

חלק יבש של רטוב 2 – מערכות ספרתיות ומבנה המחשב

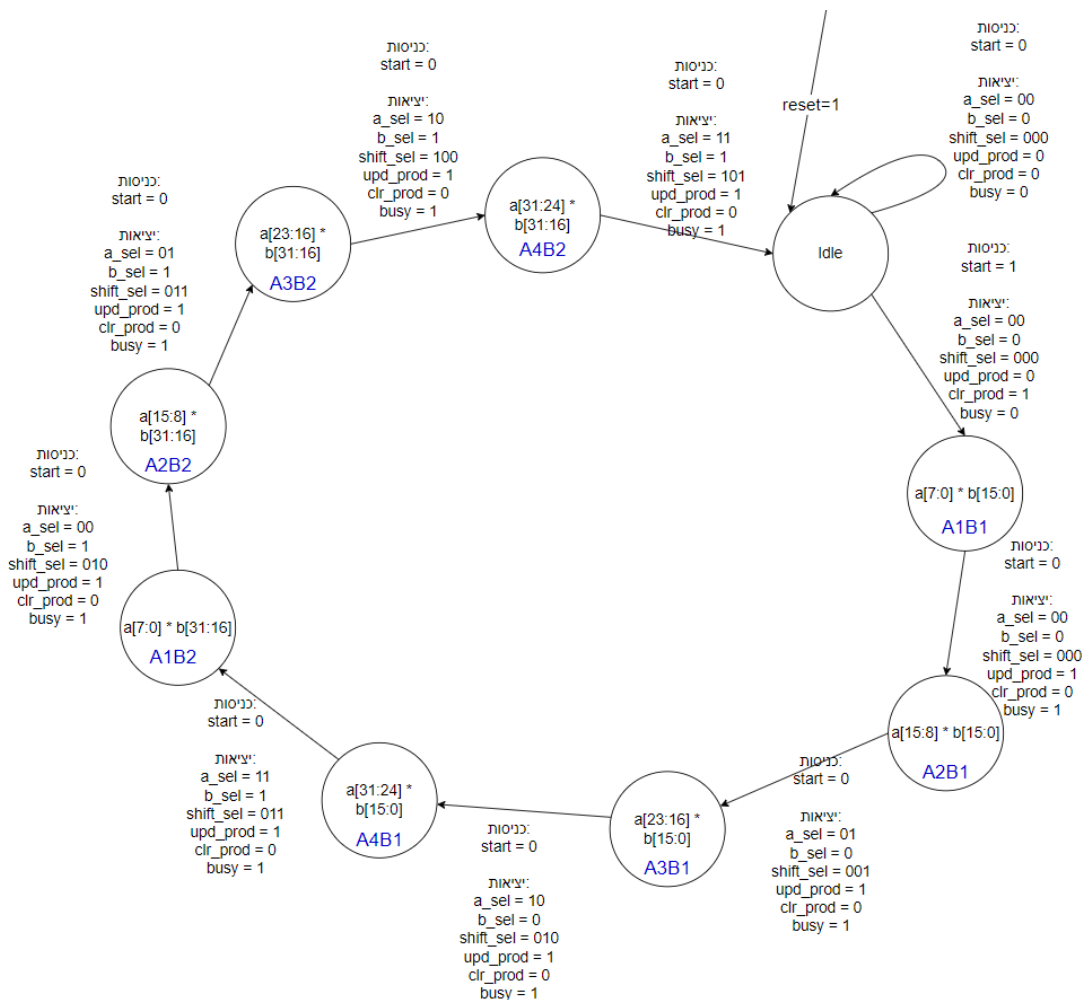
חורף תשפ"ד

שם	תעודת זהות
איתי ברקוביץ	316088970
איל שטיין	208622142

פתרון 2.1

מספר מחזורי השעון הוא 9.

מכונת המצבים, כאשר כל A1-A4 מייצג שמונה ביטים מתוך המילה A. ו-B1,B2 מייצגים את שני חלקי המילה B שכל אחד באורך 16 ביטים.



פתרון 2.2

מסומנים בירוק השינויים שהוספנו לעץ.

