

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

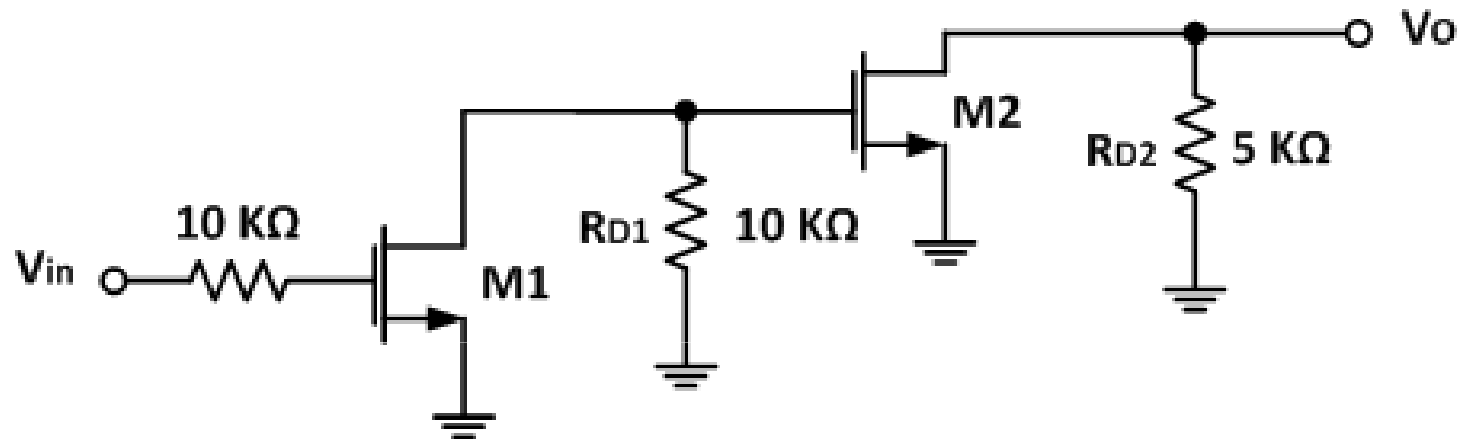


دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی

## الکترونیک ۳

درس: سعید رضا افرنچه

مثال: بررسی پاسخ فرکانسی تقویت کننده ی چند طبقه

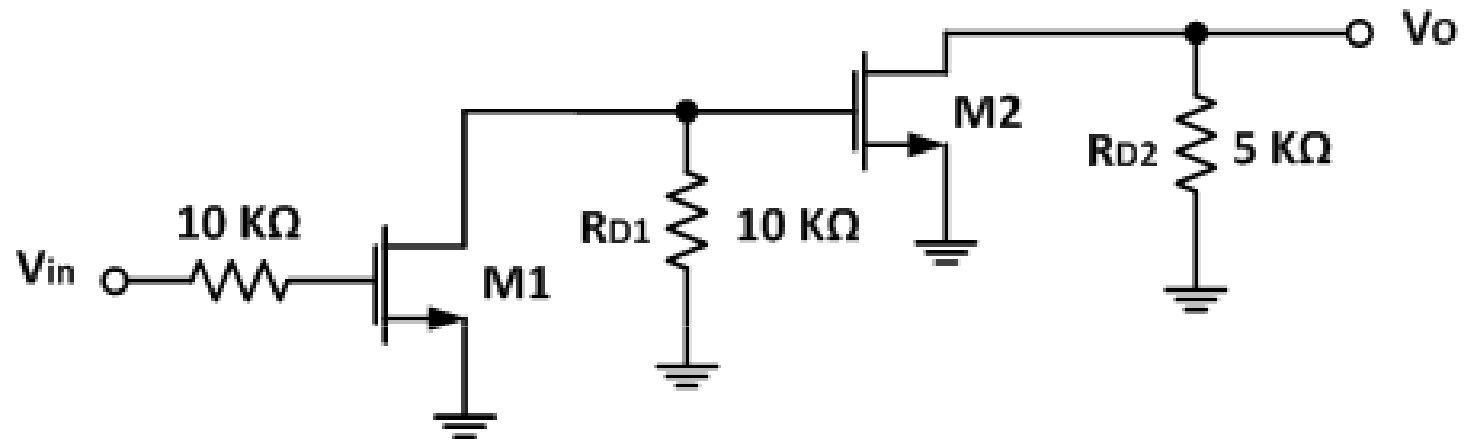


$$g_{m1} = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \quad , \quad g_{m2} = 6 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$C_{gs1} = 5 \text{ pF} \quad , \quad C_{gs2} = 10 \text{ pF}$$

