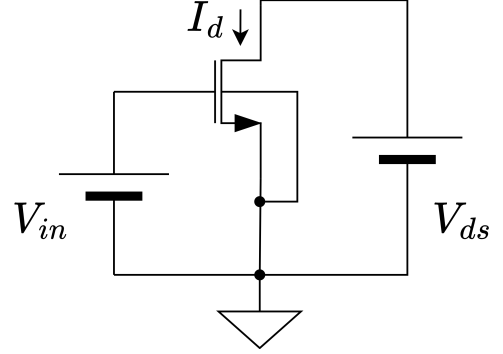


図 4 DC 解析を行った回路

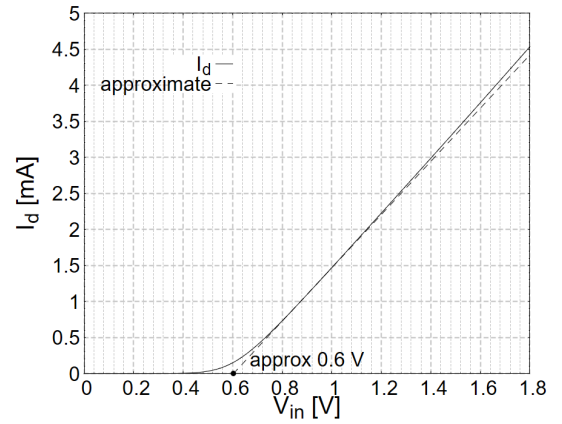


図 5 差動半回路の小信号等価回路

この結果から、このサイズのトランジスタのしきい値電圧はおよそ  $0.6 \text{ V}$  と推定することができた。 $M_A$  には後述する整合の影響を受け  $\pm 0.1 \text{ V}$  の信号が入る。図 5 では  $0.7 \text{ V}$  付近から線形に電流が増加していたので、ゲートソース間電圧を  $0.8 \text{ V}$  付近で利用することとした。また、 $M_A$  のソース電位は  $0.3 \text{ V}$  とした。この時ゲートのバイアス電圧  $V_{lbias}$  は  $1.1 \text{ V}$  と決まる。さらに、飽和領域で使用するためゲート電位はドレイン電位よりもしきい値電圧分大きくなればよいので、今回は少し余裕を持たせ、ドレイン電位は  $0.7 \text{ V}$  とした。さらに  $M_B$  についても  $M_A$  と同様  $V_{AS} = 0.3 \text{ V}$ 、