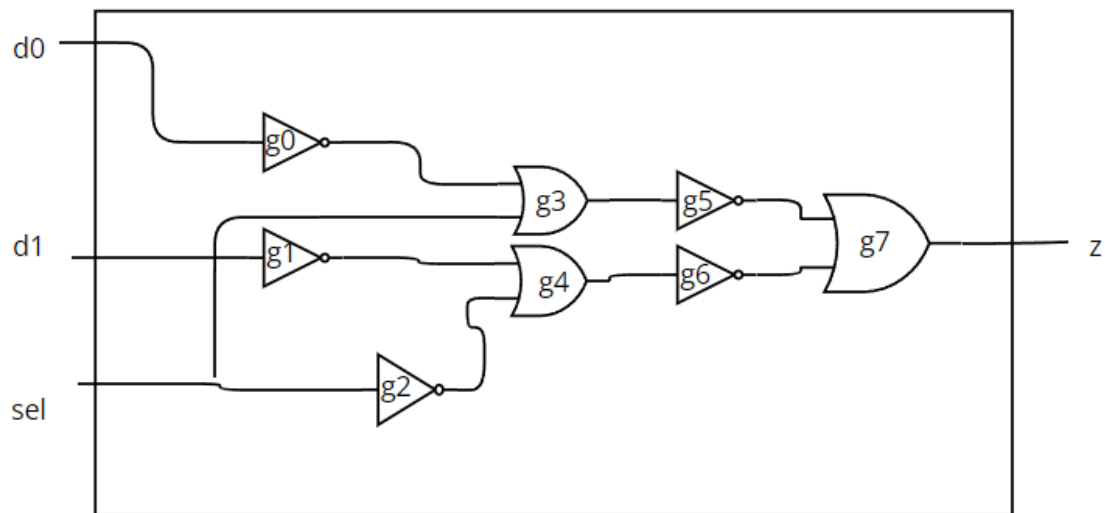


209146471	אלון הרטמן
207923566	תומר אברשקין

חלק יבש

2.1

מימוש הבורר:



טבלת אמת:

d0	d1	sel	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 :

$$f(d_0, d_1, sel) = \overline{\overline{d_0} + sel} + \overline{\overline{d_1} + sel}$$

חישוב השהיות:

נעזר במפת קרנו ע"מ למצוא את הצירופים עבורם המוצא משתנה בשינוי כניסה יחידה:

d0d1 sel	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	1	0

טבלת זמני ההשהיה שקיבלנו:

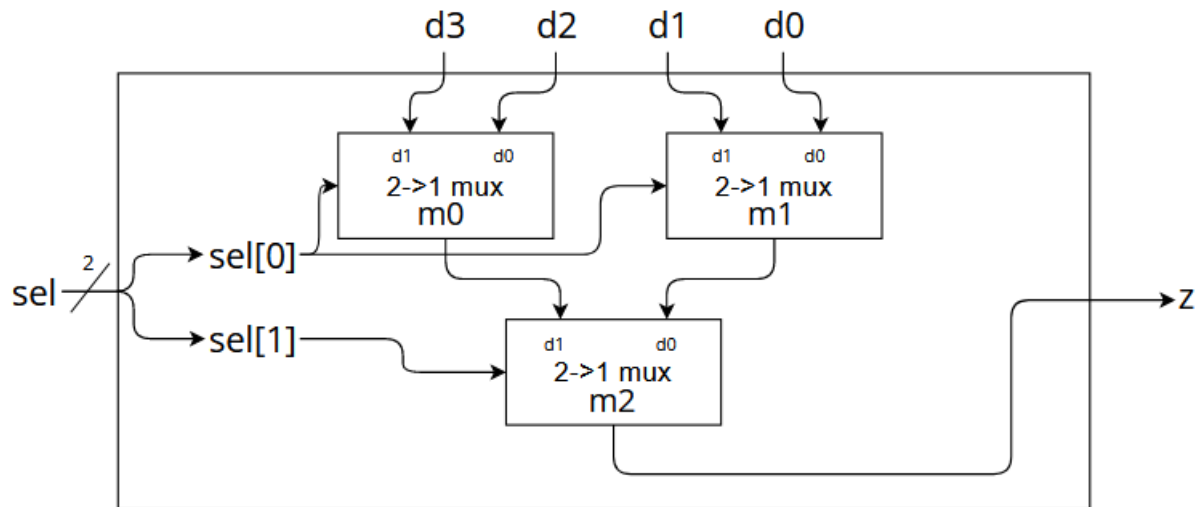
	T_{pdLH}	T_{pdHL}
NOT	10	9
OR2	1	4
XOR2	6	4

תוצאות חישובי הזמנים הרלוונטיים בטבלה הבאה:

path	d0	d1	sel	TPD
sel->g2->g4->g6->g7	0	1	0->1	24
sel->g2->g4->g6->g7	0	1	1->0	24
sel->g3->g5->g7	1	0	0->1	14
sel->g3->g5->g7	1	0	1->0	15
d0->g0->g3->g5->g7	0->1	0	0	24
d0->g0->g3->g5->g7	1->0	0	0	24
d0->g0->g3->g5->g7	0->1	1	0	24
d0->g0->g3->g5->g7	1->0	1	0	24
d1->g1->g4->g6->g7	0	0->1	1	24
d1->g1->g4->g6->g7	0	1->0	1	24
d1->g1->g4->g6->g7	1	0->1	1	24
d1->g1->g4->g6->g7	1	1->0	1	24

2.2

מימוש הבורר:



נבחר את המצב הבא:

$$s = 1s[0]$$

$$d3d2d1d0 = 1001$$

נחשב את זמן ההשהיה עבור $s[0]: 0 \rightarrow 1$.

לפי הטבלה בסעיף קודם:

$$T_{pd}(sel[0] \rightarrow z) = 24 + 24 = 48$$

עבור $s[0]: 1 \rightarrow 0$:

$$T_{pd}(sel[0] \rightarrow z) = 24 + 24 = 48$$

2.3

טבלת ההשהיות החדשה:

	TPDIh	TPDhl
NOT	10	10
OR2	4	4
XOR2	6	6

נבנה מפת קרנו עבור כל אחת מהיציאות:

s				
a b cin a_ns	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	1	0	1
11	1	0	1	0
10	1	0	1	0

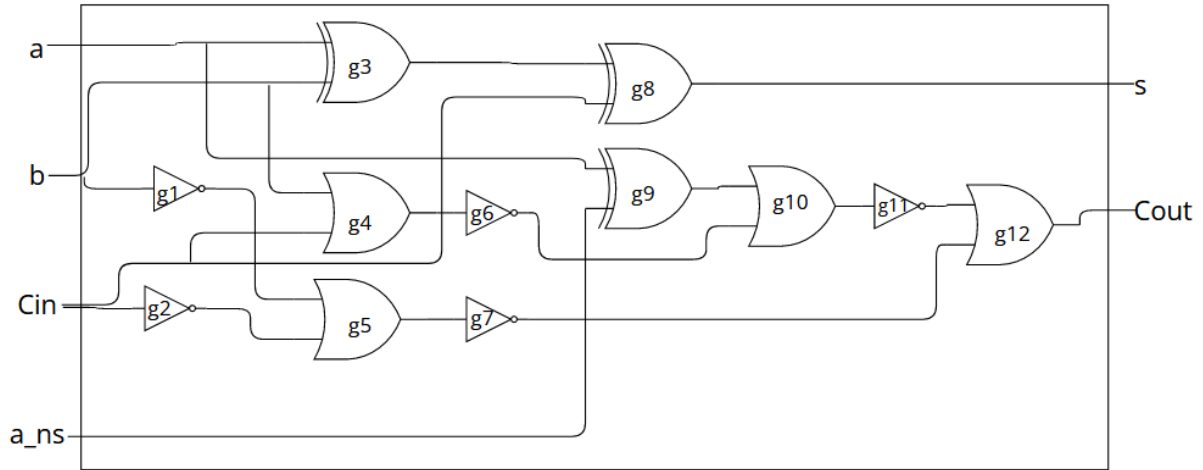
$$s = \bar{a}\bar{b}c_{in} + \bar{a}bc_{in} + abc_{in} + a\bar{b}\bar{c}_{in} = c_{in}(\bar{a} \oplus \bar{b}) + \bar{c}_{in}(a \oplus b) = c_{in} \oplus a \oplus b$$

cout				
a b cin a_ns	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	0	1	0
11	0	1	1	1
10	1	1	1	0

$$c_{out} = bc_{in} + \bar{a}c_{in}\bar{a}_{ns} + ac_{in}a_{ns} + \bar{a}b\bar{a}_{ns} + aba_{ns} =$$

$$= (\bar{b} + \bar{c}_{in}) + ((a \oplus a_{ns}) + (\bar{b} + c_{in}))$$

מימוש המעגל:



חישוב ההשהיות המקסימליות:

$$T_{pd}(a \rightarrow s) = TPD(XOR) + TPD(XOR) = 12$$

$$T_{pd}(a \rightarrow Cout) = T_{pd}(XOR) + T_{pd}(OR) + T_{pd}(NOT) + T_{pd}(OR) = 24$$

$$T_{pd}(b \rightarrow s) = T_{pd}(XOR) + T_{pd}(XOR) = 12$$

$$T_{pd}(b \rightarrow Cout) = T_{pd}(OR) + T_{pd}(NOT) + T_{pd}(OR) + T_{pd}(NOT) + T_{pd}(OR) = 32$$

$$T_{pd}(Cin \rightarrow s) = TPD(XOR) = 6$$

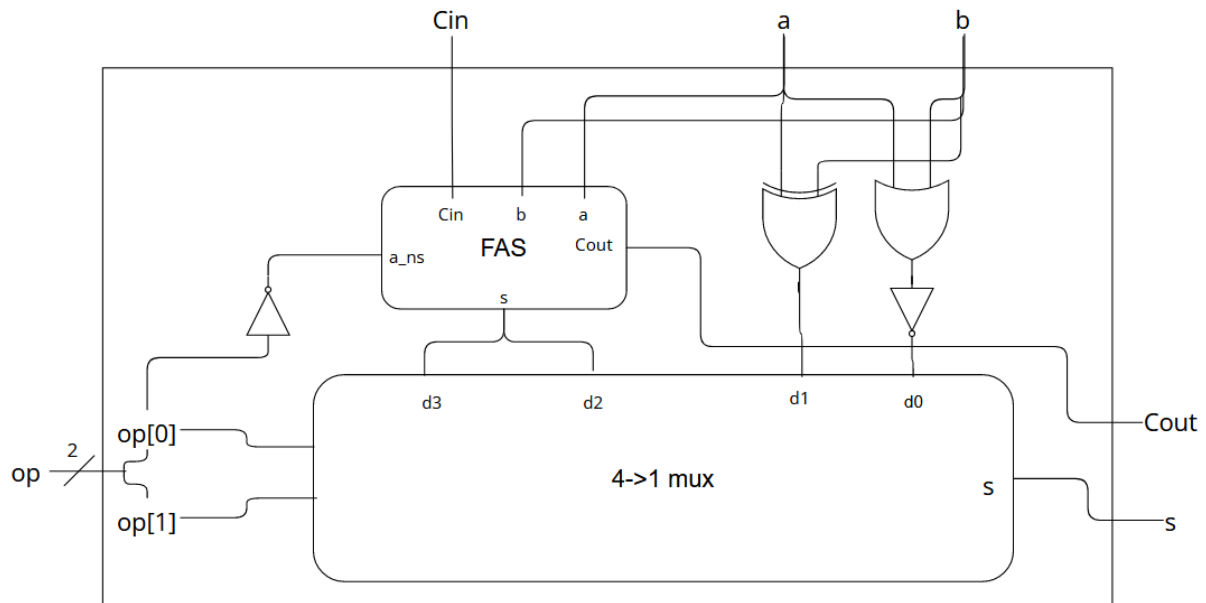
$$T_{pd}(Cin \rightarrow Cout) = T_{pd}(OR) + T_{pd}(NOT) + T_{pd}(OR) + T_{pd}(NOT) + T_{pd}(OR) = 32$$

$$T_{pd}(a_ns \rightarrow s) = 0$$

$$T_{pd}(a_ns \rightarrow Cout) = T_{pd}(XOR) + T_{pd}(OR) + T_{pd}(NOT) + T_{pd}(OR) = 24$$

2.4

המימוש שלנו ליחידה:



עבור $op=00$, נקבל ביציאת s את $d0$ שזהו בדיוק $a \text{ NOT } b$.
 עבור $op=01$, נקבל ביציאת s את $d1$ שזהו בדיוק $a \text{ XOR } b$.
 עבור $op=10$, נקבל בכניסת a_ns ברכיב ה-FAS את הערך 1 ולכן ביציאת s נקבל את $d2$ שזהו בדיוק הערך $a+b+Cin$.
 עבור $op=11$, נקבל בכניסת a_ns ברכיב ה-FAS את הערך 0 ולכן ביציאת s נקבל את $d3$ שזהו בדיוק הערך $a-b-Cin$.
 השתמשנו בבורר אחד, ביחידת FAS אחת ובשערי הספריה בלבד.

חישוב ההשיות:

נסדר את הזמנים הזמנים בטבלה הבאה.
 כל ערך בטבלה הוא זמן ההשהייה המקסימלי מהכניסה ליציאה הרלוונטית (לדוגמא בתא הראשון $Tpd(a \rightarrow s) = 70$).

Tpd	a	b	Cin	$op[0]$	$op[1]$
s	70	70	62	56	28
$Cout$	28	32	32	34	0

הסבר על החישובים:

נתבסס על הטבלה בסעיף 2.1 אך עבור ההשיות החדשות:
 עבור שינוי של $op[0]$ ושאר הכניסות קבועות, נקבל במקרה הגרוע $Tpd(op[0] \rightarrow s) = 56$.

באופן דומה עבור שינוי של $op[1]$, נקבל במקרה הגרוע $Tpd(op[1] \rightarrow s) = 28$.
 לפי החישובים של סעיף 2.3, מתקיים (מוסיפים את זמן ההשהייה של שער ה-NOT אליו $op[0]$ מחובר):

$$T_{pd}(op[0] \rightarrow Cout) = 24 + 10 = 34, T_{pd}(op[1] \rightarrow Cout) = 0$$

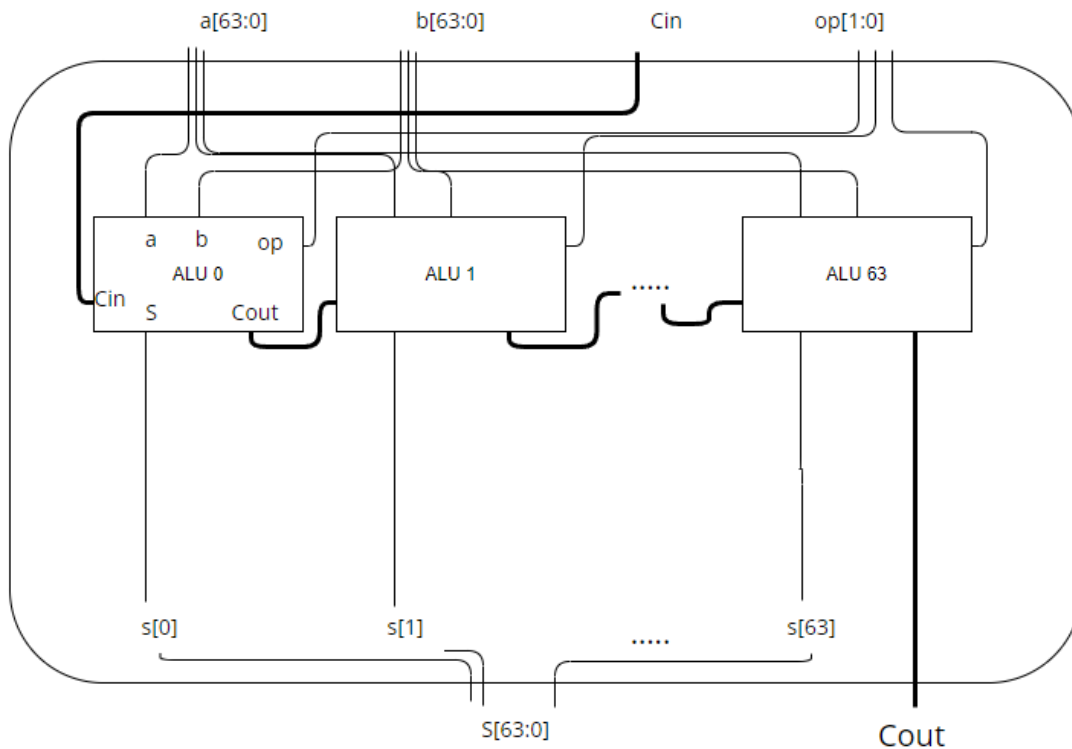
עבור Cin, חישוב $T_{pd}(Cin \rightarrow Cout)$ הוא לפי החישוב בסעיף 2.3 שהוא 32. חישוב $T_{pd}(Cin \rightarrow s)$ הוא לפי סעיף 2.3 (שהוא 6) + ההשהיה המקסימלית של הבורר עבור שינוי בערכי ה-DATA (לפי זמני ההשהיות החדשים) שהיא 56 ובסך הכל 62 יחידות זמן.

עבור b, חישוב $T_{pd}(b \rightarrow Cout)$ הוא לפי סעיף 2.3 - 32 יחידות זמן. חישוב $T_{pd}(b \rightarrow s)$ הוא לפי המעבר בלוגיקה הצירופית OR+NOT כי זהו המסלול עם ההשהיה הארוכה ביותר - 14 יחידות זמן, ונוסף על זה ההשהיה המירבית של הבורר בעת שינוי כניסת 56 - DATA יחידות זמן ובסך הכל 70 יחידות זמן. עבור a באופן דומה: $T_{pd}(a \rightarrow Cout) = 28, T_{pd}(a \rightarrow s) = 70$.

2.5

ניתן לממש רכיב זה באמצעות שימוש ב-64 רכיבי ALU כמו בסעיף קודם, באופן הבא:

הרכיב ה- i יחובר כך שכניסות ה- a וה- b שלו יחוברו לסיבית המתאימה בוקטורי הכניסה a_i ו- b_i , יציאת ה- s שלו תחובר לסיבית המתאימה בוקטור היציאה s_i . כמו כן כניסת ה- c_{in} תחובר ליציאת c_{out} של רכיב ה-ALU הקודם (מלבד הרכיב הראשון). כניסת ה- op תחובר ישירות לכניסת ה- op של רכיב ה-ALU הגדול. שרטוט של המימוש:



הסבר לנכונות המימוש:

עבור פעולות NOR או XOR, הם מתבצעות באופן bitwise ולכן הפעולה צריכה להתבצע על כל ביט בנפרד והתוצאה צריכה להיכנס לביט המתאים בוקטור התוצאה, זה בדיוק מה שקורה במימוש זה. זמן ההשהיה עבור פעולות אלו הוא $T_{pd}(ALU)$ עבור השינוי המתאים, מכיוון שפעולות זו קורות באופן מקבילי. עבור פעולות חיבור וחסור, מתחילים מביצוע הפעולה על הביט הימני ביותר (LSB), ולאחר מכן ממשיכים לביצוע הפעולה על הביט הבא, כאשר ה-carry מהפעולה הקודמת נכנס בתור ה- c_{in} בפעולה זו. כך הפעולה מתבצעת בצורה נכונה על המספר השלם (הוקטור) ולא bitwise. פעולות אלו מתבצעות בצורה טורית, לכן זמן ההשהיה מחושב בצורה טורית, כי צריך לחכות לתוצאת ה- c_{out} של הרכיב הקודם. אז זמן ההשהיה המקסימלי יתקבל עבור הערכים הבאים:

$op = 10$
 $a = 011...1$
 $b = 000...0$
 $c_{in} = 0$

ונסתכל על הזמן הבא, בעת שינוי $b[0]: 0 \rightarrow 1$:

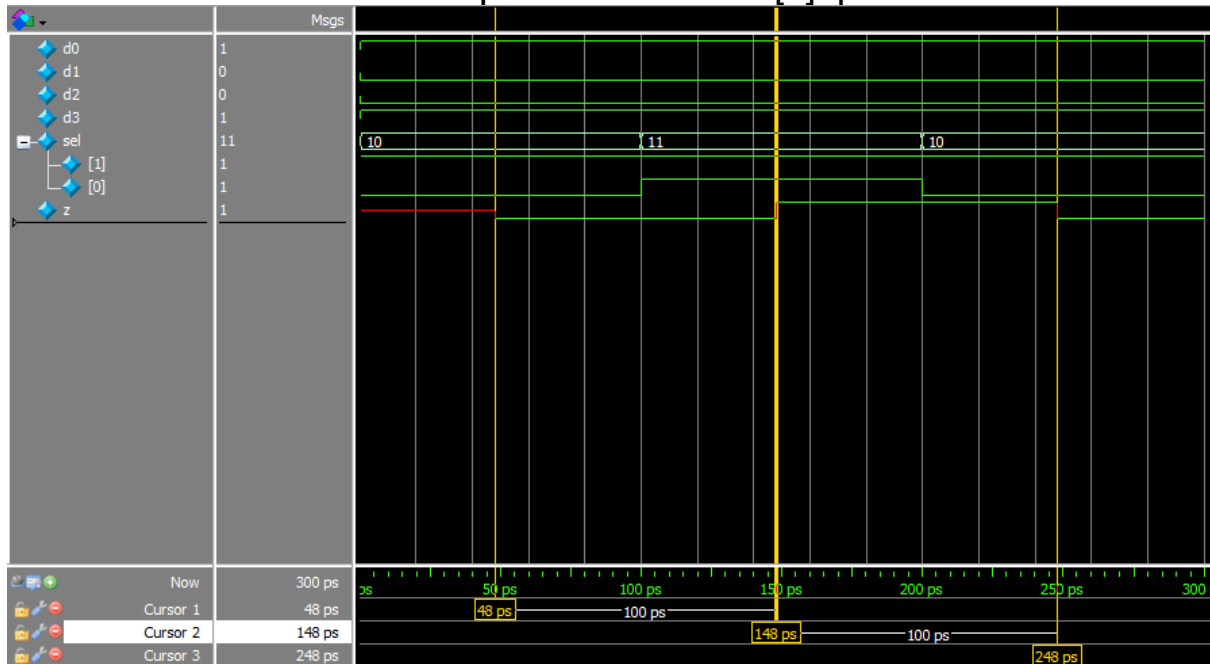
$$T_{pd}(b[0] \rightarrow s[63]) = 32 + 32 \cdot 62 + 62 = 2078$$

זאת כיוון שב-ALU0 אנו מסתכלים על הזמן $T_{pd}(b \rightarrow c_{out})$ ועבור ALU1-ALU62 מסתכלים על הזמן $T_{pd}(c_{in} \rightarrow c_{out})$ ולבסוף ב-ALU63 מסתכלים על הזמן $T_{pd}(c_{in} \rightarrow s)$. סכימה של כולם מביאה 2078 יחידות זמן, זהו זמן ההשהיה המקסימלי.

3.3

תוצאת הסימולציה:

בסימולציה שינינו את הערך $s[0]$ כל 100 יחידות זמן.



ניתן לראות כמו בחישוב שביצענו, לוקח למעגל 48 יחידות זמן מרגע שינוי הכניסה ועד התייצבות היציאה z (עבור כל שינוי של $s[0]$, כפי שחישבנו בסעיף 2.2), וכי התוצאות הרצויות מתקבלות: עבור המצב

$s = 10$
 $d_3d_2d_1d_0 = 1001$

נקבל $z=0$,
ועבור המצב

$s = 11$
 $d_3d_2d_1d_0 = 1001$

נקבל $z=2$.

3.5

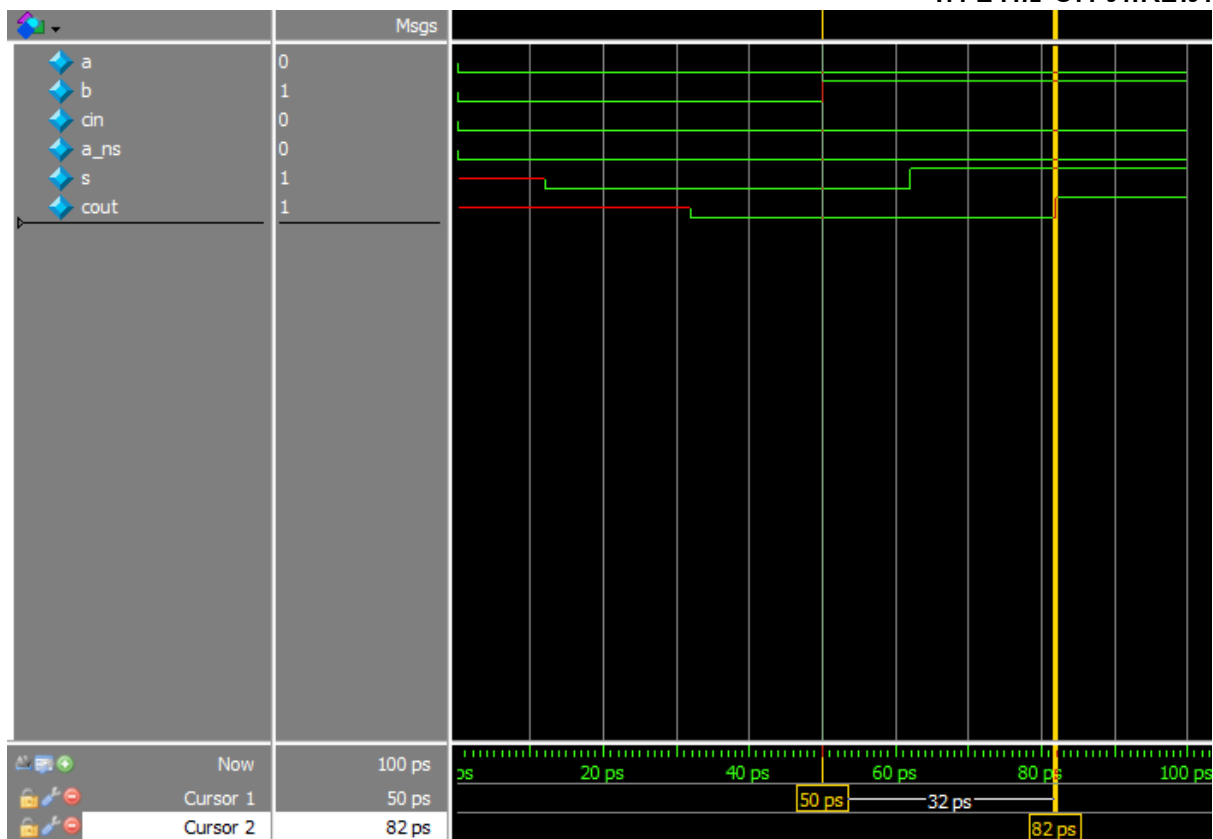
לפי סעיף 2.3, זמן ההשהיה המקסימלי הוא 32 יחידות זמן.
נגיע למצב זה בסימולציה ע"י שינוי ערך b , כלומר נעבר מהמצב

$a=0$,
 $b=0$,
 $cin=0$,
 $a_{ns}=0$

למצב

$a=0$,
 $b=1$,
 $cin=0$,
 $a_{ns}=0$

תוצאות הסימולציה:



השארנו כל מצב במשך $50ps$. כפי שרואים, לאחר שינוי b (בזמן $t = 50ps$), לאחר $32ps$ בדיוק ערך היציאה c_{out} משתנה בהתאם (ולערך הנכון, לפי טבלת האמת).

3.8

נאתחל את הכניסות כפי שהגדרנו בסעיף 2.5:

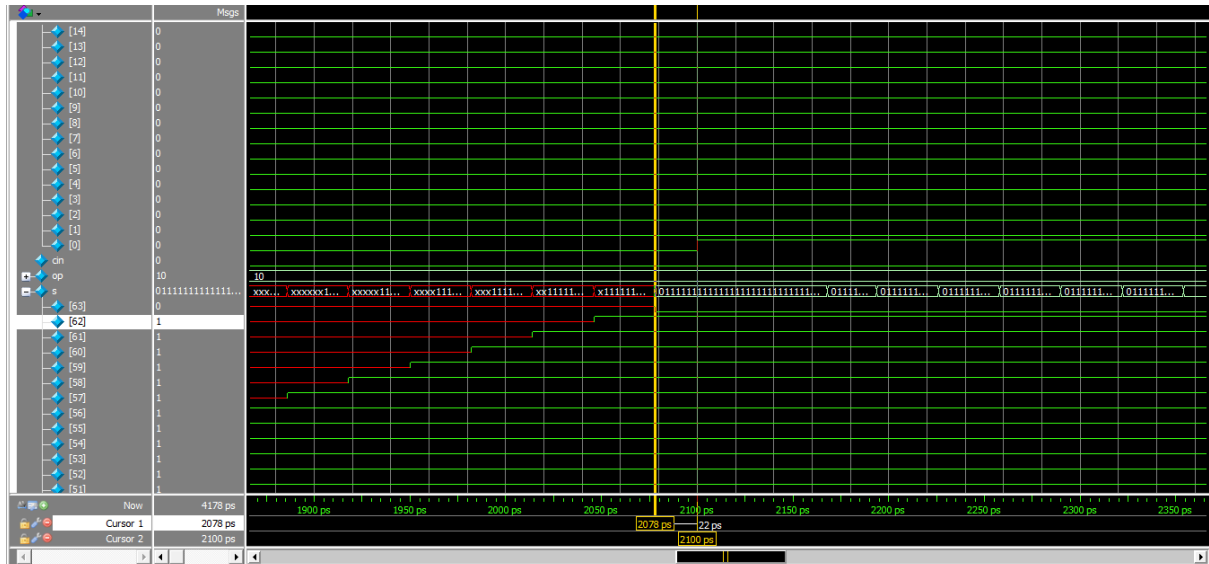
$op = 10$

$a = 011...1$

$b = 000...0$

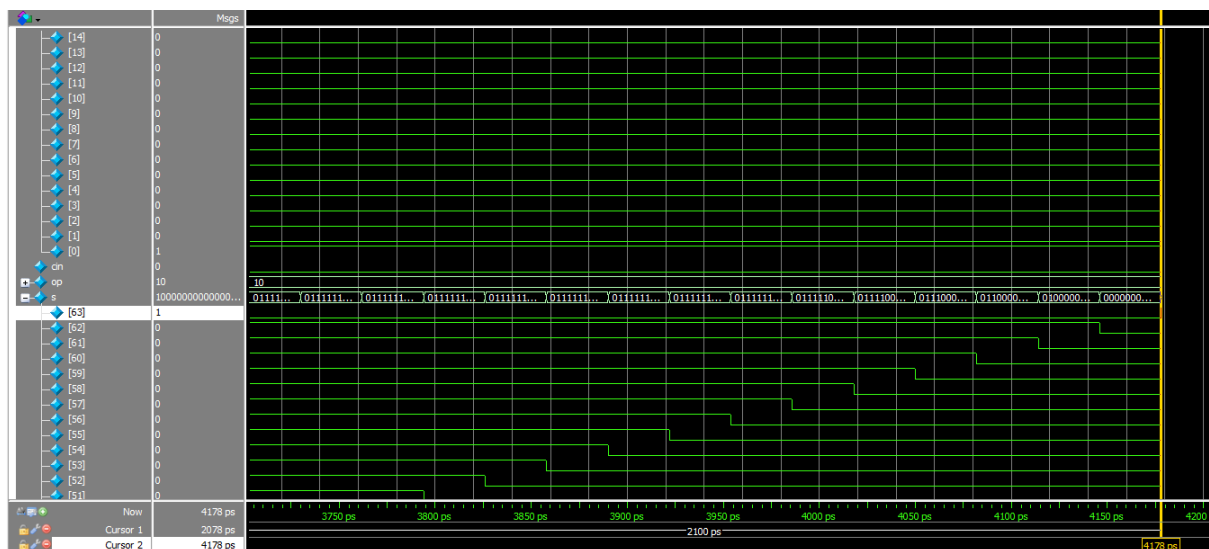
$c_{in} = 0$

התייצבות היציאות לאחר אתחול הכניסות:



ניתן לראות שלוקח בדיוק 2078 יחידות זמן.

לאחר מכן, בזמן $t=2100$ שינינו את ערך $0 \rightarrow 1$ ב- $b[0]$. כתוצאה מכך, לאחר 2078 יחידות זמן, היציאה c_{out} התייצבה על ערכה החדש (בזמן $t=4178$)



זה מתאים בדיוק לחישוב שלנו בסעיף 2.5.
כל הסימולציה:

