مبحث ششم

ثبات‌ها و شمارنده‌ها

Registers and Counters

Presented by Ali Maleki Fall 2021

پیشگفتار

✓ ثبات (Register)

ثبات به مجموعه‌ای از فلیپ‌فلاپ‌ها اطلاق می‌گردد که هر فلیپ‌فلاپ می‌تواند یک بیت اطلاعات را ذخیره نماید.

✓ شمارنده (Counter)

شمارنده ثباتی است که دنباله‌ی از پیش تعیین شده‌ای از حالت‌ها را دنبال می‌کند.

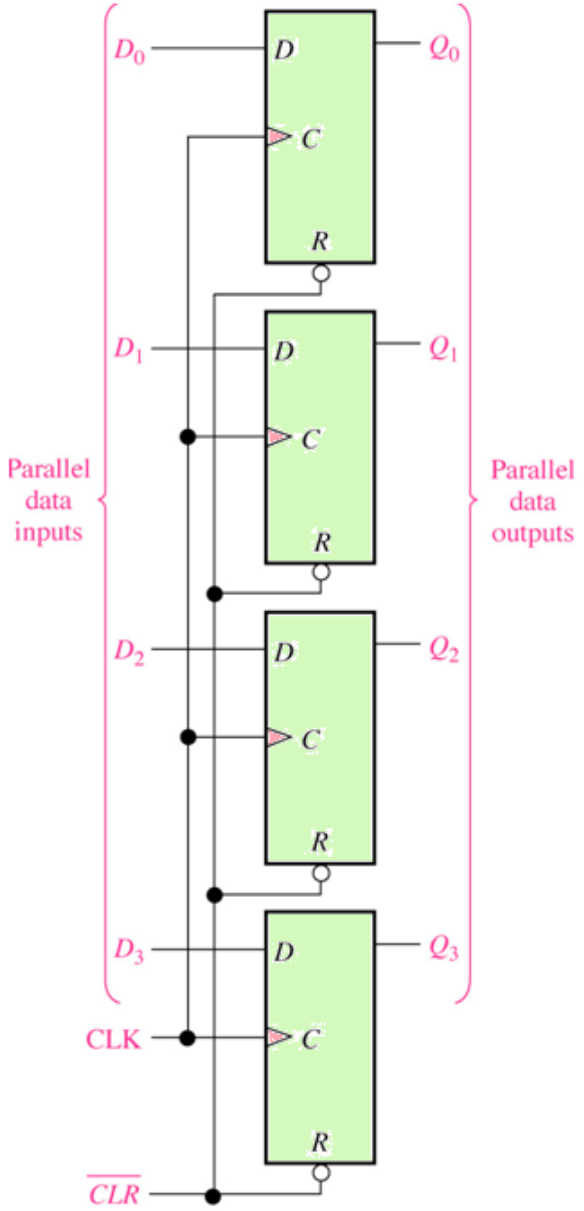
فهرست مطالب

- ثبات
- شیفت رجیستر
- شمارنده ی موج گونه
- شمارنده ی همزمان
- شمارنده با حالت های استفاده نشده
- شمارنده ی حلقوی
- شمارنده ی جانسون

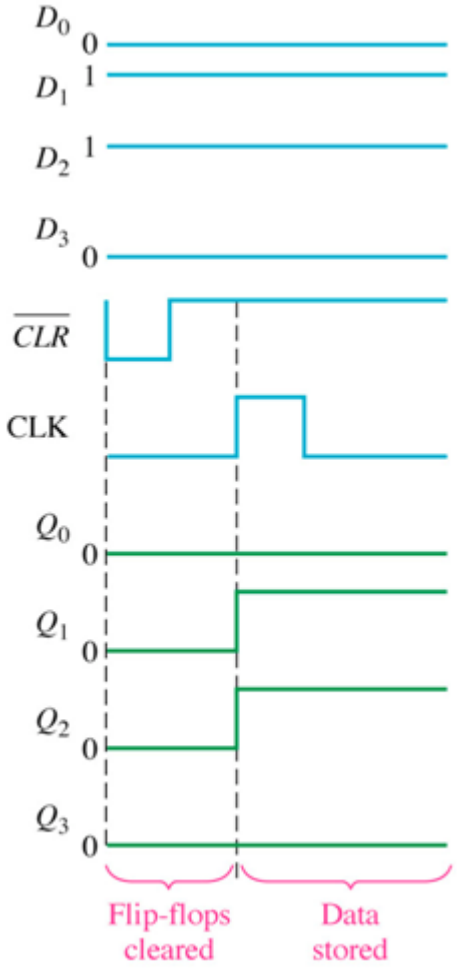
ثبات ۴ بیتی (4-bit Register)

ثبات چهاربیتی با استفاده از فلیپ فلاپ D

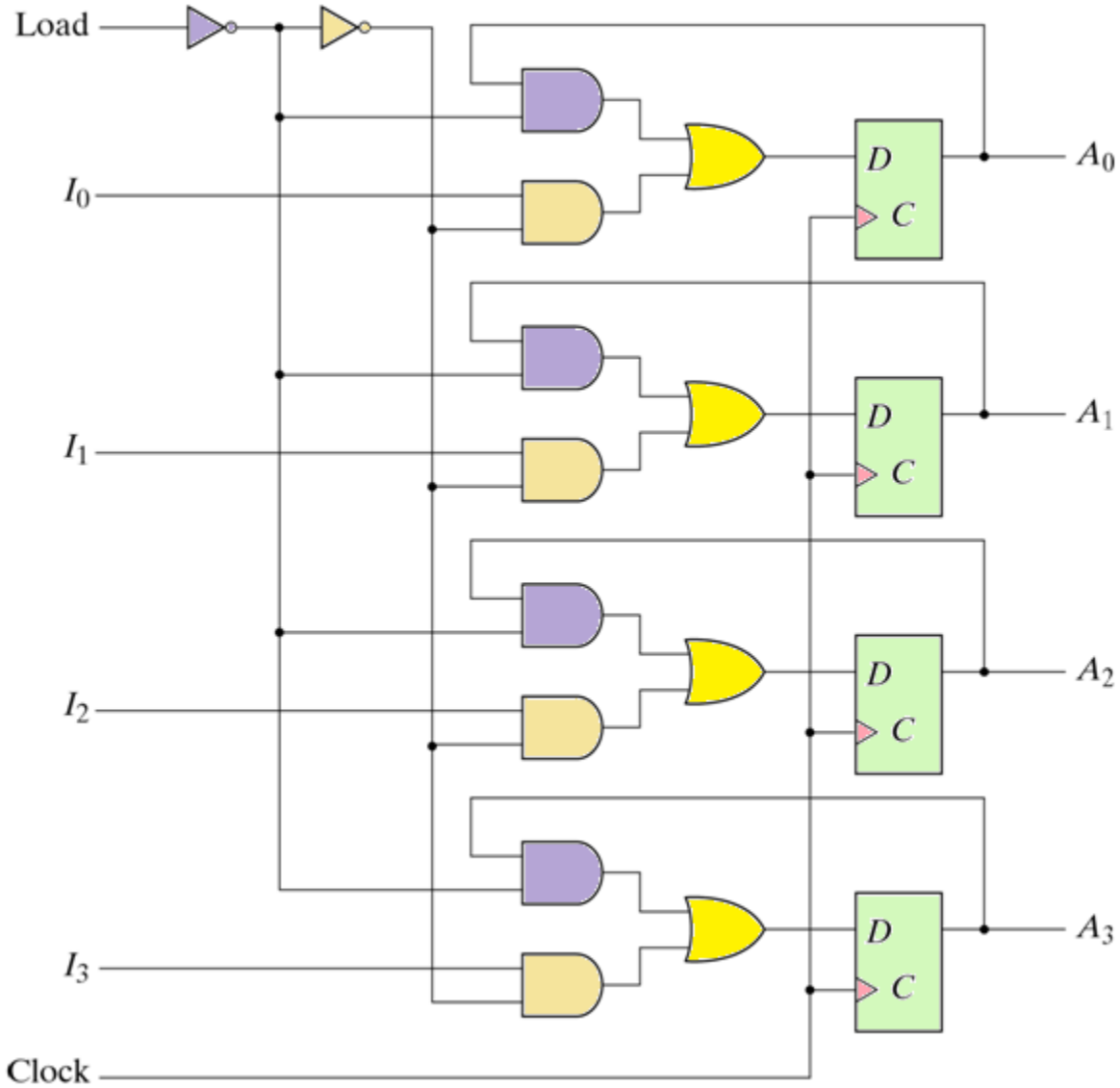
شماتیک مداری:



نمودار زمانی:



ثبات با توانایی بار شدن موازی(parallel load)



مفهوم بار شدن موازی

کنترل کار کردن ثبات

(در مسیر ساعت یا داده؟)

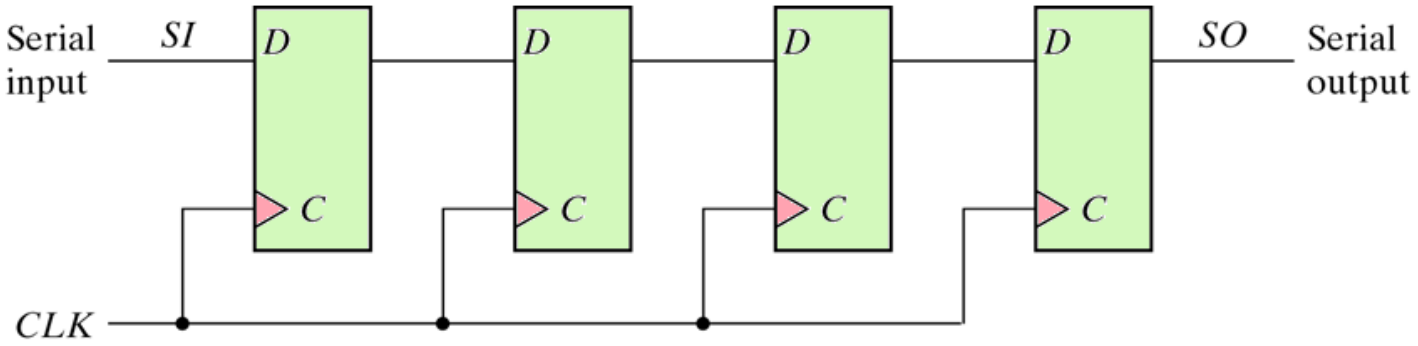
فهرست مطالب

- ثبات
- شیفت رجیستر
- شمارنده ی موج گونه
- شمارنده ی همزمان
- شمارنده با حالت های استفاده نشده
- شمارنده ی حلقوی
- شمارنده ی جانسون

شیفت رجیستر (Shift Register)

شیفت رجیستر:

ثباتی که می‌تواند اطلاعات باینری خود را به سلول سمت چپ یا سمت راست خود جابجا نماید.