$$C_{gd1} = C_{gd2} = 1 \text{ pF} \quad C_{db1} = C_{db2} = 2 \text{ pF}$$

## حل مثال: بهره ی dc

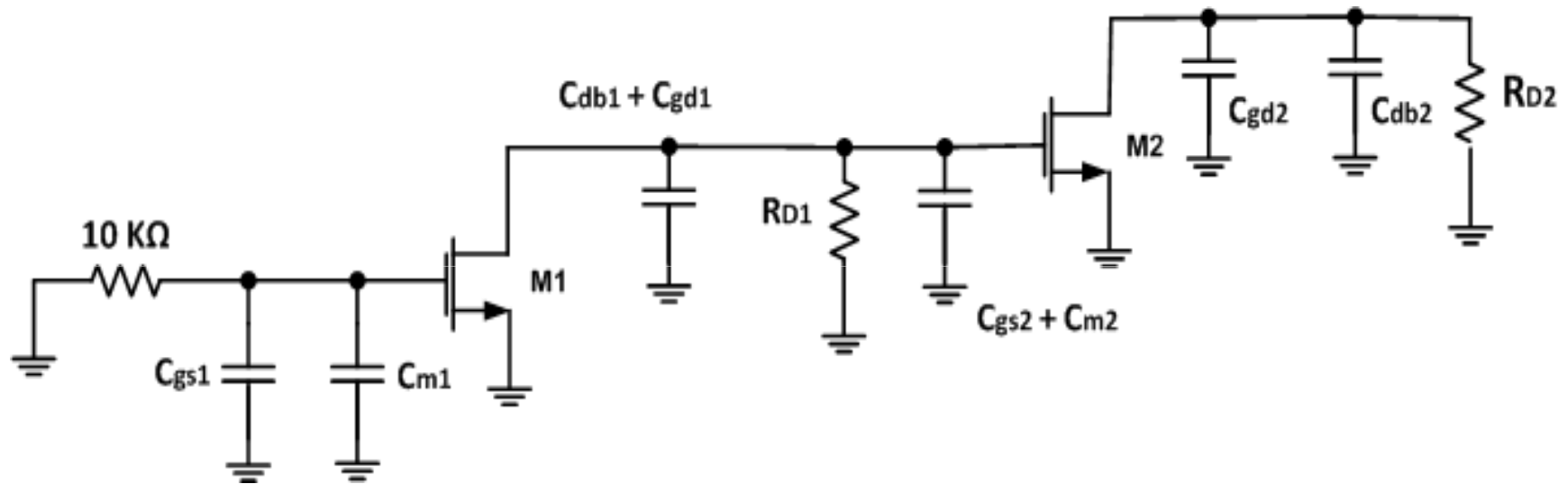


$$A_V = \frac{V_o}{V_{g2}} \times \frac{V_{g2}}{V_{g1}} \times \frac{V_{g1}}{V_{in}}$$

$$A_V = (-g_{m2} R_{D2}) \times (-g_{m1} R_{D1}) \times (1)$$

$$A_V = 900$$

## حل مثال ( ادامه )



$$C_{m1} = (1 - A_{v1})C_{gd1} = (1 + 30)C_{gd1} = 31 \text{ pF}$$

$$C_{m2} = (1 - A_{v2})C_{gd2} = (1 + 30)C_{gd2} = 31 \text{ pF}$$

## حل مثال ( ادامه )

$$\tau_1 = R_s \times (C_{gs1} + C_{m1}) = 360 \text{ ns}$$

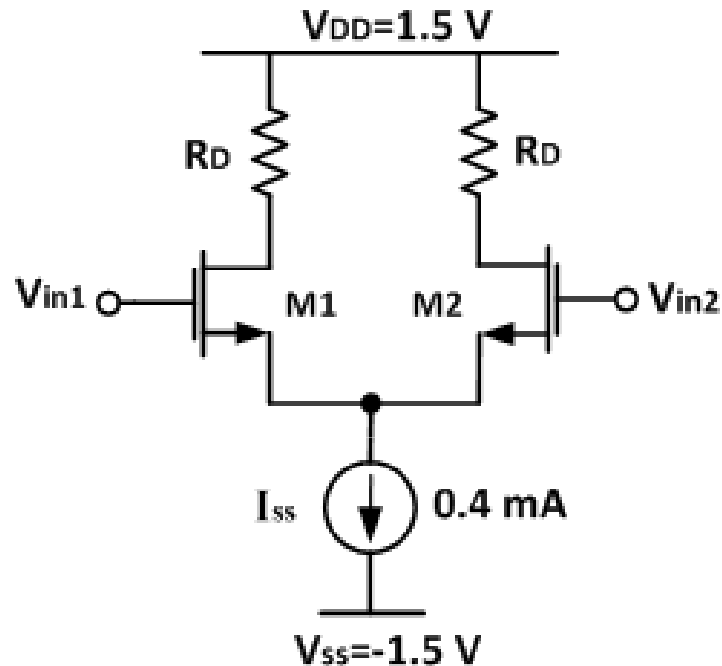
$$\tau_2 = R_{D1} \times (C_{gs2} + C_{m2} + C_{gd1} + C_{db1})$$

$$\tau_3 = R_{D2} \times (C_{gd2} + C_{db2}) = 15 \text{ ns}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3} \cong 200 \text{ KHz}$$

هر چه تعداد طبقات بیشتر باشد، سرعت تقویت کننده کمتر می شود. □

## زوج تفاضلی MOS



گستره ی ورودی حالت مشترک □

$$\mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right) = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad V_{ON,ss} = 0.4 \text{ V}$$

$$V_{th} = 0.5 \text{ V}, \quad R_D = 2.5 \text{ K}\Omega$$

شرط اشباع ترانزیستور □

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_{th}$$

$$V_{CM,max} = V_D + V_{th} = 1.5 - 0.5 + 0.5 = 1.5 \text{ V}$$

$$V_{CM,min} = V_{GS1} + V_{ON,ss} - V_{ss}$$

## زوج تفاضلی MOS (ادامه)

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_{th})^2$$

$$V_{GS1} = \sqrt{\frac{2 I_{D1}}{\mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right)}} + V_{th} = 0.82$$

$$V_{CM,min} = 0.82 + 0.4 - 1.5 = -0.28 \text{ V}$$



## زوج تفاضلی MOS (ادامه)

$$(V_{in1} - V_{in2})^2 = \frac{2}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)} (I_{SS} - 2\sqrt{I_{D1}I_{D2}})$$

$$\text{if } I_{D1} = 0 \Rightarrow (V_{in1} - V_{in2})^2 = \frac{2I_{SS}}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)}$$

$$\Rightarrow V_{in1} - V_{in2} = -\sqrt{\frac{2I_{SS}}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)}}$$

$$\text{if } I_{D1} = \frac{I_{SS}}{2} \Rightarrow (V_{in1} - V_{in2})^2 = \frac{2I_{SS}}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)} (I_{SS} - I_{SS})$$

$$\Rightarrow V_{in1} - V_{in2} = 0$$

## زوج تفاضلی MOS (ادامه)

$$\text{if } I_{D1} = I_{SS} \Rightarrow (V_{in1} - V_{in2})^2 = \frac{2I_{SS}}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)}$$

$$\Rightarrow V_{in1} - V_{in2} = \sqrt{\frac{2I_{SS}}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)}}$$

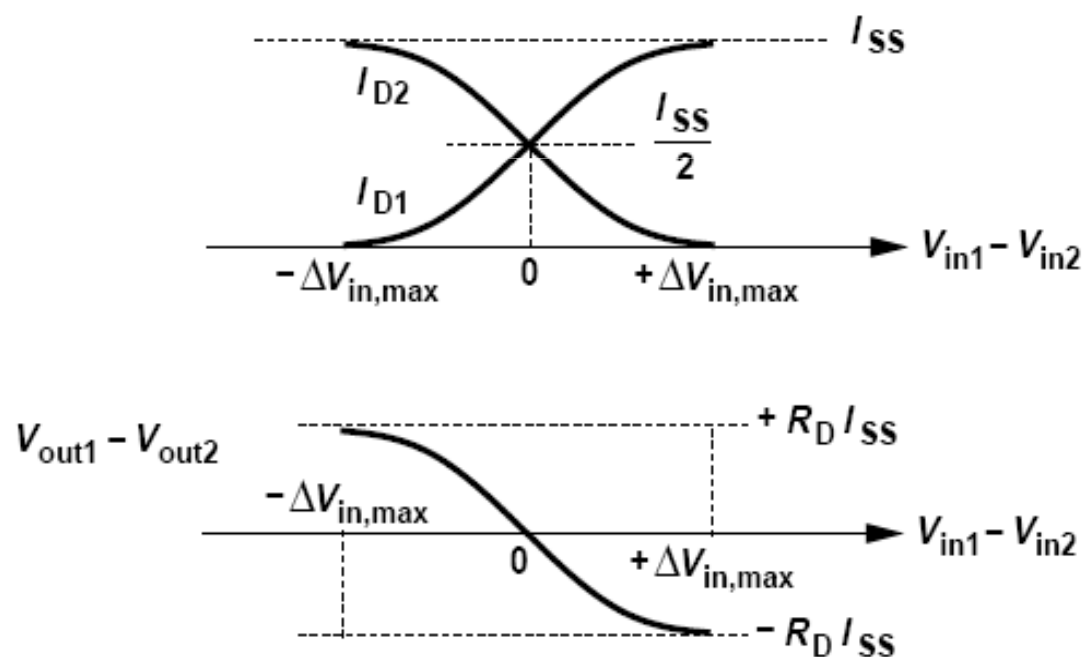
$$\Rightarrow |V_{in1} - V_{in2}|_{\max} \leq \sqrt{\frac{2I_{SS}}{\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)}} = \sqrt{2} (V_{GS} - V_{th})$$

$$|V_{in1} - V_{in2}|_{\max} \leq \sqrt{2} (0.82 - 0.5)$$

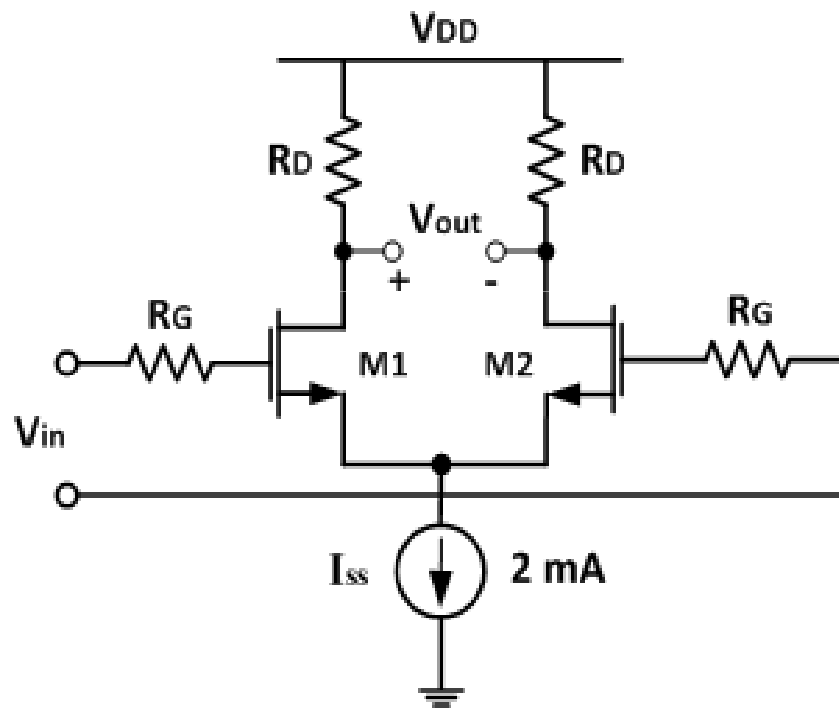
$$\Rightarrow |V_{in1} - V_{in2}|_{\max} \leq 0.45$$

## زوج تفاضلی MOS (ادامه)

تغییر جریان ها و ولتاژ زوج تفاضلی ماسفتی بر حسب ورودی تفاضلی □



## مثال: پاسخ فرکانسی زوج تفاضلی MOS



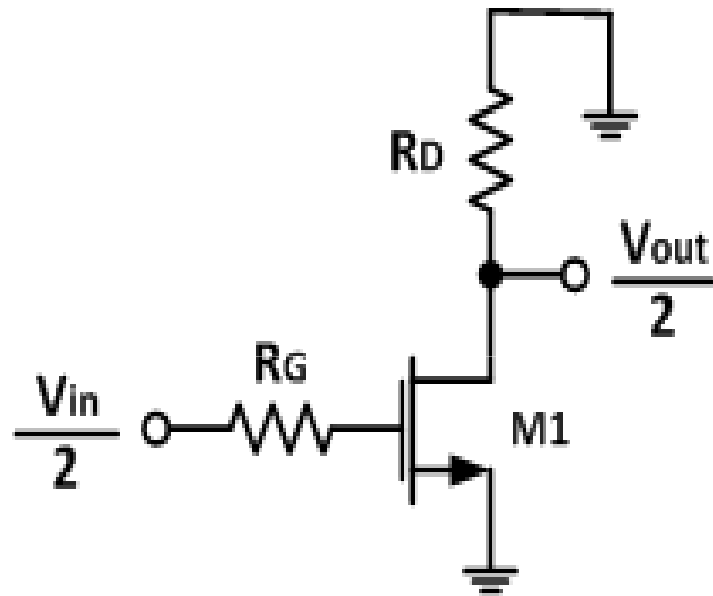
$$\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right) = 50 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$R_G = 1 \text{ K}\Omega , \quad R_D = 5 \text{ K}\Omega$$

$$C_{gd} = 0.5 \text{ pF}$$

$$f_T = 400 \text{ MHz} @ I_D = 1 \text{ mA}$$

## محاسبه ی بهره ی dc



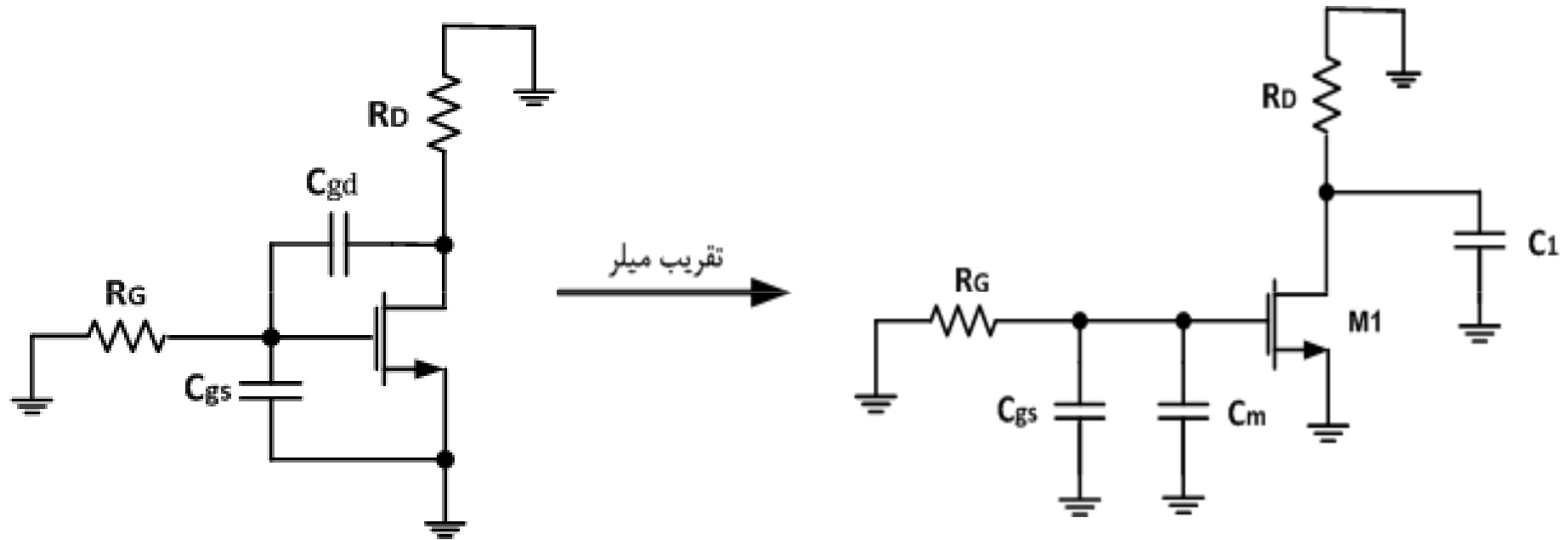
$$\frac{V_{out}}{2} = -g_m R_D \frac{V_{in}}{2}$$

$$\Rightarrow A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -g_m R_D$$

$$g_m = \mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_{th}) = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{th}} = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right) I_D}$$

$$A_V = 14.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \times 5 \text{ K}\Omega = -71$$

## محاسبه ی فرکانس قطع بالا



$$C_m = (1 - A_v)C_{gd} = (1 + 71) \times 0.5 = 36 \text{ pF}$$

$$C_1 = (1 - A_v^{-1})C_{gd} = \left(1 + \frac{1}{71}\right) \times 0.5 = 0.5 \text{ pF}$$

محاسبه ی فرکانس قطع بالا ( ادامه )

$$f_T = \frac{1}{2\pi} \frac{g_m}{C_{gs} + C_{gd}} \Rightarrow C_{gs} \cong 5.1 \text{ pF}$$

$$\tau_1 = R_G \times (C_{gs} + C_m) \approx 41 \text{ ns}$$

$$\tau_2 = R_D \times C_1 = 2.5 \text{ ns}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\tau_1 + \tau_2} = 3.7 \text{ MHz}$$