

תרגיל

נתונות שתי תנועות

- ▶ אחת מעבירה 100 מ מחשבון A לחשבון B
- ▶ השנייה מעבירה 200 מ מחשבון B לחשבון A
- ✳ כתוב תזמון לא סדרתי של שתי התנועות כך ש-
 - ▶ אם מביאים בחשבון את פעולות החישוב המדויקות, אז התזמון נותן אותה תוצאה (קרי, כותב ערכים סופיים למסד) כמו תזמון סדרתי
 - ▶ אם מסתכלים רק על ההפשטה, אז אפשר למצוא חישוב שעבורו אין אותה תוצאה לאף תזמון סדרתי

2

ניהול תנועות

תרגול 1

1

© כל הזכויות שמורות ליהושע שגיב

צד ימין אינו בר סדרתיות (לפי איזה הגדרה?)

Read(A)	Read(A)
A:=A-100	
Write(A)	Write(A)
Read(B)	Read(B)
B:=B-200	
Write(B)	Write(B)
Read(A)	Read(A)
A:=A+200	
Write(A)	Write(A)
Read(B)	Read(B)
B:=B+100	
Write(B)	Write(B)

אבל אין תזמון סדרתי שעושה אותן פעולות וגם קורא אותם ערכים

צד ימין הוא ההפשטה (אבסטרקציה) של הביצוע

Read(A)	Read(A)
A:=A-100	
Write(A)	Write(A)
Read(B)	Read(B)
B:=B-200	
Write(B)	Write(B)
Read(A)	Read(A)
A:=A+200	
Write(A)	Write(A)
Read(B)	Read(B)
B:=B+100	
Write(B)	Write(B)

צד שמאל נותן אותה תוצאה כמו תזמון סדרתי (שמורכב מאותן פעולות) בגלל הקומוטטיביות של פעולות החיבור

הערות

- ✳ קל למצוא דוגמה נגדית
 - ▶ במקרה הזה דוגמה נגדית אחת מראה שאין שקילות לאף תזמון סדרתי, אבל (אולי) במקרה הכללי צריך דוגמה נגדית נפרדת לכל תזמון סדרתי
- ✳ במקור היינו צריכים לבדוק שקילות תוך התייחסות לחישוב הפרטני של כל עיסקה
 - ▶ זה קשה מדי
- ✳ הפכנו הבעיה לקלה ע"י כך שמספיק למצוא דוגמה נגדית כלשהי, ללא קשר לחישוב המקורי
 - ▶ המחיר: יש לנו רק תנאי מספיק לשקילות עבור הבעיה המקורית

6

חישוב שעבורו ההפשטה בצד ימין נותנת תוצאה שונה מכל תזמון סדרתי

- ✳ עסקה אחת כותבת אפס עבור כל פריט (בלי קשר למה שהיא קוראת), בעוד שהעסקה השנייה כותבת אחד
- ✳ לכן, בתזמון סדרתי התוצאה הסופית במסד היא אחד או אפס עבור שני הפריטים
- ✳ בעוד שבתזמון הנתון (בצד ימין של השקף הקודם), התוצאה הסופית היא אחד עבור פריט אחד ואפס עבור השני

5

קונפליקטים בין תנועות

בין שתי פעולות, שלפחות אחת מהן היא פעולת כתיבה, קיים קונפליקט אם הן מתבצעות על אותו פריט ע"י שתי תנועות שונות

בדוגמה מימין יש 3 קונפליקטים

T_i	T_k
$R(A)$	
	$R(A)$
$R(B)$	
$W(C)$	
	$R(C)$
	$W(B)$
$W(D)$	
	$W(D)$

שקילות קונפליקטים

שקילות קונפליקטים גוררת
שקילות מבטים

למה 1: אם התזמונים S_1 ו- S_2 הנם
שקולי קונפליקטים, אז הם גם שקולי
מבטים

הערה: הלמה נכונה גם אם יש
כתיבות עיוורות

הוכחה: בשקפים הבאים

הגדרה של שקילות קונפליקטים

Conflict Equivalence

שני תזמונים הנם **שקולי קונפליקטים** אם

- ▶ הם מורכבים מאותן תנועות (ולכן תנועה אותה סדרת פעולות בשני התזמונים)
- ▶ כל צמד של פעולות שיש ביניהן קונפליקט מופיע בשני התזמונים באותו סדר

הערה: הקונפליקטים הם

- ▶ קריאה ולאחריה כתיבה על אותו פריט
- ▶ כתיבה ולאחריה קריאה על אותו פריט
- ▶ כתיבה ולאחריה כתיבה נוספת על אותו פריט

9

הוכחה של למה 1

נניח, בדרך השלילה, שהתזמונים S_1 ו- S_2 הם
שקולי קונפליקטים אבל לא שקולי מבטים
יש שלוש אפשרויות לכך ש- S_1 ו- S_2 אינם
שקולי מבטים

הגדרה: תזמונים S_1 ו- S_2 הינם **שקולי מבטים** אם:
 S_1 ו- S_2 מורכבים מאותן תנועות (ולכל תנועה אותה סידרת פעולות בשני התזמונים)
 אם T_k קוראת את הערך ההתחלתי של A ב- S_1 , אז T_k קוראת גם ב- S_2 את הערך ההתחלתי של A
 אם T_k קוראת ערך של A שנכתב ע"י T_i ב- S_1 , אז T_k קוראת גם ב- S_2 ערך של A שנכתב ע"י T_i
 אם T_i כותבת ערך סופי של A ב- S_1 , אז T_i כותבת גם ב- S_2 ערך סופי של A

סימון

פעולה שבה תנועה T_i מבצעת $R_i(A)$ Read A על ידי $R_i(A)$

פעולה שבה תנועה T_i מבצעת $W_i(A)$ Write A על ידי $W_i(A)$

13

האינדקס של R או W מציין את העיסקה שאליה שייכת הפעולה,
כמו כן ציר הזמן הינו אופקי משמאל לימין

אפשרות 1

אז איפה $W_j(A)$
ב- S_1 ?

T_k קוראת את A

► ב- S_1 , העסקה T_k קוראת את A מהמסד

ב- S_2 , העסקה T_k קוראת את A מ- T_j

 S_1 S_2
$$\text{DB} \dots R_k(A)$$
$$W_i(A) \dots R_k(A)$$

- $W_j(A)$ חייבת להופיע ב- S_1 אחרי $R_k(A)$
- לכן הקונפליקט בין $W_j(A)$ ל- $R_k(A)$ מופיע בסדר שונה בשני התזמונים, בסתירה לכך שהם שקולי קונפליקטים

אז איפה $W_j(A)$
ב- S_1 ?

אפשרות 2

W_i(A) אז איפה
ב-S₂?

T_k קוראת את A

► ב- S_1 , העסקה T_k קוראת את A מ- T_i

ב- S_2 , העסקה T_k קוראת את A מ- T_i

 S_1 S_2
$$W_i(A) \dots W_i(A) \dots R_k(A)$$
$$W_i(A) \dots R_k(A) \dots W_i(A)$$

- $W_i(A)$ חייבת להופיע ב- S_1 לפני $W_j(A)$, כדי שישמר סדר הקונפליקט בין $W_i(A)$ ל- $R_k(A)$
- לכן $W_i(A)$ חייבת להופיע ב- S_2 אחרי $R_k(A)$, כדי שישמר סדר הקונפליקט בין $W_i(A)$ לבין $W_j(A)$
- אבל אז לא נשמר הסדר בין $W_i(A)$ ל- $R_k(A)$, בסתירה לשקילות קונפליקטים בין S_1 ל- S_2

אז איפה $W_j(A)$
ב- S_1 ?

אפשרות 2

אז איפה $W_i(A)$
ב- S_2 ?

T_k קוראת את A

ב- S_1 , העסקה T_k קוראת את A מ- T_i

ב- S_2 , העסקה T_k קוראת את A מ- T_i

S.

S.

$$W_i(A) \dots R_k(A)$$
$$W_i(A) \dots R_k(A)$$

15

שקילות מבטים
View Equivalence

מדוע שקילות מבטים היא ההגדרה הכללית ביותר (בהנחה ששקילות צריכה להתקיים לכל חישוב אפשרי)?

