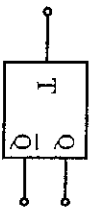


Toggle Flip Flop – T-FF

בעזרת T ניתן להפוך את הטיבית הנשמרת ב-FF ודרך נוחה בטבלת האמת הבאה:

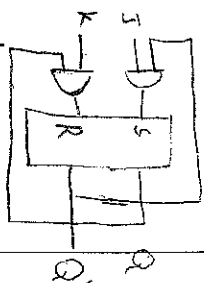
T	Q_{t+1}	$\overline{Q_{t+1}}$
0	Q_t	$\overline{Q_t}$
1	$\overline{Q_t}$	Q_t



אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

JK-FF

(א) (שילוב של טיבאי)
 אגב 0-1-5
 1 טיבאי / אגב



■ משלב בין SR-FF ל-T-FF.
 ■ מתנהג כמו SR-FF אך בנוסף מתיר את הצירוף 1,1 בכניסה שגורם להיפוך מצב ה-FF.

FF changes	From	To	Required input	J	K	Q_{t+1}
0	0	0	ϕ	0	0	Q_t
0	0	1	1	1	ϕ	0
1	1	0	ϕ	0	1	1
1	1	1	ϕ	1	1	$\overline{Q_t}$

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

תרגיל

■ ממש T-FF באמצעות SR-FF ושערים לוגיים.
 ■ פתרון:
 עלינו להביע את S ואת R באמצעות T ו- Q_t .
 נציג את טבלאות האמת של T-FF ו-SR-FF.

T	S	R	Q_t	Q_{t+1}
0	0	ϕ	0	0
1	1	0	0	1
1	0	1	1	0
0	ϕ	0	1	1

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

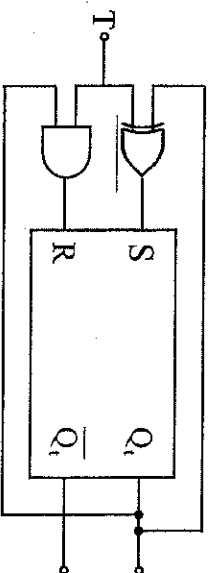
המשך פתרון

Q_t	T	S
0	0	0
0	1	1
1	0	ϕ
1	1	0

Q_t	T	R
0	0	ϕ
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$S = Q_t \oplus T$

$R = Q_t T$



אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

מכונת מצבים

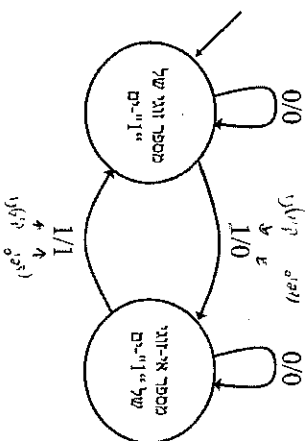
- מספר סופי של מצבים
 - הקלט הוא רצף ספרות בינריות
 - כל קלט מבצע שני דברים:
 - מעביר את המכונה למצב אחר או משאיר אותה באותה מצב
 - מדפיס ביט
 - בעת המעבר Mealy Machine
 - מתוך המצב Moore Machine
- מתוארת גרפית ע"י גרף מכוון:**
- כל מצב מתואר ע"י צומת
 - מעבר אפשרי בין מצבים עבור קלט מסוים ותואר ע"י קשת מכוונת בין הצמתים המתאימים
- מוגדר מצב התחלתי**

אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

9

דוגמא

- ממש מכונת מצבים שמדפיסה 1 עבור כל 1 שני שהיא מקבלת ואפס אחרת.



אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

10

תרגול

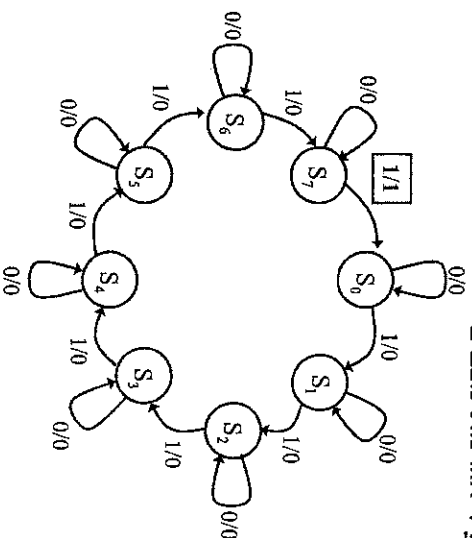
- תכנן מערכת שמדפיסה 1 כל "1" שמיני שהיא קולטת ו-0 אחרת תוך שימוש ב:
 - a) 3 רכיבי T-FF ושערים לוגיים באופן מינימלי.
 - b) 3 רכיבי SR-FF ושערים לוגיים באופן מינימלי.
- פתרון מערכות העשות שימוש במכונות מצבים נעשה ב-5 שלבים:
 - שלב I: בניית דאגראמת מצבים
 - שלב II: בניית טבלת מצבים
 - שלב III: צמצום מצבים
 - שלב IV: מימוש לוגי
 - שלב V: שרטוט המעגל

אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

11

פתרון

- שלב I: דאגראמת מצבים



אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

12

פתרון - המשך

שלב IV: מימוש לוגי עבור (b)

$Q_3 Q_2 Q_1$	X=0						X=1					
	S_3	R_3	S_2	R_2	S_1	R_1	S_3	R_3	S_2	R_2	S_1	R_1
000	0	ϕ	0	ϕ	0	ϕ	0	ϕ	0	1	0	0
001	0	ϕ	0	ϕ	0	ϕ	1	0	0	0	0	1
010	0	ϕ	0	ϕ	0	ϕ	0	0	1	0	0	1
011	0	ϕ	0	ϕ	0	ϕ	1	0	0	1	0	1
100	ϕ	0	0	ϕ	0	ϕ	0	0	1	0	0	1
101	ϕ	0	0	ϕ	0	ϕ	0	1	0	0	0	1
110	ϕ	0	0	ϕ	0	ϕ	0	0	1	0	0	1
111	ϕ	0	0	ϕ	0	ϕ	0	0	1	0	0	1

אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

17

דוגמא לפישוט במפת קרנו של S_3

$Q_2 Q_1$	00	01	11	10
XQ_2	00	0	0	0
01	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
11	ϕ	ϕ	0	ϕ
10	0	0	1	0

$$S_3 = XQ_3Q_2Q_1$$

נקבל ש:

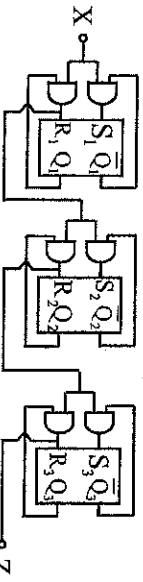
אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

18

המשך שלב IV עבור (b)

נמצא את $S_1, R_1, S_2, R_2, S_3, R_3$ (פלט המערכת) כפונקציות של X, Q_1, Q_2, Q_3 בעזרת מפות קרנו ונקבל:

$$\begin{aligned} S_1 &= XQ_1 & R_1 &= XQ_1 \\ S_2 &= XQ_2Q_1 & R_2 &= XQ_2Q_1 \\ S_3 &= XQ_3Q_2Q_1 & R_3 &= XQ_3Q_2Q_1 \\ Z &= XQ_3Q_2Q_1 \end{aligned}$$

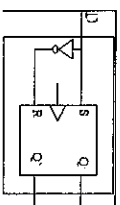


אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

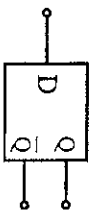
19

D-FF

ממומש באופן הבא:



מיומני:



סימנול:

התנהגותו מוגדרת ע"י:

D	Q_1	Q_{t+1}
0	0	0
1	0	1
0	1	0
1	1	1

טבלת מעבריים:

D	Q_{t+1}
0	0
1	1

אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

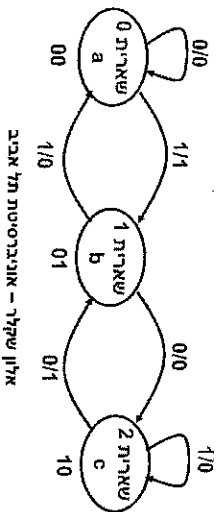
20

תרגיל

- תכנן מערכת סינכרונית בעלת כניסה X_1 שמדפיסה 1 אמ"מ $= 1 \bmod 3 = (X_1 \dots X_i)$ בעזרת D-FFים (הקלטים מגיעים מימין).

פתרון:

- שלב 1: דיאגרמת מצבים
- נשים לב ש: אפס מימין מכפיל פי 2 אחד מימין מכפיל פי 2 ומוסיף 1



אילן שקלר - אוניברסיטת תל אביב

צמצום מצבים במכונה

- לעיתים ניתן למצוא מכונה M_2 בעלת מספר מצבים קטן יותר ממכונה נתונה M_1 אשר שקולה לה.
- מכונה M_2 נקראת שקולה ל- M_1 אמ"מ לכל מצב ב- M_2 קיים מצב שקול ב- M_1 וההפך.
- מצבים ייקראו שקולים אם לכל קלט הם יניבו את אותו פלט ויעברו לאותו מצב, וזאת בין אם הם המצבים ההתחלתיים ובין אם לאו.