מספר מחזורי השעון המינימלי:

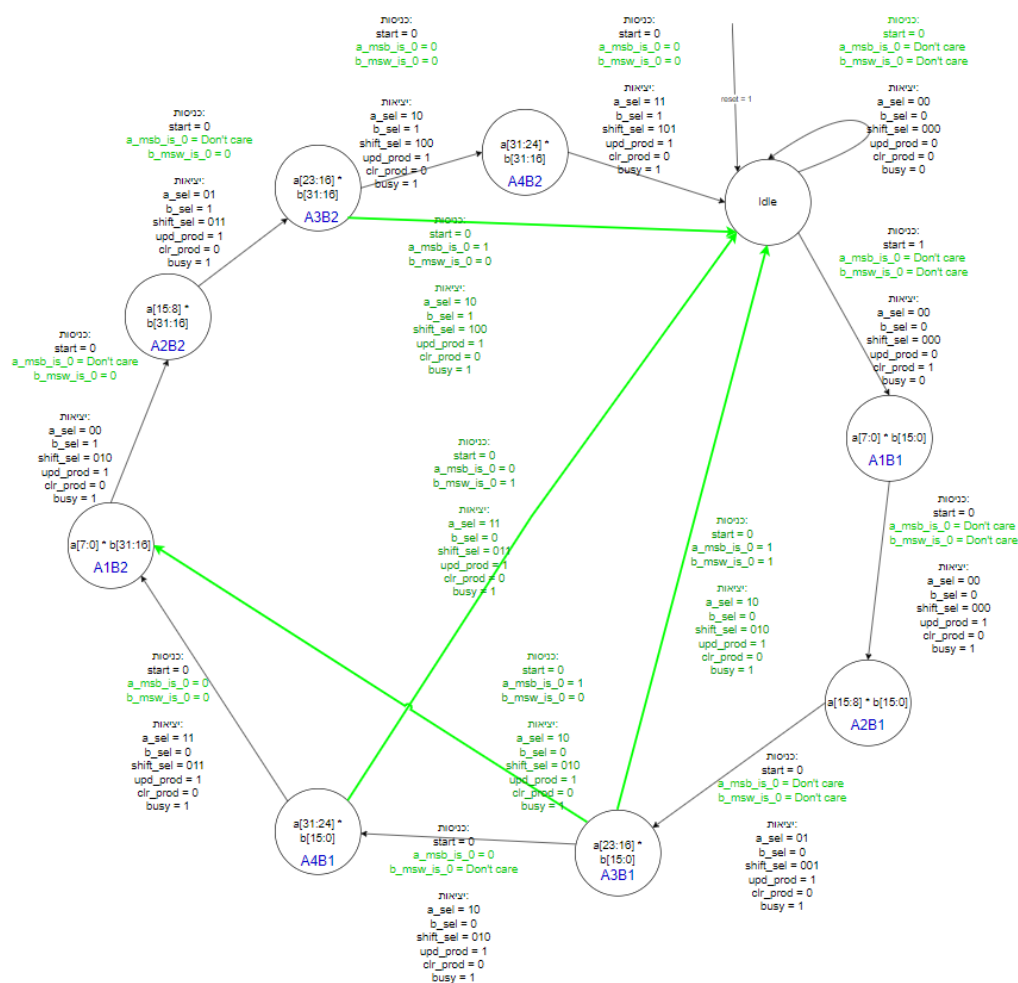
אם $a_mb_is_0=0$ וגם $b_msw_is_0=0$ אז המסלול במכונת המצבים נשאר אותו דבר ולכן מספר מחזורי השעון המינימלי נשאר תשעה.

אם $a_mb_is_0=1$ וגם $b_msw_is_0=0$ אז סה"כ דילגנו על שני מצבים, כלומר הפעולה מתבצעת בשבעה מחזורי שעון.

אם $a_mb_is_0=0$ וגם $b_msw_is_0=1$ אז סה"כ דילגנו על ארבעה מצבים, כלומר הפעולה מתבצעת בחמישה מחזורי שעון.

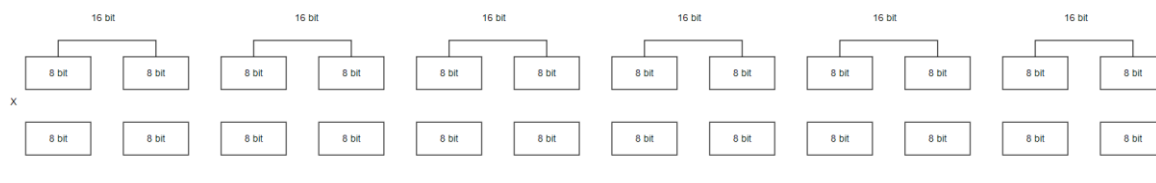
אם $a_mb_is_0=1$ וגם $b_msw_is_0=1$ אז סה"כ דילגנו על חמישה מצבים ולכן הפעולה מתבצעת בארבעה מחזורי שעון.