18

אז איפה $W_j(A)$
ב- S_1 ?

אפשרות 3

אז איפה $W_i(A)$
ב- S_2 ?

T_i כותבת את A למסד ב- S_1 אבל לא ב- S_2 🚩

S.

S.

$$W_i(A) \dots DB$$
$$W_i(A) \dots DB$$

- $W_j(A)$ חייבת להופיע ב- S_1 לפני $W_i(A)$
- ולהיפך, $W_i(A)$ חייבת להופיע ב- S_2 לפני $W_j(A)$
- לכן הסדר בין שתי הפעולות האלה אינו נשמר, בסתירה לכך ששני התזמונים הינם שקולים קונפליקטים

הגדרה ראשונית

שני תזמונים שקולים אם הם מייצרים אותה תוצאה

כלומר, בסיום כל אחד מהתזמונים, למסד יש אותם ערכים (בהנחה שגם בהתחלה היו למסד אותם ערכים)

כל עסקה קוראת אותם ערכים בכל אחד משני התזמונים

המשתמש מעוניין לדעת מה הערכים שהעסקה קוראת, לכן לא יכולה להיות שקילות אם העסקה קוראת ערכים שונים בכל תזמון

19

לשני התזמונים אותו יחס של "קוראת מ" ואותו יחס של "כותבת ערך סופי למסד"

הגדרה: תזמונים S_1 ו- S_2 הינם שקולי מבטים אם:

▶ S_1 ו- S_2 מורכבים מאותן תנועות (ולכל תנועה אותה סידרת פעולות בשני התזמונים)

▶ אם T_k קוראת את הערך ההתחלתי של A ב- S_1 , אז T_k קוראת גם ב- S_2 את הערך ההתחלתי של A

▶ אם T_k קוראת ערך של A שנכתב ע"י T_i ב- S_1 , אז T_k קוראת גם ב- S_2 ערך של A שנכתב ע"י T_i

▶ אם T_i כותבת ערך סופי של A ב- S_1 , אז T_i כותבת גם ב- S_2 ערך סופי של A

20

במילים אחרות

שקילות מבטים פירושה שלשני התזמונים יש אותו יחס של "קוראת מ" ואותו יחס של "כותבת ערך סופי למסד"

ההבדל בין ההגדרה הראשונית להגדרה של שקילות מבטים הוא בכך

▶ שהראשונה דורשת קריאת אותו ערך (עבור כל עסקה וכל פריט שהעסקה קוראת)

▶ בעוד שהשנייה דורשת קריאה מאותו מקור (ובאינדוקציה נובע שנקרא אותו ערך)

▶ ובאופן דומה לגבי כתיבת ערך סופי למסד

21

תרגיל

בהינתן שני תזמונים, כמה זמן לוקח לבדוק שקילות מבטים?

צריך פשוט לבדוק שהתנאים של ההגדרה מתקיימים, וקל לבצע זאת בזמן פולינומיאלי

כנ"ל לגבי שקילות קונפליקטים

22

הוכחה ששקילות מבטים הינה למעשה אותו דבר כמו ההגדרה הראשונית (שהיא הכללית ביותר)



23

סימון

פעולה שבה תנועה T_i מבצעת

$R_i(A)$ Read A תסומן על ידי

פעולה שבה תנועה T_i מבצעת

$W_i(A)$ Write A תסומן על ידי

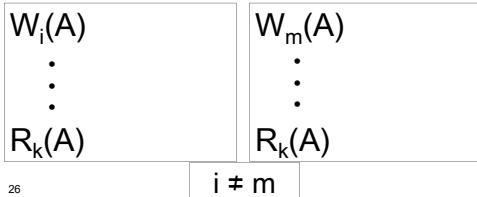
24

בהוכחה זו, "שקול" פירושו "שקול לפי ההגדרה הראשונית"