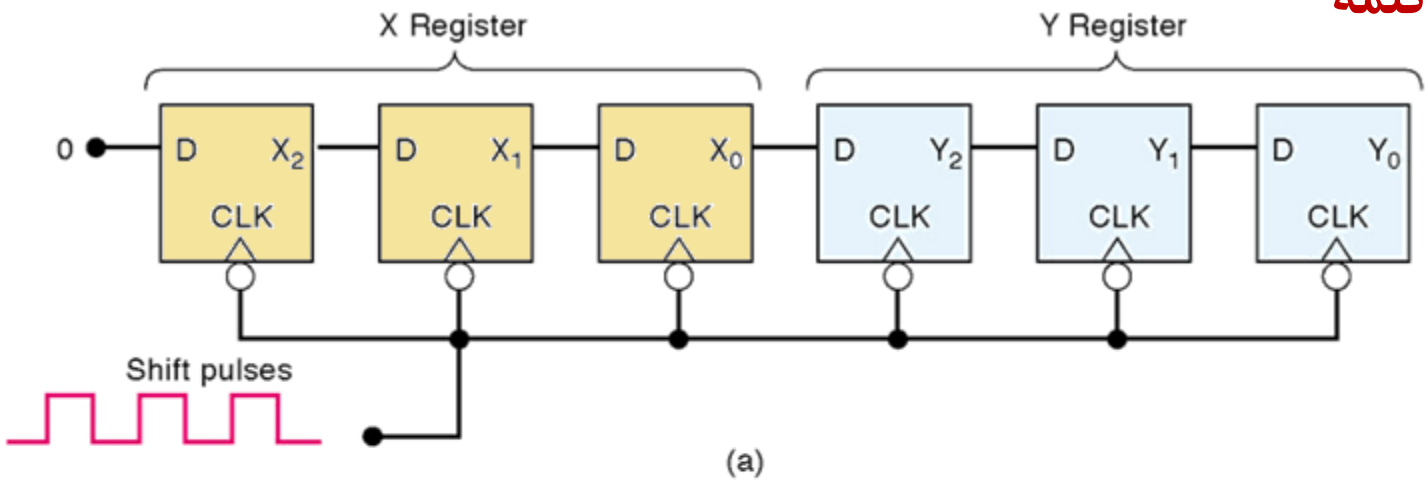
شیفت رجیستر یک جهته

انتقال سریال

شیفت رجیستر (Shift Register)

جابجایی بیت

جابجایی کلمه



(a)

X_2	X_1	X_0	Y_2	Y_1	Y_0	
1	0	1	0	0	0	← Before pulses applied
0	1	0	1	0	0	← After first pulse
0	0	1	0	1	0	← After second pulse
0	0	0	1	0	1	← After third pulse

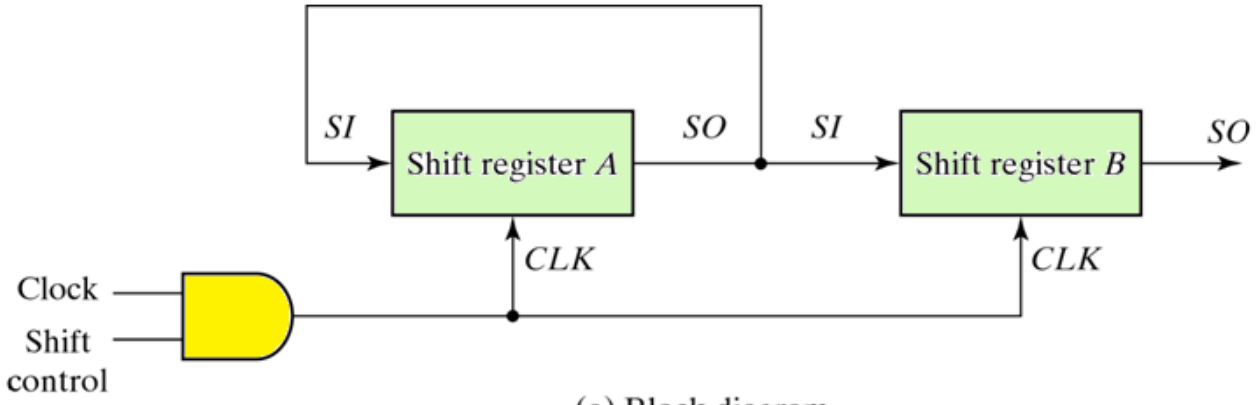
(b)

کنترل جابجایی در شیفت رجیستر

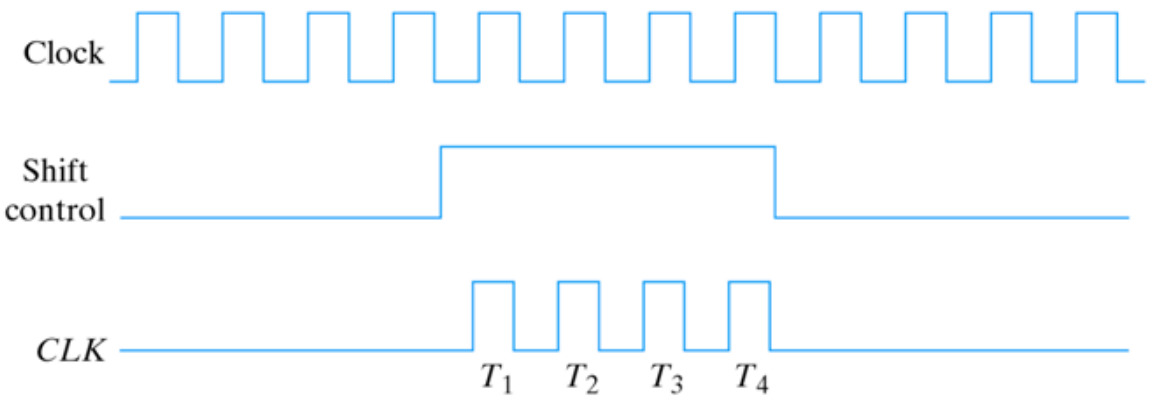
راهکارهای کنترل جابجایی:

کنترل پالس ساعت

کنترل داده

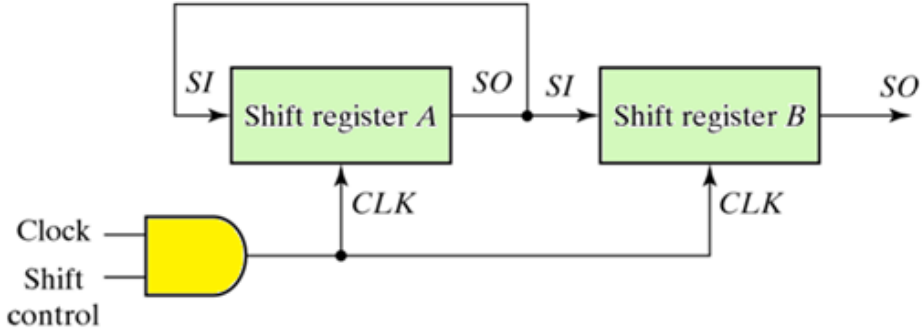


(a) Block diagram



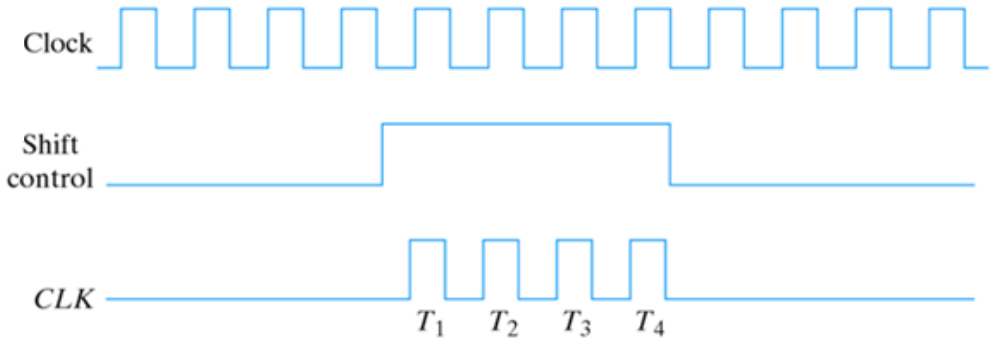
(b) Timing diagram

کنترل جابجایی در شیفت رجیستر



زمان جابجایی بیت

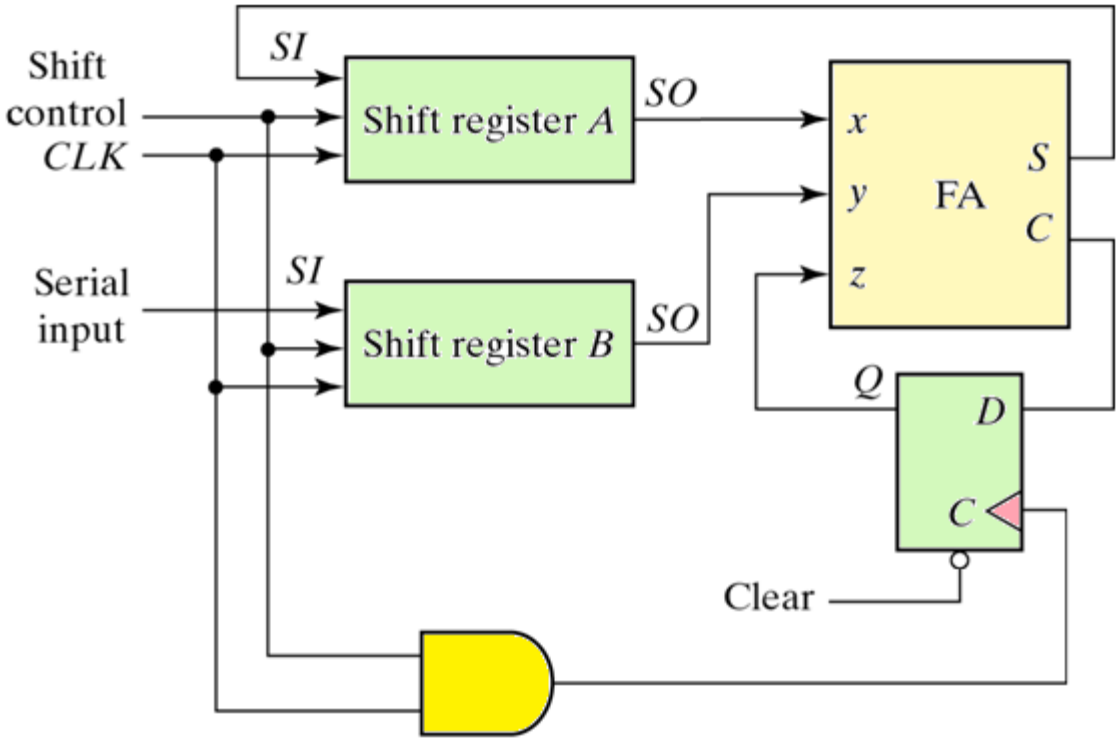
زمان جابجایی کلمه



Timing pulse	Shift Register A	Shift Register B	Serial Output of B
Initial value	1 0 1 1	0 0 1 0	0
After T_1	1 1 0 1	1 0 0 1	1
After T_2	1 1 1 0	1 1 0 0	0
After T_3	0 1 1 1	0 1 1 0	0
After T_4	1 0 1 1	1 0 1 1	1

جمع سریال (Serial Addition)

معرفی:



مقایسه‌ی عملیات سریال و عملیات موازی و طرح مصالحه

جمع سریال (Serial Addition)

مثال: با استفاده از فلیپ‌فلاپ JK ، یک جمع‌کننده‌ی سریال طراحی نمایید.

اجزای تشکیل‌دهنده‌ی این طرح:

یادآوری روند طراحی:

- تعیین تعداد فلیپ‌فلاپ‌ها (حالت‌ها)، ورودی‌ها، خروجی‌ها
- ترسیم جدول حالت
- تعیین معادلات ورودی فلیپ‌فلاپ و معادله‌ی خروجی
- ترسیم شماتیک

انجام طراحی:

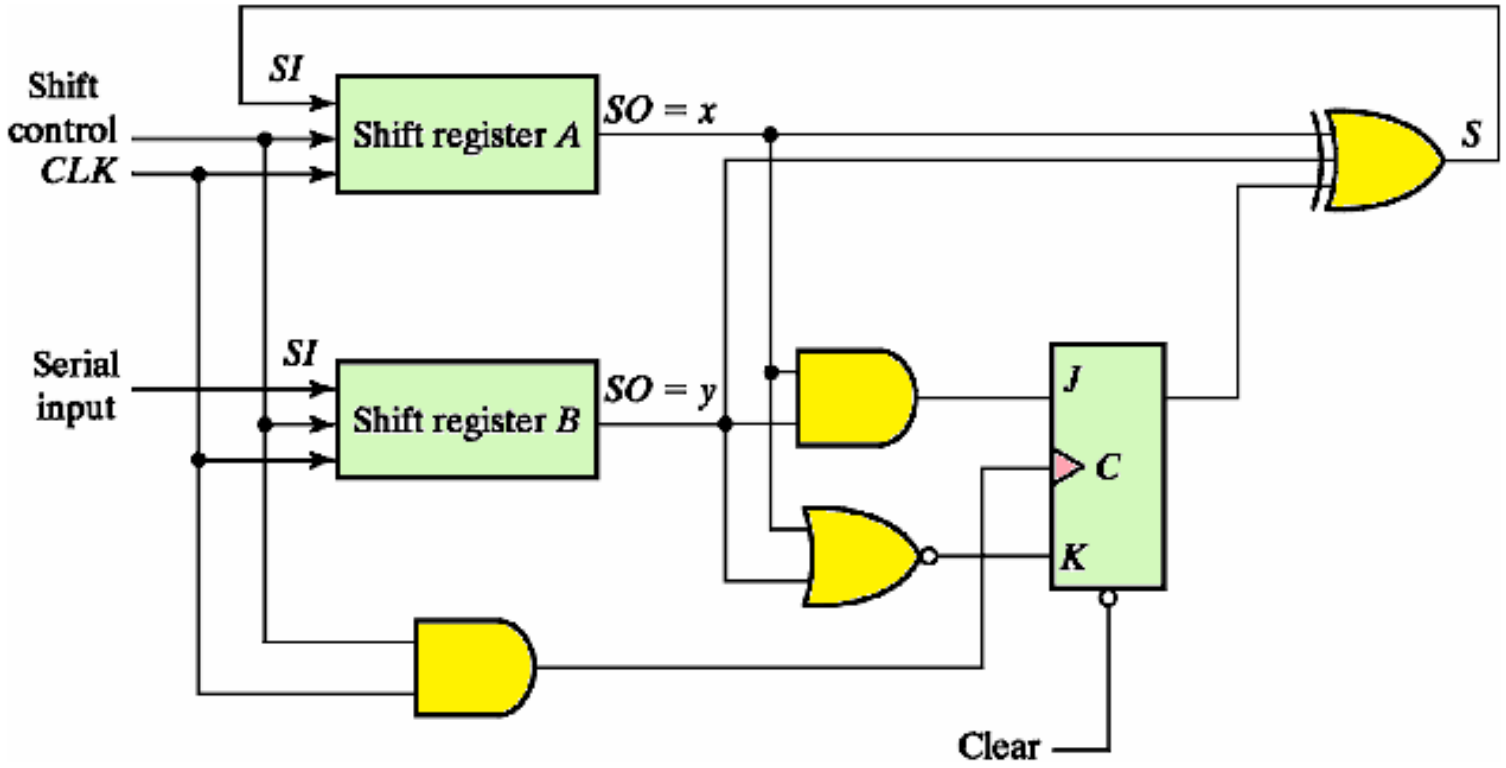
JK flip-flop

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

جمع سریال (Serial Addition)

