Razi University

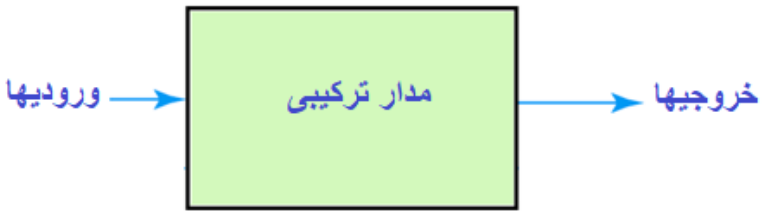
Logic Circuits Design

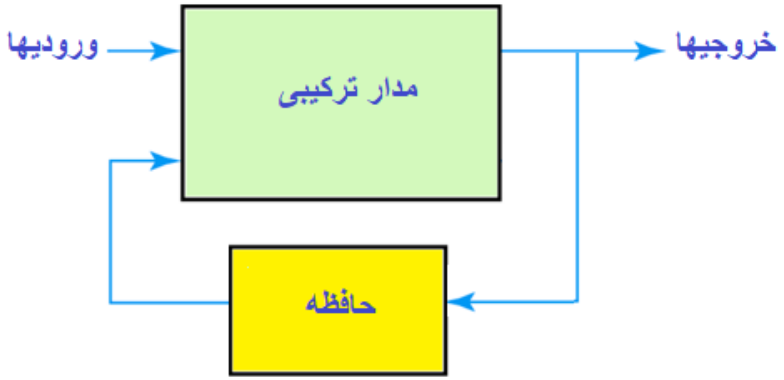
Computer Engineering Department of
Razi University

Dr. Abdolhossein Fathi

طراحی مدارهای ترتیبی

مدارهای ترتیبی





مدار ترکیبی شامل گیت‌های منطقی که خروجی‌های آن تنها به ورودی‌ها در همان زمان وابسته است.

مدار ترتیبی شامل گیت‌های منطقی و عناصر حافظه که خروجی آن علاوه بر ورودی‌های فعلی به حالت مدار (ورودی‌های قبلی) نیز وابسته است.

انواع عناصر حافظه

لَچ‌ها: با سطح سیگنال عمل می‌کنند.

حساس به سطح هستند (Level Sensitive).

لَچ SR

لَچ D

فلیپ‌فلاپ‌ها: با گذر سیگنال ساعت از یک سطح به سطح دیگر فعال می‌شوند.

حساس به لبه هستند (Edge Sensitive).

فلیپ‌فلاپ SR

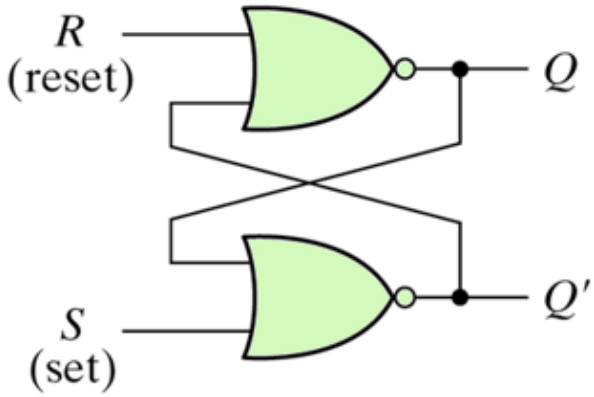
فلیپ‌فلاپ D

فلیپ‌فلاپ JK

فلیپ‌فلاپ T

همه‌ی فلیپ‌فلاپ‌ها با لَچ ساخته می‌شوند.

طراحی مدار قفل کننده یا مدار لچ با گیت NOR



لَچ SR با گیت‌های NOR:

حالت Set (Q=1 Q'=0)

حالت Reset (Q=0 Q'=1)

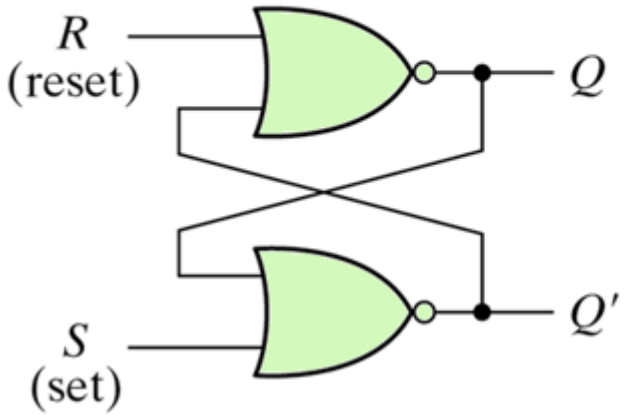
حالت‌های مفید لَچ :

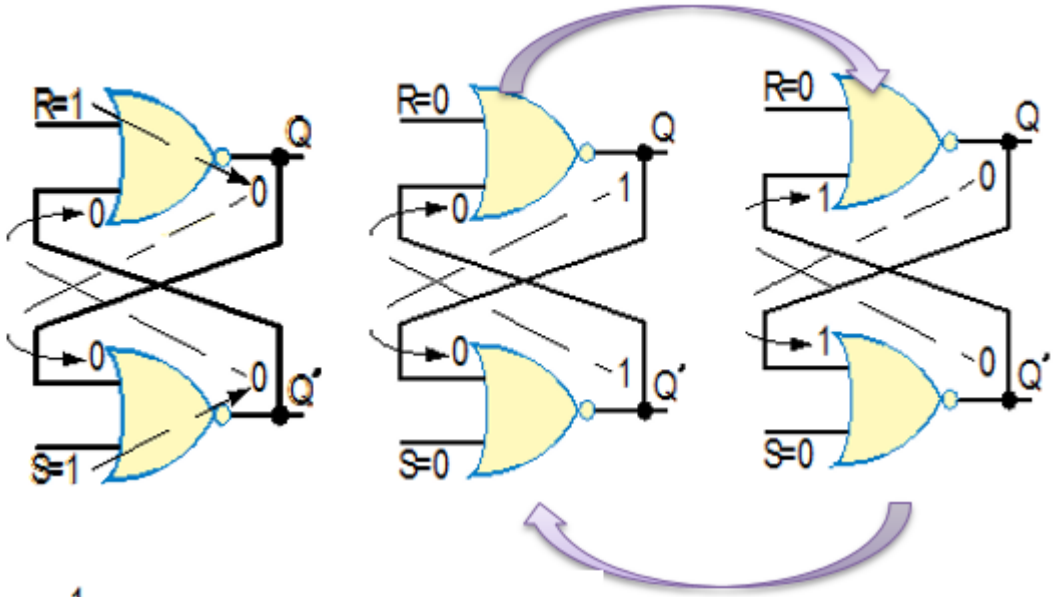
R	S	Q(t+1)	$\overline{Q}$(t+1)
0	1	1	0
1	0	0	1
0	0	q(t)	$\overline{q}$(t)
1	1	نامعتبر	نامعتبر

جدول عملکرد

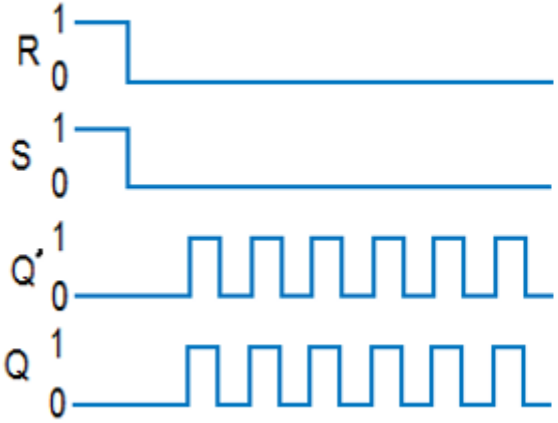
S	R	Q	Q'	
1	0	1	0	
0	0	1	0	(after $S = 1, R = 0$)
0	1	0	1	
0	0	0	1	(after $S = 0, R = 1$)
1	1	0	0	این خروجی با انتظار ما تناقض دارد
0	0	?		Race Condition نامعین

حالت نامعین در مدار لچ با گیت NOR

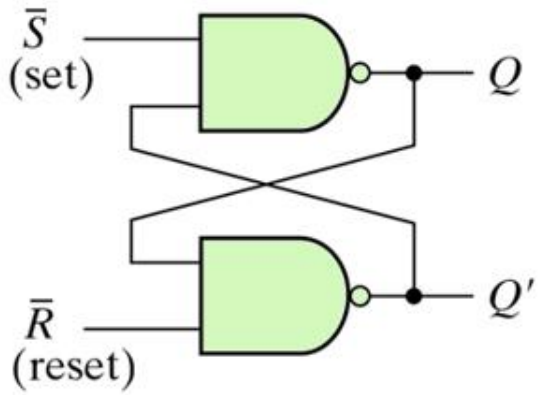




S	R	Q	Q'
1	1	0	0
0	0	Race Condition	



طراحی مدار لچ با گیت NAND



لَچ SR با گیت‌های NAND:

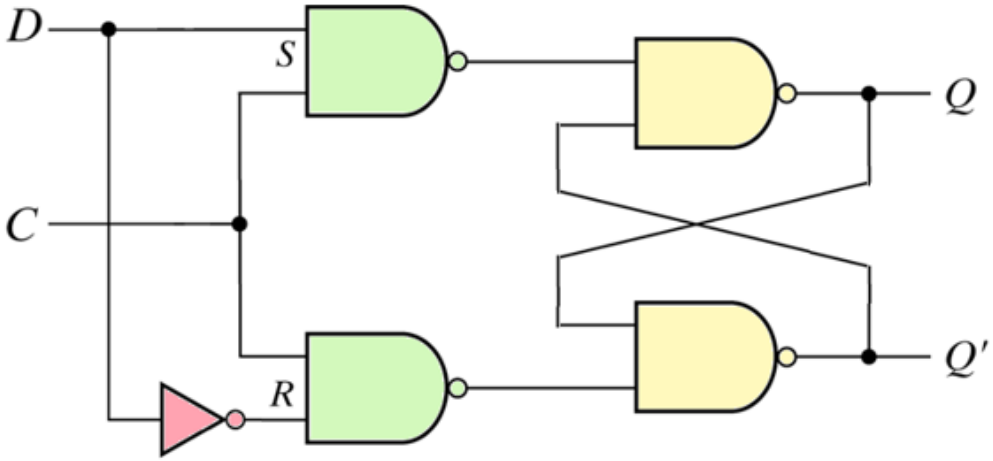
$\bar{R}$	$\bar{S}$	Q(t+1)	$\bar{Q}$(t+1)
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	q(t)	$\bar{q}$(t)
0	0	نامعتبر	نامعتبر

جدول عملکرد

$\bar{S}$	$\bar{R}$	Q	Q'	
1	0	0	1	
1	1	0	1	(after $S = 1, R = 0$)
0	1	1	0	
1	1	1	0	(after $S = 0, R = 1$)
0	0	1	1	این خروجی با انتظار ما تناقض دارد
1	1	?		Race Condition نامعین

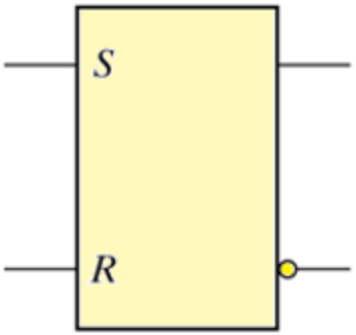
طراحی مدار لچ D با گیت NAND

لَچ D با ورودی کنترل:

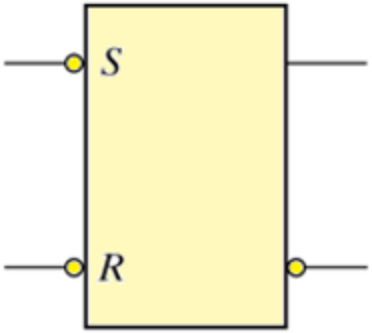


C	D	Next state of Q
0	X	No change
1	0	Q = 0; Reset state
1	1	Q = 1; Set state

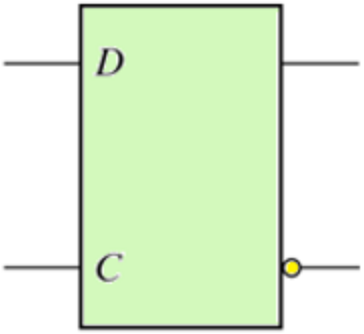
لچ نوع D حالت نامعین ندارد



NOR Gate Latch

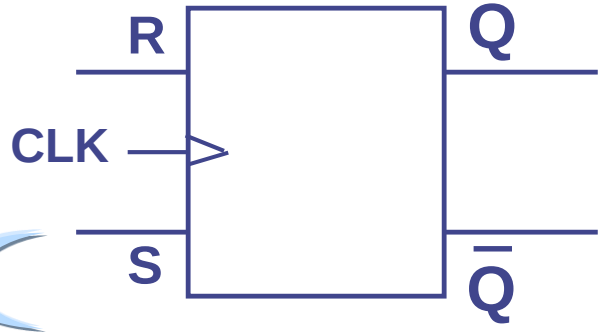


NAND Gate Latch



D Latch

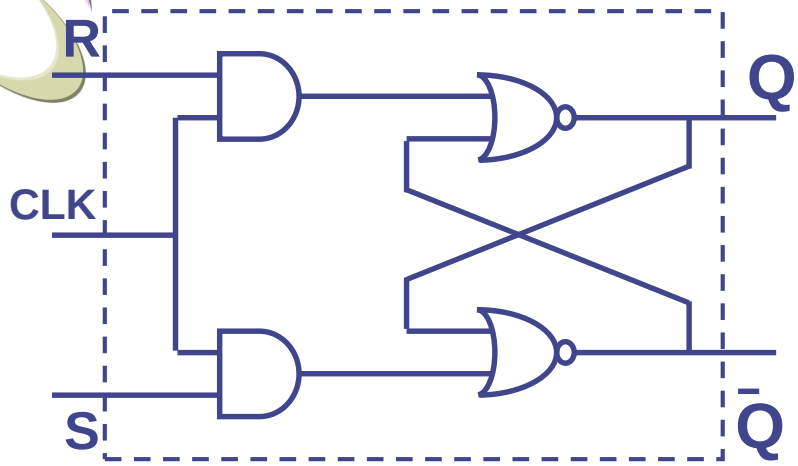
طراحی مدار فلیپ فلاپ SR

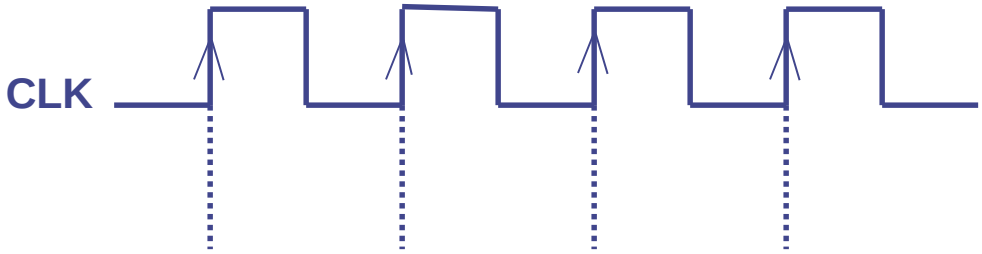


فلیپ فلاپ RS

S	R	Q(t+1)
0	0	q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	نامعین

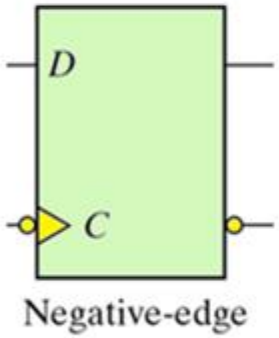
(جدول مشخصه)

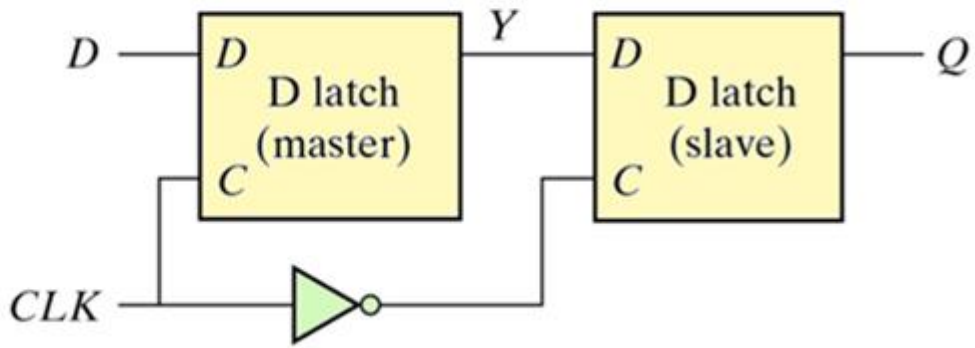


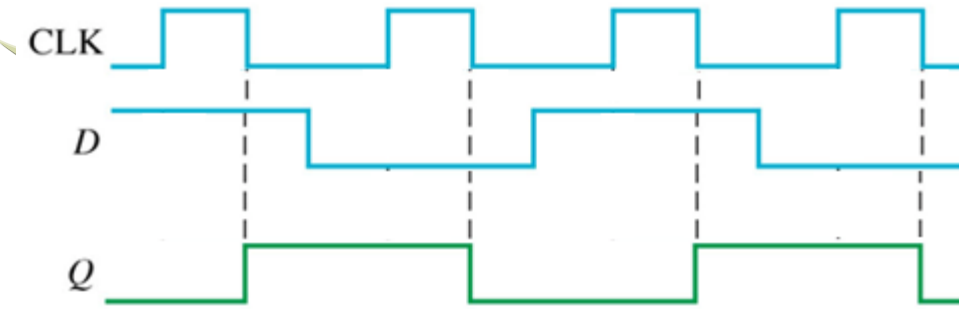


طراحی مدار فلیپ فلاپ D حساس به لبه پایین

فلیپ‌فلاپ master-slave







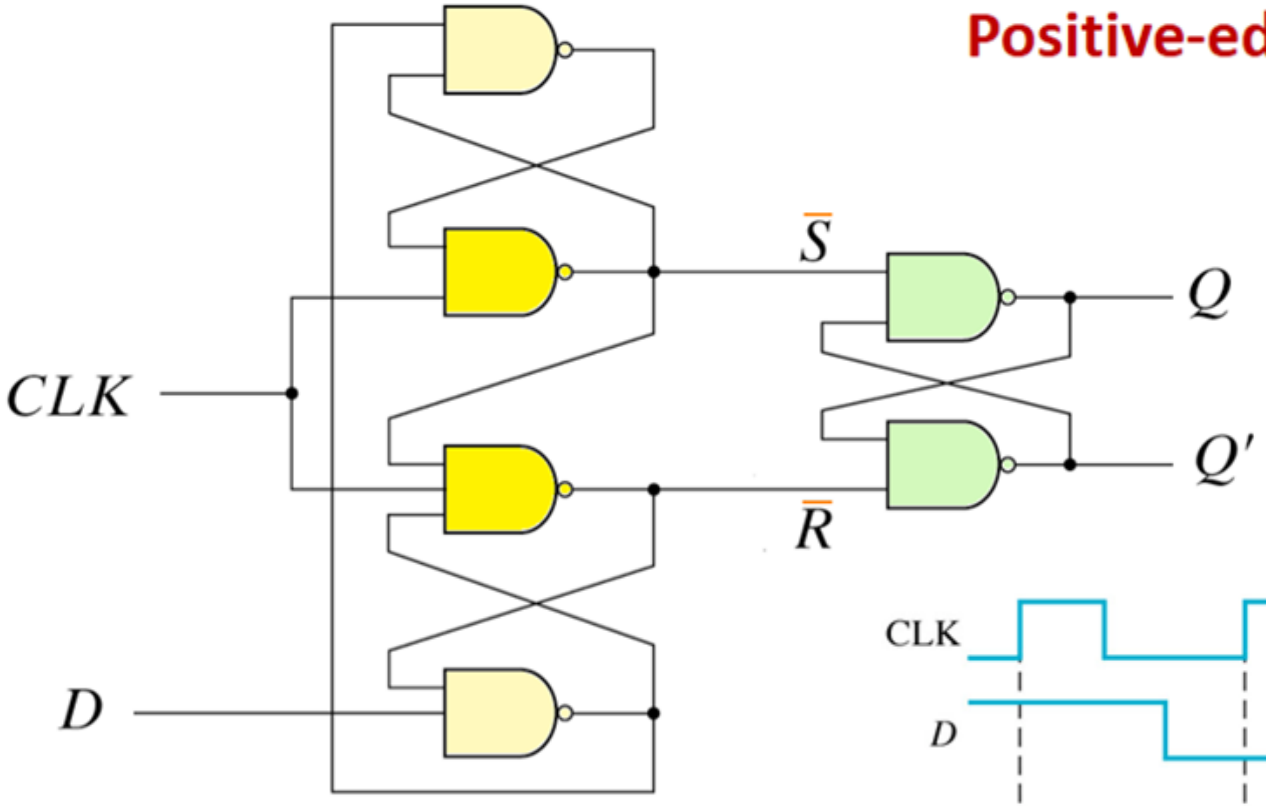
این فلیپ‌فلاپ با لبه‌ی منفی کار می‌کند

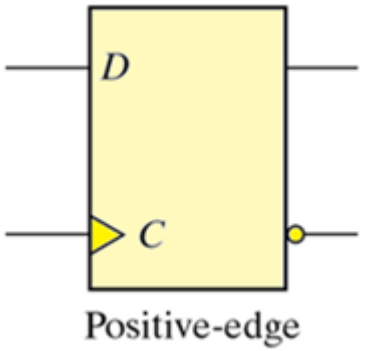
(Negative-edge-triggered flip-flop)

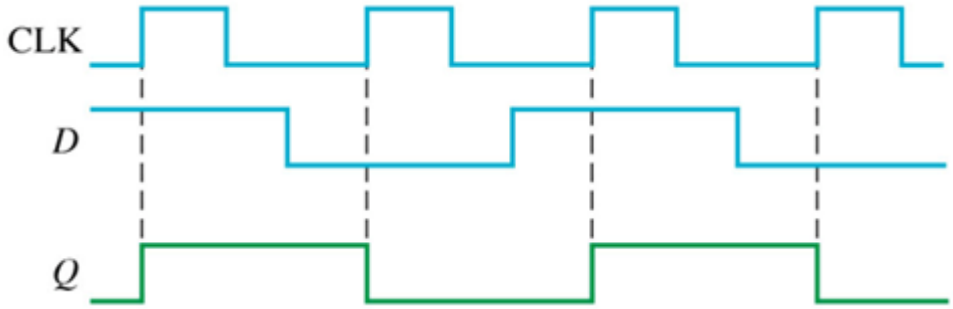
طراحی مدار فلیپ فلاپ D حساس به لبه بالا

فلیپ‌فلاپ D تحریک‌شده با لبه‌ی مثبت

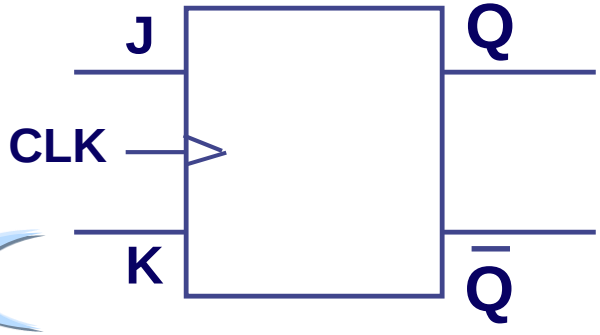
Positive-edge-triggered flip-flop







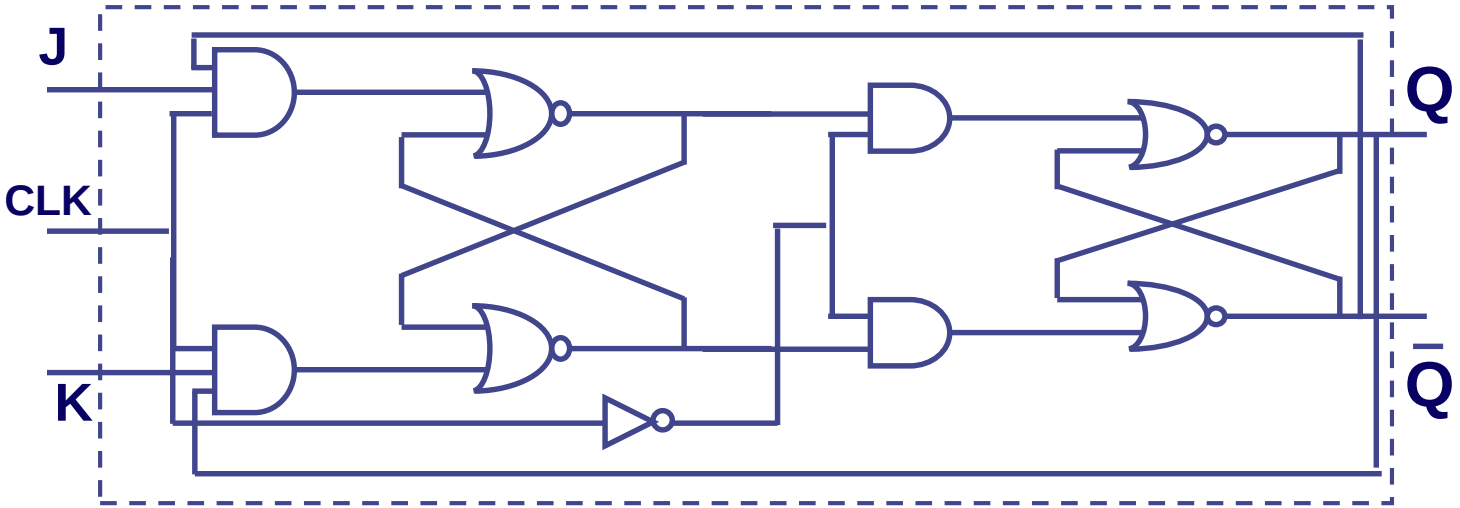
طراحی مدار فلیپ فلاپ JK



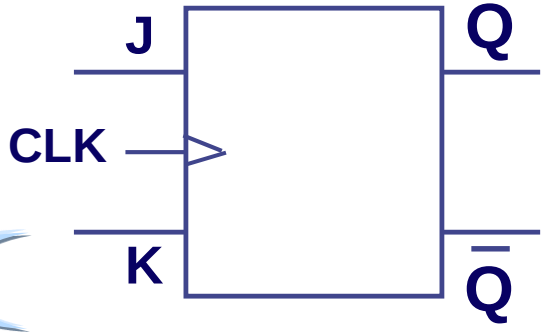
فلیپ فلاپ JK

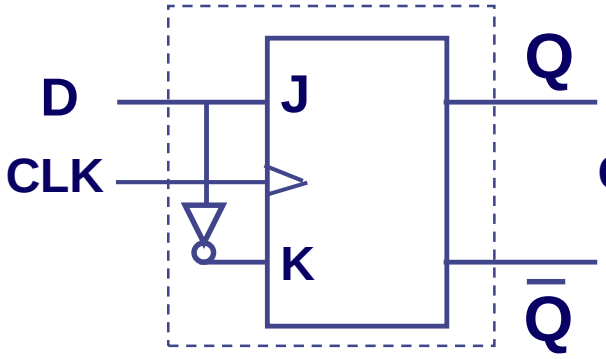
J	K	Q(t+1)
0	0	q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{q}$(t)

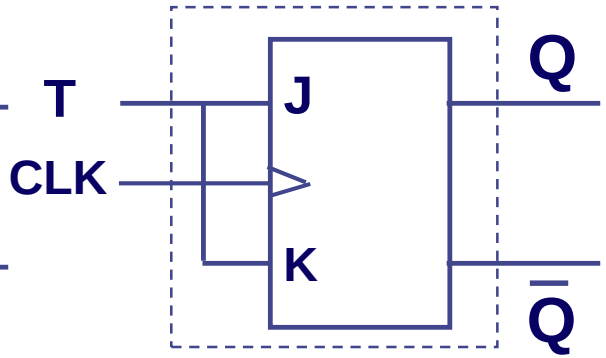
(جدول مشخصه)



طراحی انواع فلیپ فلاپ با استفاده از فلیپ فلاپ JK







J	K	Q(t+1)
0	0	q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{q}$(t)

D	Q(t+1)
0	0
1	1

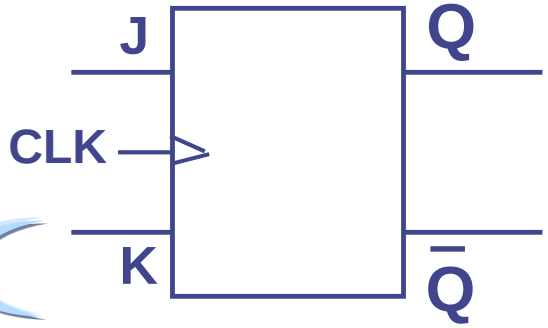
T	Q(t+1)
0	q(t)
1	$\overline{q}$(t)

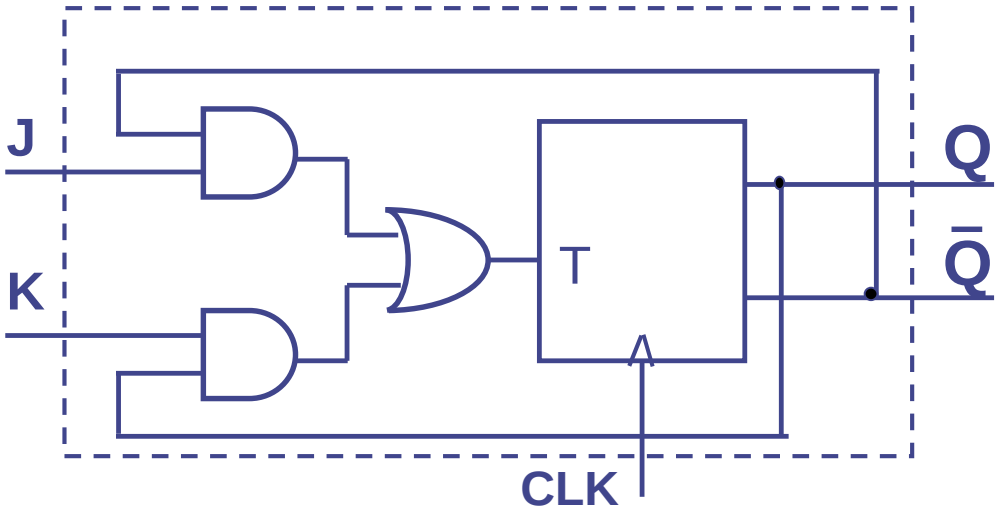
$Q(t+1) = Jq' + K'q$

$Q(t+1) = D$

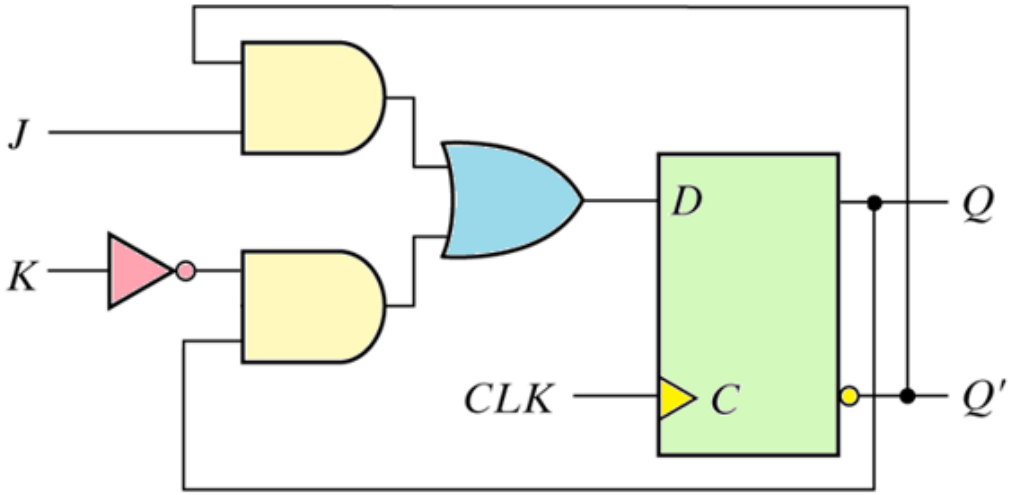
$Q(t+1) = T \oplus q$

طراحی مدار فلیپ فلاپ JK

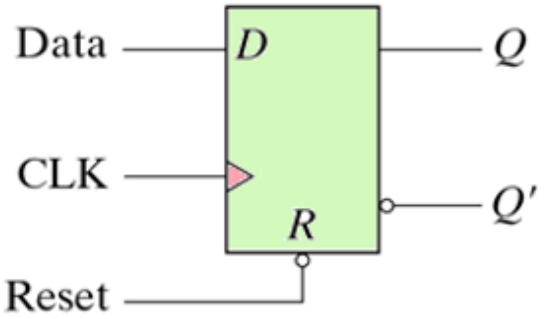




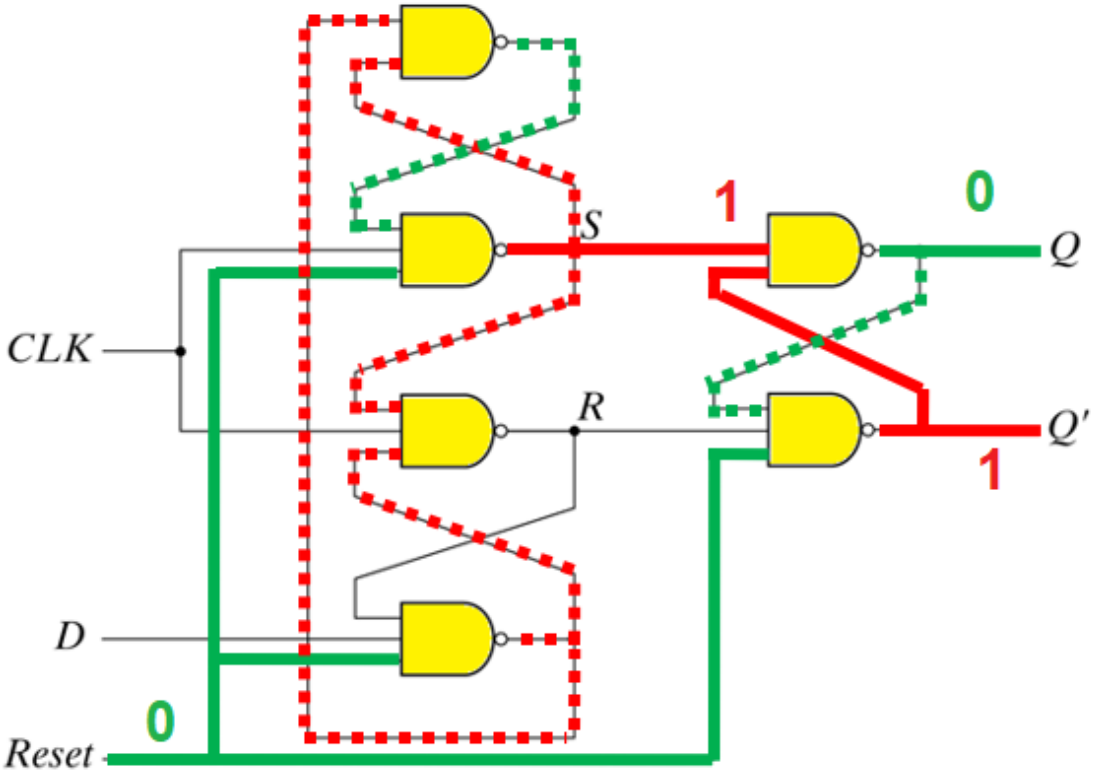
J	K	Q(t+1)
0	0	q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	q'(t)



فلیپ فلاپ D با ورودی ریست غیر همزمان



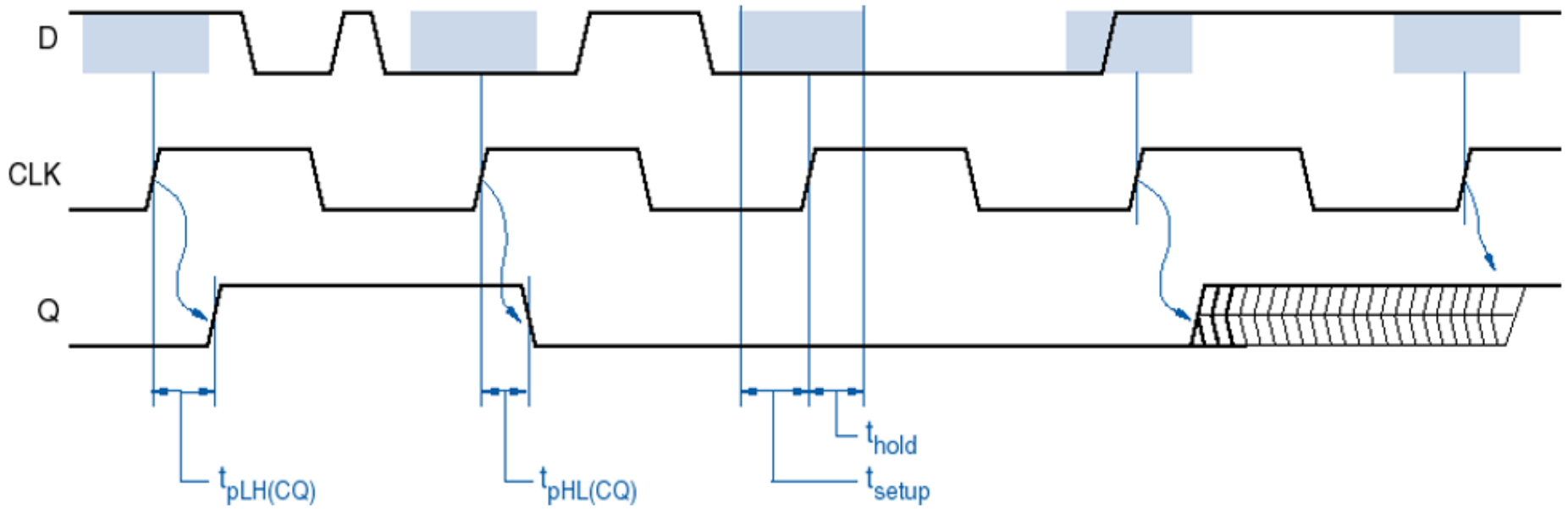
Reset	CLK	D	Q	Q′
0	X	X	0	1
1	↑	0	0	1
1	↑	1	1	0



الزامات زمانی کار با فلیپ فلاپها

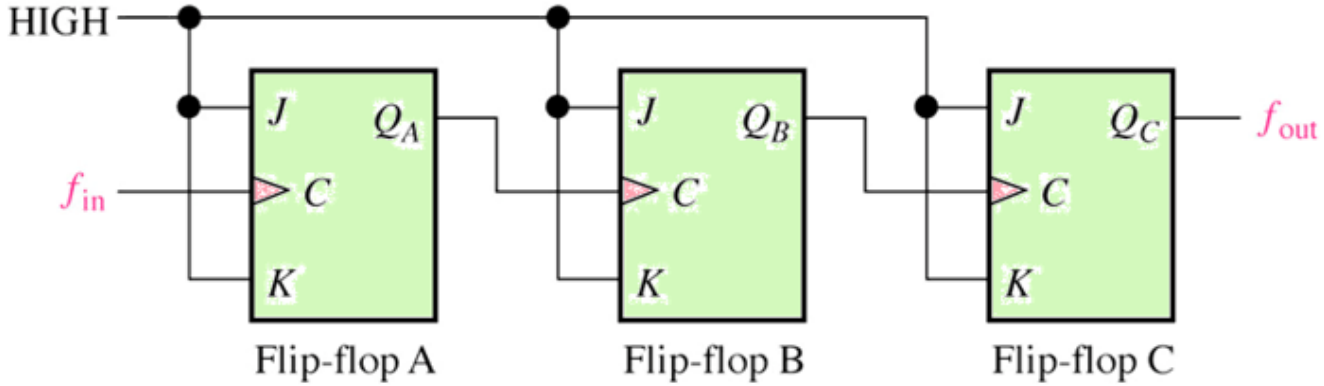
زمان آماده‌سازی (hold time)

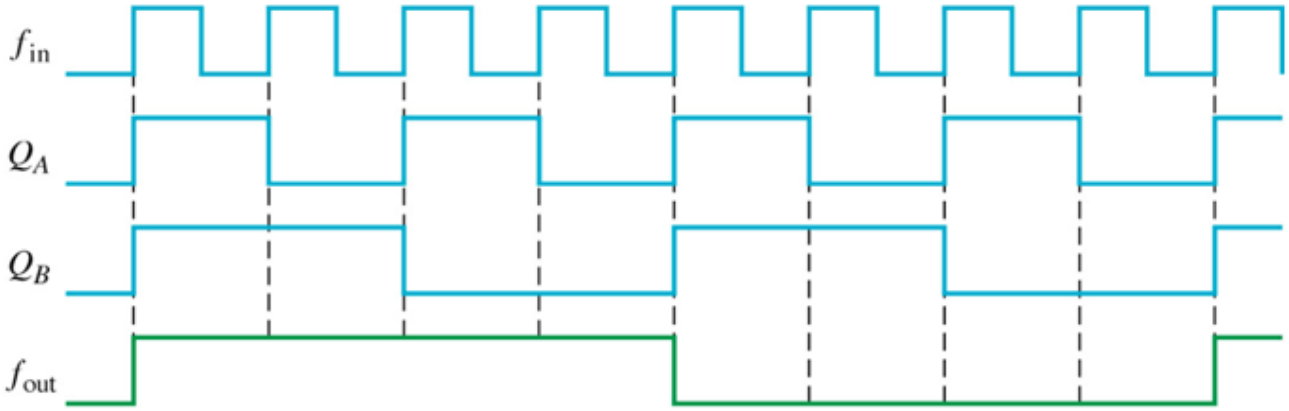
زمان نگهداری (setup time)



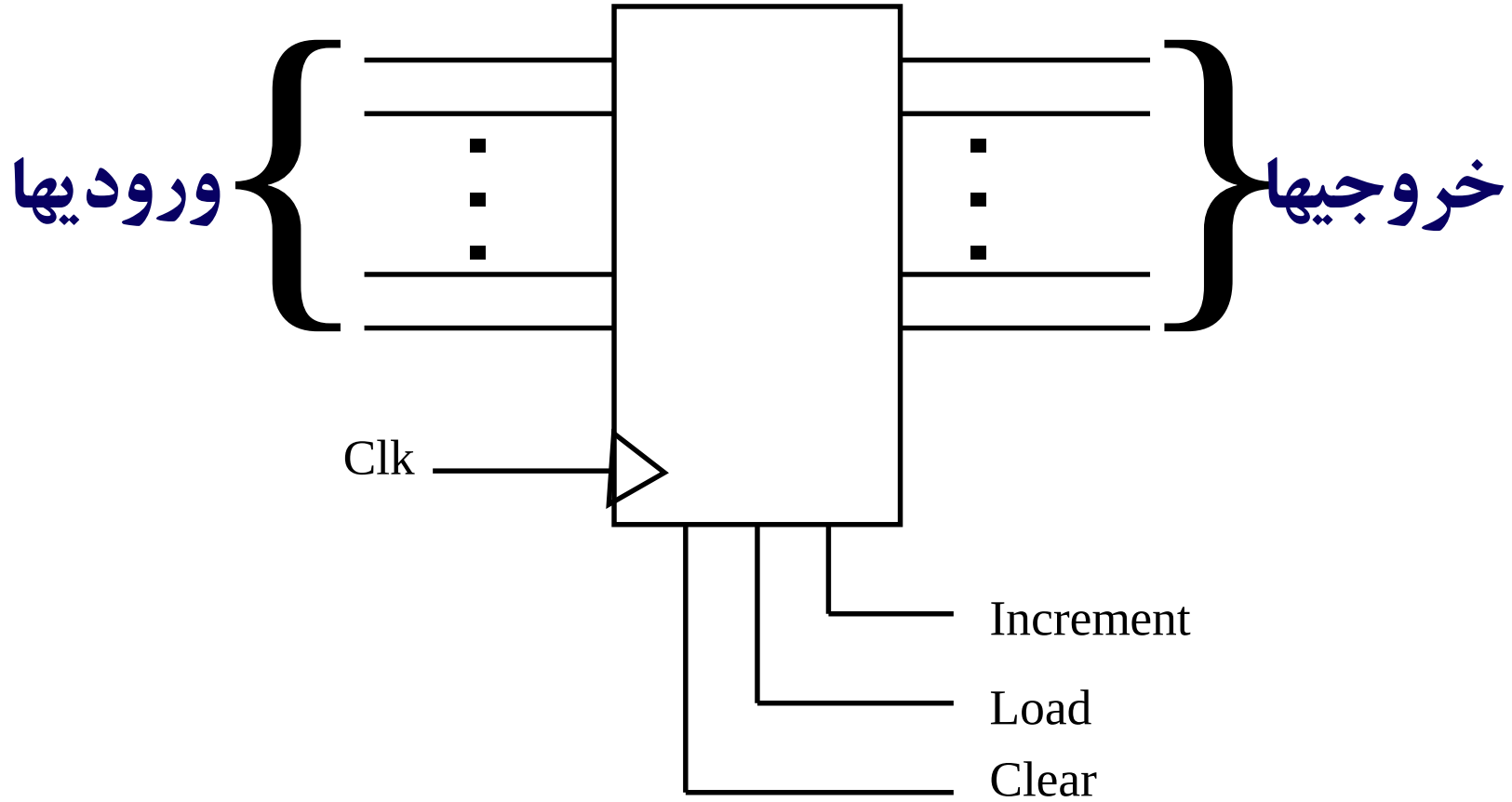
مدار تقسیم کننده فرکانس

مدار تقسیم‌کننده‌ی فرکانس که موج مربعی ورودی را دریافت نموده و موج مربعی با فرکانس یک هشتم فرکانس ورودی تولید نماید.

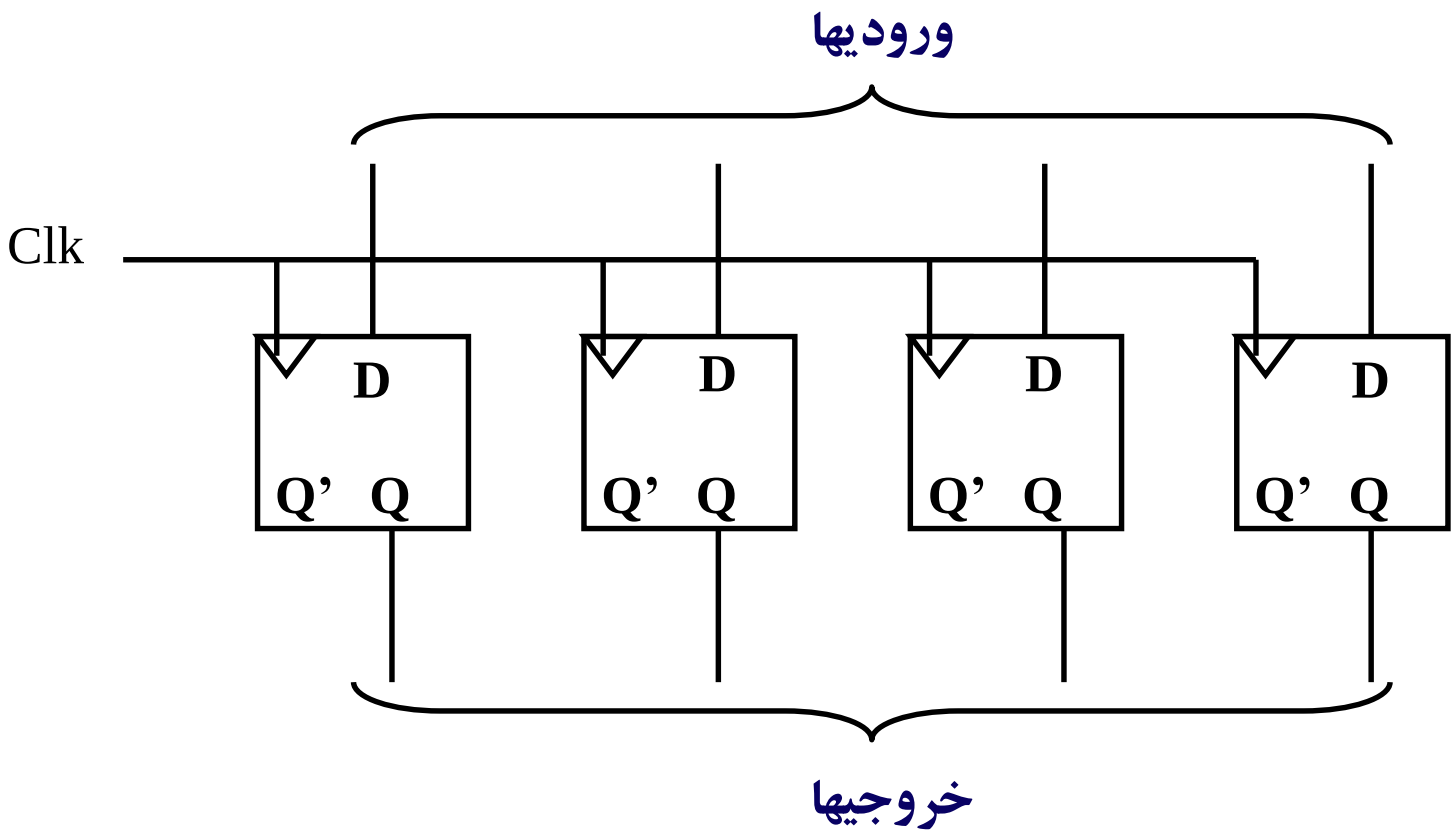




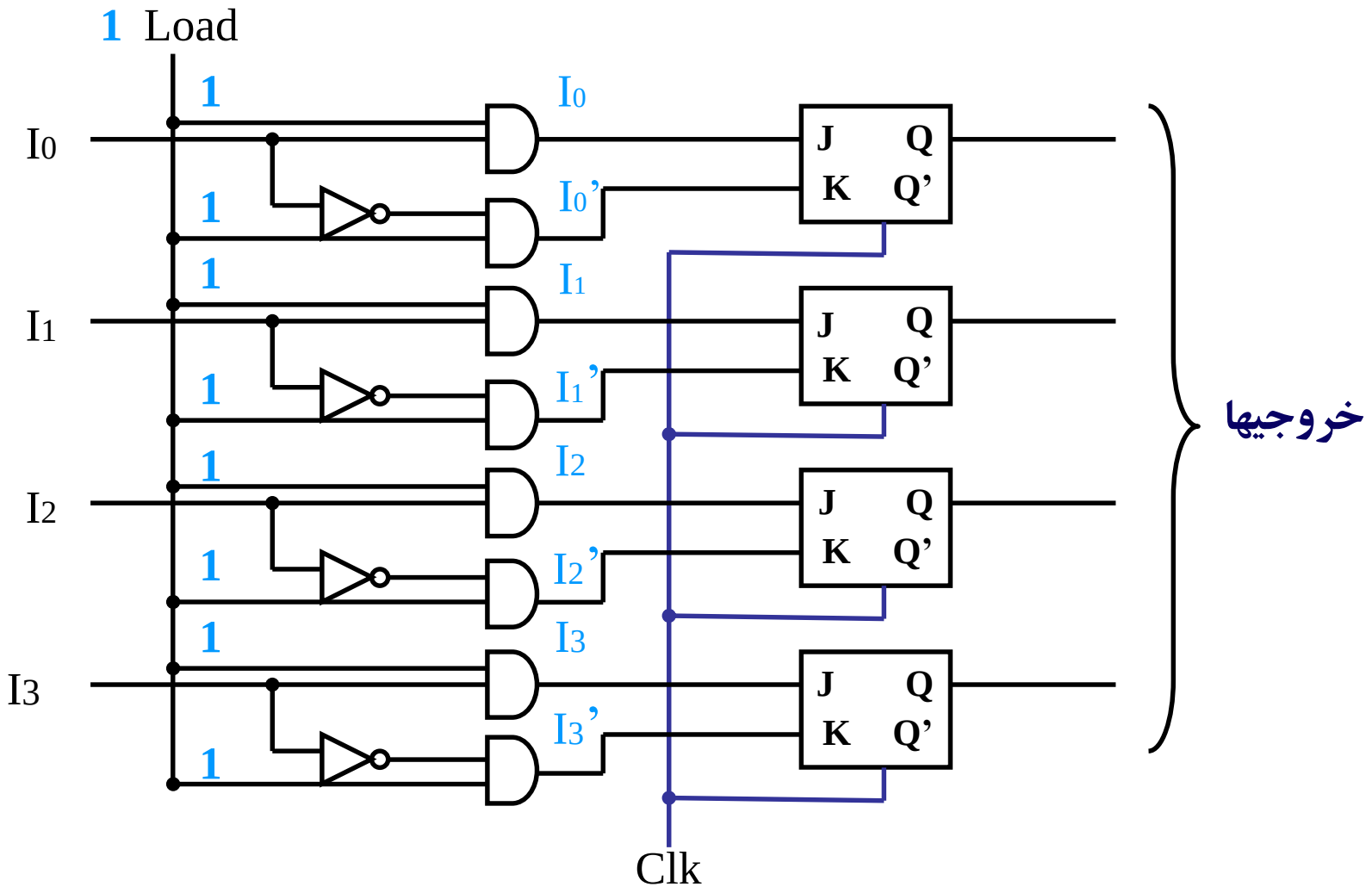
طرح بلوک دیاگرامی ثبات



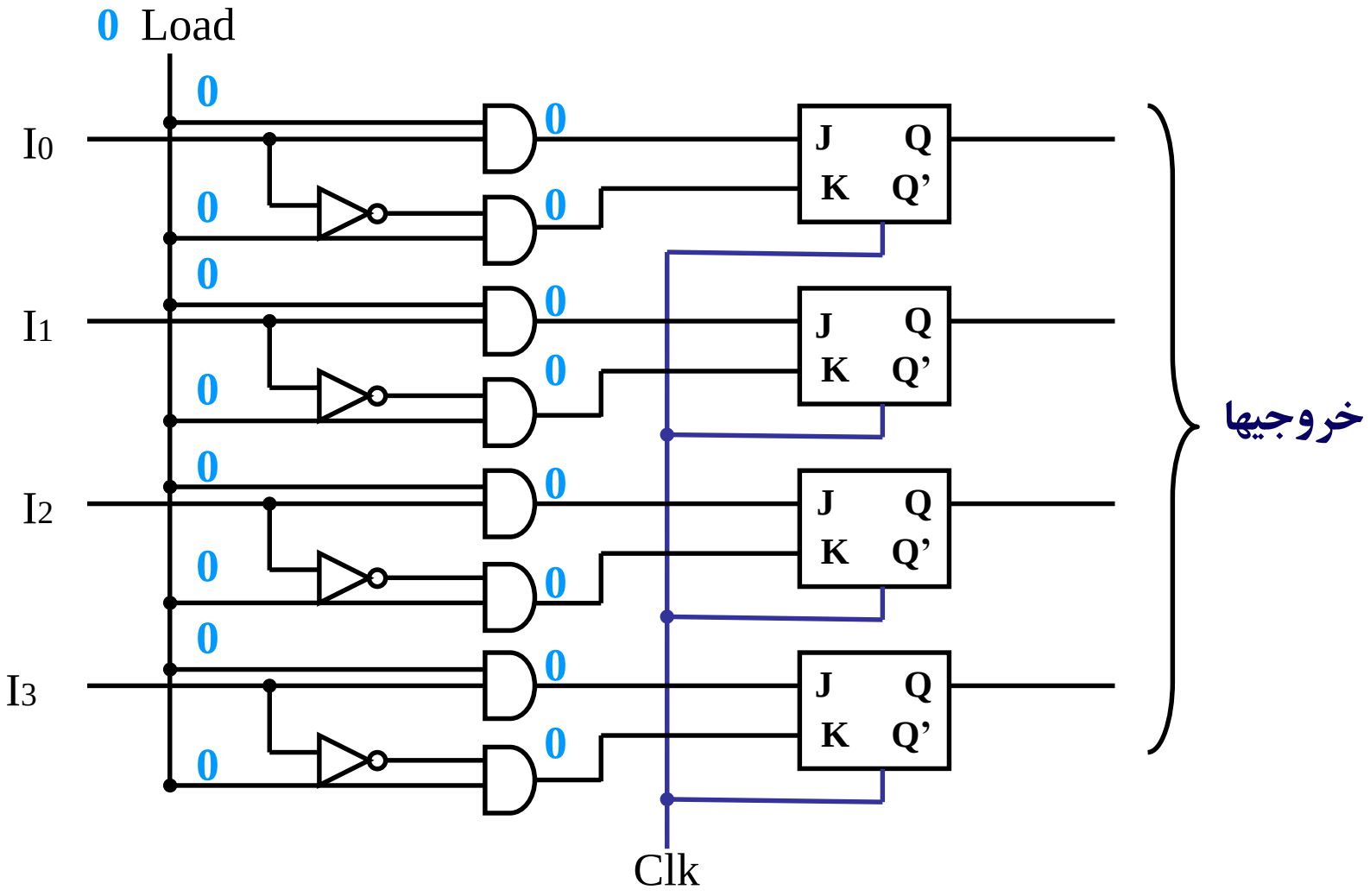
طرح ساده یک ثبات با D فیلیپ فلاپ



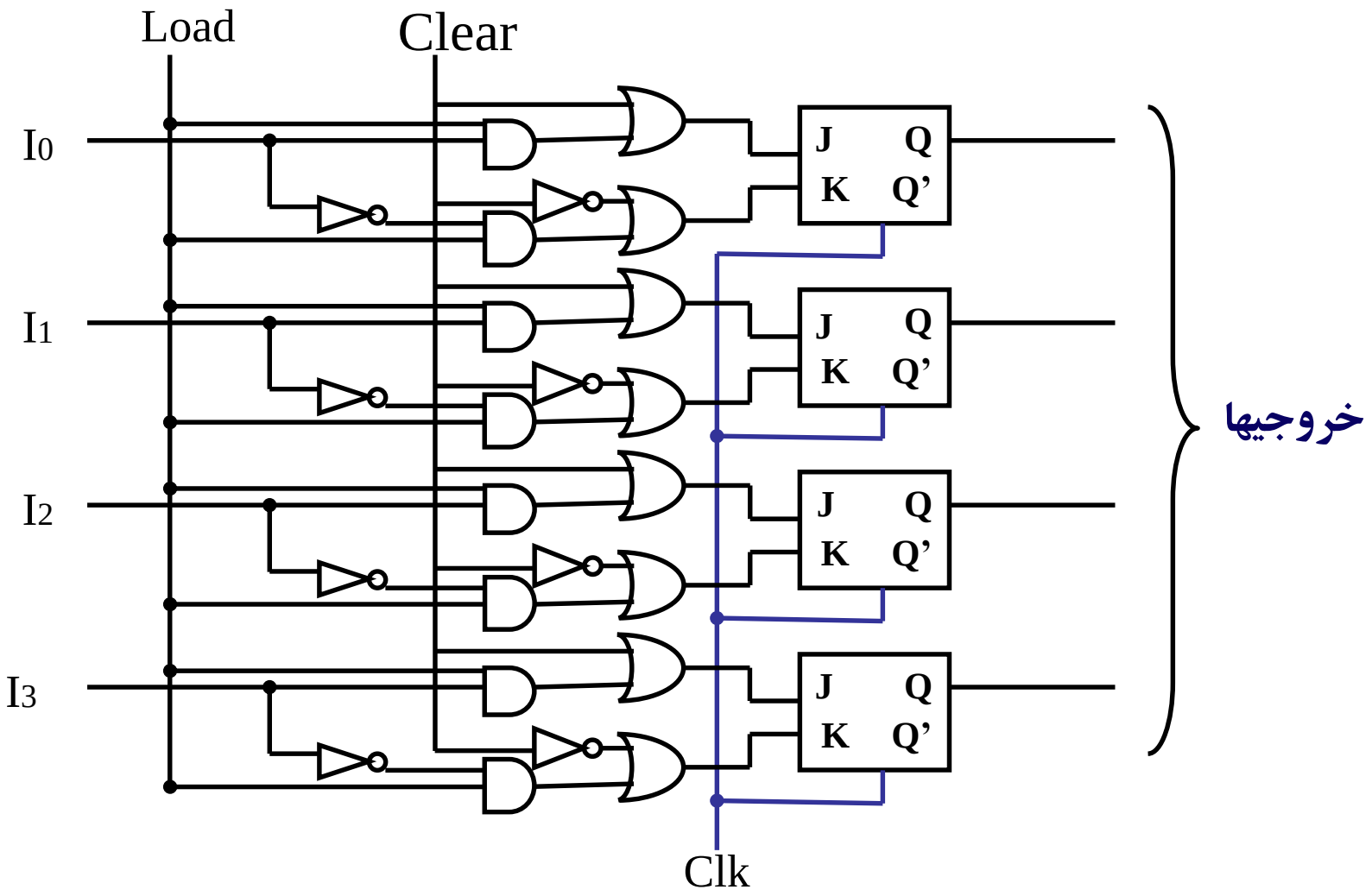
طرح یک ثبات با فیلیپ فلاپJK و پایه Load



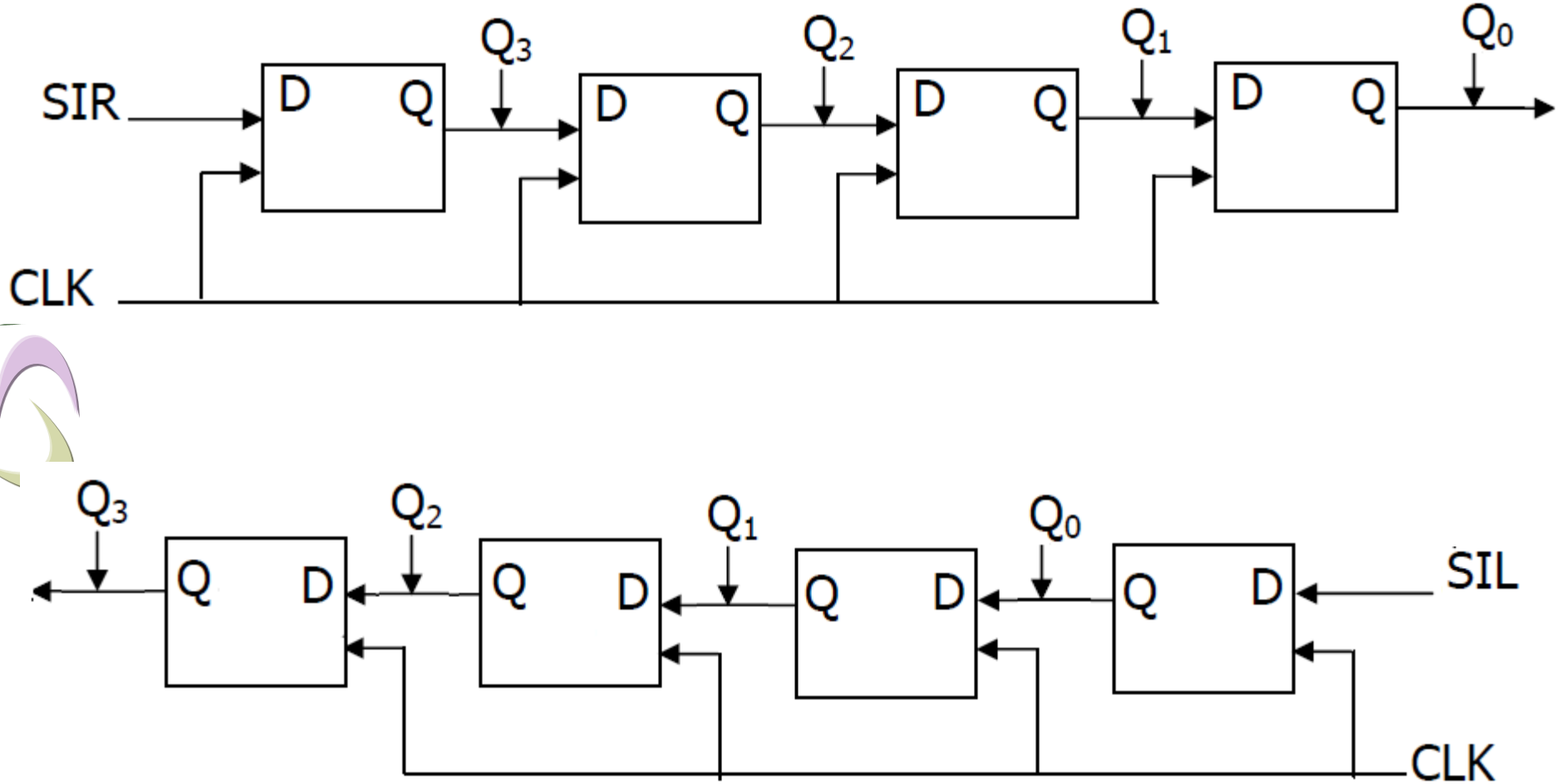
طرح یک ثبات با فیلیپ فلاپJK و پایه Load



طرح یک ثبات با پایه Load و Clear



شیفت رجیستر با فیلیپ فلاپ D



شیفت رجیستر چند کاره چهار بیتی

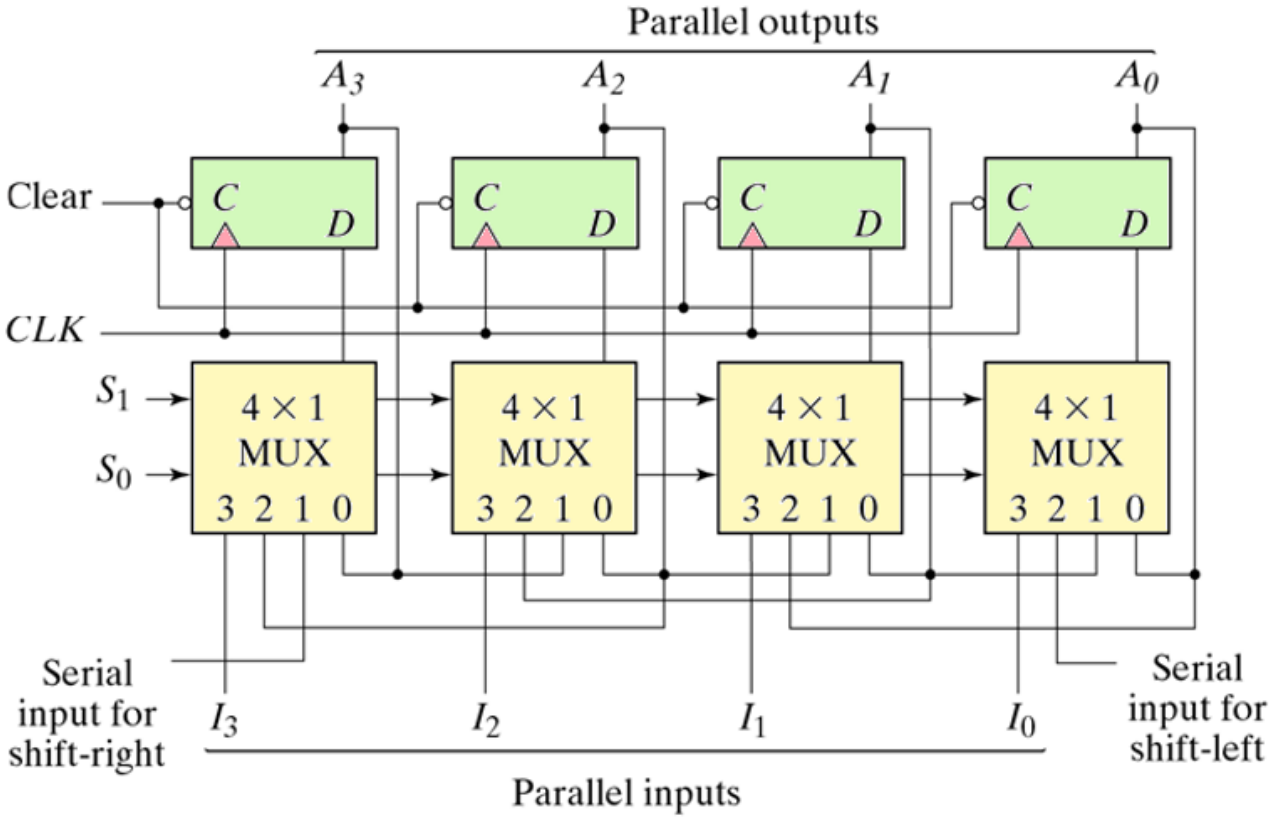
قابلیت پاک کردن

قابلیت نگهداری مقدار

قابلیت جابجایی به راست

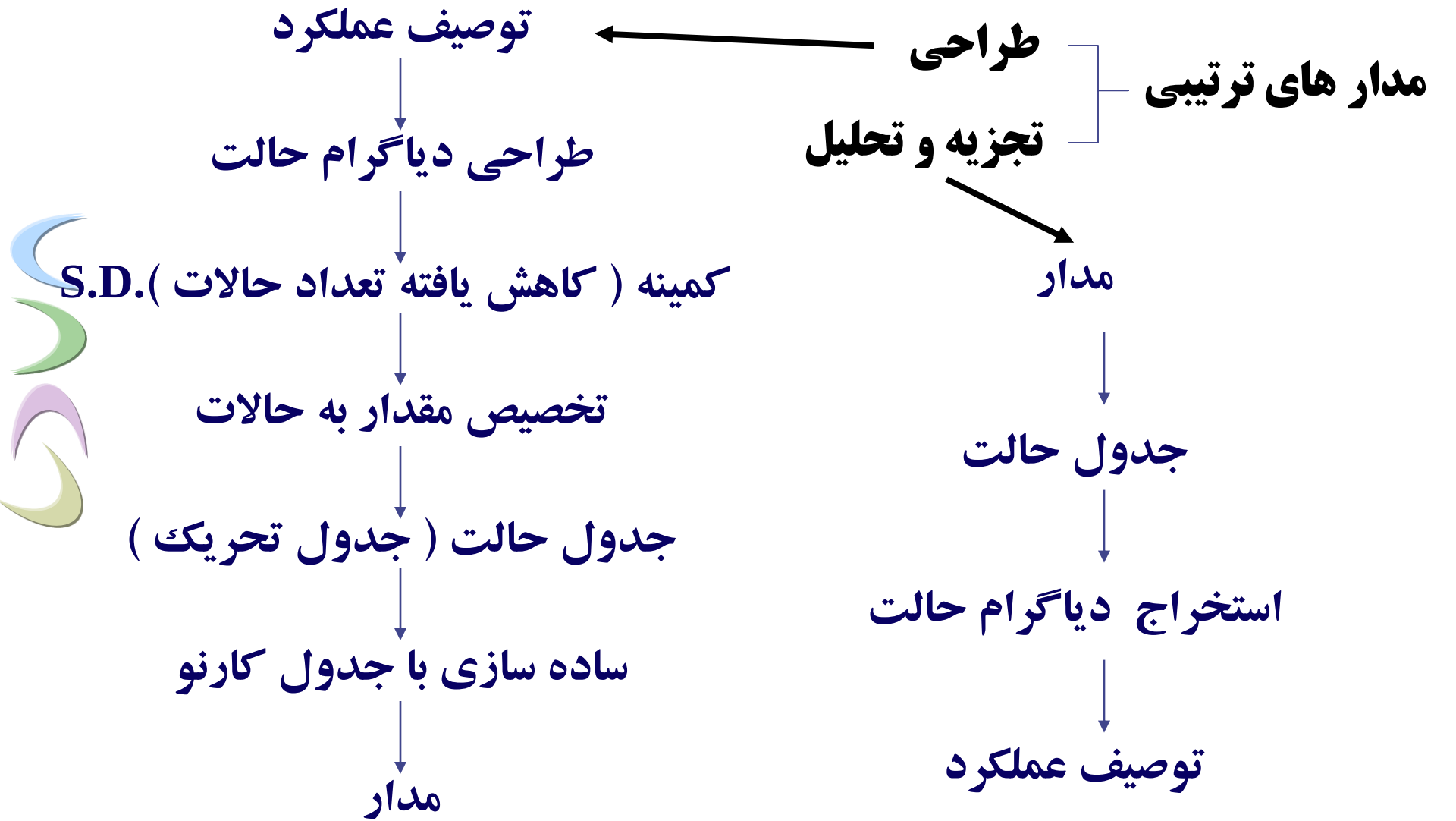
قابلیت جابجایی به چپ

قابلیت بار کردن موازی



Mode Control		Register
S_1	S_0	Operation
0	0	No Change
0	1	Shift Right
1	0	Shift Left
1	1	Parallel Load

تحلیل و طراحی مدار های ترتیبی



طراحی مدارات ترتیبی

- مدارات ترتیبی را می توان به دو صورت زیر طراحی نمود:
  - همزمان (سنکرون)
  - غیرهمزمان (آسنکرون)

- **مدارات سنکرون(همزمان):** تمام فلیپ فلاپهای این نوع مداربا یک Clk کار می کنند.
  - مدار طراحی شده سرعت کمتری دارد.
  - طراحی مدار ساده تر می باشد.
- **مدارات آسنکرون(غیرهمزمان):** در این نوع مدارات هر واحد Clk مجزایی دارد.
  - مدار طراحی شده سریعتر می باشد
  - طراحی مدار سخت تر و پیچیده تر می باشد.

طراحی مدارات ترتیبی

- فرآیند طراحی در مدارات ترتیبی همزمان را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:

۱- استخراج نمودار یا دیاگرام حالت از روی توصیف زبانی مدار

۲- استخراج جدول حالت فعلی/ حالت بعدی از روی دیاگرام حالت

۳- در صورت نیاز کاهش حالت ها

۴- تعیین تعداد فلیپ فلاپ ها و تخصیص کد باینری به حالت ها

۵- تعیین نوع فلیپ فلاپ ها و استخراج توابع مربوط به تحریک ورودی های هر فلیپ فلاپ با استفاده از جدول یا معادله تحریک فلیپ فلاپ.

۶- ساده کردن معادلات ورودی هر فلیپ فلاپ و معادله خروجی مدار با استفاده از جدول کارنو

۷- رسم شماتیک مدار با استفاده از معادلات ساده شده بدست آمده

طراحی مدارات ترتیبی

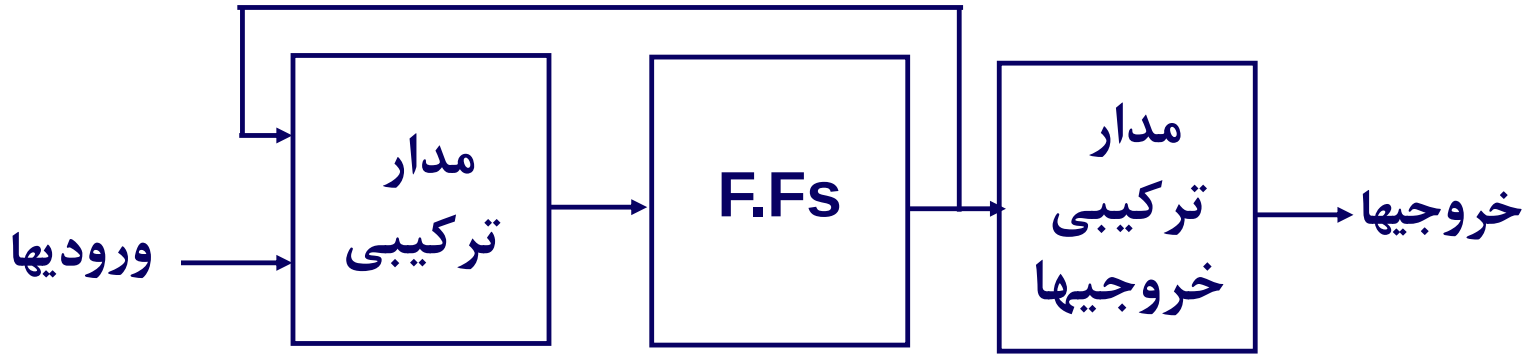
- یکی از مهمترین مراحل طراحی مدارات ترتیبی استخراج جدول حالت از روی توصیف زبانی مدار می باشد.

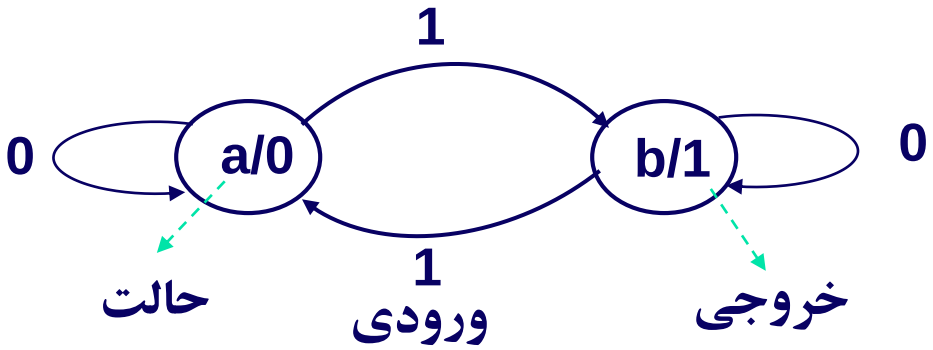
- برای انجام اینکار معمولا از یک ماشین با حالت محدود بهره گرفته می شود.
  - ماشین با حالت محدود یک گراف جهت دار می باشد که در آن هر گام از سیستم مورد نظر به وسیله یک گره یا یک حالت نمایش داده می شود.
    - تعداد حالات محدود می باشد و هر حالت با یک دایره نشان داده می شود
  - با تغییر ورودیهای سیستم، ماشین از یک حالت به حالت دیگری منتقل خواهد شد.
    - این انتقالها با استفاده از فلشهای جهت دار نمایش داده می شود.
    - مقدار ورودی برای هر تغییر روی فلش مربوطه نوشته می شود.

- انواع ماشین های با حالت محدود:
  - ماشین با حالت محدود مور (Moore)
  - ماشین با حالت محدود میلی (Mealy)
  - ماشین با حالت محدود ترکیبی (Mixed (Mealy-Moore))

طراحی مدارات ترتیبی

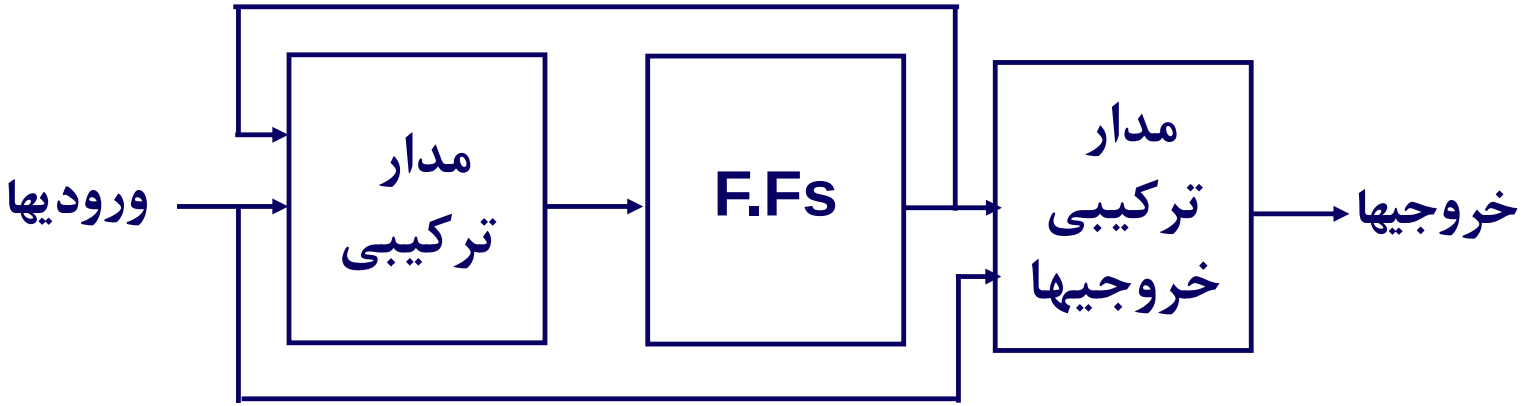
- **ماشین با حالت محدود مور (Moore): در این ماشین خروجیهای مدار فقط بصورت ترکیبی از حالات یا خروجیهای فلیپ فلاپها می باشند.**
  - **در طراحی ماشین خروجی داخل حالات قرار می گیرد.**

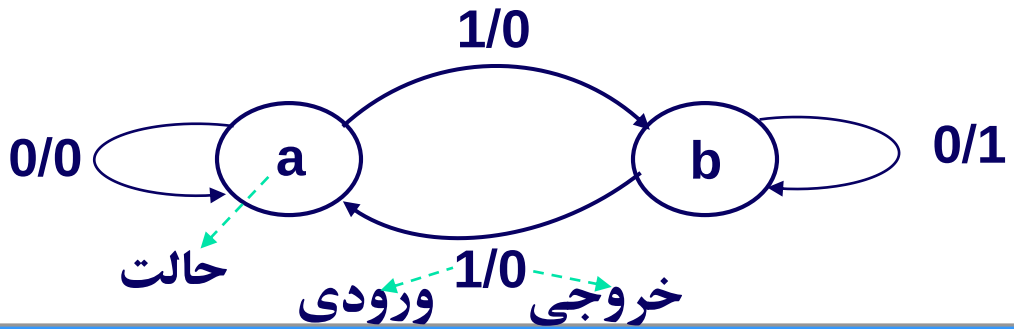




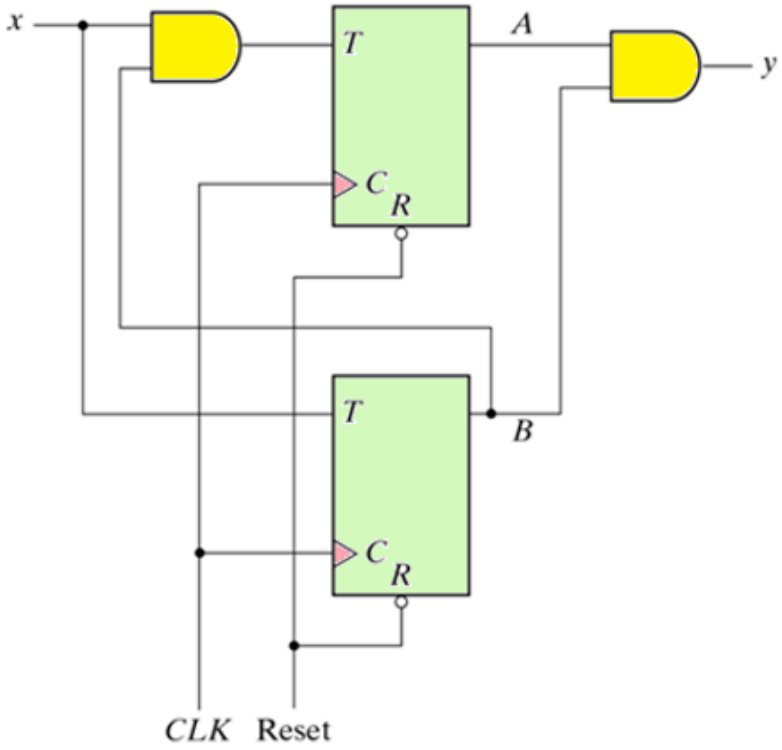
طراحی مدارات ترتیبی

- **ماشین با حالت محدود میلی (Mealy): در این ماشین خروجیهای مدار ترکیبی از خروجیهای فلیپ فلاپها و ورودیهای اولیه مدار می باشند.**
  - **در طراحی ماشین خروجی روی یالهای مربوط به انتقال بین حالات قرار می گیرد.**

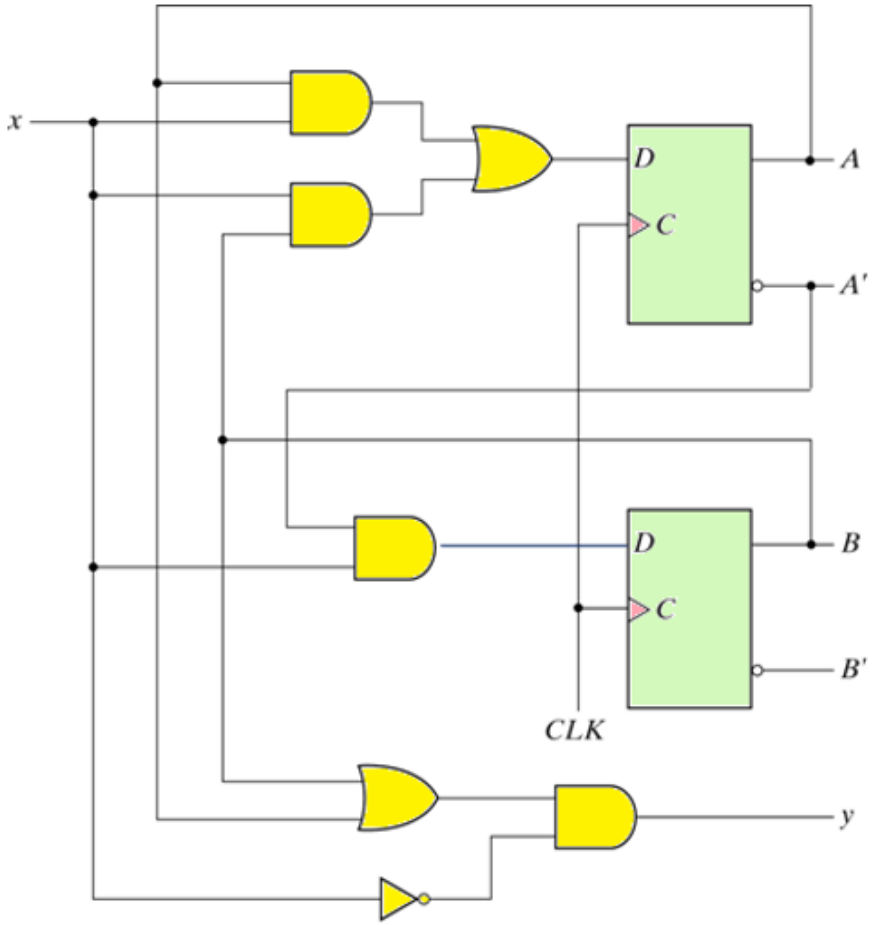




دو نمونه از ماشین با حالت محدود



ماشین حالت محدود Moore



ماشین حالت محدود Mealy

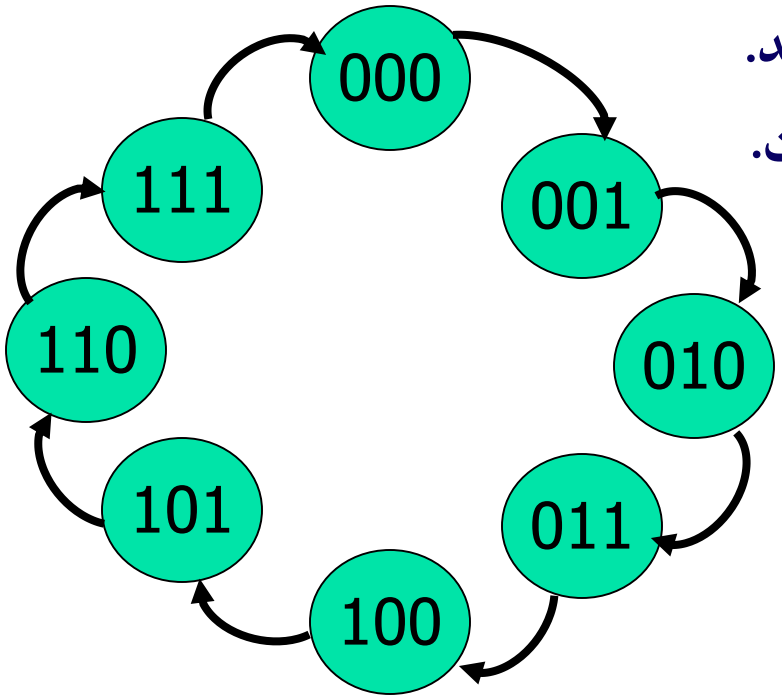
طراحی شمارنده ها

- شمارنده ها مداراتی هستند که خروجی های آنها دنباله ای از اعداد می باشد که به ترتیب تولید و نمایش داده می شوند. این ترتیب می تواند به دو صورت زیر باشد:
  - منظم
    - بالا شمار $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 0 \rightarrow \ldots$
    - پائین شمار $7 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 0 \rightarrow 7 \rightarrow \ldots$
  - نامنظم $0 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 0 \rightarrow \ldots$

طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 0 \rightarrow \ldots$$

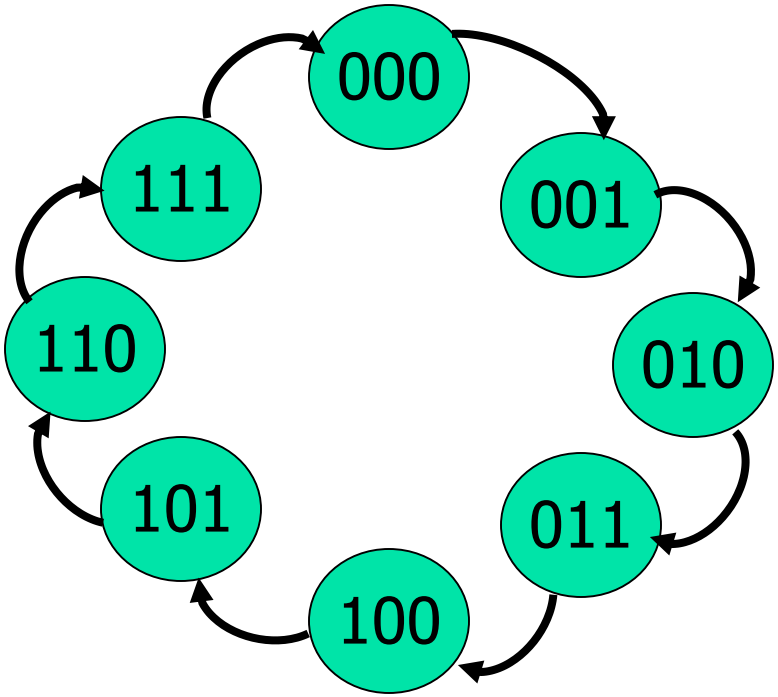
- دیاگرام حالت شمارنده با استفاده از ماشین مور
  - معمولابرای نمایش دیاگرام حالت شمارنده ها از ماشین مور استفاده می شود.
  - ورودی شمارنده فقط کلاک می باشد.
  - خروجی هم خروجی فلیپ فلاپهاست.



طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

- استخراج جدول حالت فعلی / حالت بعدی از روی دیاگرام حالت

حالت فعلی			حالت بعدی		
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0



- تعداد حالات در شمارنده های منظم نیازی به کاهش حالت ندارد.

طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

- تعیین تعداد فلیپ فلاپها و نوع آنها:
  - هرگاه تعداد حالات ماشین برابر 2^n باشد آنگاه برای نمایش این تعداد حالت به n بیت نیاز می باشد و به ازای هر بیت یک فلیپ فلاپ نیاز خواهد بود.
    - با توجه به اینکه ۸ حالت داریم پس به سه بیت یعنی سه فلیپ فلاپ نیاز می باشد.
    - در این مدار از D-F.F. استفاده می کنیم.
    - برای تعیین معادلات ورودی فلیپ فلاپها از جدول یا معادله تحریک مربوط به آن فلیپ فلاپ استفاده می شود.

طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

- **جداول یا معادلات تحریک فلیپ فلاپها:**
  - در طراحی مدارات ترتیبی با استفاده از دنباله حالتهای مورد نظر در مدار باید مشخص کنیم که فیلپ فلاپها به چه صورتی تحریک (فعال) شده اند. این کار با استفاده از رابطه بین ورودیها و مقدار خروجی فلیپ فلاپها بدست می آید. این رابطه بصورت جداول یا معادلات زیر تعریف می گردند:

$Q(t)$ q	$Q(t+1)$ Q	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

$$D = Q$$

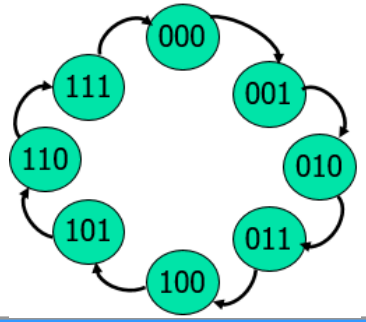
$Q(t)$ q	$Q(t+1)$ Q	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$T = q \oplus Q$$

$Q(t)$ q	$Q(t+1)$ Q	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

حالت فعلی			حالت بعدی			معادلات ورودی		
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0



q_i	Q_i	D_i
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

$$D_i = Q_i$$

تعیین معادلات فلیپ فلاپها:

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	0	1

$$D_2 = q_2q'_0 + q_2q'_1 + q'_2q_1q_0$$

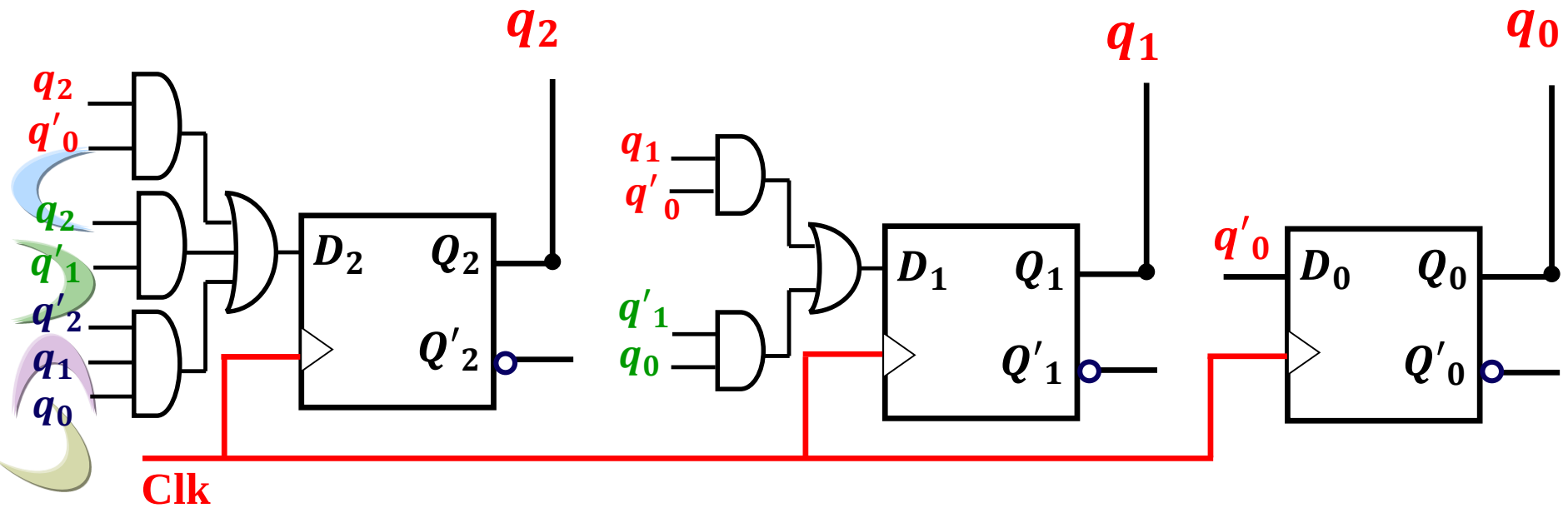
q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1

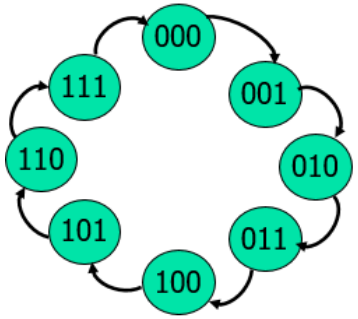
$$D_1 = q_1q'_0 + q'_1q_0$$

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0

$$D_0 = q'_0$$

مدار شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار





$$D_0 = q'_0$$

$$D_1 = q_1 q'_0 + q'_1 q_0$$

$$D_2 = q_2 q'_0 + q_2 q'_1 + q'_2 q_1 q_0$$

طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

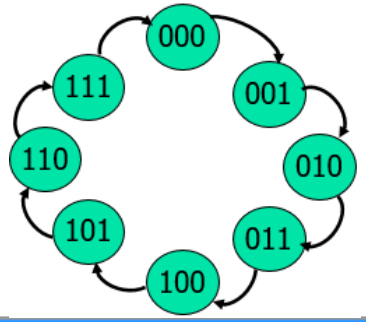
- تعیین تعداد فلیپ فلاپها و نوع آنها:
  - هرگاه تعداد حالات ماشین برابر 2^n باشد آنگاه برای نمایش این تعداد حالت به n بیت نیاز می باشد و به ازای هر بیت یک فلیپ فلاپ نیاز خواهد بود.
  - با توجه به اینکه ۸ حالت داریم پس به سه بیت یعنی سه فلیپ فلاپ نیاز می باشد.
  - در این مدار از T-F.F. استفاده می کنیم.
  - برای تعیین معادلات ورودی فلیپ فلاپها از جدول یا معادله تحریک مربوط به آن فلیپ فلاپ استفاده می شود.

q_i	Q_i	T_i
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$T_i = q_i \oplus Q_i$$

طراحی شمارنده سه بیتی منظم بالا شمار

حالت فعلی			حالت بعدی			معادلات ورودی		
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1



q_i	Q_i	T_i
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$T_i = q_i \oplus Q_i$$

تعیین معادلات فلیپ فلاپها:

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	1	1	0

$$T_2 = q_1 q_0$$

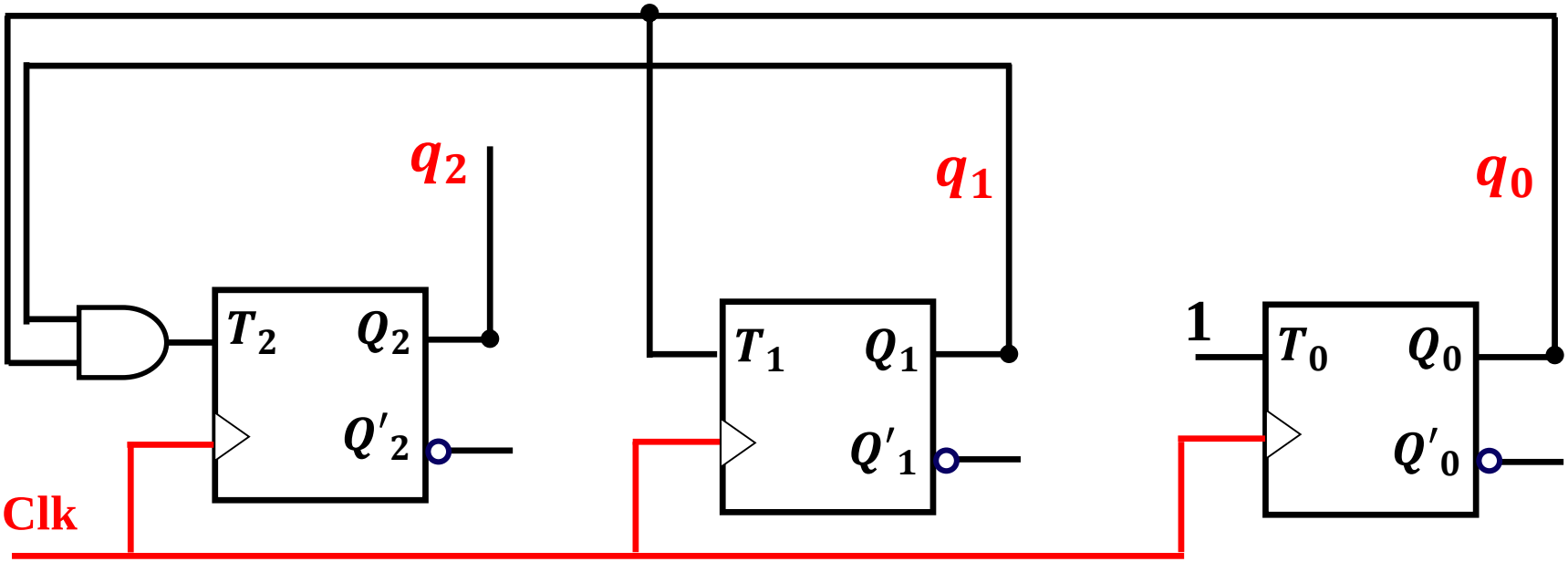
q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1

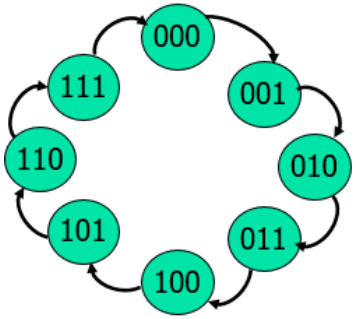
$$T_1 = q_0$$

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

$$T_0 = 1$$

مدار یک شمارنده ۳ بیتی سنکرون





$T_2 = q_1 q_0$

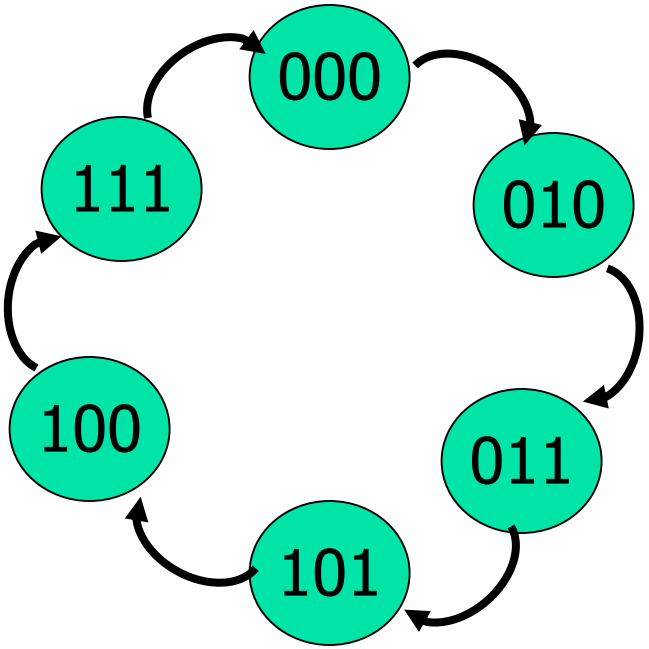
$T_1 = q_0$

$T_0 = 1$

طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

$0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 0 \rightarrow \ldots$

- دیاگرام حالت شمارنده با استفاده از ماشین مور



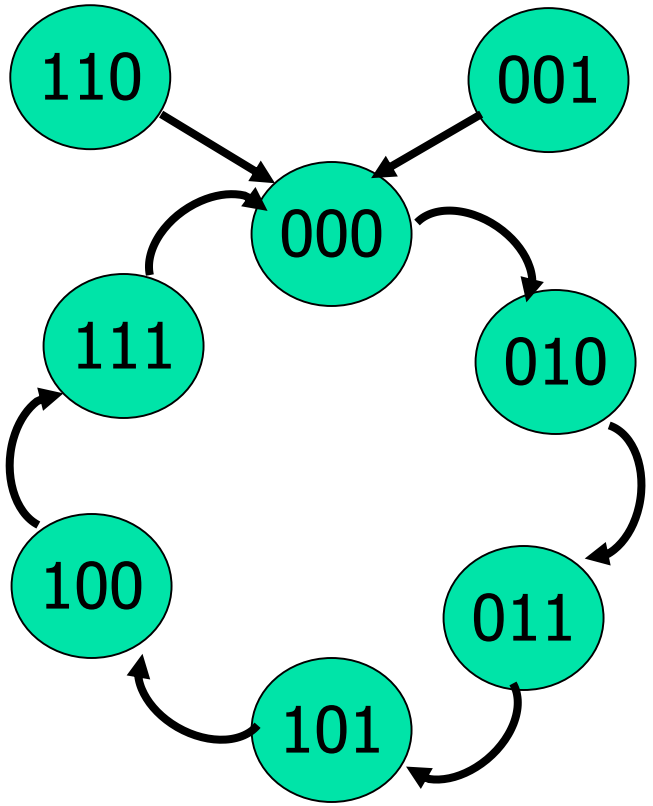
طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

- با توجه به اینکه ماشین طراحی شده ٦ حالت دارد پس حداقل به سه بیت یعنی سه فلیپ فلاپ نیاز می باشد.
  - با سه بیت ما ٨ حالت را می توانیم نشان دهیم که دو حالت اضافه خواهد آمد. به این حالات اضافه اصطلاحا حالات ناخواسته هم گفته می شود.
- برای طراحی مدار باید این حالات ناخواسته نیز تعیین تکلیف گردند (اصطلاحا رفع ابهام شوند) یعنی اگر شمارنده به هر دلیلی به یکی از این حالات منتقل شد باید مشخص کرد که حالت بعد چه عددی است. برای این منظور می توان یکی از این حالات را انتخاب کرد:
  - رفتن از تمام حالات ناخواسته به ابتدای دنباله (ریست کردن)
  - رفتن از حالات ناخواسته به نزدیکترین حالت معتبر بعدی.

طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

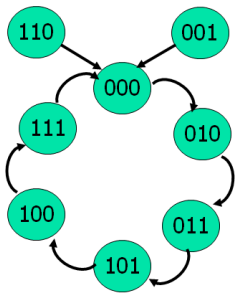
- استخراج جدول حالت فعلی / حالت بعدی از روی دیاگرام حالت
- رفع ابهام حالات ناخواسته با ریست کردن

حالت فعلی			حالت بعدی		
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0



طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

حالت فعلی			حالت بعدی			معادلات ورودی		
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0



q_i	Q_i	D_i
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

$$D_i = Q_i$$

تعیین معادلات فلیپ فلاپها:

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	0	1	0	1

$$D_2 = q_2q_1' + q_2'q_1q_0$$

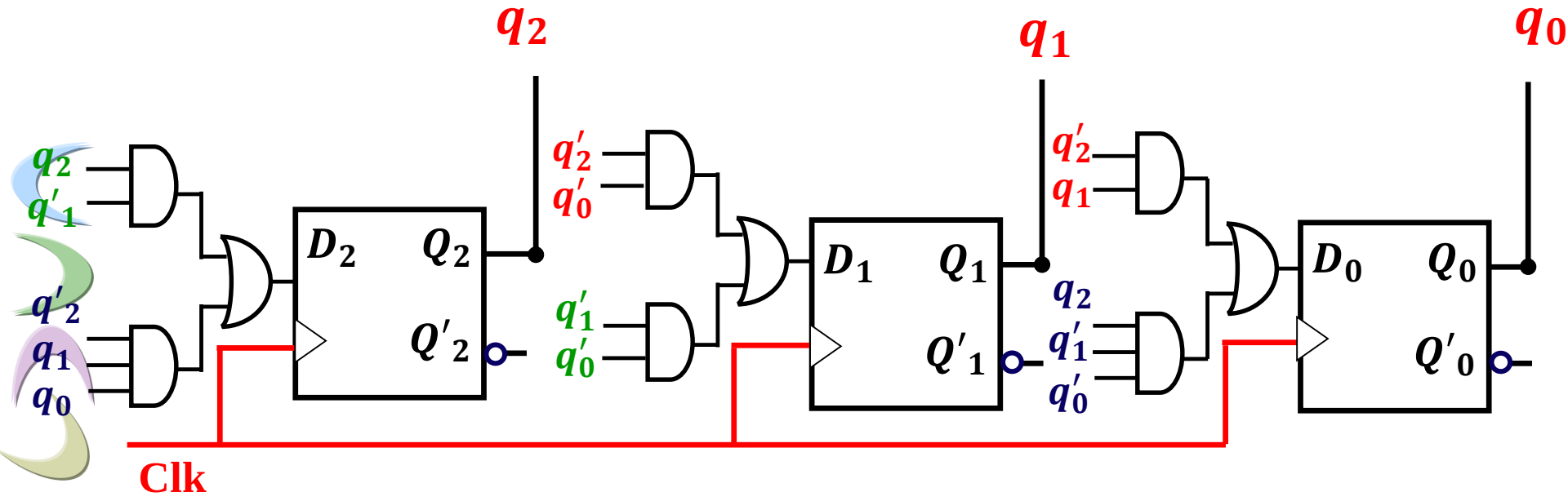
q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	1	1	0	1
1	0	0	0	0

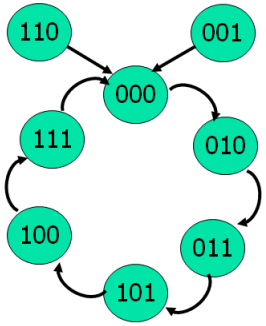
$$D_1 = q_2'q_0' + q_1'q_0'$$

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	0	1	0	0

$$D_0 = q_2'q_1 + q_2q_1'q_0'$$

طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

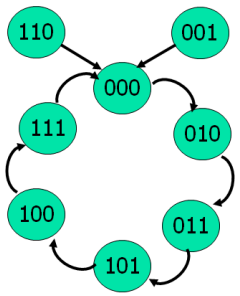




$$D_2 = q_2 q'_1 + q'_2 q_1 q_0$$
$$D_1 = q'_2 q'_0 + q'_1 q'_0$$
$$D_0 = q'_2 q_1 + q_2 q'_1 q'_0$$

طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

حالت فعلی			حالت بعدی			معادلات ورودی		
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1	1	1



q_i	Q_i	T_i
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$T_i = q_i \oplus Q_i$$

تعیین معادلات فلیپ فلاپها:

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0

$$T_2 = q_2q_1 + q_1q_0$$

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	0	1	1	0

$$T_1 = q_2q_0' + q_1q_0 + q_1'q_0'$$

q_0 \ q_2q_1	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	1

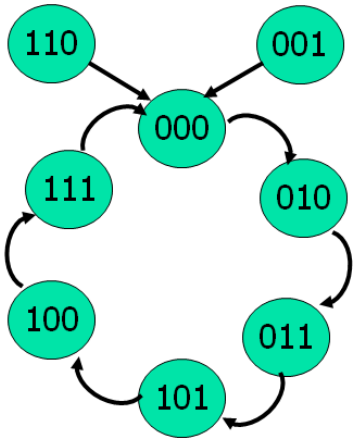
$$T_0 = q_2q_0 + q_2q_1' + q_1'q_0 + q_2'q_1q_0'$$

طراحی شمارنده سه بیتی نامنظم

تعیین معادلات فلیپ فلاپها:

حالت فعلی			حالت بعدی			معادلات ورودی					
q_2	q_1	q_0	Q_2	Q_1	Q_0	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	1	0	0	X	1	X	0	X
0	0	1	0	0	0	0	X	0	X	X	1
0	1	0	0	1	1	0	X	X	0	1	X
0	1	1	1	0	1	1	X	X	1	X	0
1	0	0	1	1	1	X	0	1	X	1	X
1	0	1	1	0	0	X	0	0	X	X	1
1	1	0	0	0	0	X	1	X	1	0	X
1	1	1	0	0	0	X	1	X	1	X	1

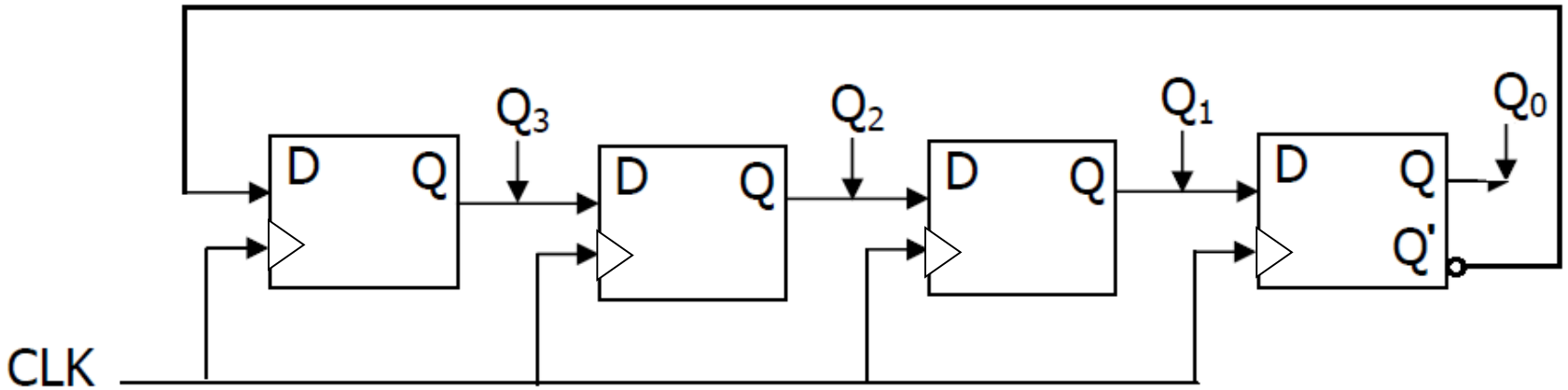
$Q(t)$ q	$Q(t+1)$ Q	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0



تمرین: توابع مربوط به ورودی فلیپ فلاپها را ساده کرده و مدار را رسم کنید

شمارنده حلقوی (جانسون) Ring Counter

Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0



شمارنده ۳ بیتی آسنکرون

بیت ۰

Q2	Q1	Q0	CK
0	0	0	1 0
0	0	1	1 0
0	1	0	1 0
0	1	1	1 0
1	0	0	1 0
1	0	1	1 0
1	1	0	1 0
1	1	1	1 0

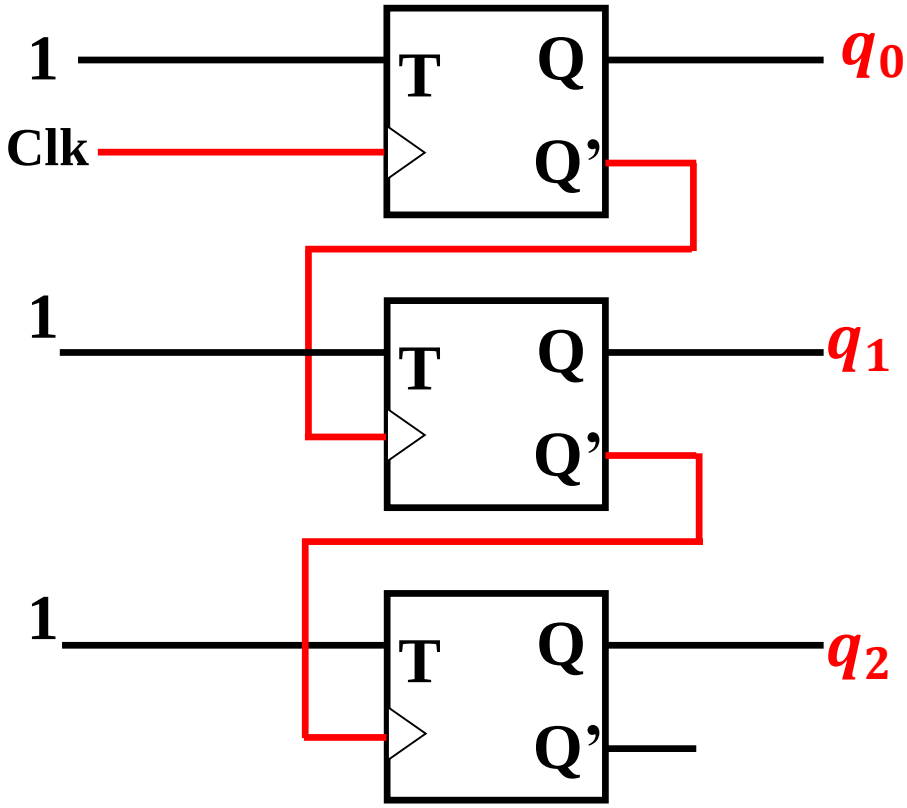
بیت ۱

Q2	Q1	Q0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

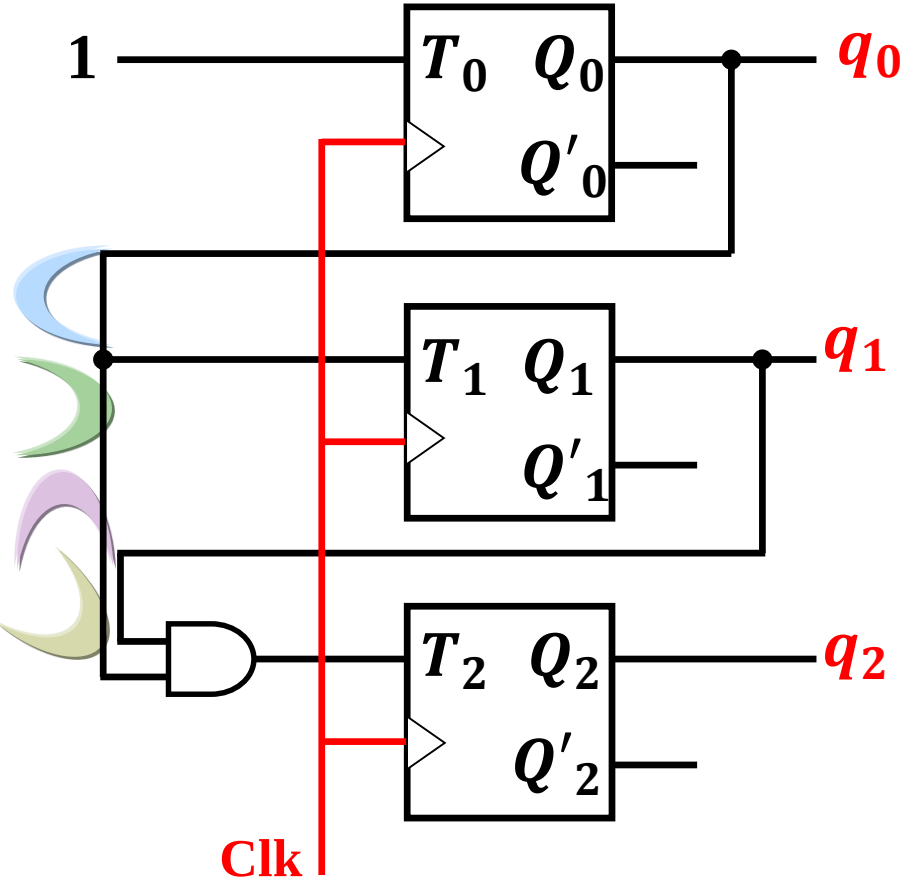
بیت ۲

Q2	Q1	Q0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

شمارنده ۳ بیتی آسنکرون



شمارنده ۳ بیتی آسنکرون



شمارنده ۳ بیتی سنکرون

طراحی تشخیص دهنده دنباله ها

- به مداراتی که در آن دنباله اتفاقات (تغییر مقادیر) روی یک یا چند سیگنال را پایش کرده و در صورتیکه حالت (یا دنباله) مورد نظر اتفاق بیافتد یک خروجی را فعال می کنند مدارات **تشخیص دهنده دنباله (Sequence Detector)** می گویند.
- برای طراحی این مدارات باید ابتدا یک ماشین با حالت محدود (میلی یا مور) برای دنباله مورد نظر طراحی نمود، سپس سایر مراحل شبیه مدارات شمارنده خواهد بود:

۱- استخراج نمودار یا دیاگرام حالت از روی توصیف زبانی مدار

۲- استخراج جدول حالت فعلی/ حالت بعدی از روی دیاگرام حالت

۳- در صورت نیاز کاهش حالت ها

۴- تعیین تعداد فلیپ فلاپ ها و تخصیص کد باینری به حالت ها

۵- تعیین نوع فلیپ فلاپ ها و استخراج توابع مربوط به تحریک ورودی های هر فلیپ فلاپ با استفاده از جدول یا معادله تحریک فلیپ فلاپ.

۶- ساده کردن معادلات ورودی هر فلیپ فلاپ و معادله خروجی مدار

۷- رسم شماتیک مدار با استفاده از معادلات ساده شده بدست آمده

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- در طراحی ماشین با حالت محدود (میلی یا مور) برای **تشخیص دنباله** مورد نظر مراحل زیر را انجام می دهیم:

۱- ابتدا یک حالت اولیه یا شروع در نظر می گیریم.

۲- به ازای هر گام (هر بیت از متغیرهای دنباله مورد نظر) یک حالت جدید اضافه می کنیم.

۲-۱- از حالت قبل به این حالت جدید با یک فلش متصل می شویم.

۲-۲- مقدار ورودی را برابر مقدار بیتهای مورد نظر این گام قرار می دهیم.

۲-۳- مقدار خروجی را (در ماشین میلی روی فلش و در ماشین مور داخل حالت ایجاد شده) برابر صفر قرار می دهیم (اگر این آخرین گام یا بیت آخر دنباله مورد نظر است مقدار خروجی را یک قرار می دهیم).

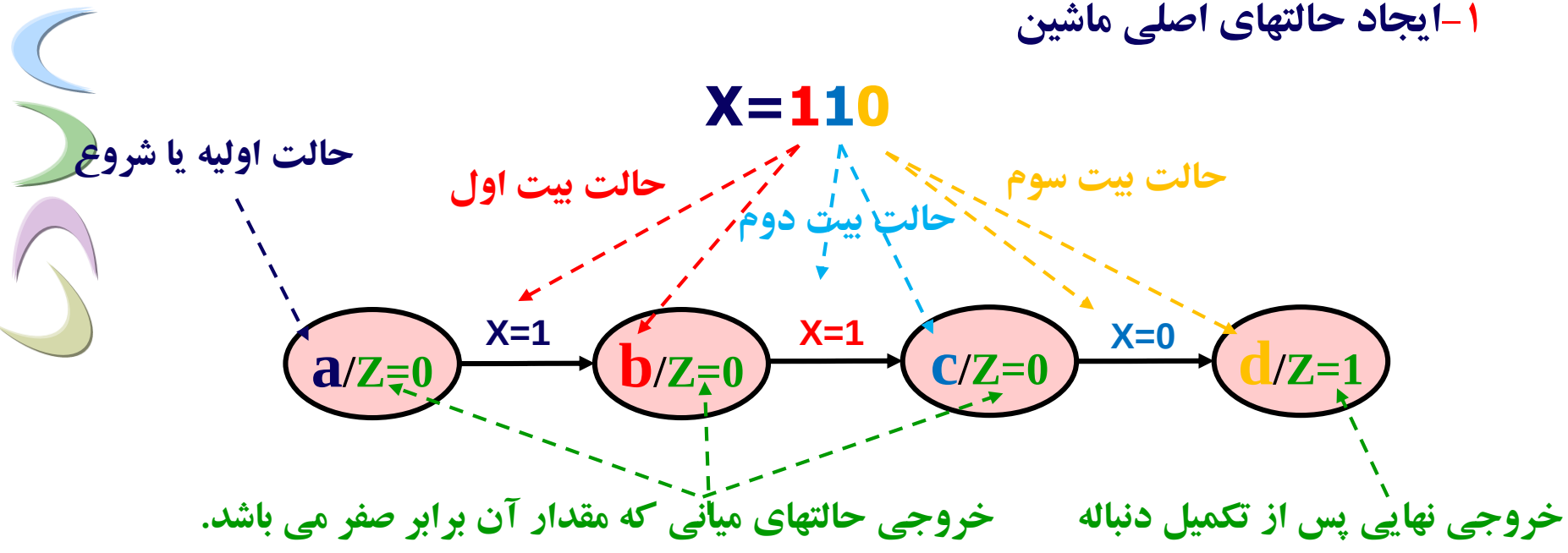
۳- برای هر حالت ایجاد شده باید برای سایر ترکیباتی که ورودی می تواند داشته باشد نیز رفع ابهام گردد.

به عبارتی زمانی که دنباله موردنظر روی نمی دهد باید مشخص کنیم کدام بخش از ورودیها تا لحظه فعلی منطبق بر دنباله مورد نظر می باشد و براساس میزان تطبیق با یک فلش به آن حالت از ماشین منتقل شویم و مقدار ترکیب ورودی را روی آن می نویسیم (در ماشین میلی مقدار خروجی هم روی این فلش صفر می باشد).

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- طراحی ماشین با حالت محدود مور (Moore) برای تشخیص دنباله X=110 (اگر مقدار x در سه کلاک متوالی بترتیب برابر ۱ و بعد ۱ و نهایتا ۰ شد مقدار خروجی Z=1 خواهد شد).

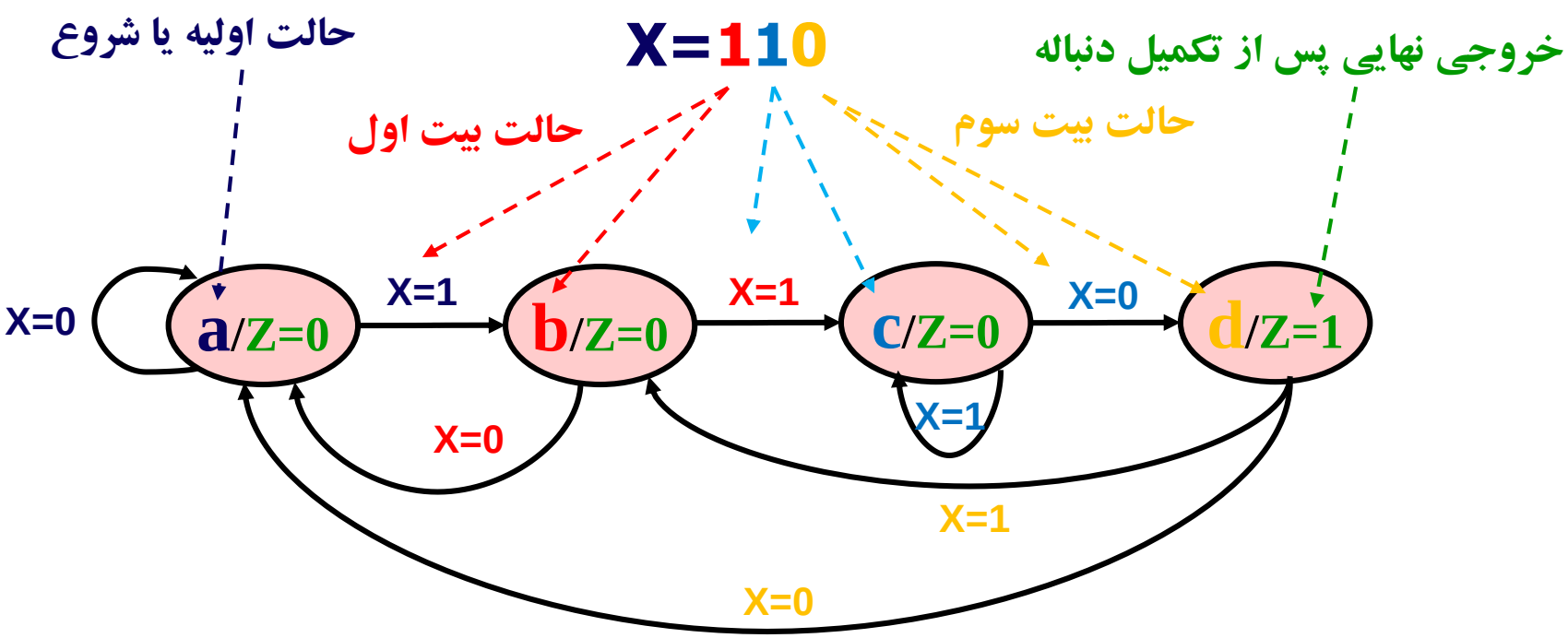
۱-ایجاد حالتهای اصلی ماشین



طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- طراحی ماشین با حالت محدود مور (Moore) برای تشخیص دنباله X=110 (اگر مقدار x در سه کلاک متوالی بترتیب برابر ۱ و بعد ۱ و نهایتا ۰ شد مقدار خروجی Z=1 خواهد شد).

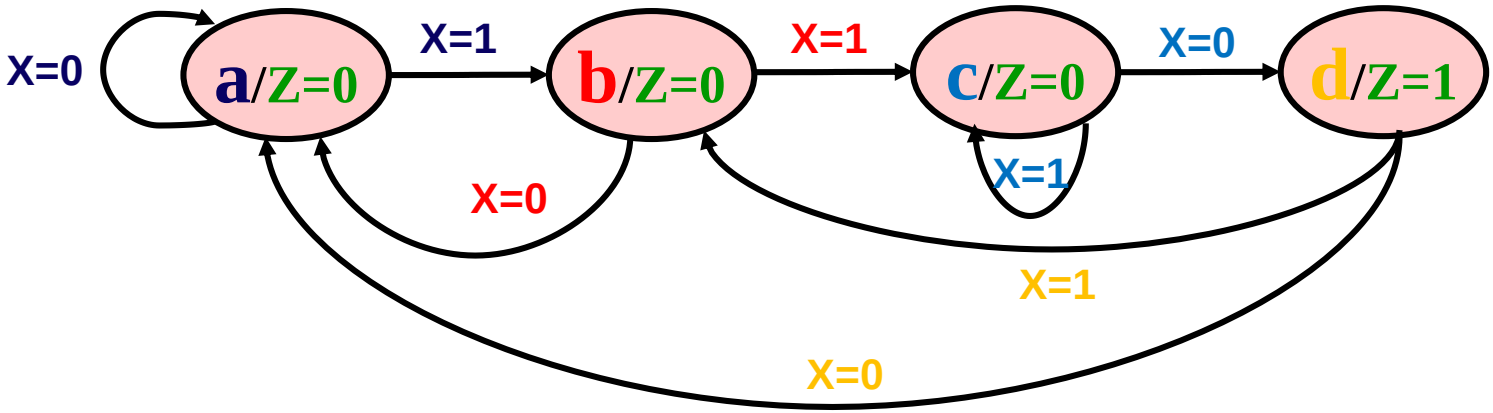
۲- رفع ابهام یا تعیین وضعیت ماشین در سایر حالات ورودی



طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

۳- استخراج جدول حالت فعلی / حالت بعدی

حالت فعلی (q)	حالت بعدی (Q) $X=0$	$X=1$
a	a	b
b	a	c
c	d	c
d	a	b



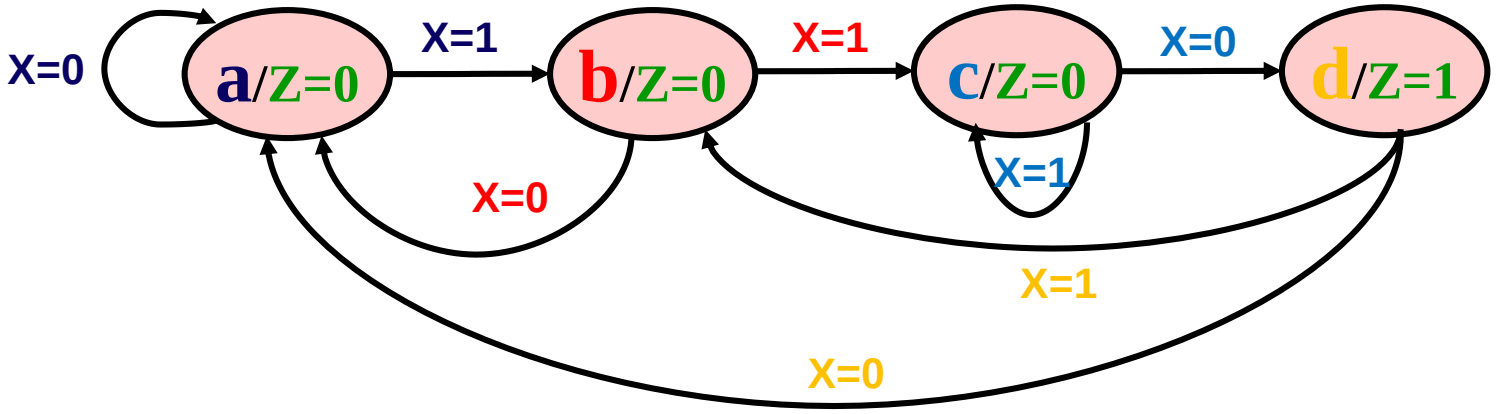
طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

۳- تعیین تعداد فلیپ فلاپ ها و تخصیص کد باینری به حالت ها (برای چهار حالت به دو بیت یا دو فلیپ فلاپ نیاز می باشد

حالت فعلی (q)	حالت بعدی (Q) $X=0$	$X=1$
a	a	b
b	a	c
c	d	c
d	a	b

a = 0 0
b = 0 1
c = 1 1
d = 1 0

حالت فعلی q_1	q_0	حالت بعدی (Q_1Q_0) $X=0$	$X=1$
0	0	0 0	0 1
0	1	0 0	1 1
1	1	1 0	1 1
1	0	0 0	0 1



طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

۳- تعیین نوع فلیپ فلاپ ها و استخراج توابع مربوط به تحریک ورودی های هر فلیپ فلاپ.

حالت فعلی q_1 q_0	حالت بعدی (Q_1Q_0) $X=0$	$X=1$	معادلات ورودی (T_1T_0) $X=0$	$X=1$
0 0	0 0	0 1	0 0	0 1
0 1	0 0	1 1	0 1	1 0
1 1	1 0	1 1	0 1	0 0
1 0	0 0	0 1	1 0	1 1

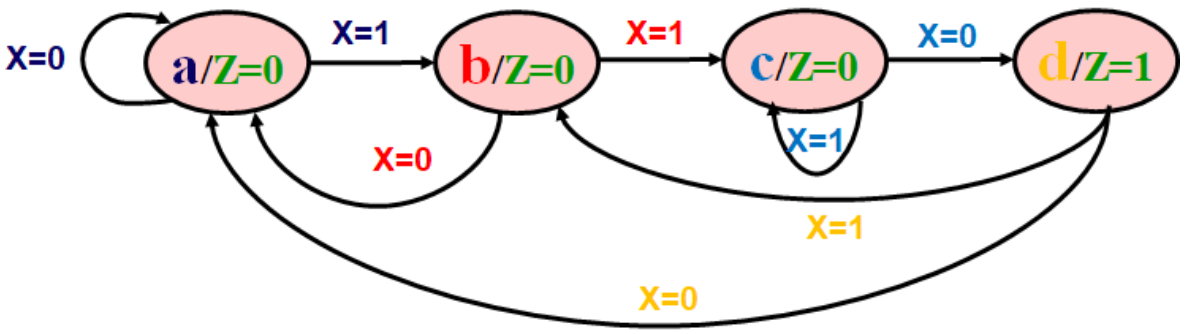
X \ q_1q_0	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	0	1	0	1

$$T_1 = q_1q_0' + Xq_1'q_0$$

X \ q_1q_0	00	01	11	10
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1

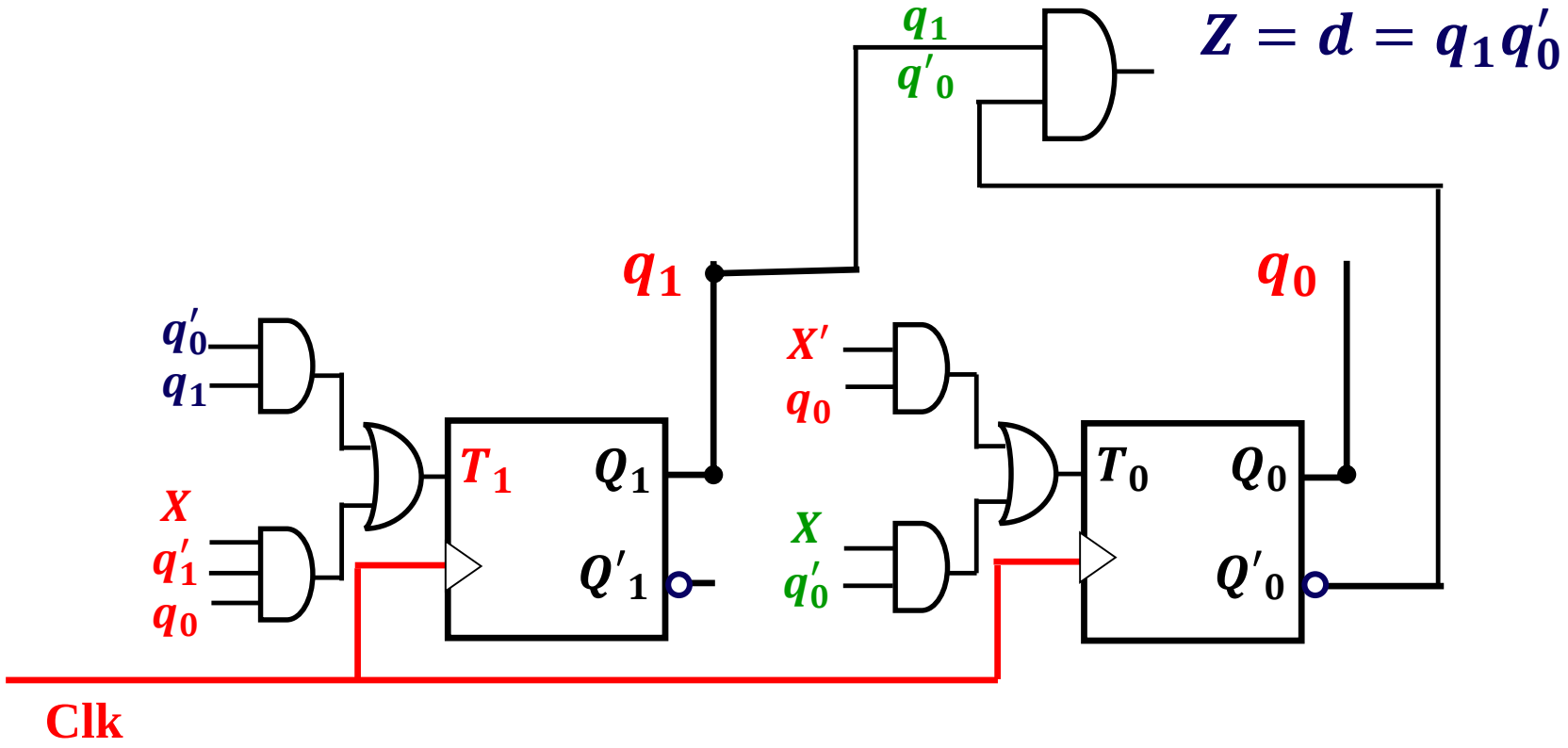
$$T_0 = X'q_0 + Xq_0'$$

$$T_i = q_i \oplus Q_i$$



$$Z = d = q_1q_0'$$

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها



$$T_1 = q_1 q'_0 + X q'_1 q_0$$

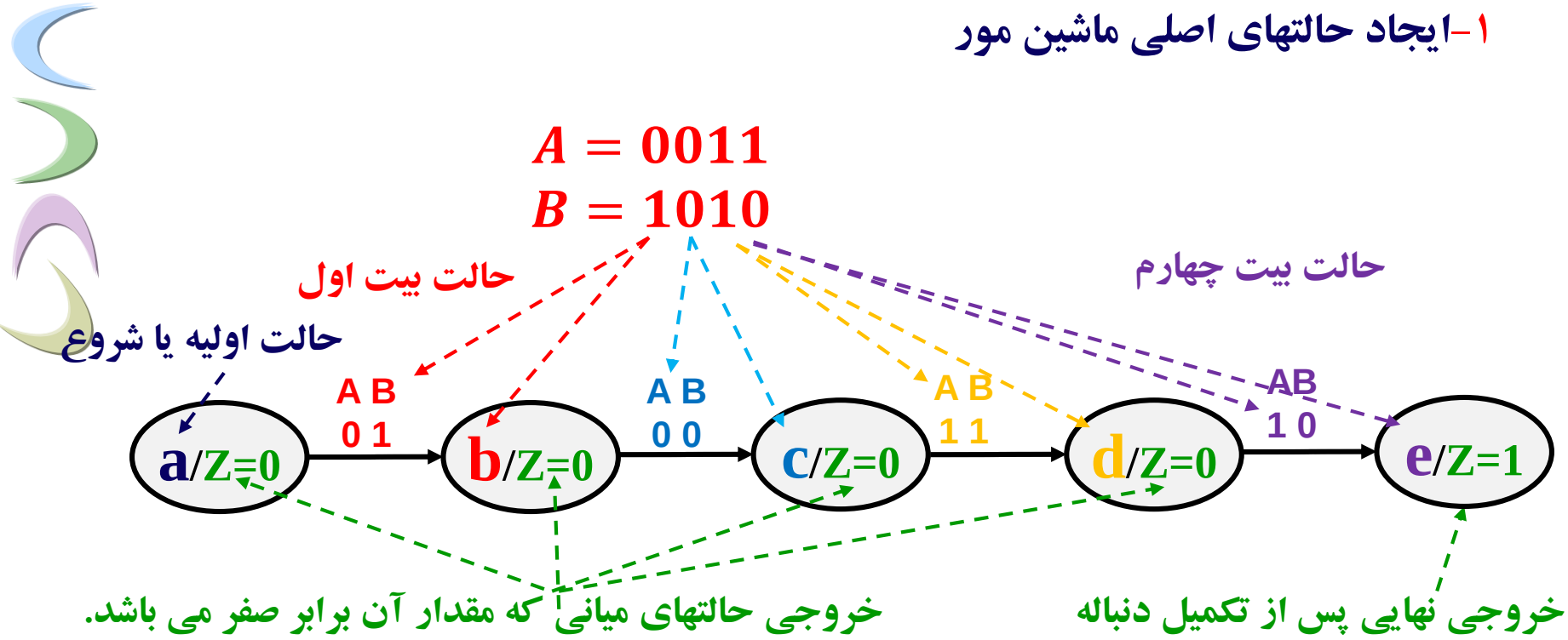
$$T_0 = X' q_0 + X q'_0$$

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- طراحی مدار ترتیبی برای تشخیص دنباله روی دو ورودی A و B

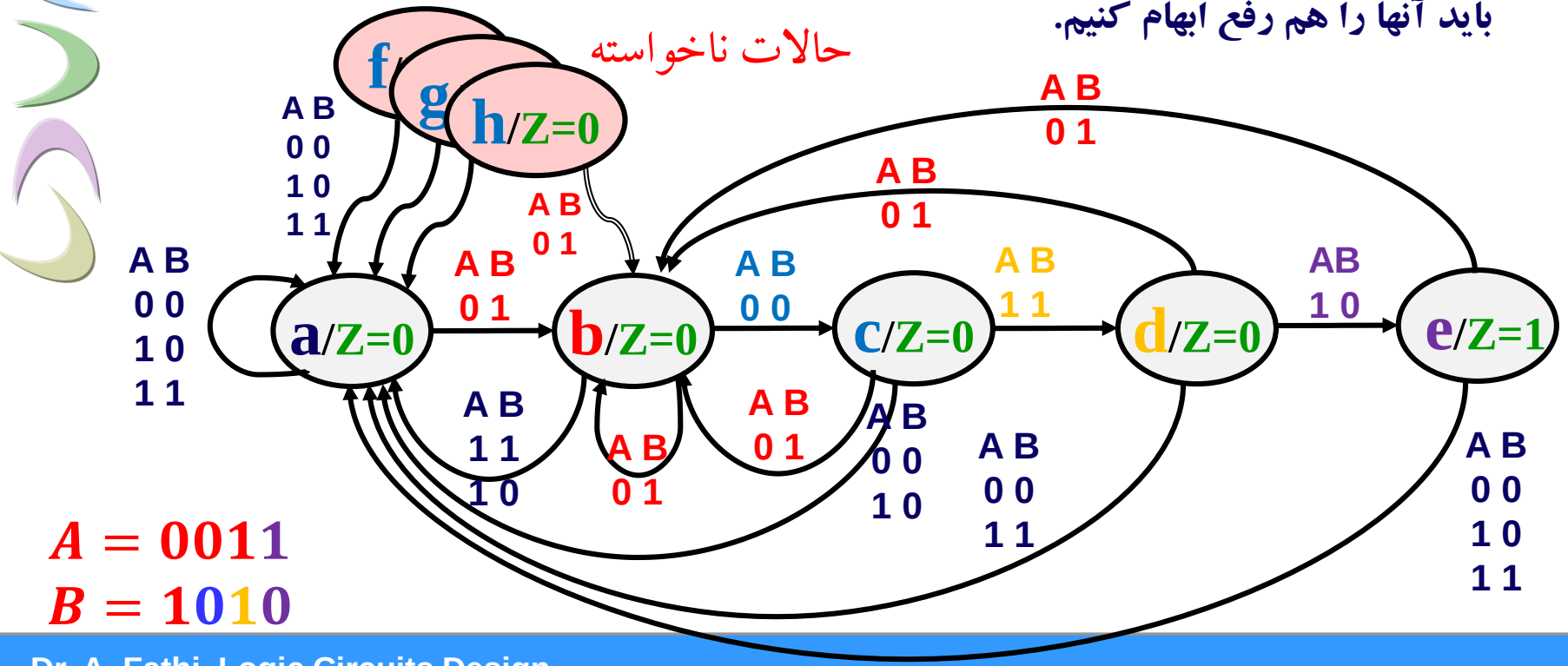
$$\begin{cases} A = 0011 \\ B = 1010 \end{cases} \Rightarrow Z = 1$$

۱-ایجاد حالتهای اصلی ماشین مور



طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

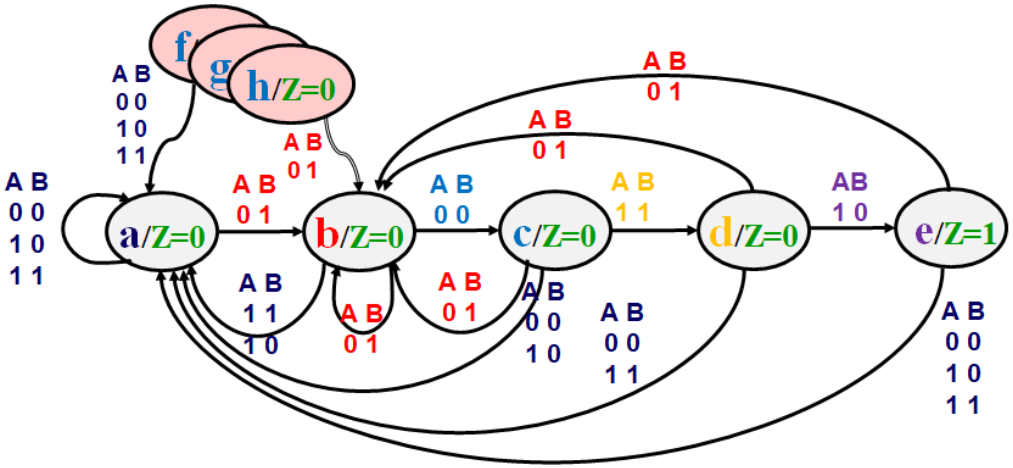
- در طراحی مدارهای ترتیبی برای تشخیص دنباله های N بیتی با استفاده از ماشین مور تعداد حالات مورد نیاز برابر N+1 حالت می باشد.
- یک حالت اضافه برای تولید یا به عبارتی فعال کردن خروجی لازم دارد.
- این مدار دارای ۵ حالت بوده لذا حداقل به ۳ بیت یا ۳ فلیپ فلاپ نیاز خواهد داشت. از طرفی با ۳ بیت ما دارای ۸ حالت مختلف خواهیم بود که ۳ تای آنها ناخواسته می باشد (حالات f، g و h) و باید آنها را هم رفع ابهام کنیم.



طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

۳- استخراج جدول حالت فعلی / حالت بعدی

حالت فعلی (q)	حالت بعدی (Q)			
	AB 00	AB 01	AB 11	AB 10
a	a	b	a	a
b	c	b	a	a
c	a	b	d	a
d	a	b	a	e
e	a	b	a	a
f	a	b	a	a
g	a	b	a	a
h	a	b	a	a



$Z = e$

تمرین: مدار را با استفاده از فلیپ فلاپ نوع JK طراحی کنید و مدار نهایی را رسم کنید.

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- در طراحی مدارهای ترتیبی برای تشخیص دنباله های N بیتی با استفاده از ماشین مور تعداد حالات مورد نیاز برابر N+1 حالت می باشد.
  - یک حالت اضافه برای تولید یا به عبارتی فعال کردن خروجی لازم دارد.
- در طراحی مدارهای ترتیبی برای تشخیص دنباله های N بیتی با استفاده از ماشین میلی تعداد حالات مورد نیاز برابر N حالت می باشد.
  - بخاطر اینکه خروجی این ماشین روی یالهای انتقال قرار می گیرد می توان در حالت ماقبل آخر هم به ابتدای حالات (جهت شروع کار و تشخیص دنباله بعدی) منتقل شد و هم همزمان بابت دنباله فعلی که تشخیص داده، خروجی را یک کرد. لذا دیگر نیاز به یک حالت اضافه برای فعال کردن خروجی نیست.
- در مدارات مربوط به تشخیص رشته هایی که تعداد بیتهای آنها برابر 2^k بیت است (ماشین مور آنها نیاز به $2^k + 1$ حالت خواهد داشت) بهتر است از ماشین نوع میلی برای کم کردن تعداد فلیپ فلاپهای مورد نیاز استفاده کرد.

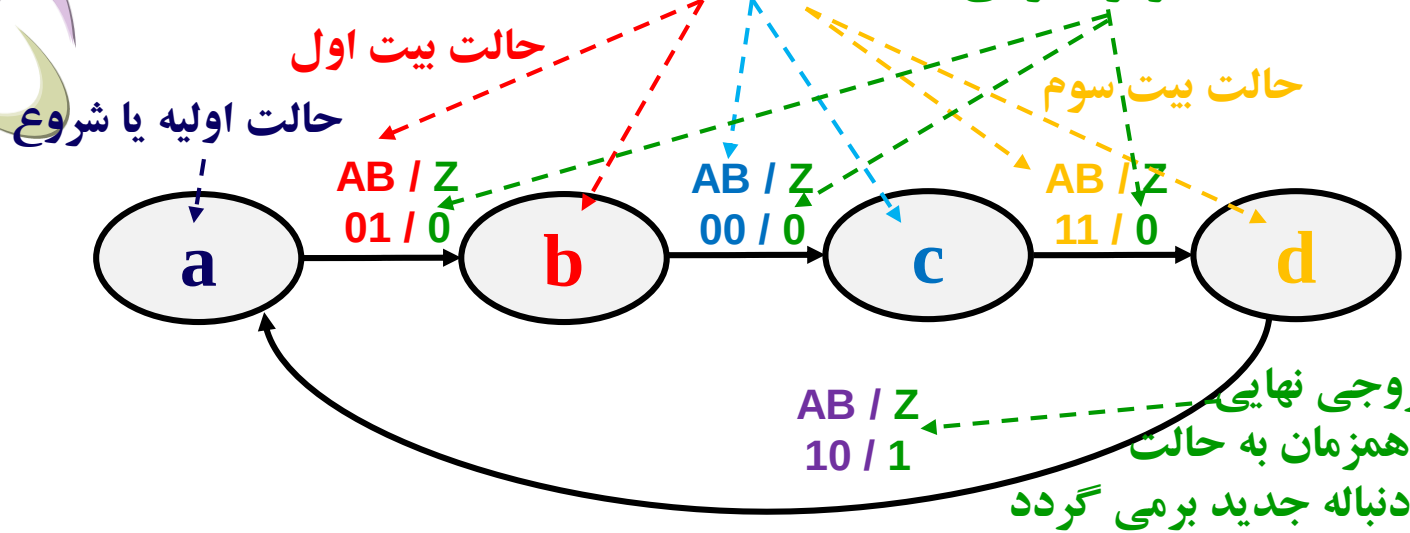
طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- طراحی مدار ترتیبی برای تشخیص دنباله روی دو ورودی A و B

$$\begin{cases} A = 0011 \\ B = 1010 \end{cases} \Rightarrow \quad Z = 1$$

۱-ایجاد حالتهای اصلی ماشین میلی

$A = 0011$
$B = 1010$ خروجی حالتهای میانی که مقدار آن برابر صفر می باشد.

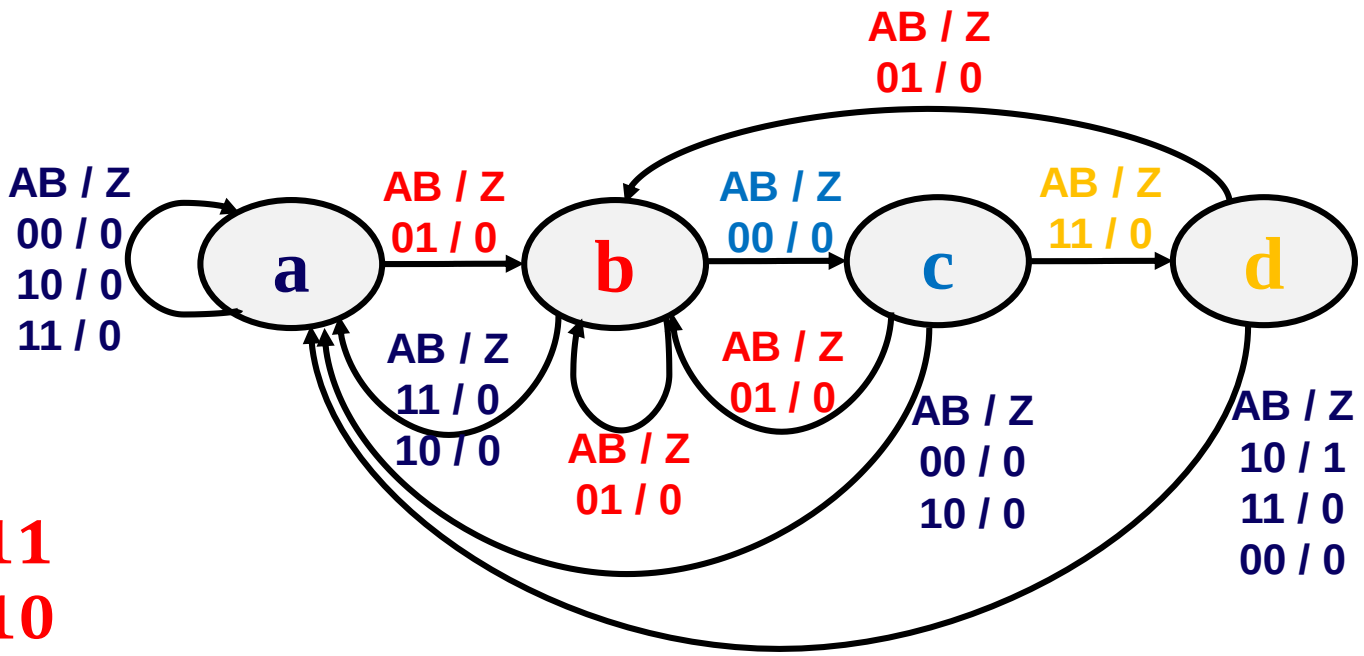


ضمن تعیین خروجی نهایی
پس از تکمیل دنباله همزمان به حالت
اول جهت تشخیص شروع دنباله جدید برمی گردد

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

- در طراحی مدارهای ترتیبی برای تشخیص دنباله های N بیتی با استفاده از ماشین میلی تعداد حالات مورد نیاز برابر N حالت می باشد.
- این مدار دارای ٤ حالت بوده لذا حداقل به ٢ بیت یا ٢ فلیپ فلاپ نیاز خواهد داشت.

٢- رفع ابهام یا تعیین وضعیت ماشین در سایر حالات ورودی



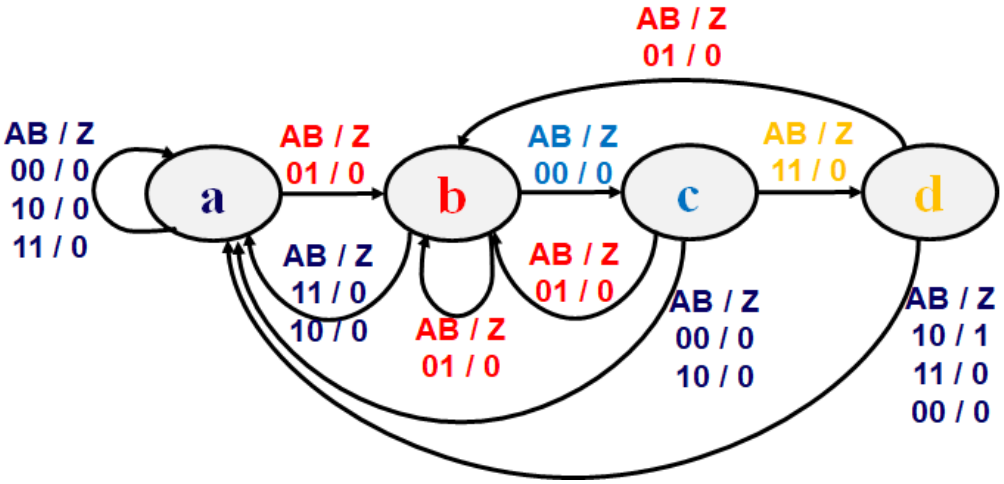
$A = 0011$

$B = 1010$

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

۳- استخراج جدول حالت فعلی / حالت بعدی

حالت فعلی (q)	خروجی/حالت بعدی (Q/Z)			
	AB 00	AB 01	AB 11	AB 10
a	a/0	b/0	a/0	a/0
b	c/0	b/0	a/0	a/0
c	a/0	b/0	d/0	a/0
d	a/0	b/0	a/0	a/1



$$A = 0011$$
$$B = 1010$$

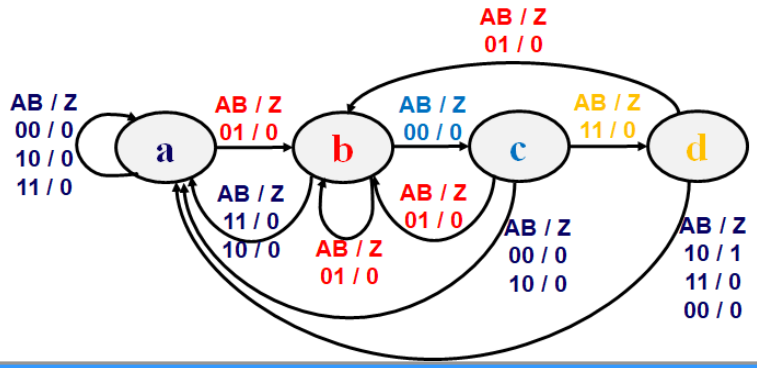
طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

٤- تعیین تعداد فلیپ فلاپ ها و تخصیص کد باینری به حالت ها (برای چهار حالت به دو بیت یا دو فلیپ فلاپ نیاز می باشد

حالت فعلی (q)	خروجی/حالت بعدی (Q/Z)			
	AB 00	AB 01	AB 11	AB 10
a	a/0	b/0	a/0	a/0
b	c/0	b/0	a/0	a/0
c	a/0	b/0	d/0	a/0
d	a/0	b/0	a/0	a/1

a=00
b=01
c=11
d=10

حالت فعلی		خروجی/حالت بعدی (Q_1Q_1/Z)			
q_1	q_0	AB 00	AB 01	AB 11	AB 10
0	0	00/0	01/0	00/0	00/0
0	1	11/0	01/0	00/0	00/0
1	1	00/0	01/0	10/0	00/0
1	0	00/0	01/0	00/0	00/1

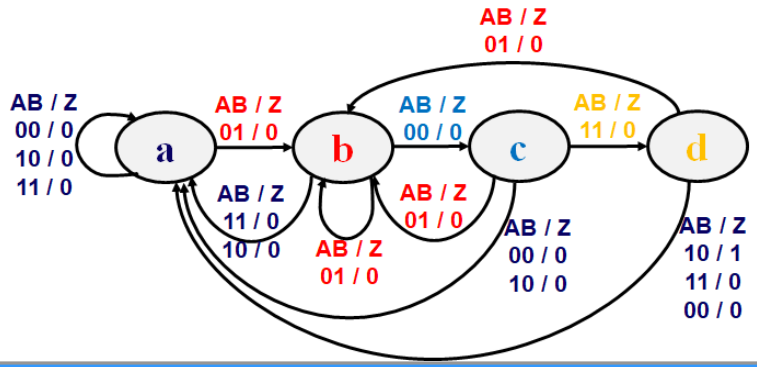


طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

۵- تعیین نوع فلیپ فلاپ ها و استخراج توابع مربوط به تحریک ورودی های هر فلیپ فلاپ.

حالت فعلی q_1 q_0	خروجی/حالت بعدی (Q_1Q_1/Z) AB 00	AB 01	AB 11	AB 10
0 0	00/0	01/0	00/0	00/0
0 1	11/0	01/0	00/0	00/0
1 1	00/0	01/0	10/0	00/0
1 0	00/0	01/0	00/0	00/1

خروجی/ورودیهای F.Fs $(J_1K_1\ J_0K_0/Z)$ AB 00	AB 01	AB 11	AB 10
0X0X/0	0X1X/0	0X0X/0	0X0X/0
1XX0/0	0XX0/0	0XX1/0	0XX1/0
X1X1/0	X1X0/0	X0X1/0	X1X1/0
X10X/0	X11X/0	X10X/0	X10X/1



$Q(t)$ q	$Q(t+1)$ Q	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها

٦- ساده سازی توابع مربوط به تحریک ورودی های هر فلیپ فلاپ و خروجی مدار

J_1

q_1q_0 \ AB	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

K_1

q_1q_0 \ AB	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	1	1	0	1
10	1	1	1	1

Z

q_1q_0 \ AB	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	1

J_0

q_1q_0 \ AB	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	0	1	0	0

K_0

q_1q_0 \ AB	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	0	0	1	1
11	1	0	1	1
10	X	X	X	X

$$Z = AB'q_1q_0'$$

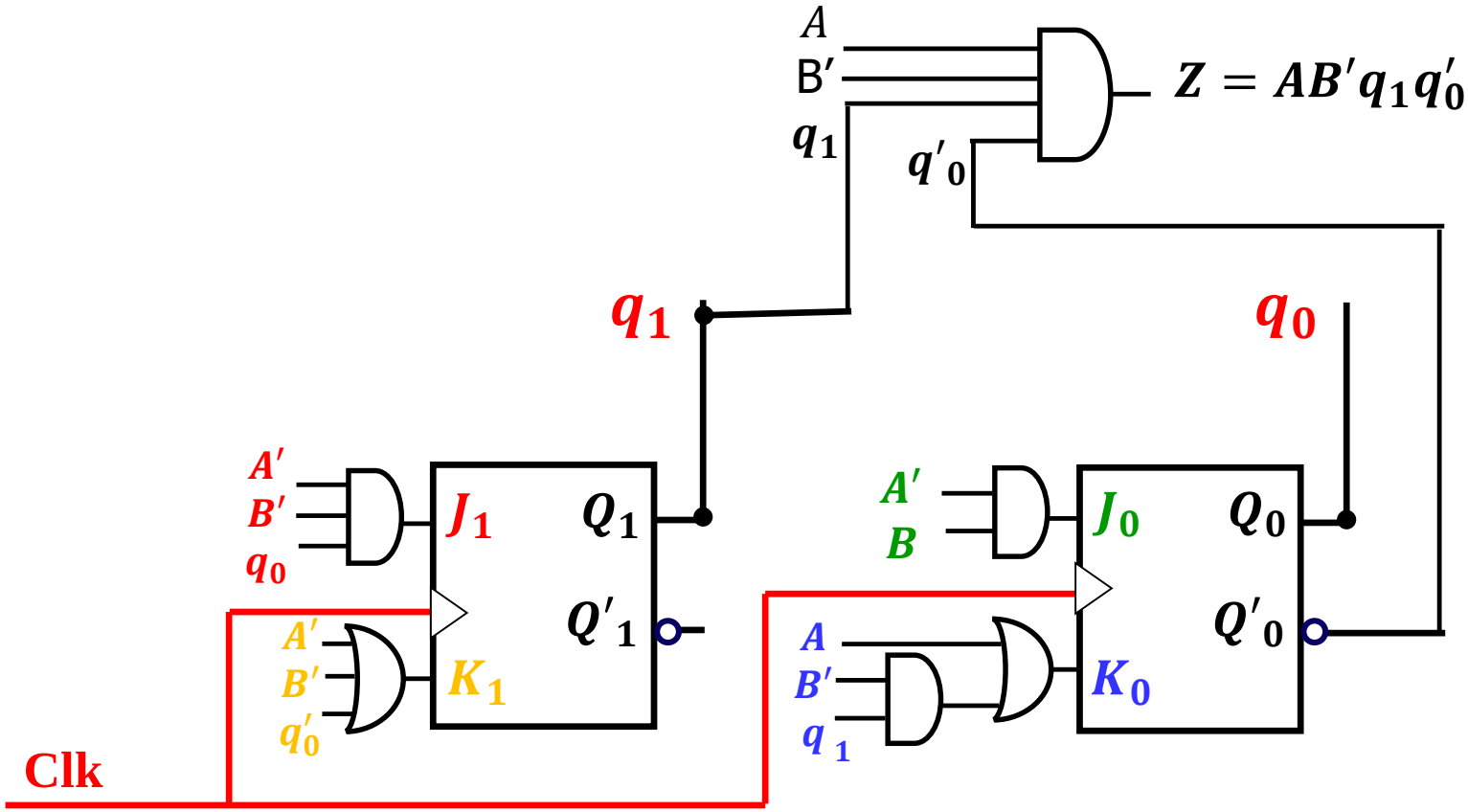
$$J_1 = A'B'q_0$$

$$K_1 = A' + B' + q_0'$$

$$J_0 = A'B$$

$$K_0 = A + B'q_1$$

طراحی ماشین حالت محدود تشخیص دهنده دنباله ها



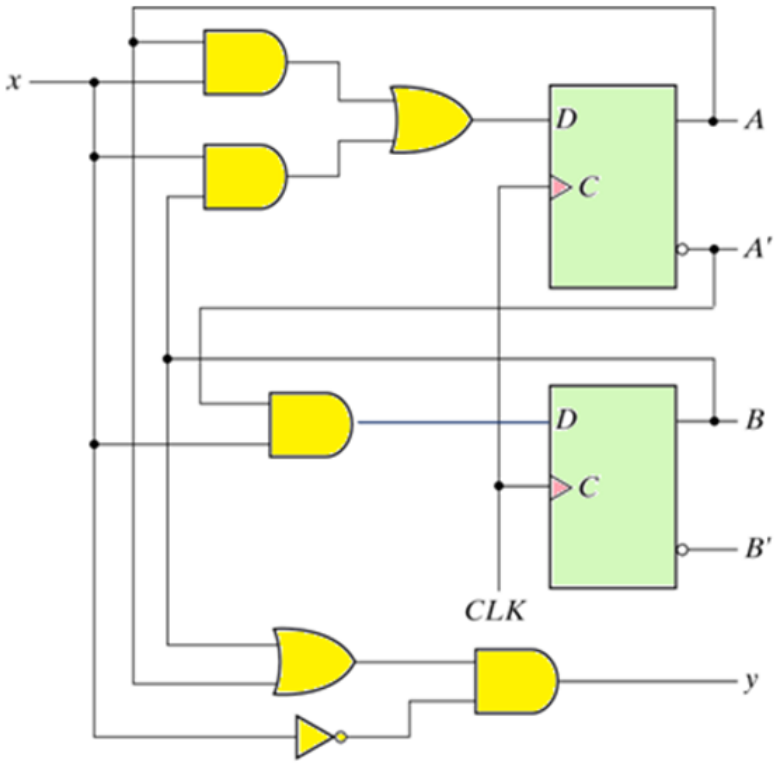
$J_1 = A'B'q_0$

$K_1 = A' + B' + q'_0$

$J_0 = A'B$

$K_0 = A + B'q_1$

تحلیل مدار و استخراج ماشین حالت



حالت فعلی	ورودی	حالت بعدی	خروجی
PS	Input	NS	Output
A B	*x*	*A B*	*y*
0 0	0	0 0	0
0 0	1	0 1	0
0 1	0	0 0	1
0 1	1	1 1	0
1 0	0	0 0	1
1 0	1	1 0	0
1 1	0	0 0	1
1 1	1	1 0	0

$$A(t+1) = A(t)\,x(t) + B(t)\,x(t)$$

$$B(t+1) = A'(t)\,x(t)$$

$$y(t) = [A(t) + B(t)]\,x'(t)$$

$$D_A = Ax + Bx$$

$$D_B = A'x$$

$$y = (A + B)x'$$