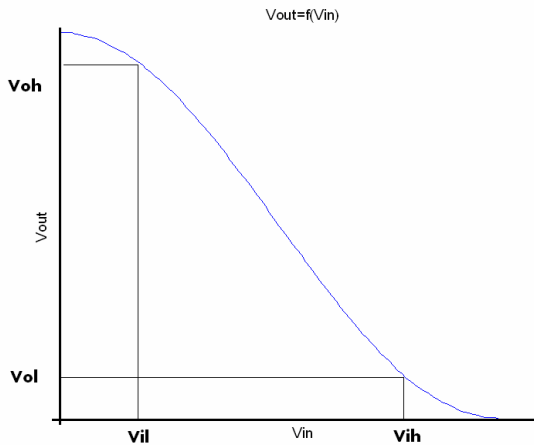


תרגיל בית 1**שאלה 1**

עבור אופיין כללי של מהפך $V_{out}=f(V_{in})$, הסבירו מדוע אם מאפשרים רמות לוגיות כלליות: V_{IL} , V_{IH} , V_{OL} , V_{OH} הקביעה לקבלת שולי רעש מכסימליים תהיה עדיין לפי: $V_{OL} = f(V_{IH})$, $V_{OH} = f(V_{IL})$?

נזכיר את ההגדרות של V_{OL} ו- V_{OH} :

V_{OL} - תחום המתחים העשויים להופיע ביציאת רכיב כאשר כוונתו ל- '0' לוגי.

V_{OH} - תחום המתחים העשויים להופיע ביציאת רכיב כאשר כוונתו ל- '1' לוגי.

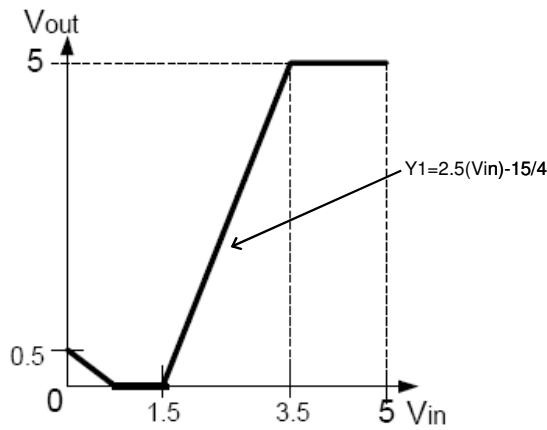
- לכן לפי ההגדרה לאחר קביעת V_{IL} ו- V_{IH} (קרובים ככל הרצוי כדי לקבל NM מקסימאלי), אפשר לראות מהגרף:
- כאשר מופיע בכניסתו של רכיב מתח קטן שווה ל- V_{IL} (כלומר '0' לוגי) תחום המתחים שעשויי להופיע ביציאה הינם $f(V_{IL})$ ומעלה ('1' לוגי). לכן לפי ההגדרה V_{OH} חייב להיות שווה ל- $f(V_{IL})$.
 - כאשר מופיע בכניסתו של רכיב מתח גדול שווה ל- V_{IH} (כלומר '1' לוגי) תחום המתחים שעשויים להופיע ביציאה הינם $f(V_{IH})$ ומטה ('0' לוגי). לכן לפי ההגדרה V_{OL} חייב להיות שווה ל- $f(V_{IH})$.

ולכן בסופו של דבר מתקבל:

$$NM = \min \{V_{OH} - V_{IH}; V_{IL} - V_{OL}\}$$

$$V_{OH} = f(V_{IL}); V_{OL} = f(V_{IH})$$

$$NM = \min \{f(V_{IL}) - V_{IH}; f(V_{IH}) - V_{OL}\}$$

שאלה 2

לפי ההגדרה: $NM = \min \{V_{OH} - V_{IH}; V_{IL} - V_{OL}\}$

נתחיל בבחירת שתי נקודות על הגרף

$$A_1: (V_{IL}, V_{OL}) = (1.5, 0.5)$$

לכן לפי הנוסחה מתקבל

$$A_2: (V_{IH}, V_{OH}) = (3.5, 5)$$

ננסה ע"י הזזה $NM = \min \{5 - 3.5; 1.5 - 0.5\} = 1$

של הנקודות להגדיל את שולי הרעש כלומר להגדיל את

$V_{OH} - V_{IH}$ ואת $V_{IL} - V_{OL}$. נתחיל בשינויי $V_{IL} - V_{OL}$ כי

NM_L קטן מ- NM_L :

