

**Week 03: Simple amplification with MOSFET****20210207 이지현**담당교수: 정윤영 ( [ychung@postech.ac.kr](mailto:ychung@postech.ac.kr) )담당조교: 김윤식 ( [ys.kim@postech.ac.kr](mailto:ys.kim@postech.ac.kr) )**1. 실험 개요**

- 1.1. MOSFET 디바이스를 이용하여 Common Source Amplifier를 설계 후 분석한다.
- 1.2. Common Source Amplifier 회로 분석을 통해 게이트 전압 ( $V_G$ ), 소스 전압 ( $V_S$ ), 드레인 전압 ( $V_D$ )의 이론 값을 계산한 후 측정 값과 비교해본다.
- 1.3. 측정을 통해 설계한 Common Source Amplifier의 전압 이득을 구한다.
- 1.4. 측정 결과를 이론 값 및 LT Spice를 이용한 시뮬레이션 결과와 비교한 후 분석해 본다.
- 1.5. 실험 측정을 진행하기 전 이론 값 분석 및 LT Spice 시뮬레이션을 마무리 한다.

**2. 준비물**

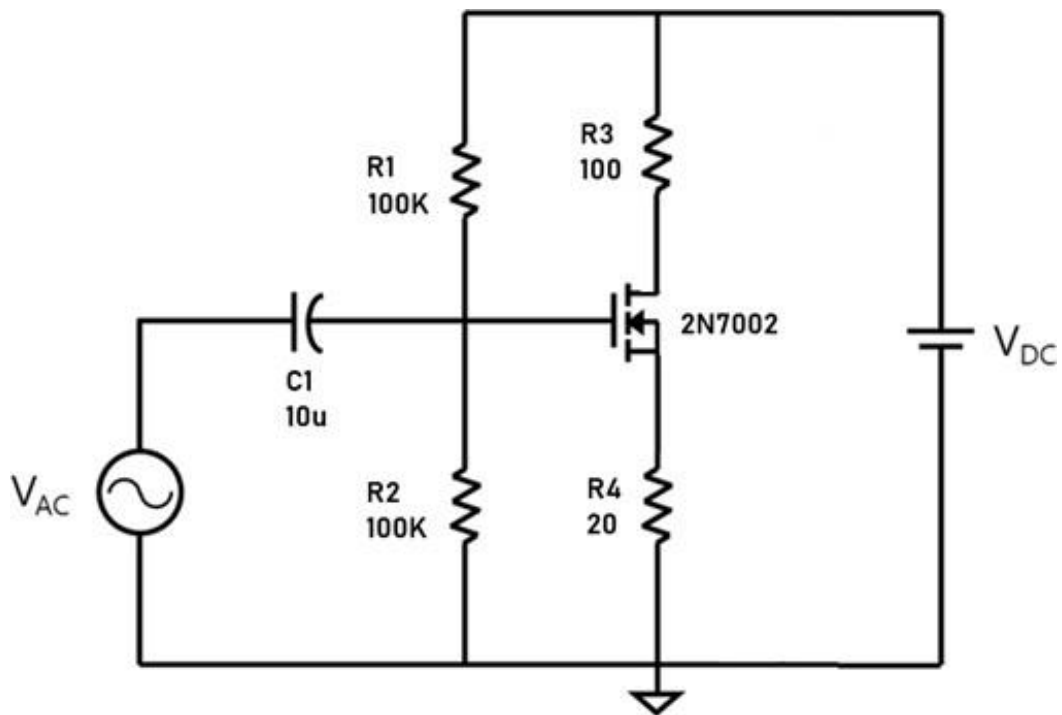
LTspice, Spice Model "2N7002" (N-channel MOSFET), ADALM2000, Breadboard

Resistor: 20  $\Omega$  (1), 100  $\Omega$  (1), 220  $\Omega$  (3), 1K  $\Omega$  (1), 100K  $\Omega$  (2)Capacitor: 10  $\mu\text{F}$  (1)

MOSFET: 2N7002

## 3. 실험 과정

## 3.1. Common Source Amplifier



&lt;Figure 3.1&gt;

위 그림 3.1과 같이 회로를 구성한다.

