

מספר ת.ז.:

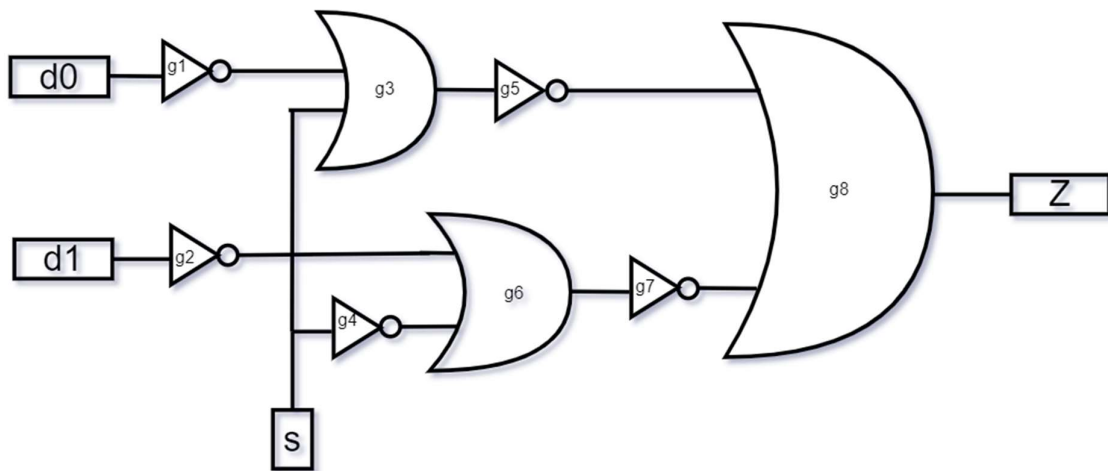
1 עופר ניסים – 312367576

2. עידן גבאי - 315073163

טבלת השהיות:

	$T_{PD\overline{L}H}$	$T_{PD\overline{H}L}$
NOT	$B = 1$	$C = 5$
OR2	$D = 10$	$E = 7$
XOR2	$F = 3$	$G = 1$

2.1 מימוש לבורר: $2 \rightarrow 1$



טבלת אמת:

d0	d1	S	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

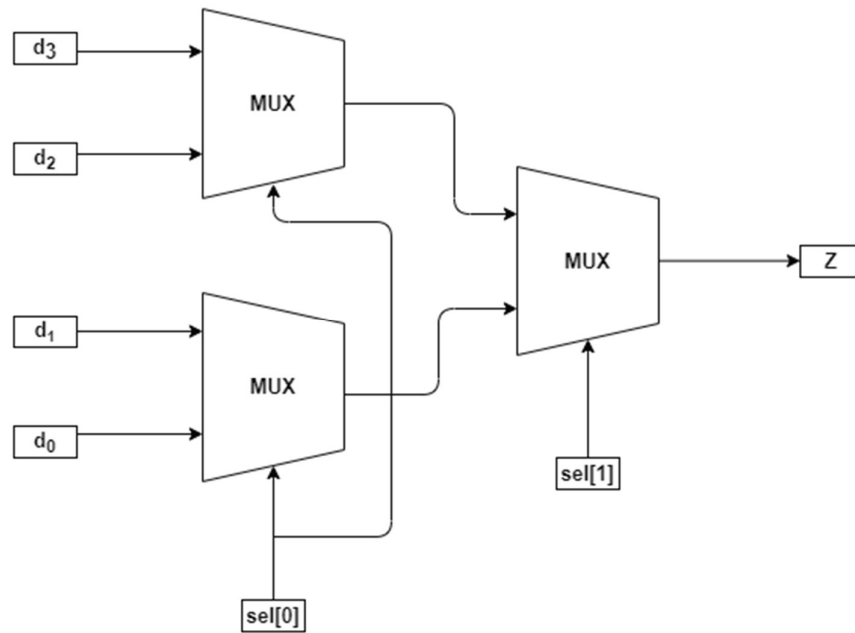
ביטוי ל Z – כפונקציה של הכניסות:

$$Z = S \cdot D_1 + \bar{S} \cdot D_0$$

זמני השהייה לפי מסלולים :

Path	d0	d1	sel	T_{pd}
$d0 \rightarrow g1 \rightarrow g3 \rightarrow g5 \rightarrow g8 \rightarrow z$	$0 \rightarrow 1$	0	0	$C + E + B + D = 23$
$d0 \rightarrow g1 \rightarrow g3 \rightarrow g5 \rightarrow g8 \rightarrow z$	$1 \rightarrow 0$	0	0	$B + D + C + E = 23$
$d1 \rightarrow g2 \rightarrow g6 \rightarrow g7 \rightarrow g8 \rightarrow z$	0	$0 \rightarrow 1$	1	$C + E + B + D = 23$
$d1 \rightarrow g2 \rightarrow g6 \rightarrow g7 \rightarrow g8 \rightarrow z$	0	$1 \rightarrow 0$	1	$B + D + C + E = 23$
$S \rightarrow g4 \rightarrow g6 \rightarrow g7 \rightarrow g8 \rightarrow z$	0	1	$0 \rightarrow 1$	$C + E + B + D = 23$
$S \rightarrow g4 \rightarrow g6 \rightarrow g7 \rightarrow g8 \rightarrow z$	0	1	$1 \rightarrow 0$	$B + D + C + E = 23$
$S \rightarrow g3 \rightarrow g5 \rightarrow g8 \rightarrow z$	1	0	$0 \rightarrow 1$	$D + C + E = 22$
$S \rightarrow g3 \rightarrow g5 \rightarrow g8 \rightarrow z$	1	0	$1 \rightarrow 0$	$E + B + D = 18$

2.2 מימוש הבורר 4→1:



d_0	d_1	d_2	d_3	sel	T_{pd}
$0 \rightarrow 1$	1	1	1	[0,0]	$2 \cdot (C + E + B + D) = 46$
$1 \rightarrow 0$	1	1	1	[0,0]	$2 \cdot (B + D + C + E) = 46$

הטבלה המעודכנת לסעיפים הבאים הינה :

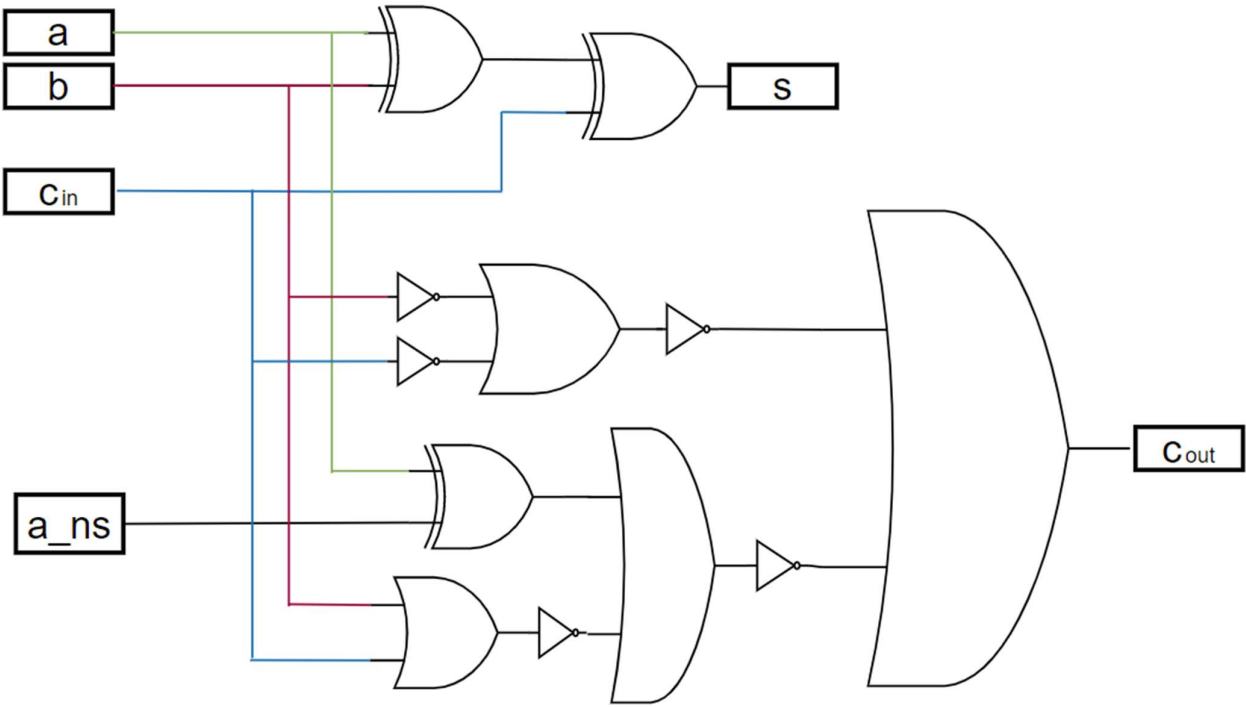
	T_{PDLH}	T_{PDHL}
NOT	$B = 5$	$C = 5$
OR2	$D = 10$	$E = 10$
XOR2	$F = 3$	$G = 3$

2.3

חישבנו בעזרת מפות קרנו והגענו לביטויים הבאים :

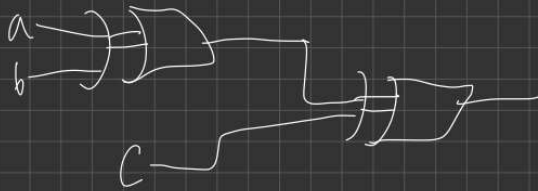
$$S = A \oplus B \oplus C$$

$$C_{out} = \overline{\overline{B} + \overline{C}} + \overline{(a \oplus a_{ns}) + \overline{b} + c}$$



החישובים בעזרת מפות קרנו :

$$\begin{aligned}
 S &= \bar{a}\bar{b}C_{in} + \bar{a}b\bar{C}_{in} + a\bar{b}C_{in} + ab\bar{C}_{in} = \\
 &= \bar{a} \cdot (\bar{b}C_{in} + b\bar{C}_{in}) + a \cdot (bC_{in} + \bar{b}\bar{C}_{in}) = \\
 &= \bar{a} \cdot (b \oplus C_{in}) + a \cdot (b \oplus C_{in}) = a \oplus b \oplus C_{in}.
 \end{aligned}$$



a\b	00	01	11	10
C _{in} /C _{out}	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	1	0	1
11	1	0	1	0
10	1	0	1	0

$J = a \cdot b$ הסכ

$$\begin{aligned}
 C_{out} &= bC + a\bar{b}C + a\bar{b}\bar{C} + \bar{a}C + \bar{a}\bar{b}\bar{C} = \\
 &= bC + a\bar{b}(C + \bar{C}) + \bar{a}C + \bar{a}\bar{b}\bar{C} = bC + (C + b)(a + \bar{a}) = \\
 &= bC + \overline{a \oplus b} \cdot (C + b) = \overline{b + C} + \overline{(a \oplus b) + (b + C)}.
 \end{aligned}$$

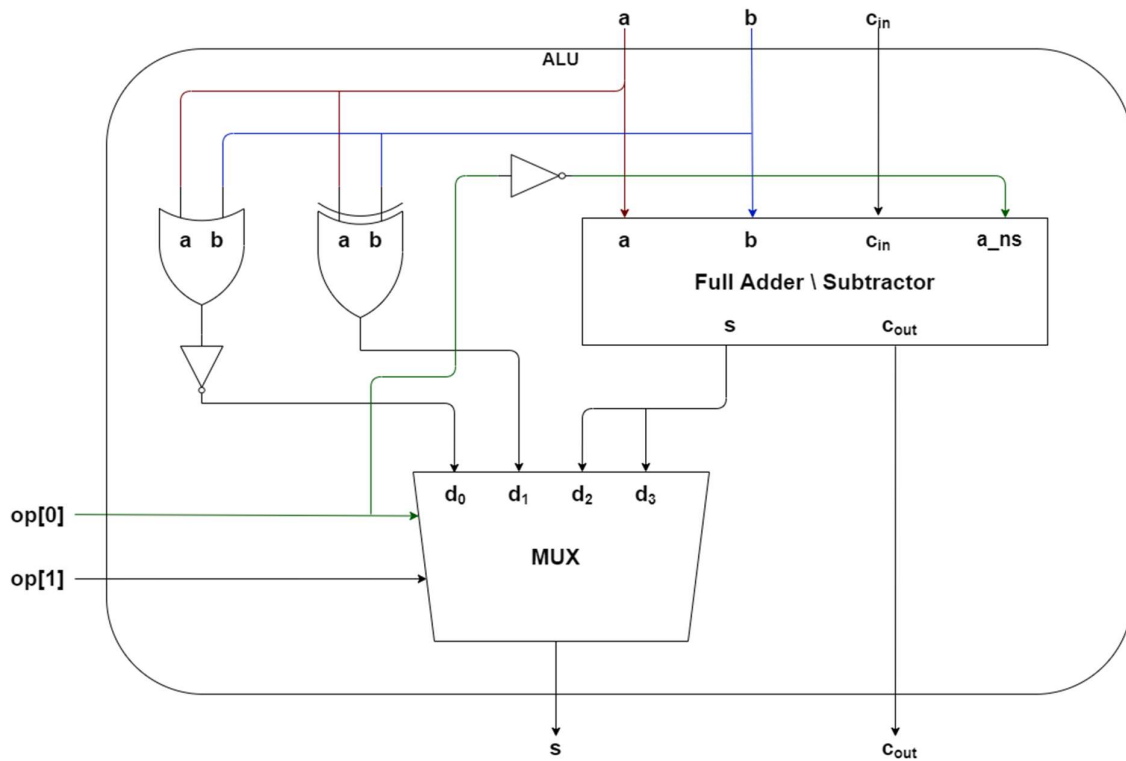
a\b	00	01	11	10
C _{in} /C _{out}	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	0	1	0
11	0	1	1	1
10	1	1	1	0

טבלת ההשהיות המקסימליות מכל כניסה לכל יציאה:

Path	a	b	c_in	a_ns	T _{pd}
$a \rightarrow xor_1 \rightarrow xor_2 \rightarrow s$	0 → 1	0	0	לא רלוונטי	6
$b \rightarrow xor_1 \rightarrow xor_2 \rightarrow s$	0	0 → 1	0	לא רלוונטי	6
$c_{in} \rightarrow xor_2 \rightarrow s$	0	0	0 → 1	לא רלוונטי	3
$a_{ns} \rightarrow s$	-	-	-	-	לא קיים - 0 מסלול
$a \rightarrow xor_3 \rightarrow or_3 \rightarrow not_5 \rightarrow or_4 \rightarrow c_{out}$	0 → 1	0	0	0	28
$b \rightarrow or_2 \rightarrow not_4 \rightarrow or_3 \rightarrow not_5 \rightarrow or_4 \rightarrow c_{out}$	0	0 → 1	0	0	40
$c_{in} \rightarrow or_2 \rightarrow not_4 \rightarrow or_3 \rightarrow not_5 \rightarrow or_4 \rightarrow c_{out}$	0	0	0 → 1	0	40
$a_{ns} \rightarrow xor_3 \rightarrow or_3 \rightarrow not_5 \rightarrow or_4 \rightarrow c_{out}$	0	0	0	0 → 1	28

- יש לציין כי עקב הסימטריה בזמני ההשהיה T_{PDHL} ו- T_{PDLH} שניתנו בטבלה המצורפת של התרגיל, אין צורך להוסיף את המסלולים בהם השינוי הוא הפוך לזה שבחרנו. בנוסף, משיקולים דומים אין צורך לשנות את ערכי הכניסות שאינם בכניסה הנבדקת במסלול.