1. אם נזיז את הנק' A_1 ימינה לפי המשוואה Y_1

נקבל לפי הגדרה ש-

$$V_{IL} - V_{OL} = V_{IL} - \max \{0.5; (2.5 \cdot V_{IL} - 3.75)\}$$

בלי להקטין את הגודל $V_{IL} - V_{OL}$. כאשר $V_{in} = 1.7$ [volt] יוצא לפי הגדרת NM ש- $V_{OH} = 0.5$ ולכן

$$.NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 1.7 - 0.5 = 1.2$$

2. אם נזיז את הנק' A_1 שמאלה (עד $V_{in} = 0.75$), V_{OL} יקטן ו- V_{OH} יישאר קבוע ולכן הגודל $V_{IL} - V_{OL}$ יקטן,

כלומר לא נגדיל את NM_L .

החל מהנקודה $(0.75, 0)$ ושמאלה (המשוואה המתאימה הינה: $V_{out(V_{in})} = -\frac{2}{3}V_{in} + 0.5$) ולכן:

$$V_{IL} - V_{OL} = V_{IL} - \max \left\{ 0.5; \left(-\frac{2}{3}V_{IL} + 0.5 \right) \right\} = 1.5 - 0.5 = 1 \quad \forall V_{in} \in [0, 0.75]$$

כלומר לא נגדיל את NM_L .

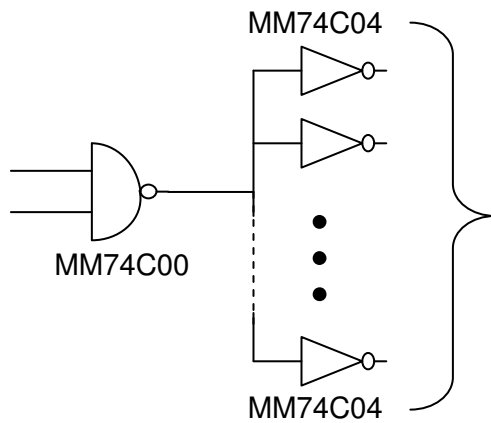
מכיוון, שלא הצלחנו להגדיל את NM_L (לפי סעיפים 1 ו-2) נובע ששולי הרעש המקסימאלי הינו

$$(V_{IL}, V_{OL}) = (1.7, 0.5)$$

$$\min \{NM_L; NM_L\} = \min \{1.2; 1.5\} = 1.2$$

$$(V_{IH}, V_{OH}) = (3.5, 5)$$

ומתקבל עבור הבחירה:

שאלה 3

נתונים: $T = 25^\circ C$

$V_{CC} = 10V$

הטבלה שלמטה

$N = ?$

שערי ה-NOT מועמסים ע"י שערים עם $C_{in} = 50pF$.

דרישות: שהשהיית המערכת בתמונה תהיה קטנה

מ- $140ns$.

מהדרישות נובע ש-

$$t_{pd(system)} = t_{pd(MM74C00)} + t_{pd(MM74C04)} \leq 140 [ns]$$

↓

$$t_{pd(NAND)}(C_{in} = C_{NOT} \cdot n) + t_{pd(NOT)}(C_{in} = 50 [pF]) \leq 140 [ns]$$

$$t_{pd(MM74C00)} + t_{pd(MM74C04)} \leq 140ns \text{ נדרוש}$$

נחלץ מהטבלה את זמן ההשהיה של שערי ה-NOT שמחבורים כל אחד לקיבול של $50pF$.

$$t_{pd(MM74C04)} = 30ns$$

↓

$$t_{pd(MM74C00)} + 30ns \leq 140ns$$

$$t_{pd(MM74C00)} \leq 110ns$$

נחלץ מהטבלה את גודל הקיבול (המקסימאלי) במוצא של שער ה-

$NAND$ שיוצר זמן השהייה של $t_{pd} = 110 [ns]$:

משוואת הישר המתאים ($V_{CC} = 10 [Volt]$) הינה:

$$t_{pd} = 0.3 \cdot C_{in} + 14$$

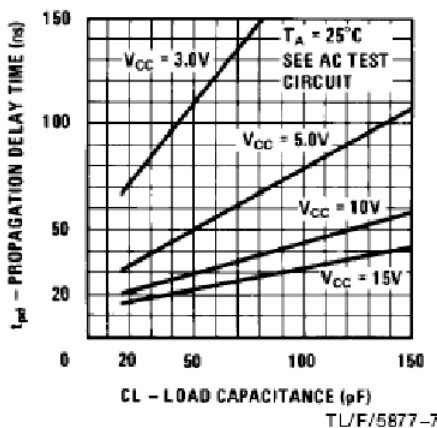
↓

$$C_{in-max} = \frac{10(t_{pd-max} - 14)}{3} \leq \frac{10(110 - 14)}{3} = 320 [pF]$$

מכיוון שהקיבול של כל שער NOT הינו $6pF$ מקסימום שערי ה-NOT הינו $53 = \lfloor \frac{320}{6} \rfloor = 53$ שערים.

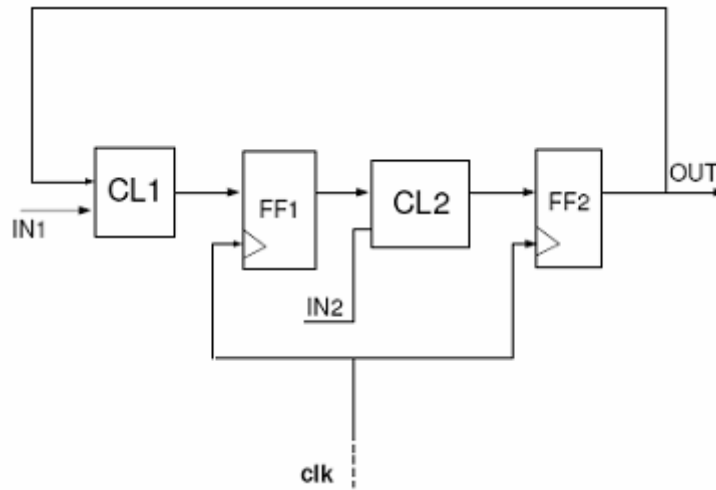
Propagation Delay Time vs Load Capacitance

MM54C00/MM74C00,
MM54C02/MM74C02,
MM54C04/MM74C04



תרגיל בית 2**שאלה 1**

ראשית נניח ש- $skew \geq 0$ כלומר $FF1$ מקדים את $FF2$ לכן מכיוון שהמערכת פעלה באופן תקין עבור זמן מחזור T_{max} היא כמובן תקיים עכשיו את t_{hold} של $FF1$ ואת t_{setup} של $FF2$, לכן רק נדרוש:



$$\left\{ \begin{array}{l} t_{cd(FF1)} + t_{cd(CL2)} \geq t_{hold(FF2)} + skew \\ t_{pd(FF2)} + t_{pd(CL1)} + t_{s.u.(FF1)} \leq T_{max} - skew \end{array} \right.$$

$$\Downarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} skew \leq t_{cd(FF1)} + t_{cd(CL2)} - t_{hold(FF2)} \\ skew \leq T_{max} - (t_{pd(FF2)} + t_{pd(CL1)} + t_{s.u.(FF1)}) \end{array} \right.$$

$$\Downarrow$$

$$skew \leq \min \left\{ \begin{array}{l} t_{cd(FF1)} + t_{cd(CL2)} - t_{hold(FF2)}; \\ T_{max} - (t_{pd(FF2)} + t_{pd(CL1)} + t_{s.u.(FF1)}) \end{array} \right\}$$

כעת נניח ש- $skew \leq 0$ כלומר ש- $FF2$ מקדים את $FF1$ ולכן באופן דומה נדרוש:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{cd(FF2)} + t_{cd(CL1)} \geq t_{hold(FF1)} + |skew| \\ t_{pd(FF1)} + t_{pd(CL2)} + t_{s.u.(FF2)} \leq T_{max} - |skew| \end{array} \right.$$

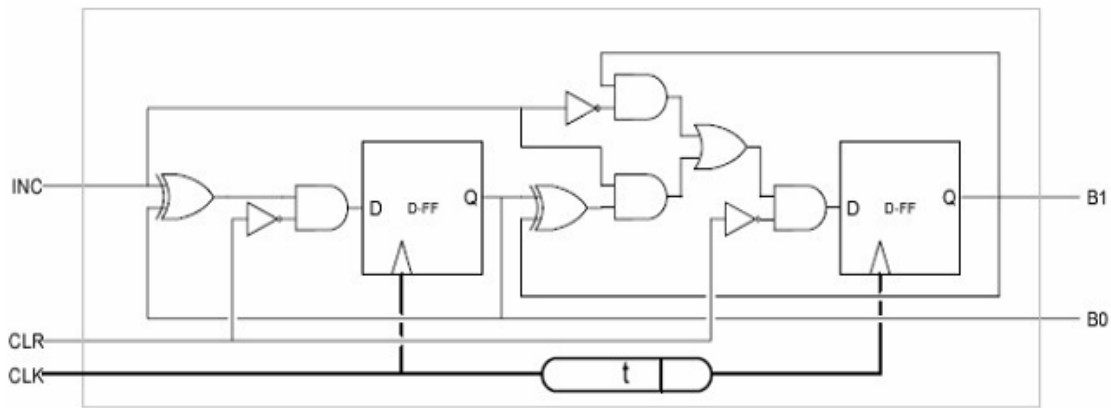
$$\Downarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} |skew| \leq t_{cd(FF2)} + t_{cd(CL1)} - t_{hold(FF1)} \\ |skew| \leq T_{max} - (t_{pd(FF1)} + t_{pd(CL2)} + t_{s.u.(FF2)}) \end{array} \right.$$

$$\Downarrow$$

$$|skew| \leq \min \left\{ \begin{array}{l} t_{cd(FF2)} + t_{cd(CL1)} - t_{hold(FF1)}; \\ T_{max} - (t_{pd(FF1)} + t_{pd(CL2)} + t_{s.u.(FF2)}) \end{array} \right.$$

שאלה 2



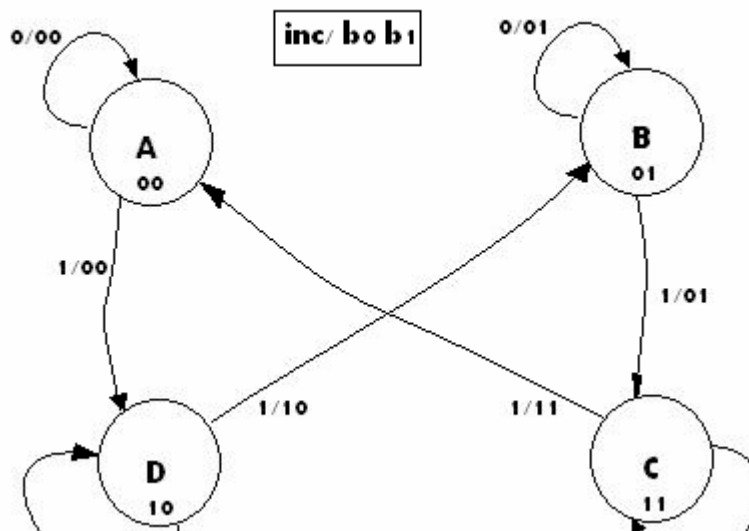
$Q_1 = B_0; Q_2 = B_1$

$D_1 = (INC \otimes Q_1) \cdot \overline{CLR}$

א. נסמן FF1 FF2 (ימיני ושמאלי בהתאמה):

$D_2 = [\overline{INC} \cdot Q_2 + INC \cdot (Q_1 \otimes Q_2)] \cdot \overline{CLR}$

PS		NS											
Q1	Q2	inc\clr = 00'		inc\clr = 01'		inc\clr = 11'		inc\clr = 10					
		B1	B0	D1	D2	B1	B0	D1	D2	B1	B0	D1	D2
0	0	00	00	00	00	00	00	00	00	10			
0	1	10	01	10	00	10	00	10	00	10	11		
1	1	11	11	11	00	11	00	11	00	11	00		
1	0	01	10	01	00	01	00	01	00	01	01		



מתקבלת דיאגרמת המצבים משמאל. כדי לא להעמיס לא שורטטו תוצאות כניסת ה- CLR אשר מחזירות למצב A ומוציאות את מס' המצב שהיה.
מכונה זו בעצם סופרת '1'-ים מ-0 עד 3 כלומר היציאה מעידה על כמות ה-'1'-ים לא כולל הכניסה הנוכחית (כאשר b_0 הוא ה- LSB) מודולו 4.
כניסת ה- CLR (פעילה ב-'1' לוגי) מאפסת את הספירה בלי שום קשר לכניסת ה- INC .

