

LAB – 6

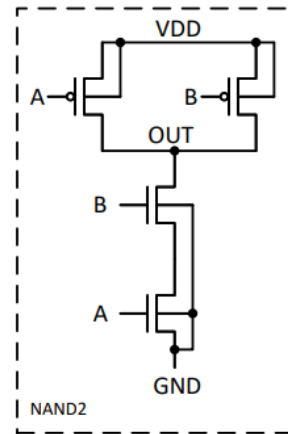
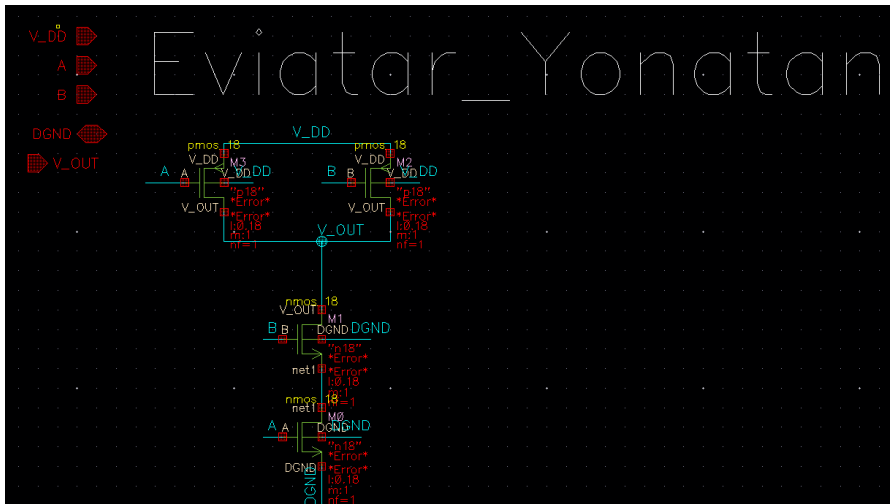
CMOS Gates

מגישים:

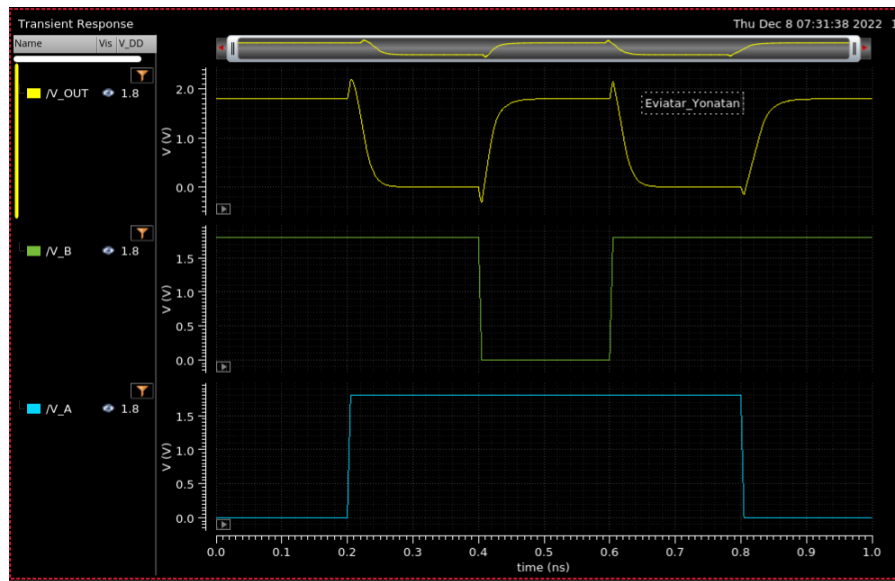
אביתר כהן – 205913858
יונתן קופפר – 316061860

מבוא: במעבדה זו נבנה שער NAND2
וננתח את אופן התנהגותו

1. בסעיף זה התבקשנו לבנות שער NAND ($G=8$) עם 2 כניסות A, B ויצאה V_OUT
ה β שלנו היא 2



ניתן לראות כי השער מתפקד כראוי עבור המצבים השונים לפי ווקטור המעברים המוגדר:



```
radix 1 1

io i i

vname V_A V_B

tunit ps
trise 5
tfall 5

vih 1.8
vil 0.0
voh 1.8
vol 0.0

;Time ;V_A ;V_B
0      0      1
200    1      1
400    1      0
600    1      1
800    0      1
```

2. כעת נדרשנו לחשב את t_{plh} ואת t_{phl} עבור המצבים השונים:

Test	Output	Nominal	Spec	Weight	Pass/Fail
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	/V_OUT				
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	/V_B				
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	/V_A				
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	tpd_01_11	24.04p			
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	tphl_01_11	25.07p			
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	tplh_01_11	23.01p			
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	tpd_10_11	18.35p			
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	tphl_10_11	20.14p			
introDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1	tplh_10_11	16.57p			

אם נסדר את התוצאות בטבלה נקבל כי:

Transaction	t_{pd}	t_{plh}	$t_{p_{hl}}$
01 – 11	24.04	23.01	25.07
10 – 11	18.35	16.57	20.14

נוכל לראות כי TPD: 01->11 גדול יותר מ TPD: 10->11, ובהתאם לאופן שבו בנינו את השער קיבלנו תוצאה הגיונית. כאשר הכניסה A, היא הגורמת לשינוי במוצא, t_{pd} צריך להיות גדול יותר מכיוון שבPDN שער, הכניסה מחוברת בטור בין האדמה ובין המוצא. כאשר נרצה לטעון את המוצא ע"י שינוי A בלבד, t_{plh} של כניסה זו נסגר והmosm נפתח. באותו זמן mosm של כניסה B פתוח ולכן כאשר A טוענת את המוצא, היא במקביל טוענת גם הקיבולים של mosm של B ואת הקיבול בין 2 mosm. אך כאשר כניסה B היא זו שגורמת לשינוי במוצא, pmos של B טוען רק את המוצא ולא עובר דרך mosm של B מכיוון שהוא סגור.

כאשר נפרוק נקבל השפעה דומה. כאשר A היא הכניסה הפורקת, זה מתרחש כאשר mosm של B כבר פתוח ולכן היא צריכה לפרוק גם את קיבול המוצא וגם את כל הקיבולים של B. אך כאשר כניסה B גורמת לפריקה, היא פורקת רק הכניסות B וPUN במוצא מכיוון שהקיבולים בין mosm של A ובין mosm של B כבר פרוקים.

סך הכל אנחנו מצפים לקבל t_{pd} גדול יותר כאשר מתרחש מעבר של A מאשר מעבר של B.

3. כעת נדרשנו לחשב switch energy וכן s.c energy עבור המעברים ולמצוא את המקרה הגרוע ביותר בנוסף נדרשנו לחשב את ה static power עבור כל מצב בכניסה.





Test	Name	Type	Details	EvalType	Plot	Save	Output	Nominal
IntroDigitalC...	ivdd	signal	/IO/V_DD	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
IntroDigitalC...	ignd	signal	/IO/DGND	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ivdd	
IntroDigitalC...		signal	/V_OUT	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ignd	
IntroDigitalC...	rising	expr	cross(VT("/V_OUT")) (0.1 * 1.8) 2 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/V_OUT	
IntroDigitalC...	rising_mid	expr	cross(VT("/V_OUT")) (0.9 * 1.8) 2 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	rising	801.1n
IntroDigitalC...	falling	expr	cross(VT("/V_OUT")) (0.1 * 1.8) 2 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	rising_mid	813.2n
IntroDigitalC...	falling_mid	expr	cross(VT("/V_OUT")) (0.9 * 1.8) 2 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	falling	613.1n
IntroDigitalC...	rise_E_switch	expr	integ((IT("/IO/V_DD") * 1.8) rising rising_mid " ")	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	falling_mid	601.2n
IntroDigitalC...	fall_E_switch	expr	integ((IT("/IO/DGND") * 1.8) falling_mid falling " ")	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	rise_E_switch	2.603p
IntroDigitalC...	sc_rise	expr	integ((IT("/IO/DGND") * 1.8) rising rising_mid " ")	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fall_E_switch	-2.608p
IntroDigitalC...	sc_fall	expr	integ((IT("/IO/V_DD") * 1.8) falling_mid falling " ")	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sc_rise	-2.205f
IntroDigitalC...	static_p	expr	(value(IT("/IO/V_DD") 170) * 1.8)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sc_fall	3.758f
IntroDigitalC...	E_switch_rise	expr	(rise_E_switch - sc_rise)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	static_p	6.148p
IntroDigitalC...	E_switch_fall	expr	(fall_E_switch - sc_fall)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E_switch_rise	2.606p
							E_switch_fall	-2.612p

