

基礎電子學實驗 2020/12/29

實驗目的

1. 瞭解基本 n-channel MOSFET 的使用
2. 驗證一個反相放大電路 (inverting amplifier) 的 input/output transfer function
3. 操作並觀察基本的硬體小訊號處理 (small-signal processing)

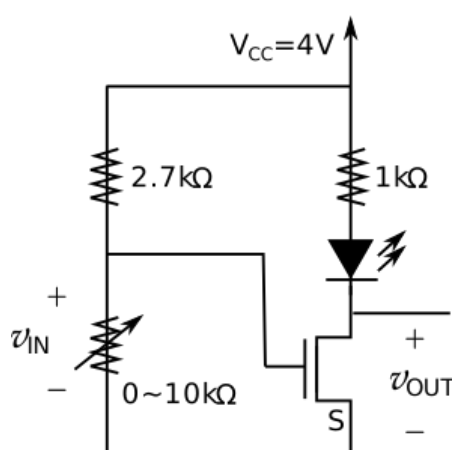
實驗步驟

我們這次實驗使用型號為 ALD212908 的 n-channel MOSFET，課程資料夾中有其 datasheet。實驗包含三個項目：

1. 驗證 MOSFET 作為開關的功能及操作特性
2. 觀察反相放大電路中，大訊號的輸入輸出關係
3. 觀察反相放大電路中，小訊號的輸入輸出關係

1. MOSFET 作為開關的功能及操作特性

參考 datasheet 建構如下的電路。在 MOSFET 之 drain terminal 串接一個 LED，並使用電源供應器產生 $V_{CC} = 4V$ ，並轉動電路左下角之可變電阻，使得 $V_{IN} = 0V$ ：



Circuit A

依據上述的設置，此時 LED 應不會亮，因為 $V_{GS} = 0 < V_{GS(th)}$ 亦即 MOSFET 操作在 cut-off region.

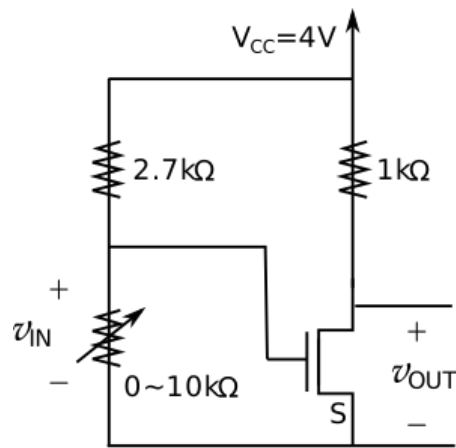
現在慢慢轉動可變電阻，直到 LED 燈開始微微發亮，紀錄此時的 $V_{IN} = \underline{\hspace{2cm}}$

此時 V_{IN} 是否約略大於 $V_{GS(th)}$? $\underline{\hspace{2cm}}$

接著，使用三用電表量測跨過 $1k\Omega$ 電阻的電壓，由此可推得流過 LED 及流過 MOSFET 之 drain-source 的電流。現在，三用電表持續量測該電壓，同時轉動可變電阻讓 LED 持續發亮，觀察三用電表的電壓讀數是否約略維持不變？這意味著此時 MOSFET 在哪一個 region 操作呢？ $\underline{\hspace{2cm}}$

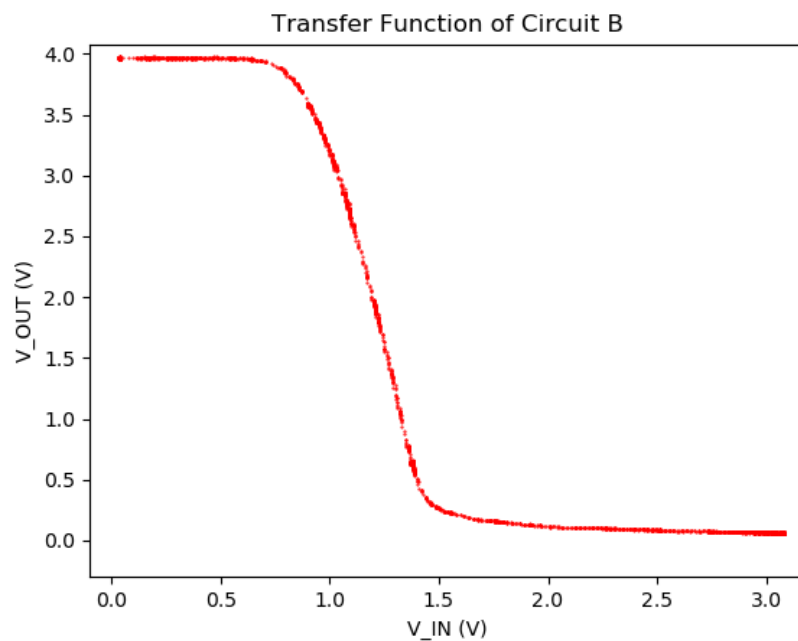
2. 大訊號的輸入輸出

現在把 LED 從電路取下，形成如下的電路：



Circuit B

此電路的 V_{IN} - V_{OUT} transfer function 如下：

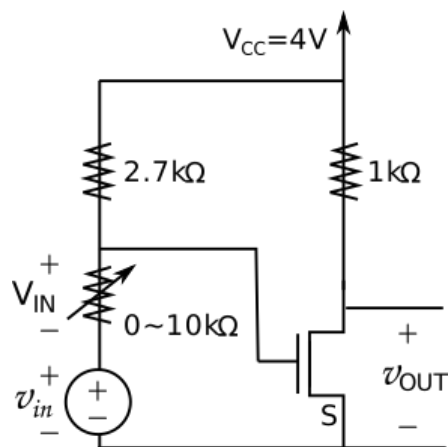


現在接上示波器，channel 1 接到 v_{IN} ，channel 2 接到 v_{OUT} 。按下示波器最上排之 Measure 按鈕，信號源 channels 1 and 2 的 "電壓測量" 選項都選 "峰峰值"。螢幕下方即會出現相應的 Vavg(1) 及 Vavg(2) 的測量數值，與上圖 Circuit B 電路的對應關係，Vavg(1) 即為 v_{IN} 的平均值，Vavg(2) 為 v_{OUT} 的平均值。在 circuit B 我們僅操作直流電壓。

示波器兩個 channel 的 scale 都設為 1V。現在，旋轉可變電阻改變 v_{IN} ，觀察螢幕上兩條顏色的水平線相對移動的方向為相反，亦即 v_{IN} 變大(小)則 v_{OUT} 變小(大)，且各相對數值應接近上圖的 Transfer Function 所繪關係。分別拍攝 $v_{IN} \approx 0$ 及 $v_{IN} \approx 2.5$ 時示波器的顯示畫面。

3. 小訊號的輸入輸出

參考 datasheet 建構如下的電路，其中 v_{in} 由訊號產生器提供：



Circuit C

此時示波器的 channel 1 探棒改為 "正端接 V_{IN} 的正極、負端接 v_{in} 的負極"，channel 2 接法不變。接著按下示波器最上排之 Measure 按鈕，信源選 channel 2 電壓測量選 "峰峰值"。接著信源改選 channel 1，電壓測量選 "峰峰值" 後再選 "平均值"。螢幕下方即會出現相應的 $V_{pp(2)}$, $V_{pp(1)}$, 及 $V_{avg(1)}$ 的測量數值，與上圖 Circuit C 電路的對應關係如下：

1. $V_{pp(2)}$ 為 v_{OUT} 的最大值和最小值的差
2. $V_{pp(1)}$ 為 v_{IN} 的最大值和最小值的差
3. $V_{avg(1)}$ 即為 V_{IN} ，於此扮演的角色為 DC offset 直流偏壓。

訊號產生器選擇 100Hz 的弦波，接著按下最右邊黃色標註為 -20dB 的按鈕，且右下角之 amplitude 旋鈕逆時針轉到底，透過示波器觀察確認 $v_{in} = 80\text{mV}$ 左右，此即為小訊號之輸入。

接著旋轉可變電阻改變直流偏壓，從示波器觀察輸入電路的小訊號有被反相放大並輸出，**請自行測試不同的直流偏壓，選擇並拍攝一具代表性之示波器畫面**。例如，將 $V_{avg(1)}$ 調整至 1.0V 左右，此時觀察 channel 1 及 channel 2 的波形互為反相，且 $V_{pp(2)}$ 約為 $V_{pp(1)}$ 的 4~6 倍。注意：顯示的測量數值是以畫面有出現的波形去估計而得，故若調整畫面之垂直解析度後波形跑到螢幕外，則需轉動 position 旋鈕將之移回來。channels 的 scales 請自行依需要調整。

接著旋轉可變電阻，將 $V_{avg(1)}$ 調整至 1.7V 左右，此時觀察 $V_{pp(2)}$ 的值會比 $V_{pp(1)}$ 來的小，相當於**電路之行為變為 "縮小器"**，**試解釋為何有如此現象？**（可由上圖的 V_{IN} - V_{OUT} transfer function 推論）

同理，在 $V_{avg(1)}$ 約等於 600mV 左右時，電路行為亦像是縮小器。

實驗結報

紀錄並回答上述各問題，於 12/31 9PM 前將結報上傳至 Moodle. 一組繳交一份。