ב. המסלול הארוך ביותר הינו $Q_2 \rightarrow D_2$ (התחתון) ושווה לערך המסלול מ- $Q_1 \rightarrow D_2$.

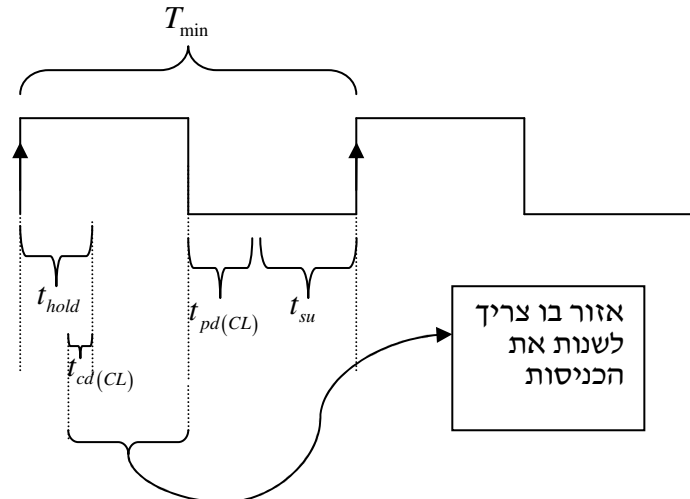
$$T_{\min} = t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF2)} + t_{su(FF2)} = 100ns$$

$$T_{\min} = t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF1)} + t_{su(FF2)} = 100ns$$

↓

$$F_{\max} = \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{100 \cdot 10^{-9} [\text{sec}]} = 0.01 \cdot 10^9 [\text{Hz}] = 10 [\text{MHz}]$$

ג. מהתבוננות בזמני המעגל ניתן לראות שצריכים להתקיים התנאים המופיעים בשרטוט.



כאשר $t_{cd(CL)}$ הוא המסלול בעל זמן הזיהום הקצר ביותר.

ו- $t_{pd(CL)}$ הינו של המסלול בעל זמן ההשהיה הארוך ביותר.

$$t_{pd(INC \rightarrow FF2)} = t_{pd(NOT)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} = 55ns$$

$$t_{su(FF)} = 5ns$$

$$t_{cd(CLR \rightarrow FF1 \setminus FF2)} = t_{cd(NOT)} + t_{cd(AND)} = 3ns$$

$$t_{hold(FF)} = 4ns$$

מהנתונים נובע שהדרישות על הכניסות הן להשתנות לכל הפחות $60ns$ לפני עליית שעון ולכל הפחות $1ns$

אחרי עליית שעון, כלומר באינטרוול $[T_{(n)} + 1ns; T_{(n+1)} - 60ns]$.

מכיוון שהיציאות לא תלויות ישירות בכניסות (NS) אלא רק בפליטות:

$$t_{pd(out)} = t_{pd(FF1 \setminus FF2)} = 30ns$$

$$t_{cd(out)} = t_{cd(FF1 \setminus FF2)} = 7ns$$

מרגע עליית השעון.

ד. מפני ש $FF1$ מקדים את $FF2$ צריך להתקיים תנאי ה- t_{hold} של $FF2$ כלומר:

$$t_{cd(FF1)} + t_{cdCL(Q_1 \rightarrow D_2)} \geq t_{hold(FF2)} + t_{(skew)}$$

↓

ש-

$$t_{(skew)} \leq 9ns$$

ה. כמו בסעיף ב' עדיין צריך להתקיים:

$$T_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF2)} + t_{su(FF2)} = 100ns; \\ t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF1)} + t_{su(FF2)} - skew = 100ns - skew \end{array} \right\}$$

ולכן למרות שמסלול אחד "קוצר", המסלול $D_2 \rightarrow Q_2$ נשאר $100ns$.