טענה 1: גם בכל תזמון שקול ל- S ,

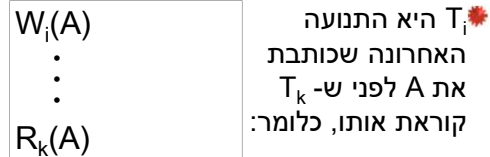
T_i קוראת עבור A את הערך שכותבת T_k

הוכחה: נניח שיש תזמון שקול, שבו T_k קוראת עבור A את הערך שכותבת T_m



26

נניח שבתזמון S קיים המצב הבא:



T_k קוראת עבור A את הערך שכותבת T_i

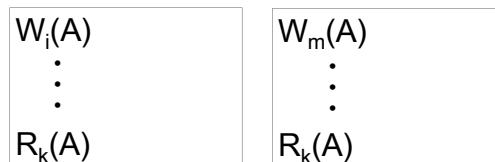
25

חישוב שמראה שאין שקילות בין שני התזמונים מהשקף הקודם

- נניח ש- T_i כותבת את הערך 1 עבור A (ללא תלות בערכים שהיא קוראת)
- כל עסקה אחרת שמבצעת פעולת כתיבה על A , כותבת את הערך 0
- 0 הוא גם הערך ההתחלתי של A במסד
- לכן, T_k קוראת את הערך 1 עבור A אם ורק אם T_i היא האחרונה שכותבת את A לפני ש- T_k קוראת אותו

28

כאמור, מניחים שיש תזמון שקול, שבו T_k קוראת עבור A את הערך שכותבת T_m



כדי להראות שזה בלתי אפשרי, נמצא חישוב שגורם ל- T_k לקרוא ערכים שונים עבור A בשני התזמונים

27

מסקנה מהטענה

- תנועה T_k קוראת אותו ערך עבור A בשני תזמונים שקולים (לפי ההגדרה הראשונית) רק אם
 - בשני התזמונים, T_k קוראת עבור A את הערך שנכתב ע"י אותה תנועה T_i או
 - בשני התזמונים, T_k קוראת עבור A את הערך ההתחלתי

30

החישוב גם מראה שבתזמון שקול, לא יתכן ש- T_k קוראת את הערך ההתחלתי של A מהמסד

- נניח ש- T_i כותבת את הערך 1 עבור A (ללא תלות בערכים שהיא קוראת)
- כל עסקה אחרת שמבצעת פעולת כתיבה על A , כותבת את הערך 0
- 0 הוא גם הערך ההתחלתי של A במסד
- לכן, T_k קוראת את הערך 1 עבור A אם ורק אם T_i היא האחרונה שכותבת את A לפני ש- T_k קוראת אותו

29

באופן דומה

אפשר להראות שמהגדרה הראשונית נובע שלשני התזמונים צריך להיות אותו יחס של "כותבת ערך סופי למסד"

31

ההגדרה הראשונית שקולה להגדרה של שקילות מבטים

הראנו שההגדרה הראשונית גוררת את ההגדרה של שקילות מבטים

הכיוון ההפוך גם נכון, מכיוון שמההגדרה של שקילות מבטים, נובע באינדוקציה שבשני התזמונים

- כל תנועה קוראת אותם ערכים, ולכן
- מייצרת אותה סדרה של פעולות וגם
- כותבת אותם ערכים למסד
- ובנוסף אותם ערכים סופיים נכתבים למסד, כי אותן עסקאות
- כותבות ערכים אלה

32

הגדרות

הגדרה: תזמון הינו בר-סדרתיות מבטית אם הוא שקול מבטים לתזמון סדרתי כלשהו

הגדרה: תזמון S_1 הנו בר-סדרתיות קונפליקטית אם קיים תזמון סדרתי S_2 כך ששני התזמונים הינם שקולי קונפליקטים

34

תזמונים ברי-סדרתיות

התזמונים ברי-סדרתיות הם התזמונים הנכונים

33

אם אין כתיבות עיוורות, אז שני המושגים שקולים

משפט: אם S הינו תזמון ללא כתיבות עיוורות, אז S הינו בר-סדרתיות מבטית אם ורק אם S הינו בר-סדרתיות קונפליקטית