معادله‌ی ورودی فلیپ‌فلاپ: $J_Q = xy,\ K_Q = x'y' = (x+y)'$

معادله‌ی خروجی: $S = x \oplus y \oplus Q$



شیفت‌رجیستر یونیورسال ۴ بیتی (Universal Shift Register)

قابلیت‌های مورد نظر:

قابلیت پاک کردن شیفت رجیستر

قابلیت نگهداری مقدار با وجود پالس ساعت (خروجی سریال یا موازی)

قابلیت جابجایی به راست (ورودی سریال- خروجی سریال یا موازی)

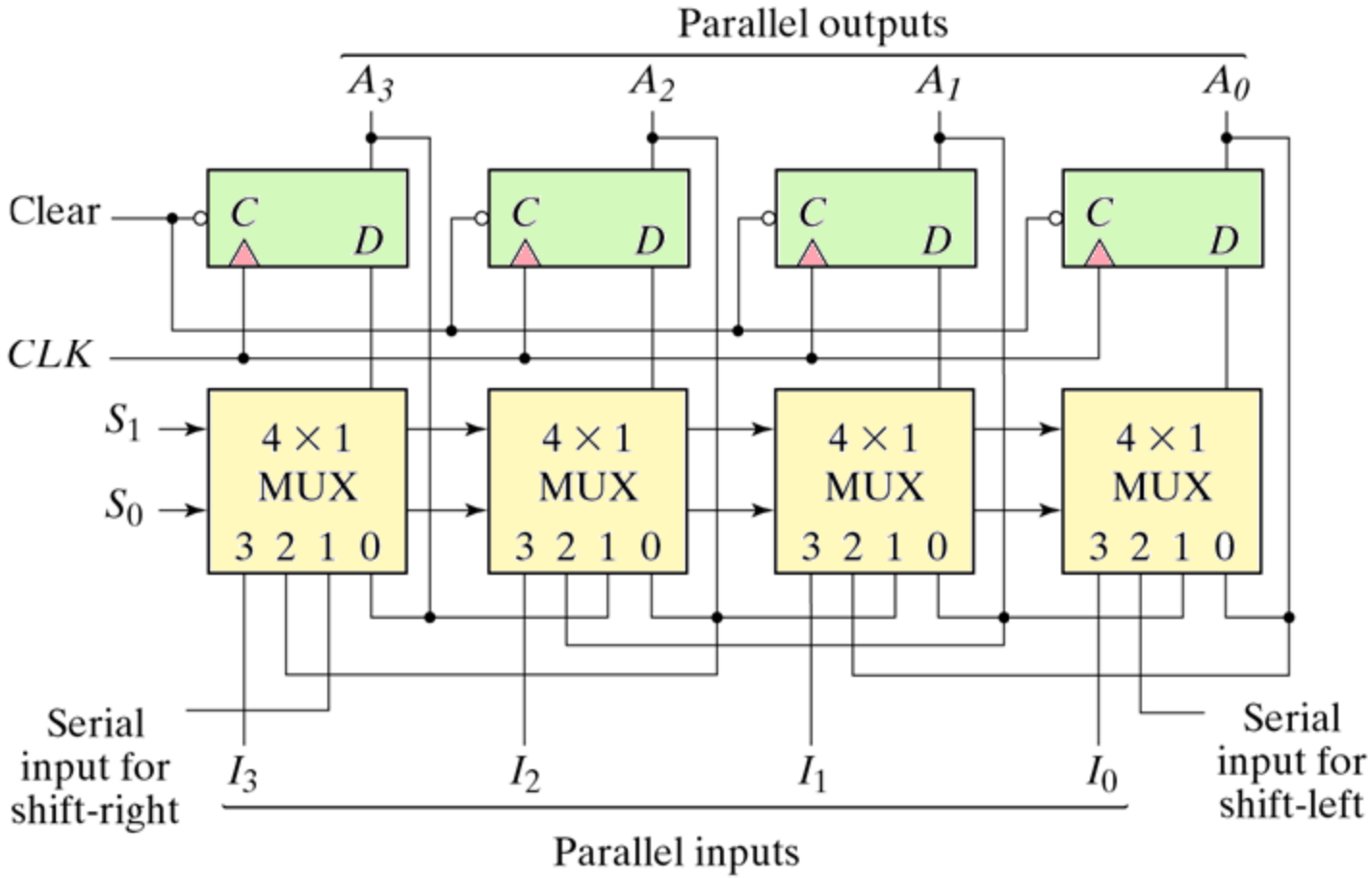
قابلیت جابجایی به چپ (ورودی سریال- خروجی سریال یا موازی)

قابلیت بار کردن موازی (ورودی موازی- خروجی سریال یا موازی)

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

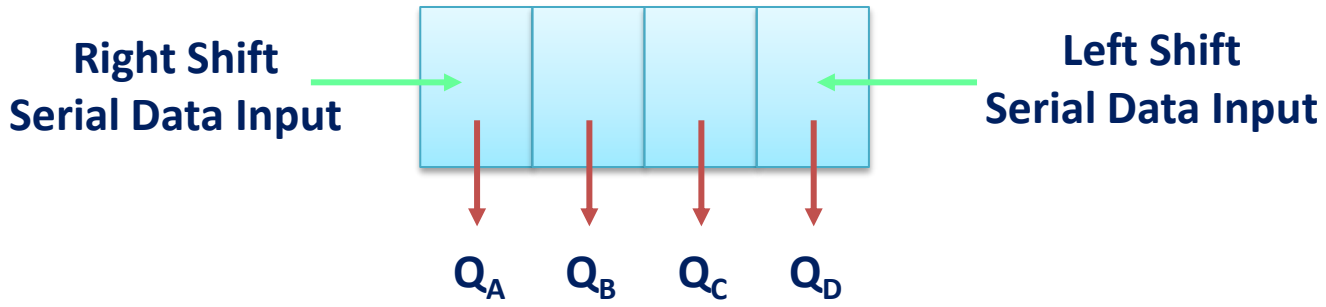
شیفت‌رجیستر یونیورسال ۴ بیتی (Universal Shift Register)

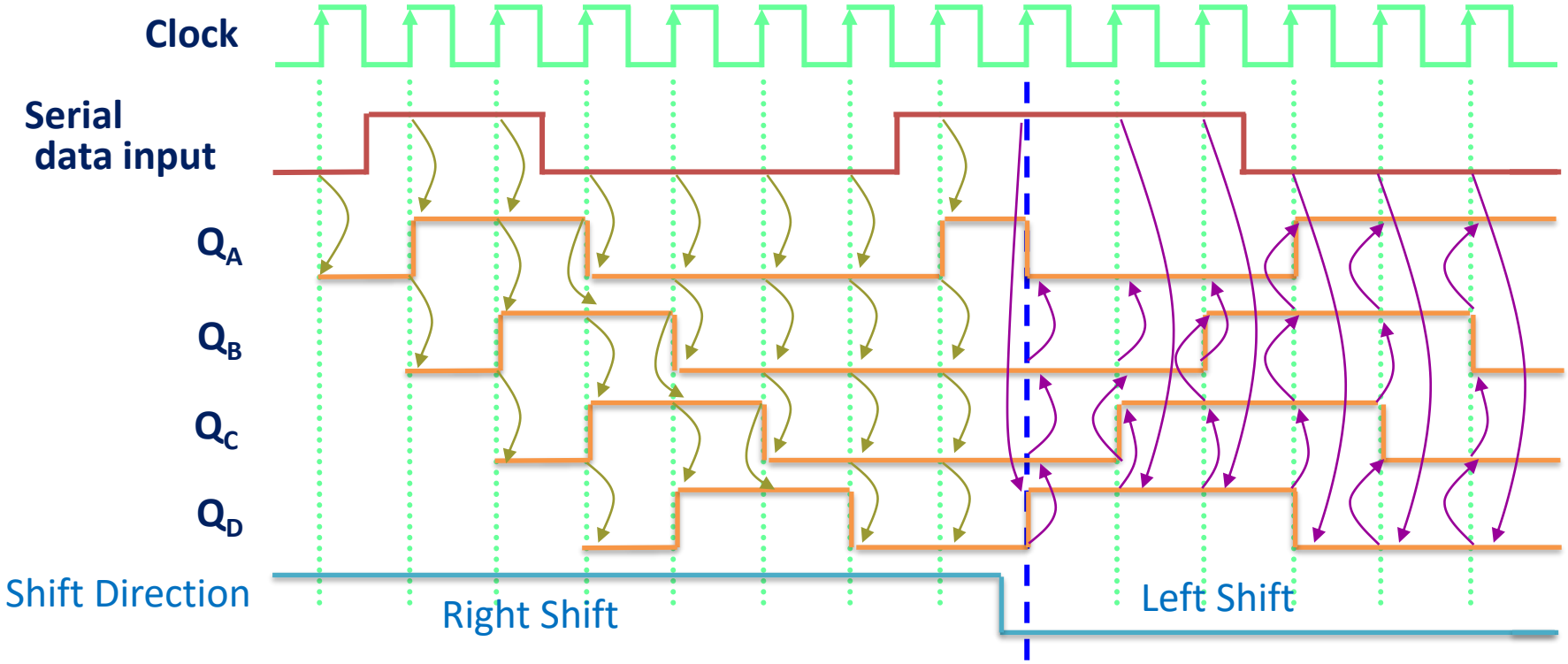
شماتیک مداری:



شیفت‌رجیستر دوجهته‌ی ۴ بیتی

شیوه‌ی عملکرد:





مفاهیم و اصطلاحات شیفت‌رجیستر

مفهوم انتقال سریال در مقایسه با عملکرد موازی

شیوه‌های مختلف عملکرد شیفت رجیستر:

- ورودی موازی- خروجی موازی (Parallel-in Parallel-out)
- ورودی موازی- خروجی سریال (Parallel-in Serial-out)
- ورودی سریال- خروجی سریال (Serial-in Serial-out)
- ورودی سریال- خروجی موازی (Serial-in Parallel-out)

انواع شیفت رجیستر سریال:

- شیفت رجیستر دوجهته (Bidirectional Shift Register)
- شیفت رجیستر یک‌جهته (Unidirectional Shift Register)

کاربردهای شیفت‌رجیستر

انتقال کلمات داده بین دو سیستم دیجیتال به صورت سریال

فهرست مطالب

- ☑ ثبات
- ☑ شیفت رجیستر
- ☐ شمارنده‌ی موج‌گونه
- ☐ شمارنده‌ی همزمان
- ☐ شمارنده با حالت‌های استفاده نشده
- ☐ شمارنده‌ی حلقوی
- ☐ شمارنده‌ی جانسون

شمارنده‌ها (Counters)

- شمارنده‌های موج‌گونه یا غیرهمزمان (Ripple Counter)
- شمارنده‌های همزمان (Synchronous Counter)

در شمارنده‌ی موج‌گونه، گذر خروجی یک فلیپ‌فلاپ به عنوان تحریک برای فلیپ‌فلاپ بعدی استفاده می‌گردد.

در شمارنده‌ی همزمان، تمام فلیپ‌فلاپ‌ها با سیگنال ساعت یکسانی تحریک می‌گردند.

در ادامه به شمارنده‌های باینری و شمارنده‌های BCD خواهیم پرداخت.

