

BAR-ILAN UNIVERSITY (RA)
School of Engineering
Ramat-Gan 52900, Israel



אוניברסיטת בר-אילן (ע"ר)
הפקולטה להנדסה
רמת-גן 52900

Tel: 03-5317722
engbi@mail.biu.ac.il

מעגלי ומערכות VLSI דיגיטליים

תשע"ה סמסטר א' מועד ב'

83-612

מרצה: פרופ' שמואל וימר

מתרגל: מר בנימין פרנקל

- יש לקרוא היטב את ההוראות.
- חובה לענות על כל השאלות.
- יש לנמק את כל תשובותיכם.
- אין צורך לפתח מחדש תוצאות שהוכחו בכיתה, אלא אם כן נאמר מפורשות לעשות כן.
- יש לשרטט תרשימים באופן ברור!
- יש להקפיד על כתב יד קריא!
- **חומר עזר מותר:** כל חומר עזר מודפס מותר בשימוש.
- **משך הבחינה:** שלוש שעות

בהצלחה!

שאלה מספר 1 (60 נקודות):

נתונה יחידת ALU הפועלת במעבד MIPS של 64 סיביות.

נתון כי ה-ALU הוא תמיד הרכיב הקריטי מבחינת זמן המחזור של שעון המערכת.

ה-ALU משתמש ב-RCA (Ripple Carry Adder).

נתון t_{pd_0} עבור כל יחידה לוגית ב-RCA.

נניח שמריצים תכנית המבצעת פעולות חיבור בלבד.

עבור התכנית נתון: $Activity Factor = \alpha_0$

בתנאים נומינליים, המעבד פועל בתדר מקסימלי של $f_0 = 100 [MHz]$, כאשר: $CPI = 1.0$.

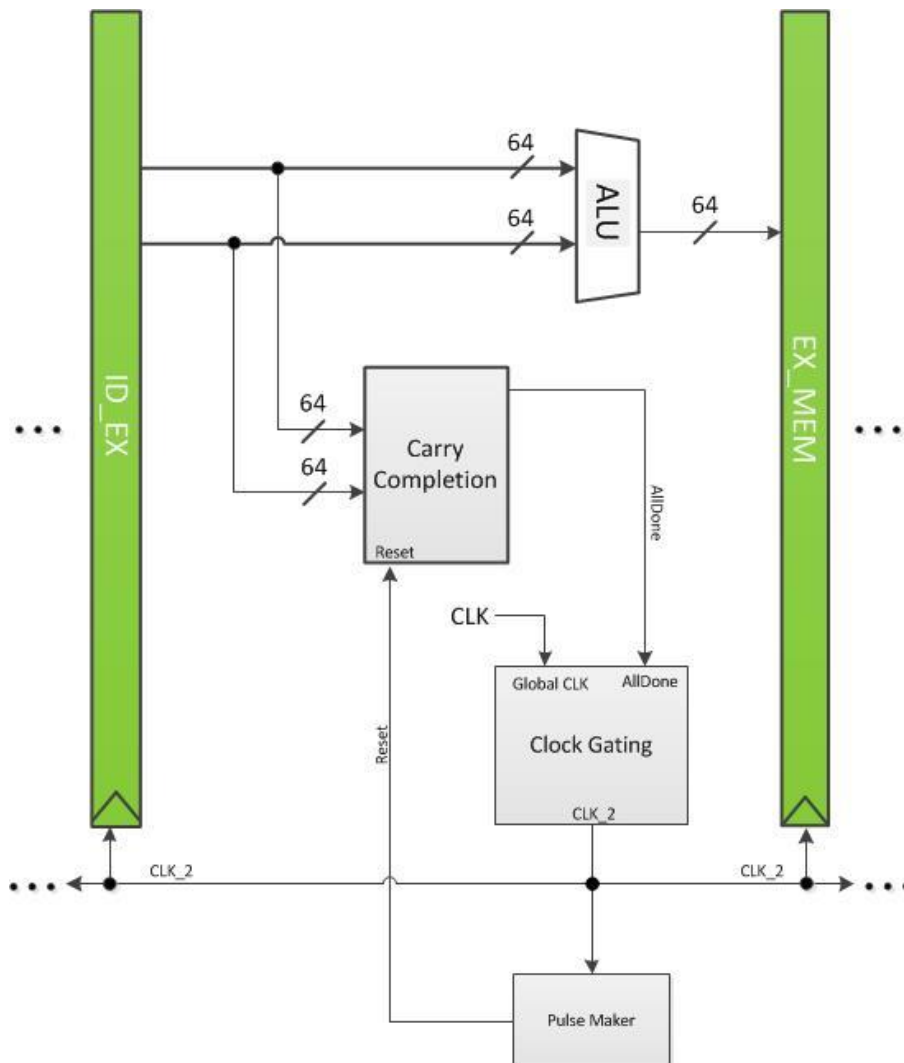
א. רשום את זמן המחזור של השעון במונחים של: $t_{su}, t_{cq}, t_{hold}, t_{pd_0}$.