ו. קל לראות שאם נחליף את $FF2$ ברכיב המגרה יתקיים:

$$T_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF-NEW)} + t_{su(FF2)} = 90ns; \\ t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF1)} + t_{su(FF2)} - skew = 100ns - skew \end{array} \right\}$$

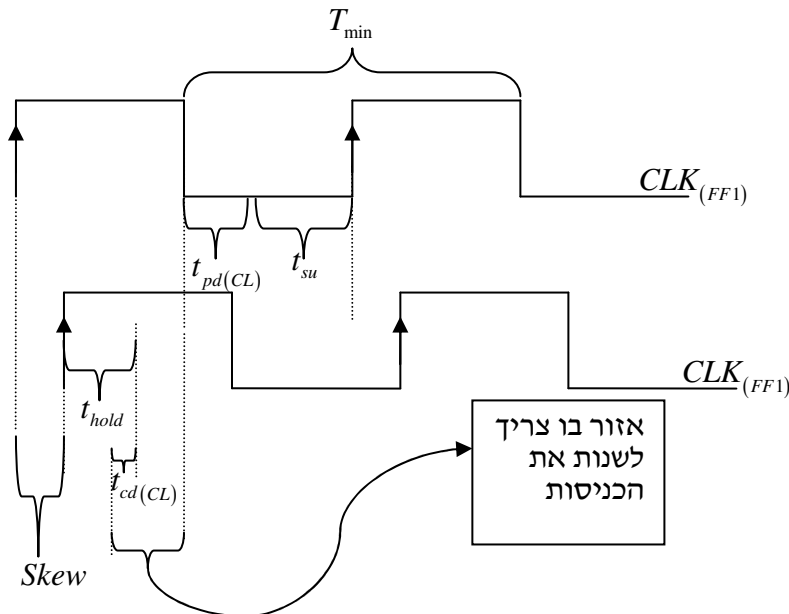
$skew_{\max}$ לא השתנה בעקבות החלפת הרכיב (לפי החישוב בסעיף ד') ולכן עכשיו:

$$T_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF-NEW)} + t_{su(FF2)} = 90ns; \\ t_{pd(XOR)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} + t_{pd(FF1)} + t_{su(FF2)} - skew_{\max} = 100ns - 9 \end{array} \right\}$$

↓

$$T_{\min} = 91ns \Rightarrow F_{MAX} = 10.98[MHz]$$

ז. מהתבוננות בגרף הזמנים ניתן לראות שמכיוון ש- $FF1$ מקדים את $FF2$, את זמן ההשהיה הכי ארוך צריך לקחת מלפני עליית השעון ב- $FF1$ ואת $t_{hold} - t_{cd}$ (עם t_{cd} מינימאלי) לקחת אחריי עליית השעון ב- $FF2$.



בהינתן:

$$t_{pd(INC \rightarrow FF2)} = t_{pd(NOT)} + 2 \cdot t_{pd(AND)} + t_{pd(OR)} = 55ns$$

$$t_{su(FF)} = 5ns$$

$$t_{cd(CLR \rightarrow FF1 \setminus FF2)} = t_{cd(NOT)} + t_{cd(AND)} = 3ns$$

$$t_{hold(FF)} = 4ns$$

הדרישה על הכניסות היא להשתנות $60ns$ לפני עליית השעון ב- $FF1$ ו- $1ns$ אחרי עליית שעון ב- $FF2$, כלומר באינטרוול - $[T_{(n)} + skew + 1ns; T_{(n+1)} - 60ns]$.

מכיוון שהיציאות לא תלויות ישירות בכניסות (NS) אלא רק בפלילופים:

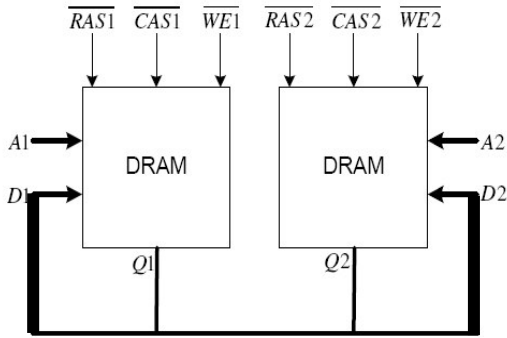
$$t_{pd(out)} = \max \{ skew + t_{pd(NEW)}; t_{pd(FF1)} \} = 20ns + skew$$

$$t_{cd(out)} = \min \{ t_{cd(FF1)}; skew + t_{cd(FF2)} \} = 7ns$$

מרגע עליית השעון.

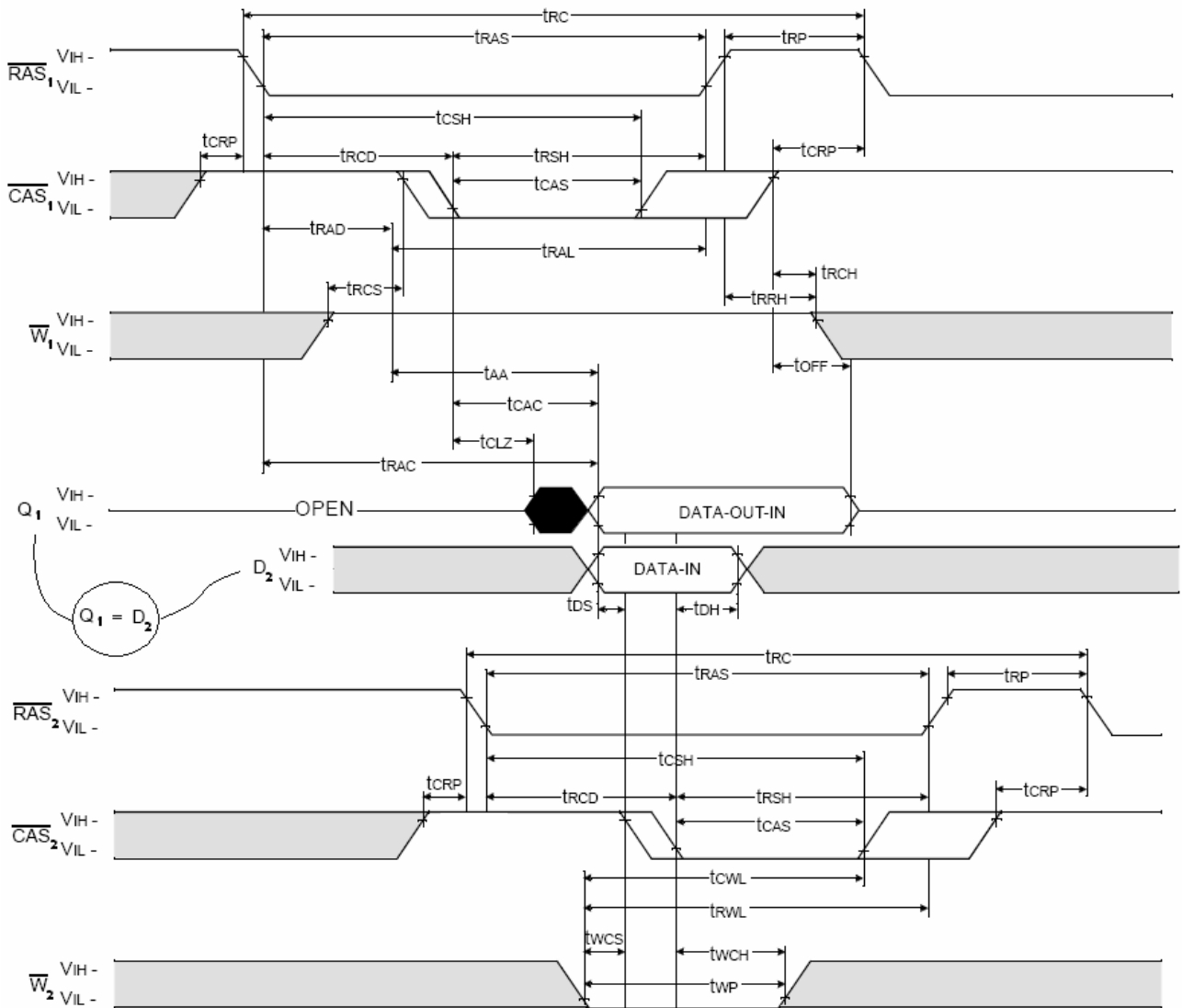
תרגיל בית 3

שאלה 1



א. התהליך הקצר והנכון להעביר מידע מ DRAM1 ל- DRAM2 ולכתוב מידע מ- DRAM2 בחזרה לכתובת המקור ב- DRAM1 הינה קריאה מ DRAM1 כתיבה ל- DRAM2, קריאה מ- DRAM2 וכתיבה ל- DRAM1.

הכתיבה מ DRAM₁ ל- DRAM₂ זהה לכתיבה מ- DRAM₂ ל- DRAM₁ מבחינת זמנים. סה"כ חצי מהתהליך נראה כך:



ולאחר מכן באותו אופן נכתוב מ- DRAM₂ ל- DRAM₁ (רק בלי להמתין t_{CRP}).

כלומר סה"כ צריך לבצע את אותו תהליך פעמיים לכן יוצא :

$$\begin{aligned} t_{0.5} &\geq \max \{t_{RAC}, t_{RCD} + t_{CAC}, t_{RAD} + t_{AA}\} + t_{DS} - t_{WCS} + t_{RWL} + t_{RP} = \\ &\max \{t_{RAC}, t_{RCD} + t_{CAC}, t_{RAD} + t_{AA}\} + t_{DS} + t_{RSH} + t_{RP} = \\ &\max \{50, 37 + 13, 25 + 25\} + 0 - 0 + 13 + 30 = 93ns \end{aligned}$$

צריך לשים לב שבקריאה הראשונה בלבד צריך לקחת בחשבון גם את ה- t_{CRP} (לפני ירידת ה- RAS_1) ולהוסיף אותו ל- $t_{0.5}$ לכן סה"כ יוצא :

$$t_{\min} = 2 \cdot t_{0.5} + t_{CRP} = 2 \cdot 93 + 5 = 191ns$$

ב. ראה/י סעיף א'.

שאלה 2

א. נניח שב- m שורות ושלפני השינוי ריענון שורה לקח t_m . לכן ריענון כל ה- $DRAM$ ייקח

לאחר השינוי $t_{TOT} = t_m \cdot m$. לכן $t'_m = 1.1 \cdot t_m$, $m' = \frac{m}{2}$ כלומר ריענון כל ה- $DRAM$ ייקח

$$\frac{t'_{TOT}}{t_{TOT}} = \frac{1.1}{2} = 0.55 \text{ והיחס בין הזמנים יהיה: } t'_{TOT} = t'_m \cdot m' = 1.1 \cdot t_m \cdot \frac{m}{2}$$

ב. אם מקודם ה- $DRAM$ היה עסוק X זמן בריענון שורות ($1 \geq X \geq 0$) אז לאחר השינוי ה- $DRAM$ יהיה עסוק $0.55 \cdot X$ מהזמן בריענון שורות לכן, סה"כ הזמן הפנוי שיש ל- $DRAM$ עכשיו הינו

$$(1 - 0.55 \cdot X) \text{ (ממקודם הזמן הפנוי היה } (1 - X) \text{). לכן הנצילות גדלה פי: } \eta = \frac{1 - 0.55 \cdot X}{1 - X}$$

אם מתקיים :

$$X = \frac{\text{the time needed to refresh all rows (CBR / RasOnly * 4096rows)}}{\text{the max time a row doesnt need to be refreshed}} \approx$$

$$\frac{0.4ms}{64ms} = 6.25 \cdot 10^{-3}$$

$$\eta = \frac{1 - 0.55 \cdot X}{1 - X} = \frac{1 - 0.55 \cdot 6.25 \cdot 10^{-3}}{1 - 6.25 \cdot 10^{-3}} = 1.003 \text{ אז נקבל:}$$

ג. ניתן להוסיף עוד סיבית בכתובות המציינת איזו שורות יורדות לרגיסטרים, כאשר הסיבית היא '0' אז קוראים מהשורה הראשונה וכאשר היא '1' אז קוראים מהשורה השנייה. כלומר: אם עד עכשיו כתובת שורה היתה $A_{11}, A_{10} \dots A_0$ אז עכשיו כתובת שורה תהיה $A_{12}, A_{11}, A_{10} \dots A_0$ וב- A_{12} משתמשים רק ב- $Fast\ page\ mode$ כדי לדעת למאיזו שורה ברגיסטרים לקרוא, ובכל קריאה/כתיבה מסוג אחר להתעלם מהסיבית הנוספת.