

**מערכות ספרתיות ומבוא למבנה המחשב**

תש"פ, סמסטר א', מועד א', 25/2/2020

מרצה: פרופ' פרדי גבאי

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מספר זהות** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**הוראות:**

1. יש לענות על כל השאלות.
2. משך המבחן: שלוש שעות.
3. במבחן יש 15 שאלות. הניקוד של כל שאלה מופיע לצידה. חובה לענות על כל השאלות במבחן.
4. **יש לבחור תשובה אחת בלבד (התשובה הנכונה ביותר) ולסמנה בעיגול בטבלת ריכוז התשובות המצורפת בעמ׳ 2. סימון יותר מתשובה אחת יחשב לשגיאה.**
5. יתקבלו תשובות שנכתבו בטבלת ריכוז התשובות **בלבד**.
6. **סימון תשובות בטופס הבחינה בכל מקום, למעט טבלת ריכוז התשובות, לא יהווה בסיס לערעור.**
7. יש לרשום את ת.ז. גם על טופס הבחינה וגם על מחברת הטיוטה ולהחזיר אותה עם טופס הבחינה.
8. קראו אתהשאלות **בעיון רב** ורק לאחר מכן השיבו על השאלות.
9. כתבו את הבחינה בכתב ברור ומסודר.
10. אין להשתמש בכל חומר עזר פרט למחשבון. אין להשתמש בכל חומרי עזר אלקטרוניים אחרים.
11. **דפי נוסחאות מצורפים כחלק נספח לבחינה.**
12. יש להחזיר את טופס המבחן.
13. אסור להוציא את טופס המבחן.

**בהצלחה !**

גרסה 1

**טבלת ריכוז תשובות**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מספר זהות** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| שאלה | נקודות | תשובה | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 8 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 6 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 6 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 6 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 6 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 6 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 6 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |
|  | 7 | א | ב | ג | ד | ה | ו |

מדבקת בר קוד

**ציון -\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

1. (7 נק׳) נתון כי הסיגנל x הכיל את הערך 0x456789ab (ערך הקסדצימלי) לפני עליית השעון.

עבור אילו מקטעי הקוד ורילוג הבאים יכיל הסיגנל x בהכרח את הערך 0x89ab4567 לאחר עליית השעון? בחרו את התשובה הנכונה:

always @(posedge clk)

begin

y <= x;

x[31:16] <= x[15:0];

x[15:0] <= x[31:16];

end

ב.

always @(posedge clk)

begin

y <= x;

x[31:16] <= y[15:0];

x[15:0] <= x[31:16];

end

ג.

always @(posedge clk)

begin

y <= x;

x[31:16] <= y[15:0];

x[15:0] <= y[31:16];

end

ד.

always @(posedge clk)

begin

y <= x;

x[31:16] <= x[23:8];

x[15:0] <= {x[31:24], x[7:0]};

end

always @(posedge clk)

begin

y <= x;

x[31:16] <= {x[31:24], x[7:0]};

x[15:0] <= x[23:8];

end

ה.

ו. אף תשובה אינה נכונה.

1. (8 נק׳) נתונה מכונת המצבים הבאה בשפת ורילוג:

**module** Mealy\_mdl (x,y,CLK,RST);

**input** x,CLK,RST;

**output** y;

**reg** y;

**reg** [1:0] Prstate,Nxtstate;

**parameter** S0=2'b00,S1=2'b01,S2=2'b10,S3=2'b11;

**always**@(**posedge** CLK or **negedge** RST)

**if** (~RST) Prstate <= S0; //Initialize to state S0

**else** Prstate <= Nxtstate; //Clock operations

**always** @(Prstate or x) //Determine next state

**case** (Prstate)

S0: **if** (x) Nxtstate = S1;

S1: **if** (x) Nxtstate = S3;

**else** Nxtstate = S0;

S2: **if** (~x)Nxtstate = S0;

