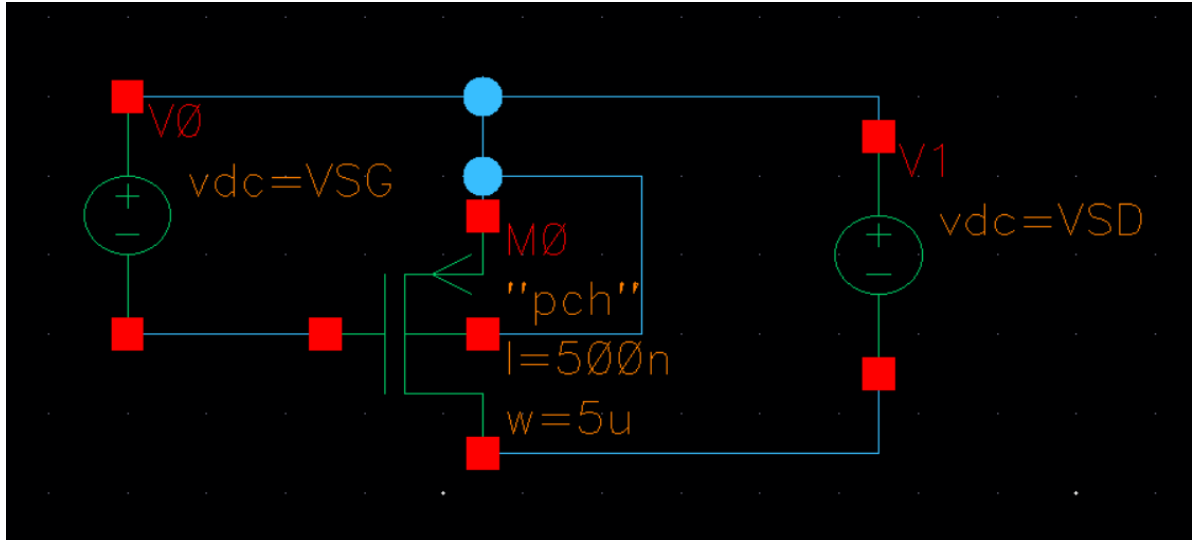


MOSFET

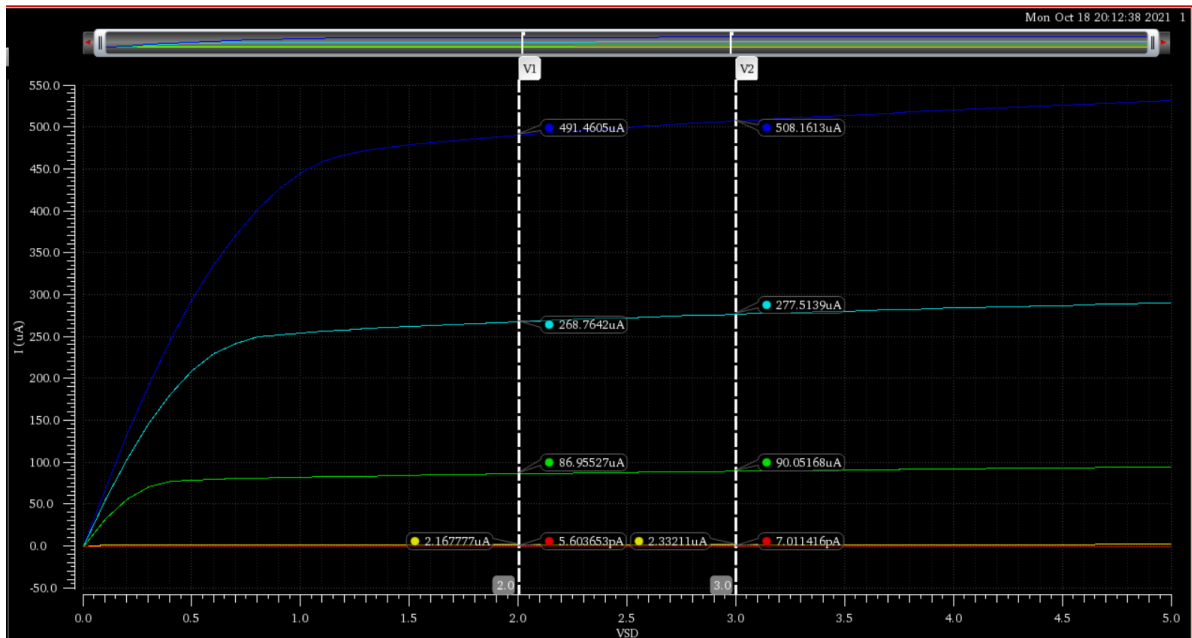
无04 2019012137 张鸿琳

pMOSFET伏安特性曲线及其参量

采用如下电路测量pMOSFET伏安特性曲线：



利用dc模式测量，变量选为 V_{SD} ，再利用Parametric Analysis，对变量 V_{SG} 进行0 – 2V的扫描，共五条曲线，得到下面的伏安特性曲线：



可以利用上面的系列曲线，求得该MOS的参量，考虑到厄利效应，电流公式如下：

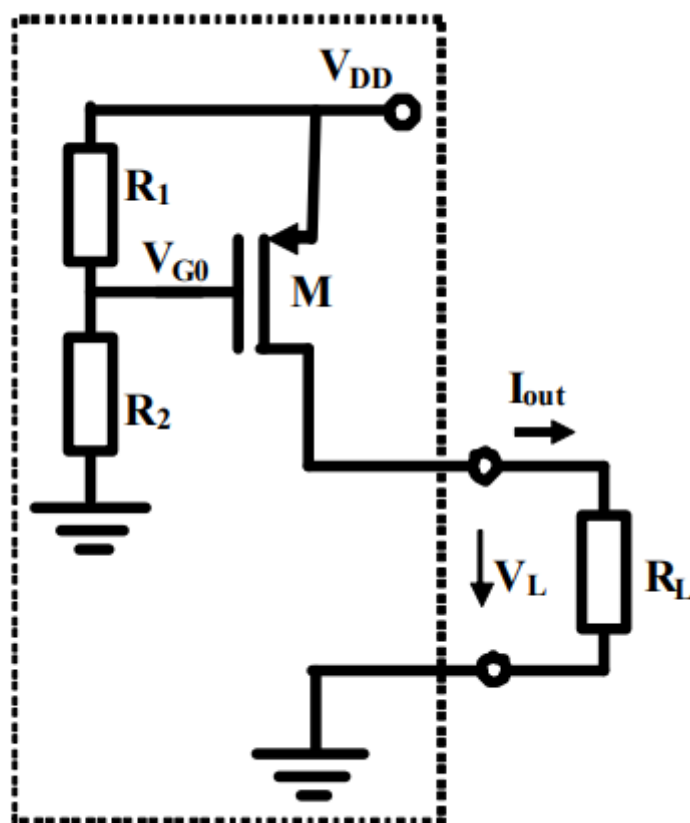
$$I_D = \beta_p (V_{SG} - V_{TH})^2 (1 + \lambda_p V_{SD}) \quad (1)$$

利用公式，代入 $V_{SG} = 2V$ 时的数据，得到： $\lambda_p \approx 0.036457$ 。不妨取 $V_{SG} = 1V$ 以及 $V_{SG} = 2V$ 两个点进行计算，得到 $V_{TH} \approx 0.273977V$ 。再将求得值代入，可以得到 $\beta_p \approx 1.539977 \times 10^{-4}$ 。

