

## การบ้าน ครั้งที่ 1 (ส่ง 13 ธ.ค. 56)

### การออกแบบและจำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรม LTspiceIV

#### 1. บทนำ

โปรแกรม LTspiceIV

นับเป็นหนึ่งในโปรแกรมที่ใช้สำหรับออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีที่สุดใช้งานง่าย และที่สำคัญคือฟรี สามารถใช้งานได้โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนอุปกรณ์ จึงได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน

#### 2. วัตถุประสงค์

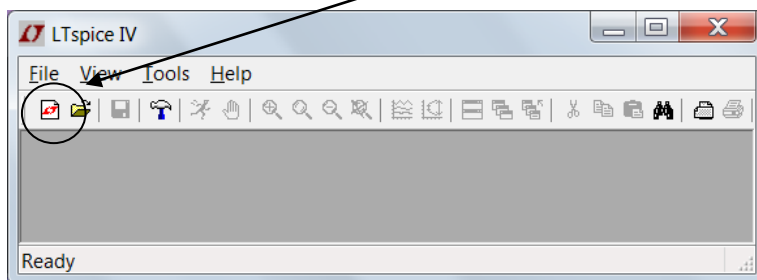
เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้และทดลองใช้ LTspiceIV ในการออกแบบและจำลองการทำงานของ วงจรแอนะล็อก

#### 3. ขั้นตอนการลงโปรแกรม LTspiceIV

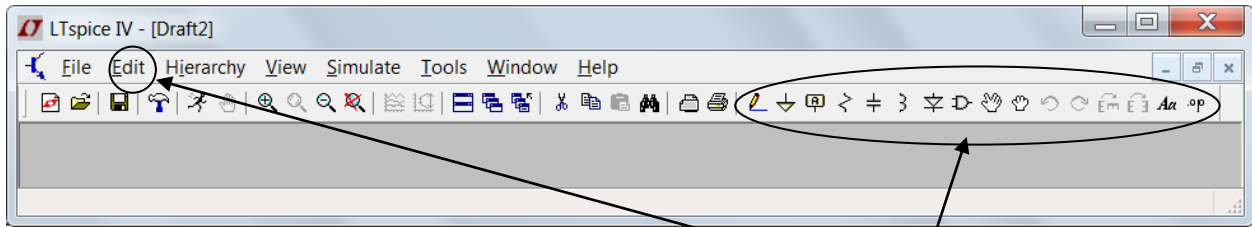
- 3.1 ดาวน์โหลด LTspiceIV ที่ <http://www.linear.com/designtools/software/ltspice.jsp>
- 3.2 ลงโปรแกรม LTspiceIV โดย double-click ที่ไฟล์ LTspiceIV.exe
- 3.3 เสริมสัณพร้อมใช้งาน LTspiceIV

#### 4. การออกแบบและจำลองการทำงานวงจรด้วย LTspiceIV

- 4.1 เปิดโปรแกรม LTspiceIV
- 4.2 สร้าง Schematic โดย Click “File” -> “New schematic”



- 4.3 จะได้หน้าต่างที่สามารถใช้วาด Schematic ขึ้นมา

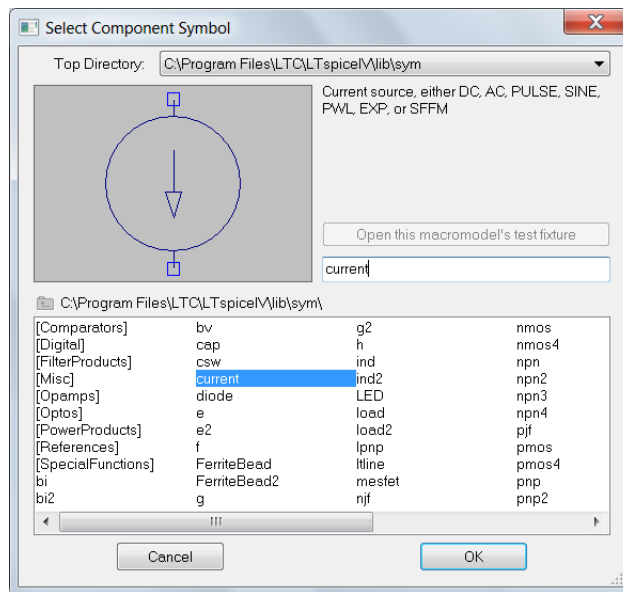
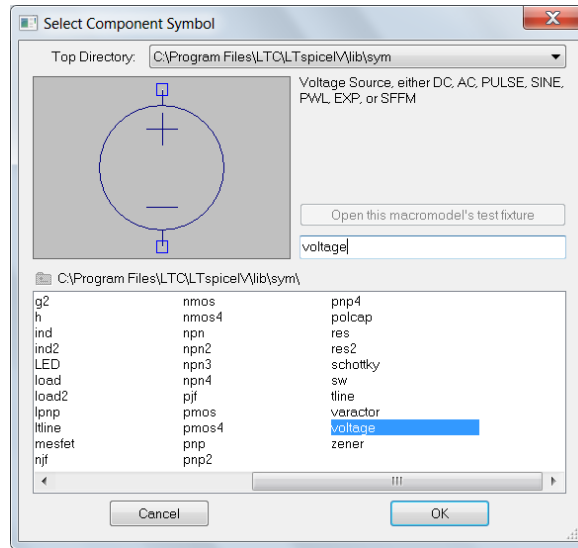