شمارنده موج‌گونه‌ی باینری (Binary Ripple Counter)

A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

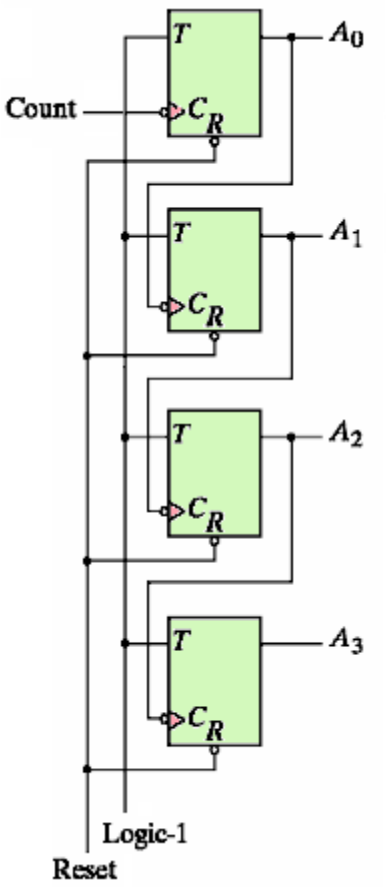
نحوه‌ی عملکرد

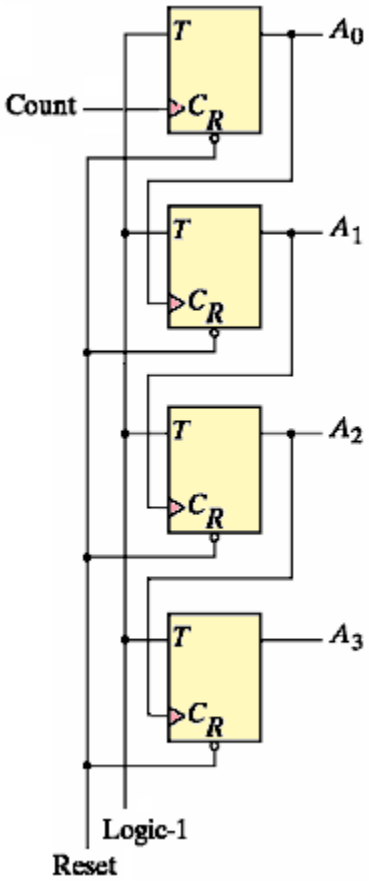
طراحی با فلیپ‌فلاپ T (لبه‌ی منفی)

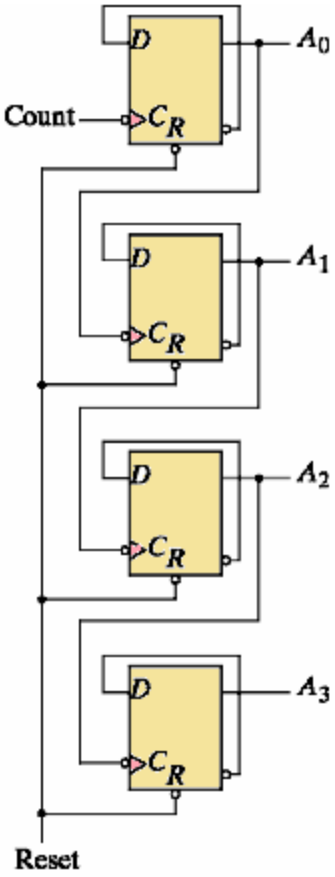
طراحی با فلیپ‌فلاپ T (لبه‌ی مثبت)

طراحی با فلیپ‌فلاپ D

طراحی با فلیپ‌فلاپ JK

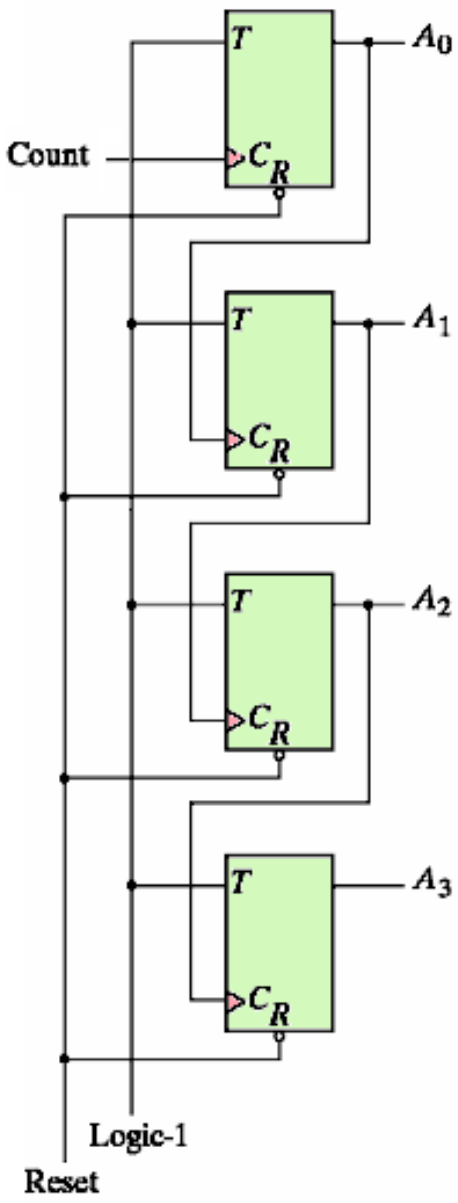




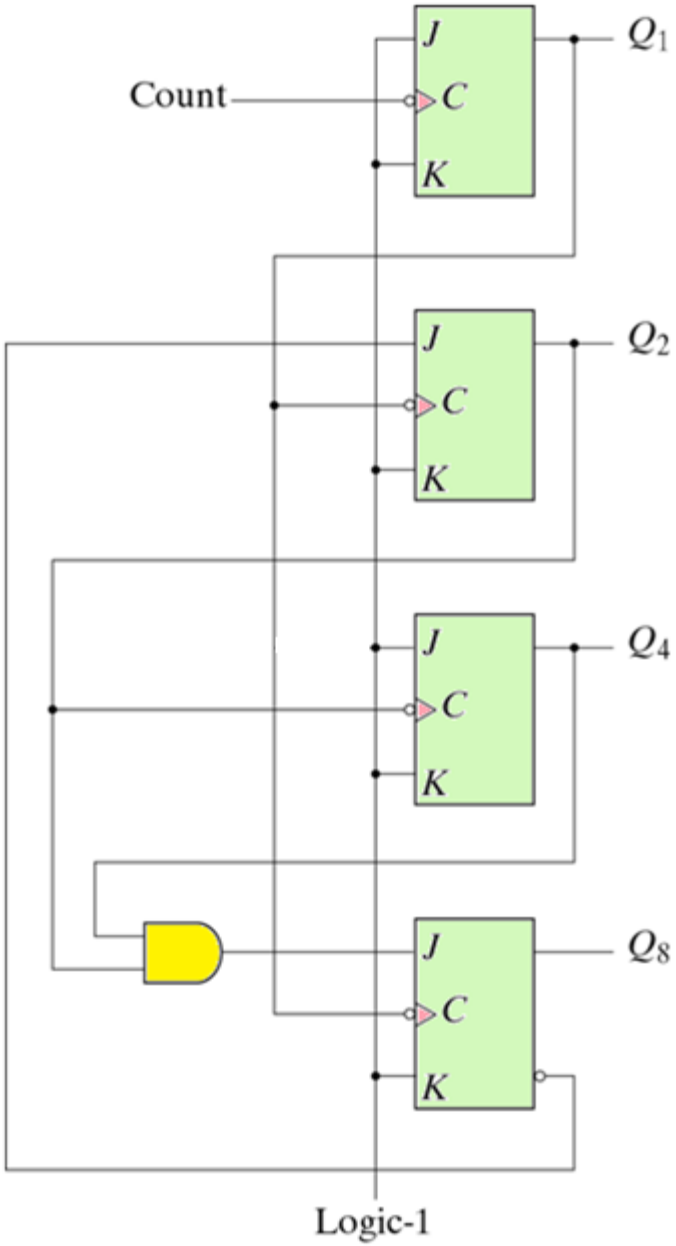


مثال:

نمودار حالت شمارنده‌ی باینری زیر را رسم کنید.



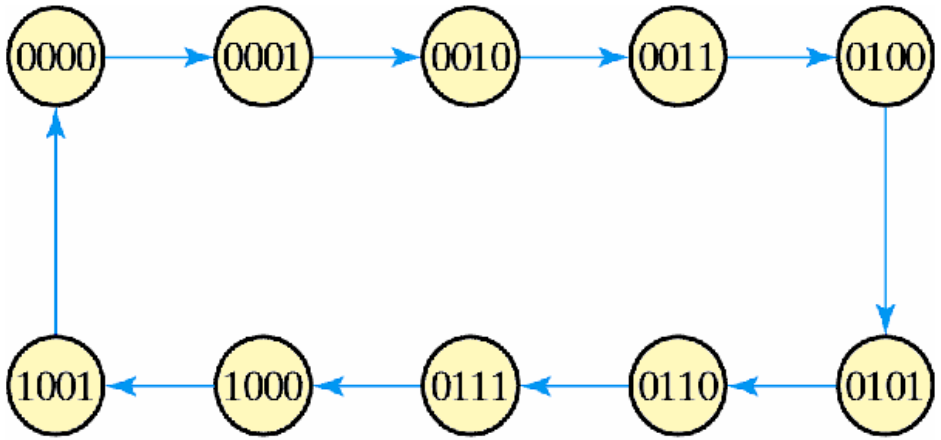
شمارنده موج‌گونه‌ی BCD (BCD Ripple Counter)



A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1

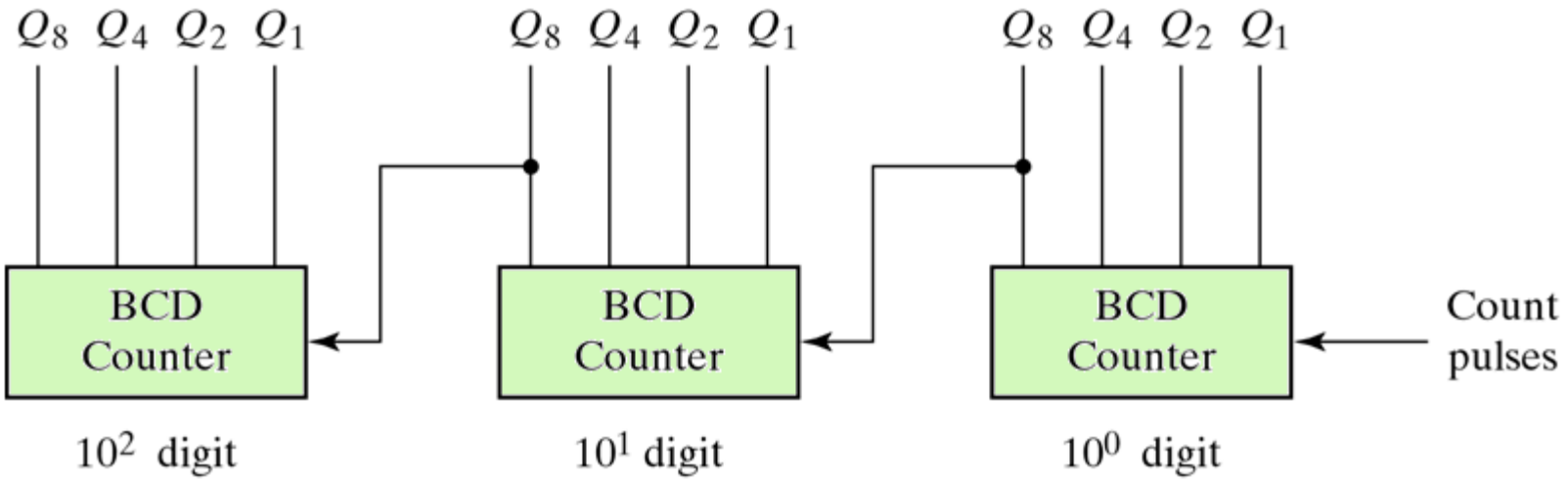
نمودار حالت:

شیوه‌ی تحلیل و طراحی:



شمارنده دهدهی BCD سه رقمی

چه روشی برای ایجاد شمارنده‌ی دهدهی چند رقمی با استفاده از شمارنده های BCD پیشنهاد می‌نمایید؟

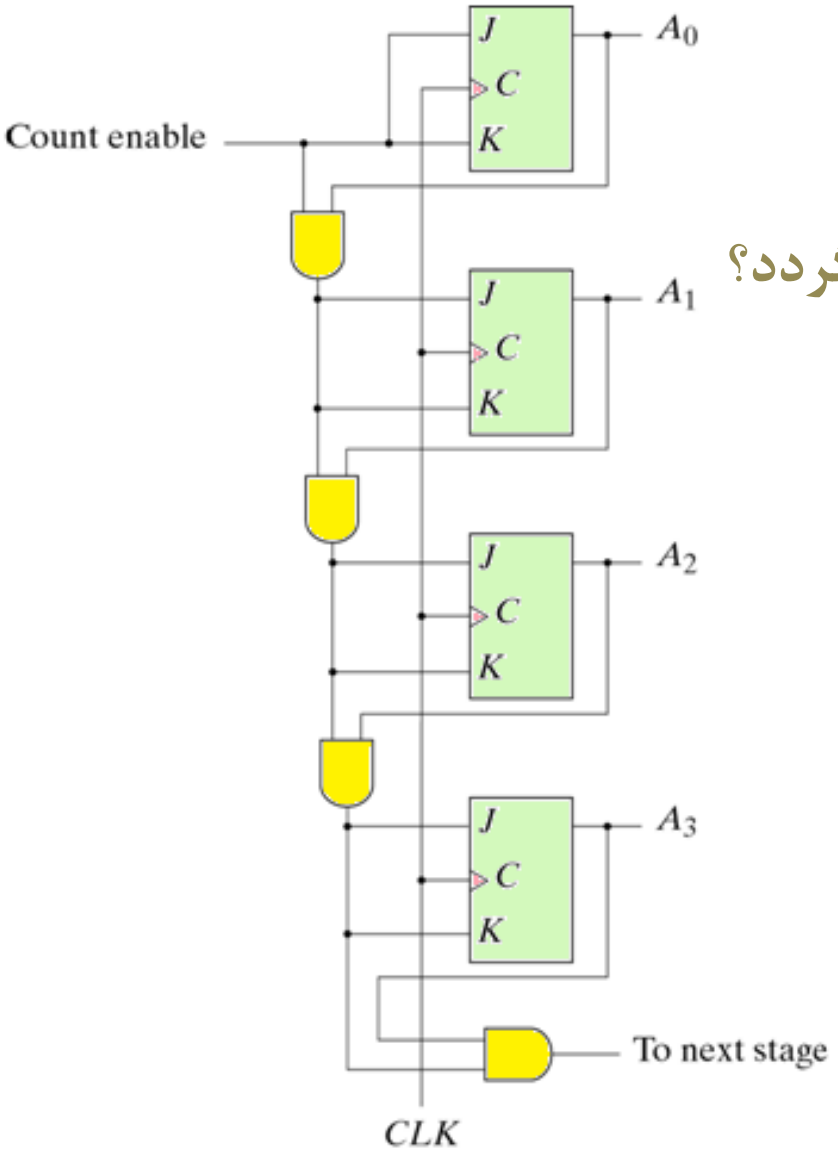


فهرست مطالب

- ☑ ثبات
- ☑ شیفت رجیستر
- ☑ شمارنده ی موج گونه
- ☐ شمارنده ی همزمان
- ☐ شمارنده با حالت های استفاده نشده
- ☐ شمارنده ی حلقوی
- ☐ شمارنده ی جانسون

شمارنده همزمان باینری (Binary Synchronous Counter)

A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1



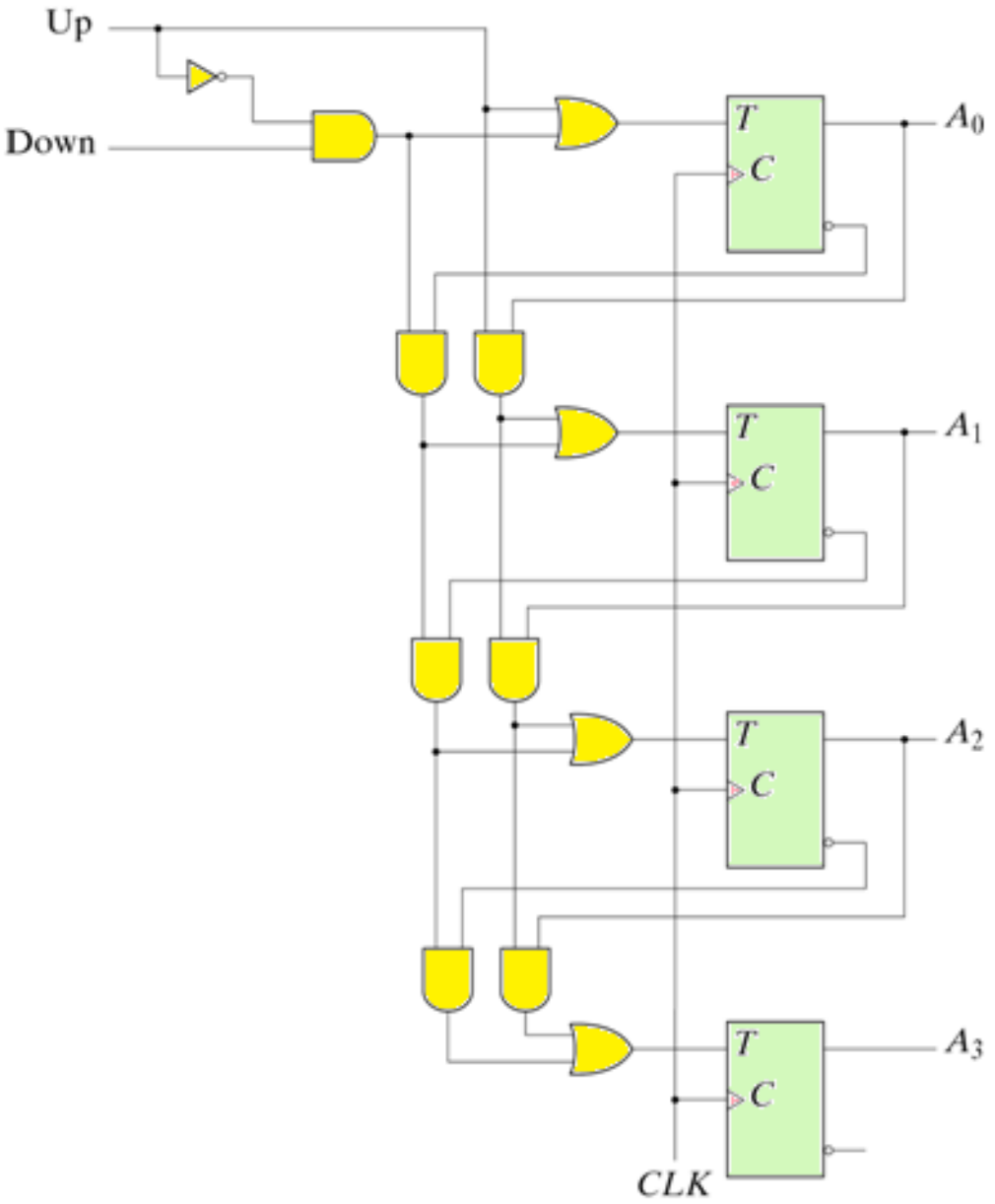
A1 در چه شرایطی toggle می‌گردد؟

A2 و A3 چطور؟

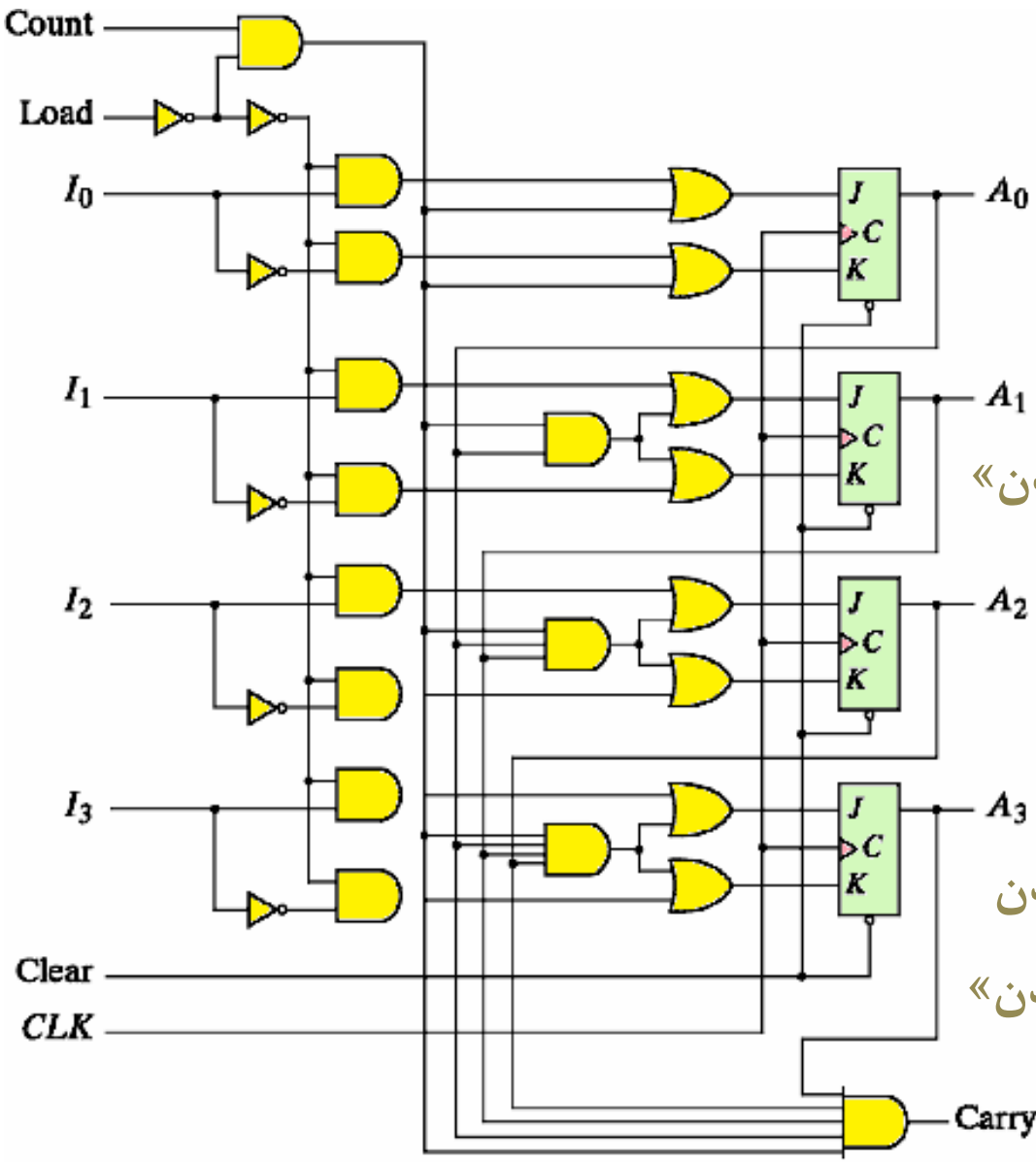
بالا– پایین شمار باینری (Up-Down Synchronous Counter)

A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	0	1
1	1	0	0
1	0	1	1
1	0	1	0
1	0	0	1
1	0	0	0
0	1	1	1
0	1	1	0
0	1	0	1
0	1	0	0
0	0	1	1
0	0	1	0
0	0	0	1



شمارنده‌ی باینری با توانایی بار شدن موازی



در مورد اولویت ورودی‌های «بار کردن» و «شمارش» نظر دهید.

در مورد همزمان یا غیر همزمان بودن ورودی‌های «بار کردن» و «پاک کردن» نظر دهید.

