

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

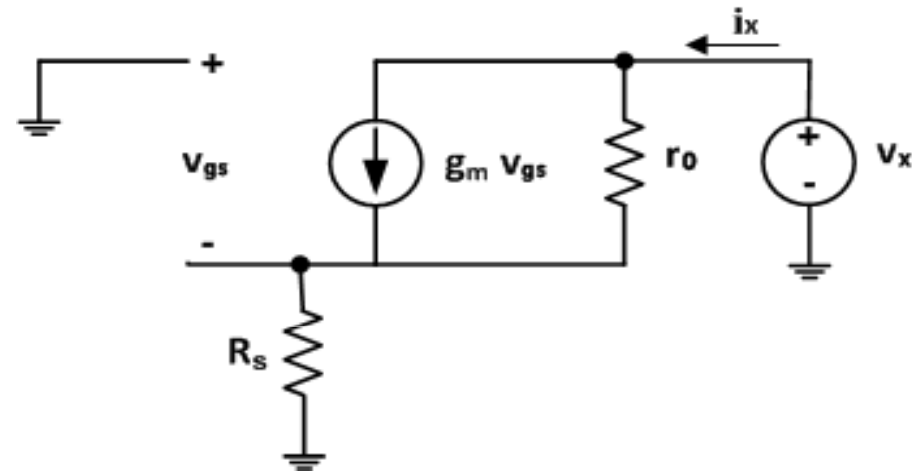
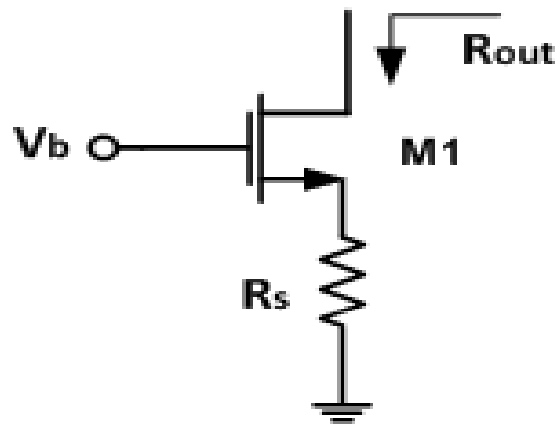


دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی

## الکترونیک ۳

درس: سعید رضا افرنچه

## یادآوری: محاسبه ی مقاومت خروجی

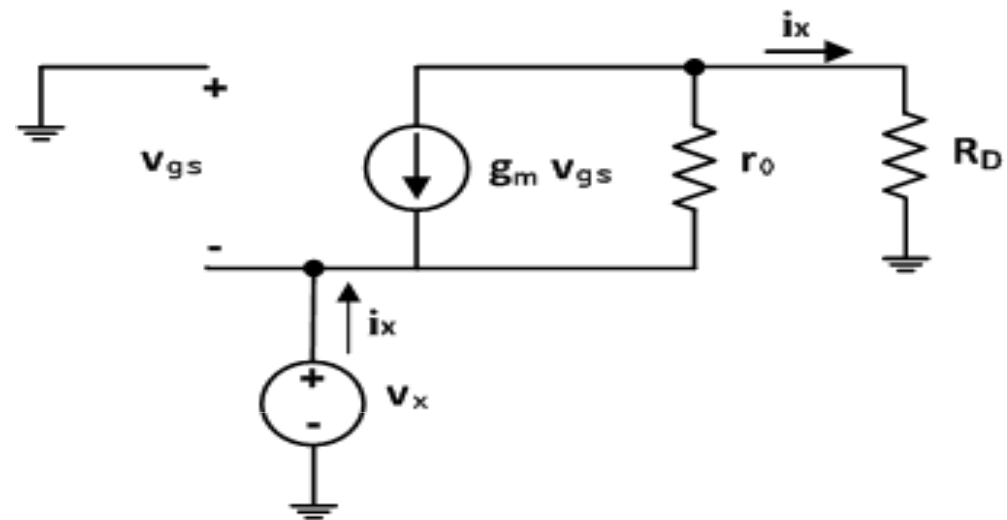
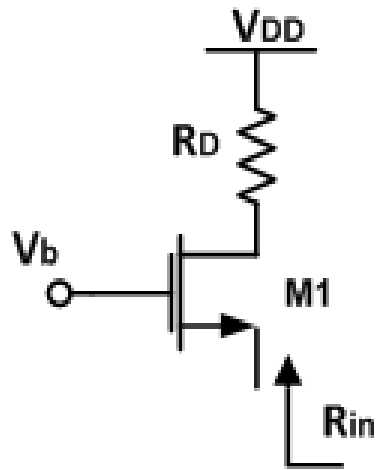


$$\text{KVL : } v_x = r_o (i_x - g_m v_{gs}) + v_s \quad \text{قانون اهم : } v_s = R_s i_x$$

$$v_x = r_o (i_x + g_m R_s i_x) + R_s i_x = r_o (1 + g_m R_s) i_x + R_s i_x$$

$$\Rightarrow R_{out} = \frac{v_x}{i_x} = r_o (1 + g_m R_s) + R_s$$

## یادآوری: محاسبه ی امپدانس ورودی



$$\text{KVL : } v_x = r_o(i_x + g_m v_{gs}) + R_D i_x$$

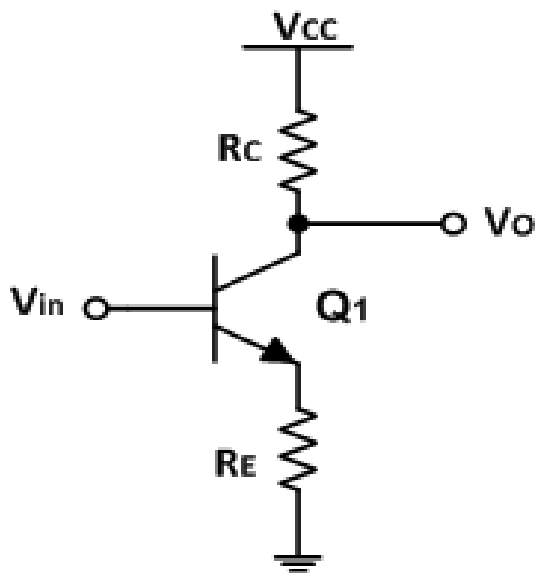
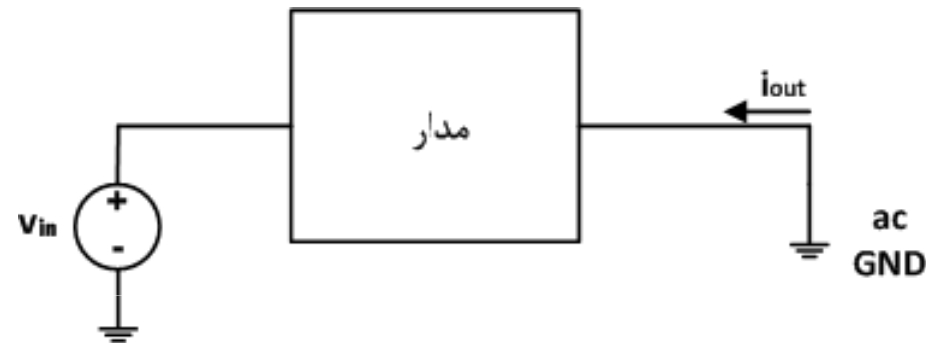
$$v_{gs} = v_g - v_s = 0 - v_x = -v_x$$

$$v_x = r_o(i_x - g_m v_x) + R_D i_x \Rightarrow R_{in} = \frac{v_x}{i_x} = \frac{r_o + R_D}{1 + g_m r_o}$$

$$R_{in} \approx \frac{1}{g_m} + \frac{R_D}{g_m r_o}$$

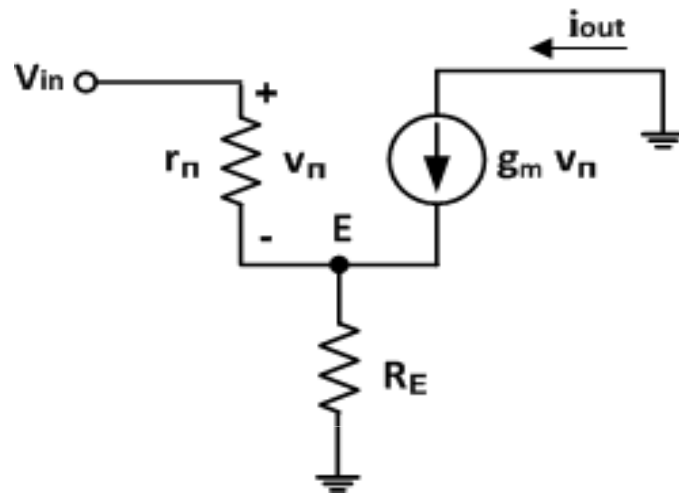
## ترانسانایی یک مدار (transconductance)

$$G_m = \left. \frac{i_{out}}{V_{in}} \right|_{v_{out}=0}$$



مثال: ترانسانایی مدار شکل زیر را بدست آورید. □

## حل مثال:



$$i_{out} = g_m v_{\pi}$$

$$v_{in} = v_{\pi} + v_E$$

$$\Rightarrow v_{in} = v_{\pi} + R_E \left( g_m v_{\pi} + \frac{v_{\pi}}{r_{\pi}} \right)$$

$$v_{in} = v_{\pi} \left( 1 + g_m R_E + \frac{R_E}{r_{\pi}} \right) \approx v_{\pi} (1 + g_m R_E)$$

