

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
הפקולטה להנדסת חשמל



מעבדה בהנדסת חשמל 1א' 044157

ניסוי מעגלי מיתוג
שאלות ודוח הכנה

גרסה 1.25
קיץ 2020

עורכים:
אברהם קפלן

06/09/2020	תאריך הגשת דו"ח ההכנה
אלון מזרחי	שם המדריך

סטודנט	שם פרטי	שם משפחה
1	ליאור	דביר
2	נועם	אילתה

תוכן עניינים

2	0 הקדמה
3	1 לוגיקה צירופית
3	1.1 מתחי סף V_T^-/V_T^+ ומתחי יציאה V_{ol}/V_{oh}
3	1.2 זמני השהיה
5	1.3 מרוצים קריטיים והבהובים (hazards).
5	2 מעגל סינכרוני – DFF
5	2.1 זמני t_{pd}
5	2.2 זמני t_{hold} , t_{setup}
6	2.3 חישוב תדר עבודה מקסימלי

0 הקדמה

לבדיקת רמות המתחים הגבוה והנמוך בכניסה וביציאה של הרכיב הספרתי, נשתמש ברכיב CD4093B (Quad 2-input NAND Schmitt Trigger). ברכיב זה בנגוד לרכיב NAND רגיל, רמת מתח הכניסה בעליה (V_T^+) הגורמת לשינוי מתח היציאה, שונה מרמת מתח הכניסה בירידה (V_T^-) הגורמת לשינוי מתח היציאה.

בדוח זה, בחומר הרקע, בתדריך המעבדה ובבוחן, מתח הכניסה הנמוך הגורם ליציאה להיות גבוהה יסומן ע"י V_T^- או ע"י V_{il} . מתח הכניסה הגבוה הגורם ליציאה להיות נמוכה יסומן ע"י V_T^+ או ע"י V_{ih} .

1 לוגיקה צירופית

1.1 מתחי סף V_T^-/V_T^+ ומתחי יציאה V_{OL}/V_{OH}

עיין בדפי הנתונים של הרכיב CD4093B (Quad 2-input NAND Schmitt Trigger) במודל, ורשום בטבלה שלהלן את הערכים הקיצוניים המבוקשים של המתחים V_{OL}/V_{OH} ו- V_T^-/V_T^+ ומתח ההיסטרזיס V_H עבור מתחי הזנה של 10v, 5v, בטמפ' של $+25^\circ\text{C}$.

$V_H(\text{v})_{\min}$		$V_{OL}(\text{v})_{\max}$		$V_{OH}(\text{v})_{\min}$		$V_T^+(\text{v})_{\max}$		$V_T^-(\text{v})_{\min}$		
10v	5v	10v	5v	10v	5v	10v	5v	10v	5v	מתח הזנה
1v	0.5v	0.05v	0.05v	9.95v	4.95v	7.0	3.5v	3v	1.5v	מתחי מעבר

רשום בטבלה שלהלן את הנוסחה לחישוב "שולי הרעש" (Noise Margin -NM). חשב ורשום ערכים אלו מהטבלה שלמעלה לשתי רמות המתח ולשני מתחי ההזנה.

$NMI(\text{v})$		$NMH(\text{v})$		
$V_T^- - V_{OL}$		$V_{OH} - V_T^+$		נוסחה
10v	5v	10v	5v	מתח הזנה
2.95v	1.45v	2.95v	1.45v	שולי רעש

1.2 זמני השהיה

1.2.1 נתוני הזמנים

עיין בדפי הנתונים של הרכיב CD4093B ורשום בטבלה שלהלן את הערכים האופייניים (typ)

והמקסימליים של הזמנים (Propagation Delay Time) $t_{PD(H/L,L/H)}$,

(Transition Time) $t_{T(H/L,L/H)}$ ואת הערכים המינימליים של t_{CD} (Contamination Delay) עבור

מתחי הזנה של 10v, 5v, בטמפ' של $+25^\circ\text{C}$.

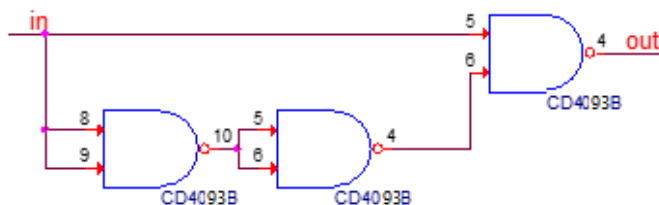
שימו לב שבדפי הנתונים אין הבחנה בין הזמנים במעבר מנמוך לגבוה או מגבוה לנמוך.

הערה: אם לא נתונים זמני t_{CD} , רשום במקומם את הערך 0.

$t_{Th}/t_{h}(ns)$ typ/max		$t_{CD}(ns)$ typ/min		$t_{Ph}/t_{h}(ns)$ typ/max		
10v	5v	10v	5v	10v	5v	מתח הזנה
50/75ns	90/145ns	0	0	120/210 ns	300/450 ns	זמני השהיה

1.2.2 חישוב השהייה t_{PD}

במעגל שלפניך חשב את זמן ההשהיה המקסימלי מהכניסה in ליציאה out עבור מתח הזנה של 5v, בשני מקרים:



1. הכניסה משתנה מ-0 ל-1.

הסבר את דרך החישוב.

השתמש בנתוני הזמנים max שרשמת בסעיף הקודם.

תשובה:

נחשב את זמני השהייה בענף העליון והתחתון, ונקח את המקסימלי מבניהם (כיוון שבמעבר מ-0 ל-1 שני הענפים משפיעים על התוצאה הסופית). בענף העליון השהיה היא אפס, ובענף התחתון השהיה היא סכום השהייה של שני השערים (כלומר 2×450). נוסיף לכך את השהיה של השער הסופי, כלומר סה"כ נקבל $ns1350 = 450 \times 3$

2. הכניסה משתנה מ-1 ל-0.

תשובה:

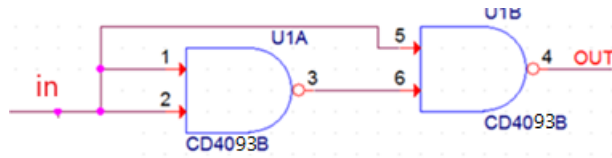
במעבר מ-0 ל-1, כיוון שהכניסה 5 הופכת ל-0 מיידית, ושאר NAND מוציא 1 כאשר אחת הכניסות לפחות היא 0, אזי נקבל כי השהיה היא השהיה של השער הסופי בלבד, כלומר $ns450$

עבור אות הכניסה הבא שרטט את אות היציאה. מתחת למעברים של אות היציאה רשום את הזמן בו הם מתרחשים בהנחה של השהייה מכסימלית ומינימלית, סמן באפור את ה (GRAY AREA) האזור הלא מוגדר

in									
0u			3uSec			6uSec			9uSec
out									

1.3 מרוצים קריטיים והבהובים (hazards).

במעגל שלפניך בדוק איזה מעבר (מ-1 ל-0 או מ-0 ל-1) באות הכניסה יגרום להבהוב באות היציאה וחשב את משכו לפי זמני max שרשמת בסעיף 1.2.1.



תשובה:

כאשר הכניסה היא 0 אז השער הסופי מקבל אפס באחת הכניסות ולכן מוציא אחד ללא תלות בכניסה השנייה. כאשר עוברים מ-0 ל-1, הכניסה 5 משתנה ל-1 בעוד הכניסה 6 עדיין נקבל 1 ולכן היציאה משתנה ל-0. כעבור לכל היותר TPD, נקבל ביציאה 3 אפס ואז השער הסופי ישתנה שוב חזרה ל-1. ביציאה נקבל את ההבהוב כ-TPD לאחר השינוי בכניסות.

333

עבור אות הכניסה הבא, שרטט את אות היציאה. מתחת למעברים של אות היציאה רשום את הזמן בו הם מתרחשים. – הנח השהייה מקסימלית

in									
0u			3uSec			6uSec			9uSec
out									

2 מעגל סינכרוני – DFF

2.1 זמני tpd

עיין בדפי הנתונים של הרכיב CD4013B (Dual D-Type Flip-Flop) במודל, ורשום בטבלה שלהלן את הערכים של הזמנים (typ, max) $t_{pd(H/L, L/H)}$ (זמן ההשהייה מעלית אות השעון עד לשינוי אות היציאה) עבור מתחי הזנה של 5v, 10v.

tpd(max)(ns)		tpd(typ)(ns)		
10v	5v	10v	5v	מתח הזנה
130ns	300ns	65ns	150ns	זמני השהייה

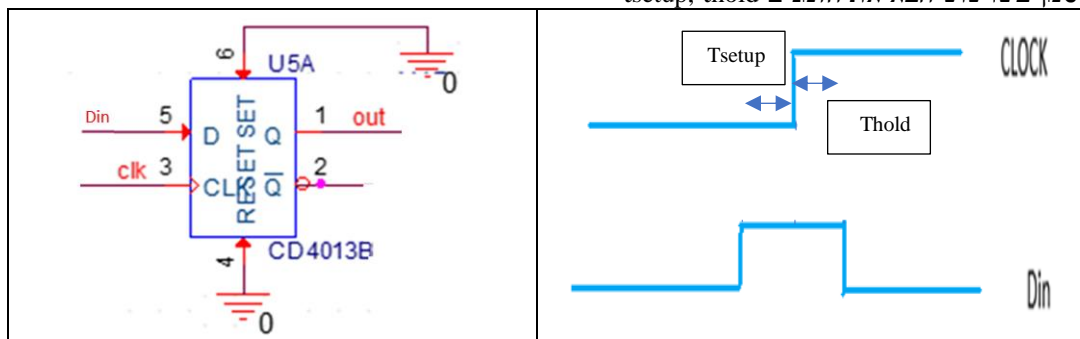
2.2 זמני tsetup, thold

- עמוד 5 - מעגלי מיתוג, שאלות ודוח הכנה

עיין בדפי הנתונים של הרכיב CD4013B ורשום בטבלה שלהלן את הערכים של הזמנים t_{hold} , t_{setup} (typ, max) עבור מתחי הזנה של 5v, 10v.

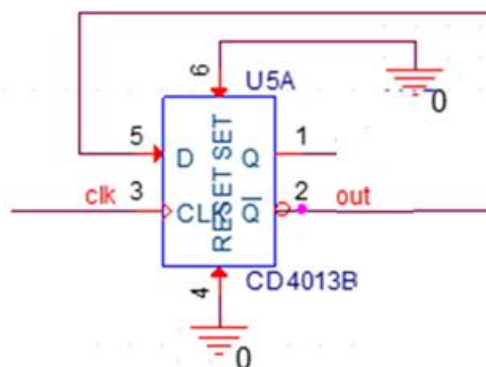
t_{hold} (max)(ns)		t_{hold} (typ)(ns)		t_{setup} (max)(ns)		t_{setup} (typ)(ns)		
10v	5v	10v	5v	10v	5v	10v	5v	מתח הזנה
5ns	5ns	2ns	2ns	20ns	40ns	10ns	20ns	זמני השהייה

סמן בשרטוט הבא את הזמנים t_{setup} , t_{hold}



2.3 חישוב תדר עבודה מקסימלי

על סמך הערכים שרשמת בסעיפים הקודמים מתוך דפי הנתונים, חשב את תדר העבודה המקסימלי של המעגל שלהלן בו מובטח שהמעגל יעבוד באופן תקין, עבור מתח הזנה של 5v. (רשום את הנוסחה שאיתה אתה מבצע את החישוב)



תשובה :

$$T_{cycle} > T_{pd} + T_{setup} = 300 + 40 = 340ns$$

- עמוד 6 - מעגלי מיתוג, שאלות ודוח הכנה

$$F_{\max} = 1/T_{\text{cycle}} = 2.94 \text{ MHz}$$

לאחר שסיימת - לחץ על ה *LINK* ומלא בבקשה את השאלון המצורף

מלא את הטופס