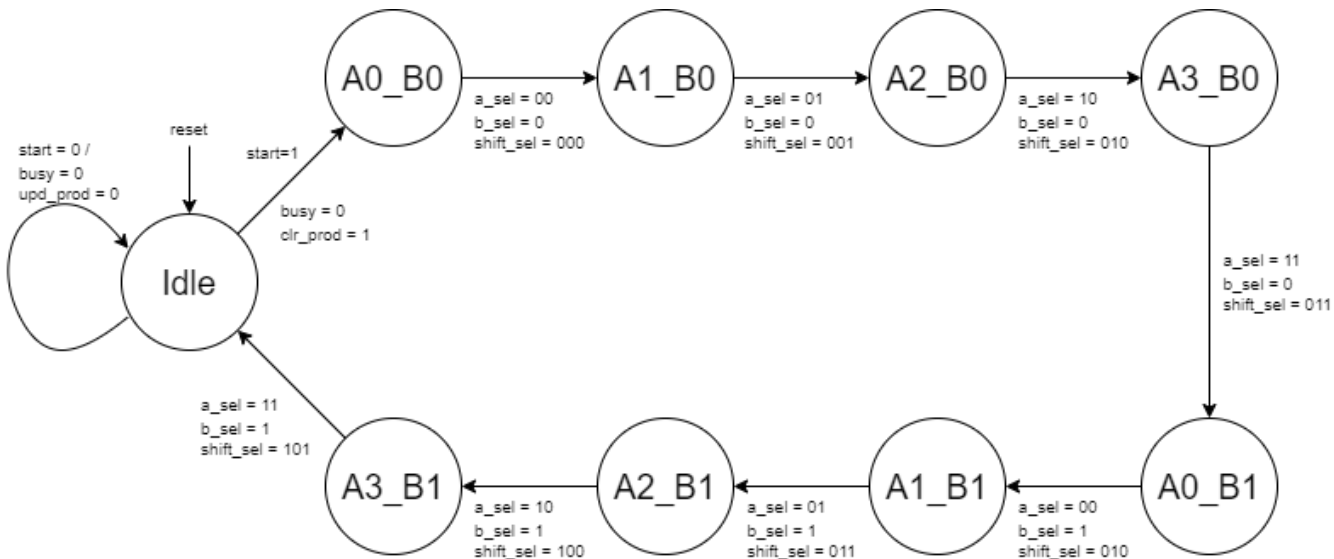


## סימולציה 2

208731125	יאיר נריה כהן
318829330	אורי גרוס

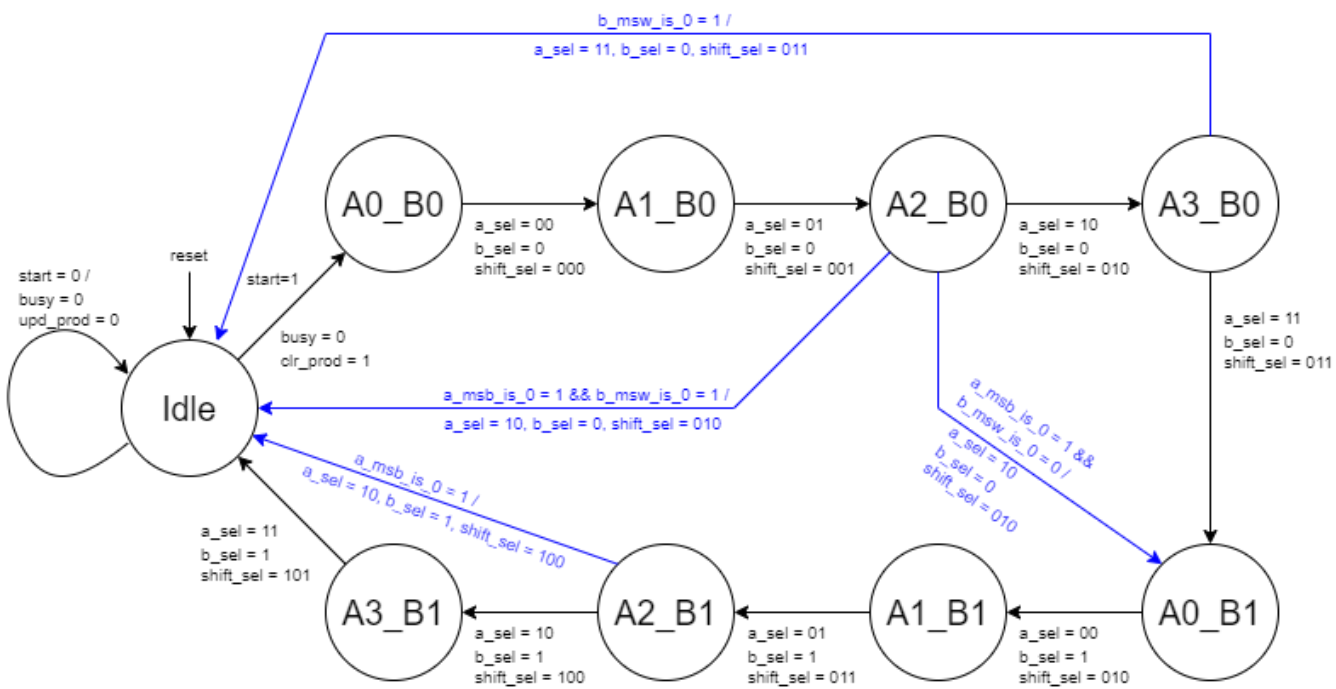
(2.1)



### defaults:

busy = 1  
 a\_sel = 00  
 b\_sel = 0  
 shift\_sel = 000  
 upd\_prod = 1  
 clr\_prod = 0

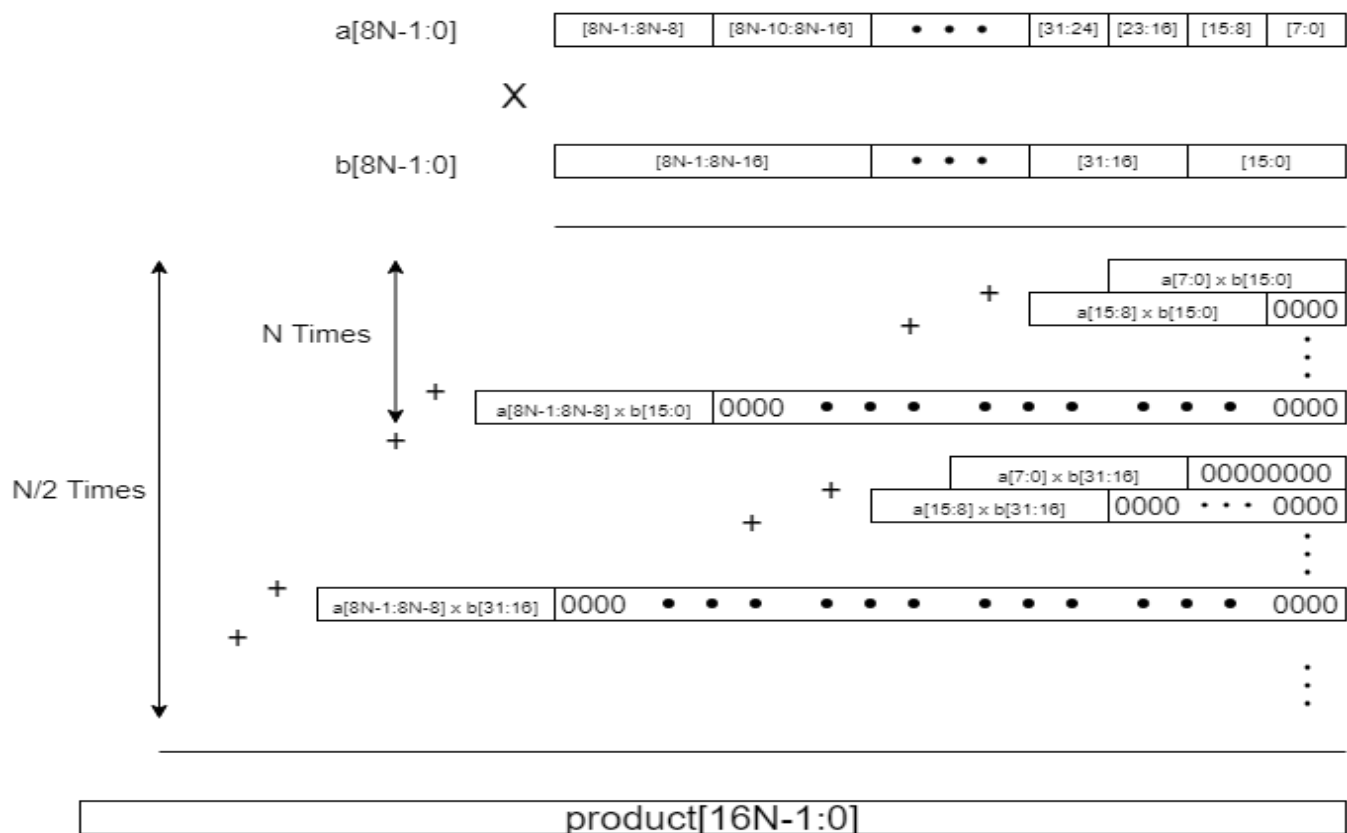
פעולת הכפל לוקחת 8 מחזורי שעון.

defaults:

busy = 1  
 a\_sel = 00  
 b\_sel = 0  
 shift\_sel = 000  
 upd\_prod = 1  
 clr\_prod = 0

פעולת הכפל לוקחת במקרה הגרוע ביותר 8 מחזורי שעון ובמקרה הטוב ביותר 3 מחזורי שעון.  
 המכונה תעבוד הכי מהר כאשר ה-MSB של a וה-MSW של b הם 0.  
 במצב זה המכונה תפעל ב-3 מחזורי שעון.

2.3 אלגוריתם הכופל שני מספרים בגודל  $8N$  סיביות ( $N$  טבעי וזוגי)  
באמצעות מכפל  $16 \times 8$  :



אופן פעולת האלגוריתם :

כופלים את  $8$  הסיביות התחתונות (LSB) של המספר שנקרא לו  $a$  עם  $16$  הסיביות התחתונות (LSB) של המספר שנקרא לו  $b$ . לאחר מכן ממשיכים לכפול את  $8$  הסיביות הבאות של  $a$  עם  $16$  הסיביות התחתונות של  $b$  כאשר המכפלה מוזזת  $8$  סיביות שמאלה. את  $8$  הסיביות התחתונות ממלאים באפסים.

ממשיכים כך עד  $8$  הסיביות העליונות של  $a$  כאשר כל מכפלה מוזזת  $8$  סיביות שמאלה מהמכפלה הקודמת, ואת הסיביות התחתונות שהתקבלו מההזזה ממלאים באפסים. פעולה זו מתבצעת  $N$  פעמים.

לאחר מכן ממשיכים ל- $16$  הסיביות הבאות של  $b$  ושוב כופלים כל  $8$  סיביות של  $a$  עם  $16$  סיביות אלו, כאשר המכפלות מוזזות  $16$  סיביות שמאלה מהמכפלות ה"מתאימות" מפעולות הכפל הקודמות.

ממשיכים כך עד  $16$  הסיביות העליונות של  $b$  כאשר כל  $N$  המכפלות מוזזות  $16$  סיביות שמאלה מהקודמות. פעולה זו מתבצעת  $N/2$  פעמים. מחברים את כל המכפלות ומקבלים את המכפלה של שני המספרים.

סך הכל מתבצעות  $N * \frac{N}{2}$  מכפלות של  $16 \times 8$ , לכן סיבוכיות זמן הריצה של האלגוריתם הוא  $O(N^2)$ .

## 2.4) תוצאת הסימולטור של פעולת הכפל 16x16 :

Editor

Simulator

Run

Step

Prev

Reset

Dump

0x018e1f13	slli x30 x28 24	mult16x16: slli t5, t3, 24
0x018f5f13	srli x30 x30 24	srli t5, t5, 24
0x03df0333	mul x6 x30 x29	mul t1, t5, t4
0x00537333	and x6 x6 x5	and t1, t1, t0
0x008e5f13	srli x30 x28 8	srli t5, t3, 8
0x03df03b3	mul x7 x30 x29	mul t2, t5, t4
0x0053f3b3	and x7 x7 x5	and t2, t2, t0
0x00839393	slli x7 x7 8	slli t2, t2, 8
0x00730fb3	add x31 x6 x7	add t6, t1, t2

195065129

(x24)

s9 (x25) 0x00000000

s10 (x26) 0x00000000

s11 (x27) 0x00000000

t3 (x28) 0x00000bad

t4 (x29) 0x0000feed

t5 (x30) 0x0000000b

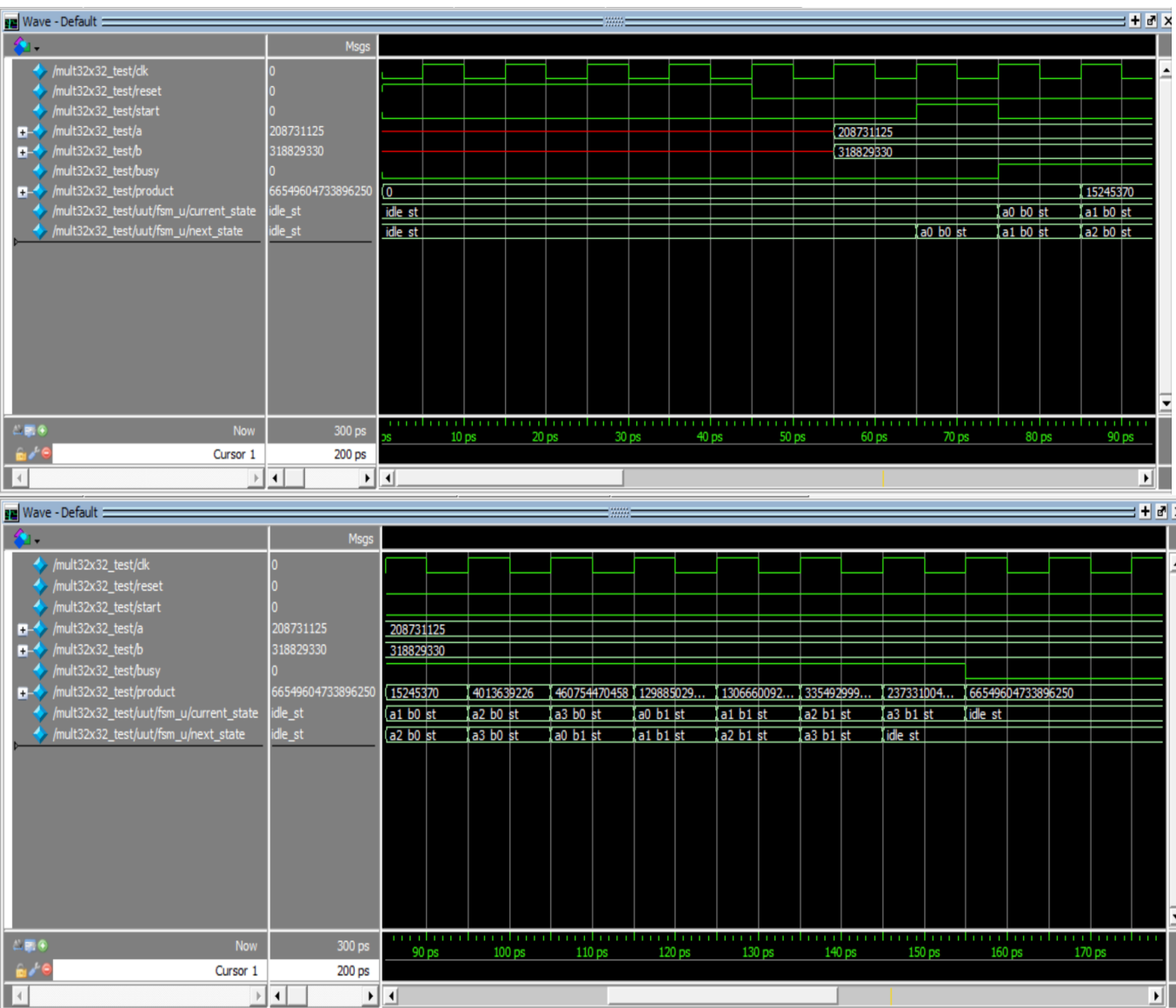
t6 (x31) 0x0ba07529

בהנחה שזמן הביצוע של כל פקודה הוא מחזור שעון אחד, פעולת הכפל לוקחת זמן של 9 מחזורי שעון.

2.5) השינוי הנדרש בקוד מסעיף 2.4 כדי לממש דילוגים על אפסים בבית העליון של a (t3) הוא הוספת פקודת beq לאחר שתי השורות הראשונות הבודקת האם הרגיסטר t5 שאמור להיות בו רק הבית התחתון שווה לרגיסטר t3 שבו נמצא כל הערך של a. אם הם שווים, אז אפשר "לקפוץ" לפקודת mul המבצעת מכפלה בין הרגיסטרים t3, t4 הנשמרת ברגיסטר t6 ולבצע את פקודת and לאחר מכן. יש להוסיף גם פקודת j לאחר הקוד מסעיף 2.4 כדי "לקפוץ" על שתי הפקודות שנוספו לאחר מכן אם הבית העליון של a אינו מאופס.

זמן הריצה של התוכנה יתקצר ל-5 מחזורי שעון אם הבית העליון מאופס (שתי הפקודות הראשונות, פקודת beq ושתי הפקודות הנוספות), אך יתארך ל-11 מחזורי שעון אם הבית העליון אינו מאופס (נוספו פקודות (beq, j), לכן השינוי משתלם אם ידוע שיכפלו הרבה מספרים שהבית העליון של a מאופס. אם יכפלו מעט כאלו, אז השינוי לא משתלם.