$$\Rightarrow v_{\pi} = \frac{v_{in}}{(1 + g_m R_E)} \quad \Rightarrow \quad i_{out} = g_m \frac{v_{in}}{(1 + g_m R_E)}$$

$$\Rightarrow G_m = \frac{i_{out}}{v_{in}} = \frac{g_m}{(1 + g_m R_E)}$$

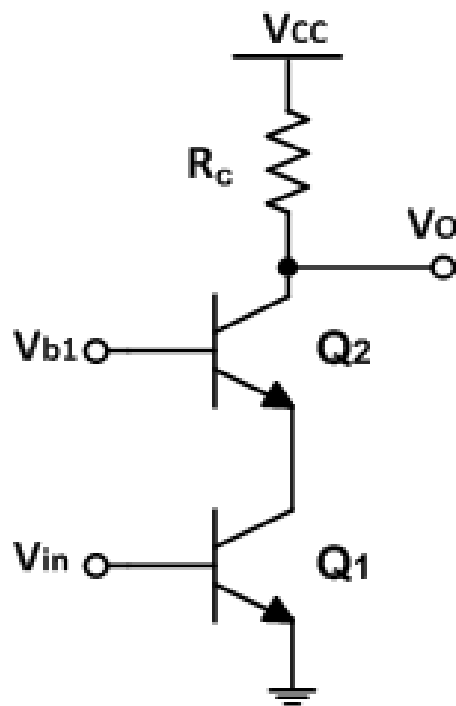
لم

□ بهره ی ولتاژ یک مدار خطی را می توان به صورت زیر بدست آورد:

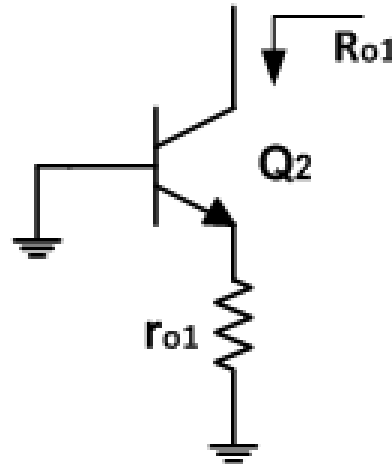
$$A_v = -G_m R_{out}$$

## طبقه ی کاسکود (Cascode) دوقطبی

□ امیدانس خروجی آرایش کاسکود دوقطبی



$$R_{out} = R_{o1} \parallel R_C$$



$$R_{o1} = r_{o2} (1 + g_{m2} (r_{o1} \parallel r_{\pi 2}))$$

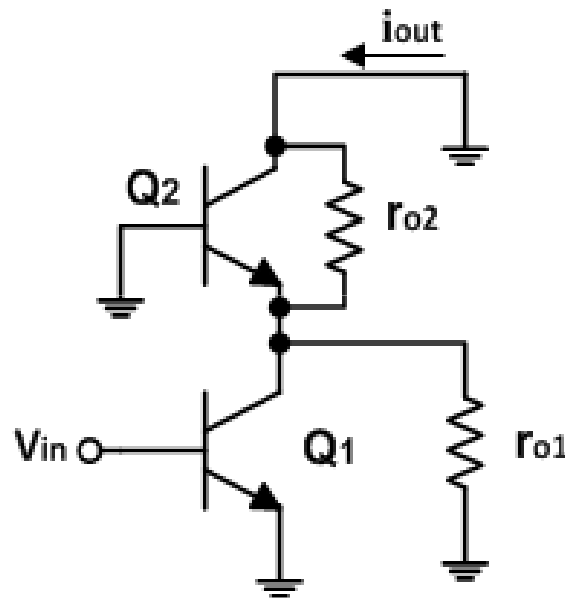
$$R_{o1} \approx g_{m2} r_{o2} (r_{o1} \parallel r_{\pi 2})$$

$$R_{out} = [g_{m2} r_{o2} (r_{o1} \parallel r_{\pi 2})] \parallel R_C \approx R_C$$



## طبقه ی کاسکود دوقطبی ( ادامه )

ترارسانایی آرایش کاسکود دوقطبی □



$$i_{out} = \frac{r_{o1} \parallel r_{\pi 2}}{r_{o1} \parallel r_{\pi 2} + \frac{1}{g_{m2}} \parallel r_{o2}} g_{m1} V_{in}$$