4.4 เราสามารถวาดอุปกรณ์ต่างๆได้โดย click “Edit” หรือ Icons เหล่านี้ หรือสามารถใช้ Shortcut Keys ต่างๆได้ดังนี้

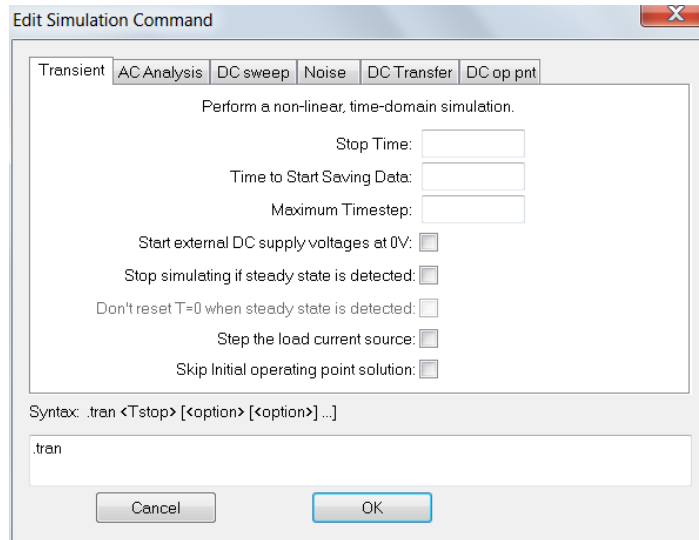
Shortcut Keys ต่างๆ

ฟังก์ชัน	Key	คำอธิบาย
Draw Wire	F3	วาดสายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์
Label Net	F4	ตั้งชื่อให้ Node ในวงจรทำให้ plot กราฟได้ง่าย
Delete	F5 or delete	ลบอุปกรณ์
Duplicate	F6	คัดลอกอุปกรณ์ (copy and paste)
Move	F7	ย้ายอุปกรณ์
Drag	F8	ดึงหรือยึดอุปกรณ์โดยที่ยังต่อที่เดิม
Resistor	R	วาดตัวต้านทาน
Capacitor	C	วาดตัวเก็บประจุ
Inductor	L	วาดตัวเหนี่ยวนำ
Diode	D	วาดไดโอด
Component	F2	วาดอุปกรณ์อื่นๆ เช่น NMOS, PMOS, etc.
Place GND	G	วาด Ground
Directive	S	วางคำสั่งที่ใช้ในการ Simulation ต่างๆ
Text	T	วางข้อความอธิบายต่างๆ

4.5 การวางแหล่งจ่ายแรงดันและกระแสจะอยู่ในการวางอุปกรณ์ (F2)



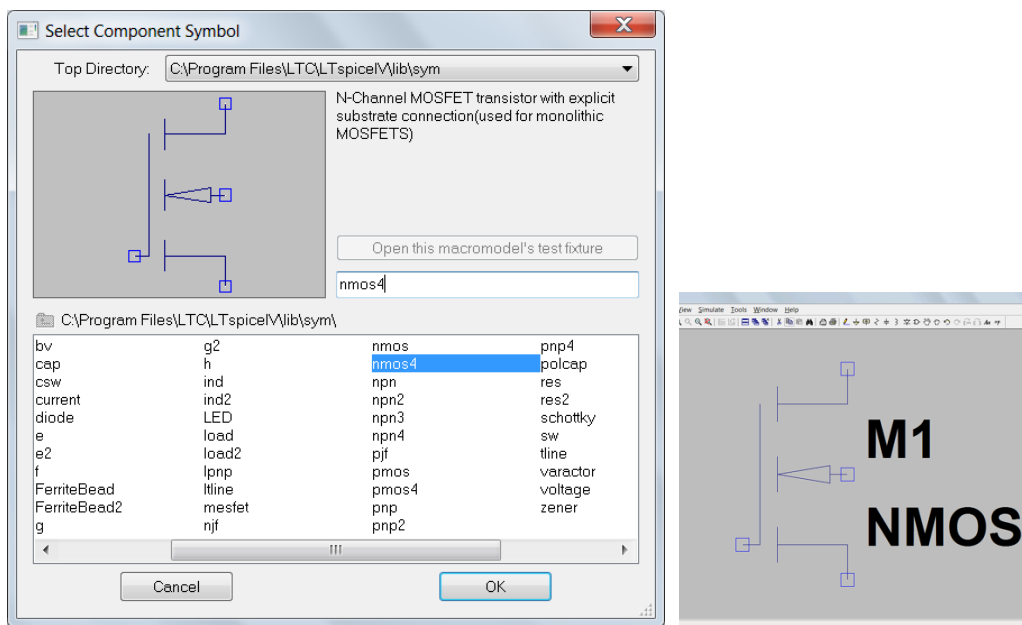
4.6 เมื่อวาดวงจรเสร็จแล้วสามารถเลือกการจำลองการทำงานได้โดย Click “Edit” -> “Spice Analysis”  
และวางคำสั่งลงบน Schematic



