



به موارد زیر توجه کنید:

- ۱- حتما نام و شماره دانشجویی خود را روی پاسخنامه بنویسید.
- ۲- در حل سوالات به نوشتن جواب آخر اکتفا نکنید. همه مراحل میانی را هم بنویسید.
- ۳- کل پاسخ تمرینات را در قالب یک فایل pdf با شماره دانشجویی خود نام گذاری کرده در سامانه CW بارگذاری کنید.
- ۴- این تمرین ۲۲ نمره دارد که معادل ۰,۵۵ نمره از نمره کلی درس است و ۰,۰۵ نمره آن امتیازی است.
- ۵- در صورت مشاهده هر گونه مشابهت نامتعارف هر دو (یا چند) نفر کل نمره این تمرین را از دست خواهند داد.

### سوالات:

- ۱- (۵ نمره) با استفاده از D-FF یک مدار برای تشخیص توالی ۱۰۰۱ بسازید. این مدار باید رشته‌های ورودی را حتی در صورت هم‌پوشانی تشخیص دهد. برای مثال رشته ورودی ۱۰۰۱۰۰۱ باید خروجی ۰۰۰۱۰۰۱ تولید کند. این مدار را یک بار به صورت میلی (Mealy) و یک بار به صورت مور (Moore) بسازید.

پاسخ:

مدار مور (Moore)

در این مدار پنج حالت داریم:

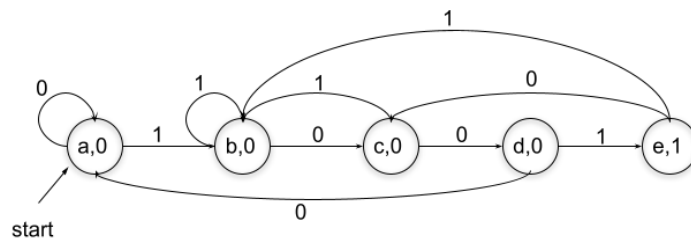
حالت a: منتظر دریافت اولین یک

حالت b: منتظر دریافت اولین صفر

حالت c: منتظر دریافت دومین صفر

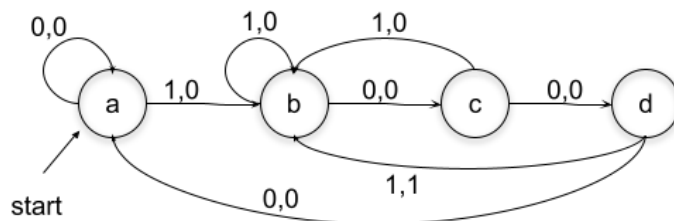
حالت d: منتظر دریافت آخرین یک

حالت e: رشته موردنظر دریافت شده است.

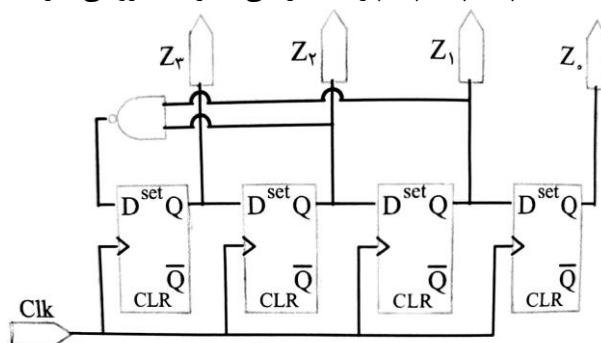


مدار میلی (Mealy)

در این مدار چهار حالت اول همان مدار بالا را داریم، اما نیازی به حالت e نداریم. هر گاه در حالت d باشیم، خروجی ما بسته به ورودی ممکن است یک یا صفر باشد.



۲- (۲ نمره) مدار شکل زیر پس از Reset فلیپ‌فلاپ‌ها چه چرخه‌ای را می‌شمارند؟ خروجی‌ها را به ترتیب  $Z_3 Z_2 Z_1 Z_0$  در نظر بگیرید.



پاسخ:

در حالت ابتدایی که تمام فلیپ‌فلاپ‌ها reset شده‌اند خروجی آنها صفر است. پس عدد ۴ بیتی (۰۰۰۰) در مبنای دو را در خروجی داریم. ورودی فلیپ‌فلاپ‌ها را نیز  $D_0$  و  $D_1$  و  $D_2$  و  $D_3$  می‌نامیم. در این حالت ابتدایی ورودی تمام فلیپ‌فلاپ‌ها به جز فلیپ‌فلاپ پرارزش صفر است. ورودی این فلیپ‌فلاپ یک است. با رسیدن کلاک خروجی آن یک می‌شود و بقیه خروجی‌ها صفر می‌ماند. پس حال در خروجی مدار عدد چهار بیتی ۱۰۰۰ را مشاهده می‌کنیم. اگر همین روند را در تحلیل مدار ادامه دهیم، می‌بینیم که این مدار چرخه زیر را طی می‌کند. البته باید توجه کنیم که دو حالت اولیه ۰۰۰۰ و ۱۰۰۰ دیگر تکرار نمی‌شوند.

۰۰۰۰ → ۱۰۰۰ → ۱۱۰۰ → ۱۱۱۰ → ۰۱۱۱ → ۰۰۱۱ → ۱۰۰۱ → ۱۱۰۰ → ...

۳- (۳ نمره) با استفاده از چهار T-FF و چهار مولتی‌پلکسر چهار به یک یک ثابت بسازید که مطابق جدول زیر عمل کند. دو ورودی  $S_1$  و  $S_0$  ورودی‌های انتخاب هستند.