$$\Rightarrow i_{out} \approx g_{m1} V_{in}$$

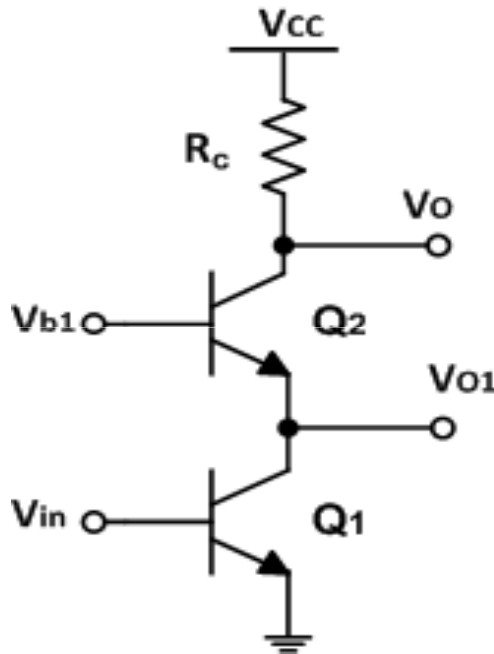
$$\Rightarrow G_m = \frac{i_{out}}{V_{in}} \approx g_{m1}$$

بهره ی آرایش کاسکود دوقطبی □

$$A_v = -G_m R_{out} \quad \Rightarrow \quad A_v = -g_{m1} R_C$$

## طبقه ی کاسکود دوقطبی ( ادامه )

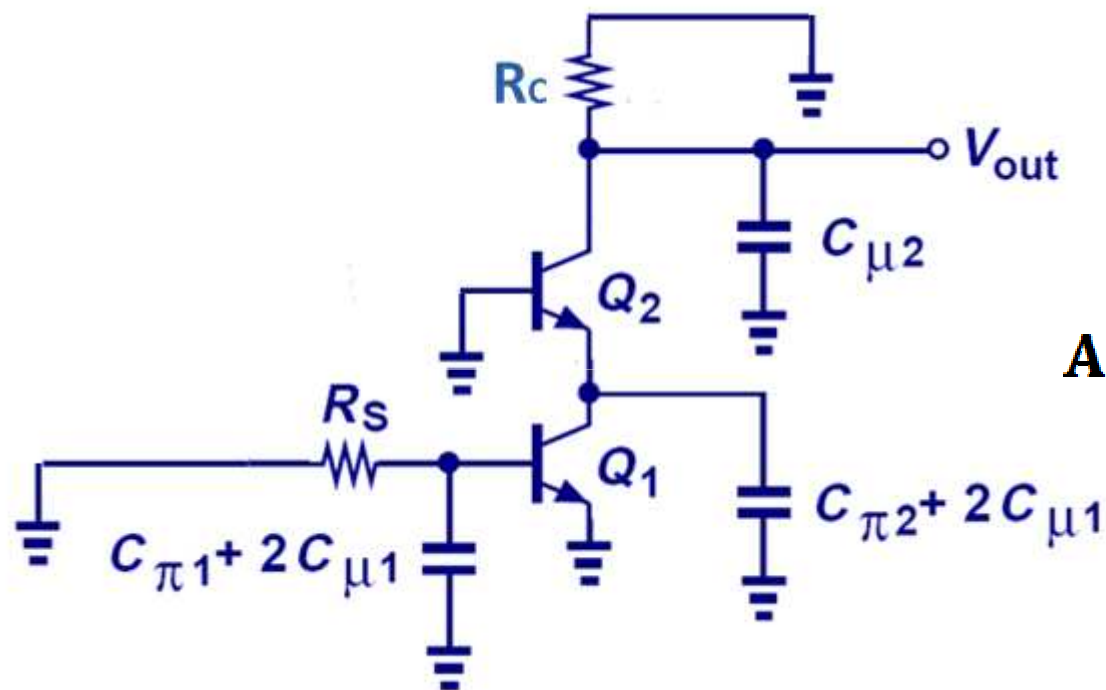
روش دیگر در محاسبه ی بهره □



$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{V_{o1}}{V_{in}} \times \frac{V_o}{V_{o1}}$$

$$A_v \approx \left( -g_{m1} \frac{1}{g_{m2}} \right) \times (g_{m2} R_C) = -g_{m1} R_C$$

