

שם הקורס: מערכות ספרתיות ומבוא למבנה המחשב

סוג המבחן: בחינת פטור הנדסה מס' קורס: 200123-99
סמסטר: ק' (קיץ) תשפ"ה מועד: א תאריך: 15.10.2025
מחלקות: קורסים כלליים סגל הקורס: ד"ר טל טבצ'ניק

מדבקת בר קוד

הוראות לנבחן

- משך המבחן: 180 דקות (3 שעות) – חובה להגיש בסיום הזמן שהוקצה.
- דפי נוסחאות מצורפים כחלק נספח לבחינה.
- אין להשתמש בכל חומר עזר פרט למחשבון. אין להשתמש בכל חומרי עזר אלקטרוניים אחרים.
- יש להחזיר את טופס המבחן, מחברת הטייטה וכל חומר אחר. אין להוציא חומר מחדר הבחינה.
- מבנה הבחינה והנחיות :
 - הבחינה כוללת 25 שאלות, רב-ברירה (סגורות)
 - יש לענות על כל השאלות, משקל כל השאלות זהה (4% לכל שאלה)
 - קראו את השאלות בעיון רב ורק לאחר מכן השיבו על השאלות.
 - בכל שאלה יש לבחור את התשובה הנכונה, או הקרובה ביותר לנכונה. יש לבחור תשובה אחת בלבד, סימון יותר מתשובה אחת יחשב לשגיאה.
 - יתקבלו תשובות שנכתבו בטבלת ריכוז התשובות בלבד.
 - סימון תשובות בטופס הבחינה או במחברת הטייטה, לא ייבדק ולא יהיה בסיס לערעור.
 - יש לרשום את מס' ת.ז. על טופס הבחינה וגם על מחברת הטייטה שתוחזר אף היא.

6. נדרש לחתום על הצהרת האמון להלן :

שמירה על טוהר הבחינות

הלימודים במרכז האקדמי רופין מבוססים על אמון בין הסטודנטים לבין המוסד על סגל מוריו ועובדיו. הסטודנטים מצופים להתנהגות החולמת את כבוד המרכז כמוסד אקדמי ואת מעמדם כסטודנטים. ידוע לי כי העבירות שלהלן הן עבירות משמעת:

- הכנסת חומר עזר אסור לבחינה או החזקתו בעת הבחינה.
- התקשרות או ניסיון התקשרות בין בכתב ובין בדרך אחרת עם נבחן אחר או גורם חוץ, בעת הבחינה.
- הכנסת שינוי כלשהו בבחינה לאחר תום מועד הבחינה או בשעת עיון בה לאחר מתן ההערכה.

הנני מתחייב/ת לעבודה עצמאית בבחינה.

ת"ז לשם אישור _____

בהצלחה.

שאלה 1 (4%)

מעוניינים להמיר מספרים חיוביים (כולל 0) מבסיס 10 לבסיס 2. ידוע כי המספר השלם הגבוה ביותר לייצוג בבסיס 10 הוא 255, וכי ההפרש בין כל שני מספרים עוקבים הוא 0.125. מהו מספר הסיביות הכולל המינימלי בבסיס 2 הנדרש על מנת לייצג את המספרים הנתונים בשאלה זו ?

א. 7

ב. 13

ג. 9

ד. 11

ה. 5

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 2 (4%)

מעוניינים לחבר מילים בינאריות ברוחב 6 ביט המיוצגות בשיטת המשלים ל-2. במידה ונתון כי המילים הן ברוחב קטן מ-6 ביט, קודם מרחיבים אותן על ידי שימוש ב- sign extension ל-6 ביט ורק לאחר מכן מבצעים את פעולת החיבור. כמו כן, התוצאה המתקבלת גם היא ברוחב 6 ביט, כלומר מתעלמים מהנשא של הדרגה האחרונה. מהו הייצוג לפי בסיס 10 של התוצאה המתקבלת?

$$0101 + 101101 = ?$$

א. 25

ב. -14

ג. -8

ד. 17

ה. -50

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 3 (4%)

נתון הביטוי הבוליאני הבא:

$$XY * (X' + Z)' * (XYZ)'$$

מי מבין התשובות הנתונות היא ביטוי שקול לביטוי זה?

(*) מייצג AND, + מייצג OR, ' מייצג NOT):

א. 1

ב. $X'Z'$

ג. $XY + Y'Z'$

ד. Y

ה. XYZ'

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 4 (4%)

נתון הביטוי הבוליאני הבא:

$$F = X + (Y' * 0) + (Z' * (X + 1))$$

מי מבין התשובות הנתונות היא הדואלי שלו?

א. $F = X * (Y' + 1) * (Z' + (X * 0))$

ב. $F = X * (Y + 1) * (Z + (X * 0))$

ג. $F = X * (Y' + 0) * (Z' + (X * 1))$

ד. $F = X * (Y + 0) * (Z + (X * 1))$

ה. לביטוי הבוליאני הנתון אין ביטוי דואלי

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 5 (4%)

מהו מספר המינטרמים עבור ייצוג קנוני מסוג SOP של הפונקציה הבאה:

$$F(A, B, C) = AB + B'C + C$$

- א. 6
- ב. 5
- ג. 7
- ד. 4
- ה. 3
- ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 6 (4%)

מה ניתן להגיד על הפונקציה הבאה?

$$F(A, B, C) = A + B' + C$$

- א. הפונקציה F מהווה מערכת פעולות חצי שלמה, בתוספת הקבוע '0' בלבד היא מהווה מערכת פעולות שלמה
- ב. הפונקציה F1 מהווה מערכת פעולות חצי שלמה, בתוספת הקבוע '1' בלבד היא מהווה מערכת פעולות שלמה
- ג. הפונקציה F1 מהווה מערכת פעולות חצי שלמה, רק בתוספת של שני הקבועים '0' ו-'1' ביחד היא מהווה מערכת פעולות שלמה
- ד. הפונקציה F1 אינה מהווה מערכת פעולות שלמה ואינה מהווה מערכת פעולות חצי שלמה
- ה. הפונקציה F1 מהווה מערכת פעולות שלמה
- ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 7 (4%)

איזו מן הפונקציות המופיעות בתשובות מממשת את מפת קרנו הנתונה להלן בצורה מצומצמת? (הניחו כי משבצות ריקות מכילות 0):

ZW \ XY	00	01	11	10
00		1		
01	1	1	1	1
11		1	1	
10		1		

- א. $F(X, Y, Z, W) = Z'W + X'Y + YW$
 ב. $F(X, Y, Z, W) = \Sigma(1,4,5,6,7,9,13,15)$
 ג. $F(X, Y, Z, W) = Z'W + X'Y + XYW + YZW$
 ד. תשובות א' ו-ב' נכונות
 ה. תשובות א' ו-ג' נכונות
 ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 8 : (4%)

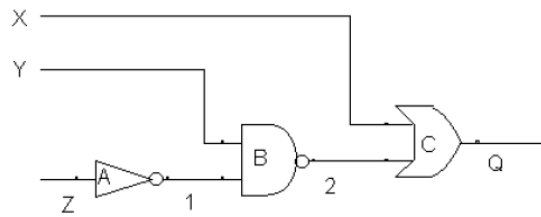
להלן נתונה מפת קרנו הבאה (D מסמל Don't Care, ומשבצות ריקות מכילות 0):

Z \ XY	00	01	11	10
0	D	D		1
1			1	1

מהו מספר הפונקציות השונות במימוש מצומצם אשר ניתן בעזרתן לממש את מפת קרנו הנתונה ?

- א. 3
 ב. 1
 ג. 2
 ד. 4
 ה. 5
 ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 9: (4%)
נתון המעגל הלוגי הבא:



עבור מעגל זה נתונים הזמנים הבאים (כל הזמנים בטבלה נתונים ב-nsec):

	NOT	NAND	OR
t_{PD}	4	20	12
t_{CD}	1	15	8

מהו ה- t_{CD} המקסימלי של המעגל הנתון שבו מובטח בוודאות שהיציאה עדיין נמצאת בערכה הקודם, ומהו ה- t_{PD} המינימלי של המעגל הנתון שבו מובטח בוודאות שהיציאה השתנתה לערכה החדש (התשובות נתונות ב-nsec)?

א. $t_{CD} = 24, t_{PD} = 12$

ב. $t_{CD} = 23, t_{PD} = 36$

ג. $t_{CD} = 24, t_{PD} = 32$

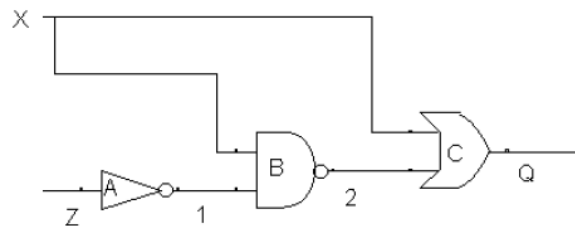
ד. $t_{CD} = 8, t_{PD} = 36$

ה. $t_{CD} = 8, t_{PD} = 12$

ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 10: (4%)

עבור המעגל הנתון מהשאלה הקודמת (שאלה 9), נתון כי בשל תקלה בעת הרכבת המעגל, הכניסה Y התקצרה בטעות לכניסה X:



האם במעגל החדש שנוצר ייתכנו **הבהובים**?

א. במעגל הנתון ייתכנו הבהובים עבור $XZ: 00 \rightarrow 10$

ב. במעגל הנתון ייתכנו הבהובים עבור $XZ: 10 \rightarrow 11$

ג. במעגל הנתון ייתכנו הבהובים עבור $XZ: 10 \rightarrow 00$

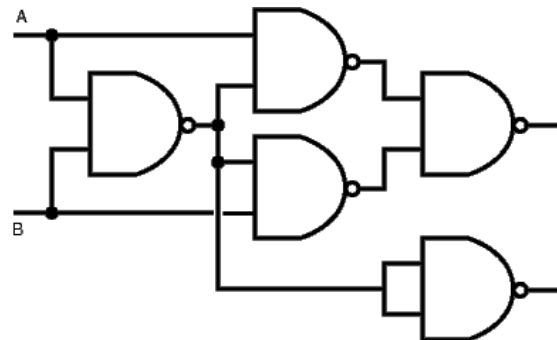
ד. במעגל הנתון ייתכנו הבהובים עבור $XZ: 01 \rightarrow 11$

ה. במעגל הנתון לא קיימים הבהובים

ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 11 (4%)

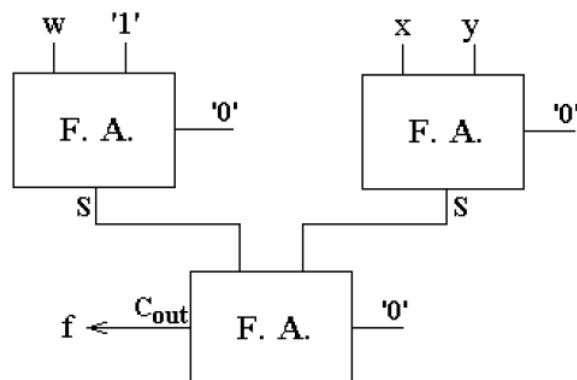
מה ממש המעגל הנתון המכיל שתי כניסות (מסומנות כ-A ו-B) ושתי יציאות?



- א. מסכם מלא, full adder
- ב. מסכם חלקי, half adder
- ג. מרבב, mux
- ד. מקודד, encoder
- ה. מפענח, decoder
- ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 12 (4%)

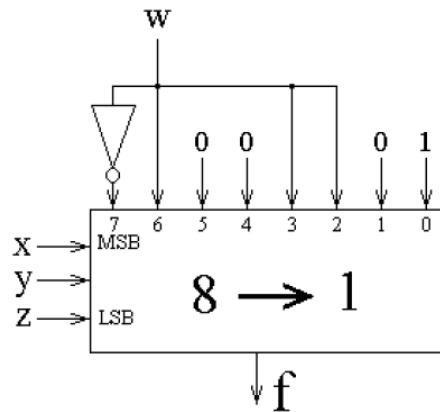
מהי הפונקציה הבוליאנית f של המעגל הנתון (F.A. מתייחס ל-Full Adder, כלומר מחבר מלא):



- א. $f = W'X'Y + W'XY'$
- ב. $f = XY$
- ג. $f = X + Y + W$
- ד. $f = WX + XY + WY$
- ה. $f = XYW + X'Y'$
- ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 13 (4%)

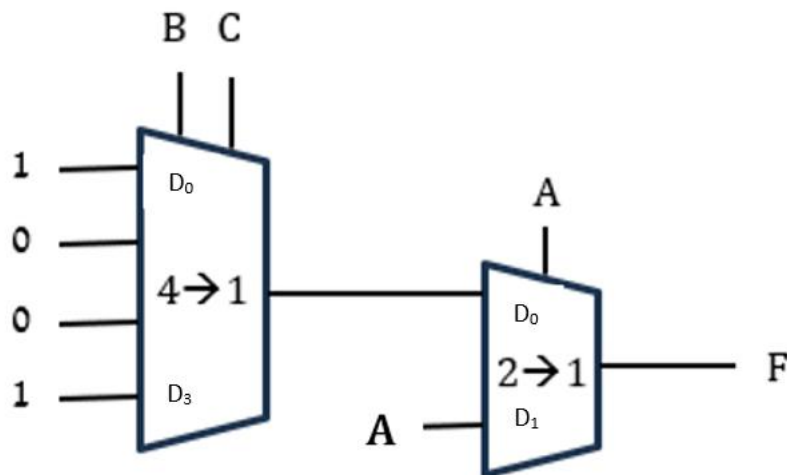
מהי הפונקציה הבוליאנית $f(X, Y, Z, W)$ של הרכיב הנתון בייצוג קנוני מסוג SOP?



- א. $f(X, Y, Z, W) = \Sigma(9,11,13,14)$
 ב. $f(X, Y, Z, W) = \Sigma(0,2,3,6,7)$
 ג. $f(X, Y, Z, W) = \Sigma(2,3,4,6,8,9,10)$
 ד. $f(X, Y, Z, W) = \Sigma(0,2,3,13,14)$
 ה. $f(X, Y, Z, W) = \Sigma(0,1,5,7,13,14)$
 ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 14 (4%)

מהי הפונקציה הבוליאנית המייצגת F של המעגל הבא:
(דרך: בנה טבלת אמת ומפת קרנו)



א. $F = A + C$

ב. $F = A + A'C'B'$

ג. $F = A + CB + C'B'$

ד. $F = AC' + A'B'C' + C$

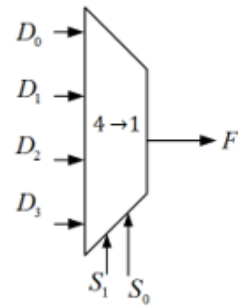
ה. תשובות א' ו ג' נכונות

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 15 (4%)

נתונה טבלת אמת של פונקציה $F(A, B, C)$, ולרשותכם נתון לטובת מימוש הפונקציה, מרבב (multiplexer) 4 ל-1 כמתואר בתרשים מטה. מהם המשתנים ו/או קבועים שיש לחבר לשש כניסות המרבב: $S_1, S_0, D_0, D_1, D_2, D_3$, בהתאמה (כאשר S_1 הוא ה-MSB), במטרה לממש במוצא המרבב את הפונקציה F , המוגדרת בטבלת האמת?

#	A	B	C	F
	0	0	0	0
	0	0	1	0
	0	1	0	1
	0	1	1	0
	1	0	0	1
	1	0	1	1
	1	1	0	0
	1	1	1	1



א. תשובות ב' ו ה' נכונות

ב. $A, C, B, 0, B', 1$

ג. $A, B, C, 0, B', 1$

ד. $A, C, B, 0, 1, B'$

ה. $A, B, 0, C', 1, C$

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 16 (4%)

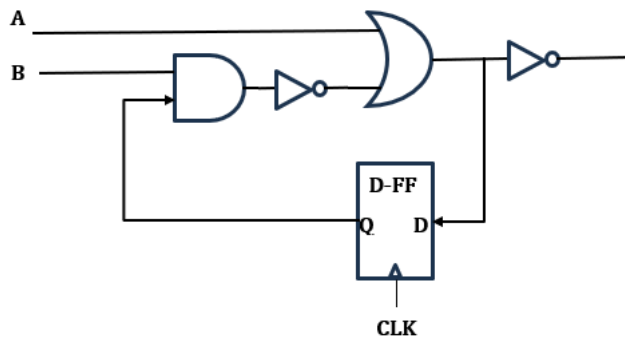
נתונה טבלת האמת הבאה. ניתן לממש אותה על ידי הרכיבים הבאים:

#	A	B	C	F
	0	0	0	1
	0	0	1	0
	0	1	0	0
	0	1	1	1
	1	0	0	1
	1	0	1	0
	1	1	0	0
	1	1	1	1

- א. תשובות ב' ו ג' נכונות
- ב. $8 \rightarrow 1$ Multiplexer אחד בלבד
- ג. $4 \rightarrow 1$ Multiplexer אחד בלבד
- ד. מהפך אחד בלבד
- ה. $2 \rightarrow 1$ Multiplexer אחד בלבד
- ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 17 (4%)

נתונה מערכת העקיבה הבאה



זמני ההשהיה של כל השערים הלוגים בעלי שתי כניסות: $t_{PD} = 6 \text{ nsec}$

זמני ההשהיה של כל השערים הלוגים בעלי כניסה אחת: $t_{PD} = 4 \text{ nsec}$

ונתונים התזמונים של ה D-FF :

$$t_{PD} = 12 \text{ nsec};$$

$$t_{SETUP} = 10 \text{ nsec};$$

$$t_{HOLD} = 8 \text{ nsec};$$

מה זמן המחזור המינימלי של השעון CLK שמבטיח פעולה תקינה של המעגל ?

א. $T < 38 \text{ nsec}$

ב. $T \geq 46 \text{ nsec}$

ג. $T \leq 55 \text{ nsec}$ וגם $T \geq 46 \text{ nsec}$

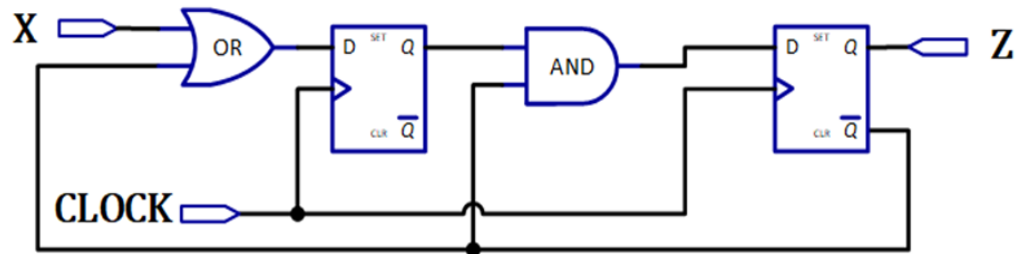
ד. $T \leq 46 \text{ nsec}$ וגם $T \geq 38 \text{ nsec}$

ה. $T \geq 38 \text{ nsec}$

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 18 (4%)

נתונה המערכת המשורטטת באיור למטה. נתון כי ה-FF מגיבים לעליית אותו השעון. כמו כן נתון כי ערך הכניסה X מתעדכן בזמן ירידת השעון, וכיוון שנתון כי אות השעון סימטרי כנגד ציר הזמן, ניתן להניח כי בזמן עליית השעון, ערכו של X מוגדר היטב.



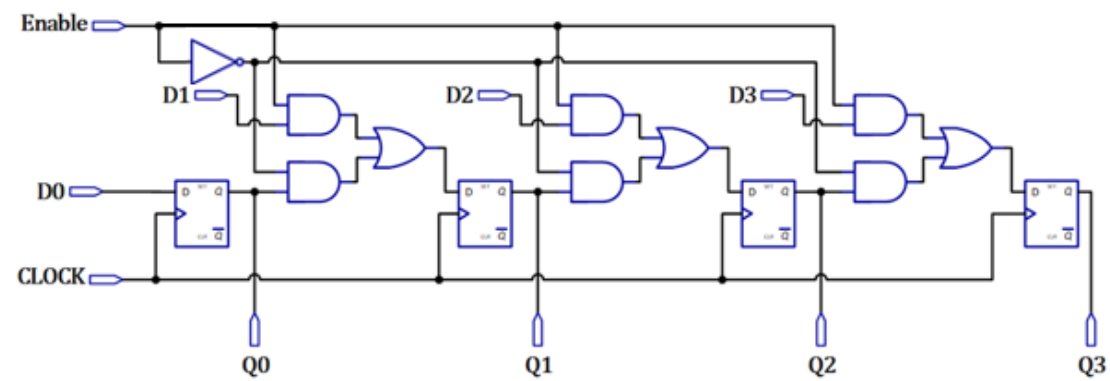
פרמטר	AND	OR	D-FF
t_{Hold}		--	? [ps]
t_{Setup}		--	5 [ps]
t_{CD}	2 [ps]	2 [ps]	4 [ps]
t_{PD}	6 [ps]	8 [ps]	12 [ps]

נתוני התזמונים של השערים הלוגיים וה-FF נתונים בטבלה משמאל:

מהו זמן המחזור המינימלי בו ניתן להפעיל את מערכת העקיבה המתוארת, וכיצד יש לדרוש את ערכו המירבי של t_{HOLD} של ה-FF ?

- $T_{CLK} > 23 [ps]$ וגם $t_{HOLD} < 6 [ps]$
- $T_{CLK} > 13 [ps]$ וגם $t_{HOLD} < 2 [ps]$
- $T_{CLK} > 13 [ps]$ וגם $t_{HOLD} < 4 [ps]$
- $T_{CLK} > 25 [ps]$ וגם $t_{HOLD} < 6 [ps]$
- $T_{CLK} > 25 [ps]$ וגם $t_{HOLD} < 2 [ps]$
- $T_{CLK} > 25 [ps]$ וגם $t_{HOLD} < 4 [ps]$

נתונה מערכת העקיבה הבאה



לפני עליית השעון הראשונה, ערכי הכניסות הם:

($D0=1, D1=1, D2=0, D3=1$: זאת אומרת: $Enable=1, D[0:3]=[1, 1, 0, 1]$)

לפני עליית השעון השניה, ערכי הכניסות הם:

$Enable=0, D[0:3]=[1, 1, 1, 1]$

מה יהיו ערכי המוצא $Q[0:3]$, בסוף מחזור השעון השני?

(הנחה: מחזור השעון ארוך מספיק כדי לא לייצר בעיות תזמונים)

א. $Q[0:3] = 0000$

ב. $Q[0:3] = 1110$

ג. $Q[0:3] = 1101$

ד. $Q[0:3] = 0111$

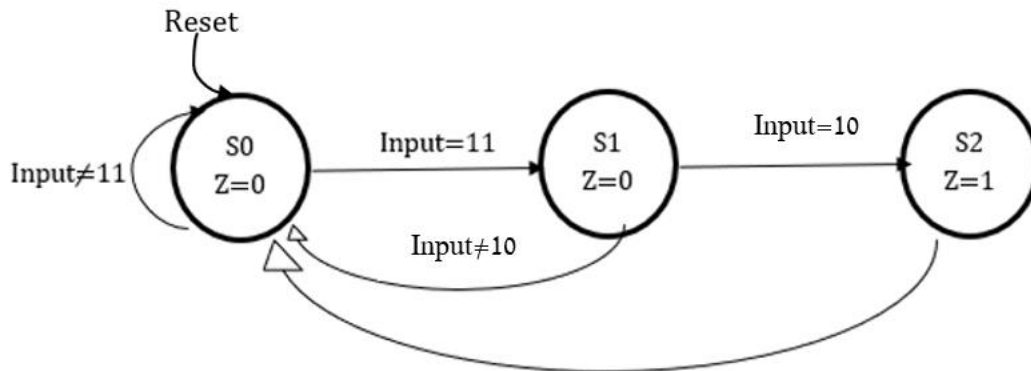
ה. $Q[0:3] = 1111$

ו. אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 20 (4%)

מנעול מספרים סריאלי (טורי, כמו מנעול כספת, הכנסת מספרים בזה אחר זה) מתואר על ידי דיאגרמת המצבים הבאה.

הכניסה (Input) למערכת עקיבה זו מיוצגת על ידי 2 ביטים. כאשר המוצא במערכת עקיבה זו (Z) הינו 1, פירושו שהמנעול נפתח.

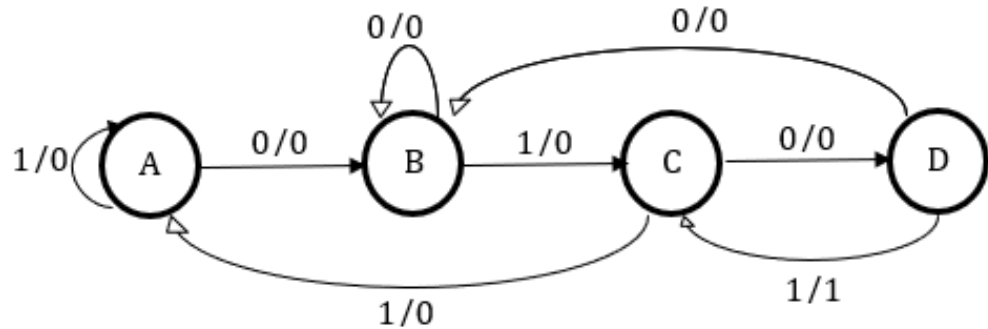


איזה מהמשפטים הבאים הכי נכון?

- תשובות ג' ו ד' נכונות
- אם מכניסים את המספר העשרוני 11 ולאחר מכן את המספר העשרוני 10 המנעול נפתח.
- אם מכניסים את המספר העשרוני 3 ולאחר מכן את המספר העשרוני 2 המנעול נפתח.
- זוהי מכונת מצבים מסוג Mealy עם כניסה של שני ביטים ויציאה של ביט אחד.
- זוהי מכונת מצבים מסוג Moore עם כניסה של שני ביטים ויציאה של ביט אחד.
- תשובות ב' ו ה' נכונות

שאלה 21 (4%)

במימוש מכונת המצבים המוצגת מטה, איזה משני הקצאת מצבים יתבטא במימוש חסכוני יותר?
(הדרכה: יש להשתמש בטבלת המצבים ולבדוק הקצאת ביטים לכל מצב)



P.S.	N.S., Z	
	X=0	X=1
A	B, 0	A, 0
B	B, 0	C, 0
C	D, 0	A, 0
D	B, 0	C, 1

ונתונה הקצאת המצבים הבאה:

A → 00

B → 01

C → 10

D → 11

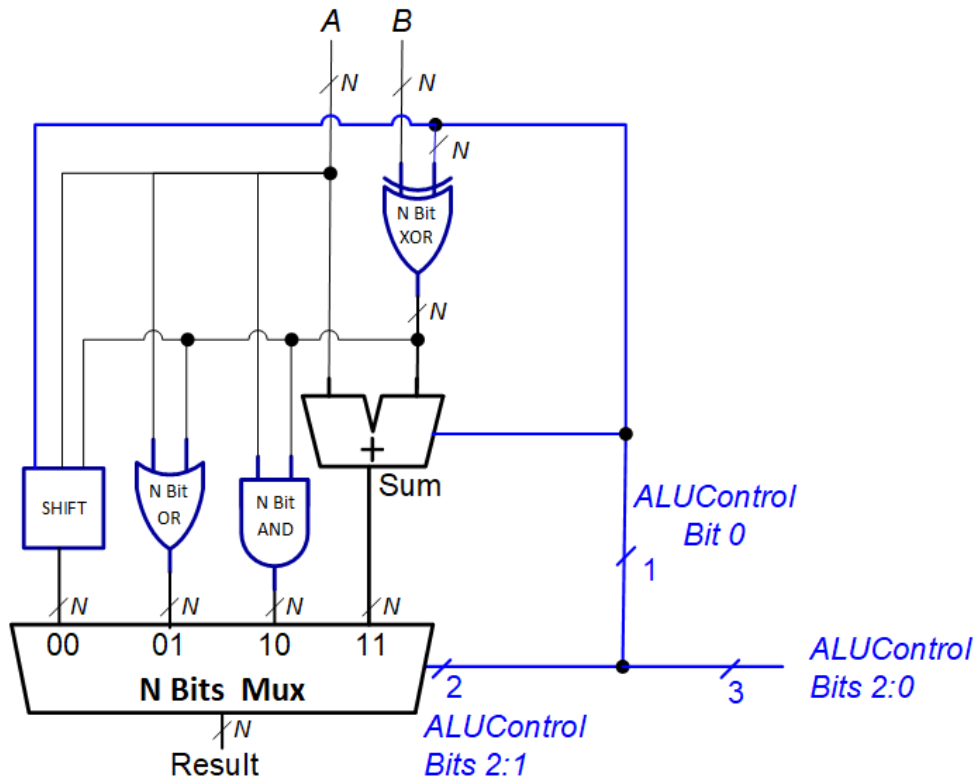
איזה מהמשפטים הבאים הכי נכון?

- זאת מכונת מצבים המזהה סדרת כניסה 1010 (משמאל לימין) שלא ניתנת לצמצום ונדרשים ארבעה D-FF על מנת לממש אותה
- זאת מכונת מצבים המזהה סדרת כניסה 1010 (משמאל לימין) שניתנת לצמצום ונדרשים שני D-FF על מנת לממש אותה
- זאת מכונת מצבים המזהה סדרת כניסה 0101 (משמאל לימין) שניתנת לצמצום ונדרש D-FF אחד על מנת לממש אותה
- זאת מכונת מצבים המזהה סדרת כניסה 0101 (משמאל לימין) שלא ניתנת לצמצום ונדרשים ארבעה D-FF על מנת לממש אותה
- זאת מכונת מצבים המזהה סדרת כניסה 0101 (משמאל לימין) שלא ניתנת לצמצום ונדרשים שני D-FF על מנת לממש אותה
- אף אחת מהתשובות לעיל אינה נכונה

בשאלות הבאות יש להתייחס לסכמת ה ALU הבאה:

(הסבר לסכמה, למי שצריך: ל-ALU שתי כניסות אופרנדים A ו-B, ויציאת RESULT, כל אחת בת N סיביות. ה ALU מכיל 4 MUX ל-1 עם 4 כניסות כמצוין בסכימה, שכל אחת מהן היא מילה בת N סיביות.

קוד הבקרה ל-ALU, $ALUControl[2:0]$, הוא בן 3 סיביות.)



שאלה 22 (4%)

התוצאה של איזו פעולה תתקבל ביציאת ה MUX עבור כל אחד מקודי-הפעולה הבאים:

111, 110, 100

בהתאמה.

(בשרטוט: ALUControl[2:0]) ?

א. $A-B, A \setminus B, A \& B$

ב. $A-B, A \& B, A+B$

ג. $A-B, A+B, A \& B$

ד. $A+B, A \setminus B', A-B'$

ה. $A+B, A \setminus B, A \& B'$

ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 23 (4%)

בהינתן ה ALU הנ"ל, שמבצע פעולות אריתמטיות ולוגיות על מספרים בני 8 ביט כל אחד (כניסות A ו B), יש לחבר את המספר העשרוני 6 לערך שמופיע ברגיסטר A. מה יהיו ערכי הכניסות על מנת לבצע פעולה זו?

(הערה: X פירושו Don't Care ; יש להתעלם מאפשרות Overflow)

א. $ALUControl[2:0] = [110] ; B[7:0] = [11000000]$

ב. $ALUControl[2:0] = [110] ; B[7:0] = [XXXXX110]$

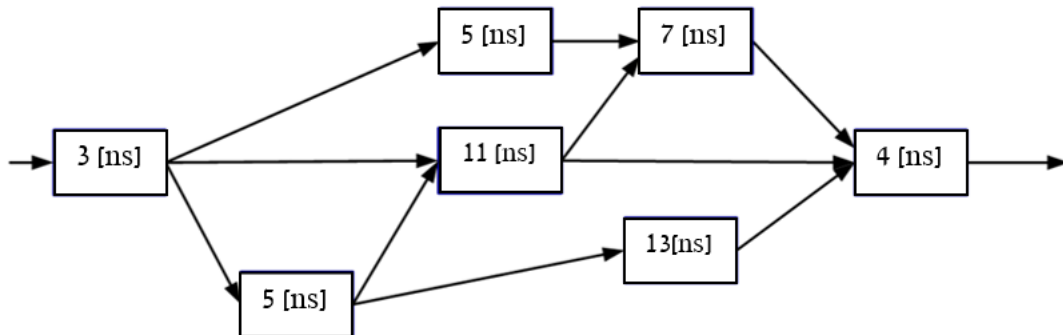
ג. $ALUControl[2:0] = [111] ; B[7:0] = [00000111]$

ד. $ALUControl[2:0] = [110] ; B[7:0] = [00000110]$

ה. $ALUControl[2:0] = [11X] ; B[7:0] = [11111000]$

ו. אף תשובה אינה נכונה

עבור שתי השאלות הבאות, נתונה מערכת המכילה 7 מערכות צירופיות המחוברות ביניהן. כמתואר באיור למטה, כאשר ההשהיה של כל מעגל צירופי רשומה בתוכו, ביחידות של [ns]



שאלה 24 (4%)

מהי ההשהייה המירבית (Latency), של כלל המערכת הצירופית לפני הוספת FF ?

א. $t = 25 [ns]$

ב. $t = 32 [ns]$

ג. $t = 30 [ns]$

ד. $t = 18 [ns]$

ה. $t = 36 [ns]$

ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה

שאלה 25 (4%)

נדרש לצנר (pipeline) את המערכת באמצעות רגיסטר / FF שמקיימים:

$$t_{pd,C \rightarrow Q}(FF) = 1.5 [ns] , \quad t_{setup}(FF) = 0.5 [ns]$$

מה תהיה ההשהייה (latency) המינימלית (ביחידות של מחזורי שעון), ומהי התפוקה (throughput = TP) המקסימלית, שניתן להשיג על ידי כך. הניחו כי לא נדרש לדגום את הכניסה, אך המוצא חייב להיות דגום.

א. ה-latency 3 מחזורי שעון והתפוקה היא : $TP = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{15[ns]} = 66.7 \cdot 10^6 \left[\frac{1}{sec} \right]$

ב. ה-latency 3 מחזורי שעון והתפוקה היא : $TP = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{10[ns]} = 100 \cdot 10^6 \left[\frac{1}{sec} \right]$

ג. ה-latency 4 מחזורי שעון והתפוקה היא : $TP = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{12.5[ns]} = 80 \cdot 10^6 \left[\frac{1}{sec} \right]$

ד. ה-latency 4 מחזורי שעון והתפוקה היא : $TP = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{15[ns]} = 66.7 \cdot 10^6 \left[\frac{1}{sec} \right]$

ה. ה-latency 5 מחזורי שעון והתפוקה היא : $TP = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{12.5[ns]} = 80 \cdot 10^6 \left[\frac{1}{sec} \right]$

ו. אף אחת מן התשובות לעיל אינה נכונה