

《集成电路设计导论》实验

实验 1——晶体 MOS 管及其电路

(MOS 管特性/反相器延迟参数)

一、实验设备

- 1、微型计算机
- 2、NI MultiSim14.0 EDA 软件

二、实验内容

1、MOS 管输出特性曲线绘制

(1) 使用 MultiSIM 软件，绘制如下图 1 所示的测试电路。

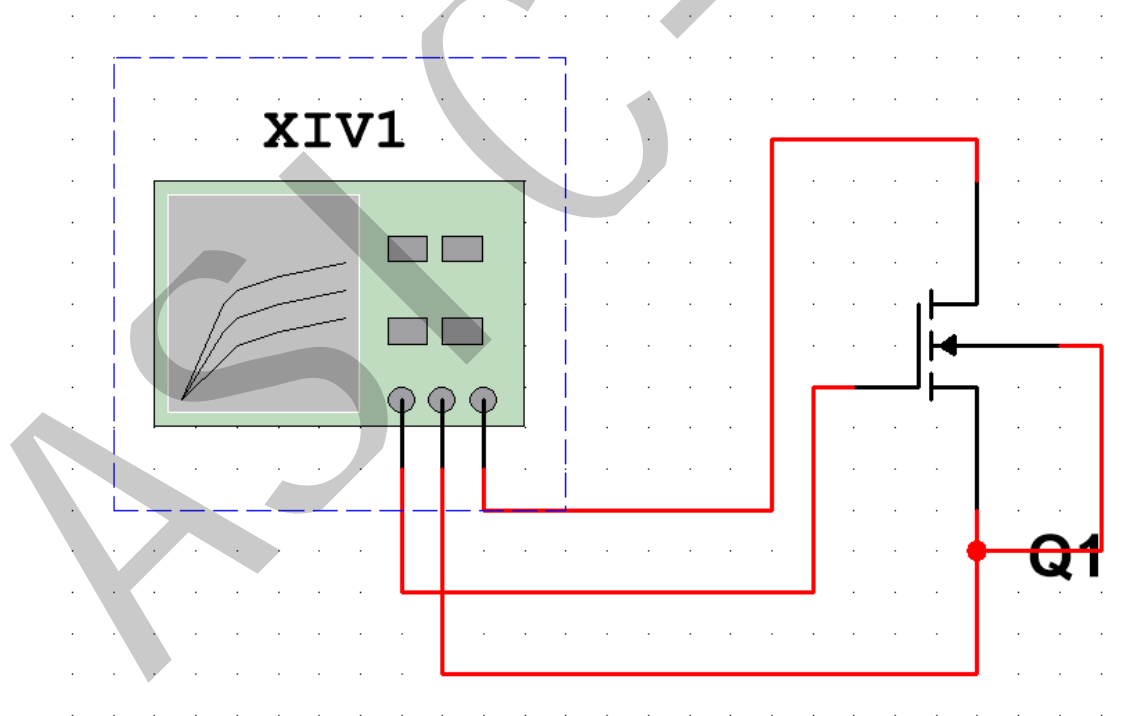



图 1 NMOS 管输出特性测试电路

注：

- XIV1 使用菜单“仿真”-->“仪器”-->“IV 分析仪”；

- NMOS 管使用工具栏中  “放置晶体管” --> “TRANSISTORS_VIRTUAL” 中的 MOS_N_4T。

(2) 设置 IV 分析仪参数

双击 IV 分析仪，出现 IV 分析仪虚拟设备窗口，检查确认元器件栏中器件的类型为 “NMOS”；

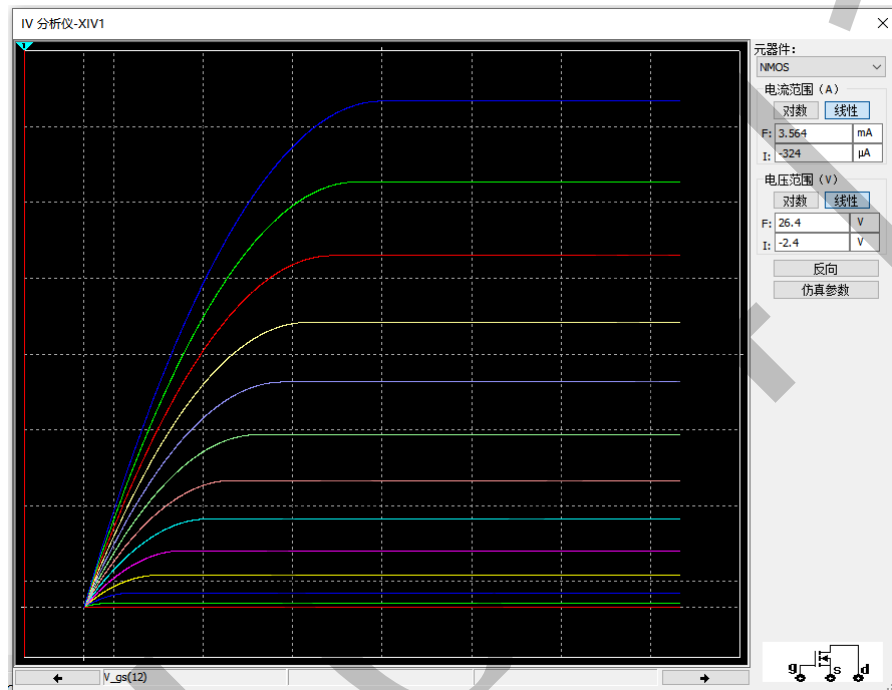


图 2 IV 分析仪窗口

点击 “仿真参数” 按钮，按下图所示设置 IV 分析仪参数。

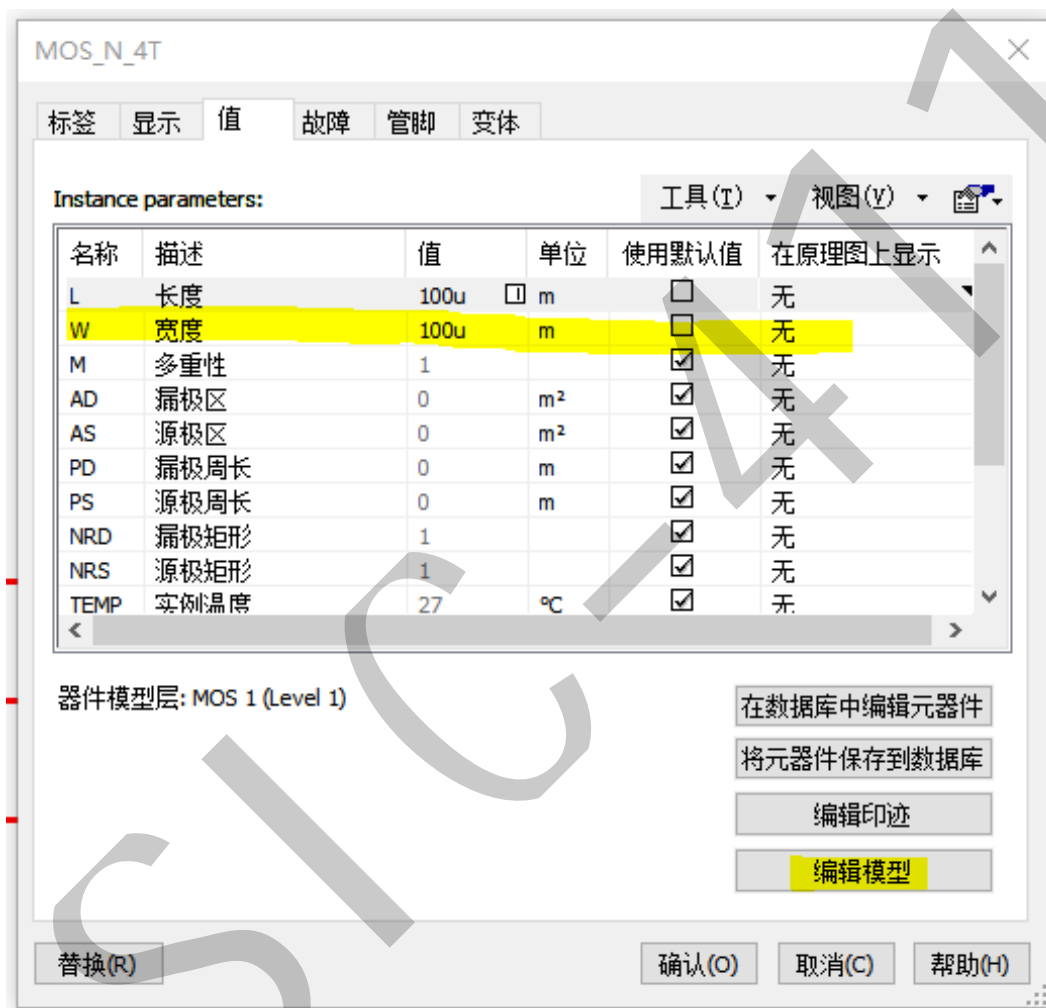


The figure shows the '仿真参数' (Simulation Parameters) dialog box. It contains two sections for defining voltage sources. The first section, '源名称 V_{ds} ', has a '开始(S):' (Start) of 0 V, a '停止(t):' (Stop) of 24 V, and an '增量(I):' (Increment) of 10 mV. The second section, '源名称 V_{gs} ', has a '开始(a):' (Start) of 0 V, a '停止(p):' (Stop) of 12 V, and '步数(N):' (Number of steps) of 13. At the bottom, there are '确认(O)' (OK) and '取消(C)' (Cancel) buttons.

图 3 IV 分析仪参数设置窗口

(3) 设置 NMOS 晶体管参数

双击电路图中的晶体管，出现如下的 MOS 管参数设置窗口，点击窗口上的“编辑模型”按钮，依照图中所示，依次设置 NMOS 管的“阈值电压 V_{TO} ”和“跨导参数 K_P (MOS 管导电因子)”之值，更改完成后，按“更改元器件”和“确认”按钮确认。



(a)

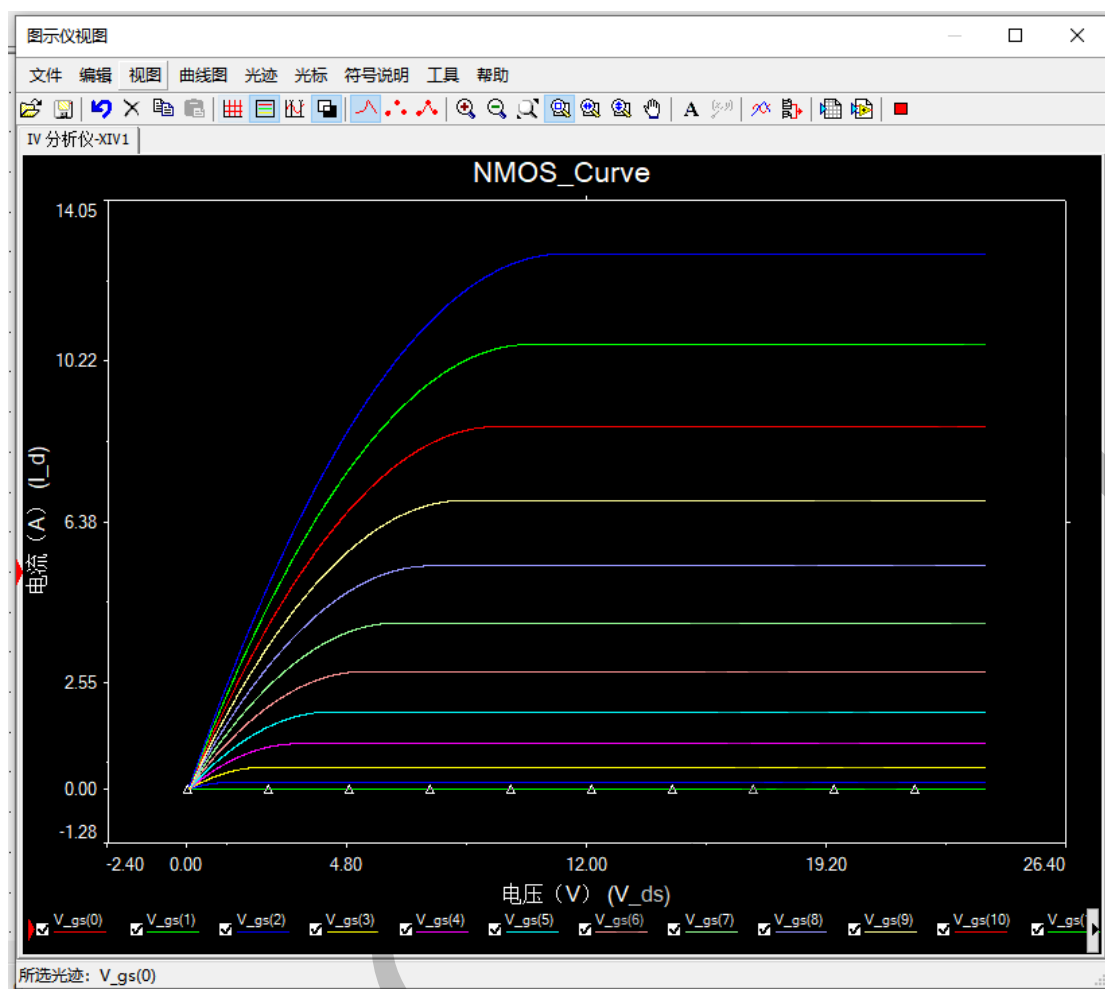


图 5 图示仪窗口

分别更改图 4 (a) 中的 MOS 沟道宽度值为 150um, 200um, 250um, 进行仿真并记录结果。

(5) 数据分析

根据以上实验结果, 分析并说明 MOS 管宽长比参数对晶体管性能的影响。

2、CMOS 反相器延迟参数测试

(1) 使用 MultiSIM 软件，绘制如下图 6 所示的 CMOS 反相器测试电路。

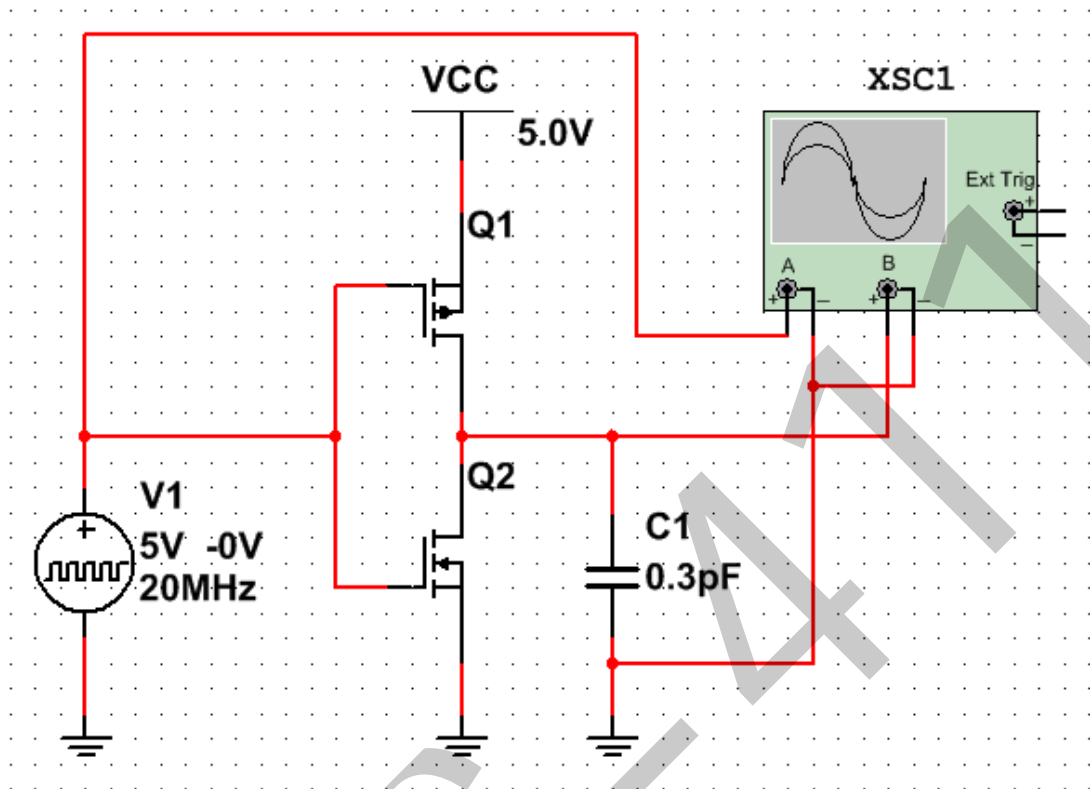
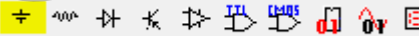
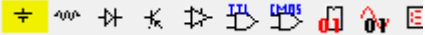

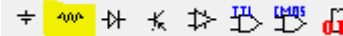


图 6 CMOS 反相器电路图

注：

- XSC1 使用菜单“仿真”-->“仪器”-->“示波器”；
- VCC 和 GND 使用工具栏中  “放置源”-->“POWER_SOURCES”中的“VCC”和“GROUND”，并将 VCC 设置为 5V；
- 信号源使用工具栏中  “放置源”-->“SIGNAL_VOLTAGE_SOURCES”-->“BIPOLAR_VOLTAGE”；
- NMOS/PMOS 管分别使用工具栏中  “放置晶体管”-->“TRANSISTORS_VIRTUAL”中的 MOS_N 和 MOS_P；
- 电容使用工具栏中  “放置基本”-->“RATED_VIRTUAL”-->“CAPICATOR_RATED”。

（2）设置仿真参数

双击电容符号，会出现电容参数设置窗口，将其“值”改为 0.3pf，双击信号源符号，出现其参数设置窗口，将其值按下图 7 所示进行修改。



图 7 双极电压源参数设置

（3）仿真运行

先使用 NMOS 管和 PMOS 管的默认模型参数（此时 N 管和 P 管的参数完全一致）进行仿真。双击示波器打开如下图 8 所示的虚拟示波器窗口，点击“运行”按键，运行一段时间后暂停，观察并记录输入和输出波形，特别是上升沿和下降沿时间数据（通过拖动示波器时标进行精确测量）；

根据下图 9 所示，修改 NMOS 管和 PMOS 管的模型参数，然后重复上述实验过程；

试着修改 MOS 管沟道尺寸参数，使得 CMOS 反相器输出波形的上升时间和下降时间基本相等，并记录实验结果。

(4) 数据分析

根据以上实验现象，简述 CMOS 门电路上升时间、下降时间和延迟时间的分析方法，以及其与 MOS 管、重要电路参数之间的关系。

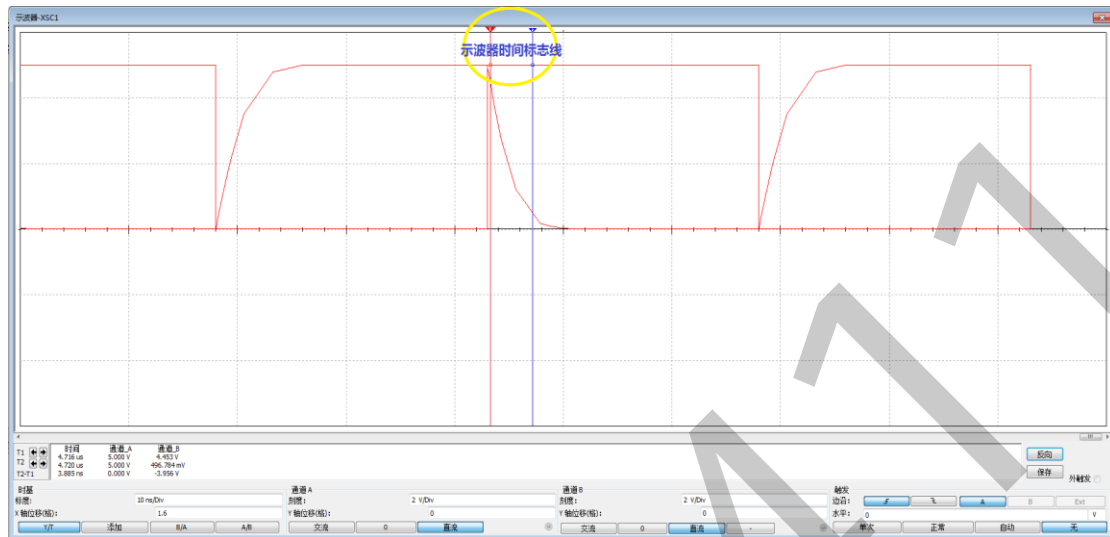
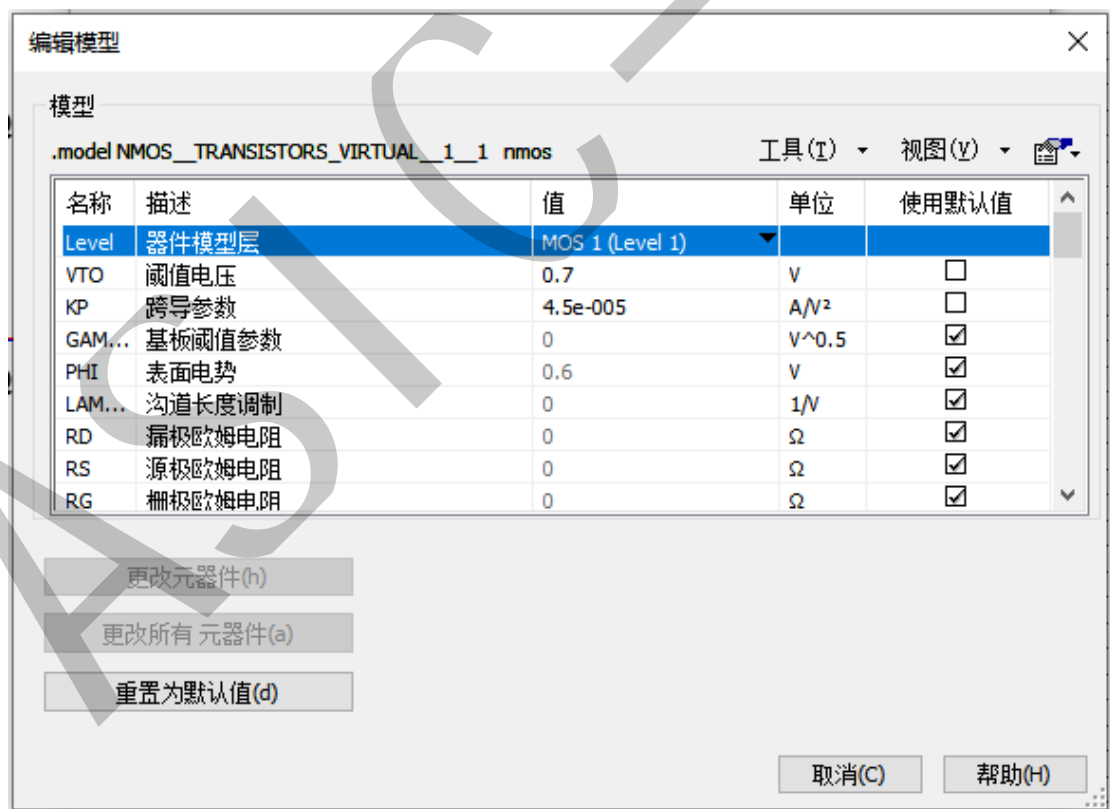


图 8 虚拟示波器窗口



(a) NMOS 管模型参数设置



(b) PMOS 管模型参数设置

图 9 NMOS 管/PMOS 管模型参数设置