## بررسی پاسخ فرکانسی کاسکود دوقطبی

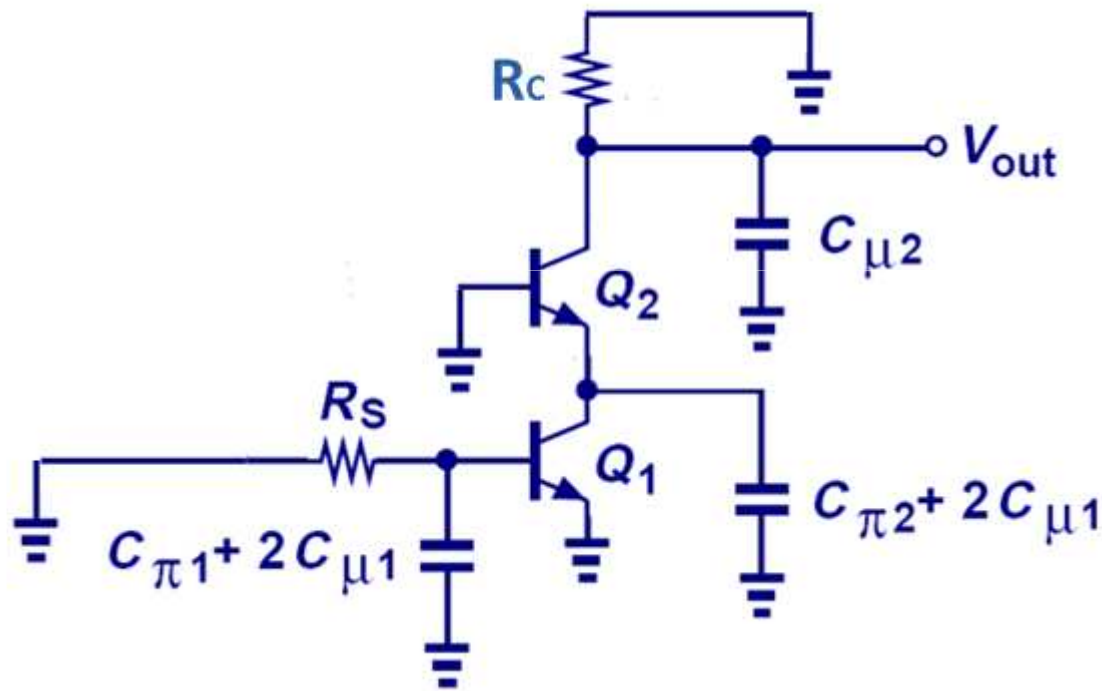


$$A_{v1} \approx -g_{m1} \frac{1}{g_{m2}} \approx -1$$

$$C_{m1} = (1 - A_{v1})C_{\mu 1} = (1 + 1) \times C_{\mu 1} = 2C_{\mu 1}$$

$$C_2 = (1 - A_{v1}^{-1})C_{\mu 1} \approx 2C_{\mu 1}$$

## بررسی پاسخ فرکانسی کاسکود دوقطبی ( ادامه )



$$\tau_1 = (R_s \parallel r_{\pi 1}) \times (C_{\pi 1} + C_{m1})$$

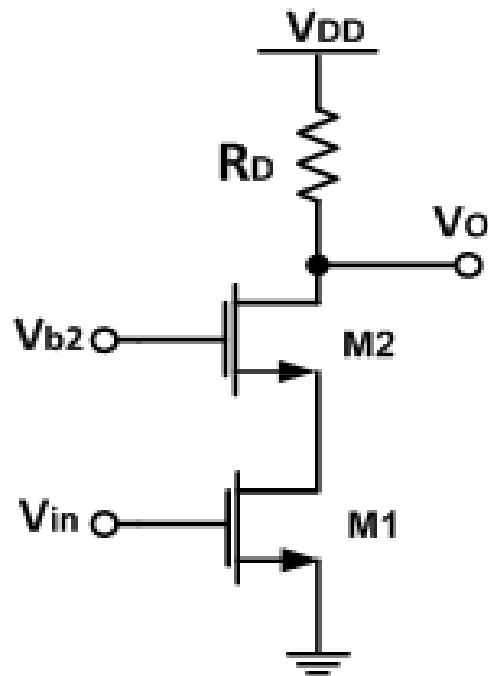
$$\tau_2 = \frac{1}{g_{m2}} \times (C_{\pi 2} + C_2)$$

$$\tau_3 = R_C \times C_{\mu 2}$$

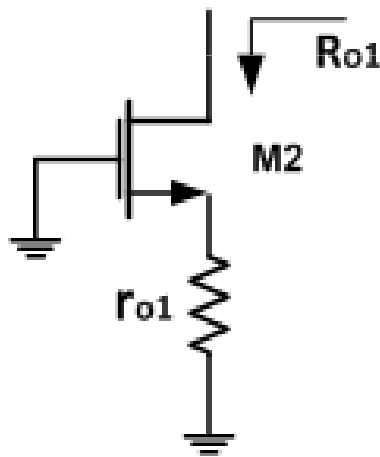
$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}$$

## طبقه ی کاسکود ماسفتی

□ امیدانس خروجی آرایش کاسکود ماسفتی



$$R_{out} = R_{o1} \parallel R_D$$



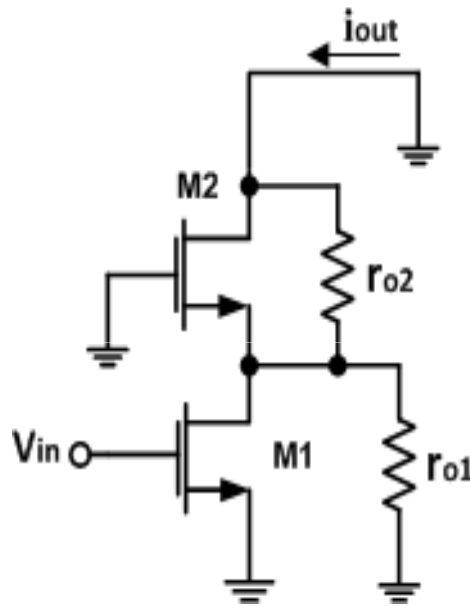
$$R_{o1} = r_{o2} (1 + g_{m2} r_{o1})$$

$$R_{o1} \approx g_{m2} r_{o2} r_{o1}$$

$$R_{out} = (g_{m2} r_{o2} r_{o1}) \parallel R_D \approx R_D$$

## طبقه ی کاسکود ماسفتی ( ادامه )

□ ترانسانایی آرایش کاسکود ماسفتی



$$i_{out} = \frac{r_{o1}}{r_{o1} + \left( \frac{1}{g_{m2}} \parallel r_{o2} \right)} g_{m1} V_{in}$$

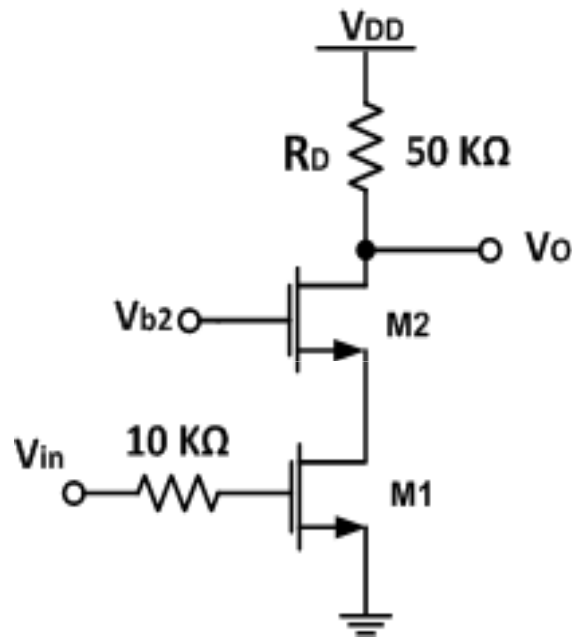
$$\Rightarrow i_{out} \approx g_{m1} V_{in}$$

$$\Rightarrow G_m = \frac{i_{out}}{V_{in}} \approx g_{m1}$$

□ بهره ی آرایش کاسکود ماسفتی

$$A_v = -G_m R_{out} \quad \Rightarrow \quad A_v = -g_{m1} R_D$$

## بررسی پاسخ فرکانسی کاسکود ماسفتی



$$g_{m1} = 20 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \quad , \quad g_{m2} = 6 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

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

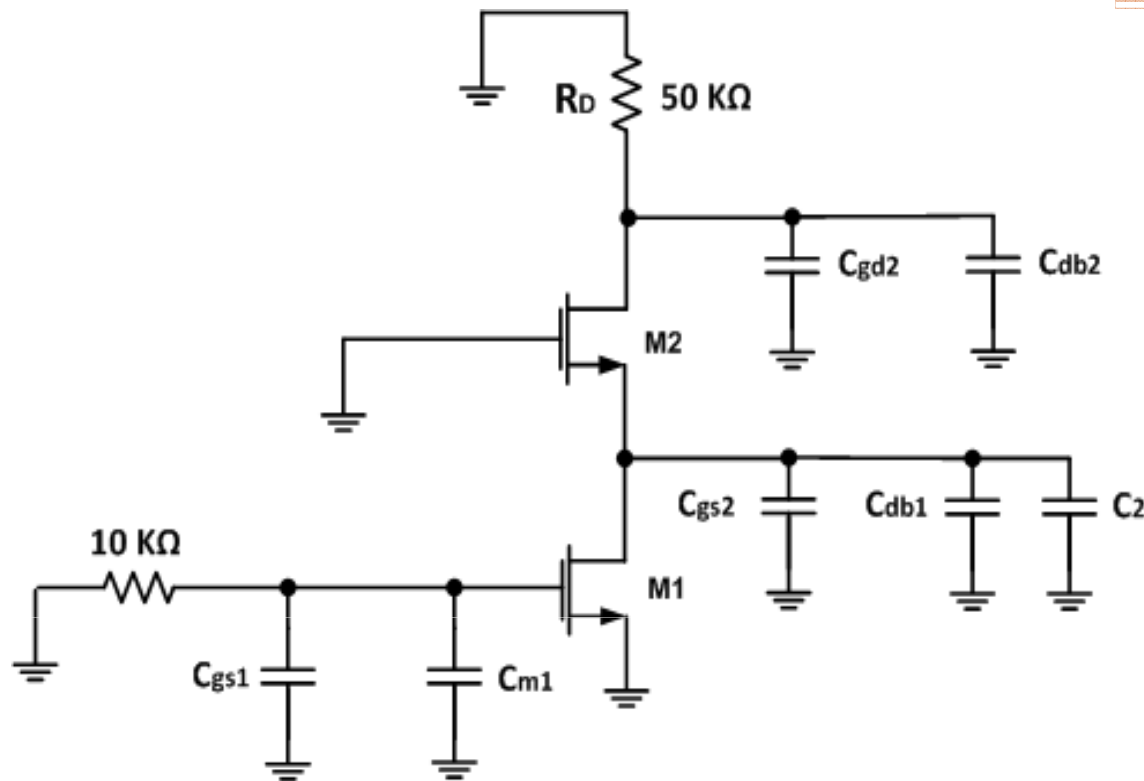
$$C_{gd1} = C_{gd2} = 1 \text{ pF}$$

$$C_{db1} = C_{db2} = 2 \text{ pF}$$

حل مثال:

$$A_v \approx -g_{m1} R_D = -20 \times 50 = -1000$$

حل مثال ( ادامه ):

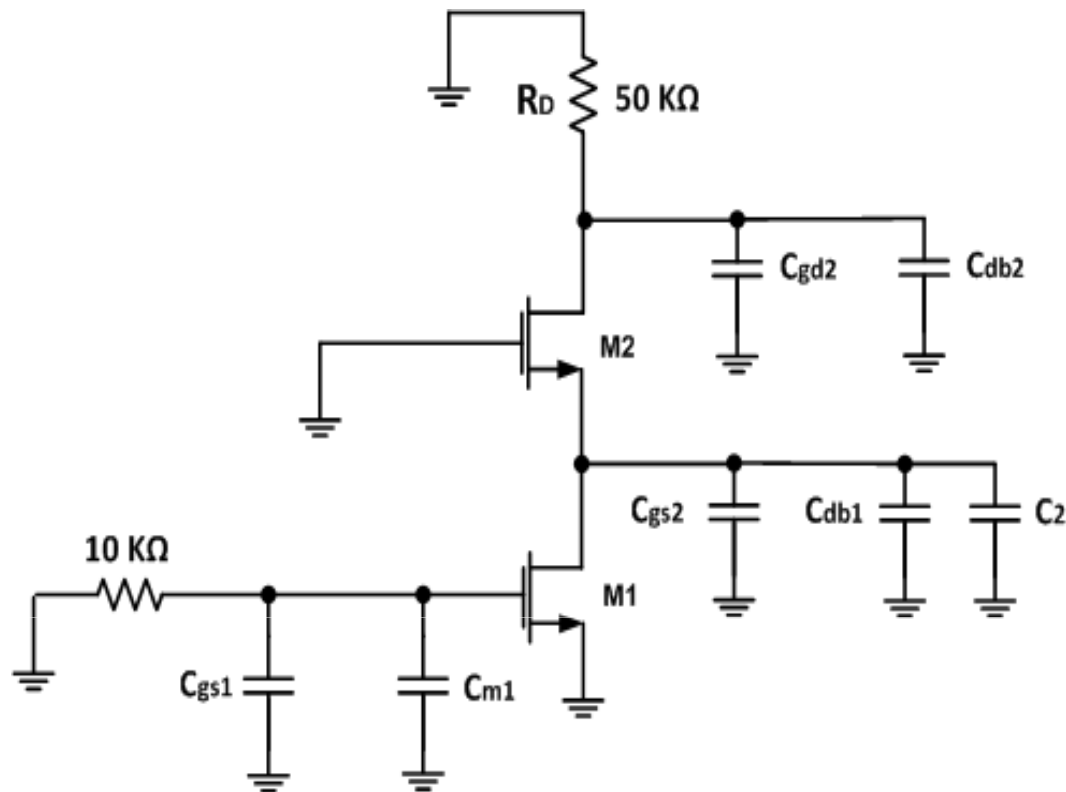


$$A_{v1} \approx -g_{m1} \frac{1}{g_{m2}} = -\frac{20}{6} = -3.4$$

$$C_{m1} = (1 - A_{v1})C_{gd1} = (1 + 3.4) \times 1 = 4.4 \text{ pF}$$

$$C_2 = (1 - A_{v1}^{-1})C_{gd1} \approx (1 + 0.3) \times 1 = 1.3 \text{ pF}$$





حل مثال ( ادامه ):

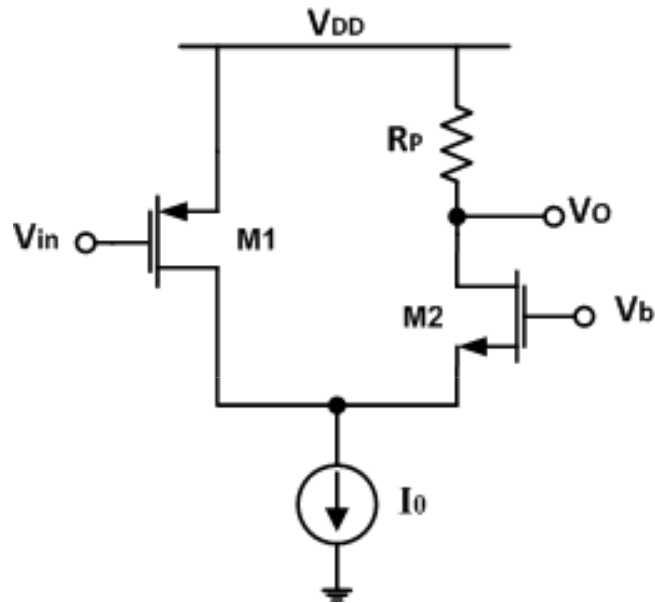
$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}$$

$$\tau_1 = R_G \times (C_{gs1} + C_{m1}) = 94 \text{ ns}$$

$$\tau_2 = \frac{1}{g_{m2}} \times (C_{gs2} + C_{db1} + C_2)$$

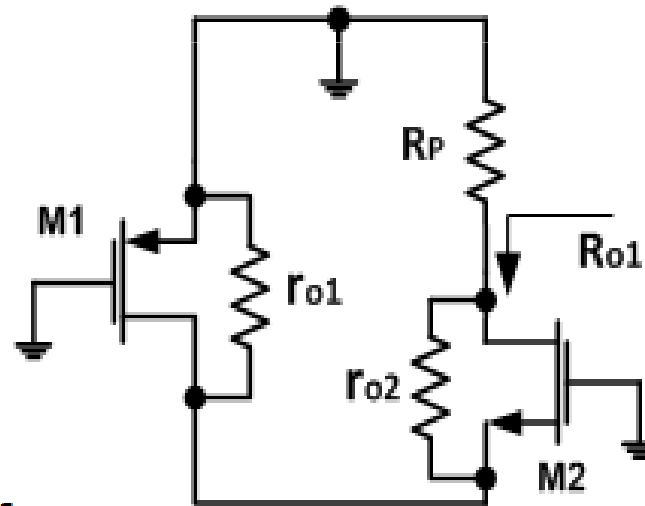
$$\tau_3 = R_D \times (C_{gd2} + C_{db2}) = 150 \text{ ns}$$

## طبقه ی Folded کاسکود



امپدانس خروجی آرایش Folded کاسکود □

$$R_{out} = R_{o1} \parallel R_P$$

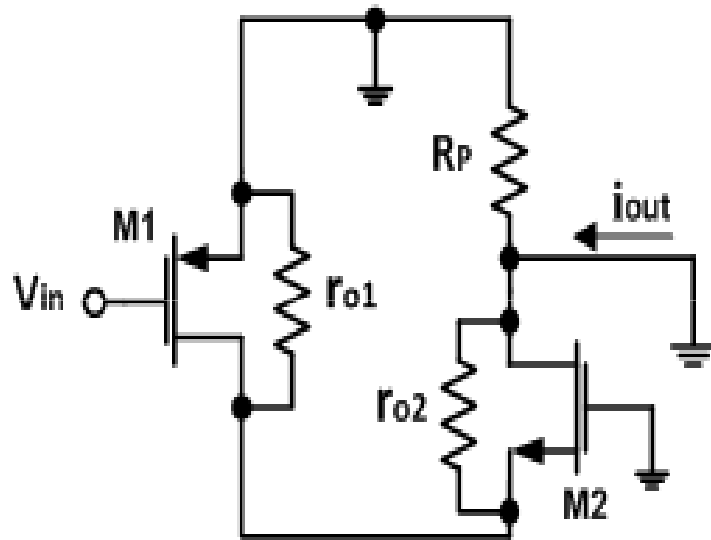


$$R_{o1} = r_{o2} (1 + g_{m2} r_{o1}) \approx g_{m2} r_{o2} r_{o1}$$

$$R_{out} = (g_{m2} r_{o2} r_{o1}) \parallel R_P \approx R_P$$

## طبقه ی Folded کاسکود ( ادامه )

ترانسانایی آرایش Folded کاسکود □



$$i_{out} = \frac{r_{o1}}{r_{o1} + \left( \frac{1}{g_{m2}} \parallel r_{o2} \right)} g_{m1} V_{in}$$

$$\Rightarrow i_{out} \approx g_{m1} V_{in}$$

$$\Rightarrow G_m = \frac{i_{out}}{V_{in}} \approx g_{m1}$$

بهره ی آرایش Folded کاسکود □

$$A_v = -G_m R_{out} \Rightarrow A_v = -g_{m1} R_P$$