شمارنده‌ی همزمان BCD (Synchronous BCD Counter)

Present State				Next State				Output	Flip-Flop Inputs			
Q_8	Q_4	Q_2	Q_1	Q_8	Q_4	Q_2	Q_1	Y	TQ_8	TQ_4	TQ_2	TQ_1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1

معادله‌ی ورودی فلیپ‌فلاپ:

$T_{Q1} = 1$

$T_{Q2} = Q_8'Q_1$

$T_{Q4} = Q_2Q_1$

$T_{Q8} = Q_8Q_1 + Q_4Q_2Q_1$

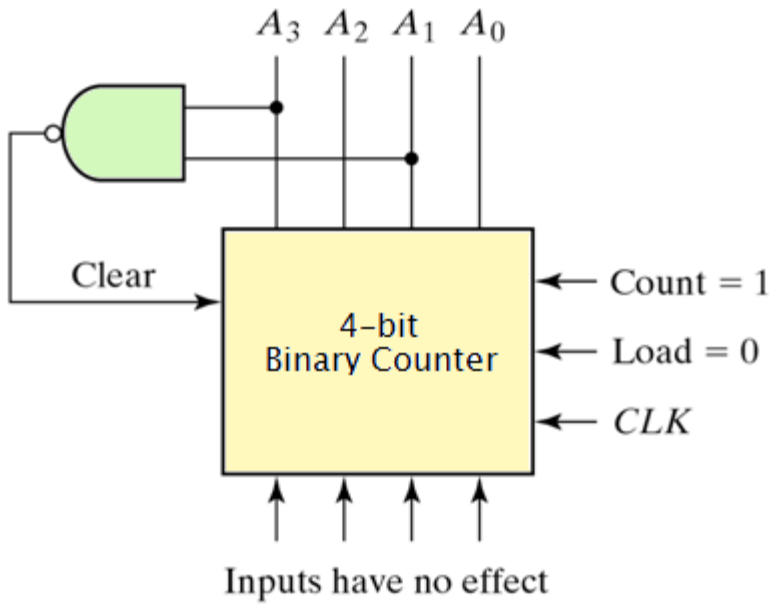
معادله‌ی خروجی:

$y = Q_8Q_1$

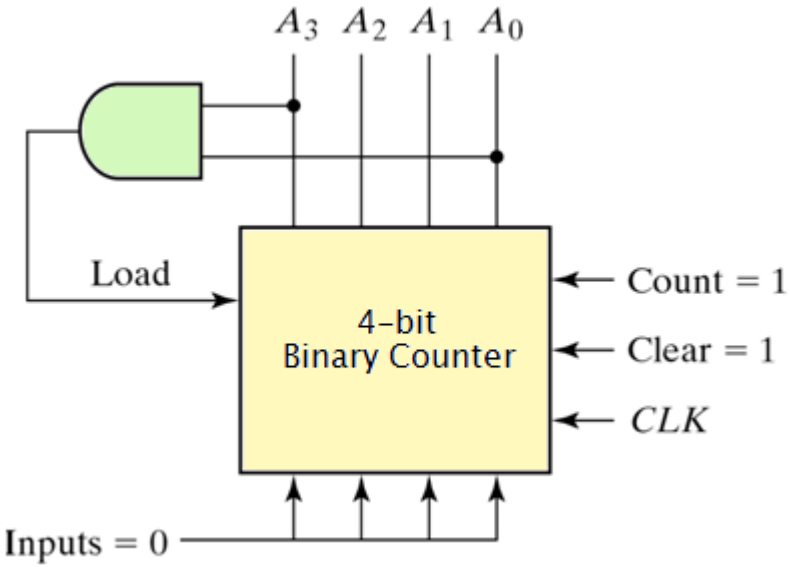
شمارنده‌ی BCD همزمان

ایجاد شمارنده‌ی BCD همزمان با استفاده از شمارنده‌ی باینری

با استفاده از ورودی
غیرهمزمان پاک‌کردن



با استفاده از ورودی
همزمان بار کردن



اشکال شماتیک را بیابید.

فهرست مطالب

- ☑ ثبات
- ☑ شیفت رجیستر
- ☑ شمارنده ی موج گونه
- ☑ شمارنده ی همزمان
- ☐ شمارنده با حالت های استفاده نشده
- ☐ شمارنده ی حلقوی
- ☐ شمارنده ی جانسون

شمارنده با حالت‌های استفاده نشده(Counter with unused states)

راهکارهای طراحی شمارنده با حالت‌های استفاده‌نشده:

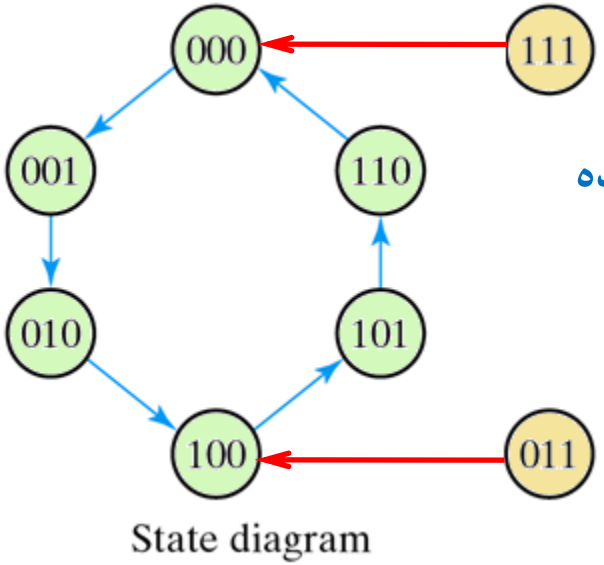
۱- بی‌اهمیت فرض‌کردن این حالت‌ها و بررسی عملکرد آنها در طرح نهایی

۲- لحاظ کردن حالت های استفاده نشده در روند طراحی

مصالحه (مزیت ها و ایرادها):

مثال: طراحی شمارنده با حالت‌های استفاده نشده

می‌خواهیم با استفاده از فلیپ‌فلاپ JK ، مدار شمارنده‌ای با نمودار حالت زیر طراحی نماییم.



State diagram

عملکرد طرح به ازای حالت‌های استفاده نشده چیست؟

روند انجام طراحی:

ترسیم جدول حالت با بی‌اهمیت فرض کردن حالت‌های استفاده نشده

معادله‌های ورودی فلیپ‌فلاپ

ترسیم شماتیک مداری

بررسی عملکرد حالت‌های استفاده نشده

معادلات ورودی:

$J_A=B,\ K_A=B$

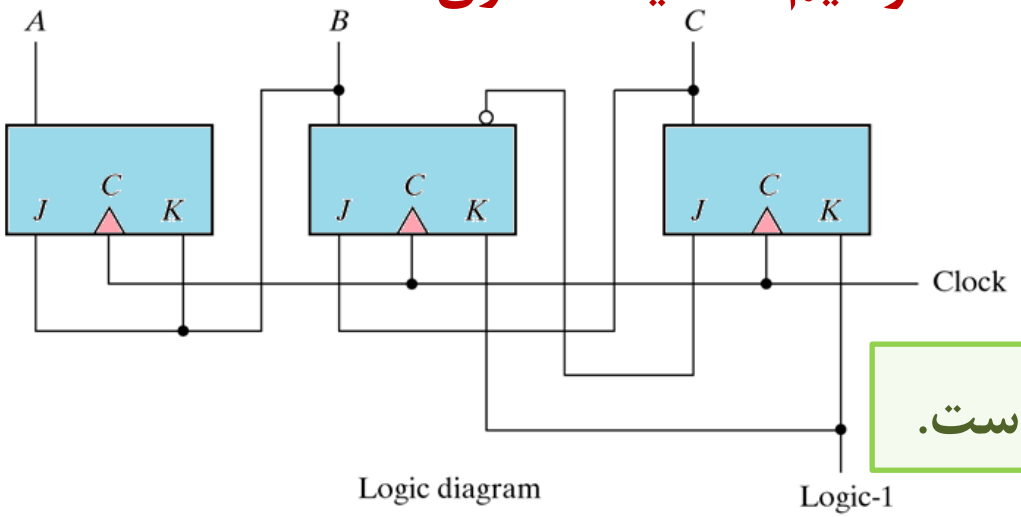
$J_B=C,\ K_B=1$

$J_C=B',\ K_C=1,$

JK flip-flop

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

ترسیم شماتیک مداری:



Logic diagram

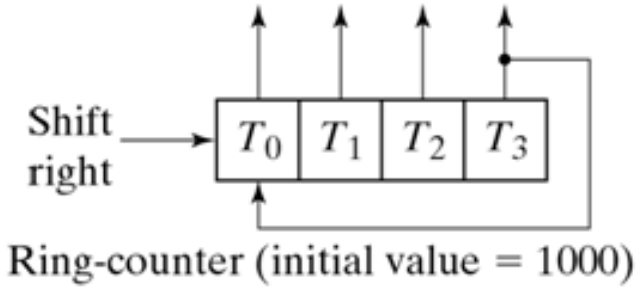
بررسی حالت های استفاده نشده:

شمارنده، یک شمارنده‌ی خودتصحیح است.

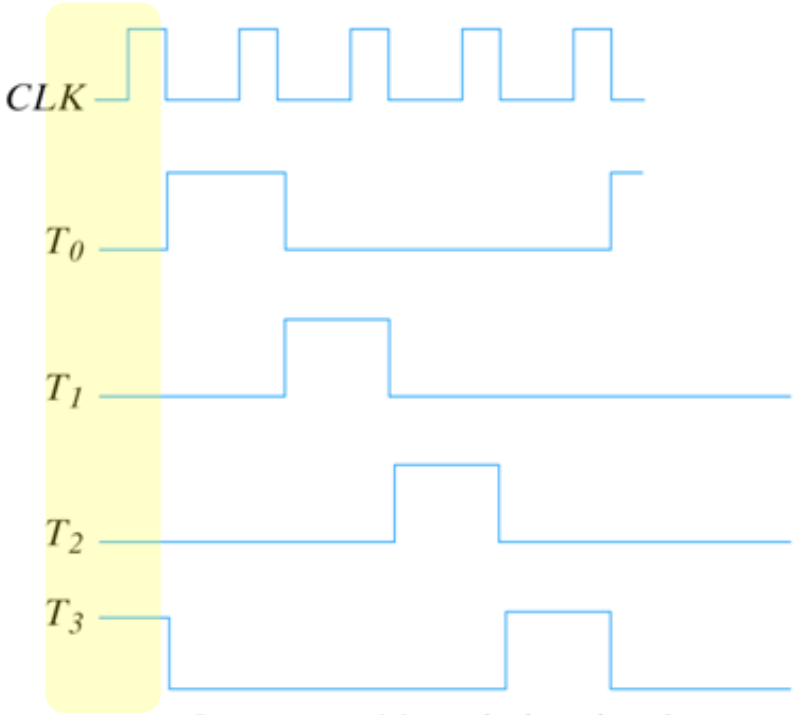
فهرست مطالب

- ☑ ثبات
- ☑ شیفت رجیستر
- ☑ شمارنده ی موج گونه
- ☑ شمارنده ی همزمان
- ☑ شمارنده با حالت های استفاده نشده
- ☐ شمارنده ی حلقوی
- ☐ شمارنده ی جانسون

شمارنده‌ی حلقوی (Ring Counter)

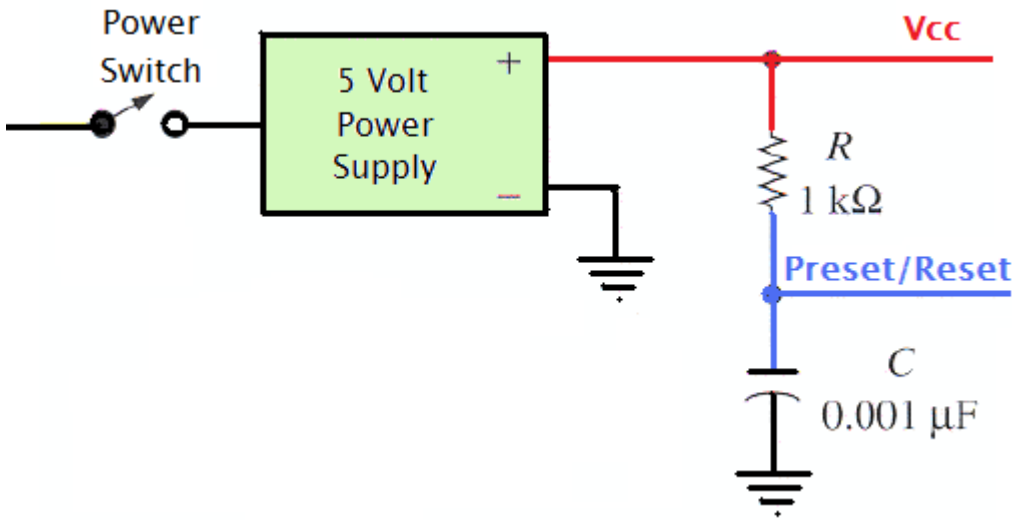


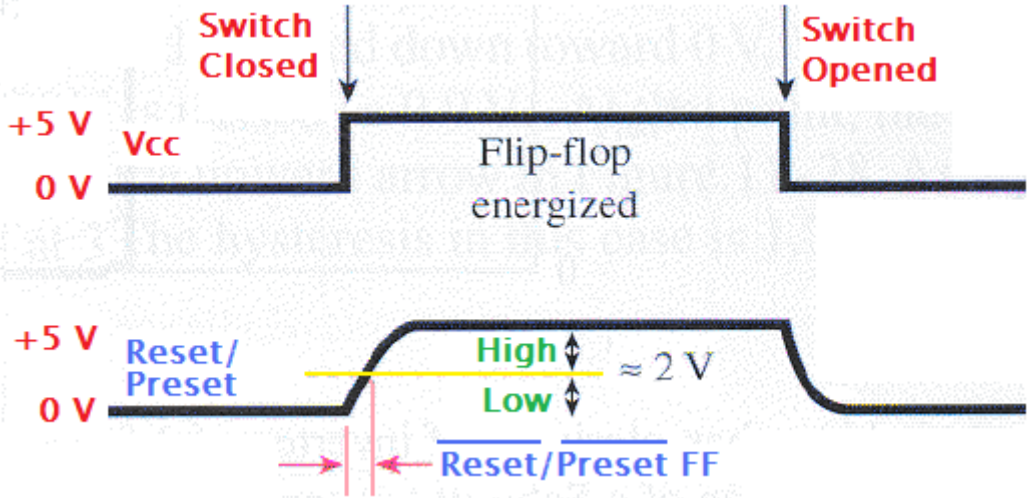
Ring-counter (initial value = 1000)