הוכחה: מניחים שעסקה קוראת וכותבת פריט לכל היותר פעם אחת. בגלל שאין כתיבות עיוורות, נובע שעסקה אינה קוראת פריט אחרי שכתבה אותו. המשפט נובע מהמסקנות שמכוחות בשקפים הבאים

הערה: לא מתקיים משפט דומה לגבי שני המושגים של שקילות (ראו שקף 52)

36

בר-סדרתיות קונפליקטית גוררת בר-סדרתיות מבטית

למה 2: אם תזמון S הנו בר-סדרתיות קונפליקטית, אז S הוא גם בר-סדרתיות מבטית (כלומר, S שקול לתזמון סדרתי לפי ההגדרה של שקילות מבטים)

המסקנה נובעת מלמה 1



35

בניח שבתזמון S קיים המצב הבא:

$W_i(A)$
 $\vdots$
 $R_k(A)$
 $\vdots$
 $W_m(A)$

38

T_i היא התנועה
 האחרונה שכותבת
 את A לפני ש- T_k
 קוראת אותו
 T_m היא התנועה
 הראשונה שכותבת
 את A אחרי ש- T_k
 קוראת אותו

המסקנות נובעות מההגדרה הכללית ביותר של שקילות

להלן, מסקנות משקילות בין תזמון S לבין תזמון סדרתי, שלמעשה מוכיחות את המשפט מהשקף הקודם

 כזכור, טענה 1 מתקיימת בין S לבין כל תזמון ששקול ל- S (לאו דווקא סדרתי)

37



ראשית, לפי טענה 1 (ולמעשה לפי ההגדרה של שקילות מבטים), ברור שכל תזמון שקול ל- S

$W_m(A)$
 $W_i(A)$
 $\vdots$
 $R_k(A)$

40

$W_m(A)$ לא יכולה
 להופיע בין
 $W_i(A)$ לבין
 $R_k(A)$ אבל האם
 $W_m(A)$ יכולה להופיע לפני
 $W_i(A)$ בתזמון
 סדרתי שקול?

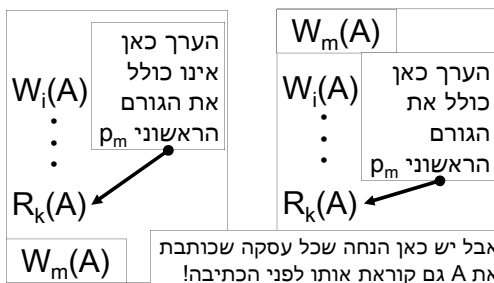
האם בכל תזמון סדרתי שקול, $W_m(A)$ חייבת להופיע אחרי $R_k(A)$?

$W_i(A)$
 $\vdots$
 $R_k(A)$
 $\vdots$
 $W_m(A)$

39

T_i היא התנועה
 האחרונה שכותבת
 את A לפני ש- T_k
 קוראת אותו
 T_m היא התנועה
 הראשונה שכותבת
 את A אחרי ש- T_k
 קוראת אותו

לכן, בתזמון המקורי ובתזמון הסדרתי,
 T_k קוראת ערכים שונים עבור A



42

אפשר למצוא חישוב שמשקף איזה תנועות כבר כתבו ערך עבור A

הערך ההתחלתי של A הוא 1
 לכל תנועה T_i מתאים מספר ראשוני ייחודי p_i
 אם תנועה T_i מבצעת פעולת כתיבה על A, אז הערך החדש של A הוא המכפלה של הערך הישן ושל p_i
 לפיכך, בתזמון סדרתי, התנועה T_i כבר כתבה את A אם ורק אם ערכו הנוכחי של A כולל את הגורם הראשוני p_i (איזה הנחה חבויה כאן?)
 ובתזמון לא סדרתי, הערך של A אינו כולל את הגורם הראשוני p_i אם T_i לא כתבה אותו

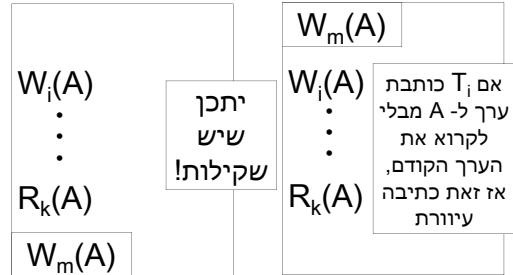
41

מסקנה 2

בהנחה שאין כתיבות עיוורות,
חייב להתקיים הדבר הבא:
אם T_m כותבת את A אחרי ש- T_k
קוראת אותו, אז כך צריך להיות
בכל תזמון סדרתי שקול מבטים

44

אם T_i כותבת ערך ל- A מבלי לקרוא קודם לכן
את ערכו של A , אז בשני התזמונים T_k קוראת
עבור A ערך שאינו מושפע ממה שכתבה T_m



43

לסיכום

בשלושת השקפים הבאים, "שקול" פירושו
"שקול לפי ההגדרה הכללית ביותר"



46

אפשר להראות דבר דומה לגבי שתי
פעולות כתיבה על אותו פריט
מסקנה 3: בהנחה שאין כתיבות
עיוורות, חייב להתקיים הדבר
הבא:

אם T_m כותבת את A אחרי ש- T_k
כותבת אותו, אז כך צריך להיות
בכל תזמון סדרתי שקול מבטים

45

קונפליקט בין
קריאה לכתיבה

T_i	T_k
$R(B)$	$W(B)$

אם T_i מבצעת $R(B)$ לפני ש- T_k מבצעת $W(B)$,
אז הערך ש- T_i קוראת אינו תלוי בערך ש- T_k
כותבת



בהנחה שאין כתיבות עיוורות, נובע (מסקנה 2):
בכל תזמון סדרתי שקול, חייבת לבצע $R(B)$
לפני ש- T_k מבצעת $W(B)$

מסקנה: בכל תזמון סדרתי שקול, T_i מופיעה
לפני T_k (אם אין כתיבות עיוורות)

48

קונפליקט בין
כתיבה לקריאה

T_i	T_k
$W(C)$	$R(C)$

אם T_k קוראת ערך של פריט C , שנכתב
ע"י T_i , אז מטענה 1 נובע ש-



בכל תזמון שקול חייב להתקיים ש- T_i
מבצעת $W(C)$ לפני ש- T_k מבצעת $R(C)$

מסקנה: בכל תזמון סדרתי שקול,
 T_i מופיעה לפני T_k

זה נכון תמיד – גם אם יש כתיבות עיוורות

שקילות מבטים אינה גוררת
שקילות קונפליקטים
אפילו אם אין כתיבות עיוורות



50

קונפליקט בין כתיבה לכתיבה

T_i	T_k
$W(D)$	$W(D)$

נניח ש- T_i מבצעת $W(D)$ לפני ש- T_k מבצעת $W(D)$

אם אין כתיבות עיוורות, הערך ש- T_i קוראת (לפני הכתיבה) אינו תלוי בערך ש- T_k כותבת

אם אין כתיבות עיוורות, אז (מסקנה 3):

בכל תזמון סדרתי שקול, T_i חייבת לבצע $R(D)$ ולכן גם $W(D)$ לפני ש- T_k מבצעת $W(D)$

מסקנה: בכל תזמון סדרתי שקול, T_i מופיעה לפני T_k (אם אין כתיבות עיוורות)



49

דוגמה

שני תזמונים ללא כתיבות עיוורות, שהם שקולי מבטים
אבל לא שקולי קונפליקטים

T_1	T_2	T_3
$R(A)$		
	$R(A)$	
		$R(A)$
$W(A)$		
	$W(A)$	
		$W(A)$

52

כתיבה עיוורת (Blind Write)

תנועה מבצעת כתיבה
עיוורת אם היא כותבת
פריט מבלי לקרוא אותו
העסקה בצד ימין מבצעת
כתיבה עיוורת של הפריט
 B