3.1.1. Common Source Amplifier 회로를 설계하여  $V_{DC} = 5\text{ V}$  일 때의 동작점  $V_G$ ,  $V_D$ ,  $V_S$ 를 측정한 후 이론 값과 비교해본다. ( $K$ 와  $V_{TH}$  값은 실험 2의 결과를 이용하고 Capacitor는 Open 시킨 후, 값을 구한다)

	시뮬레이션값	측정값	이론값
$V_G$	2.5V	2.5V	2.5V
$V_D$	3V	3.25V	4.47V
$V_S$	0.4V	0.363V	0.106V

## &lt; 이론값 계산 &gt;

①  $R_1$ 과  $R_2$ 에 흐르는 전류는 같다 (Capacitor open)

$$(5 - V_{G1}) / 100k\Omega = V_{G1} / 100k\Omega$$

$$\Rightarrow V_{G1} = 2.5V$$

②  $I_{Dmin}$ 과  $I_{Source}$ 는 같다.

$$I_D = I_S = \frac{V_S}{R_4} = k(V_{GS} - V_{TH})^2 = k(V_{G1} - V_S - V_{TH})^2$$

$61.73 \times 10^{-3}$        $2.1V$  (제곱)  
 $= 43.35 \times 10^{-3} (0.4 - V_S)^2 \Rightarrow V_S = 106mV$

$$I_D = I_S \rightarrow V_S / 20 = (5 - V_D) / 100 \rightarrow V_D = 4.47V$$

3.1.2. Common Source Amplifier의 입력으로  $V_{AC} : 100 \text{ mV}_{pp}$  & 1 kHz의 신호를 넣고, 출력의 Peak-to-Peak 전압을 비교하여 전압 이득을 구한다.

( $V_{DC} : 5V$ ,  $r_o$ 의 영향은 무시한다.)

	시뮬레이션값	측정값	이론값
$g_m$	X	X	0.036
입력 전압	99mVpp	134mVpp	100mVpp
출력 전압	301.7mVpp	310mVpp	360mVpp
전압 이득	3.05	2.313	3.6

## &lt; 이론값 계산 &gt;

$$I_D = k(V_{GS} - V_{TH})^2 = 61.73 \times 10^{-3} (2.5 - 0.106 - 2.1)^2 = 0.0053$$

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}} = 0.036$$

$$gain = g_m R_d = 0.036 \times 100 = 3.6$$

$$\bullet \text{ 입력전압} \rightarrow 100mV_{pp} = V_g$$

$$\bullet \text{ 출력전압} \rightarrow V_d = gain \times V_g = 360mV_{pp}$$

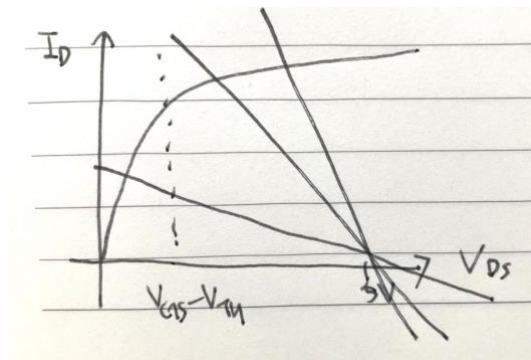
3월 9일 (목)

3.1.3. MOSFET의 Drain과  $V_{DD}$  사이의 저항  $R_3$  의 값을 변경하며, Common Source Amplifier의 전압 이득의 변화를 살펴본다. 그리고 변화의 원인을 간단히 설명 한다.  
(HINT : DC 동작점)

( $V_{AC}$  : 100 mV<sub>pp</sub> & 1 kHz,  $V_{DC}$  : 5 V)

전압 이득	$R_3 = 220$	$R_3 = 660$	$R_3 = 1K$
시뮬레이션값	2.83 (=280/99)	0.67 (=66/99)	0.036 (=3.72/99)
측정값	3.877 (=504/130)	0.16 (=21/130)	0.093 (=13/140)

$Gain = \frac{R_3}{\frac{1}{gm} + R_4}$ 인데  $R_3$ 의 특정 값까지는 동작점  $V_{DS}$ 가  $V_{GS} - V_{TH}$ 보다 크기 때문에  $gm$ 은  $gm = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$ 에 거의 비례하는데, 특정 값 이상으로는  $V_{DS}$ 에 따른  $I_D$  증가 폭이 적어지고 공식에 따라  $gm$ 도 급격하게 감소하고 따라서 Gain이 감소하게 된다. 위 실험에서는 특정 값보다 큰  $R_3$ 으로 값을 키워가며 실험을 진행했기에 점점 Gain이 감소하는 모습을 볼 수 있다.



#### 4. 평가 지표

- MOSFET을 이용한 간단한 증폭 회로를 이해하고, 교류 전기 신호가 증폭기를 통해 가공되는 signal conditioning에 대한 이론/실험적인 분석을 진행한다.