Sequence of four timing signals

بازنشانی خودکار Automatic Reset





سیگنال زمان بندی (Ring Counter)

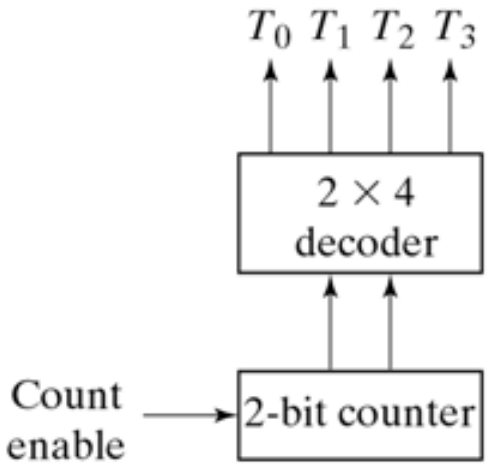
شیوه‌های مختلف ایجاد 2^n سیگنال زمان‌بندی

۱- با استفاده از شمارنده‌ی حلقوی (با 2^n فلیپ فلاپ)

۲- با استفاده از شمارنده‌ی باینری n بیتی و دیکدر n به 2^n

۳- با استفاده از شمارنده‌ی جانسون (با 2^{n-1} فلیپ فلاپ)

ایجاد سیگنال زمان‌بندی با شمارنده‌ی باینری

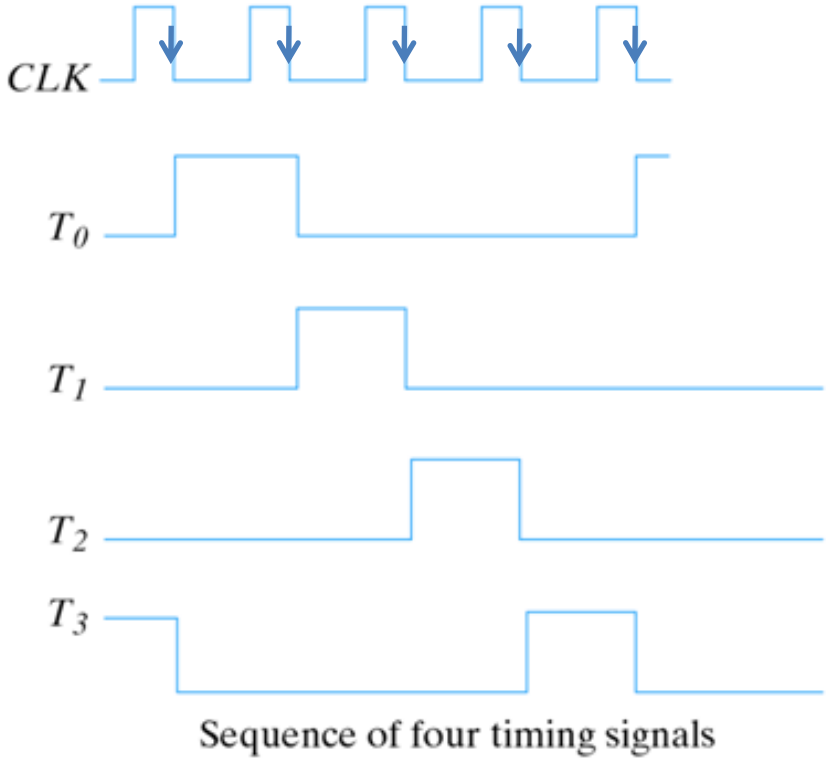


Counter and decoder

شمارنده باینری

11 00 01 10 11 00

پالس ساعت



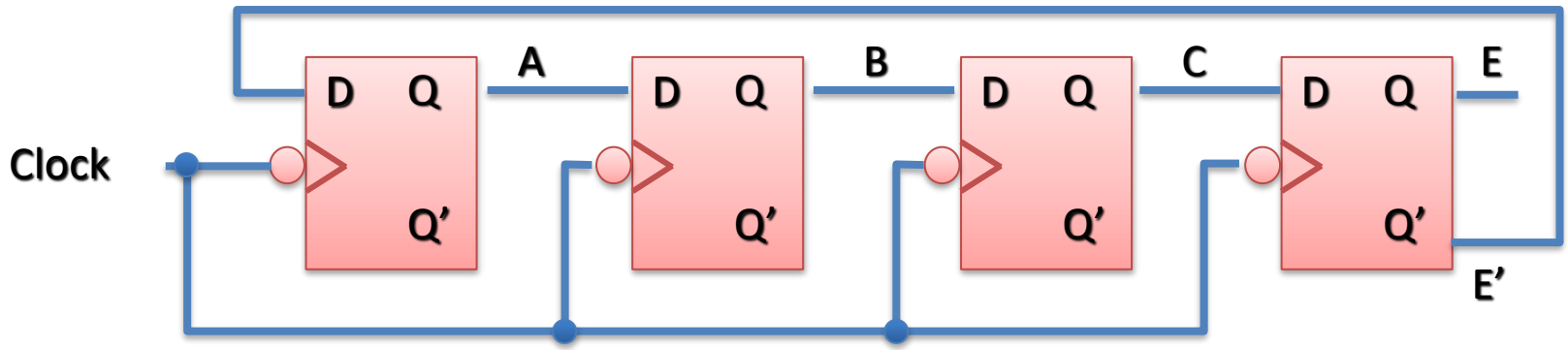
Sequence of four timing signals

فهرست مطالب

- [x] ثبات
- [x] شیفت رجیستر
- [x] شمارنده ی موج گونه
- [x] شمارنده ی همزمان
- [x] شمارنده با حالت های استفاده نشده
- [x] شمارنده ی حلقوی
- [ ] شمارنده ی جانسون

شمارنده‌ی حلقوی (switch-tail ring counter)

A	B	C	E
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



شمارنده‌ی جانسون (Johnson counter)

اجزای شمارنده‌ی جانسون: شمارنده‌ی حلقوی switch-tail ِ k بیتی

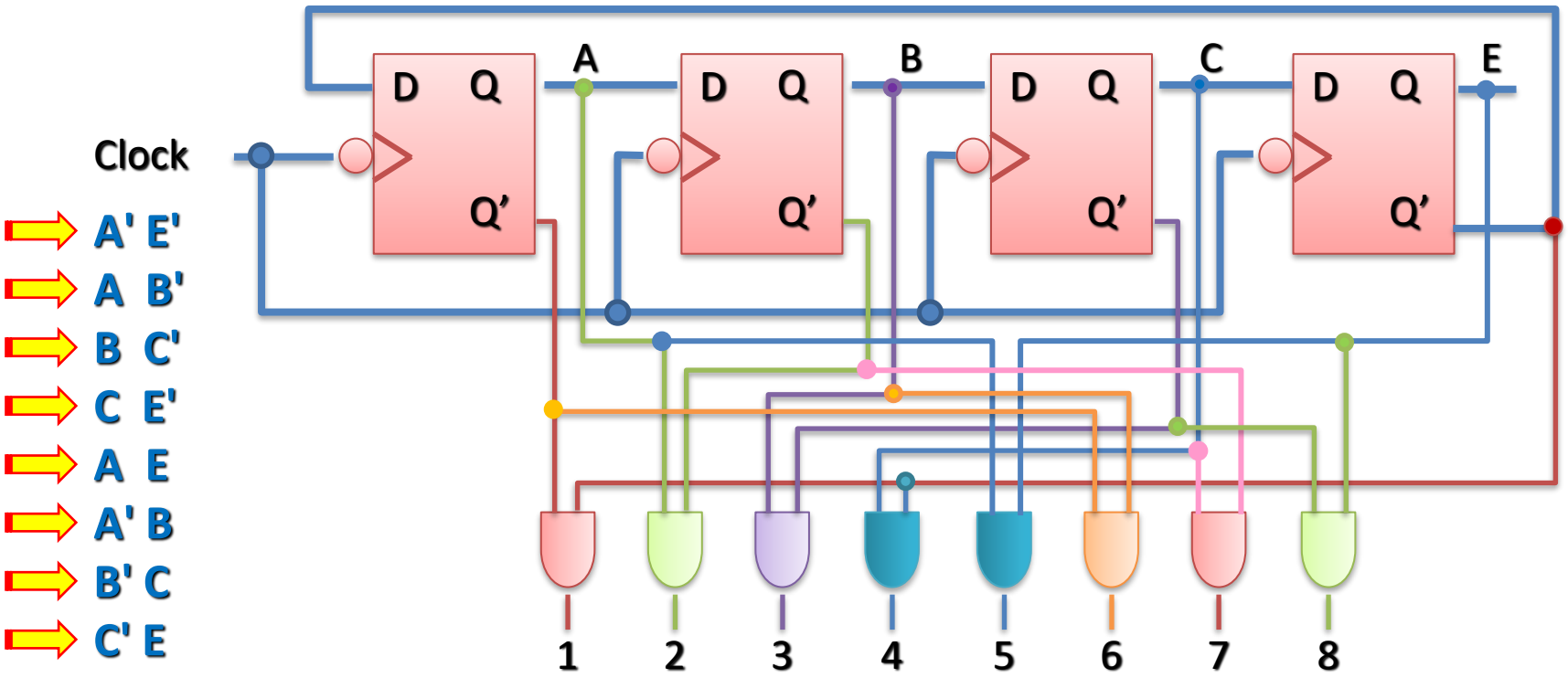
2k گیت AND دو ورودی

خروجی شمارنده‌ی جانسون: 2k سیگنال زمان‌بندی

Sequence number	Flip-flop outputs A	B	C	E	AND gate required for output
1	0	0	0	0	A' E'
2	1	0	0	0	A B'
3	1	1	0	0	B C'
4	1	1	1	0	C E'
5	1	1	1	1	A E
6	0	1	1	1	A' B
7	0	0	1	1	B'C
8	0	0	0	1	C' E

ویژگی خاص این حالت چیست؟

شمارنده‌ی جانسون (Johnson counter)



شمارنده‌ی جانسون (Johnson counter)

اگر شمارنده‌ی جانسون وارد یکی از حالت‌های استفاده نشده گردد چه می‌شود؟

در حالت‌های استفاده نشده باقی خواهد ماند.

برای جلوگیری از باقی ماندن در حالت‌های استفاده نشده: $D_C = (A + C) B$

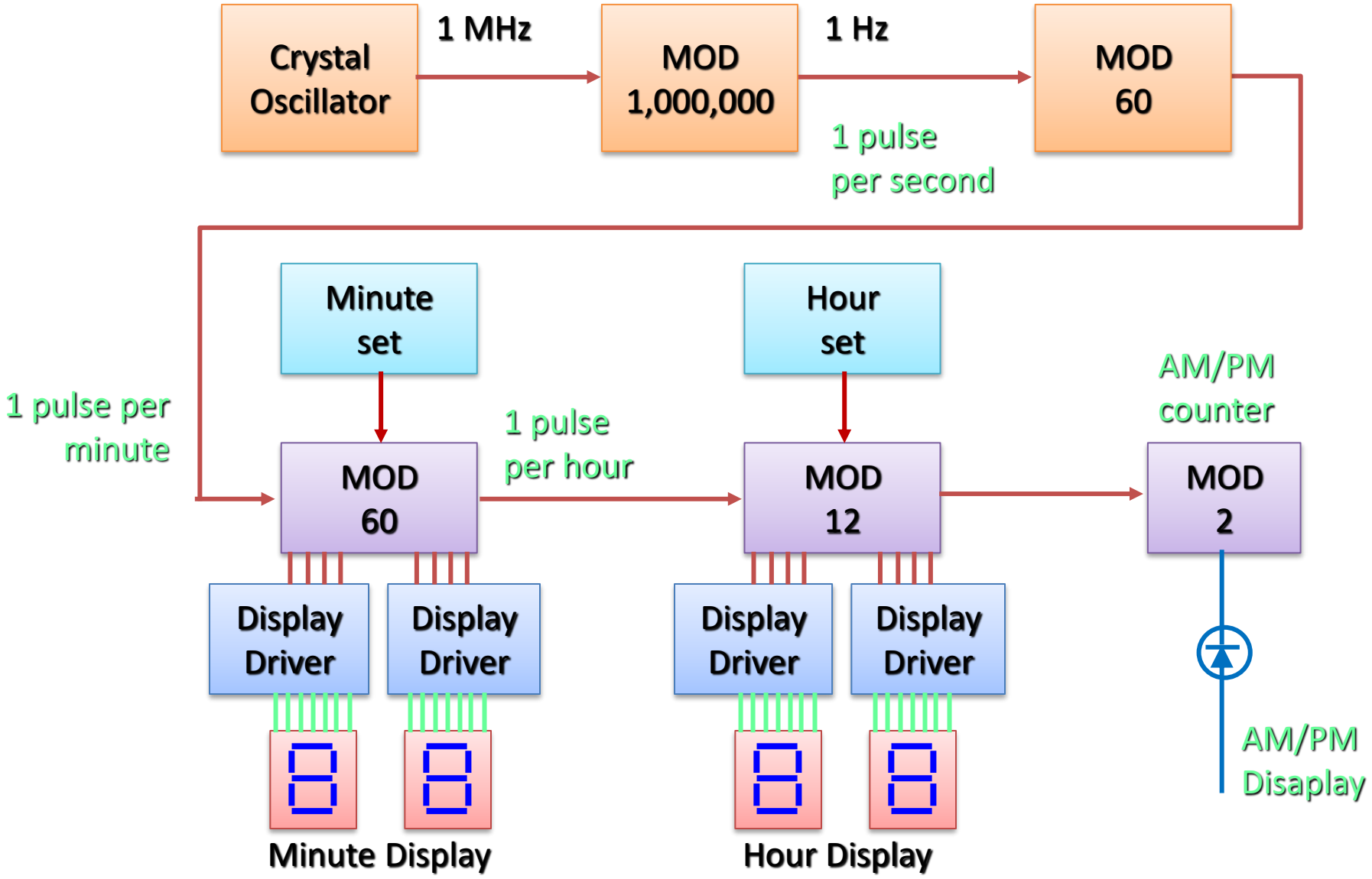
جدول را کامل نمایید.

Sequence number		Flip-flop outputs A	B	C	E
1	✖	0	0	1	0
2	✖	1	0	0	1
3	✖	0	1	0	0
4	☺	1	0	0	0
5	☺	1	1	0	0
6	☺	1	1	1	0
7	☺	1	1	1	1
8	☺	0	1	1	1

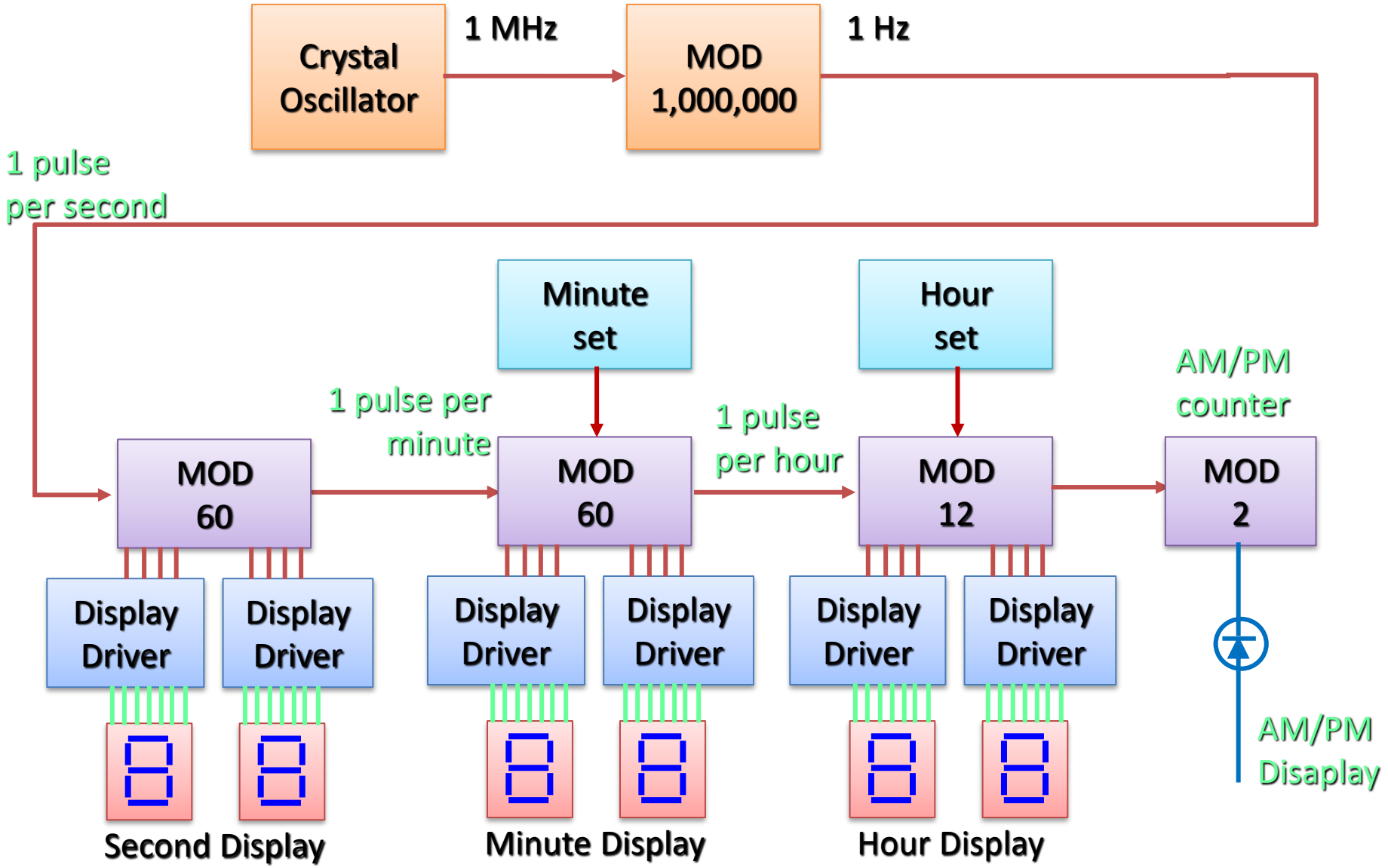
فهرست مطالب

- ثبات
- شیفت رجیستر
- شمارنده ی موج گونه
- شمارنده ی همزمان
- شمارنده با حالت های استفاده نشده
- شمارنده ی حلقوی
- شمارنده ی جانسون

طرح‌های کاربردی: ساعت دیجیتال

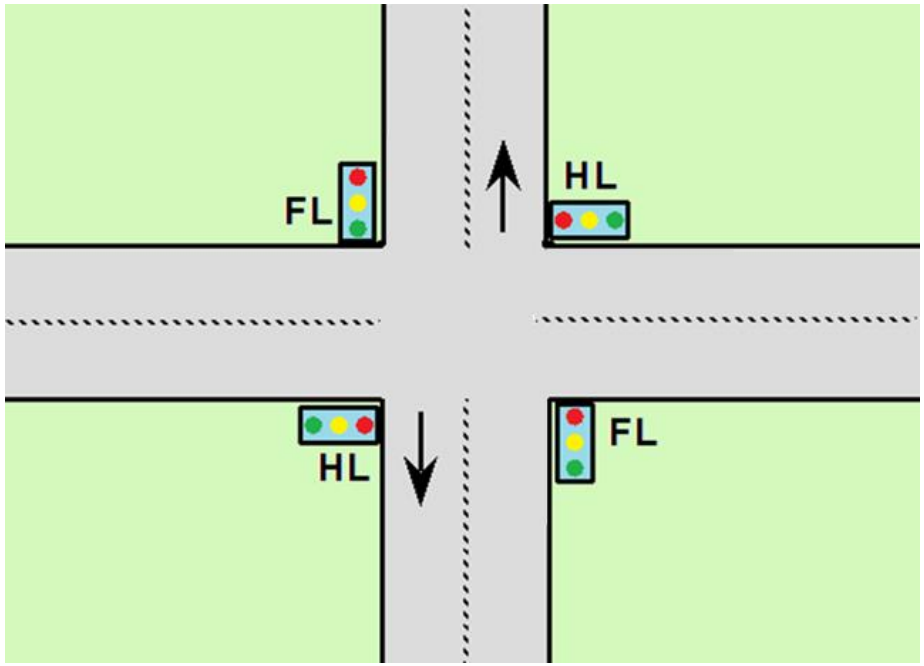


طرح‌های کاربردی: ساعت دیجیتال



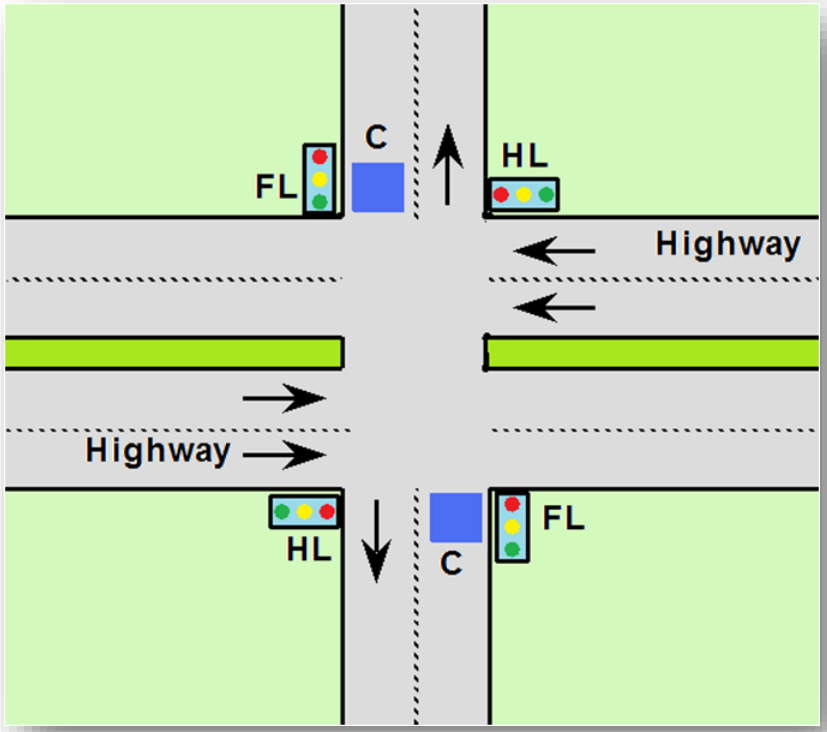
طرح‌های کاربردی: چراغ راهنمایی

چراغ راهنمایی یک تقاطع برای هر یک از مسیرها، برای مدت زمان تنظیم شده ای سبز می ماند. سپس چراغ به مدت ۳ ثانیه نارنجی می شود و سپس قرمز می گردد تا چراغ مسیر دیگر سبز شود. مدت زمان سبز بودن چراغ این مسیر نیز مطابق زمان تنظیم شده ای است. برای تنظیم زمان سبز بودن چراغ برای هر یک از مسیرها از یک دیپ سوییچ ۸ تایی استفاده می گردد. مداری جهت کنترل چراغ راهنمایی این تقاطع طراحی نمایید.



طرح‌های کاربردی: چراغ راهنمایی

یک بزرگراه شلوغ دارای تقاطعی با یک جاده ی کم تردد است. حسگرهای C وجود خودروی منتظر عبور در جاده را تشخیص می دهند. در صورتی که در جاده ماشینی نباشد چراغ همواره برای بزرگراه سبز می ماند. در صورت حضور خودرو در جاده، چراغ بزرگراه نارنجی و سپس قرمز می شود تا چراغ برای جاده سبز شود. چراغ جاده تا عبور تمام خودروها سبز می ماند به شرطی که زمان از مقدار تنظیم شده بیشتر نشود. در این شرایط، حتی اگر خودرویی هم در جاده باشد چراغ برای بزرگراه برای مدت تنظیم شده ای سبز می ماند.



مداری برای کنترل چراغ راهنمایی این تقاطع طراحی کنید. زمان نارنجی بودن چراغ را ۳ ثانیه در نظر بگیرید. حداقل زمان سبز بودن چراغ بزرگراه و حداکثر زمان سبز بودن چراغ جاده به وسیله ی دیپ سوییچ ۸ تایی قابل تنظیم باشد.

طرح‌های کاربردی: قفل دیجیتال