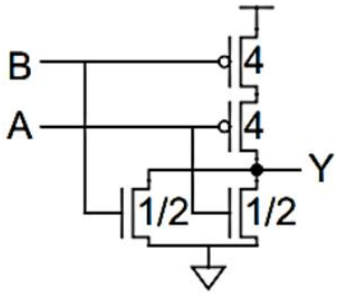
دانشگاه تهران | دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

VLSI پیشرفته- دکتر وحدت | نیم‌سال دوم ۱۴۰۴-۱۴۰۳

کوییز سوم | زمان: ۵۰ دقیقه

نام و نام‌خانوادگی: | شماره دانشجویی:

۱- (۵۰ نمره) برای مدار روبه‌رو مقادیر g_u، g_d، t_{HL} و t_{LH} را به دست آورید. فرض کنید که $\frac{\mu_n}{\mu_p} = P < 3$ است و R و C به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مقاومت و خازن معادل یک ترانزیستور $NMOS$ با $\frac{W}{L} = 1$ هستند.



۲- (۵۰ نمره) در این بخش می‌خواهیم ولتاژ بهینه‌ی تغذیه برای عملکرد یک معکوس‌کننده را به دست آوریم. می‌دانیم t_P برای شاخه‌ی بالابر یا پایین‌بر یک مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$t_P = 0.69\, R_{eq}\, C_L \qquad (1)$$

الف) (۲۰ نمره) فرض کنید رابطه‌ی جریان ترانزیستور از رابطه‌ی جریان ترانزیستور Long channel تبعیت می‌کند و $\lambda = 0$ است. مقدار R_{eq} را برای این ترانزیستور تخمین بزنید (راهنمایی: منظور از R_{eq}، مقاومت متوسط دیده شده از دو سر درین و سورس است، هنگامی که ترانزیستور در ناحیه‌ی اشباع باشد. فرض کنید به ازای $\frac{V_{DD}}{2} \leq V_{DS} \leq V_{DD}$، ترانزیستور در ناحیه‌ی اشباع باشد).

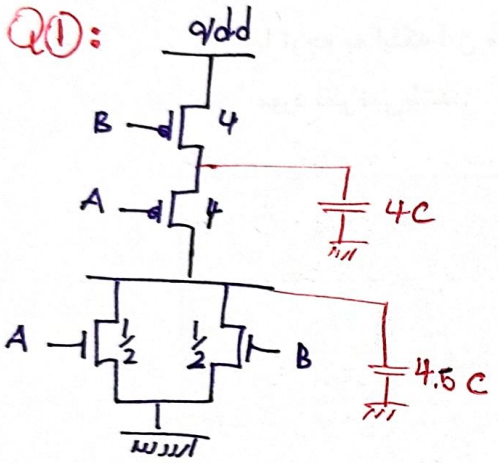
ب) (۵ نمره) انرژی دریافت شده از منبع برای هر بار شارژ شدن خازن خروجی (با ظرفیت C_L) این گیت چقدر است؟

برای پیدا کردن ولتاژ تغذیه‌ی بهینه از معیار Energy-Delay Product (EDP) یا حاصل ضرب انرژی مصرف شده در تأخیر مدار استفاده می‌کنیم:

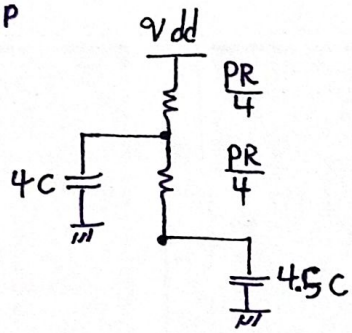
$$EDP = E \times t_P \qquad (2)$$

ج) (۲۵ نمره) مقدار به دست آمده برای t_P در بخش (الف) را در رابطه‌ی (۲) جایگذاری کنید و با کمینه کردن کردن معیار EDP، مقدار بهینه‌ی V_{DD} را به دست آورید.

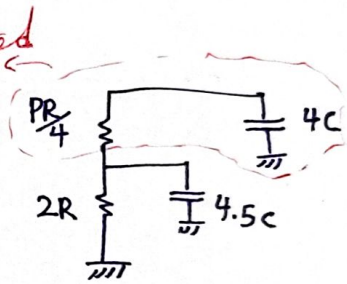
Q①:



$$\frac{\mu_n}{\mu_p} = P$$



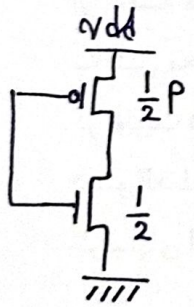
ignored

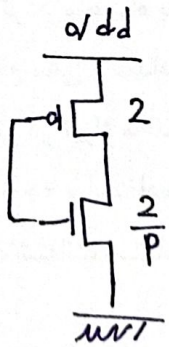


$$\tau_{LH} = \frac{PR}{4} \times 4C + \frac{PR}{2} \times 4.5C = 3.25\,PRC$$

$$\tau_{HL} = 2R \times 4.5C = 9RC$$

$$g = \frac{C_{in}}{C_{INV}}$$





$$g_d = \frac{4 + \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}(1+P)} = \frac{9}{1+P}$$

$$g_u = \frac{4 + \frac{1}{2}}{2 + \frac{2}{P}} = \frac{9P}{4P+4}$$

Question (2) :

الف)

$$R_P = \frac{V_{DS}}{I_D} \qquad R_{P_1} = \frac{V_{DD}}{I_{D_{SAT}}} \qquad R_{P_2} = \frac{V_{DD}/2}{I_{D_{SAT}}}$$

$$R_P = \frac{1}{2}(R_1 + R_2) = \frac{3}{4}\,\frac{V_{DD}}{I_{D_{SAT}}}$$

ب)

$$E = C_L V_{DD}^2$$

ج)

$$t_P = \underbrace{0.69 \times \frac{3}{4}\,\frac{V_{DD}}{\frac{1}{2}\mu C_{ox}\frac{W}{L}}}_{\alpha}\,\frac{C_L}{(V_{DD}-V_{th})^2}$$

$$EDP = E \times t_P = \frac{C_L^2 V_{DD}^3\,\alpha}{(V_{DD}-V_{th})^2}$$

$$\frac{d(EDP)}{dV_{DD}} = 0 \Rightarrow \frac{3V_{DD}^2 C_L^2 \alpha (V_{DD}-V_{th})^2 - \alpha C_L^2 V_{DD}^3 (2V_{DD} - 2V_{th})}{(V_{DD}-V_{th})^4} = 0$$

$$3V_{DD}^3 C_L^2 \alpha - 3C_L^2 \alpha V_{DD}^2 V_{th} - 2\alpha C_L^2 V_{DD}^3 = 0$$

$$\alpha C_L^2 V_{DD}^2 (3V_{DD} - 3V_{th} - 2V_{DD}) = 0$$

$$V_{DD} - 3V_{th} = 0 \rightarrow \boxed{V_{DD} = 3V_{th}}$$