אבל הערך שנכתב עבור
 B תלוי בערכים שנקראו
עבור A ו- C

$Read(A)$
 $Write(A)$
 $Read(C)$
 $Write(B)$

51

שאלה

ראינו דוגמה של שני תזמונים ללא כתיבות עיוורות
שהם שקולי מבטים, אבל לא שקולי קונפליקטים
האם יכולה להיות דוגמה כזו אם לפחות אחד משני
התזמונים הוא בר סדרתיות?
אם אחד משני התזמונים הוא בר סדרתיות, אז כך גם
השני
שניהם שקולים לאותו תזמון סדרתי
הראנו שאם אין כתיבות עיוורות, אז סדר הקונפליקטים
נשמר בכל תזמון סדרתי שקול מבטים, ולכן התשובה
היא לא

54

הערות

פעולות הכתיבה של T_1 ושל T_2 הן מיותרות
(קרי, חסרות השפעה), אבל אי אפשר להתעלם
מהן, כי בתזמון סדרתי הן כן בעלות השפעה (כי
אין כתיבות עיוורות)

בדוגמה זו התזמונים אינם ברי סדרתיות
האם יכולה להיות דוגמה דומה שבה התזמונים
הם ברי סדרתיות?
תשובה בשקף 54

53

שלושת השקפים הבאים הם מ- CC1.1_Model.ppt

56

דוגמה נוספת לתזמון בר-סדרתיות מבטית שאינו בר-סדרתיות קונפליקטית

בדוגמה זו אין תנועות
חסרות השפעה

55

שני התזמונים שקולי מבטים, כי

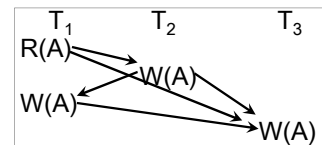
T_1	T_2	T_3
R(A)		
W(A)	W(A)	
		W(A)

T_1	T_2	T_3
R(A)		
W(A)		
	W(A)	W(A)

- בשניהם T_1 קוראת ערך התחלתי של A מהמסד
- אף עסקה (חוץ מ- T_1) לא קוראת ערך של A
- בשני התזמונים T_3 כותבת ערך סופי של A למסד (זאת כתיבה עיוורת)
- אין פריטים נוספים חוץ מ-A

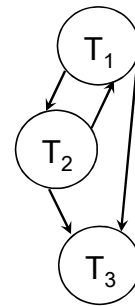
58

דוגמה לתזמון שהוא בר-סדרתיות מבטית אבל לא בר-סדרתיות קונפליקטית



תזמון סדרתי שקול מבטים:

T_1	T_2	T_3
R(A)		
W(A)		
	W(A)	W(A)



57

התזמון שקול מבטים לתזמון סדרתי, כי

T_1	T_2	T_3
R(A)		
	W(A)	
W(A)		R(A)
		W(A)

T_1	T_2	T_3
R(A)		
W(A)		
	W(A)	R(A)
		W(A)

- בשניהם, T_1 קוראת ערך התחלתי של A מהמסד
- בשניהם, T_3 קוראת ערך של A שכותבת T_2
- בשני התזמונים, T_3 כותבת ערך סופי של A למסד
- אין קריאות נוספות של A ואין פריטים נוספים חוץ מ-A

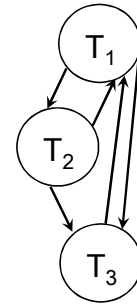
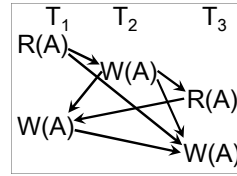
59

תרגיל

- בדוגמה הקודמת, T_2 היא חסרת השפעה ואם מוחקים אותה נשאר תזמון סדרתי
- מצא דוגמה של תזמון שהוא בר-סדרתיות מבטית, אבל לא בר-סדרתיות קונפליקטית, כך שאין בו תנועות חסרות השפעה
- פתרון התרגיל בשקפים הבאים

59

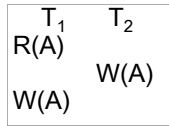
התזמון אינו בר-סדרתיות קונפליקטית



61

שאלה

האם ניתן שיש תזמון עם תנועה חסרת השפעה, כך שללא תנועה זו התזמון הוא בר סדרתיות מבטית, אבל אינו כזה עם תנועה זו? כן, למשל התזמון:



62