S3: **if** (x) Nxtstate = S2;

**else** Nxtstate = S0;

**endcase**

**always** @(Prstate or x) //Evaluate output

**case** (Prstate)

S0: y = 0;

S1: **if** (x) y = 1'b0; **else** y = 1'b1;

S2: **if** (x) y = 1'b0; **else** y = 1'b1;

S3: **if** (x) y = 1'b0; **else** y = 1'b1;

**endcase**

**endmodule**

עבור סדרת הכניסה x=1, 1, 1, 0 בחר/י את התשובה הנכונה:

1. y= 0, 0, 0, 1
2. y= 0, 0, 1, 0
3. y= 0, 0, 0, 0
4. y= 0, 1, 0, 1
5. y= 1, 0, 0, 0
6. אף תשובה אינה נכונה
7. (6 נק׳) נתונה הפונקציה הבוליאנית f(x1, x2, x3, x4).

איזה מהביטויים הבאים שקולים לפונקציה הנ״ל? – בחר/י את התשובה הנכונה:

1. x2•f(x1, 1, x3, x4) + x2’•f(x1, 0, x3, x4)
2. x2•f(x1, 1, x3, x4) + x2’•f(x1, 1, x3, x4)
3. x2•f(x1, 1, x3, x4) + x2’•f(0, 0, x3, x4)
4. x2’•f(x1, 1, x3, x4) + x2•f(x1, 0, x3, x4)
5. x1• x2•f(1, 1, x3, x4) + x2’•f(x1, 0, x3, x4)
6. אף תשובה אינה נכונה.

׳ – היה פעולת NOT

+ - הינה פעולת OR

• - הינה פעולת AND

1. (6 נק׳) נתונה מכונת עקיבה עם טבלה מעבר המצבים:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *PS* | *NS, z* | |
| *x=0* | *x=1* |
| *A* | *E,0* | *C,0* |
| *B* | *C,0* | *A,0* |
| *C* | *B,0* | *G,0* |
| *D* | *G,0* | *A,0* |
| *E* | *F,1* | *B,0* |
| *F* | *E,0* | *D,0* |
| *G* | *D,0* | *G,0* |

**עבור סדרת כניסה בגודל 2,** בחר/י את התשובה הנכונה:

1. המצבים A ו- E הינם ברי הבחנה זה מזה.
2. המצבים B ו- D הינם ברי הבחנה זה מזה.
3. המצבים C ו- G הינם ברי הבחנה זה מזה.
4. המצב E אינו בר הבחנה.
5. כל אחד מהמצבים B, C, D, G הינם ברי הבחנה
6. אף תשובה אינה נכונה
7. (6 נק׳) נתונה התכנית הבאה בשפת אסמבלי של ה- riscv

lw x12, 0(x9)

add x10, x10, x12

addi x10, x10, 4

slli x10, 2

נתון ש Mem[0+x9]=5 , X10=2

בחר/י את התשובה הנכונה:

1. בסיום התכנית x10=44
2. בסיום התכנית x10=22
3. בסיום התכנית x10=11
4. בסיום התכנית x10=7
5. בסיום התכנית x10=9
6. אף תשובה אינה נכונה

1. (6 נק׳) נתון המעגל הבא:

Full Adder

Cin

a

b

s

Cout

Full Adder

Cin

a

b

s

Cout

Full Adder

Cin

a

b

s

Cout

Full Adder

Cin

a

b

s

Cout

CTRL

11 10 01 00

Decoder

X[1:0]

Z[0]

Z[1]

Z[2]

Z[3]

Z[4]

0

CTRL

11 10 01 00

Decoder

Y]1:0]

בחר/י את התשובה הנכונה:

1. Z[4:0] = 2x[1:0] + 2Y[1:0]
2. Z[4:0] = X[1:0] + Y[1:0]
3. Z[4:0] = X[1:0] \* Y[1:0]
4. Z[4:0] = X[0:1] + Y[0:1]
5. Z[4:0] = 2x[1:0]+Y[1:0]
6. אף תשובה אינה נכונה
7. (6 נק׳) נתון המעגל הסינכרוני המתואר בציור להלן:

למעגל כניסה X(t), שעון CLK ויציאות Y2(t), Y1(t), Y0(t)

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

נתון כי הערך ההתחלתי של מוצא ה- FFs הינו 0.

נתונים ערכי הכניסה של X(t) במחזורי השעון הבאים:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | CLK |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | X(t) |

ערכם של המוצאים **לאחר** 4 מחזורי שעון (לפני עלית השעון החמישית) תהיה - בחר/י את התשובה הנכונה:

1. Y2(t)=1, Y1(t)=0, Y0(t)=1
2. Y2(t)=1, Y1(t)=0, Y0(t)=0
3. Y2(t)=1, Y1(t)=1, Y0(t)=1
4. Y2(t)=0, Y1(t)=0, Y0(t)=1
5. Y2(t)=0, Y1(t)=1, Y0(t)=0
6. אף תשובה אינה נכונה
7. (7 נק׳) נתון המעגל הסינכרוני המתואר בציור להלן:

למעגל כניסה X(t), שעון CLK ויציאות Y2(t), Y1(t), Y0(t)

![A close up of text on a white background

Description automatically generated]()

נתונים:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| thold | tsetup [ps] | tcont [ps] | tpd [ps] |  |
| 0 | 15 | 8 | 25 | FF |
| -- | -- | 0 | 60 | FA |
| -- | -- | 10 | 40 | X(t) |

מה זמן מחזור השעון המינימלי בו יעבוד המעגל בצורה תקינה? - בחר/י את התשובה הנכונה:

1. 160ps.
2. 100ps.
3. 115ps.
4. 220ps.
5. לא ניתן לקבוע כי thold=0
6. אף תשובה אינה נכונה
7. (7 נק׳) נתונה מכונת עקיבה עם טבלה מעבר המצבים:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PS | NS, Z | NS, Z |
| x = 0 | x = 1 |
| A | C,0 | B,0 |
| B | C,0 | D,0 |
| C | E,0 | B,0 |
| D | F,1 | D,0 |
| E | E,0 | G,1 |
| F | E,0 | B,0 |
| G | C,0 | D,0 |

מה עושה מכונת המצבים הנתונה? - בחר/י את התשובה הנכונה:

1. מוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 001  
   ומוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 110
2. מוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 000
3. מוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 111
4. מוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 001
5. מוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 110
6. מוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 000   
   ומוציאה 1 אם שלושת הביטים האחרונים בקלט הם 110
7. (7 נק׳) נתון המעגל הבא עם שלושה FF-ים ושלושה מעגלים צירופיים:

A close up of a logo

Description automatically generated

נתוני התזמונים ביחידות של ns

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  | **0.25** | **5** | **CL1** |
|  |  | **0.25** | **3** | **CL2** |
|  |  | **0.5** | **3** | **CL3** |
| **1.5** | **1.5** | **0.5** | **2** | **FF1** |
| **1.5** | **1.5** | **0.75** | **1** | **FF2** |
| **1.5** | **1.5** | **0.5** | **2** | **FF3** |

בחר/י את התשובה הנכונה:

1. המעגל לא יעבוד באופן תקין ללא תלות בזמן המחזור
2. המעגל יפעל בצורה תקינה עם זמן מחזור מינימלי של 12.5ns
3. המעגל יפעל בצורה תקינה עם זמן מחזור מינימלי של 10.5ns
4. המעגל יפעל בצורה תקינה עם זמן מחזור מינימלי של 8.5ns
5. המעגל יפעל בצורה תקינה עם זמן מחזור מינימלי של 6.5ns
6. המעגל יפעל בצורה תקינה עם זמן מחזור מינימלי של 14.5ns
7. (7 נק׳) נתונה המערכת הצירופית הבאה ( המספרים מציינים את השהיית כל רכיב בננו-שניות):

הנכם נדרשים לצנר את המערכת לקבלת תפוקה (throughput) **מקסימלית** באמצעות רגיסטר שנתוניו הם:

הנח/י שלא נדרש לדגום את הכניסה, אך המוצא חייב לצאת דגום.

מהי תפוקת המערכת המצונרת ומהו מספר הרגיסטרים שנדרשים בכדי להשיג תפוקה זו?

1. התפוקה הינה 90.909 מיליון חישובים בשנייה ונדרשים 10 רגיסטרים.
2. התפוקה הינה 83.333 מיליון חישובים בשנייה ונדרשים 10 רגיסטרים.
3. התפוקה הינה 90.909 מיליון חישובים בשנייה ונדרשים 11 רגיסטרים.
4. התפוקה הינה 100 מיליון חישובים בשנייה ונדרשים 10 רגיסטרים.
5. התפוקה הינה 83.333 מיליון חישובים בשנייה ונדרשים 11 רגיסטרים.
6. כל התשובות שגויות

1. (7 נק׳) הפונקציה הבוליאנית מתוארת על ידי מפת הקרנו הבאה:

A close up of a logo

Description automatically generated

איזה מהמשפטים הבאים נכון? - בחר/י את התשובה הנכונה:

1. המפה מייצגת את המשוואה
2. המפה מייצגת את המשוואה
3. המפה מייצגת את המשוואה
4. המפה מייצגת את המשוואה
5. אין מספיק נתונים לקביעת המשוואה שמייצגת את המפה
6. אף תשובה אינה נכונה
7. (6 נק׳) מהו ייצוג ה- POS (מכפלה של סכומים) הקנוני של המערכת הבאה?

- בחר/י את התשובה הנכונה:

**A close up of a logo

Description automatically generated**

1. אף תשובה אינה נכונה
2. (7 נק׳) נתון המעגל הבא:

A close up of a logo

Description automatically generated

איזה מהביטויים הבאים נכון?

1. אין מספיק נתונים לקביעת ערך הביטוי
2. אף תשובה אינה נכונה
3. (7נק׳) נתונה הפונקציה y[1:0]=f(x[1:0]) המחזירה את מספר ה-1-ים ב- x[1:0].

למשל עבור   x[1:0]=10 הפונקציה תחזיר y[1:0]=01.

בחר/י את התשובה הנכונה:

1. y[0] ו- y[1] הם מערכת ייצוג שלמה יחד עם הקבוע 1.
2. y[0] הוא מערכת ייצוג שלמה יחד עם הקבוע 1.
3. y[0] הוא מערכת ייצוג שלמה ללא שימוש בקבועים 0 ו-1.
4. y[1] הוא מערכת ייצוג שלמה ללא שימוש בקבועים 0 ו-1.
5. y[1] הוא מערכת ייצוג שלמה יחד עם הקבוע 0.
6. אף תשובה אינה נכונה

נספח דפי נוסחאות למבחן

# ייצוג מספרים

## בסיס

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

## מספרים בשיטת המשלים ל-2

**A screenshot of a cell phone

Description automatically generated**

# לוגיקה צירופית

## זהויות

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| x+x=x | x•x=x | 1. אדישות |
| x+0=x  x+1=1 | x•0=0  x•1=x | 2. ערכים אדישים ושולטים |
| x+y=y+x | x•y=y•x | 3. חילוף |
| (x+y)+z=x+(y+z) | (x • y) • z=x •(y • z) | 4. קיבוץ |
| x+x`=1 | x•x`=0 | 5. השלמה |
| x (y+z)=xy+xz | x +(y•z)=(x+y)•(x + z) | 6. פילוג |
| x(x+y)=x | x+xy=x | 7. בליעה (ראשון) |
| x(x’+y)=xy | x+x’y=x+y | 8. בליעה (שני) |
|  | xy+x`z+yz=xy+x`z | 9. קונצנזוס |
|  | (x`)`=x | 10. היפוך עצמי |
| (x+y)`=x`• y` | (xy)`=x`+y` | 11. דה-מורגן |
|  | (x+y)(x+z)=x+yz | 12. |

## משפט הפיתוח של שנון



## תכונות הפונקציה XOR





## מערכת פעולות שלמה (Functionally Complete Operations)

הגדרה: קבוצה של אופרטורים וקבועים נקראת שלמה, אם ניתן לתאר באמצעותה כל פונקציית מיתוג.

# מכונות מצבים סופיות

## מכונת מצבים סופית מסוג מילי (Mealy)

המצב הבא והיציאה הם פונקציות של המצב הנוכחי ושל הכניסה

## מכונת מצבים סופית מסוג מור (Moore)

המצב הבא הוא פונקציה של המצב הנוכחי ושל הכניסה

היציאה היא פונקציה של המצב הנוכחי בלבד

## תיזמון מותנה של DFF (Positive Edge Triggered)

אם הכניסה D יציבה ותקפה במשך קטע הזמן החל מ- tSU  לפני עליית השעון ועד tH לאחר עליית השעון, אזי:

1. ערך המוצא שהיה תקף לפני עליית השעון ממשיך להיות תקף לפחות במשך tcCQ לאחר עליית השעון (ניתן להניח כי tcCQ>tH)
2. המוצא יקבל את הערך שהיה ב-D בעת עליית השעון לאחר tpCQ לכל היותר

## תיזמון מכונת מצבים סופית סינכרונית

A screenshot of a social media post

Description automatically generated

## כללי התזמון

* משך מחזור השעון T:

T ≥ tpC-Q+ tpd(Combinational Logic)+tS

* הכניסות למערכת הצירופית צריכות להיות תקפות בערכים הנכונים במשך tS(input):

tS(input) ≥ tpd(Combinational Logic)+tS

* tc**C-Q** + (Combinational Logic) tcdבמערכת הצירופית צריך להיות ארוך מאשר tH של הזיכרונות
* הכניסות למערכת הצירופית צריכות להיות תקפות בערכים הנכונים במשך tH(input) המקיים:tH(input) ≥ tH - tcd (Combinational Logic)

# שפת אסמבלי

תקציר פקודות רלוונטיות מתוך ה-RISC-V Card

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **DESCRIPTION** | **NAME** | **Format** | **MNEMONIC** |
| R[rd]=R[rs1]+R[rs2] | ADD (Word) | R | add rd, rs1, rs2 |
| R[rd]=R[rs1]+imm | ADD Immediate (Word) | I | addi rd, rs1, imm |
| if (R[rs1] == R[rs2])  PC = PC + {imm,1b'0} | Branch EQual | SB | beq rs1, rs2, imm |
| if (R[rs1] != R[rs2])  PC = PC + {imm,1b'0} | Branch Not Equal | SB | bne rs1, rs2, imm |
| if (R[rs1] < R[rs2])  PC = PC + {imm,1b'0} | Branch Less Than | SB | blt rs1, rs2, imm |
| PC = PC + {imm,1b'0} | Jump | UJ | j imm |
| R[rd] = {32'bM[](31),M[R[rs1]+imm](31:0)} | Load Word | I | lw rd, imm(rs1) |
| M[R[rs1]+imm](31:0) = R[rs2](31:0) | Store Word | S | sw rs2, imm(rs1) |
| R[rd] = R[rs1] << imm | Shift Left Immediate | I | slli rd, imm(rs1) |
| R[rd] = R[rs1] >> imm | Shift Right Immediate | I | srli rd, imm(rs1) |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

# מיקרו ארכיטקטורת מעבד RISC-V Single-Cycle