לכן זמן הפעולה המינימלי האפשרי הוא ארבעה מחזורי שעון כאשר $a_mb_is_0=1$ וגם $b_msw_is_0=1$.



פתרון 2.3:

מצורפת המחשה של הכפל בשתי שורות, כמו בכפל ארוך רגיל:



חילקנו את $8N$ הסיביות לקבוצות של 8 סיביות לפי הסדר שלהן. את השורה התחתונה השארנו ככה אבל בשורה העליונה קיבצנו את הביטים לבלוקים של 16 ביטים. מכיוון שמובטח כי N זוגי, בשורה העליונה ישנם $\frac{N}{2}$ בלוקים וזהו מספר שלם.

נפעל באופן דומה לזה של המכפל מהשאלה לעיל.

נסמן את שני המספרים ב-A ו-B. (בדוגמה לעיל A – הוא המספר התחתון ו-B העליון)

נעבור על כל יחידת 8 ביטים ב-A ונכפול אותם בכל יחידת 16 ביטים ב-B, על התוצאה נצבע shift left באופן הבא:

אם אנו מבצעים את פעולת הכפל בין האיבר ה- i ($0 \leq i \leq N-1$) באוסף הביטים של A לבין האיבר ה- j ($0 \leq j \leq N/2-1$) באוסף הביטים של B, אנו נדרש לעשות shift left לתוצאה $(8i + 16j)$ פעמים. את התוצאה שקיבלנו נוסיף לשאר התוצאות שחישבנו עד כה (בפועל זה ה-FF מהסעיפים הקודמים). לבסוף, לאחר המעבר על כלל הביטים ב-A ו-B נקבל את התוצאה הסופית הנדרשת.

סיבוכיות זמן ריצה:

נניח כי הפעולה shift_left פועלת בסיבוכיות $O(1)$:

מבצעים מעבר על כל האיברים ב-A (N איברים) ועבור כל איבר כופלים את האיבר הנוכחי בכל האיברים של B עולה $\frac{N}{2}$:

$$O\left(N * \frac{N}{2}\right) = O(N^2)$$

אך אם נניח כי הפעולה shift_left פועלת בסיבוכיות $O(n)$ כאשר n הוא מספר הסיביות שעושים להן הזחה.

מבצעים N פעולות (במעבר על כל האיברים ב-A) שכל אחת מהן (הכפלה בכל האיברים של B) עולה מחיר אחר לפי כמות ההסטות שנבצע:

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} (8 * 16) * (16 * j + 8 * i)$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} 128 * (16 * j + 8 * i) \\
&= \sum_{i=0}^{N-1} \left(\sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} 128 * 16 * j + \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} 128 * 8 * i \right) \\
&= 128 * \sum_{i=0}^{N-1} \left(\sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} 16 * j + 8 * i \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} 1 \right) \\
&= 128 * \sum_{i=0}^{N-1} \left(16 * \frac{\frac{N}{2} * (\frac{N}{2} - 1)}{2} + 8 * i * \frac{N}{2} \right) \\
&= 128 * 4 \sum_{i=0}^{N-1} \left(N * (\frac{N}{2} - 1) + \sum_{i=0}^{N-1} i * N \right) \\
&= 128 * 4 \sum_{i=0}^{N-1} \left(\frac{N^2}{2} - N \right) + i * N \\
&= 128 * 4 \left(N * \left(\frac{N^2}{2} - N \right) + N^2 \right) \\
&= 128 * 4 \left(\frac{N^3}{2} - N^2 + N^2 \right) \\
&= O(N^3)
\end{aligned}$$

כלומר אם נניח כי shift left דורשת סיבוכיות זמן כמספר האיברים אותם מסיטים אז נקבל סיבוכיות זמן כוללת של $O(N^3)$.

פתרון 2.4:

RunStepPrevResetDump

0x0053f3b3	and x7 x7 x5	and t2, t2, t0
0x00839393	slli x7 x7 8	slli t2, t2, 8
0x007f8fb3	add x31 x31 x7	add t6, t6, t2
0x00100513	addi x10 x0 1	finish: addi a0, x0, 1
0x000f8593	addi x11 x31 0	addi a1, t6, 0
0x00000073	ecall	ecall # print integer ecall
0x00a00513	addi x10 x0 10	addi a0, x0, 10
0x00000073	ecall	ecall # terminate ecall

195065129

(x25)

s10
(x26)

s11
(x27)

t3
(x28)

t4
(x29)

t5
(x30)

t6
(x31)

Display
Settings

Hex

בהנחה שכל פעולה לוקחת מחזור שעון אחד, בקוד שאנו מימשנו ישנן סה"כ שמונה פעולות ולכן סך זמן הריצה של המכפלה הינו שמונה מחזורי שעון.

צילומי מסך של הסימולציה



המתנו מחזור שעון אחד, הצבנו 1 ב-start וכפי שניתן לראות הclr prodn אכן עלה.

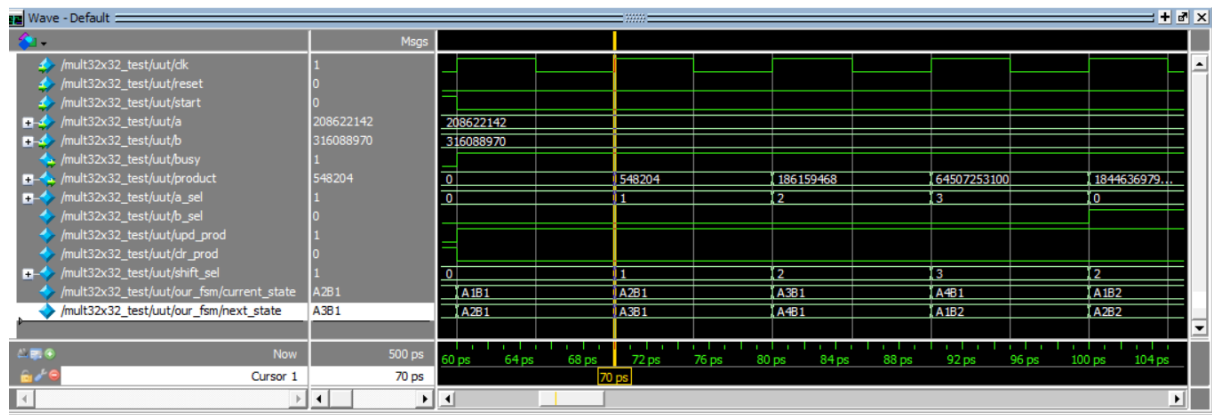
נראה את המעברים בין המצבים השונים:

The screenshot displays the Logic Analyzer interface. The left pane lists the following signals and their values at the cursor position (56 ps):

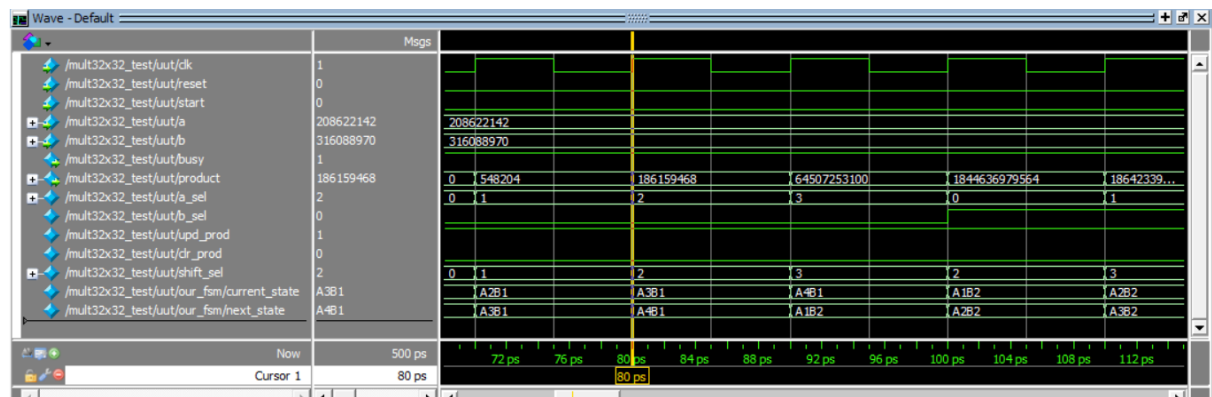
Signal	Value
/mult32x32_test/ut/dk	0
/mult32x32_test/ut/reset	0
/mult32x32_test/ut/start	1
/mult32x32_test/ut/a	208622142
/mult32x32_test/ut/b	316088970
/mult32x32_test/ut/busy	0
/mult32x32_test/ut/product	0
/mult32x32_test/ut/a_sel	0
/mult32x32_test/ut/b_sel	0
/mult32x32_test/ut/upd_prod	0
/mult32x32_test/ut/dr_prod	1
/mult32x32_test/ut/shift_sel	0
/mult32x32_test/ut/our_fsm/current_state	idle_st
/mult32x32_test/ut/our_fsm/next_state	A1B1

The main display shows a time-based waveform from 36 ps to 80 ps. A yellow vertical cursor is at 56 ps. The bottom status bar shows 'Now' at 500 ps and 'Cursor 1' at 56 ps.

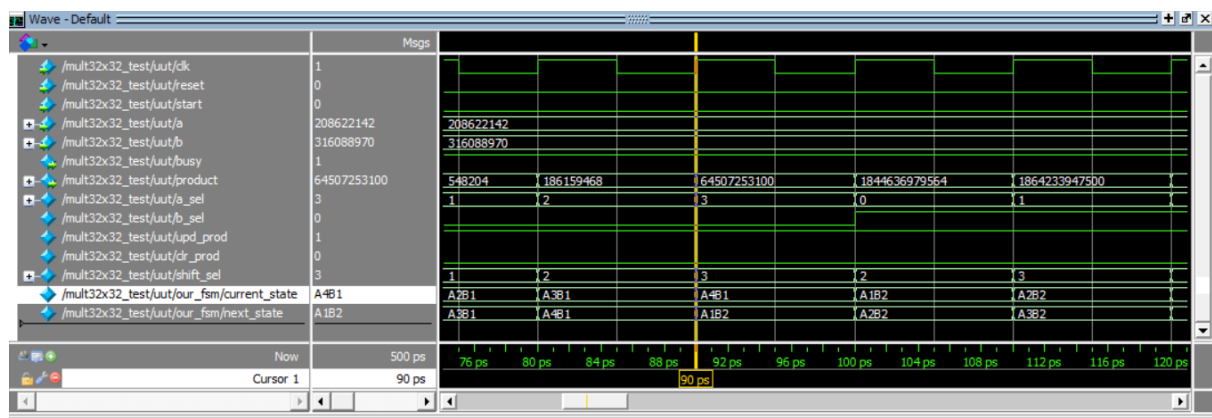
בתמונה הבאה רואים את המעבר בין A1B1 ל-A2B1:



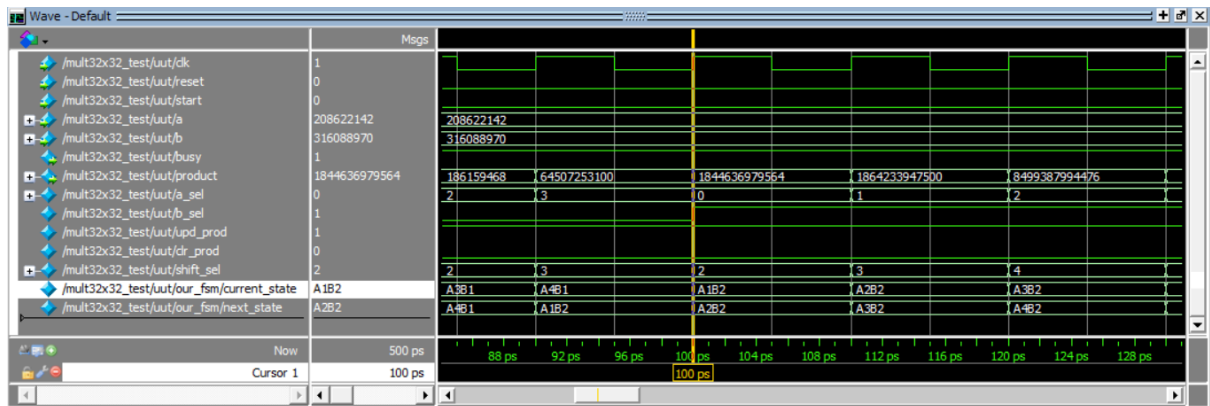
בתמונה הבאה רואים את המעבר בין A3B1 ל-A4B1:



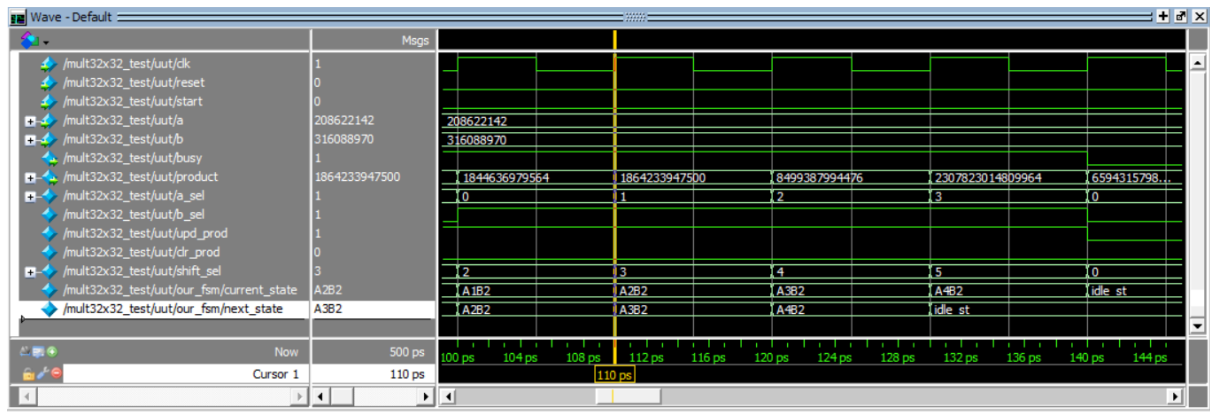
בתמונה הבאה רואים את המעבר בין A4B1 ל-A1B2:



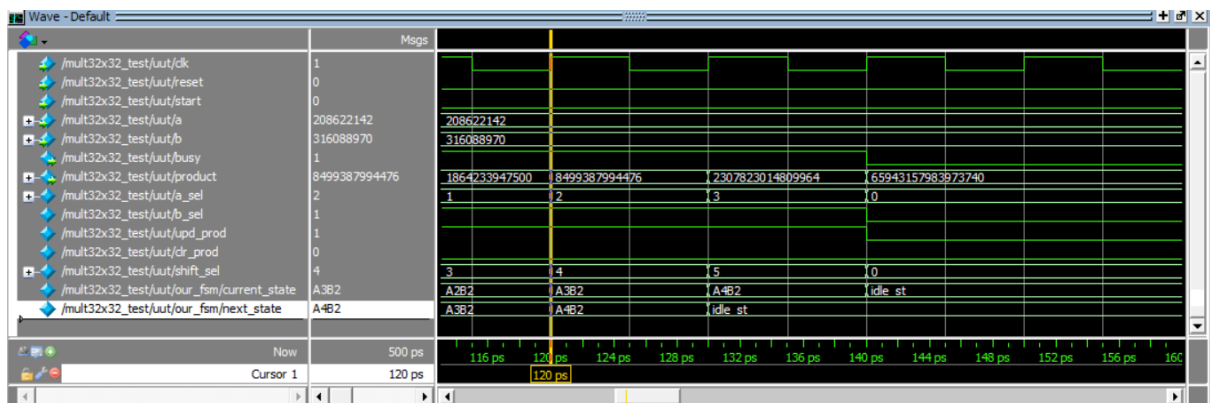
בתימונה הבאה רואים את המעבר בין A1B2 ל-A2B2:



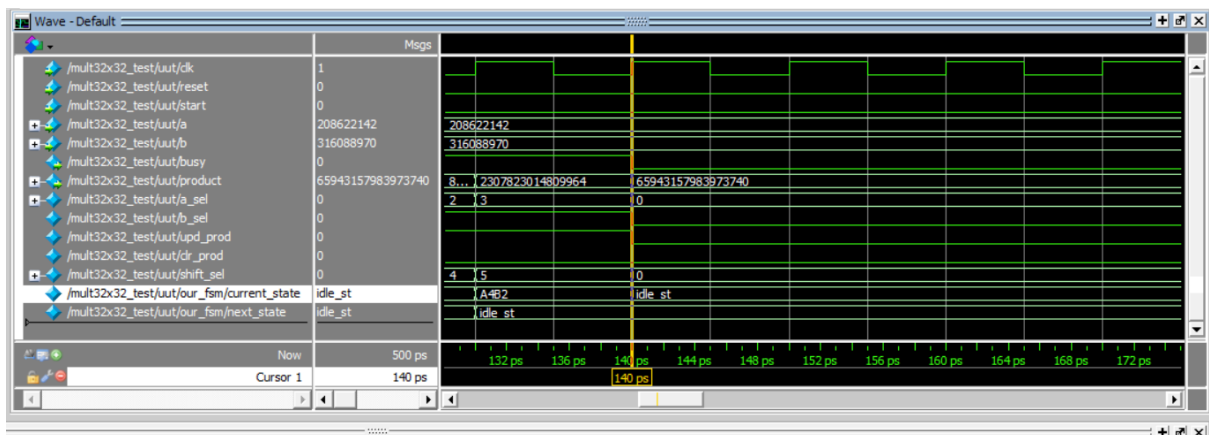
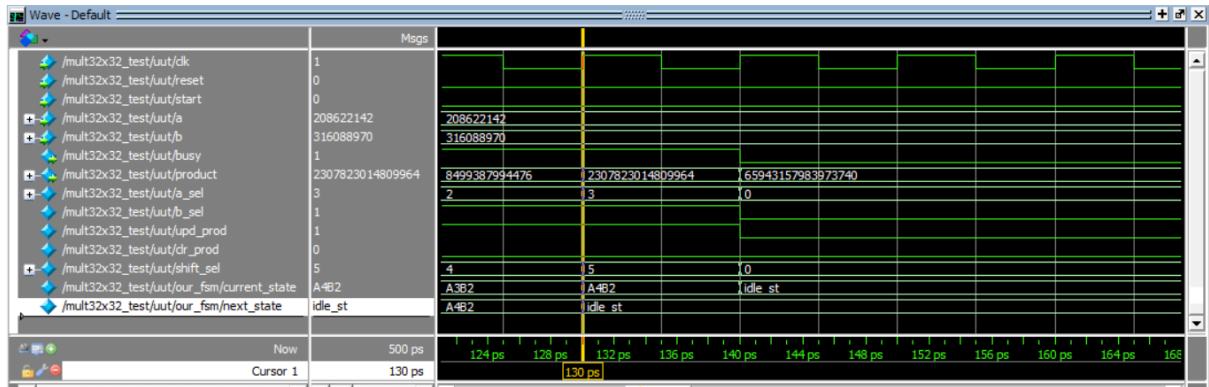
בתימונה הבאה רואים את המעבר בין A2B2 ל-A3B2:



בתימונה הבאה רואים את המעבר בין A3B2 ל-A4B2:



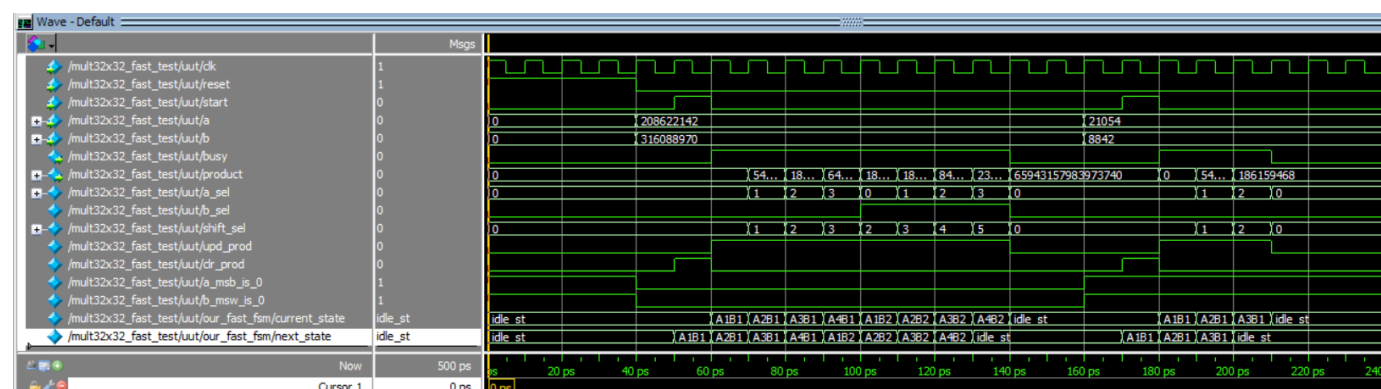
בשתי התמונות הבאות רואים את המעבר בין A4B2 חזרה ל-idle. נשים לב כי busyn לב כי busyn אך ירד חזרה ל0 וכי התוצאה אכן נכונה (כלומר מכפלת תעודות הזהות שלנו). בנוסף, כל הערכים a_sel, b_sel, shift_sel התאפסו.



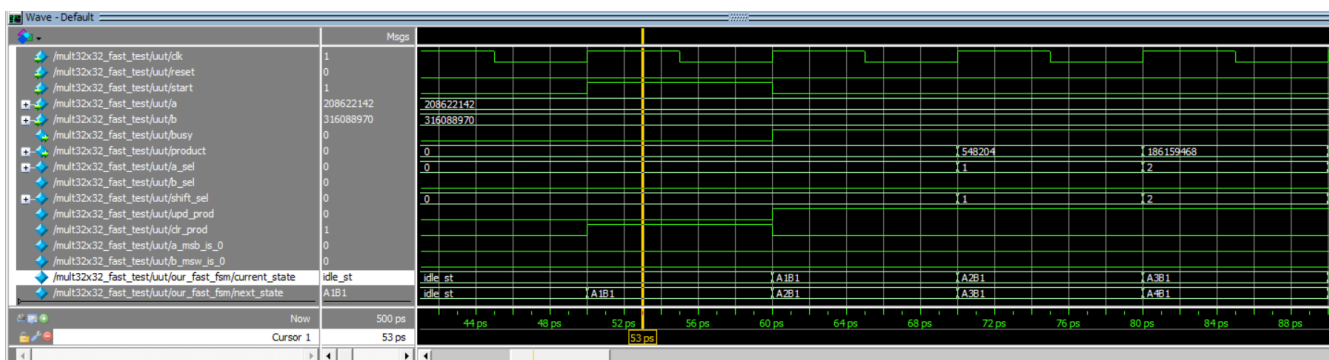
סעיף 3.7:

תמונה של דיאגרמת הגלים:

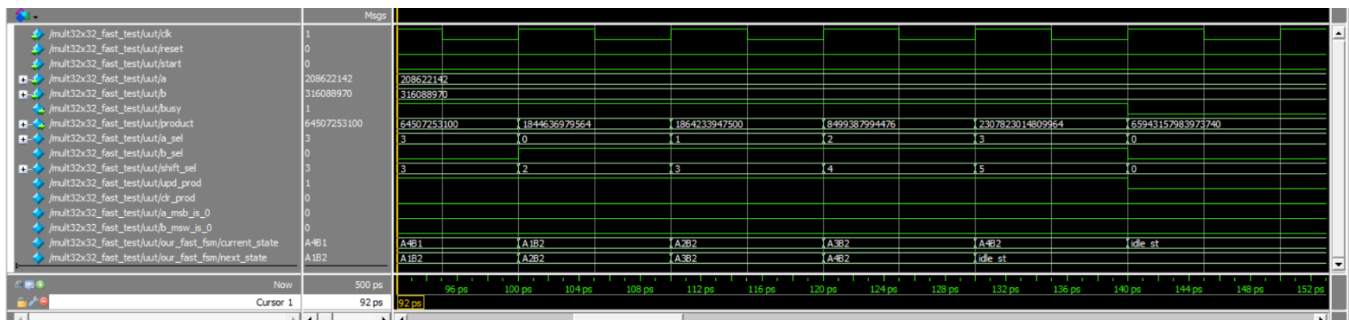
ניתן לראות שחיכוך ארבעה מחזורי שעון עד לירידה של reset ואז עוד מחזורי אחד עד לעלייה של start.



כמו בסעיף הקודם, תמונה של המעברים בין idle עד A4B1:

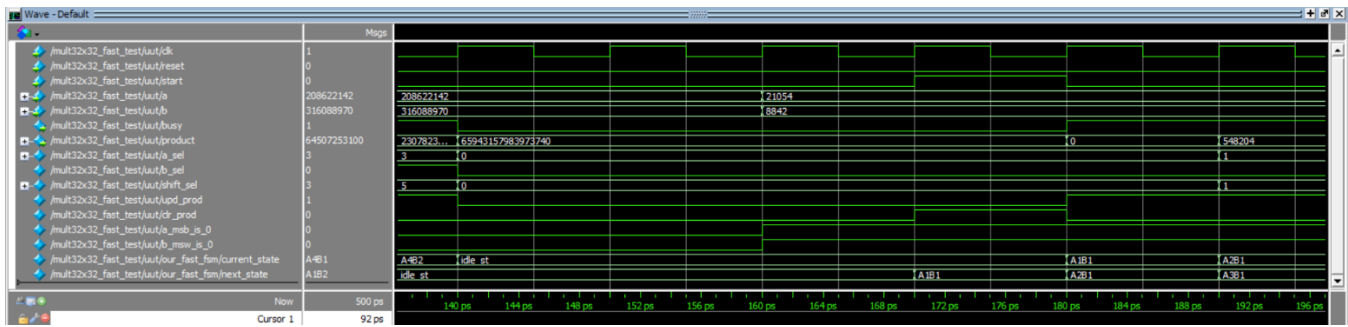


וכן תמונה של המעברים בין A4B1 עד לחזרה לidle:



ניתן לראות כי הערכים התאפסו והתוצאה נשמרה כנדרש.

תמונה של תחילת החישוב הבא ניתן לראות כי אתחלנו את הערכים $a = \{16\{1'd0\}, a[15:0]\} = 21054$ ו- $b = \{16\{1'd0\}, b[15:0]\} = 8842$:



תמונה של תהליך החישוב השני – ניתן לראות את איפוס התוצאה לפני תחילת החישוב ואת המעבר מA3B1 ל-idle מכיוון שישינה עלייה של a_msb_is_0 ושל b_msw_is_0 בתחילת החישוב:

