

מבוא להתקני VLSI

עבודת הגשה 2

מגישים:

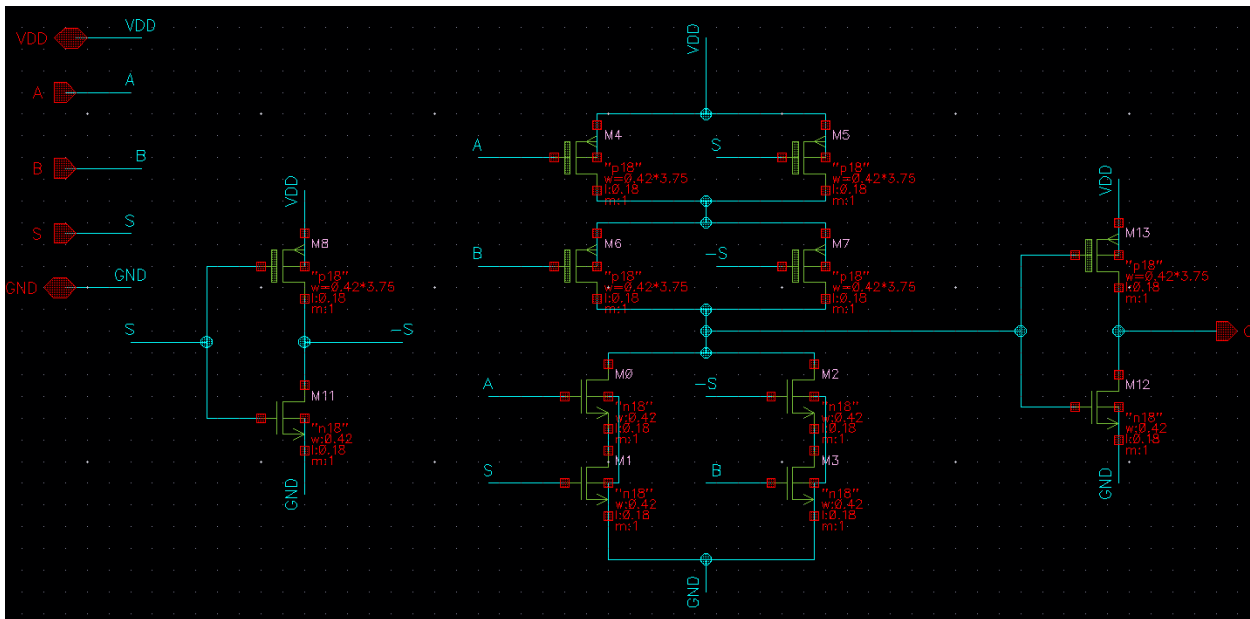


ולדימיר קוסטצקי

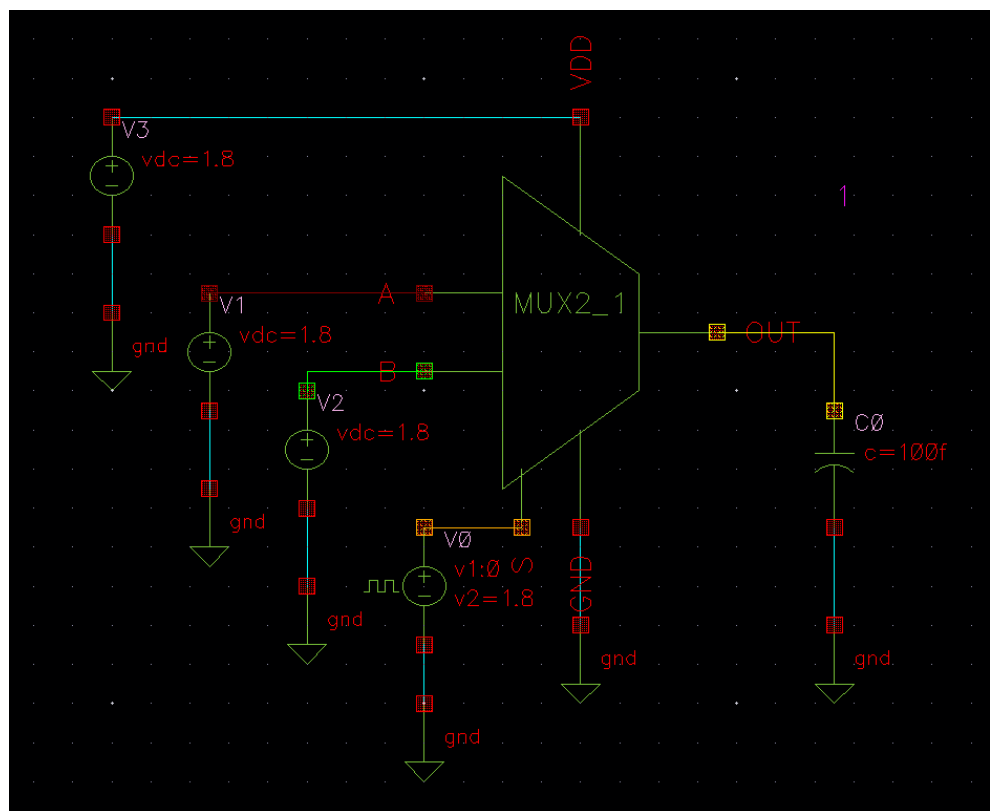
קבוצה מספר 47

חלק א' בניית רכיב מוקס

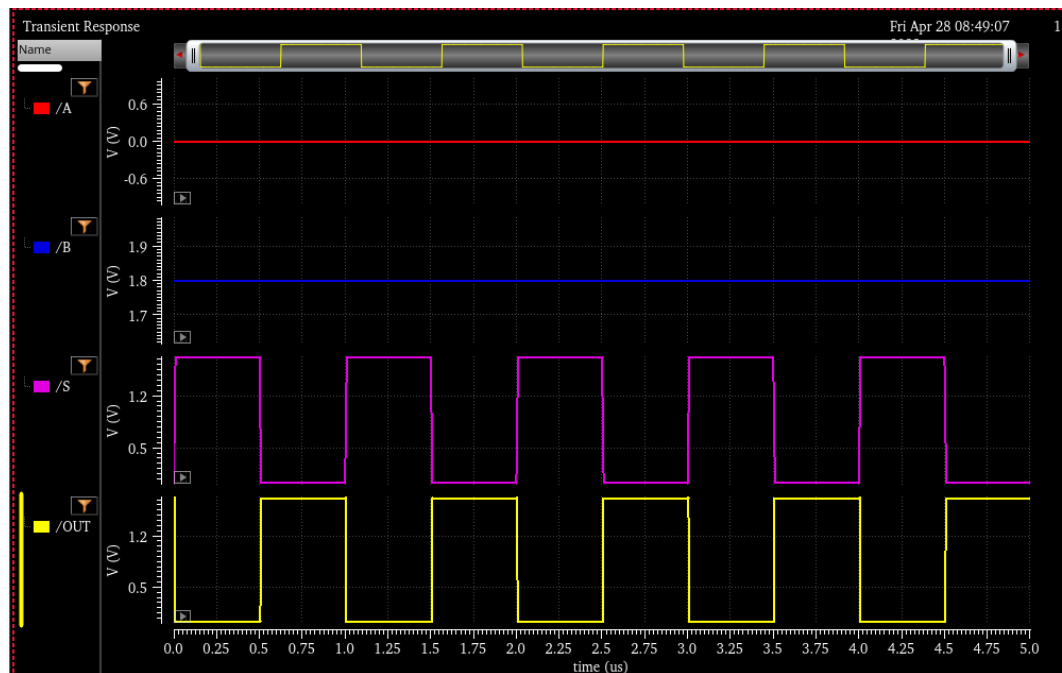
התבקשנו לממש רכיב mux 2x1 בשיטת Cmos. השתמשנו ב- $\beta = 3.75$ כפי שמצאנו בעבודה הקודמת.



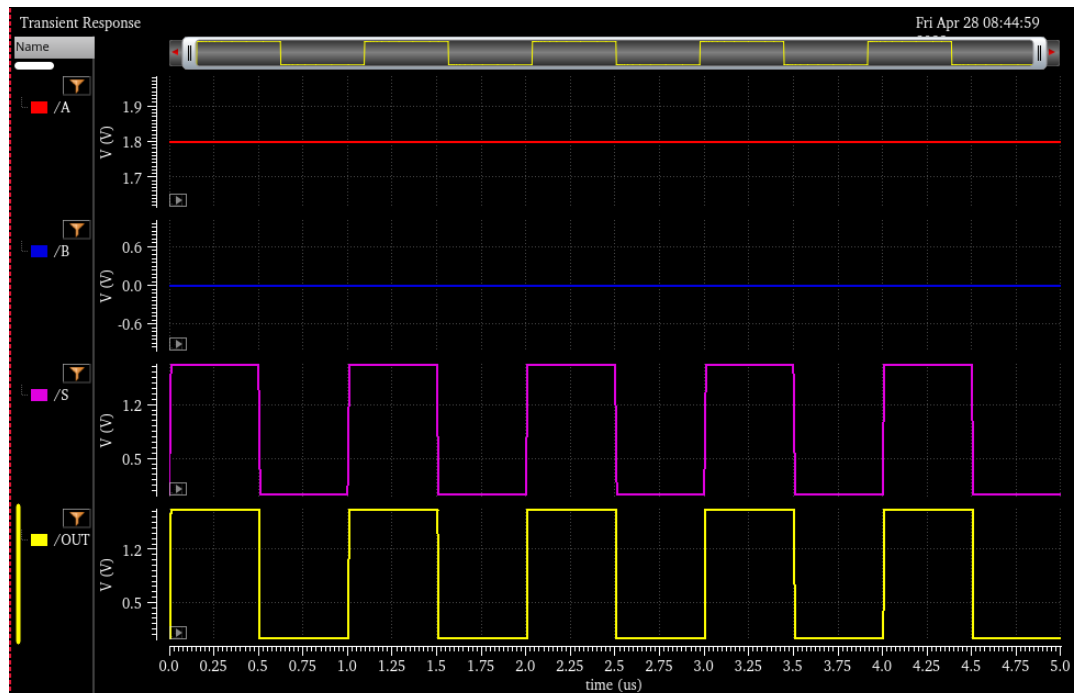
לאחר מכן עשינו לו סימבול וטסט בנץ' עם קיבול מוצא של 100fF.



לטסט בנץ' הכנסנו בכניסות A ו-B סיגנלים כך ש $A=0$ ו- $B=1.8$ כאשר מבחינתנו 1.8 הוא 1 לוגי, וב- הכנסנו גל ריבועי כך שינוע בין 1 לוגי ל-0 לוגי בקצב של 1MHz. באופן זה הרצנו סימולציית sweep בזמן וקיבלנו את התוצאות הבאות:



ניתן לראות כי ה-mux פועל כמהפך, כמצופה. מכיוון וקבענו את פעולתו באופן כזה שכאשר $S=0$ המוצא יהיה B וכאשר $S=1$ המוצא יהיה A, נקבל 0 לוגי כאשר S גבוה ו-1 לוגי כאשר S נמוך. כעת הפכנו את ערכי הסיגנלים של A ו-B, כך ש- $A=1.8$ ו- $B=0$, וקיבלנו את התוצאות הבאות:



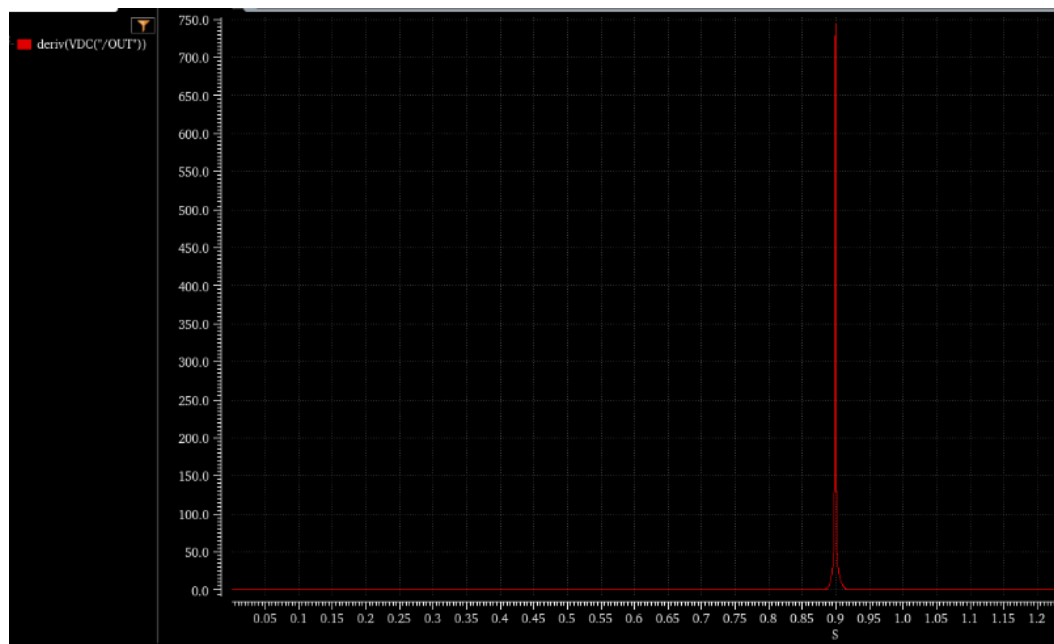
כאן קיבלנו שה-mux פועל כ-buffer. וגם זה מתיישב טוב עם התאוריה מאותן סיבות.

בשלב זה מדדנו את ה- t_{pd} וה- t_{cd} של רכיב ה-mux שיצרנו. כדי לעשות זאת ביצענו סימולצית sweep על הרכיב כאשר הפעם הרצנו את S בין 0 ל-1.8. קיבלנו את גרף ה-VTC של הרכיב ועל ידי פונקציית deriv במחשבון התוכנה, בדקנו מתי השיפוע שלו מגיע ל-1 כאשר מדובר במצב בו הרכיב פועל כ-buffer ו-1- כאשר הוא פועל כמהפך.

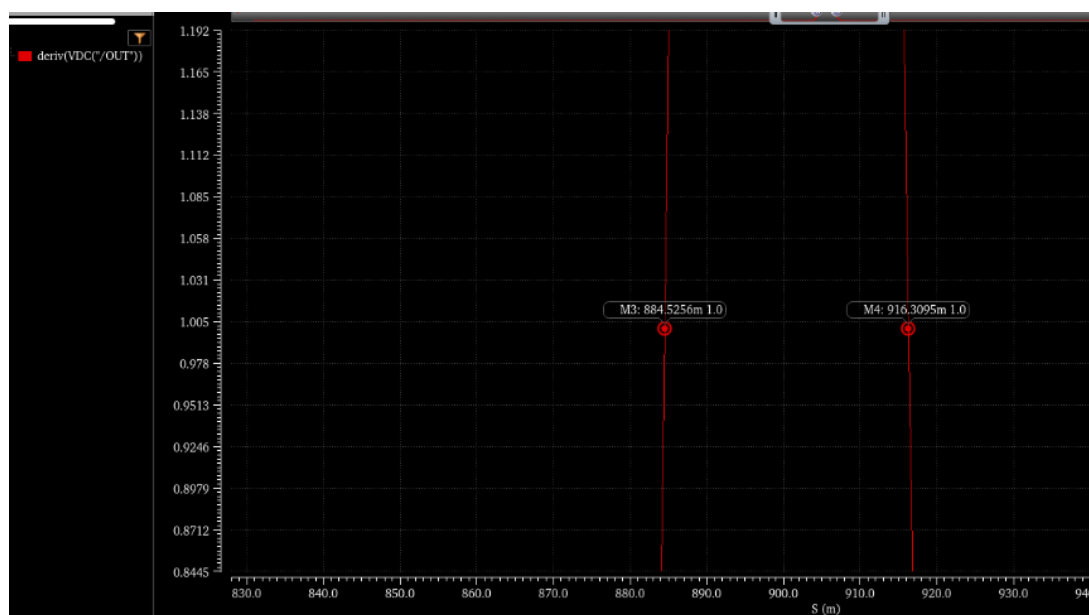
המדידה במחשבון התוכנה

Test	Name	Type	Details	EvalType	Plot	Save
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1		signal	/OUT	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1		expr	deriv(VDC("/OUT"))	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

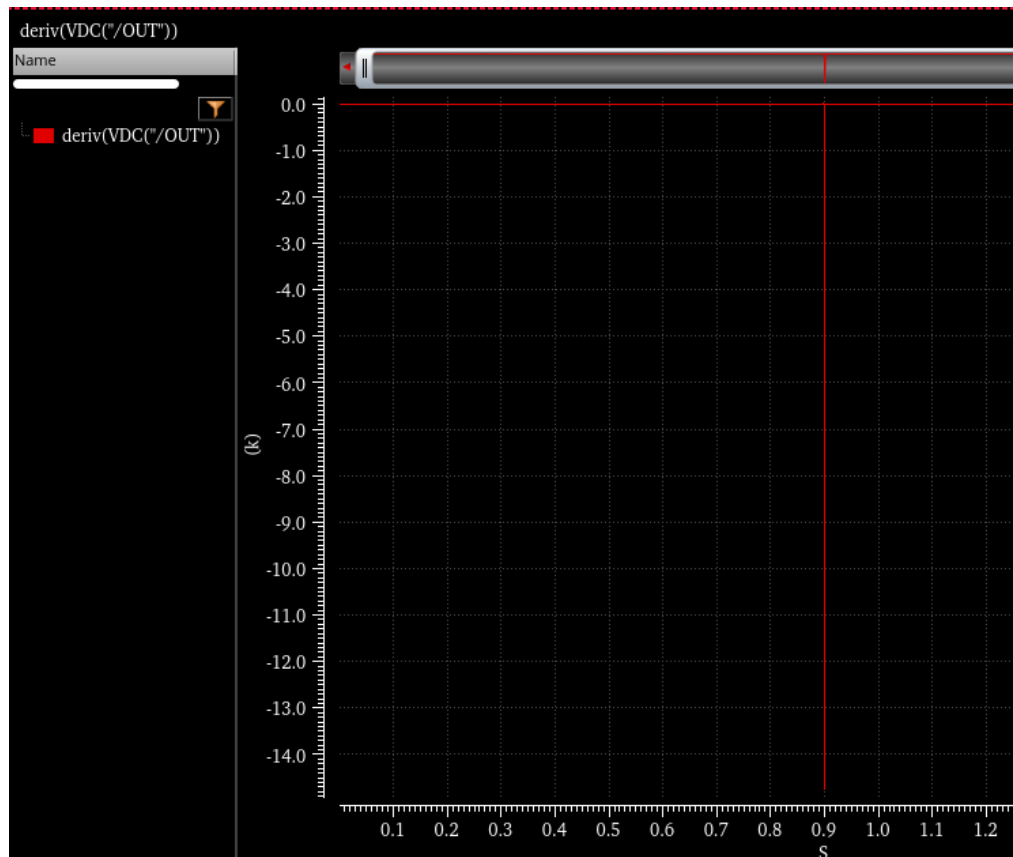
פונקציית השיפוע של ה-buffer.



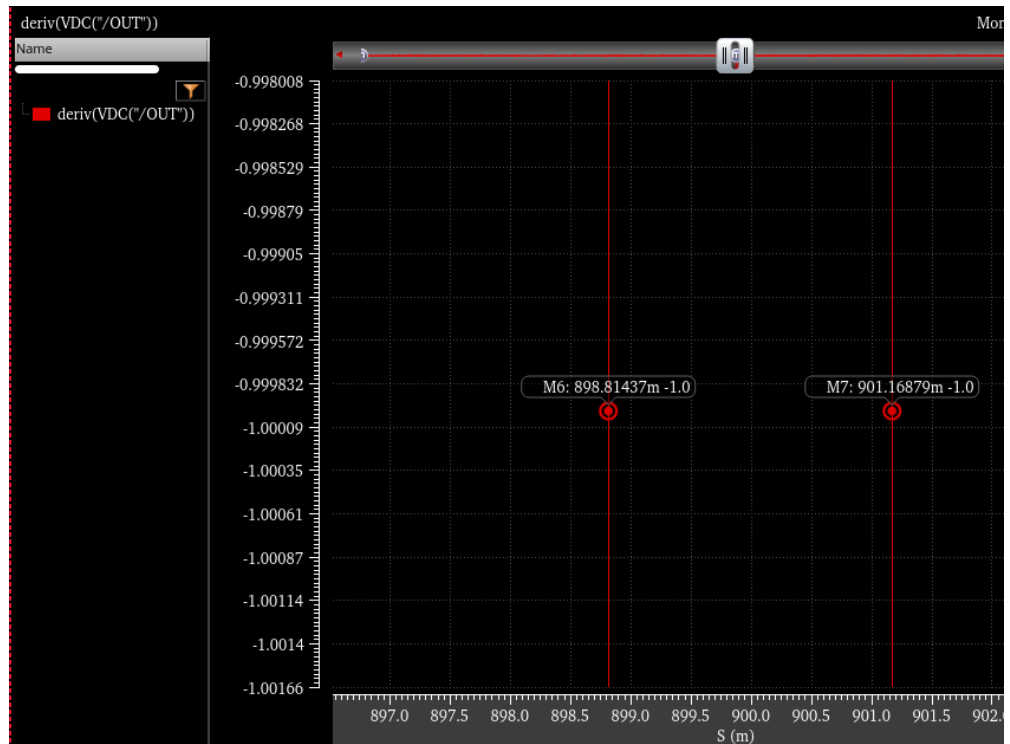
הנקודות בהן השיפוע הוא 1.



פונקציית השיפוע של ה-inverter.

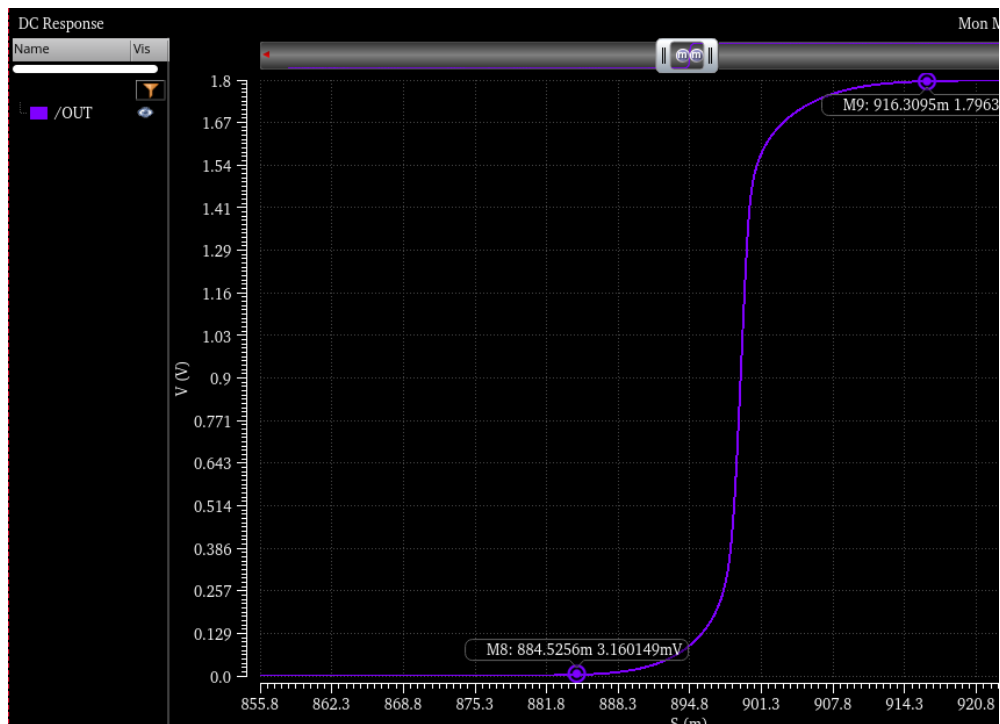


הנקודות בהן השיפוע הוא 1-.

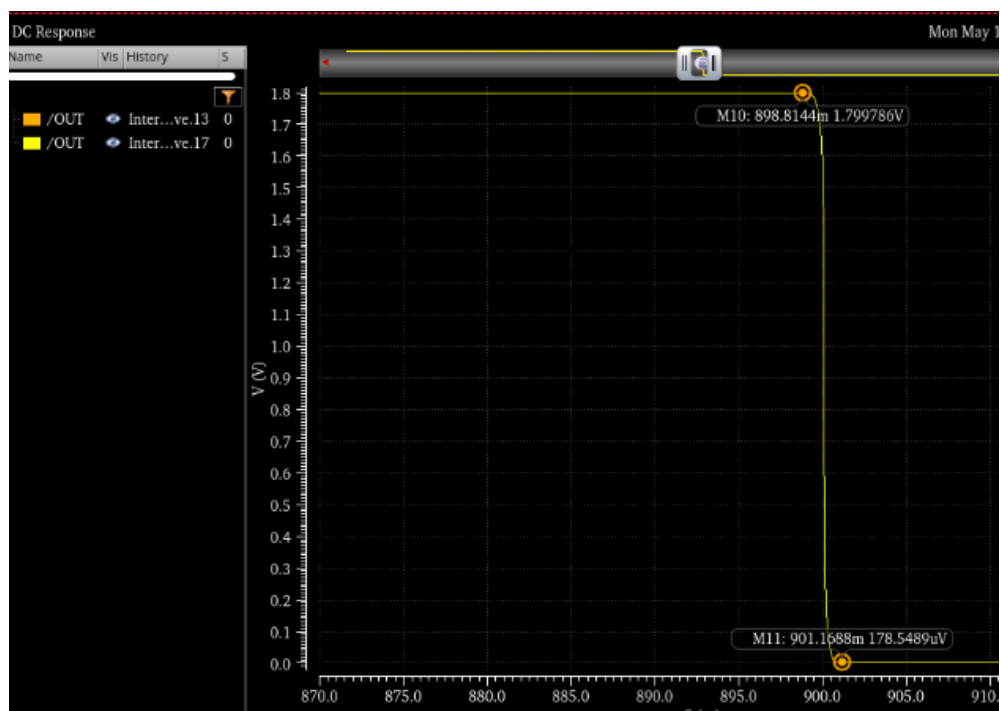


לאחר שהוצאנו את הנקודות מגרף השיפוע הצבנו אותן על גרף ה-VTC.

VTC עם הצבת נקודות של ה-buffer.



VTC עם הצבת נקודות של ה-inverter.



הנקודות שמצאנו מייצגות מתי מבחינתנו הכניסה והמוצא יוצאים ונכנסים ל-0 או 1 לוגי.

כדי לחשב את ה- t_{cd} ביצענו סימלוציות sweep בזמן על אות הכניסה S ועל אות המוצא והשתמשנו בפונקציית cross במחשבון התוכנה כדי למצוא את נקודות הזמן שבהן כל אחד מהאותות עובר ממצב לוגי יציב למצב לוגי שאינו יציב. לאחר מכן הפחתנו את נקודת הזמן שקיבלנו באות המוצא מזו שבאות הכניסה. כדי למצוא את ה- t_{pd} ביצענו פעולה דומה אלא שהפעם ביצענו פעולת cross על מנת למצוא את נקודות הזמן בהן האותות עוברים ממצב לוגי לא יציב למצב לוגי יציב.

החישוב שביצענו במחשבון התוכנה נראה כך:

Test	Name	Type	Details	EvalType	Plot	Save	Sp
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_inv	expr	(Voh_inv - Vil_inv)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_inv	expr	cross(VT("/S") 0.8988144 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_inv	expr	cross(VT("/OUT") 1.799786 1 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_inv	expr	(Vol_inv - Vih_inv)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_inv	expr	cross(VT("/S") 0.9011688 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_inv	expr	cross(VT("/OUT") 0.0001785489 1 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_buffer	expr	(Vol_buffer - Vil_buffer)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_buffer	expr	cross(VT("/S") 0.8845256 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_buffer	expr	cross(VT("/OUT") 0.003160149 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_buffer	expr	(Voh_buffer - Vin_buffer)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_buffer	expr	cross(VT("/S") 0.9163095 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_buffer	expr	cross(VT("/OUT") 1.796351 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

תוצאות החישוב שלנו עבור ה-buffer:

$$t_{pd_{buff}} = 1.849ns$$

$$t_{cd_{buff}} = 271.31ps$$

Test	Output	Nominal	Spec
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_inv	500.1n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_inv	4.993n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_inv	505.1n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_inv	502.4n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_inv	5.006n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_inv	507.4n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_buffer	271.3p	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_buffer	4.914n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_buffer	5.185n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_buffer	1.849n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_buffer	5.091n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_buffer	6.94n	

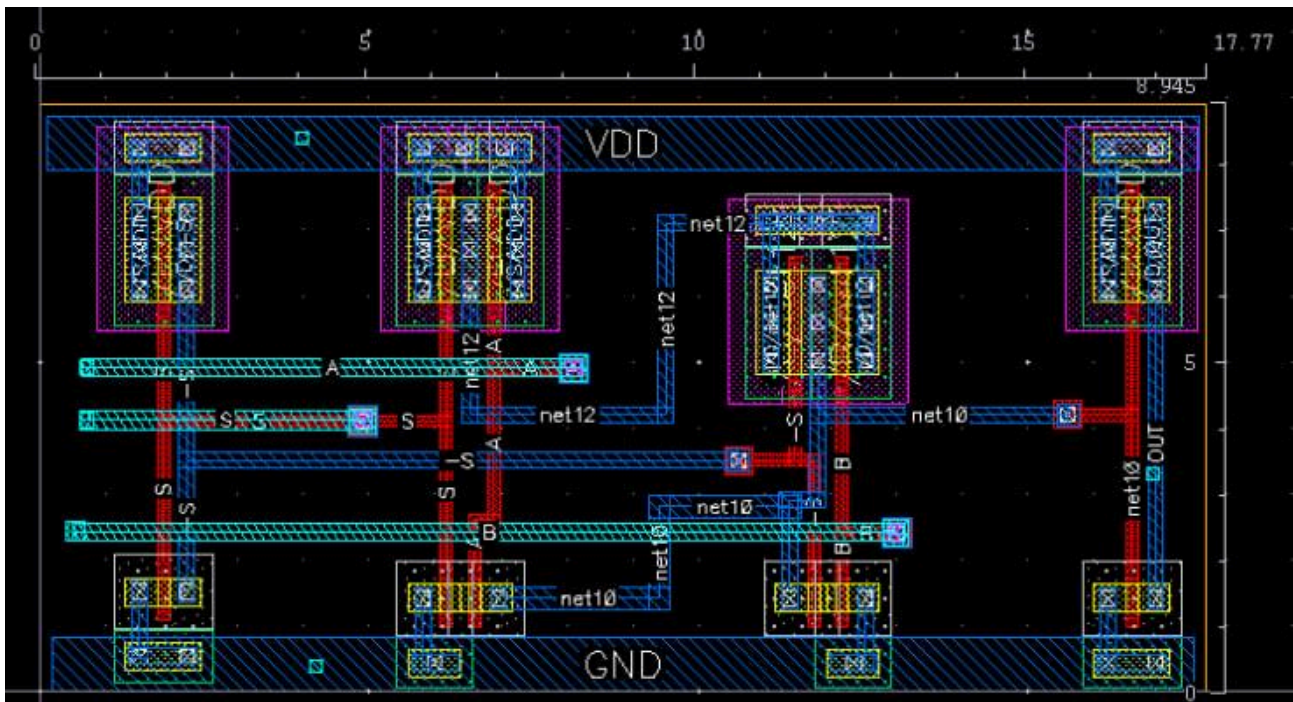
תוצאות החישוב שלנו עבור ה-inverter.

$$t_{pd_{inv}} = 2.211ns$$

$$t_{cd_{inv}} = 349.7ps$$

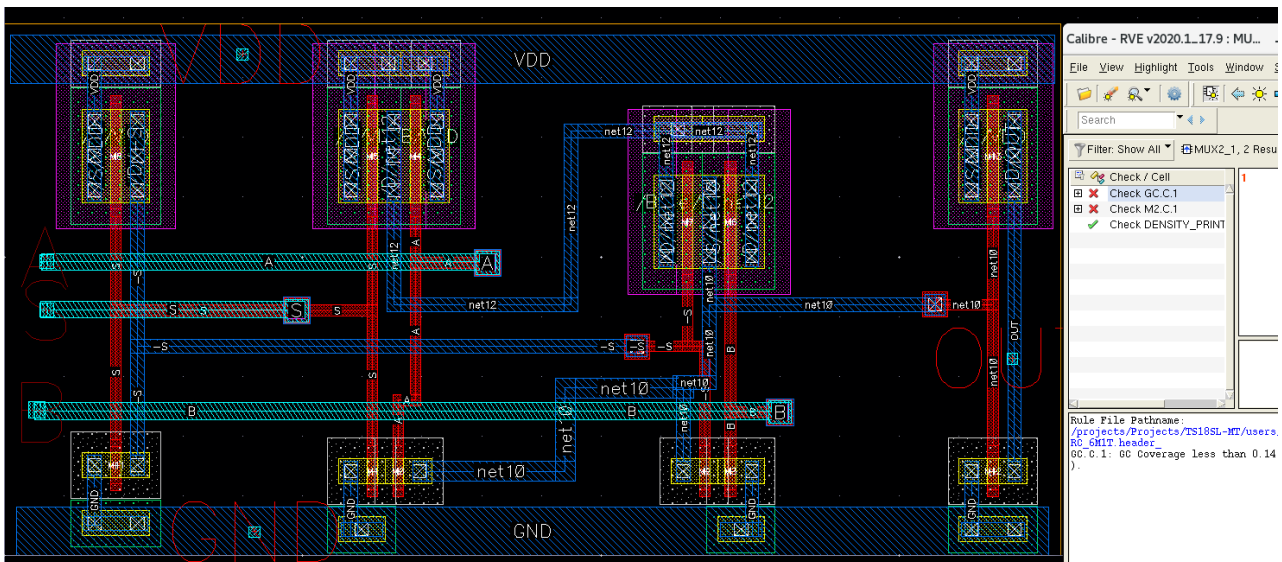
Test	Output	Nominal	Spec
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_inv	349.7p	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_inv	4.993n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_inv	5.343n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_inv	2.211n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_inv	5.006n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_inv	7.217n	

כעת התבקשנו ליצור layout לרכיב.



נבצע את הבדיקות LVS, DRC ו-PEX.

DRC:



:LVS

Comparison Results

Layout Cell / Type	Source Cell	Nets	Instances	Ports
MUX2_1	MUX2_1	9L, 9S	6L, 6S	6L, 6S

Cell MUX2_1 Summary (Clean)
CELL COMPARISON RESULTS (TOP LEVEL)

CORRECT #

LAYOUT CELL NAME: MUX2_1
SOURCE CELL NAME: MUX2_1

INITIAL NUMBERS OF OBJECTS

	Layout	Source	Component Type
Ports:	6	6	

:PEX

Calibre Info

Calibre View generation completed with 0 WARNINGS and 0 ERRORS. Please consult the CIW transcript for messages.

Close

וכעת לאחר ביצוע PEX, נבדוק את התוצאות של ערכי ה- t_{pd} וה- t_{cd} החדשים עם הפרזיטיקות. נבצע את אותה הסימולציה שוב.

עבור ה-buffer:

$$t_{pd_{buff}} = 1.926ns$$

$$t_{cd_{buff}} = 316.7ps$$

Test	Output	Nominal	Spec
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_inv	500.2n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_inv	4.993n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_inv	505.2n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_inv	502.5n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_inv	5.006n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_inv	507.5n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_buffer	316.7p	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_buffer	4.914n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_buffer	5.231n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_buffer	1.926n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_buffer	5.091n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_buffer	7.016n	

עבור ה-inverter:

$$t_{pd_{inv}} = 2.339ns$$

$$t_{cd_{inv}} = 452.5ps$$

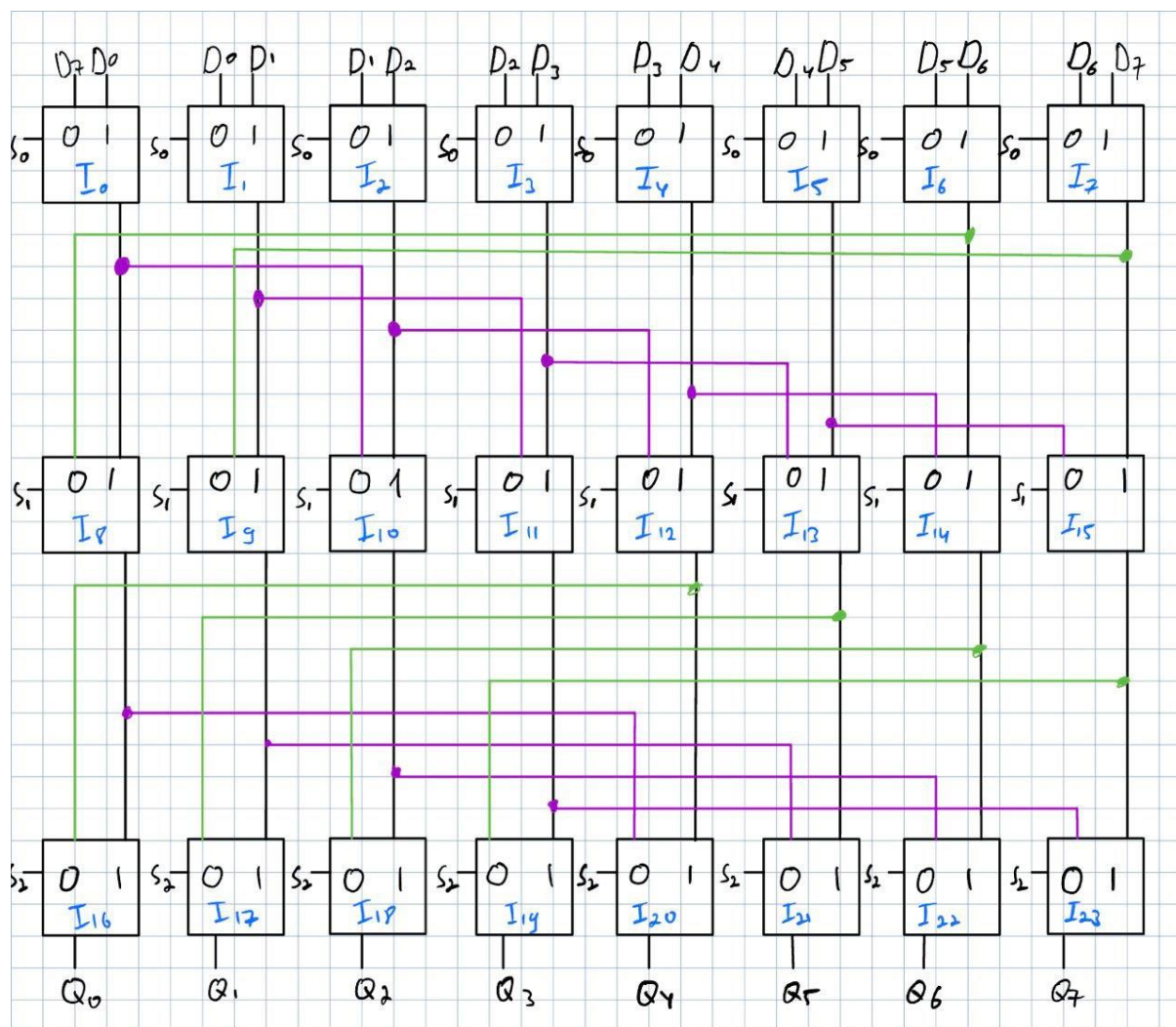
Test	Output	Nominal	Spec
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_inv	452.5p	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_inv	4.993n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_inv	5.446n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_inv	2.339n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_inv	5.006n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_inv	7.345n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tcd_buffer	500.5n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vil_buffer	4.914n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vol_buffer	505.5n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	tpd_buffer	501.8n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Vih_buffer	5.091n	
Vova_Tal:TB_MUX2_1:1	Voh_buffer	506.9n	

	t_{pd} בלי פרזיטיקות	t_{pd} עם פרזיטיקות	t_{cd} בלי פרזיטיקות	t_{cd} עם פרזיטיקות
buffer	1.849ns	1.926ns	271.31ps	316.7ps
inverter	2.211ns	2.339ns	349.7ps	452.5ps

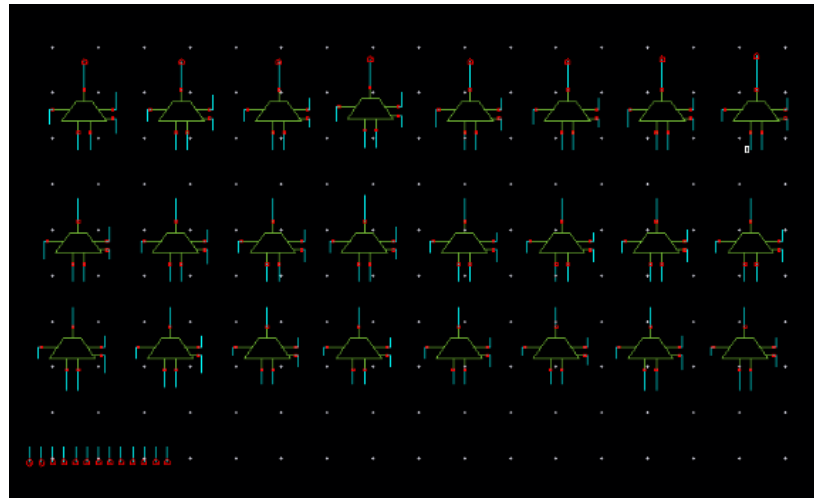
ניתן לראות בבירור כי הפרזיטיקות מגדילות את ערכו של כל אחד ממשתני התזמון וההשהייה, אך לא בהרבה. הדבר מסתדר עם התיאוריה מפני שכאשר הוספנו את הפרזיטיקות נוספו הרבה גורמים שהתעלמנו מהם לפני, כמו קיבולים בין השכבות שדורשים בעצמם זמן טעינה, וגם התנגדויות חוטים למיניהן שמקטינות את ערכי הזרמים וגרומות לזמני הטעינה לגדול עקב כך.

חלק ב' בניית רכיב 8-bit barrel shift register

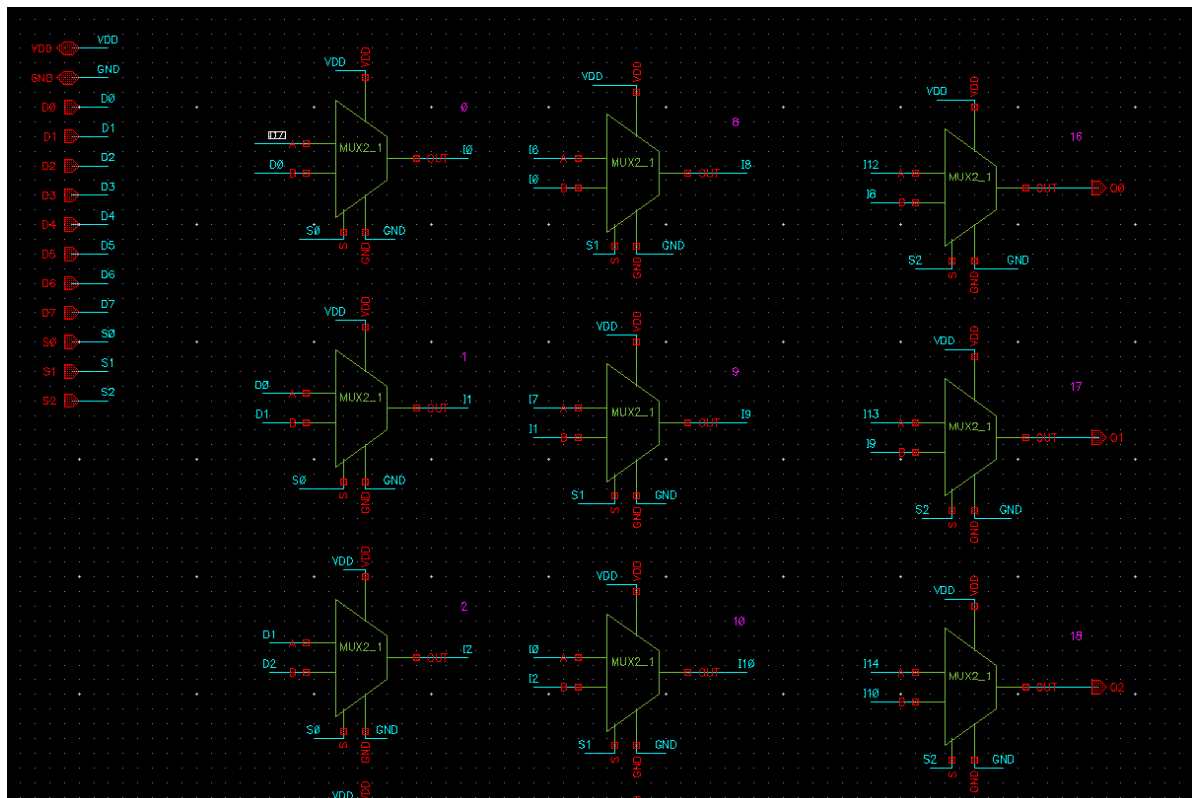
את הרכיב מימשנו בעזרת שלוש שורות של שמונה מוקסים 2×1 . השורה הראשונה אחראית על הזזה של אחדות, השנייה על עשרות והשלישית על מאות (בבינארי, כלומר עשרות זה הזזה ב-2 ומאות זה הזזה ב-4). נציג את הסקיצה של הסכימה שבנינו.

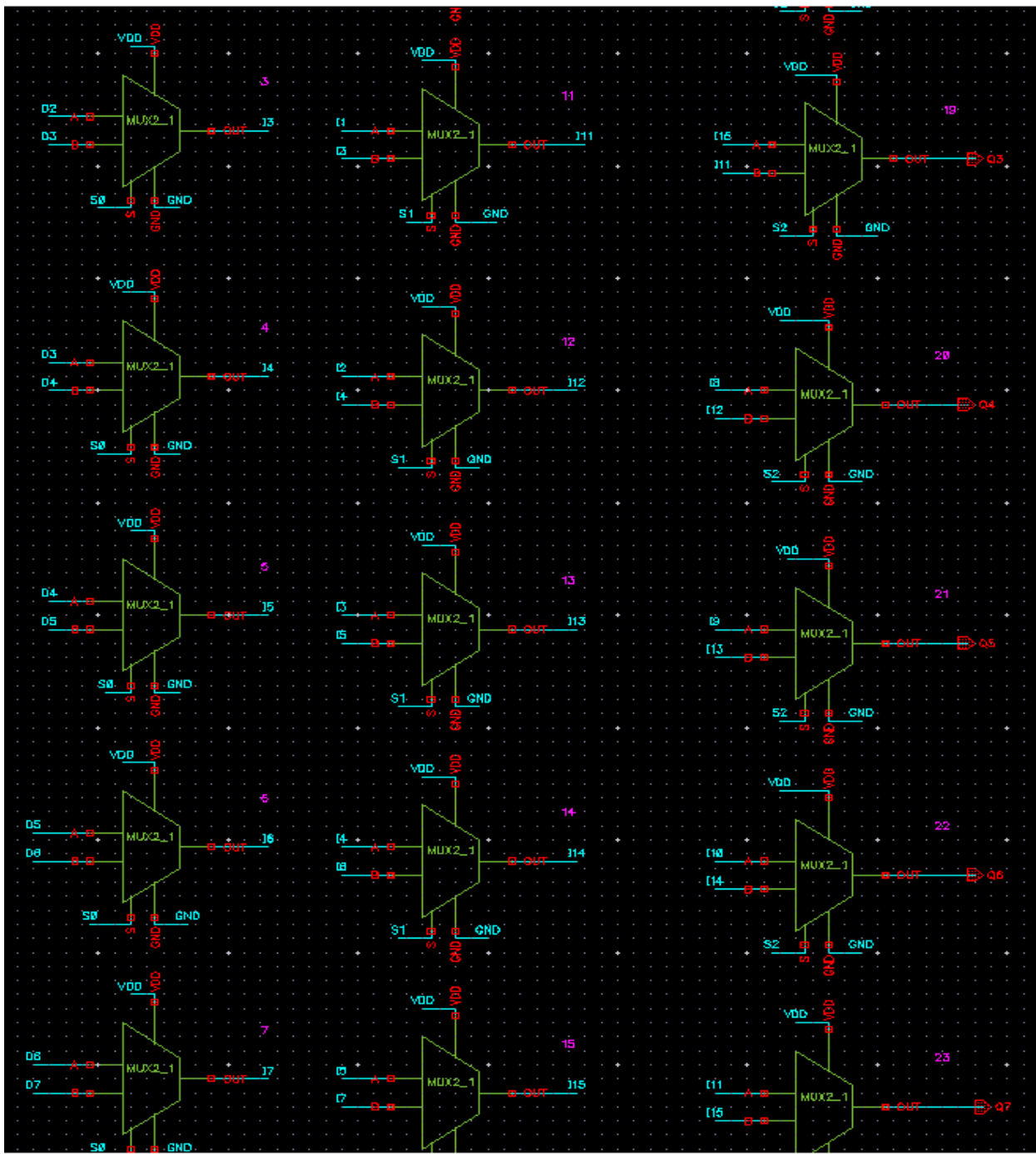


הסכימה שבנינו:

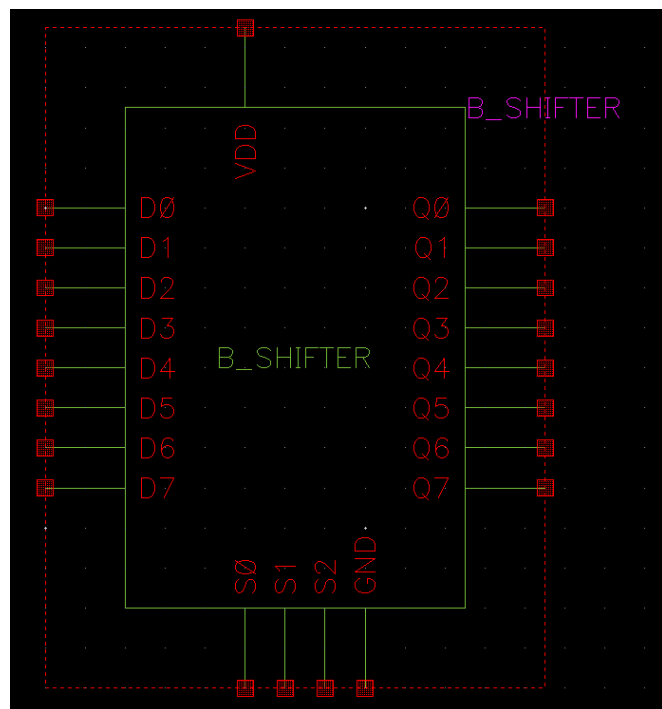


תמונות קירוב:



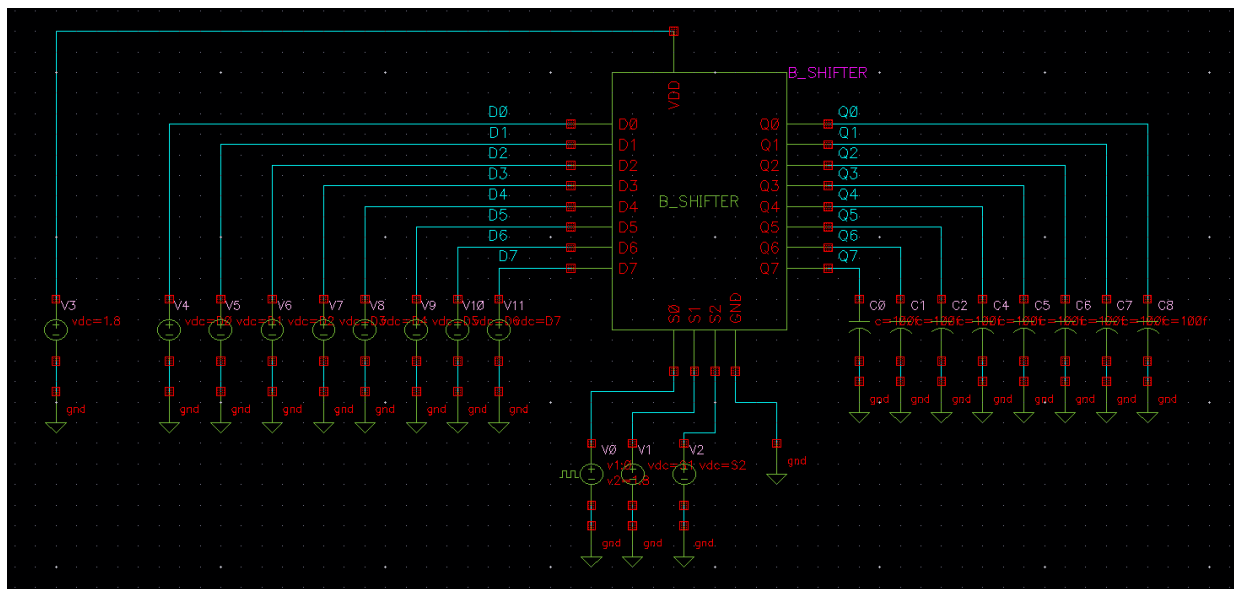


הכנו סימבול של הרכיב:



כדי לבדוק את תקינות הרכיב ביצענו טסט בנץ' והכנסנו אליו הזזות שונות כדי לחזות בהזזות שהוא מבצע.












נציג את הטסט בנץ' שבנינו:



נציג שלוש דוגמאות לבדיקות שביצענו:

הצבנו את מספר הקבוצה שלנו 47 בהצגה בינארית: 00101111.












בראשונה הכנסנו ל-S את הערך 001, כלומר הזזה ב-1. נצפה לקבל במוצא 10010111.

Global Variables		Test	Output	Nominal	
	D0	0			
	D1	0			
	D2	1.8			
	D3	0			
	D4	1.8			
	D5	1.8			
	D6	1.8			
	D7	1.8			
	S0	1.8			
	S1	0			
	S2	0			

Test	Output	Nominal	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q0	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q1	19.19n	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q2	19.19n	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q3	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q4	19.19n	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q5	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q6	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q7	1.8	

ניתן לראות בבירור שמה שקיבלנו זה בדיוק מה שציפינו לקבל.

בשנייה הכנסנו ל-S את הערך 010 כלומר הזזה ב-2. נצפה לקבל במוצא 11001011.

Global Variables		Test	Output	Nominal	Spe
	D0	0			
	D1	0			
	D2	1.8			
	D3	0			
	D4	1.8			
	D5	1.8			
	D6	1.8			
	D7	1.8			
	S0	0			
	S1	1.8			
	S2	0			

Test	Output	Nominal	Spe
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q0	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q1	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q2	19.19n	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q3	19.19n	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q4	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q5	19.19n	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q6	1.8	
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Q7	1.8	

גם כאן ניתן לראות בבירור שמה שקיבלנו זה בדיוק מה שציפינו לקבל.

בשלישית הכנסנו ל-S את הערך 100 כלומר הזזה ב-4. נצפה לקבל במוצא 11110010.

Global Variables		Test	Output	Nominal
<input checked="" type="checkbox"/>	D0	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	D1	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	D2	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D3	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	D4	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D5	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D6	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D7	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	S0	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	S1	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	S2	1.8		

Test	Output	Nominal
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q0		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q1		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q2		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q3		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q4		19.19n
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q5		19.19n
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q6		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Q7		19.19n

לבסוף גם כאן ניתן לראות בבירור שמה שקיבלנו זה בדיוק מה שציפינו לקבל.

כעת נידרשנו למצוא את ה- t_{pd} וה- t_{cd} של כל אחד מהמוצאים כאשר הכניסה היא מספר הקבוצה שלנו בבינארי S עובר בין 000 ל-111.

מספר הקבוצה שלנו בבנארי הוא 00101111 ובהזזה של 7 כפי שנדרש נקבל מוצא 01011110.

Global Variables		Test	Output	Nominal
<input checked="" type="checkbox"/>	D0	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	D1	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	D2	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D3	0		
<input checked="" type="checkbox"/>	D4	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D5	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D6	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	D7	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	S0	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	S1	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	S2	1.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	S	0		

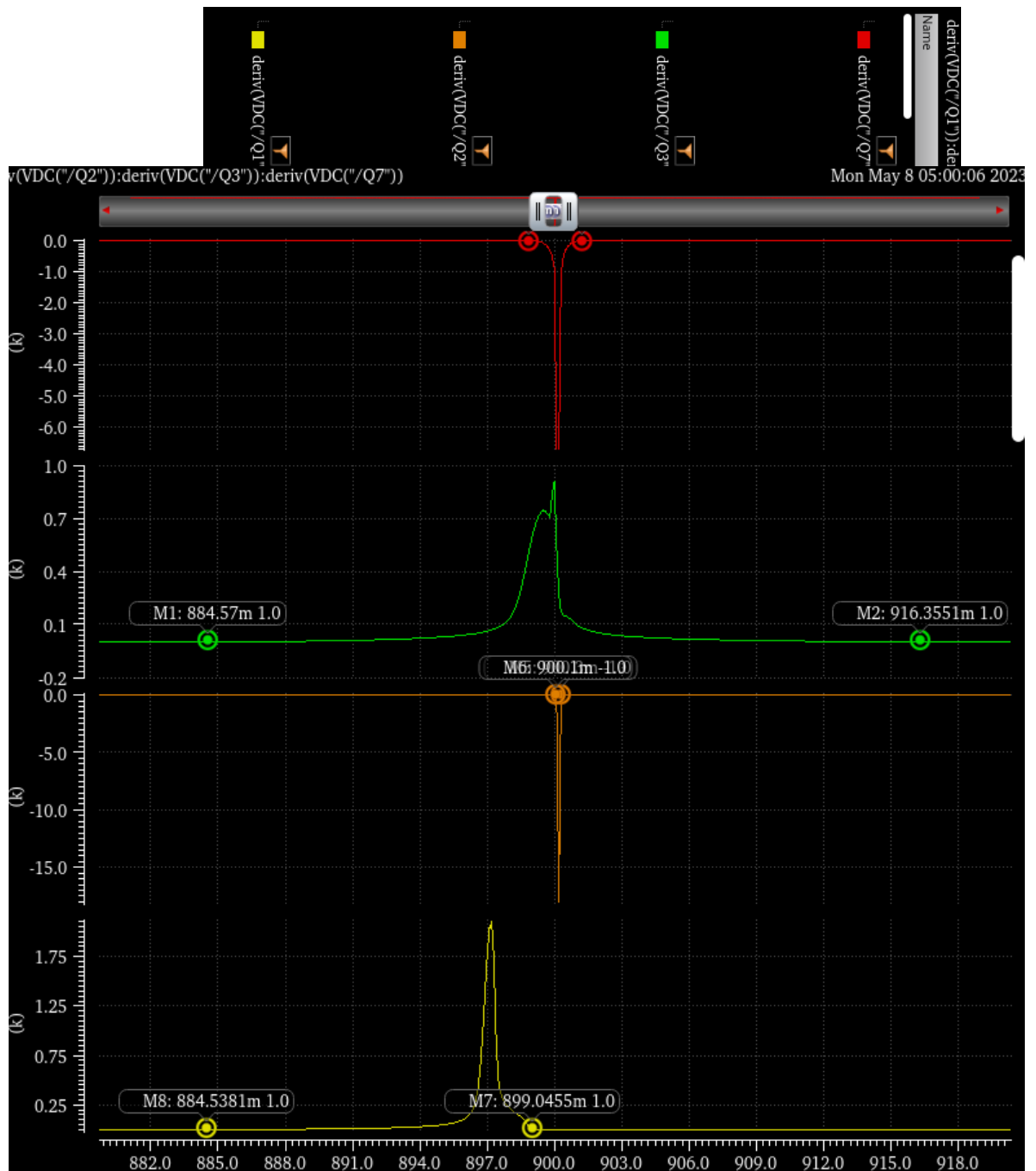
Test	Output	Nominal
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q0")		19.19n
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q1")		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q2")		19.19n
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q3")		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q4")		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q5")		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q6")		1.8
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 VDC("/Q7")		19.19n
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Tcd_Q1		eval err
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Tpd_Q1		eval err
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1 Tcd_Q2		eval err

	0	1	2	3	4	5	6	7
D	0	0	1	0	1	1	1	1
Q	0	1	0	1	1	1	1	0

כלומר ניתן לראות שרק D_1, D_2, D_3 ו- D_7 משתנים ולכן רק להם רלוונטי למצוא t_{pd} ו- t_{cd} .

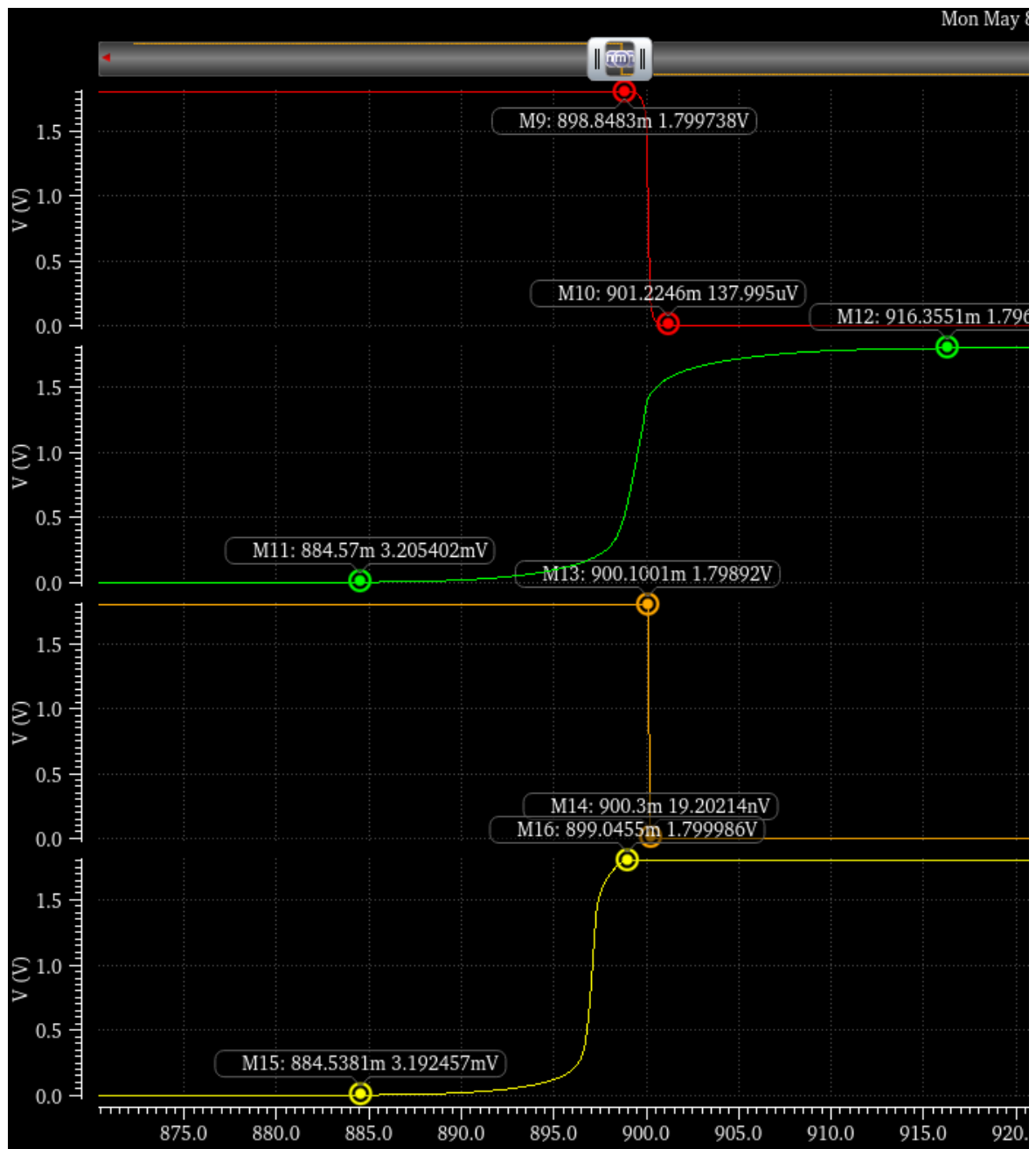
ניעזר באותה השיטה שבה השתמשנו כדי לחשב את ההשהיות ברכיב ה-mux.

נמצא את הנקודות בהן השיפוע שווה ל-1 במוצאים שהופכים מ-0 ל-1, ואת הנקודות בהן השיפוע שווה ל-1 במוצאים שהופכים מ-1 ל-0.



	Q7	Q3	Q2	Q1
Tcd	898.84826mV	884.57mV	900.10006mV	884.5381mV
Tpd	901.22463mV	916.3551mV	900.299994mV	899.0455mV

נציב את הנקודות על גרף ה-VTC.



	Q7	Q3	Q2	Q1
Tcd Input	898.8483mV	884.57mV	900.1001mV	884.5381mV
Tcd output	1.799738V	3.205402mV	1.79892V	3.192457mV
Tpd input	901.2246mV	916.3551mV	900.3mV	899.0455mV
Tpd output	137.995uV	1.796395	19.20214nV	1.799986V

וכעת ניעזר בנקודות אלה כדי לחשב את ה- t_{pd} ו- t_{cd} .

משוואות החישוב במחשבון:

Test	Name	Type	Details	EvalType	Plot	Save
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q1	expr	(rise_q1_tcd - s_tcd_q1)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q1	expr	(rise_q1_tpd - s_tpd_q1)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q2	expr	(falling_q2_tcd - s_tcd_q2)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q2	expr	(fall_tpd_q2 - s_tpd_q2)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q3	expr	(rise_q3_tcd - s_tcd_q3)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q3	expr	(rise_tpd_q3 - s_tpd_q3)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q7	expr	(falling_q7_tcd - s_tcd_q7)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q7	expr	(fall_tpd_q7 - s_tpd_q7)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q1	expr	cross(VT("/net12") 0.8845381 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q1	expr	cross(VT("/net12") 0.8990455 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_q1_tcd	expr	cross(VT("/Q1") 0.003192457 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_q1_tpd	expr	cross(VT("/Q1") 1.799986 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	falling_q2_tcd	expr	cross(VT("/Q2") 1.79892 1 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q2	expr	cross(VT("/net12") 0.9001 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q2	expr	cross(VT("/net12") 0.9003 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	fall_tpd_q2	expr	cross(VT("/Q2") 1.920214e-08 1 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q7	expr	cross(VT("/net12") 0.8988483 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	falling_q7_tcd	expr	cross(VT("/Q7") 1.799738 1 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q7	expr	cross(VT("/net12") 0.9012246 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	fall_tpd_q7	expr	cross(VT("/Q7") 0.000137995 1 "falling" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q3	expr	cross(VT("/net12") 0.9163551 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_tpd_q3	expr	cross(VT("/Q3") 1.796395 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q3	expr	cross(VT("/net12") 0.88457 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_q3_tcd	expr	cross(VT("/Q3") 0.003205402 1 "rising" nil nil nil)	point	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

התוצאות:

Test	Output	Nominal	Spec	Weight	Pass/Fail
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q1	268.9p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q1	3.342n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q2	579.4p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q2	3.059n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q3	267.9p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q3	1.875n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q7	351.3p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q7	2.322n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q1	4.914n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q1	4.995n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_q1_tcd	5.183n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_q1_tpd	8.337n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	falling_q2_tcd	5.58n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q2	5.001n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q2	5.002n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	fall_tpd_q2	8.06n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q7	4.994n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	falling_q7_tcd	5.345n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q7	5.007n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	fall_tpd_q7	7.328n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tpd_q3	5.091n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_tpd_q3	6.966n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	s_tcd_q3	4.914n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	rise_q3_tcd	5.182n			

ואם נסדר את התוצאות נקבל:

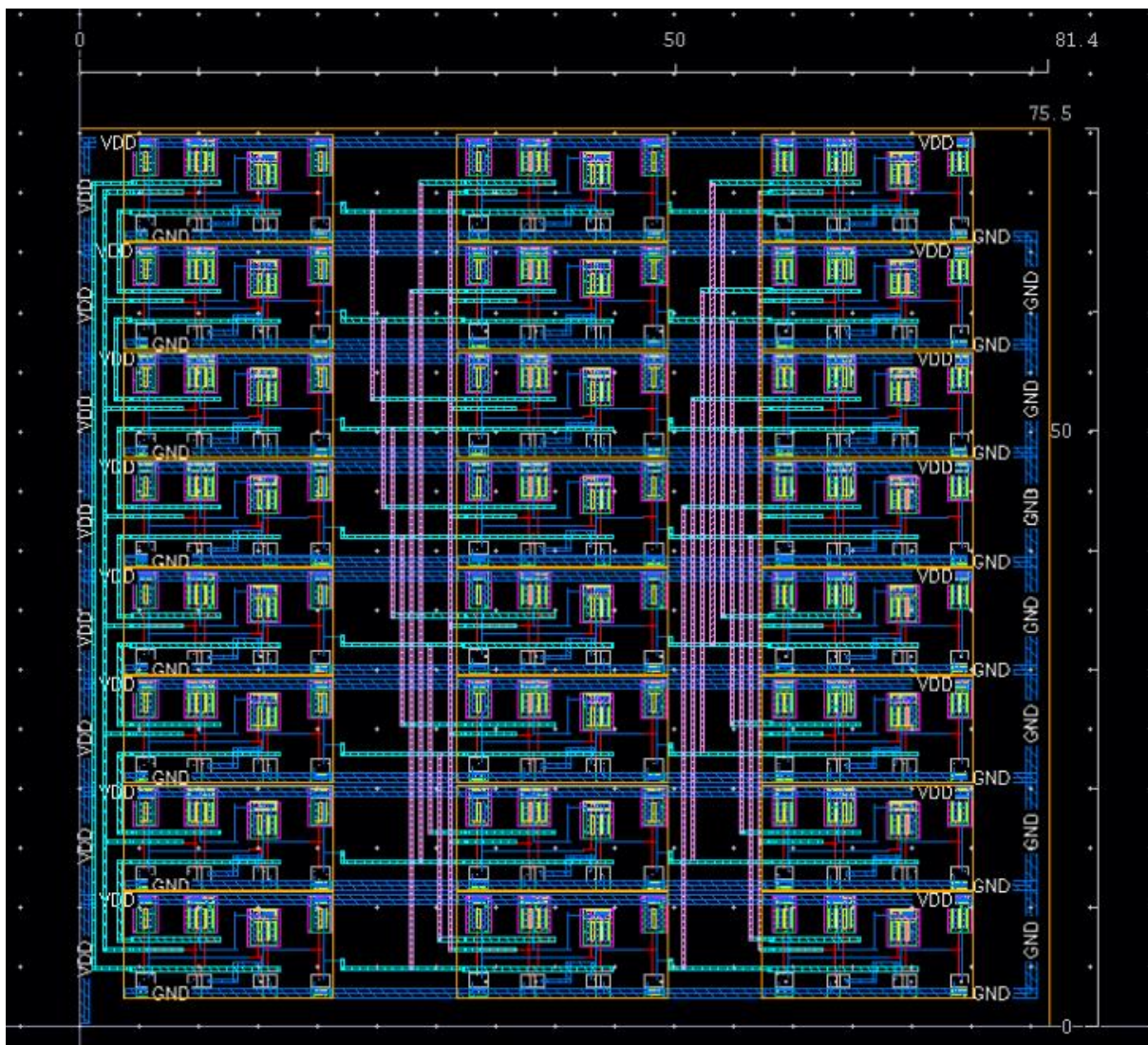
$$t_{cd} Q1 = 268.9ps \quad , \quad t_{pd} Q1 = 3.342ns$$

$$t_{cd} Q2 = 579.4ps \quad , \quad t_{pd} Q2 = 3.059ns$$

$$t_{cd} Q3 = 267.9ps \quad , \quad t_{pd} Q3 = 1.875ns$$

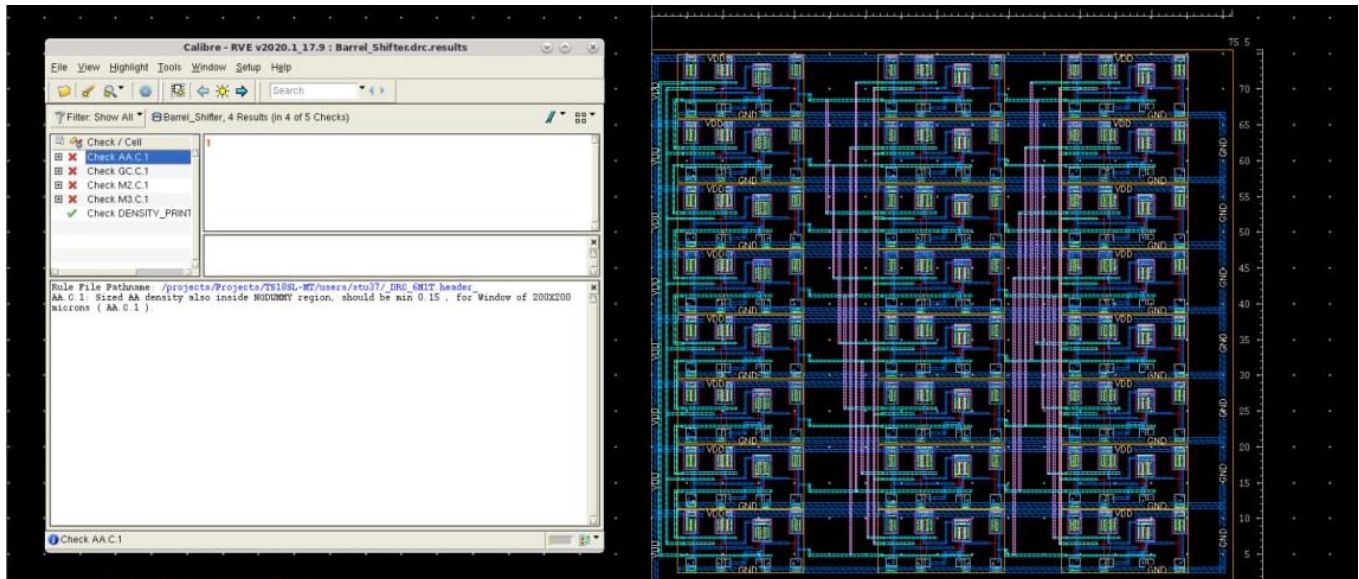
$$t_{cd} Q7 = 351.3ps \quad , \quad t_{pd} Q7 = 2.322ns$$

כעת התבקשנו ליצור layout לרכיב.

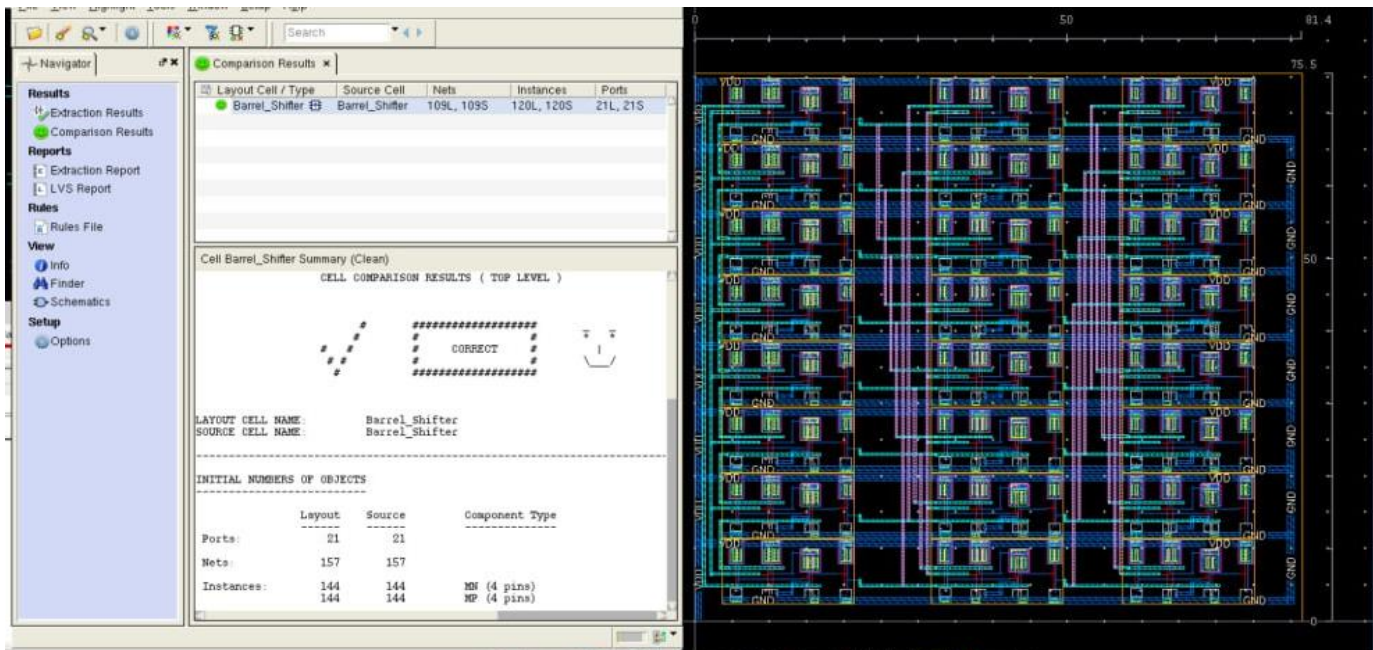


נבצע את הבדיקות LVS, DRC ו-PEX.

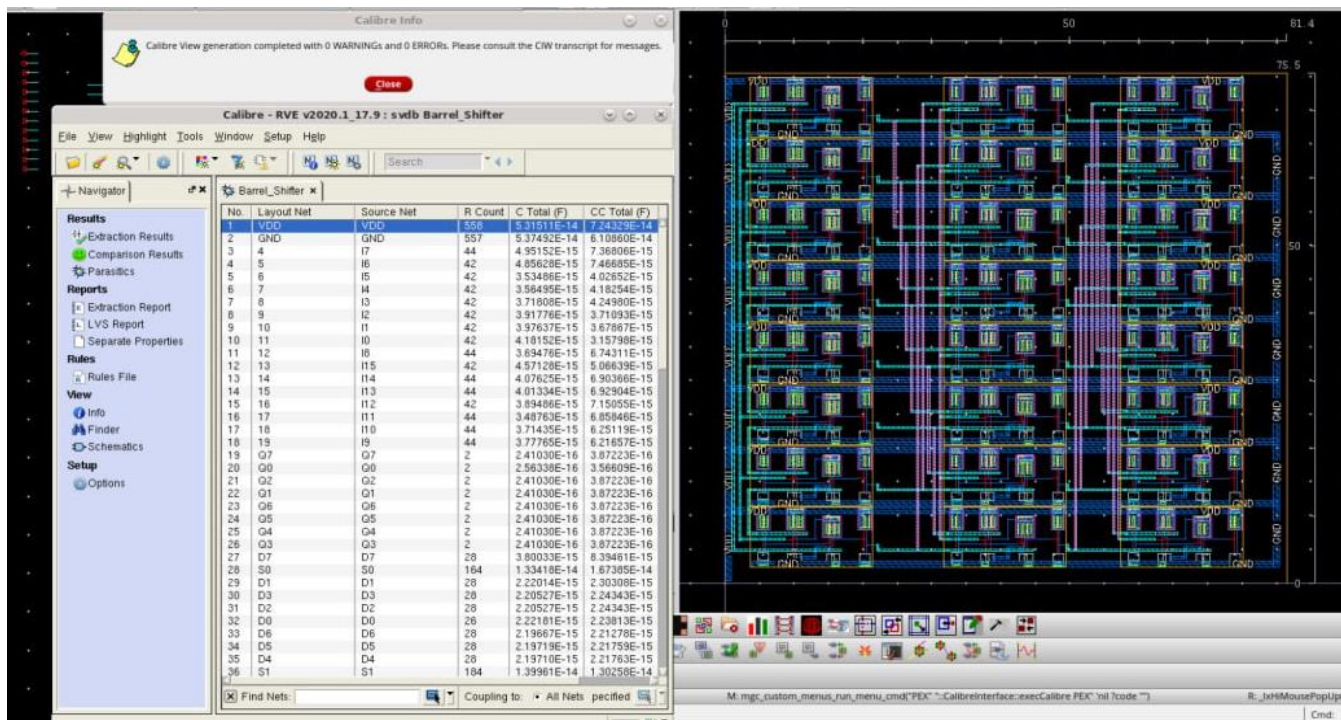
DRC:



LVS:



:PEX



וכעת לאחר ביצוע PEX, נבדוק את התוצאות של ערכי ה- t_{pd} וה- t_{cd} החדשים עם הפרזיטיקות. נבצע את אותה הסימולציה שוב ונקבל:

Test	Output	Nominal	Spec	Weight	Pass/Fail
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q1	302.6p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q1	3.41n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q2	605.2p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q2	5.176n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q3	303.2p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q3	2.012n			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tcd_Q7	420.8p			
Vova_Tal:TB_Barrel_Shifter:1	Tpd_Q7	2.468n			

וכעת נשווה בין הערכים לפני ואחרי ה - PEX:

	Tcd Q1	Tpd Q1	Tcd Q2	Tpd Q2	Tcd Q3	Tpd Q3	Tcd Q7	Tpd Q7
Before Pex	268.9p	3.342n	579.4p	3.059n	267.9p	1.875n	351.3p	2.322n
PEX	302.6p	3.41n	605.2p	5.176n	303.2p	2.012n	420.8p	2.468n