2.4 מימוש יחידת החישוב: ALU

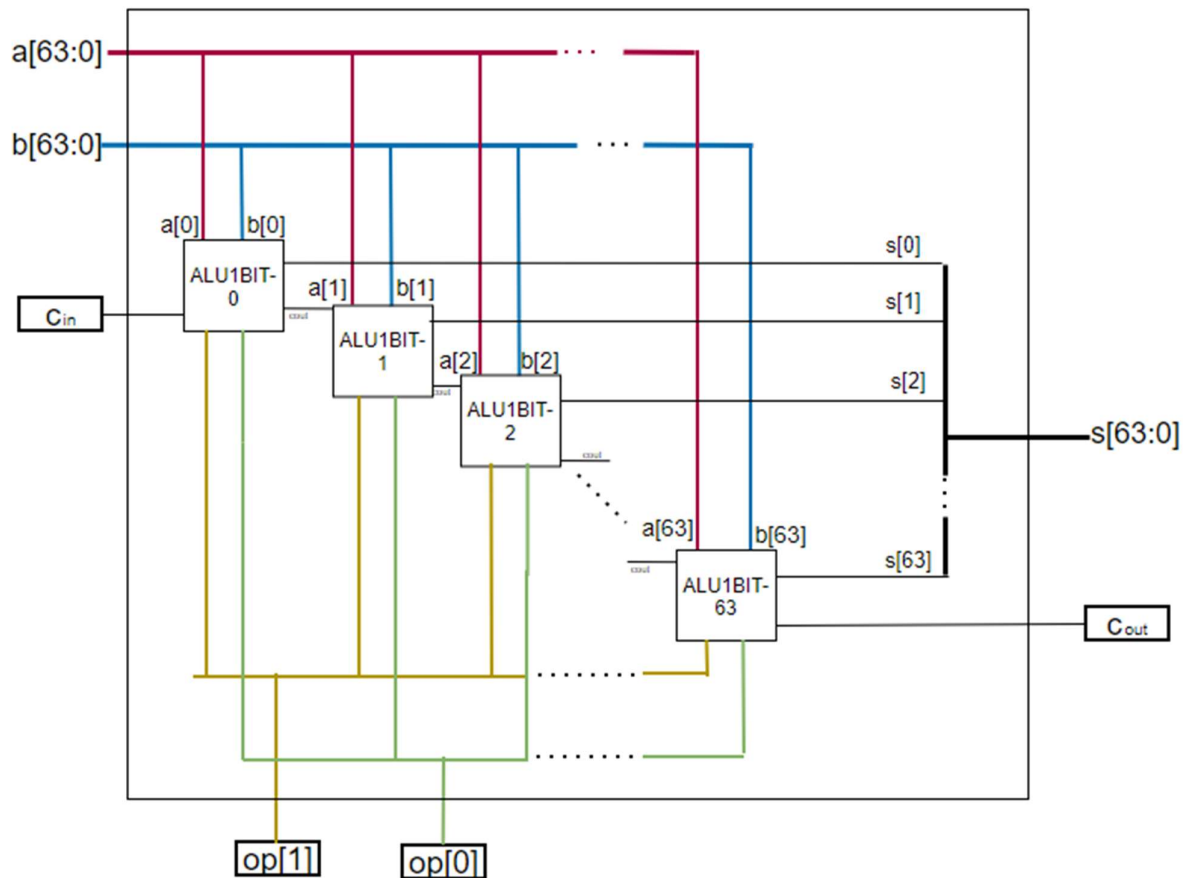


חישוב כל ההשהיות המקסימליות מכל כניסה לכל יציאה:

Path	a	b	c_{in}	$op[0]$	$op[1]$	T_{pd}
$a \rightarrow or \rightarrow not \rightarrow mux \rightarrow s$	$0 \rightarrow 1$	0	0	לא רלוונטי	0	61
$b \rightarrow or \rightarrow not \rightarrow mux \rightarrow s$	0	$0 \rightarrow 1$	0	לא רלוונטי	0	61
$c_{in} \rightarrow FAS \rightarrow mux \rightarrow s$	0	0	$0 \rightarrow 1$	לא רלוונטי	0	49
$op[0] \rightarrow mux \rightarrow s$	0	0	0	$0 \rightarrow 1$	0	46
$op[1] \rightarrow mux \rightarrow s$	0	0	0	0	$0 \rightarrow 1$	23
$a \rightarrow FAS \rightarrow c_{out}$	$0 \rightarrow 1$	0	0	לא רלוונטי	לא רלוונטי	28
$b \rightarrow FAS \rightarrow c_{out}$	0	$0 \rightarrow 1$	0	לא רלוונטי	לא רלוונטי	40
$c_{in} \rightarrow FAS \rightarrow c_{out}$	0	0	$0 \rightarrow 1$	לא רלוונטי	לא רלוונטי	40

2.5 מימוש יחיד ALU המקבלת 64 סיביות:

נשתמש ב 64 יחידות מהסעיף הקודם (יחידה מהסעיף הקודמת נקראת - "ALU1BIT" כי היא מקבלת רק ביט 1) באופן הבא:



חישוב ההשהיה המקסימלית:

נשים לב שבמעגל הנ"ל נקבל את המסלול הארוך ביותר במעבר טורי בין c_{in} לבין c_{out} (זהה בין $0 \rightarrow 1$ ובין $1 \rightarrow 0$ בשל הסימטריה). ההשהיה של כל רכיב ALU1BIT במסלול, בין היציאות שהזכרנו, היא 40.

בשביל שנראה בסימולציה את השינויים לאורך ריצת התוכנית נבחר את הקלט כך שהוקטור A מלא ב-1, והוקטור B מלא באפסים חוץ מהביט הראשון והאחרון, כאשר $c_{in}=0$, ונבצע פעולת חיבור.

לאחר מכן נשנה את הערך של הביט ה- lsb של B מ-1 ל-0 מה שיצור תגובת שרשרת אשר תשנה את כל הערכים ביציאה S אחד אחרי השני.

עבור הרכיב הראשון, נבחר במסלול בעל ההשהיה המקסימלית עד ליציאה c_{out} . לפי הטבלה שבנינו בסעיף הקודם ניתן לבחור בשתי אפשרויות בעלות השהיה 40, נבחר $c_{out} \rightarrow b[0]$.

עבור הרכיבים הבאים, ניקח את המסלול שתיארנו בהתחלה $c_{in} \rightarrow c_{out}$, לצורך השרשור הטורי, והוא בעל זמן השהיה 40.

ברכיב האחרון ניקח את המסלול בעל ההשהיה המקסימלית מהכניסה c_{in} . לפי הטבלה שבנינו בסעיף הקודם, המסלול המתאים הוא $c_{in} \rightarrow s$, בעל זמן השהיה 49.