לצורך חישוב מדויק הגדרנו את המדידה שלנו על הזרם הנכנס ממקור המתח ועל הזרם הנפרק לאדמה כאשר הזרם הנפרק לאדמה הוא I_{sc} והזרם במוצא הוא I_{switch} אך אותו קיבלנו מחיסור הזרם לאדמה מהזרם של מקור המתח. מכיוון שהזרם ממקור המתח מתפצל לשני הזרמים ניתן לכתוב: $I_{total} = I_{switch} + I_{sc}$. מדדנו את הזרם וכך ביצענו את חישוב האנרגיה:

$$E = \int_{t_0}^{t_1} P dt$$

את ההספק הסטטי מדדנו ע"י ער הזרם במצב יציב והכפלנו אותו במתח.

4. כעת ננתח את ה static power ואת ה tpd .

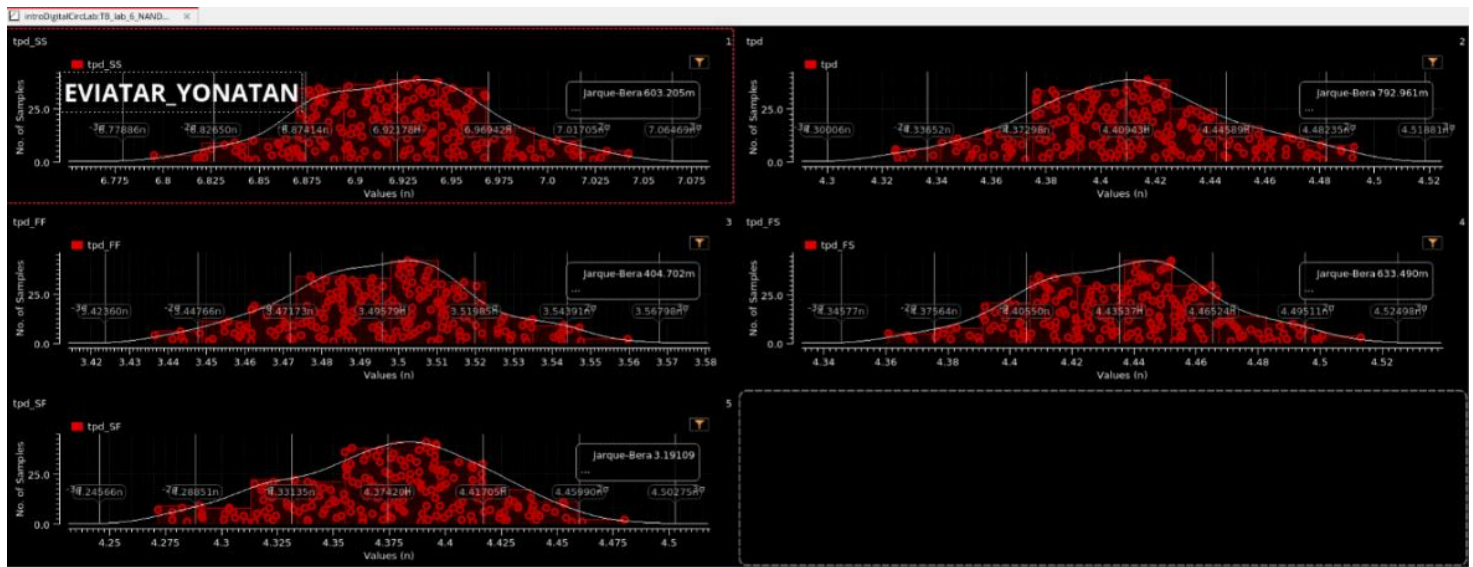
Corner	V_DD	temperature	header.scs	Pass/Fail	ivdd	ignd	/V_OUT	static_p	tphi	tplh	tpd	/V_A	/V_B
nom	1.8	27	NOM					2.602p	5.961n	2.832n	4.396n		
C3	1.6	125	SLOW					30.8p	7.987n	5.846n	6.916n		
C4	1.8	27	FASTSLOW					6.588p	5.479n	3.387n	4.433n		
C5	1.8	27	SLOWFAST					1.987p	6.531n	2.193n	4.362n		
FAST1	1.8	25	FAST					25.72p	5.029n	1.958n	3.494n		

נוכל לראות שעבור SS קיבלנו את ההשהיה הגבוהה ביותר ועבור FF את ההשהיה הקצרה ביותר, כפי שציפינו שיקרה.

בנוסף נשים לב שעבור SF קיבלנו את ה static power הנמוך ביותר ואילו עבור SS את ה static power הגבוהה ביותר

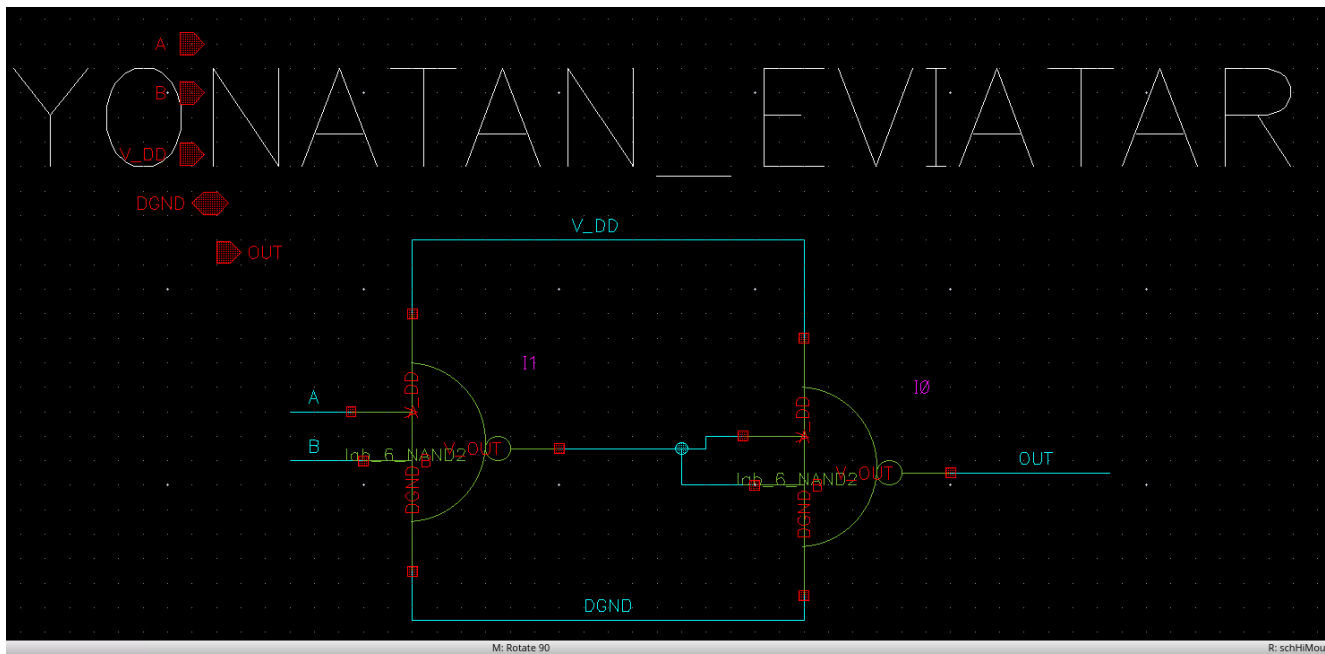
5. כעת התבקשנו להריץ סימוצלית Monte Carlo על delay:

Test	Name	Yield	Min	Target	Max	Mean	Std Dev	Cpk	Errors
Yield Estimate: 100 % (200 passed/200 pts) Confidence Level: <not set> Filter: <not set>									
IntroDigitalCircLab:TB_lab_6_NAND2:1									
-	static_p(summary)	100% (200/200)	1.806p		52.31p	13.55p	8.138p		0
	static_p	100% (200/200)	2.105p	info	4.396p	2.646p	350.9f		0
	static_p_FF	100% (200/200)	12.02p	info	52.31p	25.81p	8.138p		0
	static_p_FS	100% (200/200)	3.442p	info	13.41p	6.674p	1.97p		0
	static_p_SF	100% (200/200)	1.806p	info	2.699p	2.009p	139.3f		0
	static_p_SS	100% (200/200)	17.9p	info	51.62p	30.62p	6.562p		0
-	tphi(summary)	100% (200/200)	4.906n		8.202n	6.21n	81.86p		0
	tphi	100% (200/200)	5.792n	info	6.159n	5.982n	69.36p		0
	tphi_FF	100% (200/200)	4.906n	info	5.16n	5.034n	48.42p		0
	tphi_FS	100% (200/200)	5.338n	info	5.628n	5.484n	55.15p		0
	tphi_SF	100% (200/200)	6.342n	info	6.755n	6.556n	81.86p		0
	tphi_SS	100% (200/200)	7.789n	info	8.202n	7.995n	79.19p		0
-	tphi(summary)	100% (200/200)	1.918n		5.99n	3.244n	54.46p		0
	tphi	100% (200/200)	2.771n	info	2.905n	2.837n	25.08p		0
	tphi_FF	100% (200/200)	1.918n	info	1.999n	1.957n	15.92p		0
	tphi_FS	100% (200/200)	3.305n	info	3.471n	3.387n	31.68p		0
	tphi_SF	100% (200/200)	2.145n	info	2.236n	2.192n	17.62p		0
	tphi_SS	100% (200/200)	5.708n	info	5.99n	5.849n	54.46p		0
-	tpd(summary)	100% (200/200)	3.436n		7.042n	4.727n	47.64p		0
	tpd	100% (200/200)	4.325n	info	4.493n	4.409n	36.46p		0
	tpd_FF	100% (200/200)	3.436n	info	3.56n	3.496n	24.06p		0
	tpd_FS	100% (200/200)	4.361n	info	4.513n	4.435n	29.87p		0
	tpd_SF	100% (200/200)	4.272n	info	4.48n	4.374n	42.85p		0
	tpd_SS	100% (200/200)	6.795n	info	7.042n	6.922n	47.64p		0

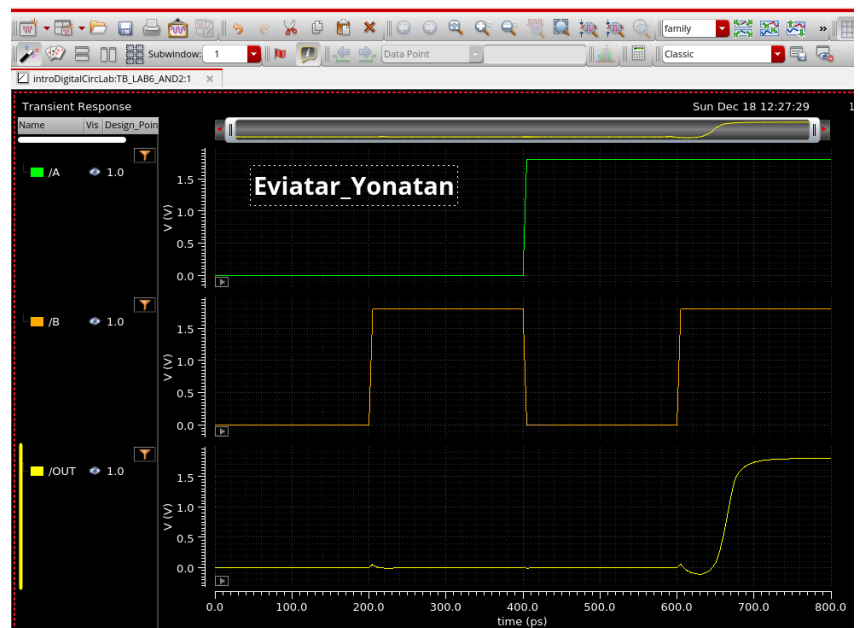


ניתן לראות כי לאחר 200 דגימות של מדידות, נקבל התפלגות נורמלית בקירוב סביב התוחלת של הערך אותו רצינו לבדוק. ניתן לראות כי הממוצע של הבדיקות שלנו קרוב מאוד לתוצאה של המדידה הקודמת אם כי לא זהה מכיוון שקיימת לנו כאן סטיית תקן כלשהי. יש לציין כי לקחנו כמות מדידות קטנה יחסית ואם נגדיל את כמות המדידות (לפחות 1000) נקבל תוצאות יותר טובות ויותר מדויקות.

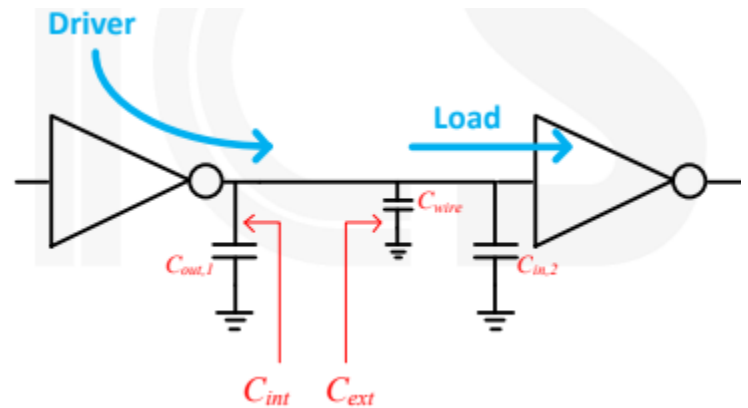
6. כעת התבקשנו לבנות שער AND2 מהשער NAND2 שיצרנו.
 בנינו אותות באופן הבא



כעת נריץ סימולציה ונשים לב כי אכן מתקבל שער AND2



נשים לב כי delay של השער החדש גבוה יותר מאשר השער הישן כיוון שהוא מורכב מ 2 שערי NAND2 ולכן הוא מכיל את delay של שניהם. כלומר הוא גדול בצורה מורגשת ולא רק כחיבור בין שני זמני tpd, זאת מכיוון שהשער הראשון דוחף את הקיבול שלו לשער השני באופן הבא:



סיכום ומסקנות:

במעבדה זו בנינו שער NAND 2 באמצעות PUN ו PDN .

בחנו את זמן ה TPD שלו וכן את צריכת האנרגיה וההספק שלו כתלות במצבים השונים (Sort Circ / Switch).

הרצנו סימולציית MONTE CARLO וניתחנו את התוצאות.

הראנו כיצד ניתן לבנות באמצעותו שער AND2 ובחנו את זמני ההשהיה שלו .