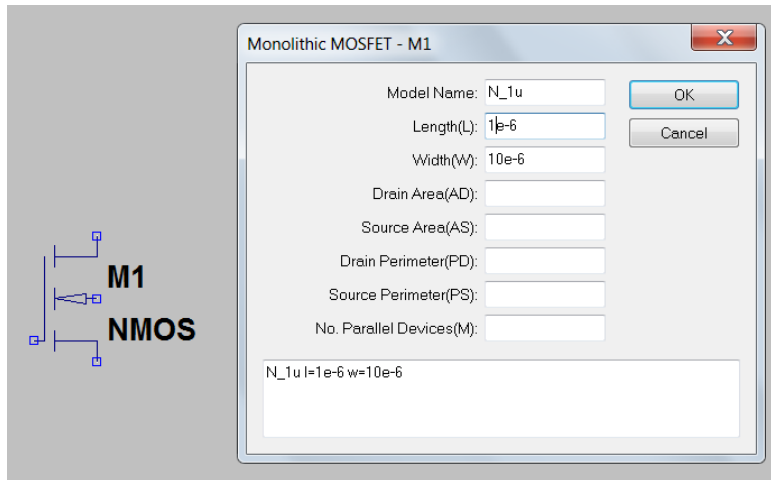
4.7 เริ่มจำลองการทำงานโดย Click “Simulate” -> “Run”

## 5. ตัวอย่างการออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรขยาย Common-source

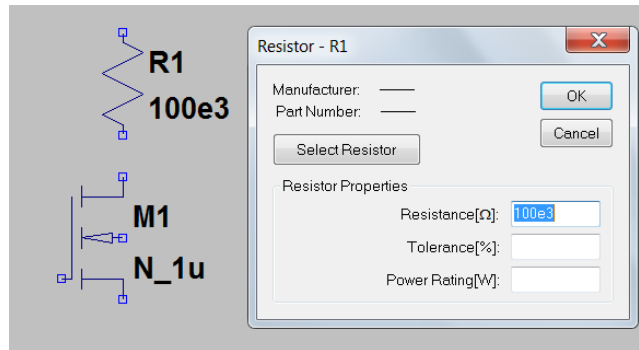
5.1 วาด NMOS โดยพิมพ์ F2 และเลือก “nmos4” ดังรูป



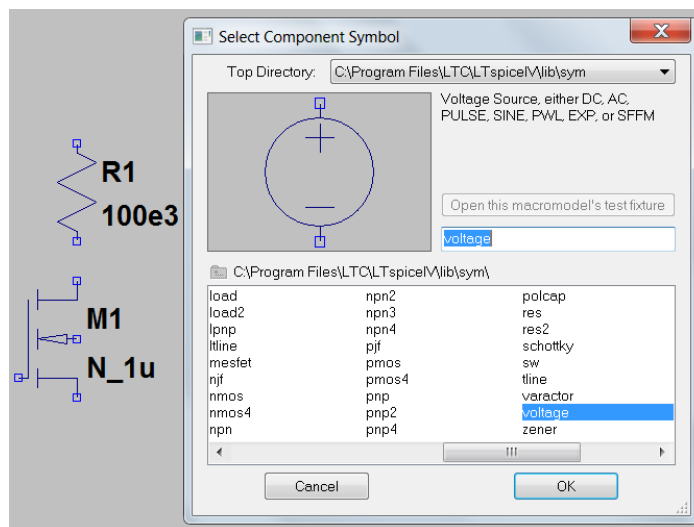
5.2 คลิกขวาเพื่อ Edit คุณสมบัติของ NMOS4 โดยใส่ Model name “N\_1u” และ  $L = 1e-6$ ,  $W=10e-6$  และคลิก OK



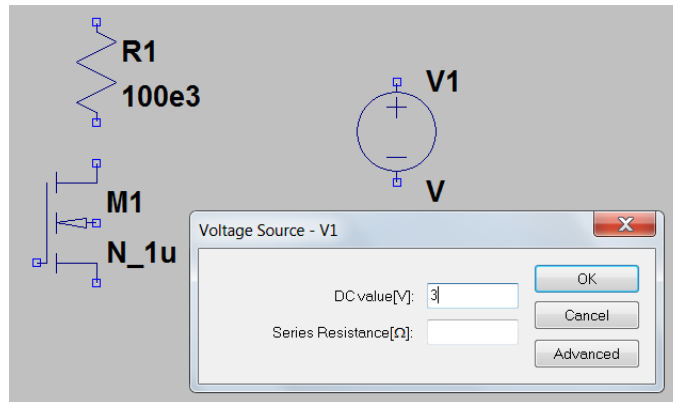
5.3 วัดตัวต้านทาน R และ click ขวาเพื่อใส่ค่า R = 100 K $\Omega$



5.4 วัดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงโดยพิมพ์ F2 และเลือก voltage

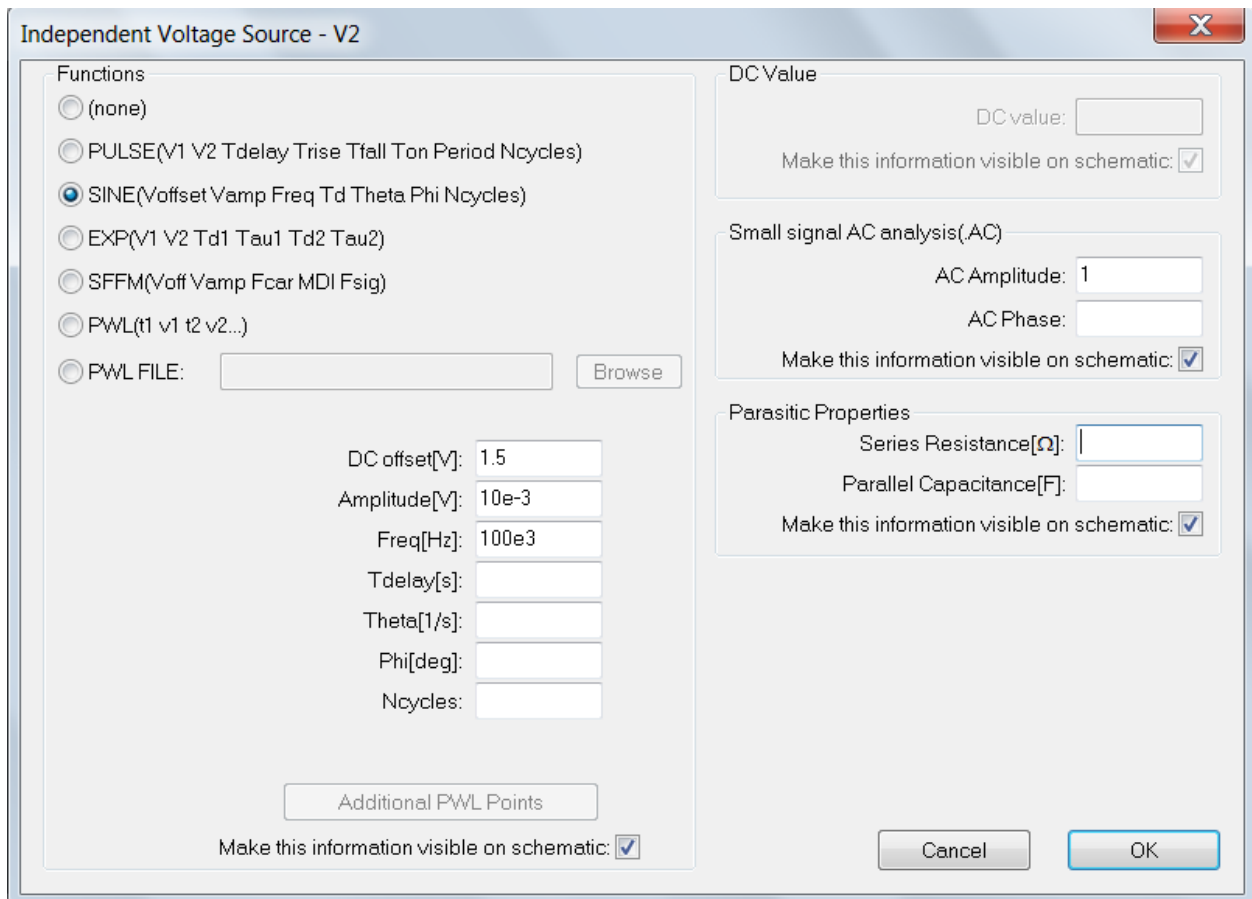


5.5 คลิกขวาบน Voltage source เพื่อ Edit คุณสมบัติของ Voltage source ใส่ค่า DC value = 3 V

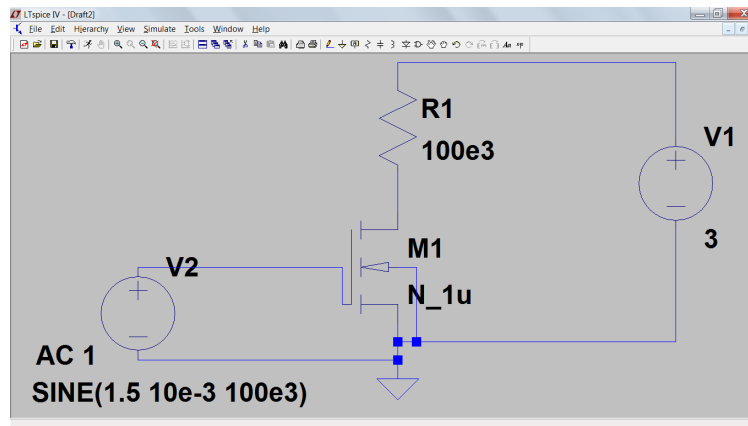


5.6 วัด Ground

5.7 วัด input voltage source โดยพิมพ์ F2 และเลือก voltage และคลิกขวาน Voltage source เพื่อ Edit คุณสมบัติ และคลิก Advanced เพื่อเลือกชนิดของ voltage source โดยเลือก SINE voltage source และให้ DC offset = 1.5 V, Amplitude = 10e-3 V, Freq = 100e3 Hz, AC amplitude = 1 และ คลิก OK



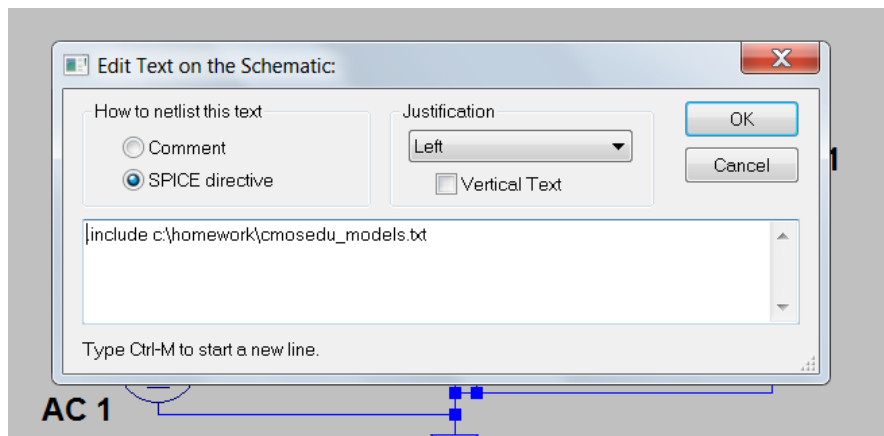
5.8 และ Draw wire เพื่อวาดวงจร Common-source ดังรูป



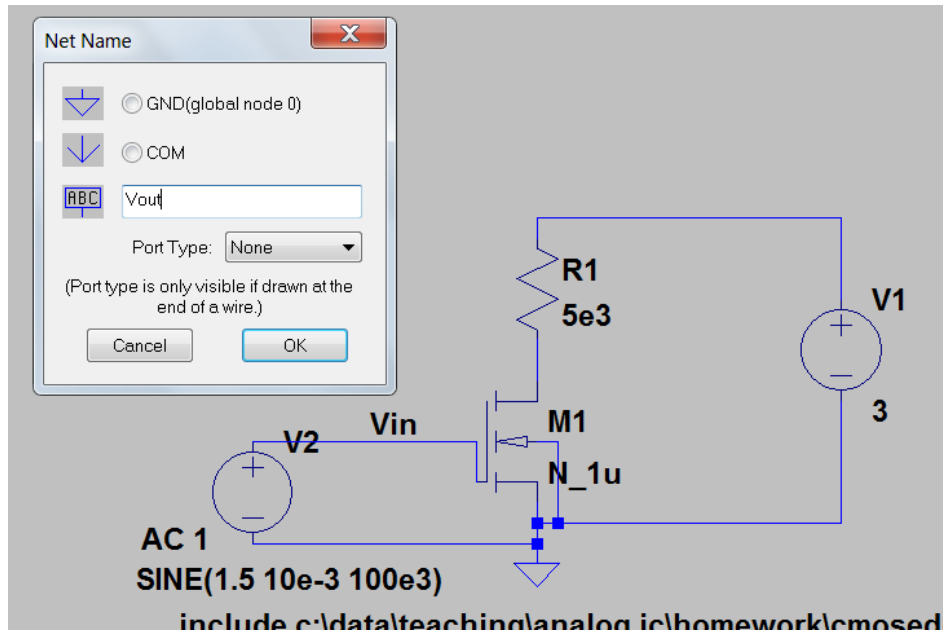
5.9 Save file โดยตั้งชื่อ csamp.asc ไว้ที่ working directory ตามที่ต้องการ เช่น C:\homework

5.10 ใส่ model ของ transistor เพื่อจำลองการทำงานโดยให้ download model file จาก [http://cmosedu.com/cmosp1/cmospdu\\_models.txt](http://cmosedu.com/cmosp1/cmospdu_models.txt) ไว้ที่ directory เดียวกันกับไฟล์ของ schematic เช่น C:\homework

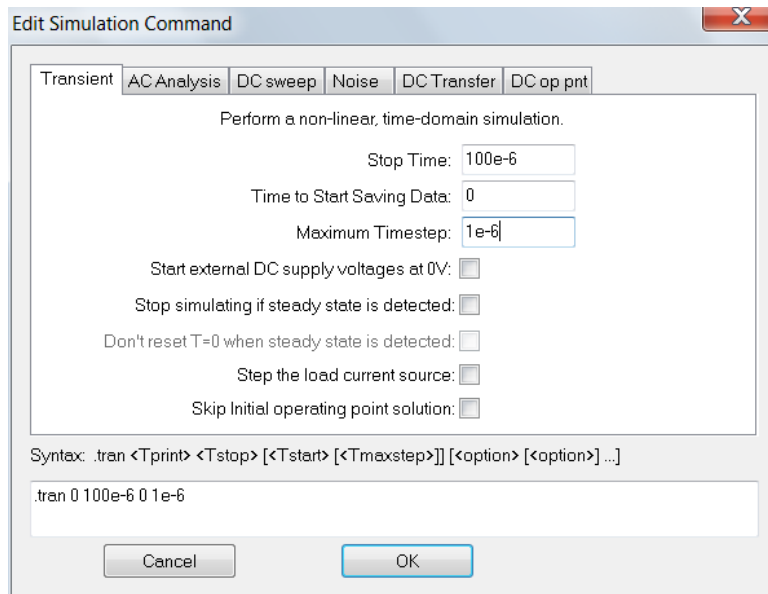
5.11 เลือก Spice directive และพิมพ์ “.include c:\homework\cmospdu\_models.txt” และคลิก OK