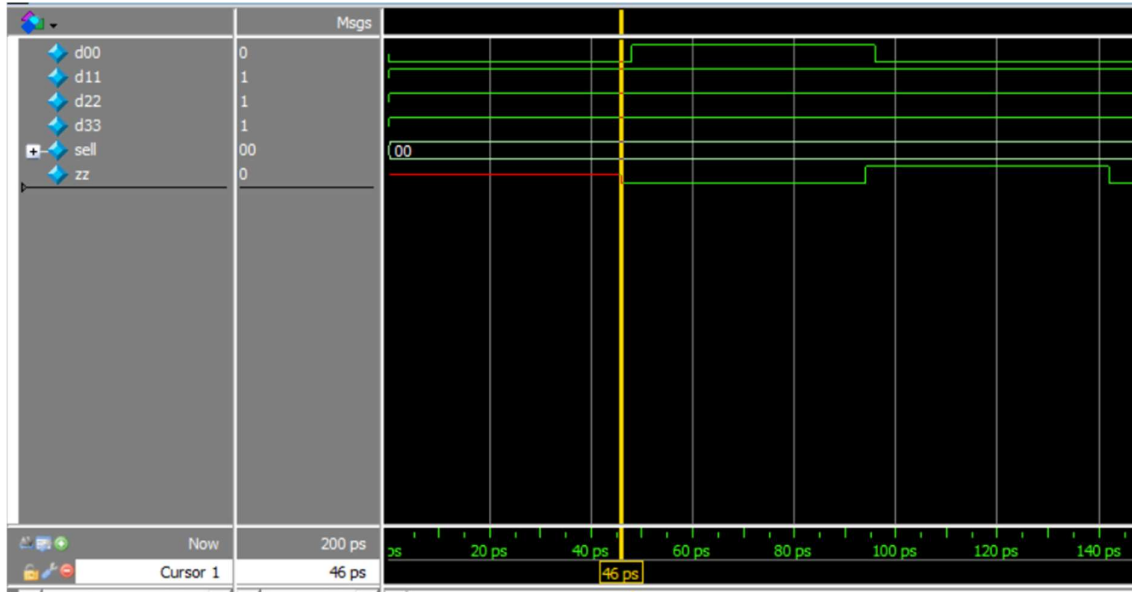
כעת נסכום את זמני ההשהיה של כל 64 היחידות במסלול ונקבל:

$$T_{max} = T_{pd}(b[0] \rightarrow c_{out}) + 62 * T_{pd}(c_{in} \rightarrow c_{out}) + T_{pd}(c_{in} \rightarrow s)$$

$$= 40 + 62 * 40 + 49 = 2569$$

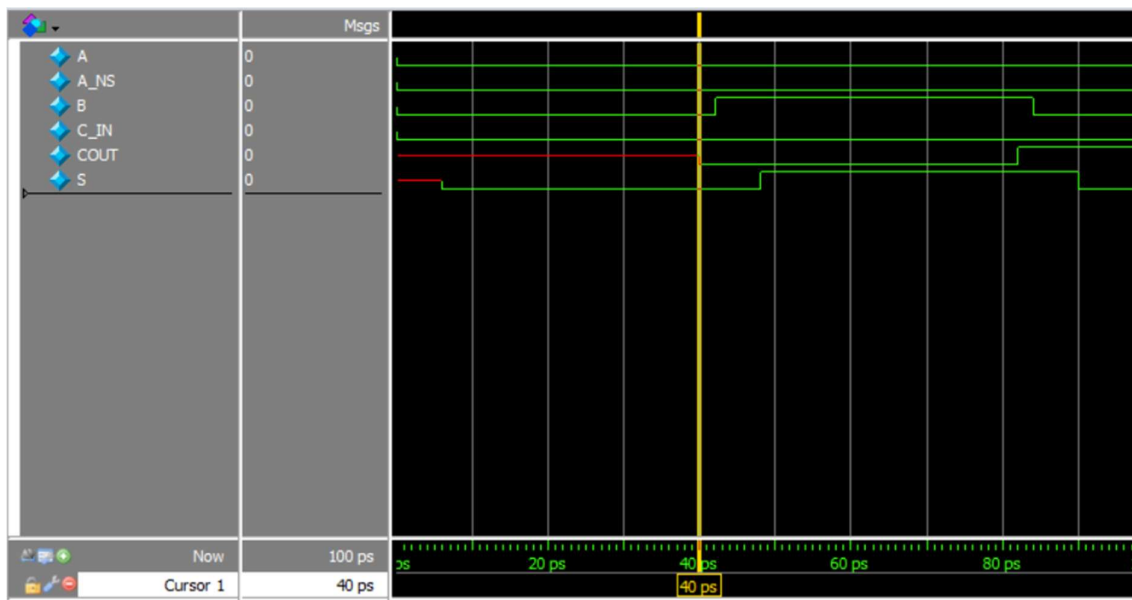
ובסך הכל ההשהיה המקסימלית היא 2569.

