



מערכות ספרתיות ומבנה המחשב (044252) סמסטר חורף תש"ף

פתרון

בוחן אמצע
4 יוני 2020



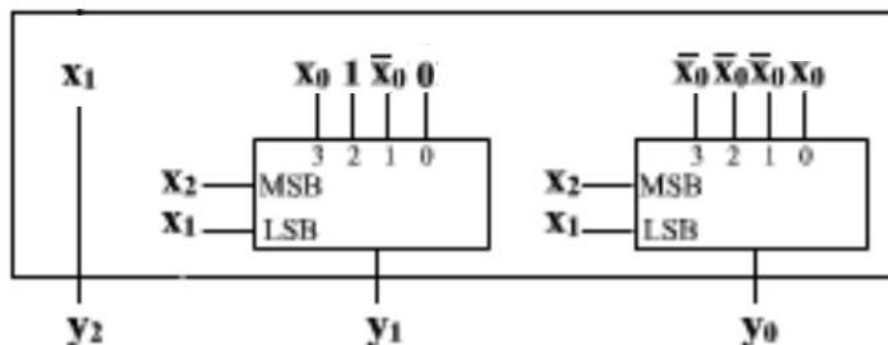
שאלה 1א (20 נקודות)

נתון קוד Ranc בעל 3 סיביות y_2, y_1, y_0 לייצוג המספרים 0-7

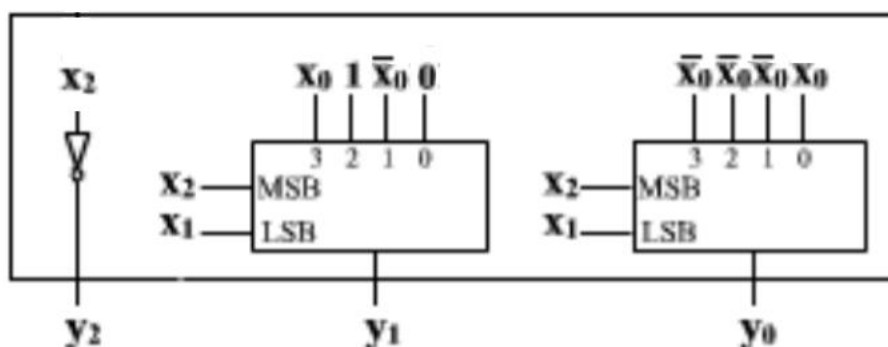
Decimal	y_2	y_1	y_0
0	0	0	0
1	0	0	1
2	1	1	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	1	0	1
7	1	1	0

מצאו את המימוש B2R, בעל 3 כניסות x_2, x_1, x_0 ושלוש יציאות y_2, y_1, y_0 . x_2 היא סיבית MSB.
הרכיב מקבל כקלט מספר מהתחום 0-7 המיוצג בקוד בינארי רגיל ומוציא כפלט את ייצוגו של המספר בקוד Ranc
מה המימוש של רכיב זה?

א.

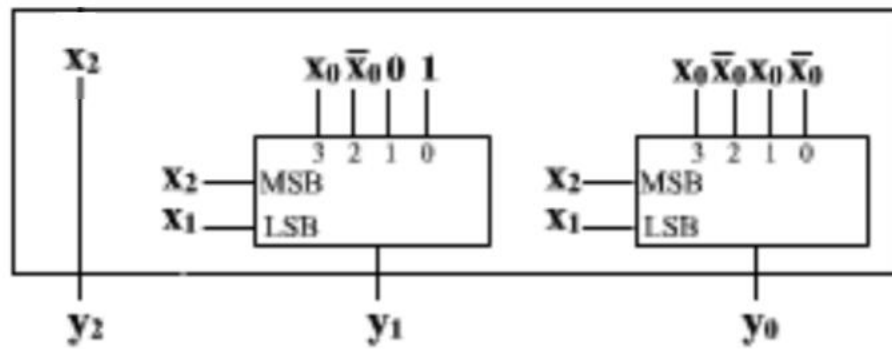


ב.

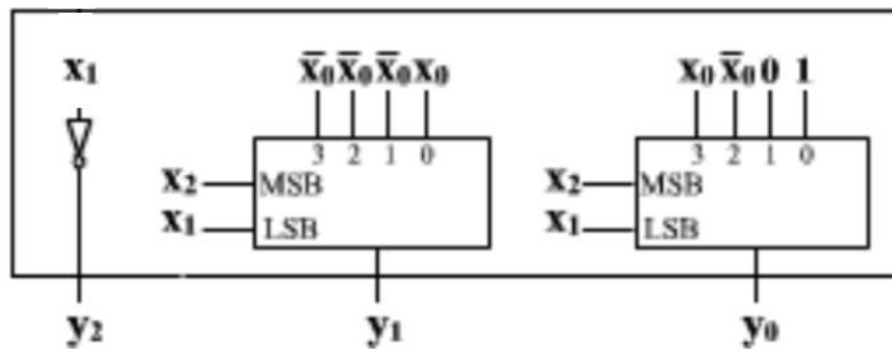




ג.



ד.



פתרון: א'
טבלת האמת:

X2	X1	X0	Y2	Y1	Y0
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0



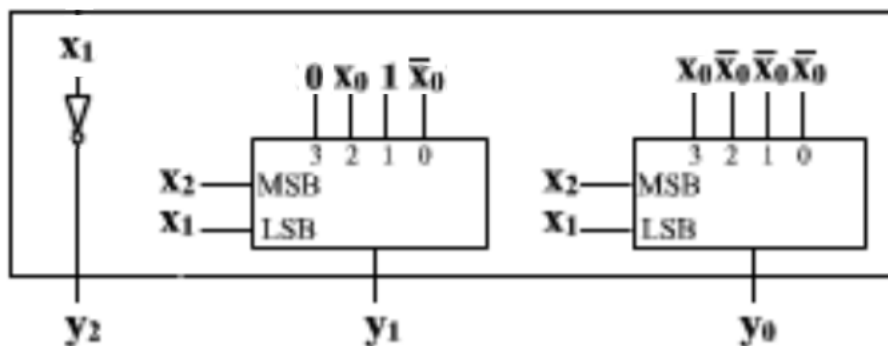
שאלה 1ב (20 נקודות)

נתון קוד Ranc בעל 3 סיביות y_2, y_1, y_0 לייצוג המספרים 0-7

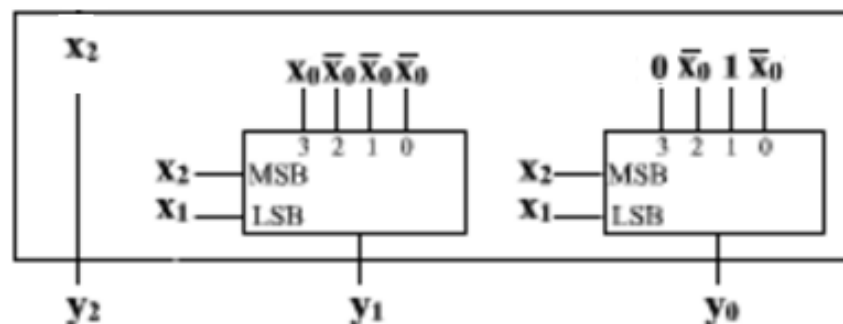
Decimal	Y_2	Y_1	Y_0
0	1	1	1
1	1	0	0
2	0	1	1
3	0	1	0
4	1	0	1
5	1	1	0
6	0	0	0
7	0	0	1

מצאו את המימוש B2R, בעל 3 כניסות x_2, x_1, x_0 ושלוש יציאות y_2, y_1, y_0 . x_2 היא סיבית MSB.
הרכיב מקבל כקלט מספר מהתחום 0-7 המיוצג בקוד בינארי רגיל ומוציא כפלט את ייצוגו של המספר בקוד Ranc מבין האפשרויות הבאות, מהו המימוש של רכיב זה?

א.

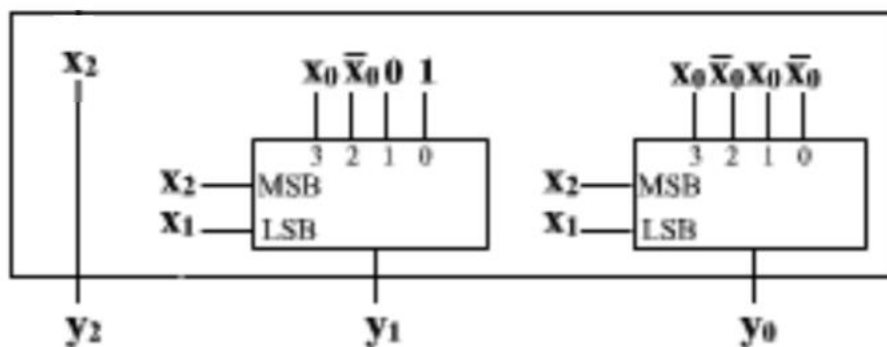


ב.

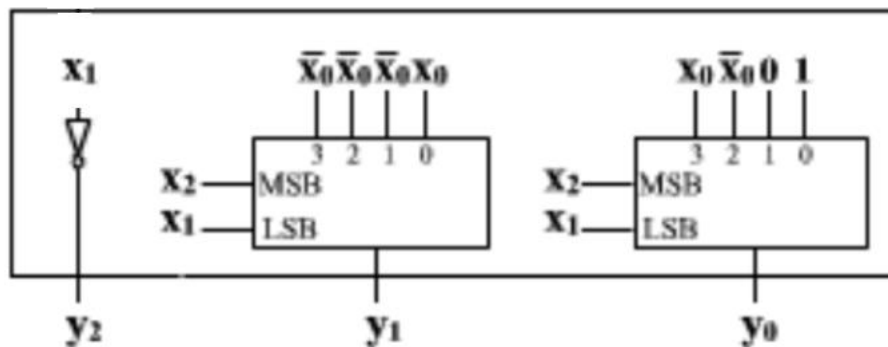




ג.



ד.



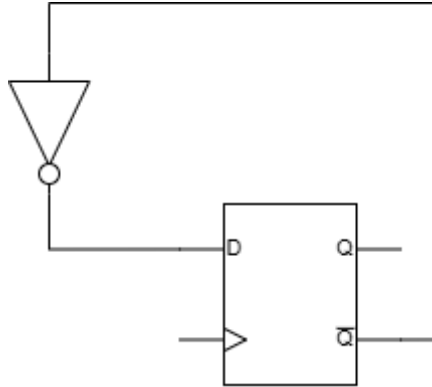
פתרון: א'
טבלת האמת:

X2	X1	X0	Y2	Y1	Y0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1



שאלה 2

סטודנט חרוץ ניסה לבנות מחלק תדר אשר מקבל בכניסתו אות שעון בעל זמן מחזור של $90ns$. המעגל אשר תכנן הסטודנט מוצג במעגל הבא:



הסטודנט השתמש ב- FF בעל הנתונים הבאים:

$$\begin{aligned} t_{su} &= 25ns \\ t_{hold} &= 25ns \\ t_{pd} &= 30ns \\ t_{cd} &= 10ns \end{aligned}$$

ובמהפך בעל הנתונים הבאים:

$$\begin{aligned} t_{pd} &= 6ns \\ t_{cd} &= 5ns \end{aligned}$$

בתכנון מחלק התדר נפלה תקלה (ייתכן כי התקלה קשורה לתפקוד הלוגי של המעגל, למשטר הזמנים שלו או לשניהם). לסטודנט הוצע לפתור את התקלה בעזרת הוספה של מהפכים בעלי הנתונים $t_{pd} = 6ns$ ו- $t_{cd} = 5ns$ במשוב המערכת. מהו מספר המהפכים המינימלי אשר נדרש להוסיף בכדי להבטיח את פעילותו התקינה של המעגל?

- א. 1
- ב. 2
- ג. 3
- ד. 4
- ה. 5

פתרון:

תחילה נשים לב כי המוצא Q' מחובר למהפך, לכן ללא קשר לתזמוני המערכת נזדקק למספר מהפכים אי זוגי בכדי לדאוג לתקינותו הלוגית של המעגל.
כעת נבדוק האם אנו עומדים בתנאי משטר הזמנים:

$$t_{cd}(FF) + t_{cd}(not) = 10 + 5 = 15ns \not\geq 25ns = t_{hold}(FF)$$

כלומר איננו עומדים בתנאי ה- $hold$. נשים לב כי הוספה של שני מהפכים מקיימת את תנאי ה- $hold$, אך מפרה את הנכונות הלוגית של המעגל (דרוש מספר מהפכים אי זוגי). לכן נבדוק את התנאים עבור 3 מהפכים:

$$t_{cd}(FF) + t_{cd}(not) + 3 \cdot T_{cd}(not) = 10 + 5 + 15 = 30ns \geq 25ns = t_{hold}(FF)$$

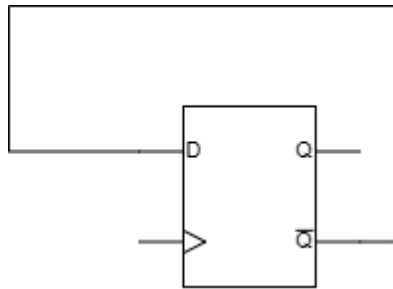


$$t_{pd}(FF) + t_{pd}(not) + 3 \cdot t_{pd}(not) + t_{su}(FF) = \\ = 30 + 6 + 18 + 25 = 79ns \leq 90ns = T$$

אנו עומדים בשני התנאים ולכן התשובה היא 3 – תשובה ג'.

שאלה 2ב

סטודנט חרוץ ניסה לבנות מחלק תדר אשר מקבל בכניסתו אות שעון בעל זמן מחזור של $75ns$. המעגל אשר צננון הסטודנט מוצג במעגל הבא:



הסטודנט השתמש ב-FF בעל הנתונים הבאים:

$$t_{su} = 15ns \\ t_{hold} = 17ns \\ t_{pd} = 20ns \\ t_{cd} = 10ns$$

בתכנון מחלק התדר נפלה תקלה (ייתכן כי התקלה קשורה לתפקוד הלוגי של המעגל, למשטר הזמנים שלו או לשניהם). לסטודנט הוצע לפתור את התקלה בעזרת הוספה של מהפכים בעלי הנתונים $t_{pd} = 4ns$ ו- $t_{cd} = 2ns$ במשוב המערכת. מהו מספר המהפכים המינימלי אשר נדרש להוסיף בכדי להבטיח את פעילותו התקינה של המעגל?

- א. 1
- ב. 2
- ג. 3
- ד. 4
- ה. 5

פתרון:

כעת נבדוק האם אנו עומדים בתנאי משטר הזמנים:

$$t_{cd}(FF) + t_{cd}(not) = 10 + 2 = 12ns \not\geq 17ns = t_{hold}(FF)$$

כלומר איננו עומדים בתנאי ה-hold. נשים לב כי הוספה של 3 של מהפכים מקיימת את תנאי ה-hold, אך מפרה את הנכונות הלוגית של המעגל (דרוש מספר מהפכים זוגי). נבדוק את התנאים עבור 4 מהפכים:

$$t_{cd}(FF) + 4 \cdot T_{cd}(not) = 10 + 8 = 18ns \geq 17ns = t_{hold}(FF)$$

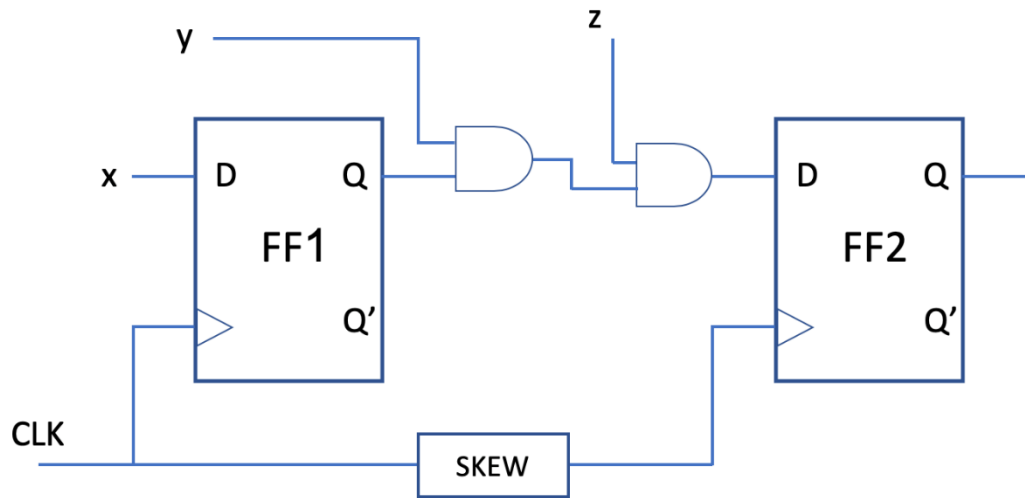
$$t_{pd}(FF) + 4 \cdot t_{pd}(not) + t_{su}(FF) = 20 + 16 + 15 = 51ns \leq 75ns = T$$

אנו עומדים בשני התנאים ולכן התשובה היא 4 – תשובה ד'.



שאלה 3א

נתון מעגל המורכב משני FFs שונים, ומשני שערי AND כמתואר בשרטוט הבא:



נתוני המעגל מופיעים בטבלה הבאה (שימו לב שזמני ה-FF שונים):

AND	t
t_{cd}	3ns
t_{pd}	7ns

FF1	t
t_{ccQ}	4ns
t_{pcQ}	4ns
t_{hold}	3ns
t_{setup}	3ns

FF2	t
t_{ccQ}	2ns
t_{pcQ}	5ns
t_{hold}	2ns
t_{setup}	4ns

מזינים שעון יחיד בו זמנית לכניסות השעון של ה-FFs, אך הוא מגיע ל-FF2 לאחר t_{skew} , כפי שניתן לראות בשרטוט. זמן המחזור במעגל הינו $T = 30ns$.

בנוסף נתון: $Y=Z=1$, וכי ערכים אלו נותרים קבועים לכל אורך פעולת המעגל.

מהו התחום המותר עבור t_{skew} ?

- $8ns \geq t_{skew} \geq -9ns$
- $7ns \geq t_{skew} \geq -9ns$
- $8ns \geq t_{skew} \geq -8ns$
- $7ns \geq t_{skew} \geq -8ns$
- $9ns \geq t_{skew} \geq -9ns$

פתרון:

נחשב את זמן $hold$ בין FF1 ל-FF2:

$$t_{ccQ}(FF1) + 2 \cdot t_{cd}(AND) \geq t_{hold}(FF2) + t_{skew}$$

$$4ns + 2 \cdot 3ns \geq 2ns + t_{skew}$$

$$8ns \geq t_{skew}$$



נחשב את התנאי על זמן המחזור של המעגל בין FF1 ל-FF2:

$$t_{pcQ}(FF1) + 2 \cdot t_{pd}(AND) + t_{setup}(FF2) \leq T + t_{skew}$$

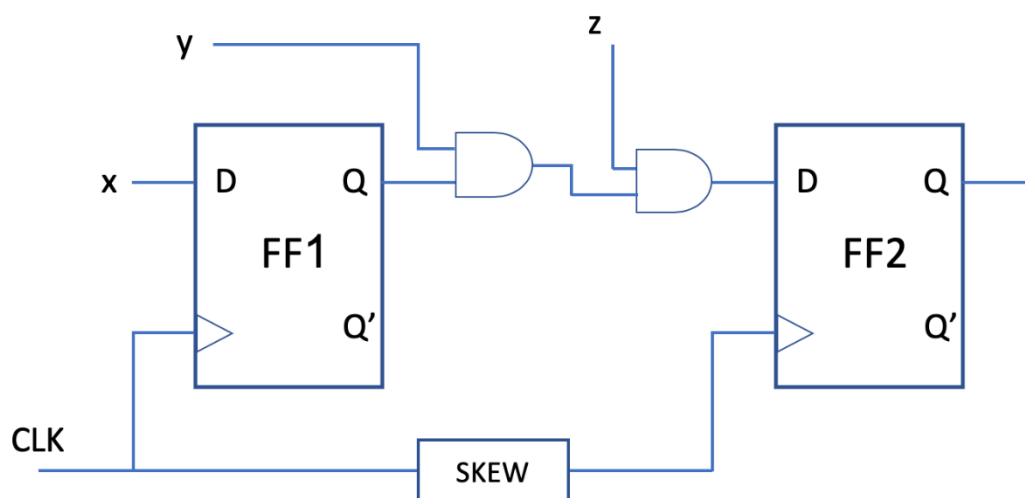
$$4ns + 2 \cdot 7ns + 4ns \leq 30ns + t_{skew}$$

$$t_{skew} \geq -8ns$$

וקיבלנו ש $8ns \geq t_{skew} \geq -8ns$

שאלה 3ב

נתון מעגל המורכב משני FFs שונים, ומשני שערי AND כמתואר בשרטוט הבא:



נתוני המעגל מופיעים בטבלה הבאה (שימו לב שזמני ה-FF שונים):

AND	t
t_{cd}	2ns
t_{pd}	6ns

FF1	t
t_{ccQ}	3ns
t_{pcQ}	5ns
t_{hold}	6ns
t_{setup}	6ns

FF2	t
t_{ccQ}	3ns
t_{pcQ}	17ns
t_{hold}	10ns
t_{setup}	3ns

מזינים שעון יחיד בו זמנית לכניסות השעון של ה-FFs, אך הוא מגיע ל-FF2 לאחר t_{skew} , כפי שניתן לראות בשרטוט. זמן המחזור במעגל הינו $T = 26ns$.

בנוסף נתון: $Y=Z=1$, וכי ערכים אלו נותרים קבועים לכל אורך פעולת המעגל.

מהו התחום המותר עבור t_{skew} ?

- $-3ns \geq t_{skew} \geq -6ns$
- $3ns \geq t_{skew} \geq -6ns$
- $6ns \geq t_{skew} \geq -3ns$
- $-3ns \geq t_{skew} \geq -10ns$
- $6ns \geq t_{skew} \geq -10ns$



פתרון:

נחשב את זמן hold בין FF1 ל-FF2:

$$\begin{aligned} t_{ccQ}(FF1) + 2 \cdot t_{cd}(AND) &\geq t_{hold}(FF2) + t_{skew} \\ 3ns + 2 \cdot 2ns &\geq 10ns + t_{skew} \\ -3ns &\geq t_{skew} \end{aligned}$$

נחשב את התנאי על זמן המחזור של המעגל בין FF1 ל-FF2:

$$\begin{aligned} t_{pcQ}(FF1) + 2 \cdot t_{pd}(AND) + t_{setup}(FF2) &\leq T + t_{skew} \\ 5ns + 2 \cdot 6ns + 3ns &\leq 26ns + t_{skew} \\ t_{skew} &\geq -6ns \end{aligned}$$

$$-3ns \geq t_{skew} \geq -6ns$$

שאלה 4

נרצה לממש מערכת עקיבה סינכרונית שתשמש כמחסר בינארי ותוציא כתוצאה $z = x - y$ עם מספר מצבים מינימלי. כאשר המספרים הם בייצוג המשלים ל-2 (כלומר, החיסור יתבצע בשיטת המשלים ל-2 כפי שלמדנו בתרגולים). למערכת שתי כניסות טוריות x_i, y_i ויציאה טורית אחת, z_i . הסיביות בכניסה מוזנות באופן טורי החל מה-LSB. הניחו כי במצב התחלתי לא התקבלו שום סיביות לחיסור.

נתונה טבלת מעברים חלקית. (כאשר $X = x_i, y_i$ הן הכניסות למערכת)

Ns, z				
$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
A,0	A,1	B,1	A,0	A
				B

מהי השורה החסרה בטבלת המעברים?
רמז: בנו דיאגרמת מצבים מתאימה וממנה הסיקו את השורה החסרה.

א.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
A,1	A,0	B,1	B,0	B

ב.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
B,1	A,0	B,1	B,0	B

ג.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
A,1	A,0	B,0	B,1	B

ד.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
B,1	A,0	B,0	B,1	B



שאלה 4ב

נרצה לממש מערכת עקיבה סינכרונית שתשמש כמחסר בינארי ותוציא כתוצאה $z = x - y$ עם מספר מצבים מינימלי. כאשר המספרים הם בייצוג המשלים ל-2 (כלומר, החיסור יתבצע בשיטת המשלים ל-2 כפי שלמדנו בתרגולים). למערכת שתי כניסות טוריות x_i, y_i ויציאה טורית אחת, z_i . הסיביות בכניסה מוזנות באופן טורי החל מה-LSB. הניחו כי במצב התחלתי לא התקבלו שום סיביות לחיסור. נתונה טבלת מעברים חלקית. (כאשר $X = x_i, y_i$ הן הכניסות למערכת)

Ns, z				
$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
				A
$B, 1$	$A, 0$	$B, 0$	$B, 1$	B

מהי השורה החסרה בטבלת המעברים?
רמז: בנו דיאגרמת מצבים מתאימה וממנה הסיקו את השורה החסרה.

א.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
$A, 1$	$A, 0$	$B, 1$	$B, 0$	A

ב.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
$A, 1$	$A, 0$	$B, 1$	$A, 0$	A

ג.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
$A, 0$	$A, 1$	$B, 0$	$A, 0$	A

ד.

$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
$A, 0$	$A, 1$	$B, 1$	$A, 0$	A

פתרון:

נפתור ע"י בניית מכונת מצבים בעלת שני מצבים. מצב A המתאר סכימה עם carry ומצב B המתאר סכימה ללא carry בדיוק כמו בתרגיל הבית.

נזכור גם שחיסור במשלים ל-2 של $x-y$ הוא חיבור של x עם המשלים ל-2 של y . כלומר, בכל מצב אנחנו נבצע not לסיבית של y ובנוסף, נתחיל את המערכת כאשר $carry = 1$.

מכאן התוצאה זהה לתרגיל הבית רק בשחלוף העמודות לפי פעולת ה-Not.

Ns, z				
$X = 11$	$X = 10$	$X = 01$	$X = 00$	PS
$A, 0$	$A, 1$	$B, 1$	$A, 0$	A
$B, 1$	$A, 0$	$B, 0$	$B, 1$	B



שאלה 5א

נתון המודול הבא, כאשר המודול ששמו OR2 מממש שער OR עם השהיות, כמו השער שקיבלתם בסימולציה 1.

```
module M1(  
    input logic [5:0] x,  
    output logic [6:0] out  
);  
    assign out[0] = 1'b0;  
    genvar i;  
    generate  
        for(i=0;i<6;i++) begin  
            OR2 #(.Tpdh1(1), .Tpdh(4)) or_inst(.Z(out[i+1]), .A(out[i]), .B(x[i]));  
        end  
    endgenerate  
endmodule
```

ערכי ההשהיות של השערים נתונים ביחידת ns. בהנחה שהיה שינוי באחד הביטים בכניסה שגרר שינויים ביציאה, מהי ההשהיה המינימלית והמקסימלית שיכולה להיווצר עד שכל הביטים ביציאה יתייצבו?

- א – השהיה מינימלית של 6ns, והשהיה מקסימלית של 24ns
- ב – השהיה מינימלית של 1ns, והשהיה מקסימלית של 24ns
- ג – השהיה מינימלית של 1ns, והשהיה מקסימלית של 28ns
- ד – השהיה מינימלית של 4ns, והשהיה מקסימלית של 26ns
- ה – השהיה מינימלית של 7ns, והשהיה מקסימלית של 28ns

פתרון גרסא א'

תשובה ב' נכונה.

השהיה מינימלית תתקבל עבור $x = 6'b100000$ שמשנתנה ל- $x = 6'b000000$ וזה מפעיל רק שער OR יחיד, שיורד מגבוה לנמוך.

השהיה מקסימלית תתקבל עבור $x = 6'b000000$ שמשנתנה ל- $x = 6'b0000001$ וזה מפעיל את כל ששת שערי OR, שעולים מנמוך לגבוה.

שאלה 5ב

נתון המודול הבא, כאשר המודול ששמו OR2 מממש שער OR עם השהיות, כמו השער שקיבלתם בסימולציה 1.

```
module M1(  
    input logic [5:0] x,  
    output logic [6:0] out  
);  
    assign out[0] = 1'b0;  
    genvar i;  
    generate  
        for(i=0;i<6;i++) begin  
            OR2 #(.Tpdh1(5), .Tpdh(2)) or_inst(.Z(out[i+1]), .A(out[i]), .B(x[i]));  
        end  
    endgenerate  
endmodule
```

ערכי ההשהיות של השערים נתונים ביחידת ns. בהנחה שהיה שינוי באחד הביטים בכניסה שגרר שינויים ביציאה, מהי ההשהיה המינימלית והמקסימלית שיכולה להיווצר עד שכל הביטים ביציאה יתייצבו?

- א – השהיה מינימלית של 12ns, והשהיה מקסימלית של 30ns
- ב – השהיה מינימלית של 2ns, והשהיה מקסימלית של 35ns
- ג – השהיה מינימלית של 2ns, והשהיה מקסימלית של 30ns
- ד – השהיה מינימלית של 5ns, והשהיה מקסימלית של 12ns
- ה – השהיה מינימלית של 14ns, והשהיה מקסימלית של 35ns



פתרון גרסא ב'

תשובה ג' נכונה.

השהיה מינימלית תתקבל עבור $x = 6'b000000$ שמשתנה ל- $x = 6'b100000$ וזה מפעיל רק שער OR יחיד, שעולה מנמוך לגבוה.

השהיה מקסימלית תתקבל עבור $x = 6'b0000001$ שמשתנה ל- $x = 6'b0000000$ וזה מפעיל את כל ששת שערי ה-OR, שיוורדים מגבוה לנמוך.