

مبحث نهم

ثبات‌ها و شمارنده‌ها Registers and Counters

Presented by Ali Maleki Spring Semester, 2009

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.

عنوان مباحث

✓ ثبات (Register)

✓ شیفت رجیستر (Shift Register)

✓ شمارنده‌های موج‌گونه (Ripple Counter)

✓ شمارنده‌های همزمان (Synchronous Counter)

✓ شمارنده با حالت‌های استفاده نشده (Counter with Unused States)

✓ شمارنده‌ی حلقوی (Ring Counter)

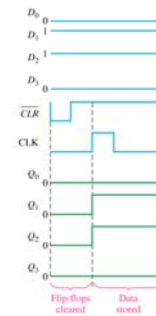
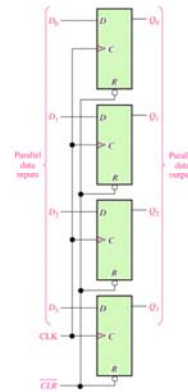
✓ شمارنده‌ی جانسون (Johnson Counter)

ثبات ۴ بیتی (4-bit Register)

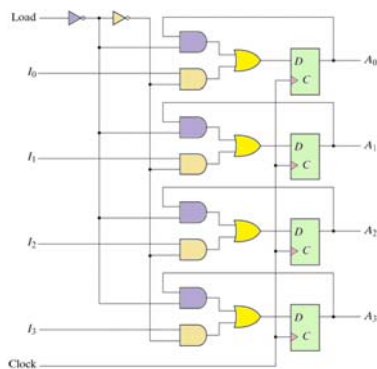
ثبات چهاربیتی با استفاده از فلیپ فلاپ D

شماتیک مدار:

نمودار زمانی:



ثبات با توانایی بار شدن موازی (parallel load)



مفهوم بار شدن موازی

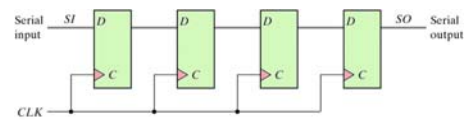
کنترل کار کردن ثبات

(در مسیر ساعت یا داده؟)

شیفت رجیستر (Shift Register)

شیفت رجیستر:

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

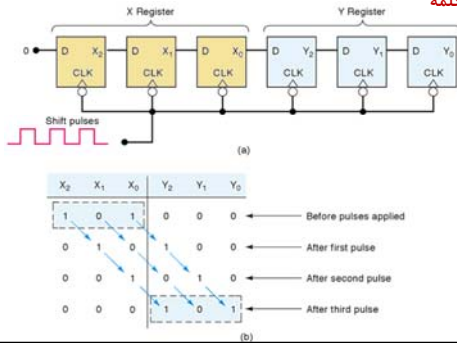


شیفت رجیستر
یک جهت

انتقال سریال

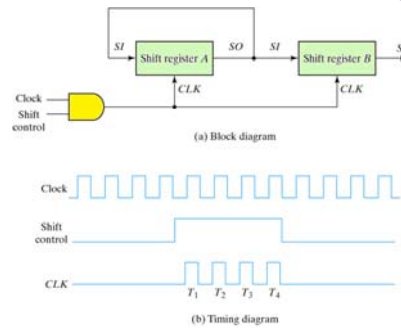
شیفت رجیستر (Shift Register)

جابجایی بیت
جابجایی کلمه



کنترل جابجایی در شیفت رجیستر

راهکارهای کنترل جابجایی:
کنترل پالس ساعت
کنترل داده



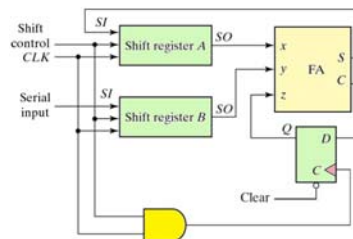
کنترل جابجایی در شیفت رجیستر

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 1 0	0
After T ₁	1 1 0 1	1 0 0	1
After T ₂	1 1 1 0	1 1 0	0
After T ₃	0 1 1 1	0 1 1	0
After T ₄	1 0 1 1	1 0 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

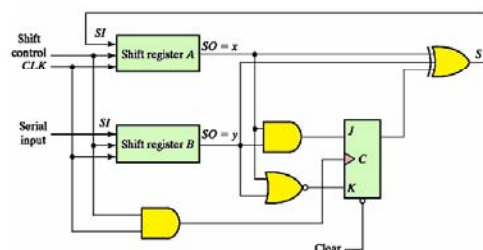
جمع سریال (Serial Addition)

$$J_Q = xy, K_Q = x'y' = (x+y)'$$

معادله‌ی ورودی فلیپ‌فلاپ:

$$S = x \oplus y \oplus Q$$

معادله‌ی خروجی:



شیفت رجیستر یونیورسال ۴ بیتی (Universal Shift Register)

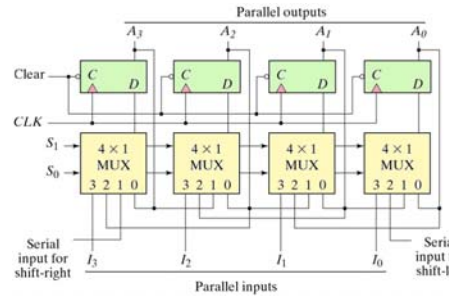
قابلیت‌های مورد نظر:

- قابلیت پاک کردن شیفت رجیستر
- قابلیت نگهداری مقدار یا 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)

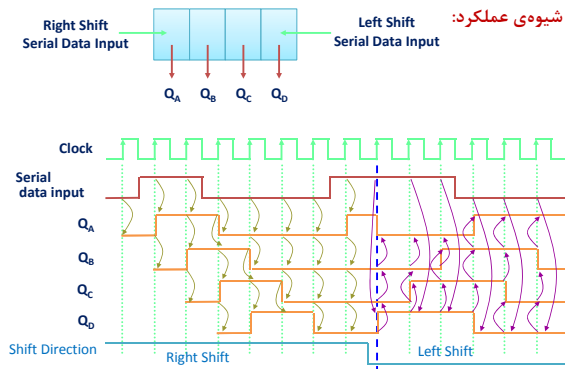
Mode Control		Register Operation
S ₁	S ₀	
0	0	No Change
0	1	Shift Right
1	0	Shift Left
1	1	Parallel Load

شیفت رجیستر یونیورسال ۴ بیتی (Universal Shift Register)

شما تیک مداری:



شیفت رجیستر دوجتهی ۴ بیتی



مفاهیم و اصطلاحات شیفت رجیستر

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 دوجتهی (Bidirectional Shift Register)
- شیفت رجیستر یک‌جتهی (Unidirectional Shift Register)

کاربردهای شیفت رجیستر

انتقال کلمات داده بین دو سیستم دیجیتال به صورت سریال



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

شمارنده موج‌گونه‌ی باینری (Binary Ripple Counter)

مثال: نمودار حالت شمارنده‌ی باینری زیر را رسم کنید.

شمارنده موج‌گونه‌ی BCD (BCD Ripple Counter)

نمودار حالت شمارنده‌ی BCD موج‌گونه:

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

شمارنده موج‌گونه‌ی BCD (BCD Ripple Counter)

شیوه‌ی طراحی شمارنده‌ی BCD موج‌گونه:

Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
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

شمارنده دهدهی BCD سه رقمی

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

شمارنده همزمان باینری (Binary Synchronous Counter)

A1 در چه شرایطی toggle می‌گردد؟
A2 و A3 چطور؟

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

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

شمارنده باینری با توانایی بار شدن موازی

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

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

شمارنده همزمان BCD (Synchronous BCD Counter)

Present State	Next State	Output	Flip-Flop Inputs						
Q ₃ Q ₂ Q ₁ Q ₀	Q ₃ Q ₂ Q ₁ Q ₀	Y	TQ ₃ TQ ₂ TQ ₁ TQ ₀						
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1

معادله‌ی ورودی فلیپ‌فلاپ: $T_{Q1} = 1$

معادله‌ی خروجی: $Y = Q_8 Q_1$

$T_{Q2} = Q_8' Q_1$

$T_{Q4} = Q_2 Q_1$

$T_{Q8} = Q_8 Q_1 + Q_4 Q_2 Q_1$

شمارنده BCD همزمان

ایجاد شمارنده BCD همزمان با استفاده از شمارنده باینری

با استفاده از ورودی همزمان بار کردن

با استفاده از ورودی غیرهمزمان پاک کردن

اشکال شماتیک را ببینید.

دیگر شمارنده‌ها

شمارنده با حالت‌های بدون استفاده

شمارنده حلقوی

شمارنده جانسون

شمارنده با حالت‌های استفاده نشده (Counter with unused states)

راهکارهای طراحی شمارنده با حالت‌های استفاده نشده:

بی‌اهمیت فرض کردن این حالت‌ها و بررسی عملکرد آنها در طرح نهایی

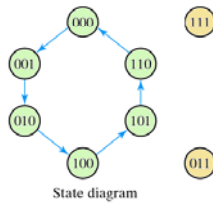
لحاظ کردن حالت‌های استفاده نشده در روند طراحی

مصالحه (مزیت‌ها و ایرادها):

شمارنده با حالت‌های استفاده نشده

مثال:

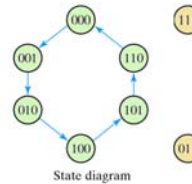
می‌خواهیم با استفاده از فلیپ‌فلاپ JK، مدار شمارنده‌ای با نمودار حالت زیر طراحی نماییم. عملکرد طرح به‌ازای حالت‌های استفاده نشده چیست؟



شمارنده با حالت‌های استفاده نشده

روند انجام طراحی:

ترسیم جدول حالت با بی‌اهمیت فرض کردن حالت‌های استفاده نشده
معادله‌های ورودی فلیپ‌فلاپ
ترسیم شماتیک مداری
بررسی عملکرد حالت‌های استفاده نشده



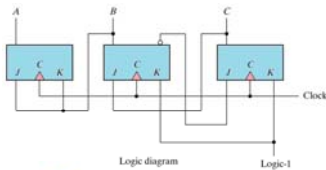
JK flip-flop		
Q(t)	Q(t+1)	J K
0	0	0 x
0	1	1 x
1	0	x 1
1	1	x 0

شمارنده با حالت‌های استفاده نشده

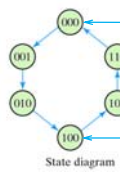
معادلات ورودی:

$J_A=B, K_A=B$ $J_B=C, K_B=1$ $J_C=B', K_C=1$

ترسیم شماتیک مداری:

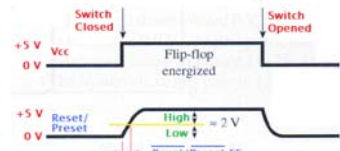
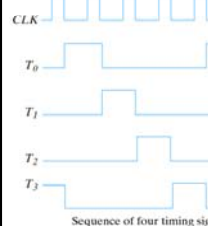
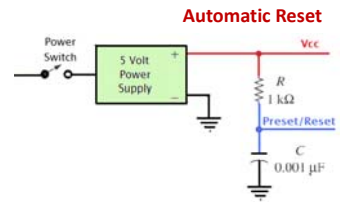
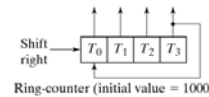


ترسیم نمودار حالت و بررسی حالت‌های استفاده نشده:



پس شمارنده یک شمارنده‌ی خودتصحیح است.

شمارنده‌ی حلقوی (Ring Counter)

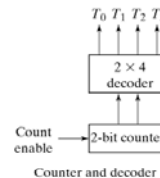


سیگنال زمان بندی (Ring Counter)

شیوه‌های مختلف ایجاد 2^n سیگنال زمان بندی

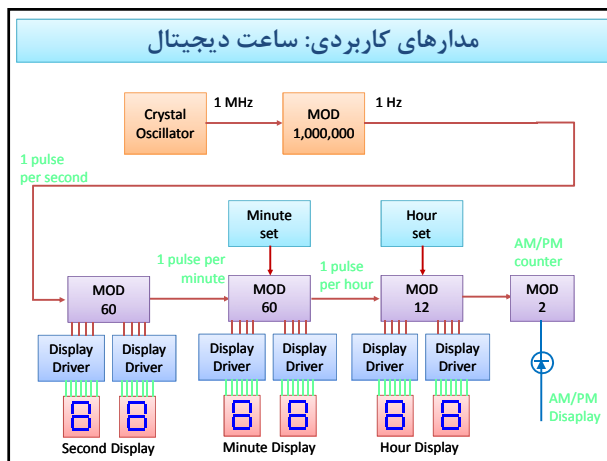
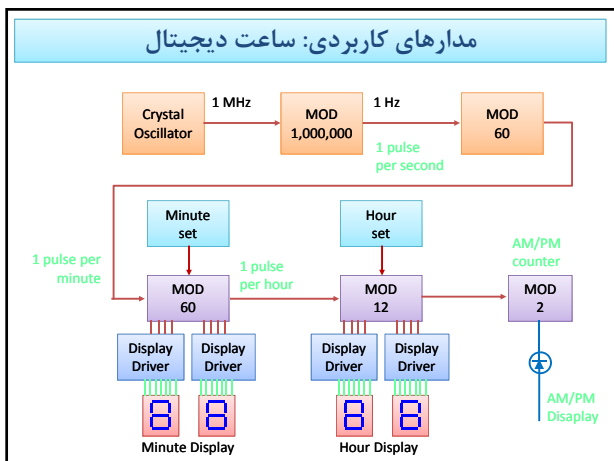
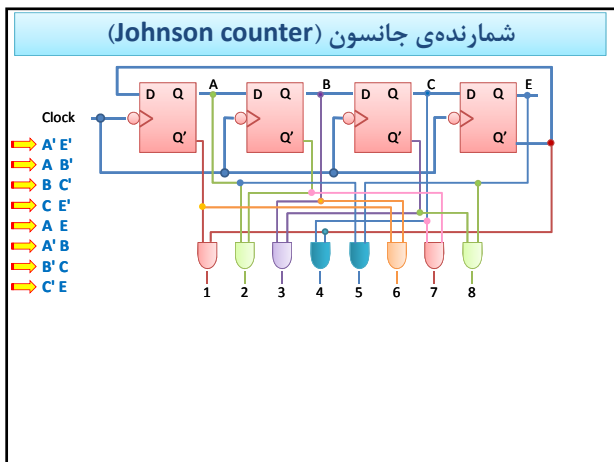
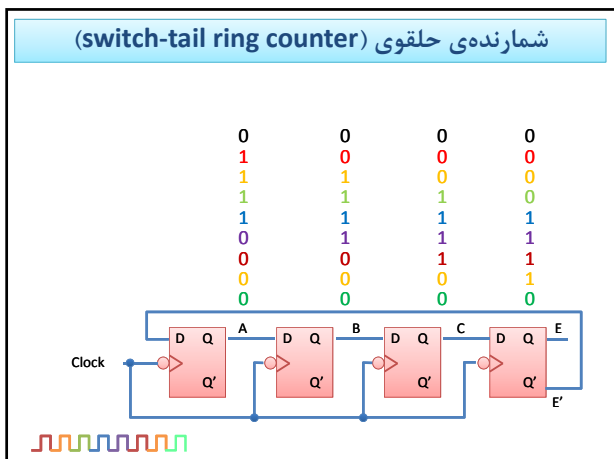
- ۱- با استفاده از شمارنده‌ی حلقوی (با 2^n فلیپ‌فلاپ)
- ۲- با استفاده از شمارنده‌ی باینری n بیتی و دیکدر n به 2^n
- ۳- با استفاده از شمارنده‌ی جانسون (با 2^{n-1} فلیپ‌فلاپ)

ایجاد سیگنال زمان بندی با شمارنده‌ی باینری



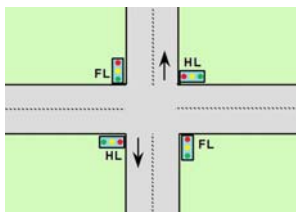
خروجی‌های دیکدر

Sequence of four timing signals



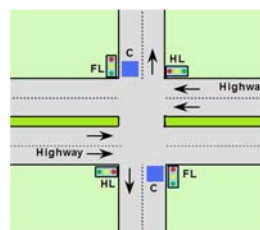
مدارهای کاربردی: چراغ راهنمایی

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 سویچ ۸ تایی استفاده می گردد. مداری جهت کنترل چراغ راهنمایی این تقاطع طراحی نمایید.



مدارهای کاربردی: چراغ راهنمایی

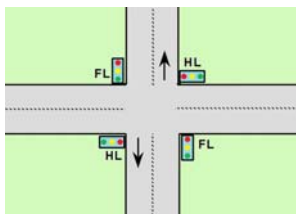
یک بزرگراه شلوغ دارای تقاطعی با یک جاده ی کم تردد است. حسگرهای C وجود خودروی منتظر عبور در جاده را تشخیص می دهند. در صورتی که در جاده ماشینی نباشد چراغ همواره برای بزرگراه سبز می ماند. در صورت حضور خودرو در جاده، چراغ بزرگراه نارنجی و سپس قرمز می شود تا چراغ برای جاده سبز شود. چراغ جاده تا عبور تمام 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 سویچ ۸ تایی قابل تنظیم باشد.

مدارهای 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 سویچ ۸ تایی استفاده می گردد. مداری جهت کنترل چراغ راهنمایی این تقاطع طراحی نمایید.



مدارهای کاربردی: قفل دیجیتال