ב. עבור V_{DD} נתון ועבור קיבול כולל נתון C , מהו ההספק הדינמי המתבזבז ע"י ה-Adder?

• כעת, רוצים לבחון אלטרנטיבות לשיפור הביצועים של המעבד. נשתמש במעגל

Carry-Completion Detection, לצורך יצירת סיבית AllDone.

בתרשים הבא מתוארת הצעה לארכיטקטורה של המעגל:



כאשר, הבלוק של ה-Carry-Completion צריך לעבור Reset בתחילה של כל ביצוע פעולת חישוב, על-מנת לאתחל את סיביות המידע של ה-Carry-Completion Detection בכל תחילת מחזור של ה-MIPS.

- ג. לשם מה משמש הסיגנל CLK_2, ובמה הוא שונה מ-CLK (השעון הכללי של המעבד)?
- ד. שרטט מימוש עבור הבלוקים: Carry-Completion, Clock-Gating ו-Pulse Maker. הסבר את השרטוטים ונמק את האופן בו מימשת כל אחד מהבלוקים הנ"ל.
- ה. מהי סיבוכיות הזמן הממוצע הדרוש לביצוע פעולת חיבור? רשום תשובתך באופן כללי, כפונקציה של מספר הסיביות ($n - bits$). השווה את השיפור בסיבוכיות הזמן לעומת זו של RCA רגיל.

• נתונים: $\eta_{64}(h)$, $h = 1, 2, \dots$

כאשר $\eta_{64}(h)$ מבטא את ההסתברות עבור מקרה שבו ה-Carry מחלחל לאורך h סיביות או יותר, ב-Adder של 64 סיביות.

נבחנת האפשרות לעבוד בתדרים הבאים: $200[MHz]$, $400[MHz]$, $800[MHz]$.

ניתן להניח כי: $t_{su}, t_{cq}, t_{hold} \rightarrow 0$

ו. רשום ביטוי עבור ה-CPI החדש המתקבל עבור כל אחד מהתדרים הנ"ל.

- בסעיפים הבאים, נבחן את העבודה בתדר $800[MHz]$ לעומת עבודה בתדר הנומינלי ($100[MHz]$).

ז. האם ההספק הדינמי הממוצע הנצרך ע"י ה-Adder השתנה עבור עבודה בתדר החדש ($800[MHz]$)? אם כן, מהו יחס ההספק הדינמי החדש לעומת ההספק הדינמי עבור עבודה ב- $100[MHz]$?

ח. האם ההספק הסטטי הנצרך ע"י ה-Adder השתנה עבור עבודה בתדר החדש? אם כן, מהו יחס ההספק הסטטי החדש לעומת ההספק הסטטי עבור עבודה ב- $100[MHz]$?

ט. האם השינוי בתדר משפיע על האנרגיה הדינמית הנצרכת ע"י ה-ALU? אם כן, כיצד?

י. האם השינוי בתדר משפיע על האנרגיה הסטטית הנצרכת ע"י ה-ALU? אם כן, כיצד?

יא. האם השינוי בתדר משפיע על ה-Latency (במונחי זמן)? אם כן, כיצד?

שאלה מספר 2 (40 נקודות):

נתון מוליך (Interconnect) באורך L המחבר בין Driver לבין Receiver.
המוליך נמצא בין שני מסככים (Shields).

התנגדות המוליך לריבוע נתונה ע"י: $r \left[\frac{\Omega}{\square} \right]$

התנגדות המוצא של ה-Driver נתונה ע"י R_d , וקיבול המוצא שלו נתון ע"י C_d .

קיבול הכניסה של ה-Receiver נתונה ע"י C_g (התנגדות הכניסה היא אינסופית).

הקיבול הכללי של המוליך ליחידת אורך מורכב משני מרכיבים:

- קיבול ליחידת שטח בין המוליך לבין שכבות אחרות:

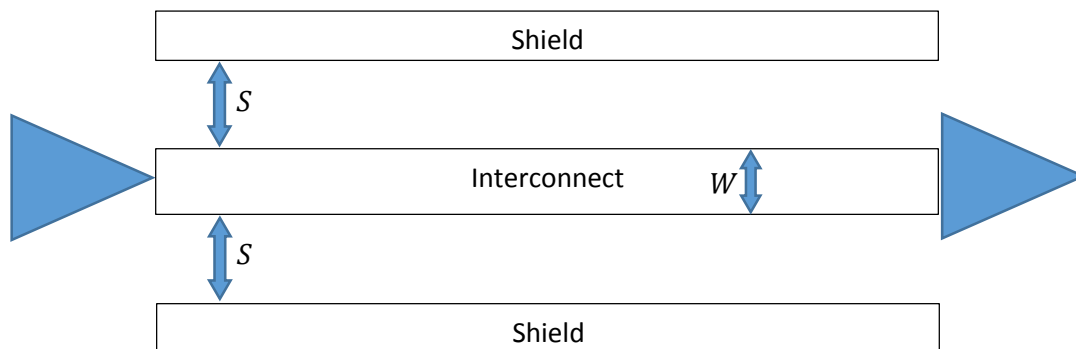
$$C_0 = C_{top} + C_{bot} \left[\frac{f^F}{(\mu m)^2} \right]$$

- קיבול ליחידת אורך בין המוליך לבין מסכך בודד (Shield): $C_{lsl} = \frac{C_{adj}}{S} \left[\frac{f^F}{\mu m} \right]$

כאשר S זהו המרווח בין המוליך לבין הסיכך.

המפעל (Fab) מעמיד לרשותנו רק 3 גדלים אפשריים של רוחב עבור המוליך (W):

$$W_{min} = x, \quad W_{mid} = 2x, \quad W_{max} = 3x$$



בנוסף, נתון כי המרחק בין שני המסככים הוא $5x$, וכי המוליך נמצא תמיד במרכז

הסימטריה בין שני המסככים.

א. מהו רוחב המוליך שיש לבחור על-מנת לפגוע כמה שפחות בזמן מעבר הסיגנל דרך המוליך? נמק.

ב. מהו רוחב המוליך שיש לבחור על-מנת לחסוך כמה שיותר בהספק? נמק.

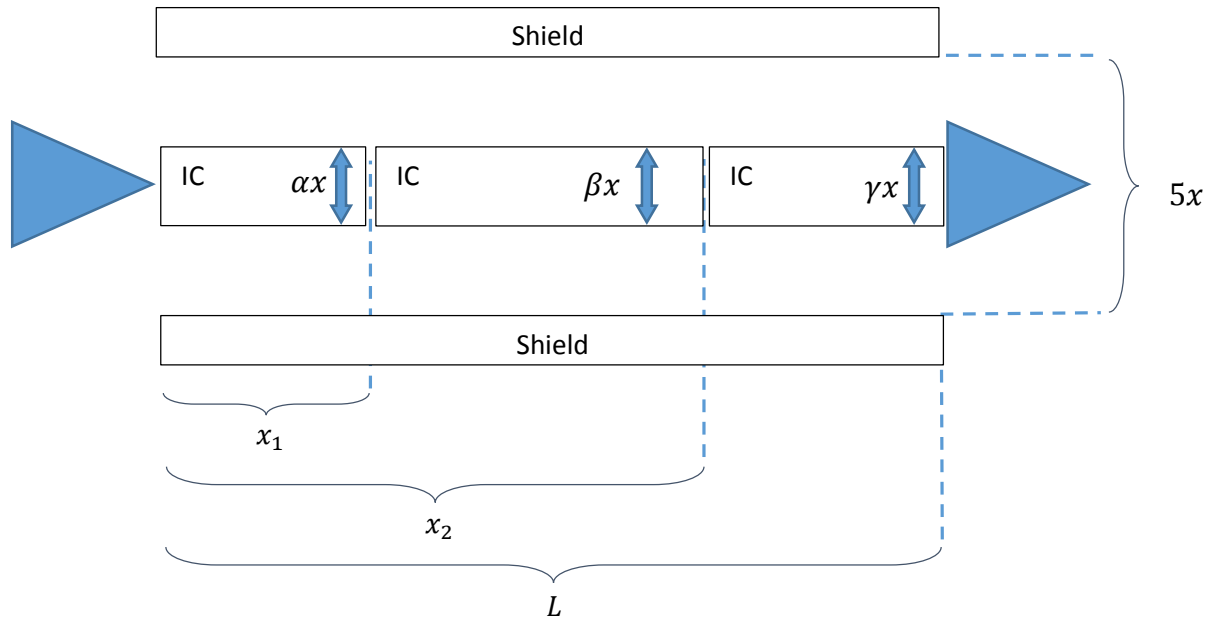
ג. מהו ההפרש בהשהיה של הסיגנל (Delay) בין המקרה עבור תשובתך בסעיף א' לבין המקרה עבור תשובתך בסעיף ב'? הבע תשובתך במובן של $T_{pd,50\%}$ כפונקציה של:

$$C_0, C_{adj}, C_g, C_d, x, L, R_d, r$$

ד. בהינתן תדר עבודה f ומתח אספקה V_{dd} , מהו ההפרש בהספק בין שני המקרים?

- אנו מעוניינים למזער את ה-Delay, ע"י ניצול של האפשרויות אותן המפעל מעמיד לרשותנו.

התרשים הבא מתאר באופן איכותי את מימוש המוליך (IC) באופן שימזער את ה-Delay:



כאשר: $\alpha, \beta, \gamma \in \{1, 2, 3\}$

ה. קבע את ערכי α, β, γ אשר יביאו למזעור של ה-Delay. שרטט באופן איכותי ונמק בחירתך.

- רשום מפורשות את כל המשוואות הנדרשות ע"מ לפתור את בעיית המינימיזציה, והסבר כיצד נמצא את נקודות השבירה x_1, x_2 (אין צורך להגיע לביטוי הסופי).
- כיצד שינוי בערכו של C_{adj} ישפיע על ערכי x_1, x_2 ? הסבר!