

به دلیل کمبود وقت، از مسائل فصل هفتم فقط یک عدد را توانستم حل کنم، چون میخواستم همین امروز این فایل رو آپ کنم تا به امتحان فردا برسد. به همین خاطر فرصت ناپی کردن نبود و مجبور شدم با دستگاه فتوکپی صفحات را اسکن کنم. به دلیل پایین تر بودن کیفیت عذر خواهم. برای ترم بعد ادامهی مسائل فصل هفتم را نیز به اینها اضافه خواهم نمود. عبدالکریم بهروان

حل مسائل انتگرالی ریاضیات

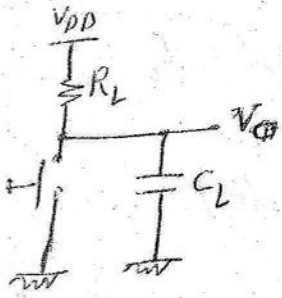
فصل اول:

۱-۱ (رسم کتاب)

قسمت اول: تلفات توان در بار یا ترانزیستور

$$\text{Dynamic power Dissipation} = f C_L V_{DD}^2$$

f = فرکانس سیگنال و C_L = ظرفیت خازن خروجی (بار) و V_{DD} = ولتاژ تغذیه



$$f = 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz} \quad \text{و} \quad C_L = 50 \text{ pF} = 50 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\Rightarrow \text{توان تلفات} = P = f \times C_L \times V_{DD}^2 = 10^6 \times 50 \times 10^{-12} \times 10^2 = 5 \times 10^{-3} \text{ W} = 5 \text{ mW}$$

قسمت دوم: جریان میانگین (بار برای یک دوره تناوب بررسی شود).

$$f = 1 \text{ MHz} \Rightarrow \text{دوره تناوب} T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6} \text{ s}$$

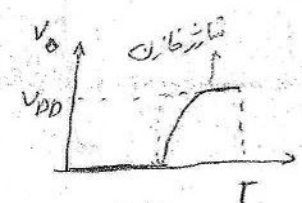
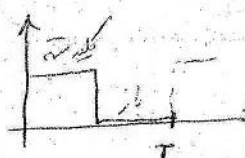
روشن سازه:

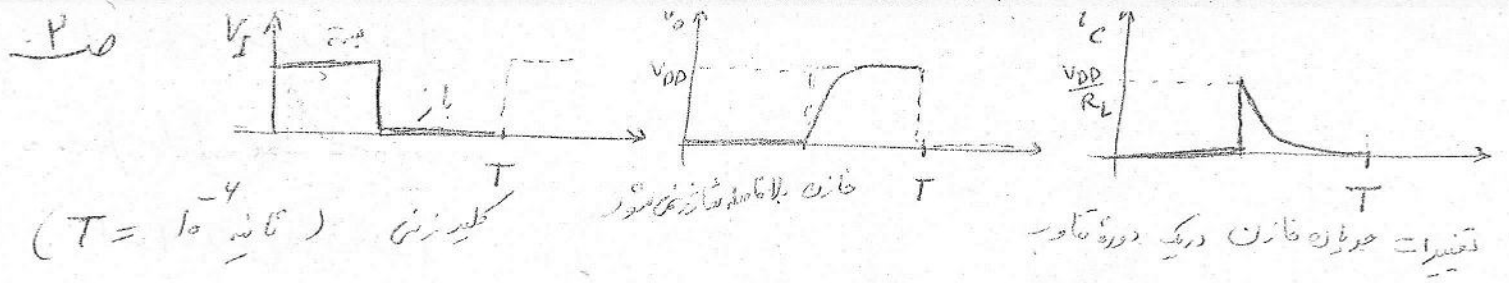
در یک دوره تناوب، در نصف دوره کلید باز است پس C_L به اندازه V_{DD} شارژ خواهد شد و مقدار Q از منبع بار الکتریکی دریافت خواهد کرد و در نصف دیگر دوره تناوب که کلید بسته است دشارژ شده و از منبع بار الکتریکی دریافت نخواهد کرد (فرض سوال بر این است که تلفات استاتیکی نیز نداریم) پس کل بار گرفته شده از منبع در یک دوره تناوب به اندازه $Q = C_L V_{DD}$ است.

$$Q = C_L V_{DD} \Rightarrow \text{جریان} = \frac{\text{تغییرات بار}}{\text{تغییرات زمان}} \Rightarrow i = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow \begin{cases} i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{Q_2 - Q_1}{t_2 - t_1} = \frac{5 \times 10^{-10} - 0}{1 \times 10^{-6} - 0} \\ Q = C_L V_{DD} = 50 \times 10^{-12} \times 10 = 5 \times 10^{-10} \\ \Delta t = \text{یک دوره تناوب} \end{cases}$$

$$\Rightarrow I = \frac{5 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-6}} = 5 \times 10^{-4} \text{ A} = 0.5 \text{ mA}$$

جریان میانگین





روش جامع برای قسمت دوم:

(برای مطالعه)

در نیمه اول دوره تناوب $\Rightarrow i_s = 0$

در نیمه دوم دوره تناوب $\Rightarrow i_s = \frac{V_{DD}}{R_L} e^{-\frac{t}{R_L C_L}}$

در مدار RC سری جریان از ابتدا رو به پایین می‌شود

$i_s =$ جریان منبع را نشان می‌دهد

\Rightarrow میانگین جریان $\Rightarrow \bar{i} = \frac{1}{T} \int_0^T i_s(t) dt = \frac{1}{T} \left(\int_0^{\frac{T}{2}} i_s dt + \int_{\frac{T}{2}}^T i_s dt \right)$

$\bar{i} = \frac{1}{T} \left(\int_0^{\frac{T}{2}} 0 dt + \int_{\frac{T}{2}}^T \frac{V_{DD}}{R_L} e^{-\frac{t}{R_L C_L}} dt \right)$

$\bar{i} = \frac{1}{T} \left(0 + \frac{V_{DD}}{R_L} \left[-e^{-\frac{t}{R_L C_L}} \right]_{\frac{T}{2}}^T \right)$

$\bar{i} = \frac{1}{T} \left(0 + \frac{V_{DD}}{R_L} \left(-e^{-\frac{T}{R_L C_L}} + e^{-\frac{T/2}{R_L C_L}} \right) \right)$

$\bar{i} = \frac{V_{DD}}{R_L T} \left(e^{-\frac{T/2}{R_L C_L}} - e^{-\frac{T}{R_L C_L}} \right)$

