



מערכות ספרתיות ומבנה המחשב (044252)

סמסטר חורף תש"ף

פתרון

בוחן אמצע 8 בינואר 2020

טור 1

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

מספר סטודנט

משך הבוחן: שעה (60 דקות). **תכננו את זמנכם היטב.**

חומר עזר: אין להשתמש בכל חומר עזר בכתב, מודפס או אלקטרוני, פרט לדפי העזר שיחולקו במהלך הבחינה.

הנחיות והוראות:

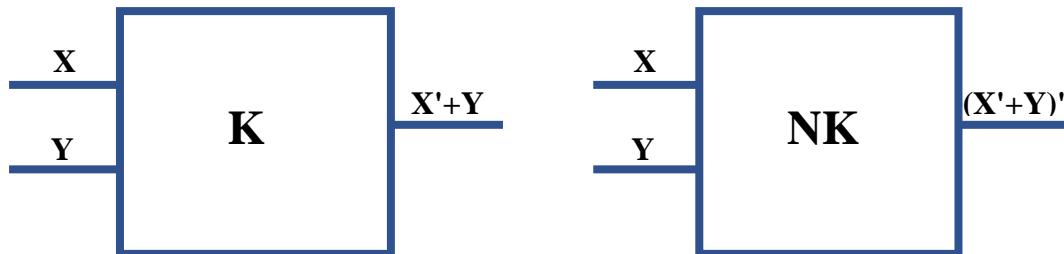
- הבחינה כתובה על גבי 5 עמודים כולל עמוד זה (**בדקו בתחילת הבחינה שלא חסרים לכם עמודים**).
- בתחילת הבחינה תקבלו חוברת בחינה, מחברת טיוטה, דפי עזר וטופס תשובות ממוחשב. בסיום הבחינה, החזירו את טופס התשובות הממוחשב **בלבד**. לא לשכוח לסמן בטופס התשובות הממוחשב את מספר הטור שלכם (מופיע בראש עמוד זה!).
- אין **לתלוש או להפריד** דפים מחוברת הבחינה, ממחברות הטיוטה ומדפי העזר.
- רשמו את מספר הסטודנט שלכם על חוברת הבחינה (בראש עמוד זה), טופס התשובות הממוחשב, על דפי העזר, ועל כל מחברות הטיוטה.
- לא מורדות נקודות (אין "קנס") בגין תשובה שגויה. לכן, כדאי לסמן תשובה כלשהי לכל שאלה.
- אסור שימוש בכל חומר חיצוני. אסורה העברת חומר כלשהו בין הנבחנים, ואסורה כל תקשורת עם אנשים אחרים או כל מקור מידע. האיסור חל על כל צורות התקשורת – מילולית, חזותית, כתובה, אלקטרונית, אלחוטית, טלפתית, או אחרת. בפרט, אין להחזיק בטלפון סלולארי וגם לא במחשבון בזמן הבחינה.

בהצלחה!



שאלה 1 (17 נקודות)

נתונות היחידות הלוגיות הבאות:



איזה קבוצה מבין הקבוצות הבאות אינה מהווה מערכת פעולות שלמה?

- א. $\{NK, NOT\}$
- ב. $\{NK, 1\}$
- ג. $\{K, NOT\}$
- ד. $\{NK, 0\}$
- ה. $\{K, 0\}$

- א. $NOT(NK(NOT(X), Y)) = XY$ ולכן קבוצת הפעולות היא כעת $\{NK, AND, OR\}$ – המערכת שלמה.
- ב. $NK(1, Y) = (0 + Y)' = Y'$ כלומר הצלחנו לממש פעולת NOT , וכעת זה מקרה זהה לתשובה א' – המערכת שלמה.
- ג. $K(NOT(X), Y) = X + Y$ ולכן קבוצת הפעולות היא כעת $\{NK, NOT, OR\}$ – המערכת שלמה.
- ד. נעזר במשפט שנלמד בכיתה $NK(a, a) = 0 \neq a'$ כלומר לא ניתן לממש פעולת NOT בעזרת NK . עבור $NK(0, a) = 0$ ועבור $NK(a, 1) = 0$ ולכן לא ניתן לממש פעולת NOT . מכך נובע כי המערכת אינה שלמה.
- ה. $K(NOT(X), 0) = X'$ כלומר הצלחנו לממש פעולת NOT , וכעת זה מקרה זהה לתשובה ג' – המערכת שלמה.



שאלה 2 (17 נקודות)

נתון כי $(a_{N-1}a_{N-2} \dots a_1a_0)_4 = (Y)_{10}$, כלומר ערכו של המספר $a_{N-1}a_{N-2} \dots a_1a_0$ המיוצג בבסיס 4 הוא Y בייצוג עשרוני.

כעת הספרות '23' שורשרו בצדו הימני של המספר ושאר הספרות נותרו ללא שינוי. מהו ערכו של המספר החדש $(a_{N-1}a_{N-2} \dots a_1a_023)_4$ כתלות ב- Y בייצוג עשרוני?

א. $16Y + 11$

ב. $16Y + 12$

ג. $Y + 11$

ד. $Y + 12$

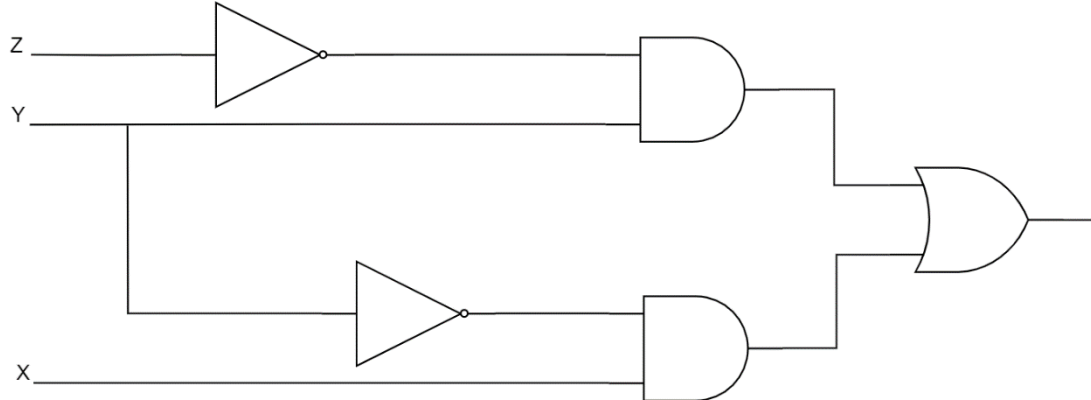
ה. $4Y + 12$

$$\begin{aligned} (a_{N-1}a_{N-2} \dots a_1a_0)_4 &= (a_{N-1} \cdot 4^{N-1} + a_{N-2} \cdot 4^{N-2} \dots a_1 \cdot 4^1 + a_0 \cdot 4^0)_{10} = (Y)_{10} \\ (a_{N-1}a_{N-2} \dots a_1a_023)_4 &= \\ &= (a_{N-1} \cdot 4^{N+1} + a_{N-2} \cdot 4^N \dots a_1 \cdot 4^3 + a_0 \cdot 4^2 + 2 \cdot 4^1 + 3 \cdot 4^0)_{10} = \\ &= ((a_{N-1} \cdot 4^{N-1} + a_{N-2} \cdot 4^{N-2} \dots a_1 \cdot 4^1 + a_0 \cdot 4^0) \cdot 4 \cdot 4 + 2 \cdot 4^1 + 3 \cdot 4^0)_{10} = \\ &= (Y \cdot 4 \cdot 4 + 8 + 3)_{10} = (16Y + 11)_{10} \end{aligned}$$



שאלה 3 (17 נקודות)

נתונה הפונקציה הבאה: $f(x, y, z) = y\bar{z} + x\bar{y}$ ונתון המימוש שלה.
הניחו שהשהיות כל השערים זהות, גדולות מאפס וש $T_{cd}=T_{pd}$ לכל שער.



מצא את השינוי בכניסת המערכת שיכול לגרום הבהוב (Hazard) ביציאה (כאשר שאר המשתנים בערך קבוע כלשהו)

- א. $x=0, y=0, z: 1 \rightarrow 0$
- ב. $x=0, y=0, z: 0 \rightarrow 1$
- ג. $y=0, z=1, x: 1 \rightarrow 0$
- ד. $y=0, z=1, x: 0 \rightarrow 1$
- ה. $x=1, z=0, y: 1 \rightarrow 0$
- ו. $x=1, z=0, y: 0 \rightarrow 1$

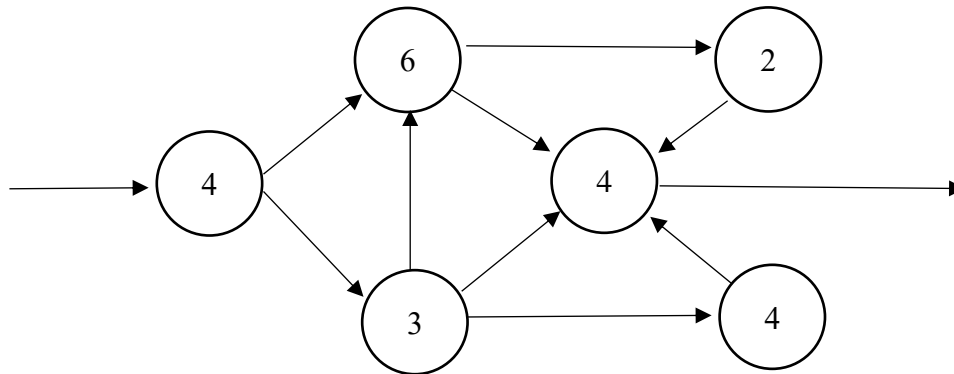
פתרון:

עבור $y: 1 \rightarrow 0$ אנחנו מקבלים כי לפני השינוי ברגל העליונה של שער ה-OR היה 1 ובתחתונה היה 0.
כאשר y משתנה ל-0' הרגל העליונה מספיקה להשתנות מ'1' ל-'0' לפני שהרגל התחתונה משתנה ל-'1'
ונקבל הבהוב ביציאה במשך של $t_{pd}(not)$



שאלה 4 (17 נקודות)

נתונה המערכת הצירופית הבאה (המספרי מציינים השהיית כל רכיב בגנו שניות):



הנכם נדרשים לצנר את המערכת לקבלת תפוקה מקסימלית באמצעות שני סוגי רגיסטרים:

רגיסטר A אידאלי עבורו $t_{setup} = 0, t_{pcq} = 0$

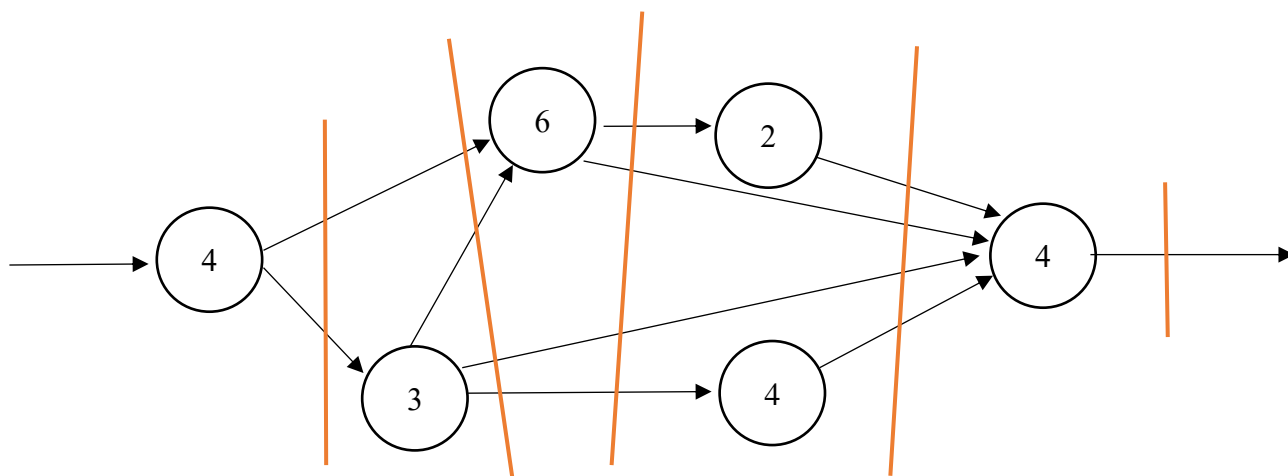
רגיסטר B עבורו $t_{setup} = 1, t_{pcq} = 1$

ברגיסטרים מסוג A יקרים יותר מרגיסטרים B, לכן יש להשתמש בכמה שפחות רגיסטרים מסוג A (זו דרישה משנית לדרישת התפוקה המקסימלית) בכמה רגיסטרים מסוג A השתמשם?

- א. 1
- ב. 2
- ג. 3
- ד. 4
- ה. 6

פתרון:

יש צורך ב-4 רגיסטרים מסוג A. אלה שסביב הרכיב עם השהייה 6





שאלה 5 (17 נקודות)

משדר ומקלט מתקשרים באמצעות קו יחיד לפי שיטה דומה לזאת הנלמדת בקורס. בשיטה הזאת המשדר ישדר start bit שהוא ההופכי מערך הקו רגע לפני תחילת השידור. לאחר מכן ישודרו N סיביות מידע, ולבסוף ישודר stop bit שערכו נבחר אקראית (0 או 1). לאחר מכן יותיר המשדר את הקו ללא שינוי עד לתחילת התשדורת הבאה.
בחרו את התשובה הנכונה:

- א. שיטת שידור זו לא תקינה משום שלא תמיד ניתן לזהות את תחילת השידור.
- ב. שיטה זו מאפשרת שידור וקליטה תקינים, ונותנת הגנה חלשה יותר מפני שגיאות בקו לזאת הניתנת באמצעות השיטה הנלמדת בקורס.
- ג. שיטה זו מאפשרת שידור וקליטה תקינים, ונותנת הגנה זהה מפני שגיאות בקו לזאת הניתנת באמצעות השיטה הנלמדת בקורס.
- ד. שיטה זו מאפשרת שידור וקליטה תקינים, ונותנת הגנה חזקה יותר מפני שגיאות בקו לזאת הניתנת באמצעות השיטה הנלמדת בקורס.
- ה. שיטה זו מאפשרת שידור וקליטה תקינים, ותקטין את ההיסט המצטבר במקלט.

פתרון:
תשובה ב.

בפרוטוקול זה ניתן לזהות את תחילת השידור, מכיון שהמקלט יודע שלאחר N סיביות מידע הוא אמור לקבל סיבית כלשהי (רנדומלית). לאחר מכן כאשר הוא יקבל סיבית בערך אחר, זו תחילת השידור.
ישנן תקלות שהפרוטוקול מהקורס יוכל לזהות והפרוטוקול הנוכחי לא יוכל מכיון שאינו יודע מראש מה ערך סיבית stop שהוא אמור לקבל.



שאלה 6 (15 נקודות)

נתון קוד ה-SystemVerilog הבא (ה-module ששמו AND2 מממש שער AND עם השהיות, בדומה לספריית השערים שניתנה בסימולציה 1):

```
module my_module (
    input logic a,
    output logic out
);
    localparam N = 6;

    logic [N - 1:0] w;

    AND2 #(.Tpdhl(1), .Tpdlh(2)) and_inst (.Z(w[0]), .A(a), .B(a));

    genvar i;
    generate
        for (i = 0; i < N - 1; i = i + 1) begin
            AND2 #(.Tpdhl(2), .Tpdlh(3)) and_inst (.Z(w[i + 1]), .A(w[i]), .B(w[i]));
        end
    endgenerate

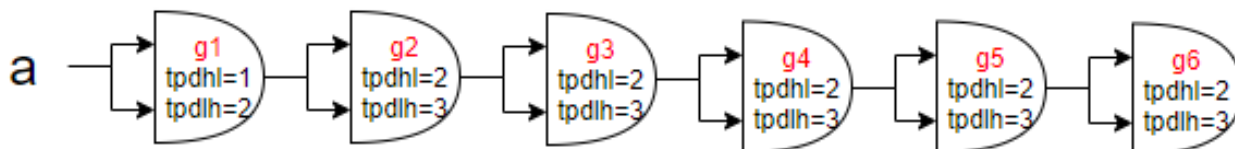
    assign out = w[N - 1];
endmodule
```

ערכי ההשהיה של השערים נתונים ביחידות ns. מהי ההשהיה המינימלית והמקסימלית שיכולה להיווצר במעגל זה מהכניסה אל היציאה?

- ההשהיה המינימלית היא 2 ns והמקסימלית היא 3 ns.
- ההשהיה המינימלית היא 6 ns והמקסימלית היא 12 ns.
- ההשהיה המינימלית היא 10 ns והמקסימלית היא 15 ns.
- ההשהיה המינימלית היא 11 ns והמקסימלית היא 17 ns.
- ההשהיה המינימלית היא 12 ns והמקסימלית היא 18 ns.

פתרון

החומרה הנוצרת מהקוד היא שרשרת של שערי AND שהכניסה שלהם מקוצרת:



פרמטרי ההשהיות של שער g1 שונים משאר השערים בשרשרת.

כאשר a משתנה מ-0 ל-1, כל היציאות של השערים משתנות מ-0 ל-1 ולכן חישוב ההשהיה הוא:

$$Tpdlh(g1) + Tpdlh(g2) + Tpdlh(g3) + Tpdlh(g4) + Tpdlh(g5) + Tpdlh(g6) = 2 + 3 \cdot 5 = 17$$

כאשר a משתנה מ-1 ל-0, כל היציאות של השערים משתנות מ-1 ל-0 ולכן חישוב ההשהיה הוא:

$$Tpdhl(g1) + Tpdhl(g2) + Tpdhl(g3) + Tpdhl(g4) + Tpdhl(g5) + Tpdhl(g6) = 1 + 2 \cdot 5 = 11$$

לכן התשובה הנכונה היא **תשובה ד'**.