电流源设计

无负反馈结构

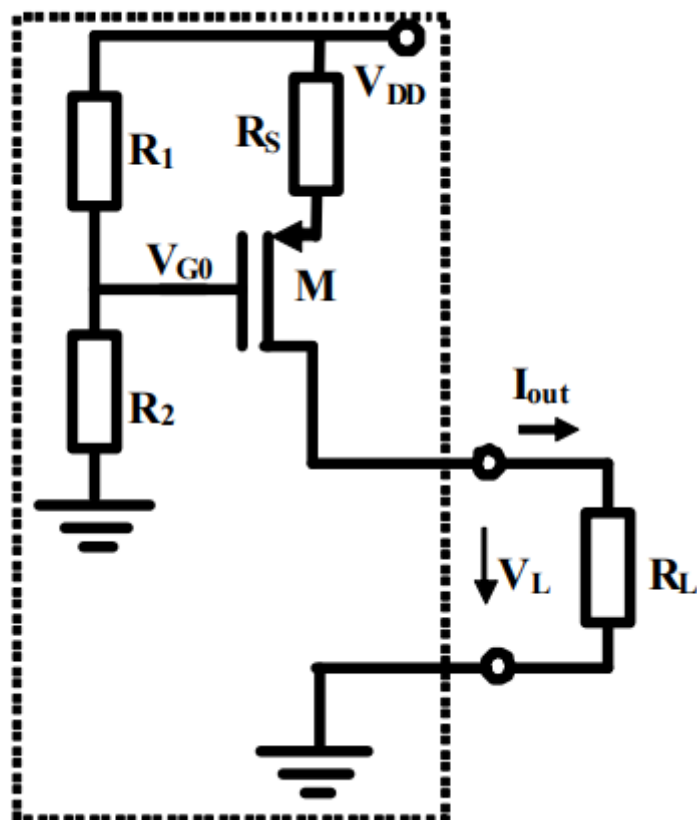
采用如下电路结构设计电流源：



该MOS为pMOSFET，所以需要首先保证 $V_{SG0} > V_{TH}$ ，才能保证MOS处于导通状态，之后需要保证电路中 $V_{SD} > V_{SG0} - V_{TH}$ ，这样MOS就会处于恒流区，而 $V_{SG0} = V_S - V_{G0} = V_{DD} - V_{G0} = V_{DD} - \frac{V_{DD}R_2}{R_1+R_2} = \frac{V_{DD}R_1}{R_1+R_2}$ ，而为了保证恒流源电流大小为 $100\mu A$ ，则 $\beta_n(V_{SG0} - V_{TH})^2 = 100\mu A$ ，代入上面求得的参量，可以解得 $V_{SG0} \approx 1.0798V$ ，而 $V_{DD} = 1.8V$ ，再令 $R_1 = 5.9989k\Omega$ ， $R_2 = 4.0011k\Omega$ ，为了使MOS保持在恒流源状态，对负载电阻的阻值范围也有一定要求： $IR_L < V_{DD} - (V_{SG0} - V_{TH})$ ，得到 $R_L < 9.9418k\Omega$ 。（实际有所偏差，故而对理论计算得到的 R_1 和 R_2 稍有修改，实际 $R_1 = 5.85k\Omega$ ， $R_2 = 4.15k\Omega$ ）

带负反馈结构

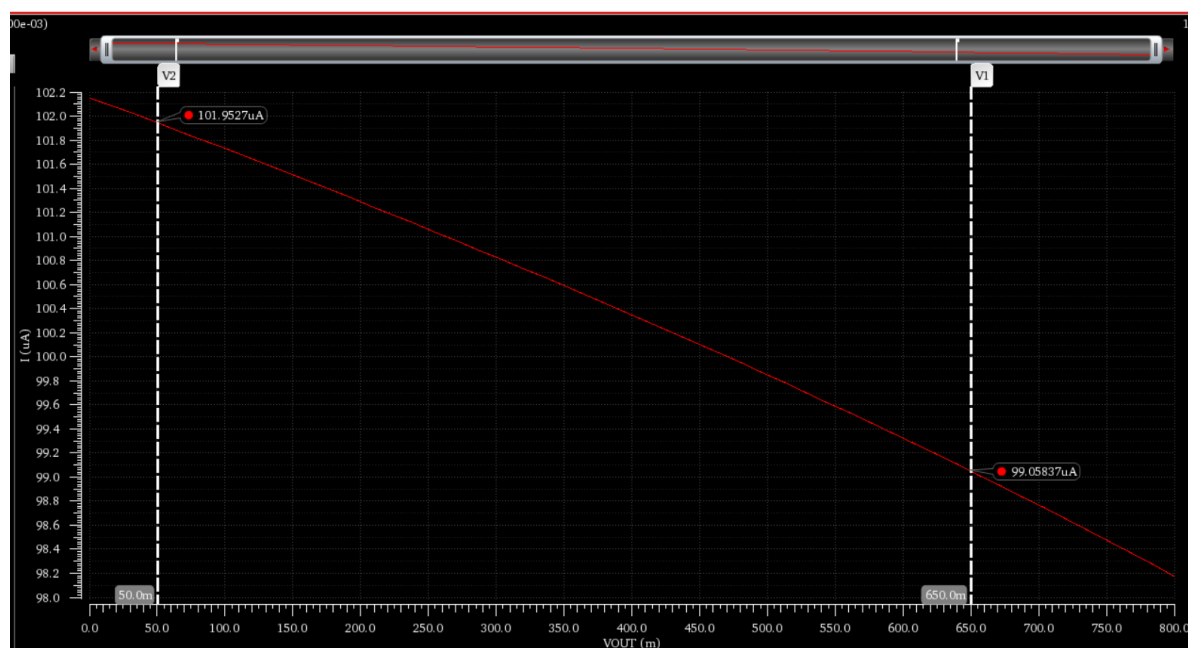
采用如下电路结构设计恒流源：



不妨取 $R_S = 1k\Omega$, 作为负反馈电阻, 那么 $V_{R_1} = 1.0798 + 0.1 = 1.1798V$, 那么可以令 $R_1 = 6.5544k\Omega$, $R_2 = 3.4456k\Omega$, 这样同样也可以实现恒流源, 同时需要保证 $R_L < 8.9418k\Omega$. (实际采用的阻值是 $R_1 = 6.42k\Omega$, $R_2 = 3.58k\Omega$)

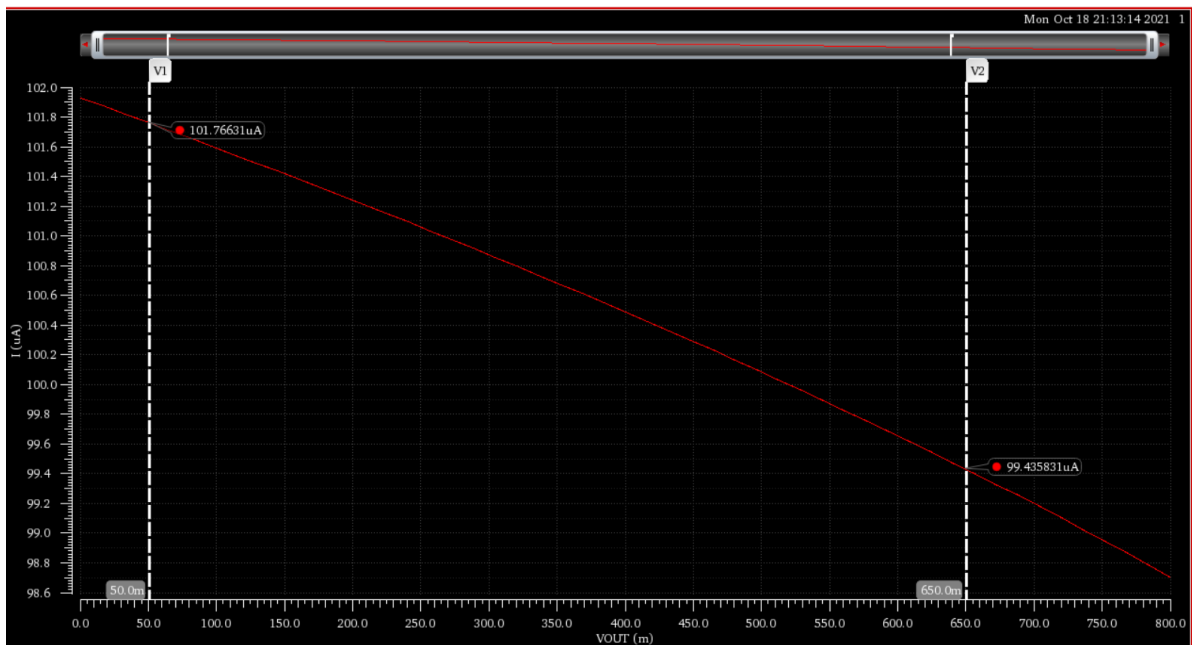
输出电阻

仿真出不带负反馈电路的输出伏安特性曲线为：



由此可以计算出输出电阻为 $R_A = \frac{650m - 50m}{101.9527\mu - 99.05837\mu} \approx 207.3k\Omega$.

而对于带负反馈电路, 仿真出的输出伏安特性曲线为：



可以计算出其输出电阻为 $R_B = \frac{650m - 50m}{101.76631\mu - 99.435831\mu} \approx 257.5k\Omega$ 。

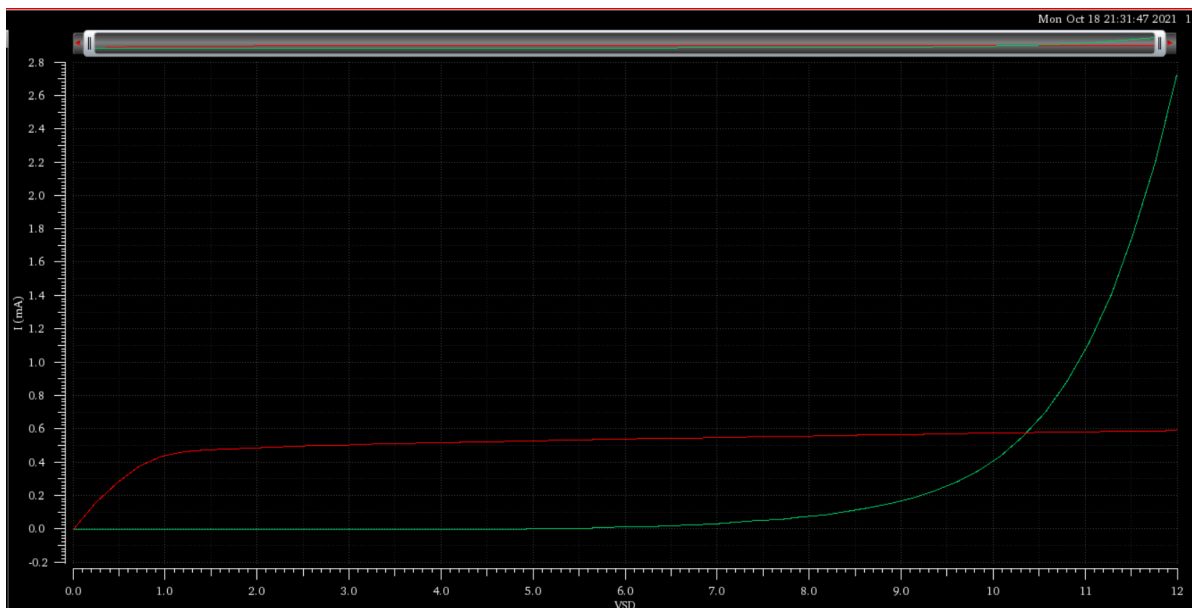
由上面的数据，有 $R_B > R_A$ ，所以显然带有负反馈机制的电路更接近理想电流源。

仿真中遇到的问题

在本次仿真中，出现了一些尚未解决的问题，也是导致本次作业迟交的原因。

首先，仿真时发现，利用 V_{SG} 取值较大时的伏安特性曲线（ V_{SG} 达到 $3 - 5V$ 的范围）计算出的阈值电压 V_{TH} 为负值，因为计算阈值电压时，采用了公式 $I_D = \beta_p (V_{SG} - V_{TH})^2 (1 + \lambda_p V_{SD})$ 作比的方式，所以该现象的发生可能与实际情况中 β_p ， λ_p 这些参量会随外部条件发生变化有关。

同时，当 V_{SD} 较大时，pMOS 的衬底产生明显电流，如下图：



其中红线为 pMOS 的 S 端电流，而绿线为 B 端电流，可以看到当 V_{SD} 达到 $9V$ 左右时，其已经产生了明显的电流，猜测可能是电压过高导致形成了由源极或漏极流向衬底的电流，也就是形成了导通的二极管。