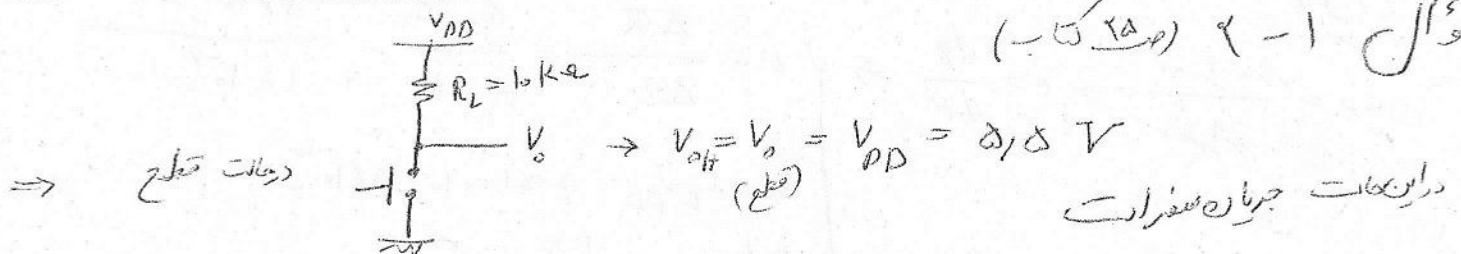
از

چون خازن درست زمان $R_L C_L$ شارژ می‌شود (ثابت زمانی $\tau = R_L C_L$) و باید مدت شارژ خیلی کوچکتر از نصف دوره تناوب باشد ثابت می‌شود که R_L باید خیلی کوچکتر از τ باشد ($R_L C_L \ll \frac{T}{2}$)

بنابراین $e^{-\frac{t}{R_L C_L}} \approx 1$ به صفر نزدیک خواهد بود بنابراین $\bar{i} \approx \frac{V_{DD}}{R_L T} (1 - 1) = 0$

$\bar{i} = 5 \times 10^{-6} = 5 \mu A$ پس

سوال ۱-۲ (۲۵ ک)



در حالت وصل

V_{DD}

$R_L = 10 k\Omega$

V_o

$R_D = 10 k\Omega$

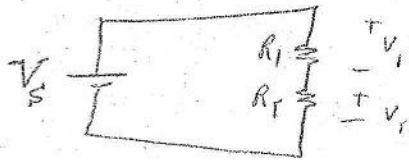
V_{DD}

$V_o = V_{DD} = 5.5 V$ (وصل)

در این حالت

$V_{oL} = V_o \Rightarrow V_{oL} = \frac{R_{on}}{R_{on} + R_L} \times V_{DD}$

$\Rightarrow V_{oL} = \frac{1 k\Omega}{1 k\Omega + 10 k\Omega} \times 5.5 = 0.5 V$

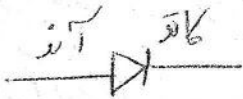


$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_S \quad \text{و} \quad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_S$$

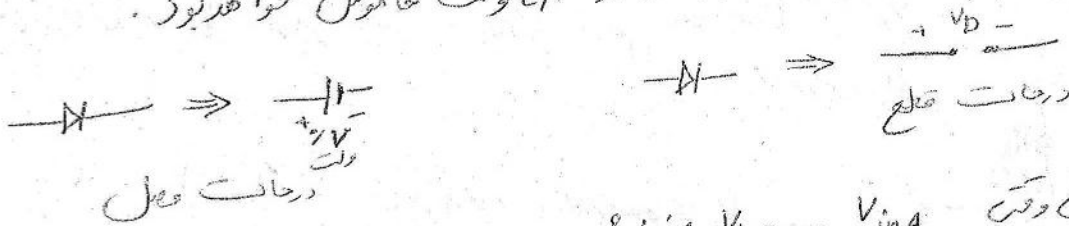
تقسیم ولتاژ به صورت معادله است

فصل دوم

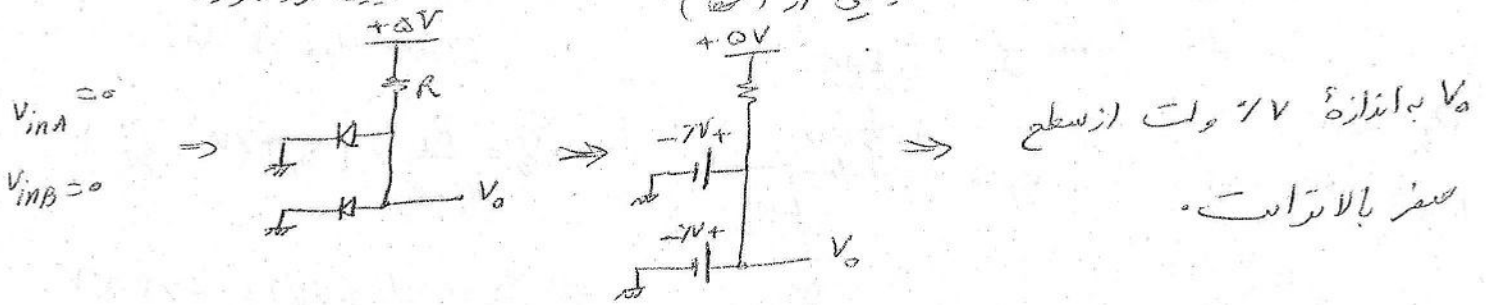
سوال ۱-۲ : (ص ۴ کتاب)



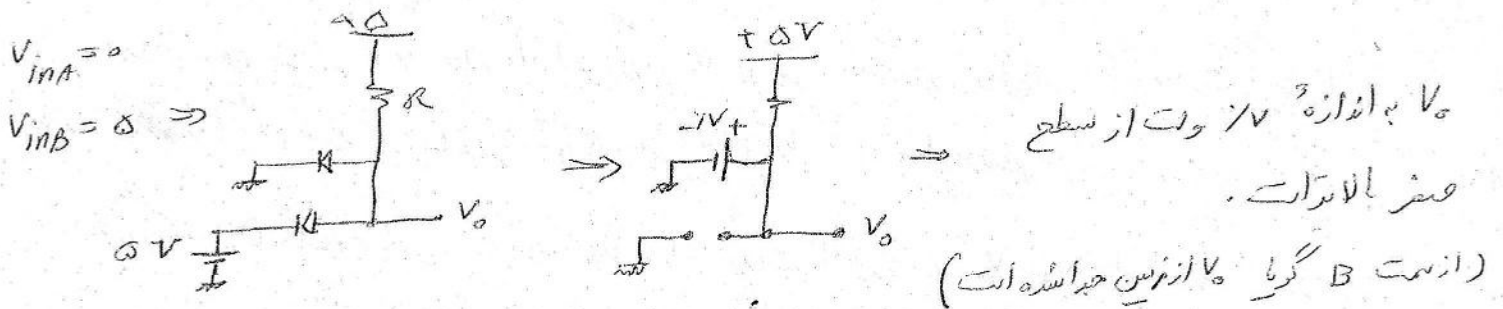
توضیح : در اینج که در حالت وصل دیود به اندازه ۷ ولت افت ولتاژ ایجاد می شود و برای اینکه دیود به حالت وصل برود باید ولتاژ آن در دیود به اندازه ۷ ولت بیشتر از ولتاژ کاتد باشد مثلاً اگر ولتاژ آن ۵ ولت بود دیود به ازای ولتاژهای کمتر از ۳ ولت روشن نخواهد شد و به ازای ولتاژهای بزرگتر از ۳ ولت خاموش خواهد بود.



در گیت AND دیودی و V_{inA} و V_{inB} و V_{out} در حالت پایین قرار دارد.