אילן שקלר - אוניברסיטת תל אביב

פתרון - המשך

שלב 11-IV:

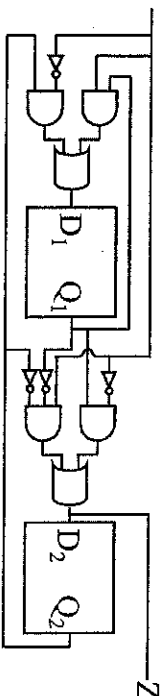
	Q_1, Q_2	$X=0$	$X=1$
A	00	00/0	01/1
B	01	10/0	00/0
C	10	01/1	10/0
		XX/X	XX/X

אין מדי לצימצם

$$D_1 = \bar{X}Q_2 + XQ_1$$

$$D_2 = \bar{X}Q_1 + XQ_1\bar{Q}_2$$

$$Z = D_2$$



אילן שקלר - אוניברסיטת תל אביב

אלגוריתם לצמצום מצבים

- עלינו לחלק את קבוצת המצבים $S = \{s_j\}_{j=0}^n$ לחלוקה $\tilde{S}_j \subseteq S$ $P = \{\tilde{S}_j\}_{j=0}^k$ ואשר המכונה המתקבלת מהמצבים החדשים שקולה למכונה שהתחלתו ממנה.

- The P_{k+1} partition is obtained from P_k by placing in the same block of P_{k+1} those states which are in the same block of P_k and whose I_j -successor for every possible I_j are also in a common block of P_k .
- התהליך מסתיים כאשר $P_{k+1} = P_k$ עבור k מסוים.

אילן שקלר - אוניברסיטת תל אביב

החלוקות

- **חלוקה ראשונה** תמיד על פי קבוצת פלט – יש לכל היותר 4 אפשרויות: 00, 01, 10, 11.
- **חלוקות הבאות:**
 - לכל בלוק/תת-קבוצה בודקים לאיזה מצבים עוברים המצבים שבבלוק עבור קלט 0.
 - אם הם עוברים לקבוצת מצבים שמוכלת בבלוקים שונים בחלוקה הנוכחית – נפרק למספר בלוקים בהתאם למספר הקבוצות שבהן נמצאים המצבים שמגיעים אליהם.
 - אם הם עוברים לקבוצת מצבים שמוכלת בבלוק אחד בחלוקה הנוכחית – לא נפרק את הבלוק הנוכחי.
- עושים את אותו דבר עבור קלט 1.

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

25

דוגמא לצמצום מצבים

PS	NS	
	X=0	X=1
A	E/0	D/1
B	F/0	D/0
C	E/0	B/1
D	F/0	B/0
E	C/0	F/1
F	B/0	C/0

$$\begin{aligned}
 P_0 &= (ABCDEF) \\
 P_1 &= (ACE)(BDF) \\
 P_2 &= (ACE)(BD)(F) \\
 P_3 &= (AC)(E)(BD)(F) \\
 P_4 &= (\underbrace{AC}_\alpha)(\underbrace{E}_\beta)(\underbrace{BD}_\gamma)(\underbrace{F}_\delta)
 \end{aligned}$$

Example taken from the book: *Switching and finite automata theory* by Kohavi, Zvi, McGraw-Hill, 1978 - All rights reserved

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

26

דוגמא לצמצום מצבים

■ המכונה המצומצמת שמתקבלת היא:

PS	NS	
	X=0	X=1
α	$\beta/0$	$\gamma/1$
β	$\alpha/0$	$\delta/1$
γ	$\delta/0$	$\gamma/0$
δ	$\gamma/0$	$\alpha/0$

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

27

דוגמא נוספת לצמצום מצבים

PS	NS	
	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

$$\begin{aligned}
 P_0 &= (ABCDEFG) \\
 P_1 &= (ABCD)(FG)(E) \\
 P_2 &= (AF)(BCDG)(E) \\
 P_3 &= (AF)(BD)(CG)(E) \\
 P_4 &= (A)(F)(BD)(CG)(E) \\
 P_5 &= (\underbrace{A}_\alpha)(\underbrace{F}_\beta)(\underbrace{BD}_\gamma)(\underbrace{CG}_\delta)(\underbrace{E}_\epsilon)
 \end{aligned}$$

Example taken from the book: *Switching and finite automata theory* by Kohavi, Zvi, McGraw-Hill, 1978 - All rights reserved

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

28

דוגמא נוספת לצמצום מצבים

■ המכונה המצומצמת שמתקבלת היא:

PS	NS	
	X=0	X=1
α	$\epsilon/0$	$\delta/0$
β	$\epsilon/0$	$\gamma/0$
γ	$\delta/0$	$\alpha/0$
δ	$\gamma/0$	$\delta/0$
ϵ	$\beta/1$	$\gamma/0$

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב