

פרק 11

תכנון מערכת סדרתית

11.1 כללי.

תפקידו של מתכנן מערכת סדרתית הוא לתאר את דיאגרמת המצבים של המערכת ולממש באמצעים המתאימים שעומדים לרשותו. אנו בשלב זה נממש באמצעות דלגלים ושערים לוגיים בלבד. שלבי תכנון מערכת ספרתית:

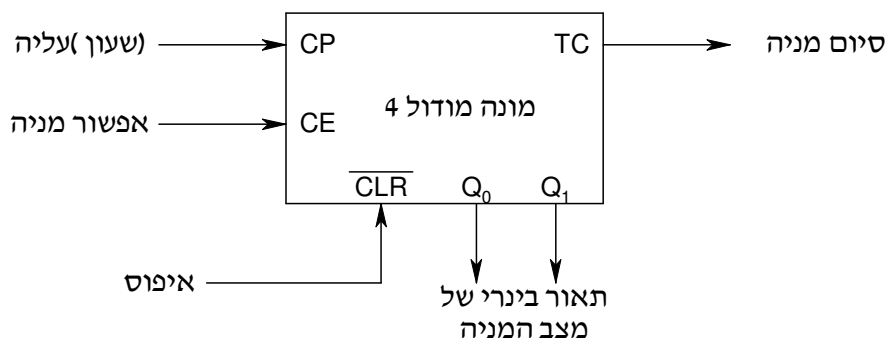
1. קבלת דרישות תכנון.
2. ניתוח דרישות והבנת מבנה של המערכת הדרושה.
3. שרטוט דיאגרמת המצבים.
4. שרטוט טבלת מצבים וצמצומה במידת הצורך.
5. הקצאת מצבים ושרטוט טבלת מעברים (יוסבר בהמשך בדוגמא).
6. בחירת הדלגלים שדרושים למימוש.
7. שרטוט טבלת העירור של המערכת.
8. מימוש מערכת צירופית.
9. שרטוט המערכת כולה.

לאחר שנתרגל את שלבי התכנון השונים יתברר כי בעיית התכנון העיקרית מתמקדת בשרטוט דיאגרמת המצבים.

11.2 תכנון מונה בינרי סינכרוני מודולו 4. (דוגמא)

שלב 1: תכנון מונה בינרי סינכרוני מודולו 4 דהיינו שימנה בין 0 ל-3 וחוזר חלילה. המונה מתקדם עם כל עליית שעון. למונה קיימת כניסת אפשר. מבנה המונה הנדרש מופיע באיור הבא:

איור 11.1:



שלב 2: ניתוח דרישות והבנת מבנה המערכת הדרושה.

המונה שבאיור מונה את מספר הדפקים (פולסי השעון) שבכניסה CP (מבוא שעון), כאשר $CE = 1$. כאשר $CE = 0$ המניה חסומה והמונה נשאר במצבו הקודם (גם אם יופיעו דפקי שעון).

ערך יציאות המונה $Q_1 Q_0$ מציין את מספר הדפקים שנספרו עד כה (במודולו 4) למשל $Q_1 Q_0 = 11$ פירושו שנמנו 4 פולסים (כי מתחילים מ-0).

יציאה TC (שנקראת סיום מניה) מציינת שמונה הגיע למניה אחרונה במודולו 4 כלומר לערך-3.

יציאות המונה $Q_1 Q_0$ מגדירים למעשה את המצבים השונים שבהם המונה עשוי להימצא.

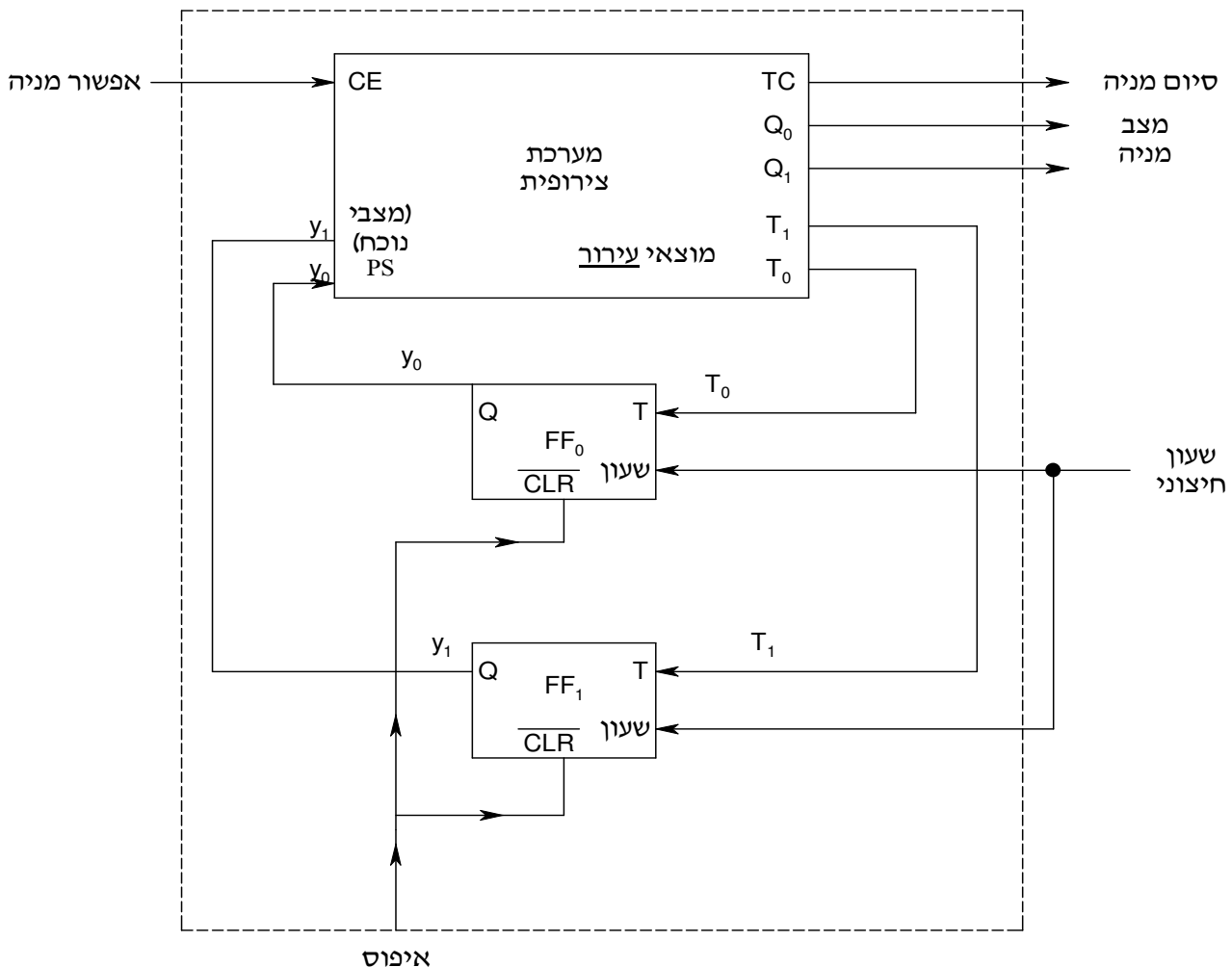
במצב ההתחלתי המונה מאופס $Q_1 Q_0 = 00$ (איפוס מתבצע ע"י הכנסת '0' למבוא האיפוס \overline{CLR}). לאחר מכן – ובהנחה שמבוא האיפוס איננו פעיל ($\overline{CLR} = 1$) וגם יש אפשרור מניה ($CE = 1$) – אזי המונה יתקדם עם כל הופעת שעון. אחרי שעון ראשון יתקדם המונה לערך 1 (01), לאחר שעון שני ל-2 (10), לאחר שעון שלישי ל-3 (11) ולאחר שעון רביעי ל-0 וכן הלאה.

במצב $Q_1 Q_0 = 11$ בלבד פעיל מוצא הסיום TC ($TC = 1$).

למערכת שנתכנן מבוא אחד חיצוני CE] בנוסף למבוא שעון CP ומבוא איפוס \overline{CLR} שמחוברים ישירות לדלגלים [ו-3 יציאות חיצוניות: Q_1, TC ו- Q_0 .

למערכת כפי שנראה יהיו גם אותות פנימיים T_0, T_1, y_0, y_1 . כל דלגלג מייצג שני מצבים. n דלגלים יממשו 2^n מצבים. בדוגמא המדוברת יש ארבעה מצבים ולכן נדרשים שני דלגלים.

תיאור סכימטי של המערכת : **איור 11.2**



הערות :

1. מוצאי העירור T_0 ו- T_1 יוסברו בהמשך.
2. קו מקווקו מתאר את "גבולות" המערכת הסדרתית.
3. בדוגמא זו בחרנו F/F מסוג T.

מהאיור נסיק שתכנון המערכת פירושו: מימוש המערכת הצירופית לקבלת יציאות חיצוניות: TC, Q_1, Q_0

ויציאות פנימיות: T_0, T_1 .

הערה: T_0, T_1 אלו מוצאי העירור של מערכת צירופית שנכנסים ל- F/F (מוצאי העירור כפי שנראה בהמשך הם יעבירו את הדלגלג ממצב למצב בעת הופעת השעון).

שלב 3: דיאגרמת המצבים.

לפי הניתוח שבשלב 2 דיאגרמת המצבים מורכבת מארבעה מצבים שתפוקתם ארבעה מצבי ספירה אפשריים. לפי הערך CE נקבע המעבר ממצב למצב.

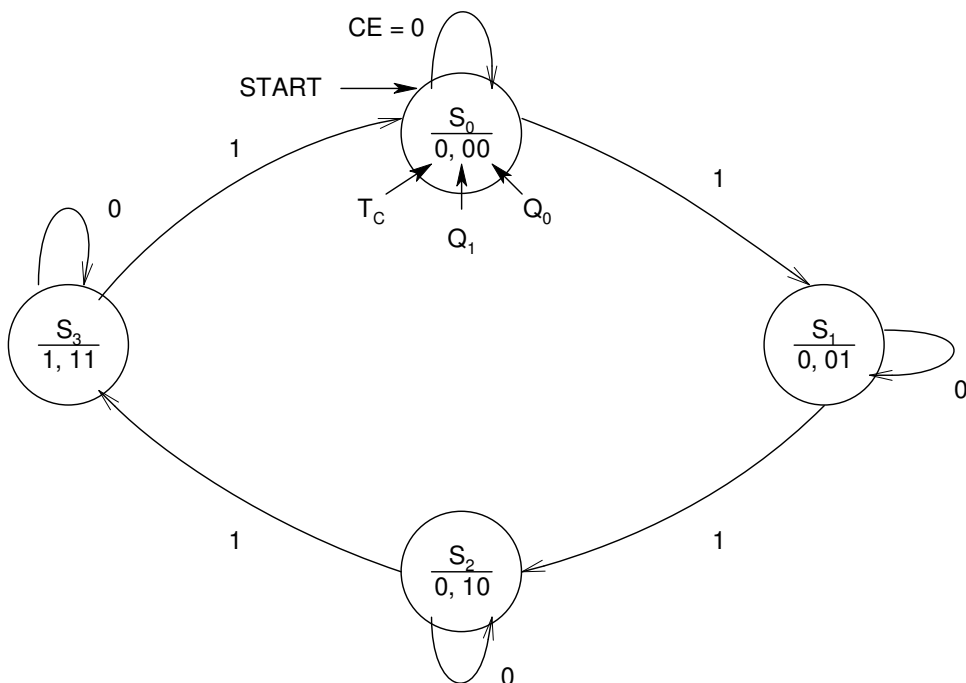
כאשר $CE = 0$ המערכת נשארת במצבה הנוכחי.

כאשר $CE = 1$ מתבצעת מניה למצב העוקב (כמובן עם הופעת שעון בעליה)

נסמן מצב S_i עבור ערך מניה: i .

הערה: בדיאגרמת המצבים מתארים רק פלט חיצוני וקלט חיצוני.

איור 11.3 .



שים לב: הדיאגרמה מתארת מכונה מסוג: MOORE, כי התפוקה הינה פונקציה של מצב בלבד.

שלב 4: טבלת מצבים .

טבלת המצבים מתקבלת ישירות מדיאגרמת המצבים .

PS	NS		TC	Q_1	Q_0
	$CE = 0$	$CE = 1$			
S_0	S_0	S_1	0	0	0
S_1	S_1	S_2	0	0	1
S_2	S_2	S_3	0	1	0
S_3	S_3	S_0	1	1	1

הערה : S_0 - מצב התחלתי .

שלב 5: הקצאת מצבים .

משמעות המושג "הקצאת מצבים" היא : בחירת צופן ("קוד") לסימון כל אחד מהמצבים שבטבלת המצבים. קיימות מספר אפשרויות להקצאה עבור ארבעת המצבים. בדוגמא זו נבחר בהקצאה שנקראת הקצאה בינרית. הקצאה בינרית פירושה : למצב S_j נבחר קוד בינרי בעל ערך עשרוני j .

כלומר : ל- S_0 נבחר קוד 00 (מתאים לערך 0)

ל- S_1 נבחר קוד 01 (מתאים לערך 1)

ל- S_2 נבחר קוד 10 (מתאים לערך 2)

ל- S_3 נבחר קוד 11 (מתאים לערך 3)

כעת נשרטט את טבלת המעברים שהיא למעשה העתק של טבלת המצבים בהתחשב בהקצאה הנבחרת. [ענין הקצאת מצבים הוא נושא מורכב שלא ניכנס אליו. אנו בקורס זה נבחר בהקצאה באופן שרירותי]. הערה : קביעת המצבים הבאים נעשית באמצעות יציאות הדלגלים.

$y_1 y_0$ - מייצגים את המצב הנוכחי של המערכת. המצב הבא מסומן ע"י : $Y_1 Y_0$.

[ב- $Y_1 Y_0$ נשתמש בהמשך ע"מ לקבוע את עירור ה- F/F].

טבלת מעברים

PS		NS		TC	Q_1	Q_0
y_1	y_0	$CE = 0$	$CE = 1$			
		$Y_1 Y_0$	$Y_1 Y_0$			
0	0	0 0	0 1	0	0	0
0	1	0 1	1 0	0	0	1
1	0	1 0	1 1	0	1	0
1	1	1 1	0 0	1	1	1

הערה : שים לב התפוקות (היציאות) הינן פונקציות של המצב בלבד (y_1, y_0) .

מרצה : שמואל וינמן ©

בית הספר הגבוה לטכנולוגיה בירושלים

בטבלה זו מוגדרים המעברים הדרושים של המונה לפי ההקצאה שנבחרה. למשל: בשורה הראשונה שמתאימה למצב נוכחי: $y_1 y_0 = 00$, מוגדר שאם $CE = 0$ אזי המצב הבא יהיה: $Y_1 Y_0 = 00$ ואם $CE = 1$ המצב הבא יהיה 01.

אם נתבונן רק בסיבית הפחות משמעותית של ההקצאה (y_0 ו- Y_0) נראה כי המעברים הרצויים הם:

$$\frac{ps}{y_0 = 0} \quad CE = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{NS}{Y_0 = 0} \quad \frac{ps}{y_0 = 0} \quad CE = 1 \quad \rightarrow \quad \frac{NS}{Y_0 = 1}$$

חשוב: שים לב כי לאחר המעבר למצב הבא, הוא הופך להיות מצב נוכחי, פרושן שכאשר $CE = 0$ על הדלגלג שמוצאו y_0 לשמור על מצבו וכאשר $CE = 1$ הדלגלג צריך להפוך מצבו מ-0 ל-1 (נעמיק בשלב 6).

שלב 6: בחירת הדלגלג

מדרישות התכנון ברור שנדרש דלגלג פעיל בעלית שעון, ושיש לו כניסת אפוס פעילה ב-0. סוג הדלגלג נתון לבחירת המתכנן. אם אין דרישה ספציפית. בבעיה שלנו נבחר בדלגלג מסוג T. על-מנת לרשום טבלת עירור של מערכת (כפי שנגדיר בשלב 7) נגדיר טבלת עירור של דלגלג.

טבלת עירור של דלגלג :

כללית: טבלת עירור הינה טבלה הפוכה מטבלת אמת כלומר שואלים עבור מעבר מסוים של היציאה מה צריך להיות ערך הכניסות. נרשום את טבלאות העירור עבור כל סוגי הדלגלגים.

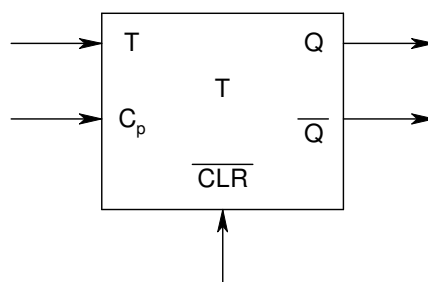
1. טבלת עירור עבור דלגלג T

נרשום קודם את טבלת האמת עבור דלגלג מסוג T. נסמן Q_n – מצב נוכחי Q_{n+1} – מצב הבא. כפי שלמדנו:

\overline{CLR}	T	Q_{n+1}
0	x	0
1	0	Q_n
1	1	Q'_n

תזכורת: המעברים מתרחשים אך ורק בשעת הופעת שעון.

תאור סכמטי של דלגלג מסוג T.



בטבלת האמת של דלגלג T קבענו עפ"י בקרה T מה ערך היציאה Q.

טבלת העירור מתארת מה ערך בקרה T הנדרש כדי לעבור ממצב למצב .

טבלת העירור של דלגלג T הינה :

PS	NS	T
$Q_n \rightarrow$	Q_{n+1}	
0 \rightarrow 0	0	0
0 \rightarrow 1	1	1
1 \rightarrow 0	0	1
1 \rightarrow 1	1	0

הסבר : בעמודה השמאלית של הטבלה מציינים את כל המעברים האפשריים בין מצב נוכחי Q_n למצב הבא

Q_{n+1} . בעמודה הימנית (T) מציינים את ערך הכניסה T הנדרש כדי שיתרחש המעבר הרצוי.

ניתן לבדוק בקלות שטבלה זו מתאימה לטבלת האמת למשל בשורה שניה : מצב נוכחי $Q_n = 0$ וערך $T = 1$

גורם למצב הבא $Q_{n+1} = 1$.

2. טבלת עירור עבור דלגלג D

טבלת האמת של דלגלג D כפי שלמדנו :

\overline{CLR}	D	Q
0	X	0
1	1	1
1	0	0

טבלת העירור של דלגלג D הינה :

$PS (q)$	$NS (Q)$	D
0 \rightarrow 0	0	0
0 \rightarrow 1	1	1
1 \rightarrow 0	0	0
1 \rightarrow 1	1	1

שים לב כי בטבלת העירור של דלגלג D : ערך הבקרה D שווה ל- NS ללא תלות ב- Q_n .

מסקנה חשובה : טבלת עירור של מערכת סדרתית שממומשת באמצעות דלגלגים מסוג D , זהה לטבלת המעברים. (נראה בדוגמאות בהמשך).

3. טבלת העירור של דלגלג מסוג SR

כפי שלמדנו טבלת האמת של דלגלג SR (שהוא אסינכרוני) הינה :

S	R	Q
0	0	q
0	1	0
1	0	1
1	1	x ← לא חוקי

טבלת העירור של SR

PS	NS	S	R
$q \rightarrow$	Q		
0	0	0	ϕ
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	ϕ	0

הסבר : בשורה הראשונה מצוין שמעבר מ- $Q_n = 0$ ל- $Q_{n+1} = 0$ יתכן ע"י : $SR=00$ או $SR=01$. עובדה זו תואמת את הרשום בטבלת האמת.

טבלת עירור של דלגלג J-K.

כאמור לעיל טבלת האמת של J-K הינה :

\overline{CLR}	J	K	Q
1	0	0	q
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	\overline{q}
0	x	x	0

טבלת העירור של J-K :

PS	NS	J	K
$q \rightarrow$	Q		
0	0	0	ϕ
0	1	1	ϕ
1	0	ϕ	1
1	1	ϕ	0

הסבר לטבלת העירור : בשורה ראשונה בטבלת העירור מוגדר המעבר מ-0 ל-0 והשאלה היא מהו הצירוף הדרוש

במבואות העירור J ו- K כדי שמעבר יתרחש. מטבלת האמת מתברר כי יש שני צירופים שמתאימים לדרישה

זו : אם $JK = 00$ אזי הדלגלג שומר על מצבו (כלומר במקרה שלנו כיוון ש- $q = 0$ לכן גם $Q = 0$). אך גם

הצירוף $JK = 01$ גורם למוצא $Q = 0$ (ללא תלות במצב הקודם) בצורה דומה ניתן להסביר גם את שאר

השורות בטבלה.

נחזור לדוגמא.

שלב 7: שרטוט טבלת העירור של המערכת

לשם כך נשתמש בטבלת המעברים של המערכת, ובטבלת העירור של דלגלג T.

PS		NS		TC	Q_1	Q_0
y_1	y_0	$CE = 0$	$CE = 1$			
		$T_1 T_0$	$T_1 T_0$			
0	0	0 0	0 1	0	0	0
0	1	0 0	1 1	0	0	1
1	0	0 0	0 1	0	1	0
1	1	0 0	1 1	1	1	1

הסבר לאופן קבלת הטבלה : T_0 ו- T_1 מציינים את מבואות העירור של הדלגלגים .

נסביר את קבלת T_0 בטבלת העירור :

בשורה הראשונה של טבלת המעברים מופיע המעבר $(Y_0 = 0) \rightarrow (y_0 = 0)$ עבור $CE = 0$ ומעבר

$(Y_0 = 1) \rightarrow (y_0 = 0)$ עבור $CE = 1$.

לפי טבלת העירור של דלגלג T, רמת המבוא T שתגרום למעברים אלו היא 0 ו-1 בהתאמה. לכן בשורה ראשונה

בטבלת העירור של המונה בעמודה $CE = 0$ נקבע $T_0 = 0$ ובעמודה המתאימה ל- $CE = 1$ נקבע $T_0 = 1$ וכן

הלאה לגבי שאר השורות.

לאחר שרטוט טבלת העירור ניתן לממש את המערכת הצירופית ואת כל המערכת כמתואר בשני השלבים הבאים.

שלב 8: מימוש המערכת הצירופית.

למערכת הצירופית בדוגמא ישנן שלוש יציאות חיצוניות Q_0, Q_1, T_c . בדוגמא ממשנו דיאגרמת מצבים לפי

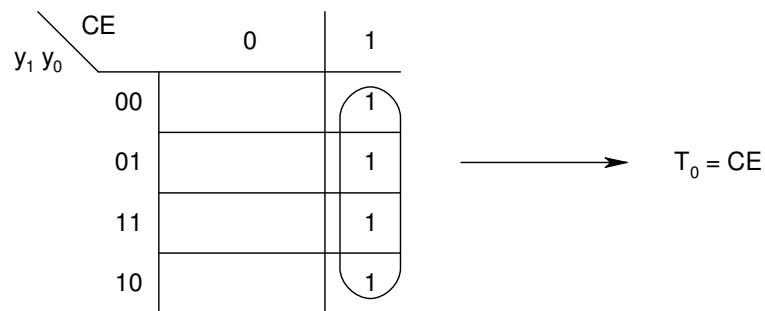
MOORE ולכן יציאות חיצוניות תלויות אך ורק במצב נוכחי דהיינו ב- y_1, y_0 . כמו כן למערכת שתי יציאות

פנימיות T_0 ו- T_1 (מוצאי עירור לדלגלגים) שתלויות ב- y_1, y_0 וב- CE .

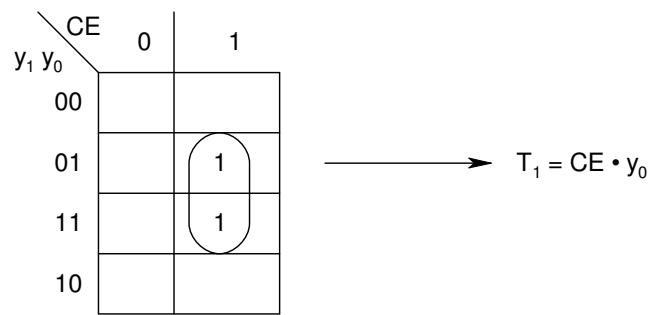
מתוך טבלת העירור ניתן לרשום את Q_1, Q_0, T_c בצורה ישירה : $T_c = y_1 y_0$, $Q_1 = y_1$, $Q_0 = y_0$.

על מנת לרשום את הפונקציות T_0 ו- T_1 ניעזר במפת קרנו (כי הן פונקציות של y_1, y_0 וגם CE).

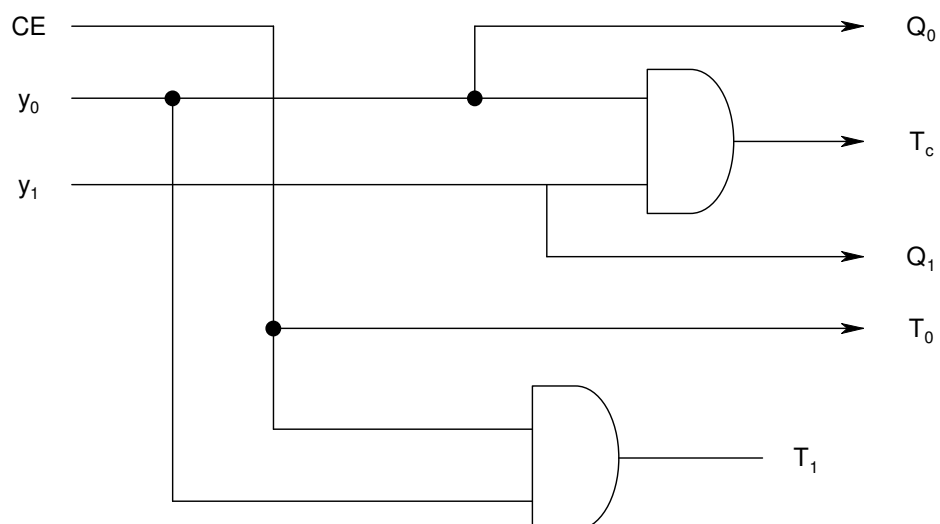
מפה של T_0 שנובעת מטבלת העירור.



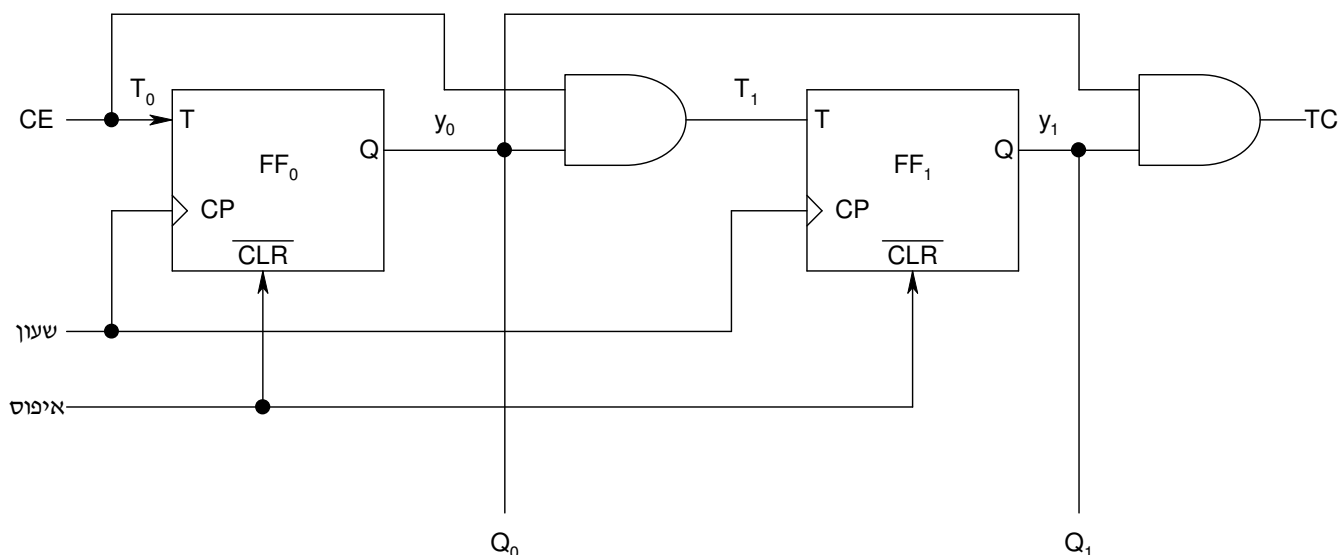
מפה של T_1 :



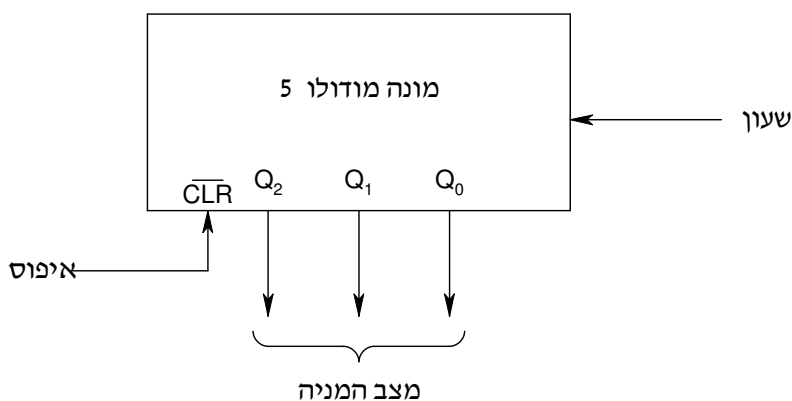
מימוש המערכת הצירופית :



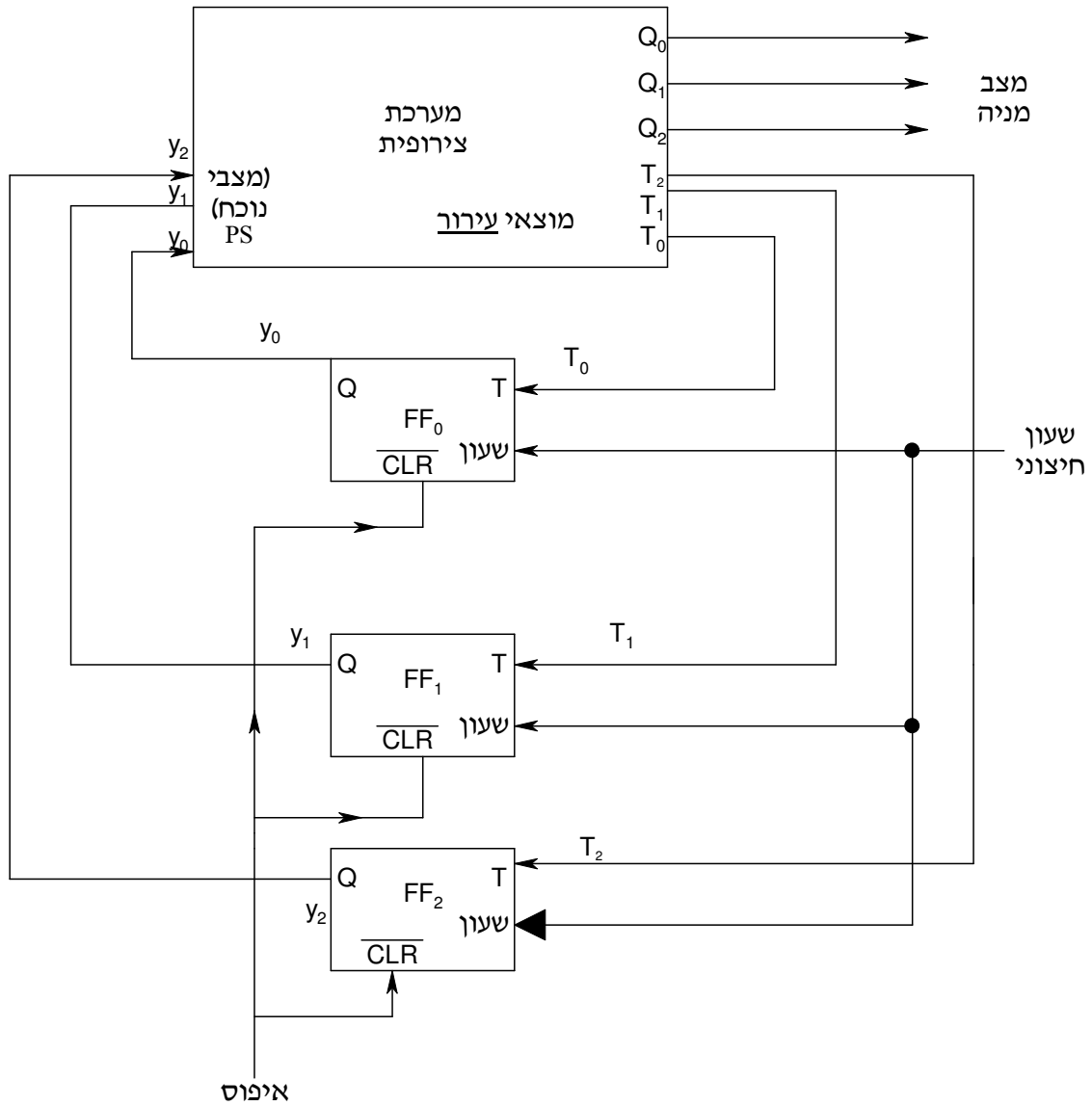
עפ"י המימוש בשלב 8 ולפי תיאור סכימטי של המערכת (שמופיעה בשלב 2) ניתן לשרטט את המונה כמתואר באיור הבא :



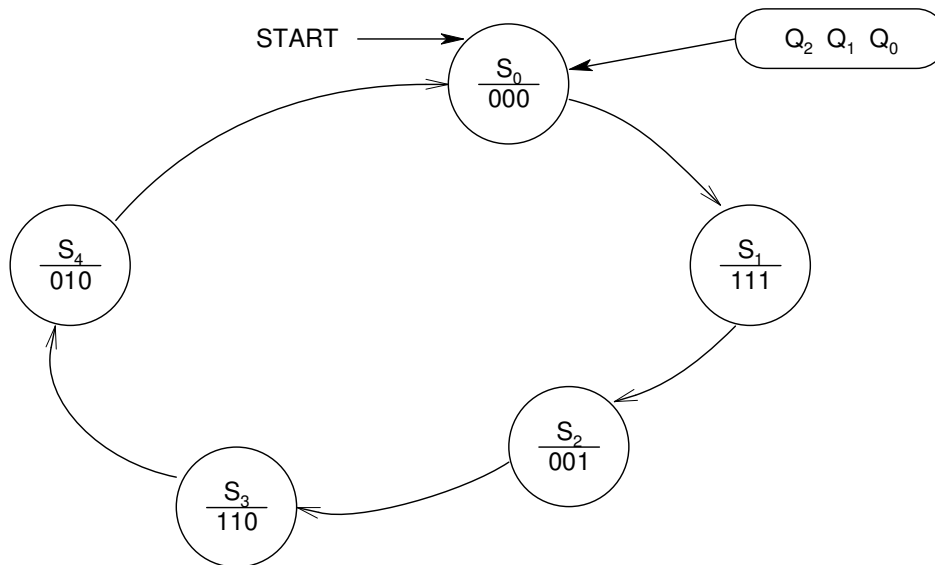
מבנה סכימטי :



תיאור סכימטי של המערכת :



שלב 3: שרטוט דיאגרמת המצבים



הערות :

1. צריך שלוש סיביות לערך מניה כיוון שערך מכסימלי הוא 7.
2. בדיאגרמה רואים כי מעבר ממצב למצב הינו ללא תנאי . (כמובן שמעבר ממצב למצב מותנה בקבלת דופק שעון)

שלב 4: שרטוט טבלת המצבים.

טבלת המצבים המתאימה לדיאגרמת המצבים הינה :

PS	NS	Q_2	Q_1	Q_0
START $\rightarrow S_0$	S_1	0	0	0
S_1	S_2	1	1	1
S_2	S_3	0	0	1
S_3	S_4	1	1	0
S_4	S_0	0	1	0

שלב 5: טבלת המעברים:

הקצאה הנוחה כאן (בלי להוכיח) הינה כאשר הקוד המתאים למצב מסוים מתלכד עם ערך היציאות באותו

מצב. לכן $S_4 = 010$, $S_3 = 110$, $S_2 = 001$, $S_1 = 111$, $S_0 = 000$

PS			NS			יציאות		
y_2	y_1	y_0	Y_2	Y_1	Y_0	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
1	0	0	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
1	0	1	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ

שים לב: בטבלה זו מתקיים $Q_2 = y_2$ $Q_1 = y_1$ $Q_0 = y_0$ (וזה בגלל ההקצאה שבחרנו).

(תזכורת : יציאות הן פונקציה של מצב נוכחי בלבד – לפי מכונת MOORE).

שלב 6: בחירת הדלגלג

אחת מדרישות התכנון הייתה למימוש באמצעות דלגלג מסוג T.

שלב 7: שרטוט טבלת הערעור של המערכת (כאשר מממשים עם שלושה דלגלגים T)

PS			NS			יציאות חיצוניות		
y_2	y_1	y_0	T_2	T_1	T_0	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	1	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
1	0	0	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
1	0	1	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ

כבר בשלב 5 ראינו ש- $Q_0 = y_0$ $Q_1 = y_1$ $Q_2 = y_2$. כעת נותר למצוא את פונקציית העיגורים: T_2 T_1 T_0 .

$T_2 = y_2 + \bar{y}_1$

$y_2 \backslash y_1$	00	01	11	10
0	1		1	ϕ
1	1	ϕ	1	ϕ

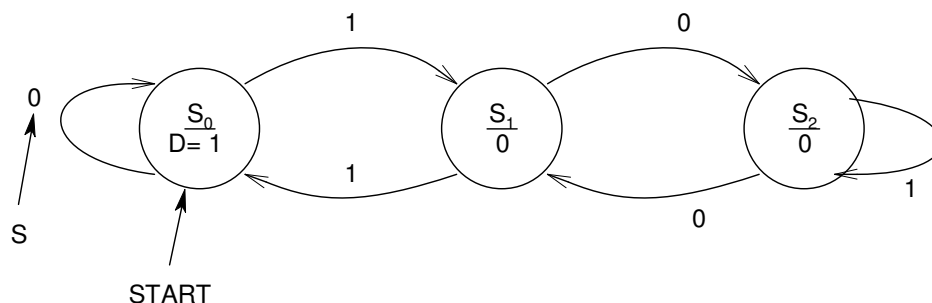
$T_1 = \bar{y}_2 + y_0 \leftarrow$

$y_2 \backslash y_0$	00	01	11	10
0	1	1		ϕ
1	1	ϕ	1	ϕ

$T_0 = \bar{y}_1$

11.4 דוגמא נוספת לתכנון מערכת סדרתית.

למערכת סדרתית כניסה (מבוא) אחת S ויציאה אחת D . המערכת מתוארת באמצעות דיאגרמת המצבים הבאה :



פתרון : שלבים 1,2,3 לא דרושים (כי התחלנו מדיאגרמת מצבים).

שלב 4: שרטוט טבלת מצבים .

PS	NS		D יציאה
	$S = 0$	$S = 1$	
START $\rightarrow S_0$	S_0	S_1	1
S_1	S_2	S_0	0
S_2	S_1	S_2	0

שלב 5: הקצאת מצבים ושרטוט טבלת מעברים.

נבחר בהקצאה בינרית : $S_j \leftarrow$ צופן j כלומר $S_0 = 00$ $S_1 = 01$ $S_2 = 10$.

PS $y_1 \quad y_0$		NS		D
		$S = 0$ $Y_1 \ Y_0$	$S = 1$ $Y_1 \ Y_0$	
0	0	0 0	0 1	1
0	1	1 0	0 0	0
1	0	0 1	1 0	0
1	1	$\phi \ \phi$	$\phi \ \phi$	ϕ

שלב 6: בחירת דלגלג : בחרנו הפעם K – J.

שלב 7: שרטוט טבלת העירור.

צריכים שני דלגלים (הפעם מסוג JK) כי מצב מיוצג ע"י שני ביטים כי יש שלושה מצבים וכל ביט מתאים ל-F/F אחד.

$J_0 K_0$ זה FF מס' 0 שיציאתו הינה y_0 .

$J_1 K_1$ זה F/F מס' 1 שיציאתו הינה y_1 .

PS		NS		NS		D
y_1	y_0	$S = 0$		$S = 1$		
		$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	
0	0	0 ϕ	0 ϕ	0 ϕ	1 ϕ	1
0	1	1 ϕ	ϕ 1	0 ϕ	ϕ 1	0
1	0	ϕ 1	1 ϕ	ϕ 0	0 ϕ	0
1	1	$\phi \phi$	$\phi \phi$	$\phi \phi$	$\phi \phi$	ϕ

הסבר לאופן קבלת טבלת עירור :

נסביר את השורה השלישית בטבלת העירור.

נתבונן בטבלת המעברים בשורה שלישית. המעברים המוגדרים עבור y_0 הינם :

(א) עבור $S=0$ עוברים ממצב נוכחי $y_0=0$ (מצב נוכחי) ל- $Y_0=1$ (מצב הבא).

צירוף ה-JK שמתאים למעבר זה הינו 1ϕ . לכן $J_0 K_0$ בשורה שלישית עבור $S=0$ הינו 1ϕ .

(ב) עבור $S=1$ עוברים ממצב נוכחי $y_0=0$ (מצב נוכחי) ל- $Y_0=0$ (מצב הבא).

צירוף ה-JK שמתאים למעבר זה הינו 0ϕ . לכן $J_0 K_0$ בשורה שלישית עבור $S=1$ הינו 0ϕ .

שלב 8-9: מימוש שרטוט המערכת.

למערכת הצירופית יש את הכניסות הבאות: כניסה חיצונית S , שתי כניסות פנימיות y_1, y_0 .

יציאות המערכת הצירופית: יציאה חיצונית D ויציאות פנימיות (שמשמשות לעירור הזכרון) J_0, K_0, J_1, K_1 .

נרשום את יציאות המערכת כפונקציה של הכניסות.

- מטבלת העירור (שבשלב 7) רואים $D = \overline{y_1} \cdot \overline{y_0}$ (אין תלות של D בכניסה S כצפוי כיון שהמערכת הינה

מסוג MOORE).

- ע"מ לרשום את המשוואות של היציאות J_0, K_0, J_1, K_1 נרשום מפת קרנו של כל פונקציה ומתוך המפה

נקבל פונקציה מפורשת.

(1) עבור J_1 :

		S	
		0	1
$y_1 y_0$	00		
	01	1	
	11	ϕ	ϕ
	10	ϕ	ϕ

הפונקציה היא : $J_1 = y_0 \cdot \bar{S}$.

(2) עבור K_1 :

		S	
		0	1
$y_1 y_0$	00	ϕ	ϕ
	01	ϕ	ϕ
	11	ϕ	ϕ
	10	1	

הפונקציה שמתקבלת : $K_1 = \bar{S}$.

(3) עבור J_0 :

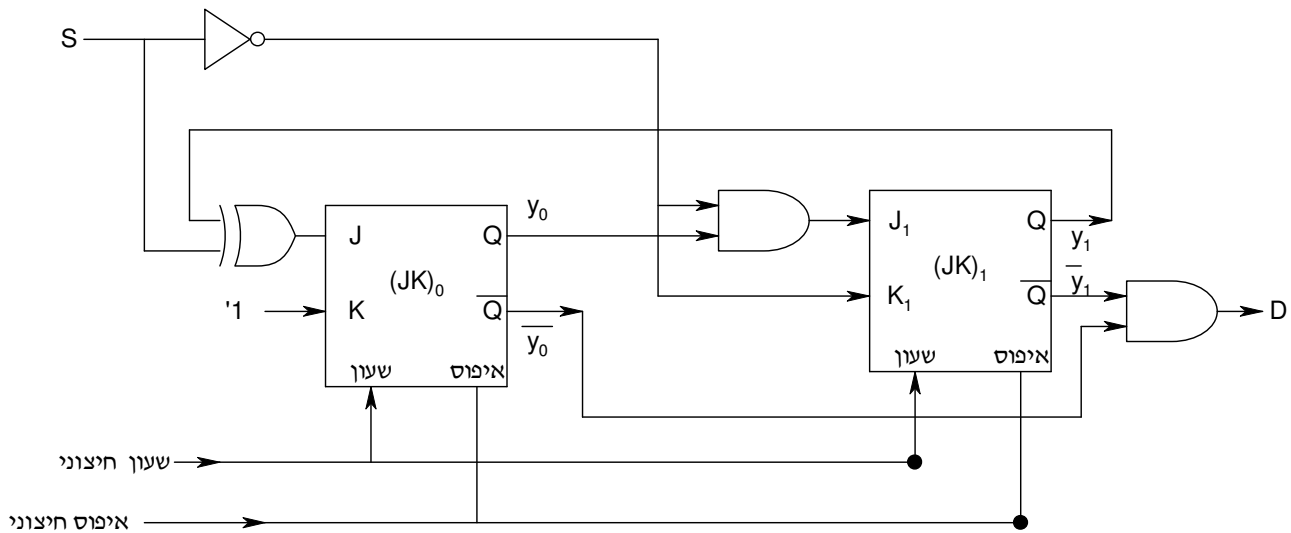
		S	
		0	1
$y_1 y_0$	00		1
	01	ϕ	ϕ
	11	ϕ	ϕ
	10	1	

הפונקציה שמתקבלת : $J_0 = \bar{S} \cdot y_1 + S \bar{y}_1 = y_1 \oplus S$

		S	
		0	1
$y_1 y_0$	00	ϕ	ϕ
	01	1	1
	11	ϕ	ϕ
	10	ϕ	ϕ

מן המפה נובע : $K_0 = 1$.

ולכן מימוש המערכת :

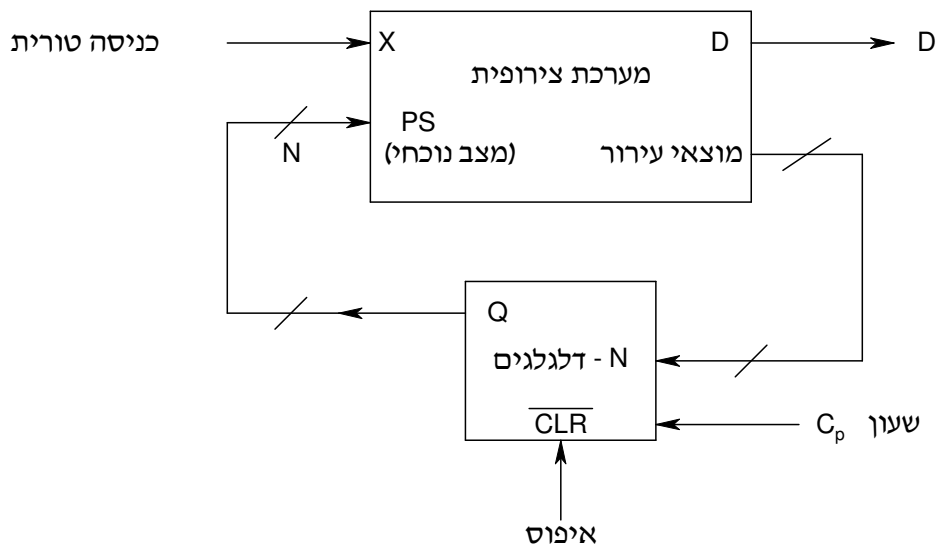


11.5 תכנון מערכות סדרתיות מסוג EMALY

עד עתה הצגנו תכנון מערכות סדרתיות מסוג MOORE. בפרק זה נתכנן מערכות סדרתיות מסוג MEALY כפי שלמדנו בפרק 9 מערכת מסוג MEALY הינה מערכת שיציאותיה תלויות במצב וגם בכניסות של המערכת. דוגמא: תכנון גלאי לסדרה 101 נתכנן המערכת לפי שלבי התכנון שלמדנו.

שלב 1 : דרישות תכנון

תכנן גלאי לסדרה 101 (מערכת סדרתית מסוג MEALY) בעל כניסה אחת X ויציאה אחת D. היציאה D תקבל ערך 1 אם בשלושה מחזורי השעון האחרונים התקבל בכניסה הצירוף הבא: 101. הנח תנאי התחלה: התקבלה סדרת אפסים לפני תחילת הפעולה. תיאור סכימטי של המערכת:



שלב 2 : ניתוח והבנה .

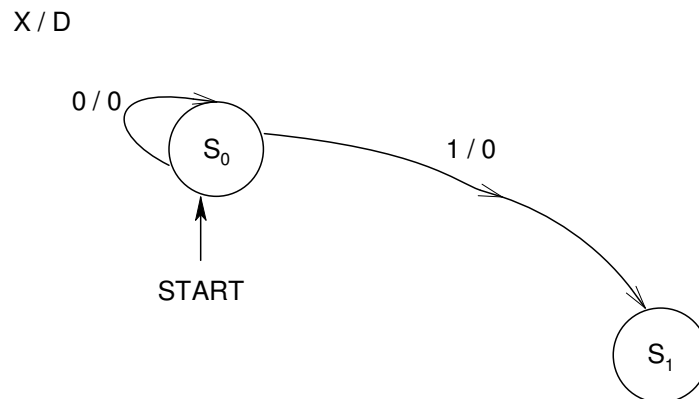
נתאר סדרה אפשרית של ערכי כניסה X, שמתקבלים בכל עלית שעון ואת המוצא שמתקבל עבורם:

זמן	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

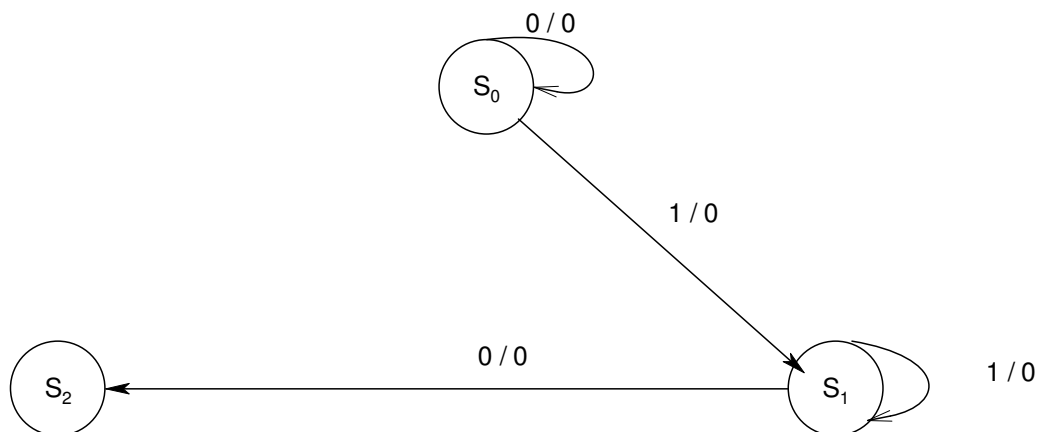
שים לב: יש אפשרות לחפיפה בין שתי סדרות כלומר: ה- 1 האחרון בסדרה 101 מסוימת, עשוי להיות ה- '1' הראשון בסדרה 101 עוקבת, כפי שרואים בדוגמא.

שלב 3:

נשרטט את דיגארמת המצבים בכמה שלבים . נגדיר את המצבים באופן הבא : מצב התחלתי S_0 שיציין שעד כה התקבלה סדרת אפסים (באורך כלשהו). מצב S_1 מציין שהתקבל 1 ראשון. מצב S_2 מציין שהתקבל : 10. אם מתקבל 0 במבוא X במבוא X נשארים באותו מצב, אם מתקבל 1 הוא עשוי לשמש כ- '1' הראשון בסדרה 101 ולכן יש לעבור ל- S_1 שיציין את גילוי ה-1 הראשון כפי שמתואר בציור הבא :

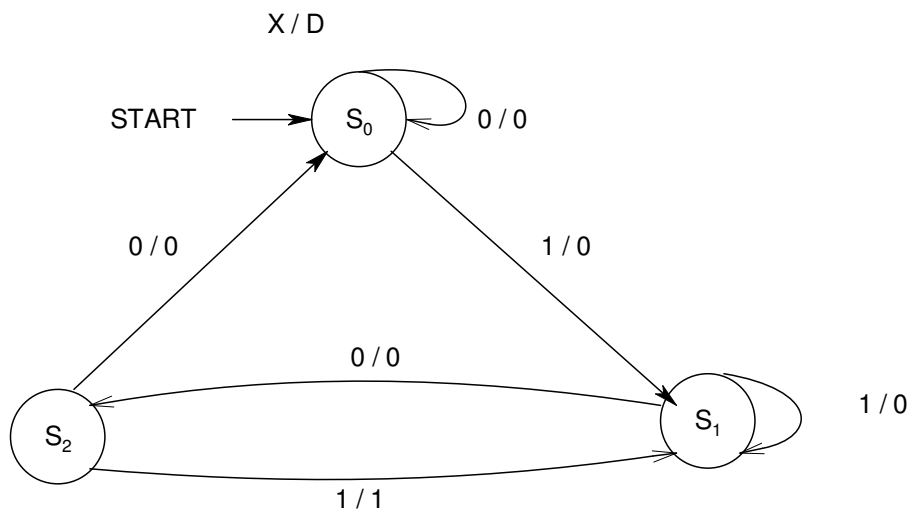


אם במצב הנוכחי S_1 מתקבל 0 אזי התקבלה כבר תת-סדרה 10 (קרא משמאל לימין) ולכן יש לציין זאת במצב חדש S_2 , לעומת אם מתקבל $x = 1$ אזי זה עשוי לשמש כ- '1' הראשון בסדרה 101. ולכן המערכת נשארת במצב S_1 . מעבר זה מתואר באיור הבא :



שים לב שכל היציאות בציורים אלו הינן '0' מכיוון שעדיין לא התקבלה הסדרה הרצויה. אם במצב נוכחי S_2 מתקבל 0, ז"א, שהתקבלה הסדרה 100 (משמאל לימין) כלומר לא התקבלה סדרה רצויה ולכן יש לחזור למצב S_0 . אם במצב S_2 מתקבל $x = 1$ מתגלה הסדרה הרצויה. יש לעבור ל- S_1 (כאשר $D = 1$) מכיוון ש- '1' שהופיע עשוי לשמש גם כ- '1' הראשון בסדרה חדשה.

מעברים אלו מתוארים בדיאגרמת המצבים הבאה :



שלב 4: שרטוט טבלת מצבים.

PS	NS		D	
	$X = 0$	$X = 1$	$X = 0$	$X = 1$
S_0	S_0	S_1	0	0
S_1	S_2	S_1	0	0
S_2	S_0	S_1	0	1

שים לב: כיוון שמדובר במערכת מסוג MEALY לכן היציאה D תלויה גם בכניסה X וגם במצב.

שלב 5: הקצאת מצבים ושרטוט טבלת מעברים

נבחר $S_0 = 00$ $S_1 = 01$ $S_2 = 11$. הצבת ערכים אלו לטבלת המצבים תתן לנו את טבלת המעברים.

PS		NS		D	
y_1	y_0	$X = 0$ $Y_1 Y_0$	$X = 1$ $Y_1 Y_0$	$X = 0$	$X = 1$
0	0	00	01	0	0
0	1	11	01	0	0
1	1	00	01	0	1
1	0	$\phi \phi$	$\phi \phi$	ϕ	ϕ

הערה: מצב 10 לא קיים במערכת ולכן הוכנסו ערכי ϕ בשורה אחרונה בטבלה.

שלב 6: בחרנו לצורך מימוש בדלגלג מסוג D בדוגמא זו .

שלב 7: טבלת עירור למערכת .

למעשה כדי לבנות טבלת עירור של המערכת, יש להתבונן בטבלת המעברים ובטבלת עירור של הדלגלג, אולם בדלגלג D – טבלת העירור זהה לטבלת המעברים בשינוי אחד: במקום $Y_1 Y_0$ נרשום $D_1 D_0$.

PS		NS		D	
y_1	y_0	X=0 $D_1 D_0$	X=1 $D_1 D_0$	X=0	X=1
0	0	0 0	0 1	0	0
0	1	1 1	0 1	0	0
1	1	0 0	0 1	0	1
1	0	$\phi \phi$	$\phi \phi$	ϕ	ϕ

שלב 8+9: מימוש מערכת צירופית ושרטוט המערכת כולה .

מפת קרנו עבור D_1 :

$y_1 y_0$	X	
	0	1
00	0	0
01	1	0
11	0	0
10	ϕ	ϕ

$$D_1 = \bar{x} \cdot \bar{y}_1 \cdot y_0$$

מפת קרנו עבור D_0 :

$y_1 y_0$	X	
	0	1
00	0	1
01	1	1
11	0	1
10	ϕ	ϕ

$$D_0 = X + \bar{y}_1 \cdot y_0$$

מפת קרנו עבור מוצא D :

$y_1 y_0$ \ X	X	
	0	1
00	0	0
01	0	0
11	0	1
10	ϕ	ϕ

$$D = xy_1$$

מימוש המערכת :