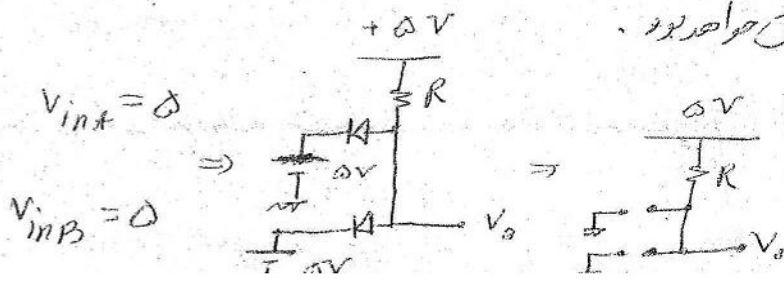
V_o به اندازه ۷ ولت از سطح صفر بالاتر است.



V_o به اندازه ۷ ولت از سطح صفر بالاتر است.

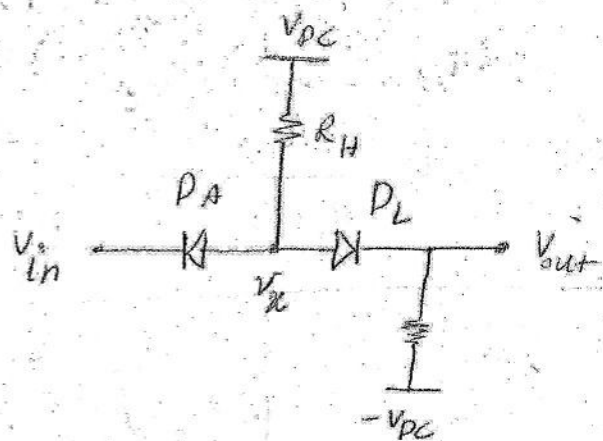
(از سمت B گریه V_o از زمین جدا شده است)

برای $V_{inA} = 5$ و $V_{inB} = 0$ نیز به صورت فوق خواهد بود.



چون از سمت دیودها V_o از زمین جدا شده است و جریان مدار صفر است. بنابراین $V_{pp} = 5$ برابر خواهد بود.

سؤال ۲-۲ (۴۲ کتاب)



$$R_H = R_L = 1K\Omega$$

$$V_D(on) = 7V$$

$$-V_{DC} \leq V_{in} \leq V_{DC}$$

برای حل این مسئله در روش ایستادن به کار بست. اول اینکه V_{in} را از مقدار حداقل $-V_{DC}$ به تدریج افزایش داده و تأثیر آن را روی D_A و D_L بررسی کنیم و بنا بر عملکرد D_A و D_L V_{out} را بدست می آوریم. روش دوم به این صورت است که عملکرد D_A و D_L را بررسی کرده و اثر آن را روی V_{out} می بینیم و سپس مجموعه های روشن و خاموش بودن D_A و D_L را در V_{in} بدست می آوریم. در اینجا از روش دوم مسئله را تحلیل می کنیم.

در صورتی که D_L روشن باشد دو حالت داریم - (الف) خاموش D_A
(ب) روشن D_A

$$\begin{cases} D_L : ON \\ D_A : ON \end{cases} \Rightarrow \begin{array}{c} V_{DC} \\ | \\ R_H \\ | \\ -7V \\ | \\ V_{in} \end{array} \Rightarrow V_o = 7V + 7V + V_{in} \Rightarrow V_o = V_{in}$$

و نتایج (دو تأثیر مجموع)

$$\begin{cases} D_L = ON \\ D_A = OFF \end{cases} \Rightarrow \begin{array}{c} V_{DC} \\ | \\ R_H \\ | \\ 7V \\ | \\ V_{in} \end{array} \Rightarrow V_o = \frac{R_L}{R_L + R_H} \times (V_{DC} + 7V - V_{DC}) \Rightarrow V_o = \frac{1}{2} (-7V) = -3.5V$$

علامت منفی پشت $7V$ قرار داده ایم چون V_o به سمت منفی آن فعلیات یا به عبارت دیگر از V_{DC} به اندازه $7V$ پایین تر می آید و به اندازه $R_H I$ نیز پایین تر می آید تا به V_o برسیم.

در صورتی که D_L خاموش باشد (عکس D_A داریم صورت تأثیری بر V_o نخواهد داشت)

$$D_L = OFF \Rightarrow \begin{array}{c} V_{DC} \\ | \\ R_H \\ | \\ V_{in} \end{array} \Rightarrow V_o = -V_{DC}$$

البته اگر $D_A = OFF$ و $D_L = ON$ نیز می تواند باشد.

حال محدوده‌ها را مشخص می‌کنیم:

با توجه به شکل در سمت گات D_L ولتاژ حداقل برابر $-V_{DC}$ خواهد بود بنابراین ولتاژ می‌دائیم برای اینکه دیود D_L روشن باشد باید ولتاژ آن (V_{in}) به اندازه $V_{in} > -V_{DC}$ از ولتاژ گات آن بیشتر باشد. پس در صورتی D_L خاموش خواهد شد که $V_{in} < -V_{DC} + V_{\gamma}$ یا $V_{in} < -V_{DC}$.

از طرف دیگر می‌دائیم که اگر D_A خاموش باشد دیود D_L تمام روشن خواهد بود. چون طرف آن $+V_{DC}$ و طرف گات آن $-V_{DC}$ خواهد داشت.

از طرف دیگر می‌دائیم که اگر $V_{in} \leq V_{\gamma} + V_{DC}$ باشد دیود D_A روشن خواهد شد و اگر $V_{in} > V_{\gamma} + V_{DC}$ دیود D_A خاموش خواهد شد.

از طرفی نیز چون ولتاژ ثابت V_{DC} و $-V_{DC}$ در مدار موجود دارد و همچنین $R_L = R_H$ بنابراین نقاط

خاموش یا روشن شدن دیودها باید به ازای V_{in} حدودی از ولتاژهای V_{DC} یا $-V_{DC}$ (یا صفر) باشد.

اگر D_L : off پس $V_o = -V_{DC}$
 اگر D_A : on داریم $V_o = -V_{DC} + V_{\gamma}$
 اگر D_L : off و D_A : on داریم $V_o = -V_{DC}$
 اگر D_L : on و D_A : off داریم $V_o = -V_{DC} + V_{\gamma}$
 اگر D_L : on و D_A : on داریم $V_o = -V_{DC} + V_{\gamma}$
 اگر D_L : off و D_A : off داریم $V_o = -V_{DC}$

پس $V_{in} < -V_{DC}$ \Rightarrow D_L : off و D_A : on $\Rightarrow V_o = -V_{DC} + V_{\gamma}$ \Rightarrow $V_o = -1.5V$

در حالتی که D_A : off و D_L : on داریم که $V_o = -1.5V$ پس $V_{in} < -1.5V + 0.7V = -0.8V$

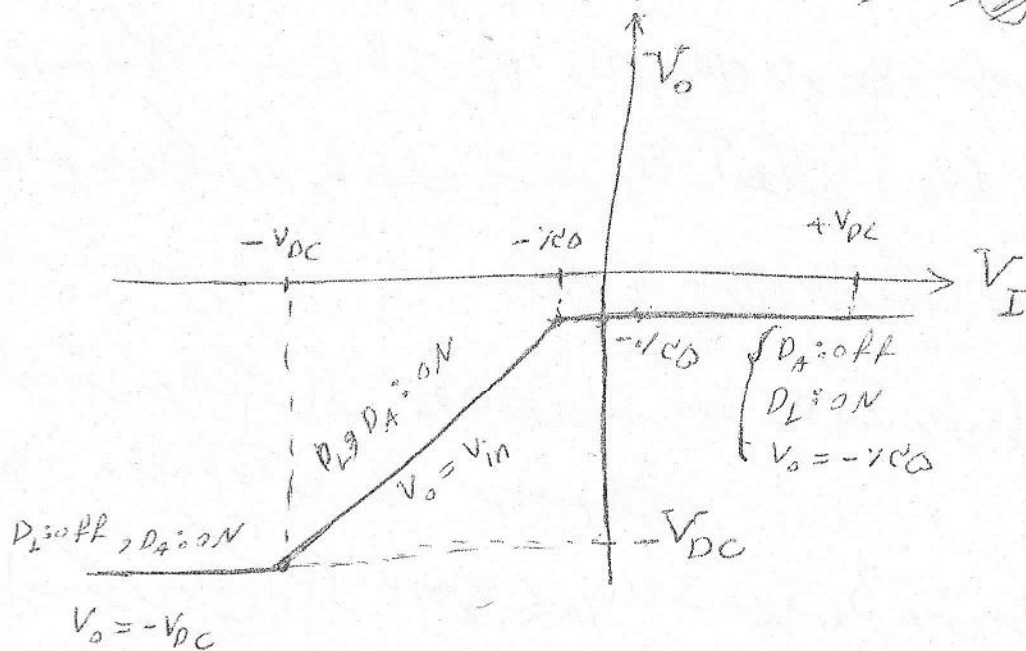
بنابراین به ازای تمام ولتاژهای بزرگتر از $-0.8V$ دیود D_A خاموش خواهد شد.

دیود D_A خاموش $\Rightarrow V_{in} > -0.8V \Rightarrow V_{in} > -1.5V + 0.7V = -0.8V$

در حالتی که D_L : on و D_A : on داریم که $V_o = -1.5V$

به ازای تمام ولتاژهای کوچکتر از $-1.5V$ دیود D_A روشن خواهد بود (نقطه قبل)
 به ازای تمام ولتاژهای بزرگتر از $-1.5V$ دیود D_L روشن خواهد بود (نقطه *)

سین بائویم ۲ ~~سک~~ کوئیجا سے دارہ شدہ :



مسئله ۱-۳ (۶۸)

فصل سوم

مسئله ۱-۳ (۶۸)

اگر به متن کتاب نگاهی بیندازیم متوجه خواهیم شد که جریان I_D در ناحیه اشباع ثابت است و ترانزیستور به صورت منبع جریان عمل می‌کند. بنابراین V_D تابعی از مقدار جریان I_D خواهد بود چون $V_D = R_D I_D$

از طرف دیگر اگر به فرمول جریان I_D در ناحیه اشباع توجه کنیم خواهیم دید که این جریان تابعی از V_{GS} و V_t است و به V_D ارتباطی ندارد. $I_D = \frac{k_p}{2} (V_{GS} - V_t)^2$ و چون V_t ثابت است پس I_D فقط به V_{GS} بستگی خواهد داشت.

$$P_{mos} \Rightarrow \begin{cases} V_{DS} \geq V_{GS} - V_t & \text{ناحیه خطی} \\ V_{DS} \leq V_{GS} - V_t & \text{ناحیه اشباع} \end{cases} \Rightarrow V_{DS} = V_{GS} - V_t \quad \text{مرز ناحیه}$$

روی مقادیر مرزی علامت پریم قرار می‌دهیم یعنی $V'_{DS} = V'_{GS} - V_t$

$$\Rightarrow I_D = \frac{k_p}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \Rightarrow V_{GS} = \pm \sqrt{\frac{I_D}{\frac{k_p}{2}}} + V_t$$

$$\Rightarrow V'_{GS} = \pm \sqrt{\frac{1.5}{1.5}} - 1 = \begin{cases} +1-1=0 \\ -1-1=-2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{باز هم به رفتار} \\ P_{ph} \text{ در ناحیه} \\ \text{اشباع} \end{array}$$

$$\Rightarrow V'_{GS} = -2 \Rightarrow V'_{DS} = V'_{GS} - V_t = -2 - (-1) = -1$$

$$\Rightarrow V'_{DS} = V'_D - V_S \Rightarrow V'_D - 0 = -1 \Rightarrow V'_D = -1V$$

$$V_D = R_D I_D \Rightarrow R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{-1}{1.5mA} = -1k\Omega$$

حداکثر مقدار R_D

الف) برای ترانزیستور نوع NMOS زیر لایه از نوع P است و هرچه میزان ناخالصی افزایش یابد میزان حفره‌ها بیشتر شده و میزان الکترون‌های آزاد کمتر می‌شود و ولتاژ آستانه و ولتاژ آستانه که بتواند حداقل الکترون‌های آزاد لازم برای ایجاد کانال n را زیر ϕ_{gs} گیت جمع‌آوری کند پس هرچه تغییرات ناخالصی افزایش یابد ولتاژ آستانه نیز باید افزایش یابد.

برای نوع PMOS هم به همین شکل است

ب) اگر در زیر لایه نوع P (در NMOS) لایه یونی از یون‌های منفی شکل شده باشد ولتاژ آستانه کاهش پیدا کرده و ولتاژ آستانه در صورتی که یون‌ها مثبت باشند ولتاژ آستانه افزایش پیدا خواهد کرد.

به طور کلی اگر لایه یونی هم دارای یون‌های مثبت و هم منفی باشد ولتاژ آستانه کم‌تر خواهد شد چون جهت گیری یون‌ها آستانه از جمع‌آوری الکترون‌ها آستانه را تغییر خواهد داد

برای زیر لایه نوع N (PMOS) هم می‌توان توانایی نوعی را تعیین داد

ج) می‌دانیم که ظرفیت خازن برابر است با $C = \frac{KA}{d}$ که نشان دهندهٔ فاصلهٔ صفحات خازن و یا به عبارت دیگر ضخامت لایهٔ عایقات. پس هرچه ضخامت لایهٔ اکسید بیشتر باشد L بیشتر بوده و در نتیجه C یا خازن گیت کوچک‌تر خواهد شد (ظرفیت آن کم خواهد شد)

سوال ۲-۲ ص ۴۸

عرض کانال w
طول کانال L

$$\Rightarrow w' = \frac{1}{\alpha} w$$

$$L' = \frac{1}{\alpha} L$$

مساحت گیت $A = w \cdot L \Rightarrow A' = w' \cdot L' = \frac{1}{\alpha} w \cdot \frac{1}{\alpha} L = \frac{1}{\alpha^2} w \cdot L \Rightarrow A' = \frac{1}{\alpha^2} A$

ضریب عایق K
مساحت صفحات A
فاصله صفحات d

ظرفیت خازن $C = K \frac{A}{d}$

ظرفیت خازن $C' = K \frac{A'}{d} = K \frac{\frac{1}{\alpha^2} A}{d} \Rightarrow C' = \frac{1}{\alpha^2} C$

NMOS $\Rightarrow I_D = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$ جبران اشباع

$\left\{ \begin{array}{l} V_{GS} \text{ و } V_{DS} \text{ و } w \text{ و } L \text{ بیگی ندارند} \\ K_n = \mu_n C_{ox} \left(\frac{w}{L} \right) \end{array} \right.$

$\Rightarrow K'_n = \mu_n C_{ox} \left(\frac{w'}{L'} \right) = \mu_n C_{ox} \left(\frac{w}{L} \right) = K_n \Rightarrow K'_n = K_n$

$$K'_n = K_n \Rightarrow I'_{DS} = I_{DS}$$

بنابراین جریان اشباع تغییر نخواهد کرد

برای PMOS نیز به همین صورت خواهد بود.

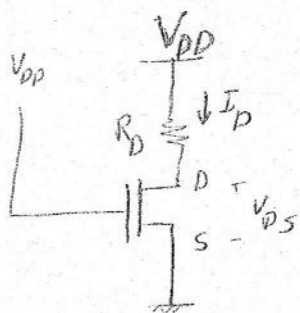
توان مصرفی در ذات ایستا: (زمانی که ترانزیستور MOSFET وصل است و در ناحیه اشباع کار می کند)

$$\Rightarrow P_s = V_{DS} I_{DS}$$

$$P'_s = V'_{DS} I'_{DS} \Rightarrow \begin{cases} I'_{DS} = I_{DS} \\ V'_{DS} = V_{DS} \end{cases} \Rightarrow$$

در سمت چپ ثابت شد :
با توجه به شکل اگر توپولوژی مدار تغییر نکند
(مقاومت متفاوت تغییر نکند) V_{DS} نیز
تغییر نخواهد کرد چون

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_{DS}$$



پس $V'_{DS} = V_{DS}$ یعنی V_{DS} نیز ارتباطی به L و w ندارد.

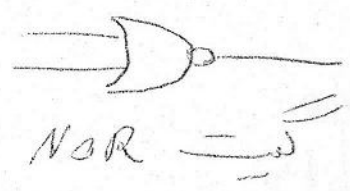
$$\Rightarrow P'_s = V'_{DS} I'_{DS} = V_{DS} I_{DS} = P_s \Rightarrow P'_s = P_s$$

سوال (۱-۹) ۲۹۱۵

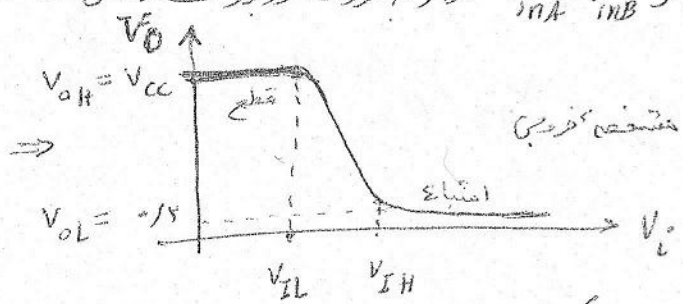
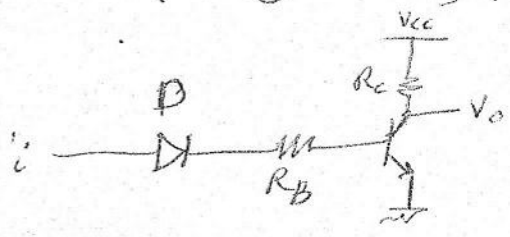
الف) اگر به مدار شکل م ۱-۹ توجه کنید مشاهده خواهید کرد که اگر V_{inA} و V_{inB} به طور همزمان صفر شوند آنگاه خروجی D_A و D_B قطع شده و در نتیجه Q_0 خاموش خواهد شد. وقتی که Q_0 خاموش است $V_{out} = V_{cc}$ حال اگر یکی از ولتاژهای V_{inA} یا V_{inB} و یا هر دو را افزایش دهیم آنگاه یکی از خروجیهای D_A و D_B و یا هر دو روشن خواهند شد پس ترانزیستور Q_0 روشن شده و به اشتباه V_{out} می رود و $V_{out} = V_L$ (سطح منطقی صفر)

V_{inA}	V_{inB}	V_{out}
۰	۰	V_{cc}
V_{OH}	۰	V_L
۰	V_{OH}	V_L
V_{OH}	V_{OH}	V_L

V_A	V_B	V_O
۰	۰	۱
۱	۰	۰
۰	۱	۰
۱	۱	۰



ب) اگر $V_{inA} = V_{inB}$ مدار به صورت زیر در می آید (تبدیل گیت NOT می شود)



V_{IL} حداقل ولتاژی است که به ازای ولتاژهای بزرگتر از آن ترانزیستور از ناحیه قطع خارج نشود. V_{IH} حداکثر ولتاژی است که به ازای آن ولتاژهای بزرگتر از آن ترانزیستور به ناحیه اشباع وارد خواهد شد.

حداقل ولتاژی که ترانزیستور را روشن کند باید از افت ولتاژ روی دیود D و روی پیوند BE بزرگتر باشد.

$\Rightarrow V_{IL} = V_V + V_V = 1.4V$

V_{IH} ولتاژی است که به ازای آن پیوند BE به بایاس مستقیم برود و در نتیجه $V_{CE} = 1.4V$ (ناحیه اشباع) می شود.

المسئله ۱-۶ (قسمت ب)

$$V_{CE} = 7V$$

در مدار ناحیه اشباع و ناحیه فعال خواص را دست :

$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - 7V}{R_C} \quad , \quad I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{CC} - 7V}{R_C \times \beta}$$

$$\Rightarrow V_{IH} = 7V + R_B \underbrace{I_B}_{\text{جریان ورودی به ورودی}} + 7V \Rightarrow V_{IH} = 7V + R_B \left(\frac{V_{CC} - 7V}{\beta + R_C} \right) + 7V$$

جریان ورودی به ورودی I_B به مدار ناحیه فعال و اشباع

$$\Rightarrow V_{IH} = 1.4 + 10 \left(\frac{V_{CC} - 7V}{\beta} \right) \Rightarrow V_{IH} \text{ در صورت مشخص بودن } V_{CC} \text{ و } \beta \text{ می توان راضی کرد.}$$

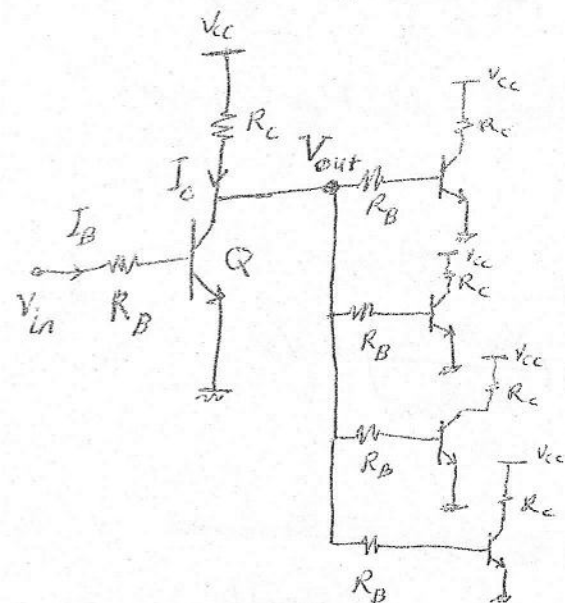
$$V_{OL} = 7V \quad \left. \begin{array}{l} \text{در ناحیه اشباع ولتاژ} \\ V_{CE} = 7V \text{ با } V_{CE} \text{ برابر بوده و } V_{CE} \end{array} \right\} V_{OL} \text{ محاسبه}$$

$$V_{OH} = V_{CC} \quad \left. \begin{array}{l} \text{وقتی ترانزیستور قطع است} \\ \text{جریان از } R_C \text{ نخواهد گذشت و } V_{OH} = V_{CE} = V_{CC} \end{array} \right\} V_{OH} \text{ محاسبه}$$

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = V_{CC} - \left(1.4 + 10 \left(\frac{V_{CC} - 7V}{\beta} \right) \right) \Rightarrow \text{حاشیه امنیت نویز } NM_H \text{ به مقادیر } V_{CC} \text{ و } \beta \text{ وابسته است.}$$

$$NM_H = 5 - (1.4 + 10 \times 1.2) = 2.2V \quad \text{مثلاً اگر } V_{CC} = 5 \text{ و } \beta = 100$$

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 1.4 - 7V = 1.2V \quad \text{حاشیه امنیت نویز } NM_L \text{ به } V_{CC} \text{ و } \beta \text{ وابسته نیست.}$$



محاسبه I_C و I_B و V_{out} برای طبقه اول (دری)

العلم 2

$$V_{in} = \phi \quad (\text{الف})$$

تمام لیست های خروص و طاب
فاموش حسنه

$$V_{in} = 0 \Rightarrow Q : I_{BQ} \Rightarrow V_{out} = V_{CE} = 18V$$

$$\Rightarrow I_c = \frac{V_{cc} - V_{out}}{R_c} = \frac{V_{cc} - V_T}{R_c} = \frac{5 - 1.7}{R_c} = \frac{3.3}{R_c}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B} = \frac{V_{in} - 7V}{R_B} = \frac{5 - 7V}{R_B} = \frac{5V}{R_B}$$

(ب) $V_{in} = 0 \in \phi$ خاموشی است پس $I_B = 0$ و دو معادله اساسی به صورت زیر می آید (نوشته تمام کنید) - راه خدیدی روشن هستند $(V_{BE} = V_V) \Leftarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_c = \frac{V_D - V_D}{R_B / \beta} \\ I_c = \frac{V_{CC} - V_D}{R_c} \end{cases}$$

اگر در دو مدار بالا I_C را حذف کنیم V_o بر حسب V_{CC} و R_C و R_B بدست خواهد آمد و اگر V_o را حذف کنیم I_C بر حسب V_{CC} و R_C و R_B بدست خواهد آمد.

$$V_o = \frac{R}{R_B + \beta R_C} \left(\frac{R_B}{\beta} V_{CC} + \gamma V_{RC} \right)$$

$\therefore \beta = 100, V_{CC} = 5, R_C = 1k\Omega, R_B = 10k\Omega$ (5) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (43) (44) (45) (46) (47) (48) (49) (50) (51) (52) (53) (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60) (61) (62) (63) (64) (65) (66) (67) (68) (69) (70) (71) (72) (73) (74) (75) (76) (77) (78) (79) (80) (81) (82) (83) (84) (85) (86) (87) (88) (89) (90) (91) (92) (93) (94) (95) (96) (97) (98) (99) (100)

$$\text{و} \Rightarrow V_{in} = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} V_o = 11V \\ I_C = 1.1 \text{ mA} \\ I_E = 1.5 \text{ mA} \end{array} \right.$$

2. $\Rightarrow V_{in} = 0$ $\left\{ \begin{array}{l} V_o = 11.111 V \\ I_c = 1.111 mA \end{array} \right. \quad I_B = 0$

$$\alpha_F = 1$$

$$\alpha_R = 0.2$$

$$I_{SE} = 10^{-14}$$

برای اشباع معکوس
امیر

$$\Rightarrow I_S = \alpha_R I_{SE} = \alpha_F I_{SE} \Rightarrow \frac{I_{SE}}{R_F} = \frac{\alpha_R}{R_P} I_{SC} = 0.2 \times 10^{-14} = 2 \times 10^{-14} \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_{SC} = \frac{\alpha_F}{\alpha_R} I_{SE} = \frac{1}{0.2} \times 10^{-14} = 5 \times 10^{-14} \text{ A}$$

$$\beta_R = \frac{\alpha_R}{1 - \alpha_R} = \frac{0.2}{1 - 0.2} \approx 0.25$$

$$\beta_F = \frac{\alpha_F}{1 - \alpha_F} = \frac{1}{1 - 1} = \infty$$

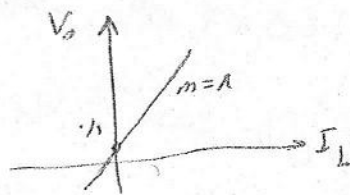
همچنین می‌تواند بزرگتر باشد تعداد حامل‌های اقلیت و اکثریت بیشتر خواهند بود پس برای هر دو اشباع معکوس
برای در پیوند مناسب با اندازه پیوند خواهند بود

$$\Rightarrow \frac{\text{اندازه پیوند کلکتور}}{\text{اندازه پیوند امیتر}} = \frac{I_{SC}}{I_{SE}} = \frac{5 \times 10^{-14}}{10^{-14}} = 50$$

پیوند کلکتور ۵۰ برابر بزرگتر از پیوند امیتر است.

سوال ۴-۶ ۲۷۲۰ (شکل ۲۵-۶ است که در مسئله اشتباهاً ۲۴-۶ گفته شده است)

با توجه به اطلاعات داده شده در مسئله می‌توانیم معادله $V_o = 1 I_L + 0.1$ را بنویسیم که در آن I_L بر حسب آمپر است.



وقتی بار متصل شود Q در منطق منفی باشد پس دحالت اشباع است V_o طبق صورت سوال باید کمتر یا مساوی 0.1 باشد پس:

$$V_o = 1 I_L + 0.1 \Rightarrow I_L = \frac{V_o - 0.1}{1} \Rightarrow I_L = \frac{0.1 - 0.1}{1} = 0 \text{ mA}$$

($0.1 \times 10^{-3} \text{ A}$)

البته باید جواب را بررسی کنیم تا ببینیم به ازای $I_L = 0 \text{ mA}$ آیا Q دحالت اشباع (یا فعال) است یا خیر. ما بررسی

$$\Rightarrow V_{CE}(Q_4) = V_{CC} - R_C I_C - V_{V_{BE}} - V_{V_{CE}}$$

ولتاژ بار ولتاژ بار

~~و~~

فرض کنیم Q_4 در حالت فعال است پس $I_C \approx I_E$

$$V_{CE}(Q_4) = 5 - 120 \times 25 \text{ mA} - 1.7 - 1.7 = 1.75 \text{ V} \Rightarrow \text{فرض می‌کنیم است}$$

پس Q_4 در حالت فعال بوده و می‌تواند جریان 25 mA را تأمین کند پس:

$$I_{L_{max}} = 25 \text{ mA}$$

$$\beta = \infty \quad I_B = \frac{I_C}{\beta} \Rightarrow I_B \approx 0 \Rightarrow I_C \approx I_E \quad \text{برای } Q_R :$$

$$I_E = \frac{V_E - V_{EE}}{R_E}$$

در حالتی که A و B رها شوند، Q_A و Q_B خاموش خواهند بود.
پس جریان گذرنده از R_E فقط از طریق Q_R تأمین خواهد شد.
(Q_4 در ناحیه فعال خواهد بود)

~~و~~

$$V_{BE} = 1.75 \text{ (برای } Q_R \text{)}$$

$$\Rightarrow V_{BE} = 1.75 \Rightarrow V_E = V_B - 1.75 = -1.22 - 1.75 = -2.97$$

$$V_R = V_B = -1.22$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{-2.97 - (-5.2)}{1.1 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ mA}$$

ولتاژ کلکتور برای Q_R

$$I_B = 0 \Rightarrow I_C = I_E \Rightarrow V_C = V_{CC} - R_C I_C = 5 - 1.2 \text{ k}\Omega \times 2 \text{ mA} = -1.4 \text{ V}$$

ولتاژ کلکتور برای Q_A و Q_B :

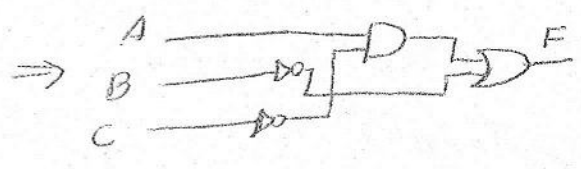
چون Q_A و Q_B در حالت قطع هستند پس $V_C(Q_A) = V_C(Q_B) = 0$ (بدانرا V_{CC} است)

نوع ولتاژ مشترک (COM) برای مدار 5.2 V است پس ولتاژهای خروجی NOR و OR نسبت به 5.2 V معبره می‌شوند پس بنابراین ولتاژ منفرد پس Q_4 می‌تواند آن را روشن کند

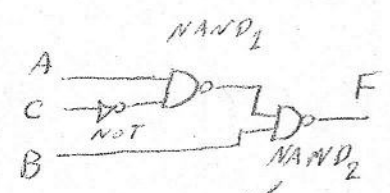
یا تو به
چون درستی

ABC	B'C'	B'C	BC	BC'
A'	1	1	0	0
A	1	1	0	1

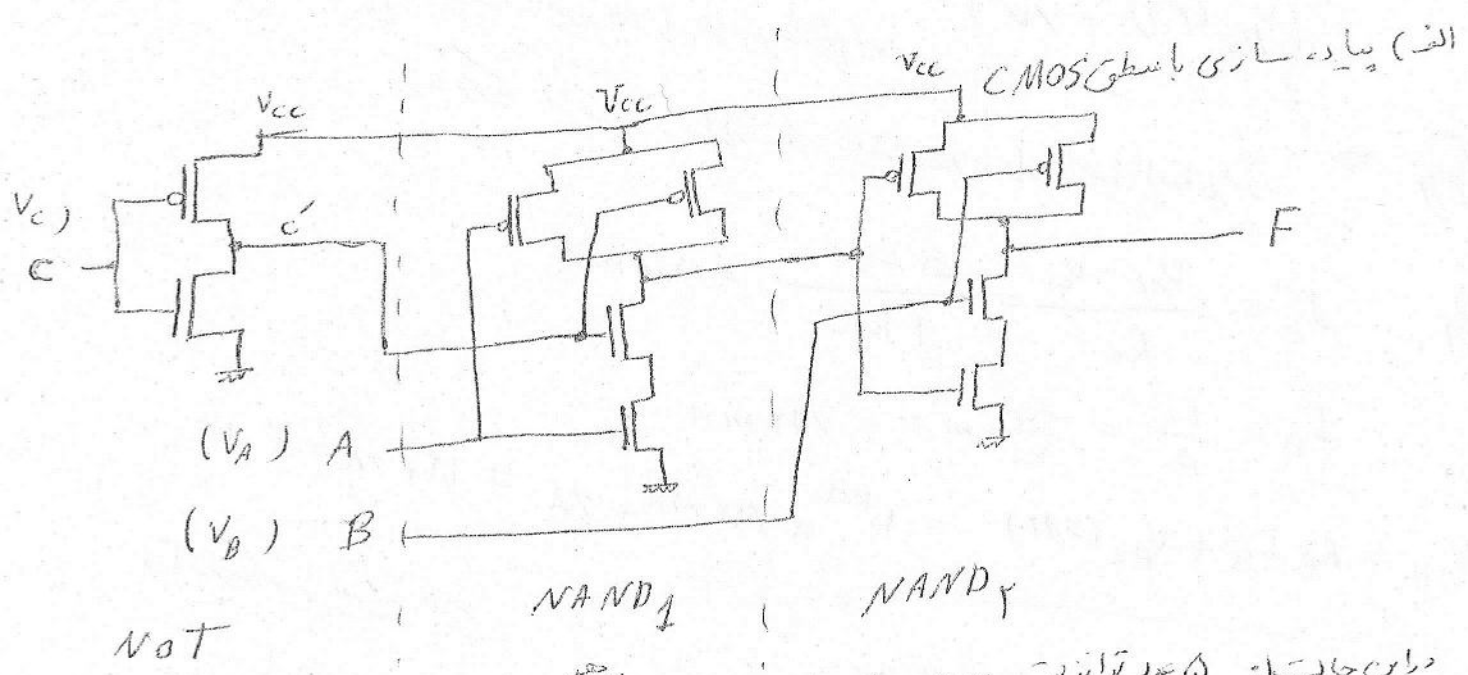
یا تو به درستی
کارنو $\Rightarrow F = AB' + B'$



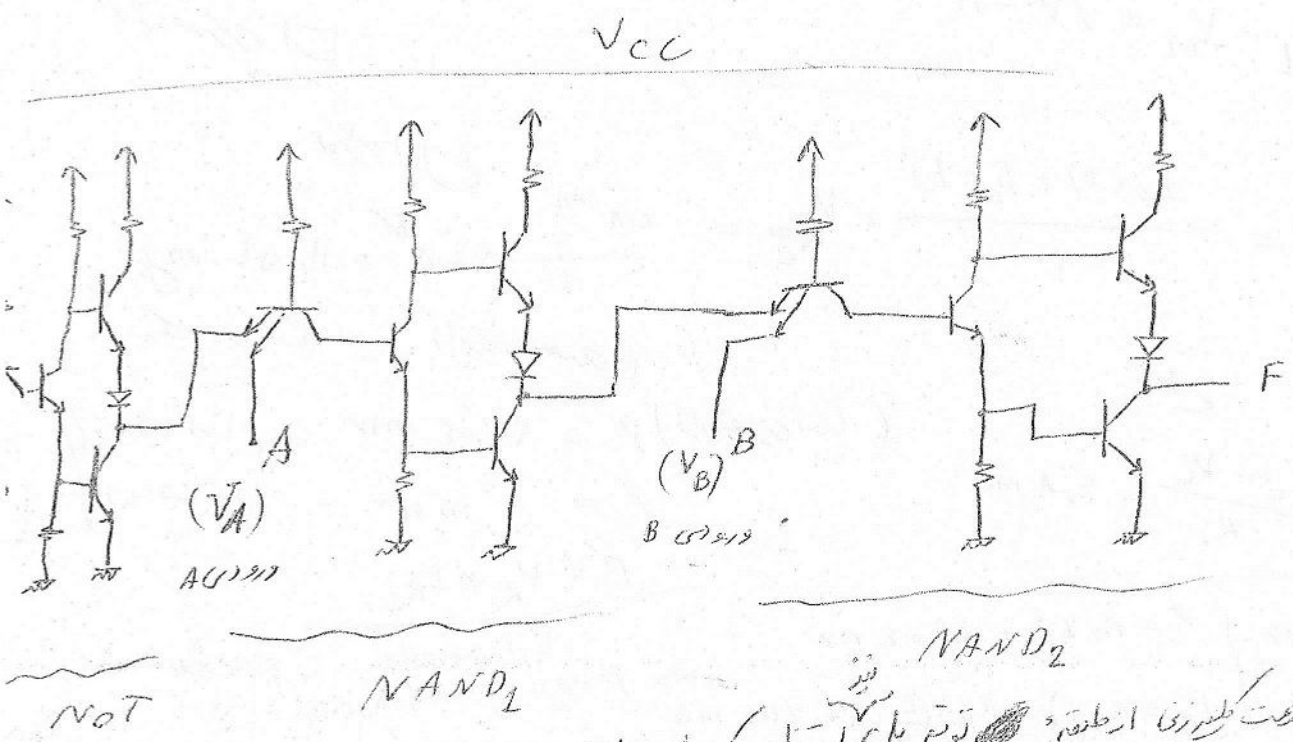
یا تو به درستی
گیت NAND



طبق قانون دوگان $F = ((AC')' \times B)'$



در این حالت از ۵ عدد ترانزیستور CMOS استفاده شده است (دارای دو ترانزیستور N و P است)
(ب) پیاده سازی با TTL



برای افزایش سرعت کلکتی از طریق به توتم پل استفاده کرده ایم
در این حالت ۱۲ عدد ترانزیستور BJT استفاده شده است.

زمانی که ترانزیستور قطع است هیچ رایانی از R_c نمی‌گذرد
 $V_{OH} = 5$

زمانی که ترانزیستور در حالت اشباع است
 $V_{OL} = 0.2V$

زمانی که ترانزیستور در حالت اشباع قطع دارد تا صاف فعال شود
 $V_{IL} = 0.7V$
 باید بتواند سیگنال BE را به بایاس مستقیم ببرد
 $(V_{BE}(FA) = 0.7V)$

زمانی که ترانزیستور در حالت اشباع فعال دارد تا صاف اشباع شود
 $V_{IH} \Rightarrow$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = \frac{5 - 0.2}{1K\Omega} = 4.8mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{4.8mA}{\beta} = 0.12mA$$

$$V_{IH} = R_B I_B + V_{BE}(SAT) = 10K\Omega \times 0.12mA + 0.7V = 1.2 + 0.7 = 1.9V$$

حداکثر حاشیه امنیت نویز:

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 5 - 1.9 = 3.1V$$

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 0.7V - 0.2V = 0.5V$$

توان مصرفی ایست:

اول اول

$$W_{(average)} = \frac{I_C(H) + I_C(L)}{2} \times V_{R_C} = \frac{4.8mA + 0}{2} \times 5V = 11.5mJ$$

در یک دوره تناوب (انرژی مصرفی)

در حالت اشباع $P = 24.106mW$
 در حالت قطع $P = 0mW$

در حالت اشباع $P_C = R_C I_C^2 = 24.106mW$

$P_B = R_B I_B^2 = R_B \left(\frac{I_C}{\beta}\right)^2 = 11.5mW$

توان مصرفی ایست: $P = P_C + P_B = 24.106mW + 11.5mW$

\Rightarrow در حالت قطع $P_C = 0, P_B = 0 \Rightarrow W = \frac{1}{T} (EP) = \frac{1}{T} \times 24.106 = 11.5mJ$

۱- در حالتی که $V_{in} = V_{OL}(ECL)$ یعنی قطع است $V_{OL} = -1.4V$ در صفحه ۲۷۴

در حالتی که $V_{OL} = -1.4V$ یا به عبارت دیگر ترانزیستور خروجی گیت ECL باید آنگاه ولتاژ V_{in} کمتر از $-1.4V$ باشد (شکل ۱-۷-۳ ص ۲۷۱) خواهد بود بنابراین ترانزیستور Q_1 در حالت قطع خواهد بود و جریان I_E که از R_E می گذرد از Q_R خواهد گذشت پس در این حالت جریان Q_1 صفر خواهد بود

$$I_C(Q_1) = 0$$

۲- در حالتی که خروجی ECL وصل باشد $V_{in} = V_{OH} = V_{BE} = 0.7V$

در قسمت سوال مقدار $V_{BE} = 0.7V$ داده شده است که با توجه به شکل ۲۵۶ ص (۲۶-۴)

ثابت می شود ولتاژ پس در ترانزیستورهای خروجی گیت ECL در هنگامی که روشن باشند باید صفروست باشد پس V_E در آنجا $-V_{BE}$ خواهد بود و چون امپدانس خازنه ورودی مدار شکل ۱-۷-۴ باید وصل شود پس $V_{in} = V_E = -V_{BE}$

$$V_{in} = V_E = -V_{BE}$$

چون $V_{BE} = 0.7V$ از $V_{BE} = -0.7V$ نتیجه می گیریم $V_{in} = -0.7V \Rightarrow V_{in} = -0.7V$

$$I_E(Q_R) = 0, I_C(Q_R) = 0 \Rightarrow V_{BE}(Q_1) = 0.7V \Rightarrow V_E(Q_1) = V_{in} - 0.7V = -1.4V \Rightarrow I_E = \frac{-1.4V - (-0.7V)}{V_{BE}} = 4.8mA$$

$$\beta \rightarrow \infty \quad I_E \approx I_C = 4.8mA$$