### 3.4 דיאגרמת הגלים של mult32x32 :

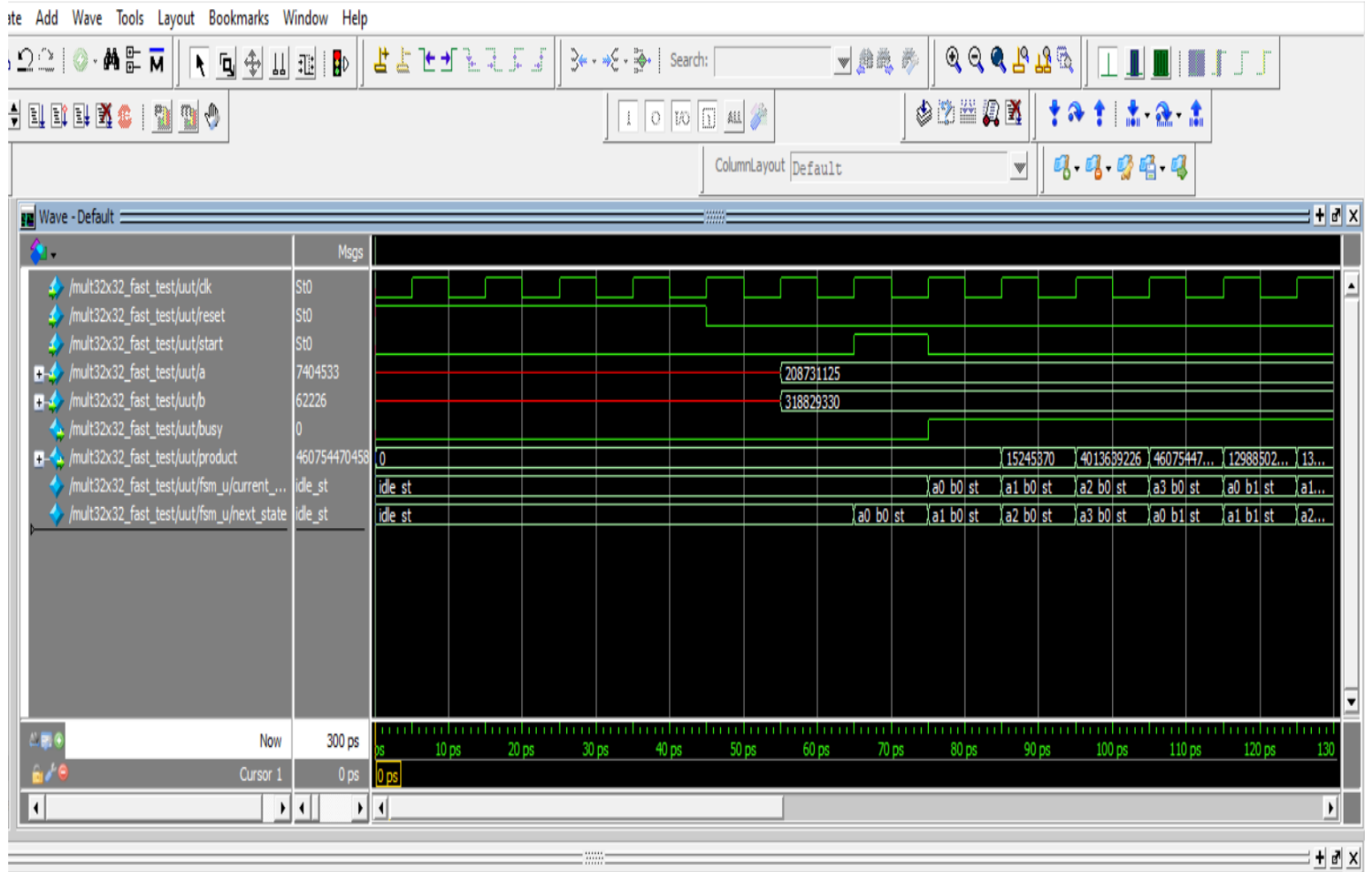


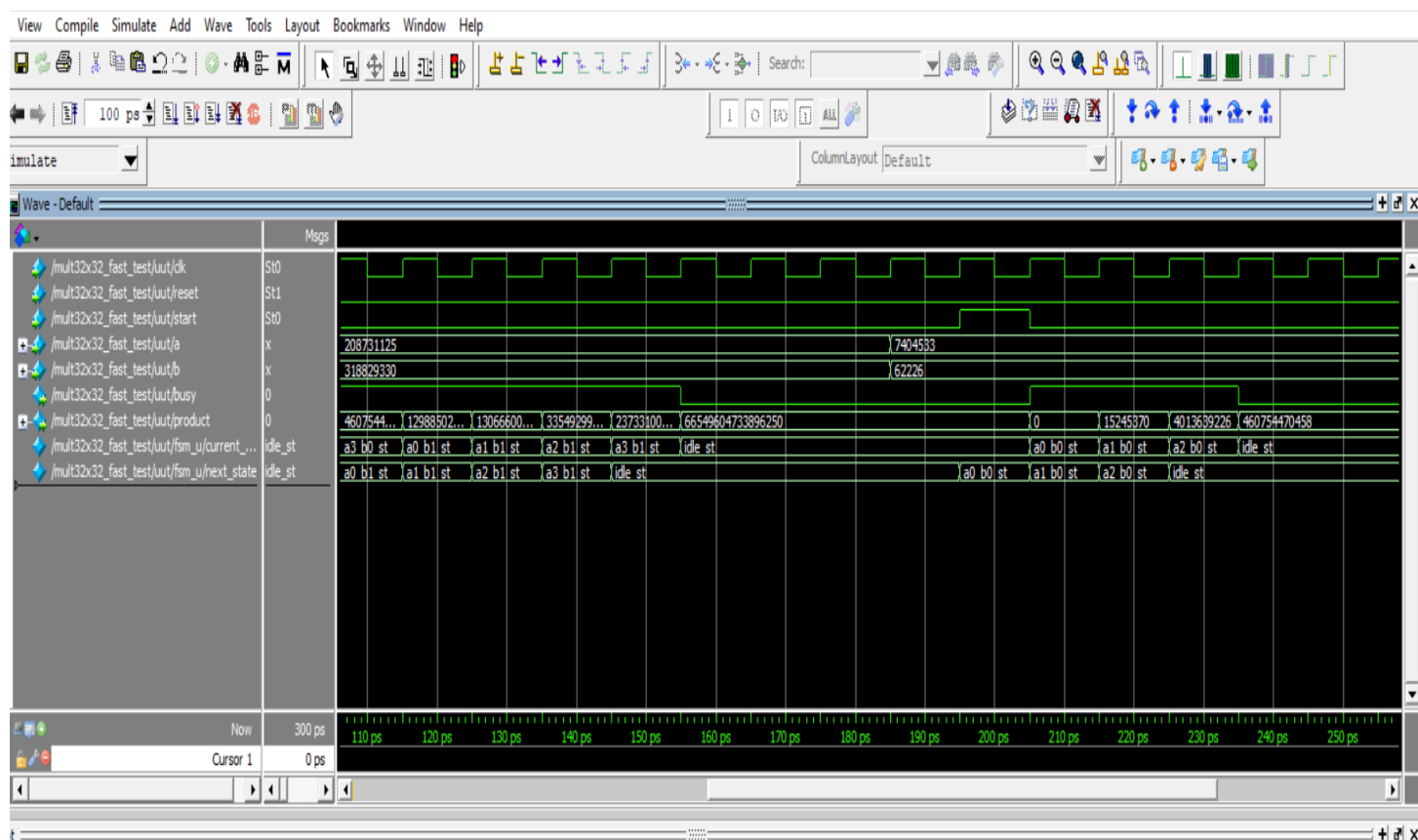
ניתן לראות בדיאגרמה כי לאחר  $55\text{ ps}$  התכנית מקבלת את תעודות הזהות של שנינו. ולאחר 2 מחזורי שעון ( $20\text{ ps}$ ) סיגנל busy עולה ל1 ופעולת הכפל מתחילה. הפעולה מתבצעת למשך 8 מחזורי שעון.

### 3.7 דיאגרמת הגלים של mult32x32\_fast :

EDITION 2020.1

- □ X





ניתן לראות בדיאגרמה כי לאחר  $55\text{ ps}$  התכנית מקבלת את תעודות הזהות של שנינו. ולאחר 2 מחזורי שעון ( $20\text{ ps}$ ) סיגנל busy עולה ל1 ופעולת הכפל מתחילה, הפעולה מתבצעת למשך 8 מחזורי שעון ועוברת על כל מצבי המכונה. זאת מאחר ששני המספרים שהתקבלו לא מכילים רק אפסים בבתים העליונים שלהם. שזה מה שאמור לקרות כפי מה שהראנו בסעיפים היבשים. לכן בסוף הפעולה, לאחר  $155\text{ ps}$  הproduct מתעדכן לתוצאת הכפל הרצויה.

לאחר 3 מחזורי שעון נקלטים ב,א הקלטים החדשים, מספרי תעודת הזהות עם 0 בבתים העליונים. רואים בהמשך שבאמת פעולת הכפל לוקחת רק 3 מחזורי שעון ונגמרת כאשר current state נמצא על  $a2\_b0\_st$ . זה משום שהכנסנו שני מספרים שהבתים העליונים שלהם הם רק אפסים אז המכונה חסכה לנו חישוביים מיותרים, כפי שהסברנו שאמור להיות בחלק היבש. ולבסוף הproduct מתעדכן שוב לתוצאת הכפל הרצויה.