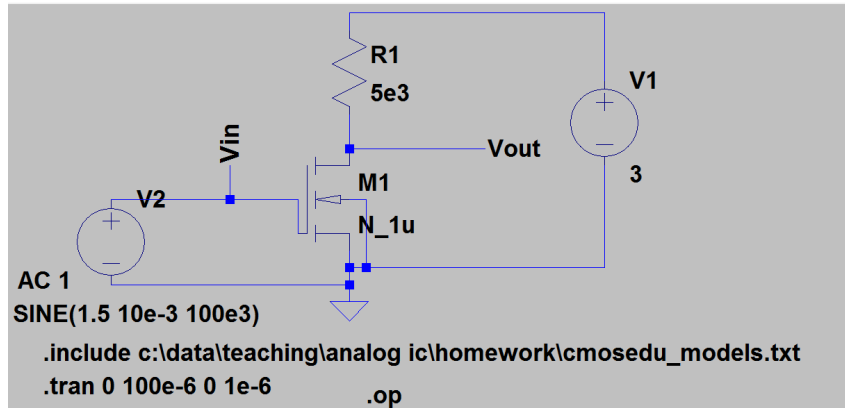


5.12 เลือก Label Net ที่ node input และ output ให้เป็นชื่อ Vin และ Vout

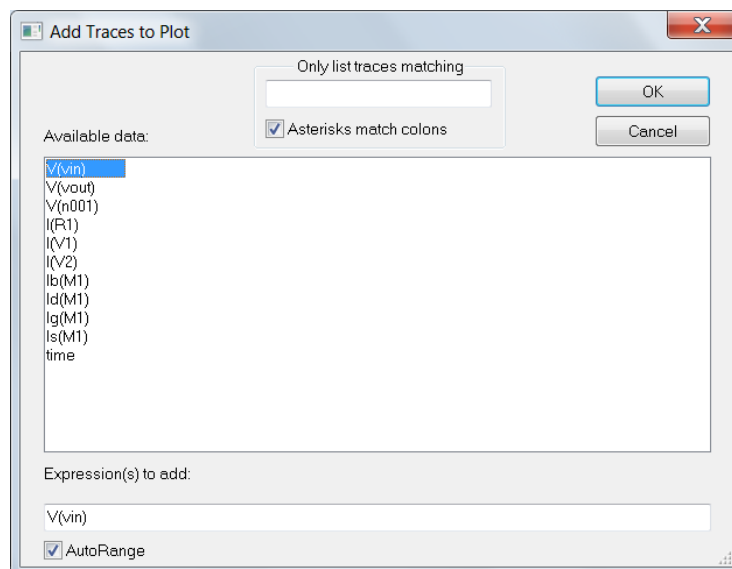


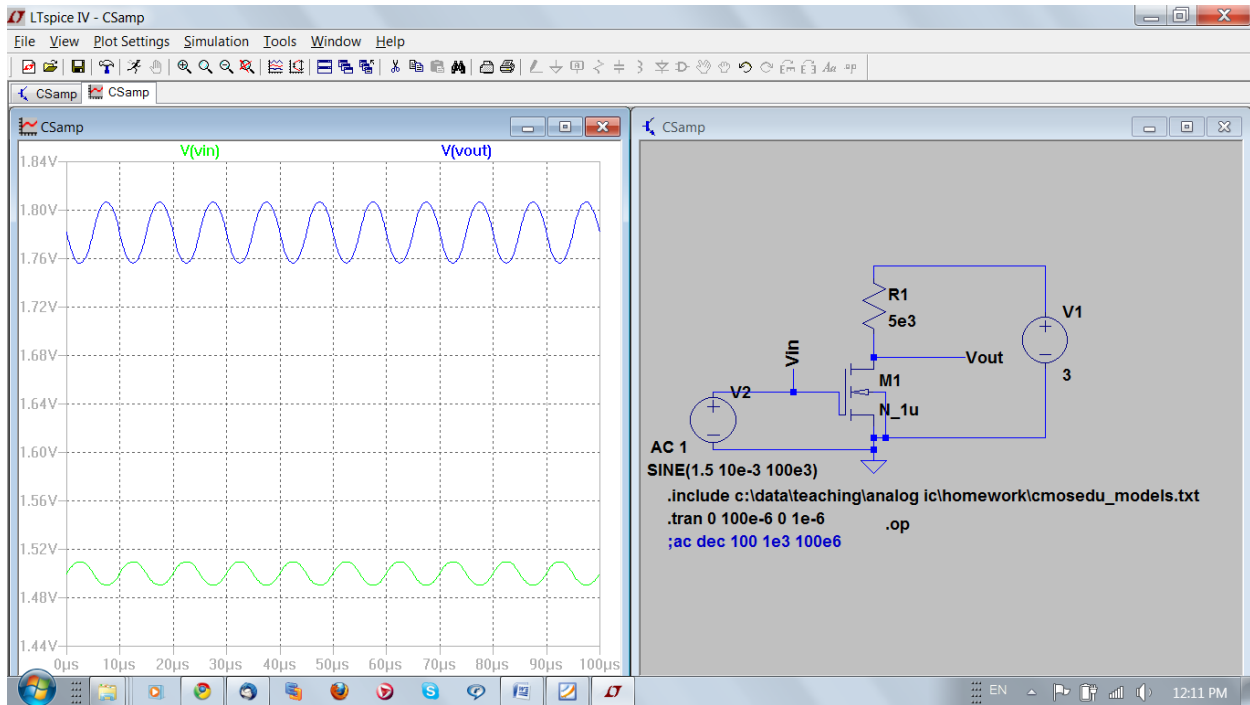
5.13 เลือก Spice analysis โดยเลือก transient analysis โดยเลือก Stop time = 100e-6 s, Time to start saving Data = 0 s, and max. Timestep = 1e-6 s



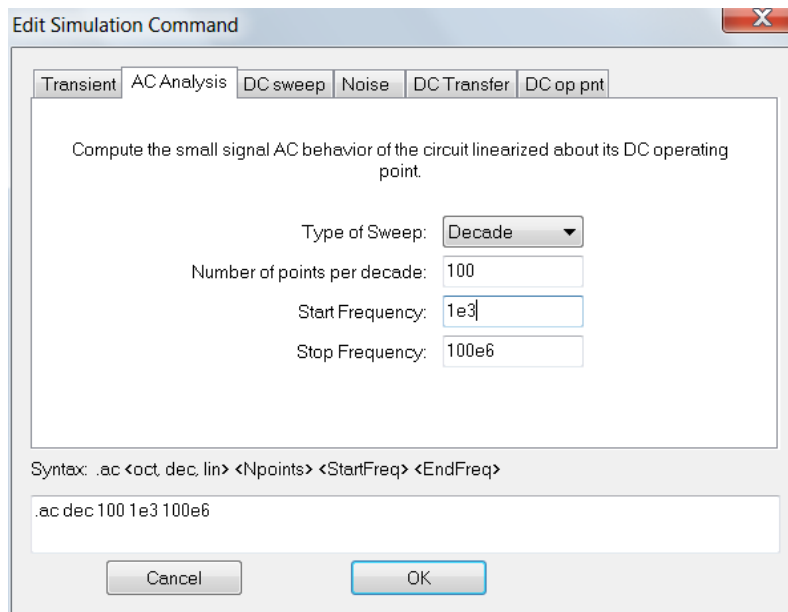


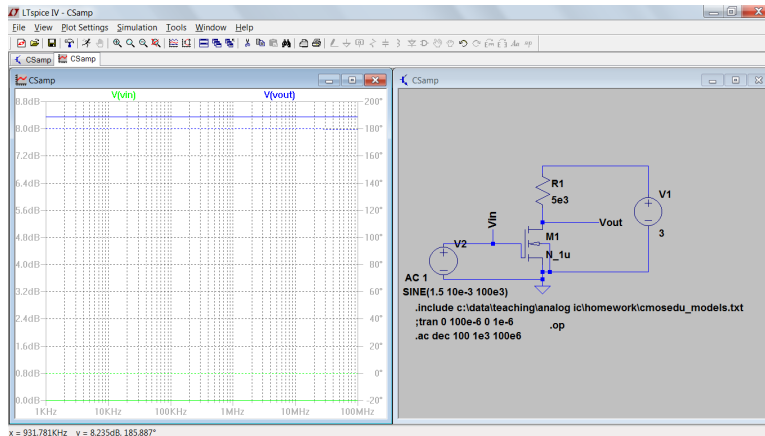
5.14 Run simulation และ plot สัญญาณ Vin and Vout โดย Click “Add Trace” เลือก V(Vin) และ V(Vout)





5.15 เลือก AC analysis โดยเลือก Type of sweep แบบ decade ,number of points = 100, start frequency = 1e3 Hz , stop frequency = 100e6 Hz





6. จงใช้โปรแกรม LTSPICE จำลองคุณลักษณะ  $I_{DS}$ - $V_{DS}$  ของ NMOS ขนาด  $W=10\mu\text{m}$   $L=1\mu\text{m}$  โดยเปลี่ยนแปลงแรงดัน  $V_{GS}$  จาก 0 ถึง 5 V ทีละ 0.5 V และเปลี่ยนแปลงแรงดัน  $V_{DS}$  จาก 0 ถึง 5 V ทีละ 0.1 V โดยให้พล็อตกราฟ  $I_{DS}$  vs  $V_{DS}$  สำหรับค่าแรงดัน  $V_{GS}$  ต่างๆ และคำนวณหาค่า  $k_n = \mu_n C_{ox}$ ,  $V_T$ ,  $\lambda_n$ , และ  $g_m$ .
7. จงทำการจำลองในข้อ 6. อีกครั้งโดยใช้ NMOS ขนาด  $W=100\mu\text{m}$   $L=10\mu\text{m}$  และอธิบายความแตกต่างของกราฟที่ได้จากข้อ 6. และข้อ 7 ว่าเกิดจากอะไร
8. จงใช้โปรแกรม LTSPICE จำลองคุณลักษณะ  $I_{DS}$ - $V_{DS}$  ของ PMOS ขนาด  $W=10\mu\text{m}$   $L=1\mu\text{m}$  โดยเปลี่ยนแปลงแรงดัน  $V_{GS}$  จาก 0 ถึง 5 V ทีละ 0.5 V และเปลี่ยนแปลงแรงดัน  $V_{DS}$  จาก 0 ถึง 5 V ทีละ 0.1 V โดยให้พล็อตกราฟ  $I_{DS}$  vs  $V_{DS}$  สำหรับค่าแรงดัน  $V_{GS}$  ต่างๆ และคำนวณหาค่า  $k_p = \mu_p C_{ox}$ ,  $V_T$ ,  $\lambda_p$ , และ  $g_m$ .
9. จงทำการจำลองในข้อ 8. อีกครั้งโดยใช้ PMOS ขนาด  $W=100\mu\text{m}$   $L=10\mu\text{m}$  และอธิบายความแตกต่างของกราฟที่ได้จากข้อ 8. และข้อ 9 ว่าเกิดจากอะไร

## 10. เอกสารอ้างอิง

- [1] LTspice Tutorial <http://denethor.wlu.ca/ltspice/>
- [2] Another LTspice tutorial [http://web.cecs.pdx.edu/~ssuzuki/engr\\_notes/ltspice/LTspice\\_help.pdf](http://web.cecs.pdx.edu/~ssuzuki/engr_notes/ltspice/LTspice_help.pdf)
- [3] CMOS analog and mixed-signal design <http://cmosedu.com/>
- [4] YouTube tutorial on LTspice <http://www.youtube.com/watch?v=lyADW32wi10>
- [5] LTspiceIV download page <http://www.linear.com/designtools/software/ltspice.jsp>
- [6] LTspice tutorial from McGraw Hill [http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0073106941/student\\_view0/lt\\_spice\\_instructions\\_and\\_support\\_files.html](http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0073106941/student_view0/lt_spice_instructions_and_support_files.html)