3.3



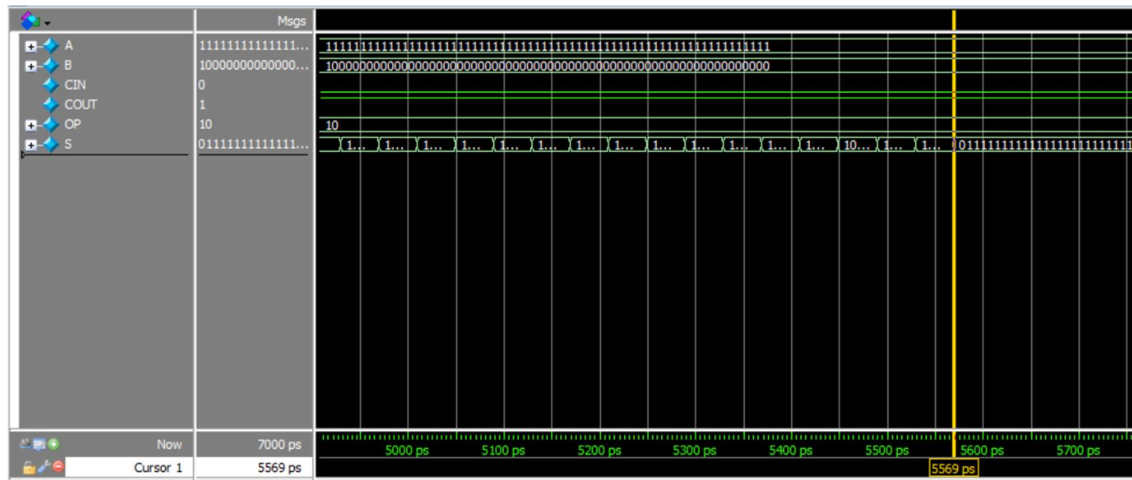
קיבלנו התאמה מושלמת בניסוי, ניתן לראות לאחר 46 ps שהערך של היציאה מתייצב, אחרי 48 ps התחלנו לבצע את השינוי וניתן לראות שרק ב 94 ps השינוי ב z – בוצע (46+48=94), ואז בזמן 96 ps שוב ביצענו שינוי אשר התעדכן ב – z 46 ps לאחר מכן – כפי שצפינו בחישוב.

3.5



גם פה קיבלנו התאמה מושלמת, ניתן לראות לאחר ps 40 שהערך של היציאה מתייצב, אחרי ps 42 התחלנו לבצע את השינוי וניתן לראות שרק ב ps82 השינוי ב – cout בוצע ($42+40=82$), ואז בזמן ps84 שוב ביצענו שינוי אשר התעדכן ב – cout כ ps40 לאחר מכן – כפי שצפינו בחישוב.

3.8



המתנו כ ps3,000 עד שהכניסות יתייצבו ולאחר מכן ביצענו את השינוי.

ניתן לראות שהערכים הסופיים מתייצבים בדיוק לאחר כ ps 2569 מהשינוי (כלומר יציבים ב ps5569 מתחילת הניסוי. בדיוק כמו שהסברנו ב2.5, השינוי יצר תגובת שרשרת כך שהשינוי האחרון מסתיים בtpd המקסימלי של המערכת שבנינו, וזה בדיוק מה שקרה. כלומר החסם העליון על ההשהיה המקסימלית עובד.