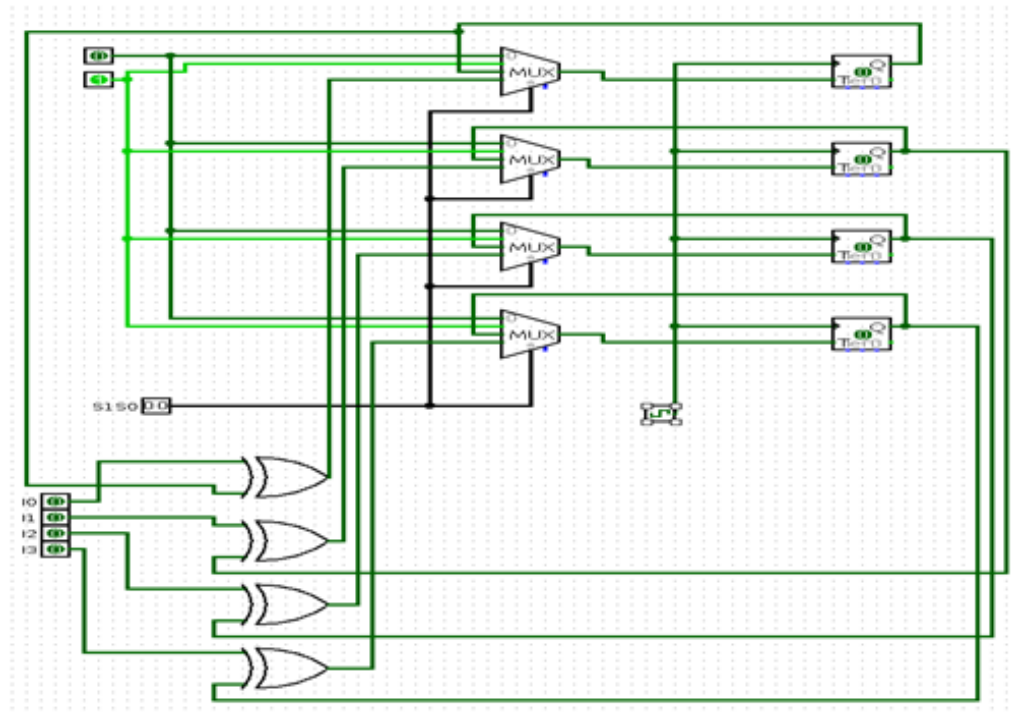
عملکرد ثابت	$S_1 S_0$
بی تغییر	00
متمم کردن چهار خروجی	01
پاک کردن ثابت همگام با ساعت (صفر شدن همه بیت‌ها)	10
مقدارگیری موازی	11

پاسخ:

برای پاسخ به این سوال بیاید هر چهار حالت ممکن را به صورت جداگانه تحلیل کنیم و سپس به طراحی ثابت پردازیم. بی تغییر ماندن دیتای فلیپ‌فلاپ T وقتی رخ می‌دهد که در لبه کلاک (بالارونده) ورودی آن صفر باشد. پس اگر ورودی هر ۴ فلیپ‌فلاپ صفر باشد، محتوای ثابت بدون تغییر باقی می‌ماند. بنابراین ورودی صفر هر چهار مالتی‌پلکسر را برابر با صفر قرار می‌دهیم. برای حالت دوم یعنی متمم کردن چهار خروجی نیز باید در ابتدا شرایط یک تک فلیپ‌فلاپ T را بررسی کنیم. toggle کردن مشخصاً در این نوع فلیپ‌فلاپ در شرایطی رخ می‌دهد که ورودی یک باشد. پس ورودی یک تمام مالتی‌پلکسرهای را نیز برابر با یک قرار می‌دهیم.

برای پاک کردن همگام تمام فلیپ‌فلاپ‌ها نیز ابتدا از سطح فلیپ‌فلاپ موضوع را بررسی می‌کنیم. اگر دیتایی که در حال حاضر در یک فلیپ‌فلاپ T هست ۱ باشد آنگاه در کلاک بعدی باید این فلیپ‌فلاپ toggle شود. در حالتی که دیتای آن صفر باشد این فلیپ‌فلاپ باید save کند. پس بدین ترتیب کافی است که دیتای فعلی فلیپ‌فلاپ را به عنوان ورودی کلاک بعد به خود این فلیپ‌فلاپ دهیم. پس ورودی دوی مالتی‌پلکسرهای را برابر با خروجی فلیپ‌فلاپ‌ها قرار می‌دهیم.

برای حالت چهارم که مقدارگیری موازی است ابتدا فرض کنید که چهار بیت ورودی داریم ( $I_3 I_2 I_1 I_0$ ) که هر کدام به عنوان ورودی ۳ هر یک از مالتی‌پلکسرهای وارد می‌شوند. حال فرض می‌کنیم که این چهار بیت خروجی مالتی‌پلکسرهایمان نیز هستند و می‌خواهیم به خروجی فلیپ‌فلاپ‌هایمان نیز منتقلشان کنیم. برای parallel loading در T فلیپ‌فلاپ نیاز به این داریم که ورودی فلیپ‌فلاپ را طوری تعیین کنیم که اگر دیتای فعلی فلیپ‌فلاپ با ورودی که از مالتی‌پلکسر رسیده یکی باشد فلیپ‌فلاپ save را اجرا کنیم و در غیر این صورت toggle کنیم. پس ورودی سه مالتی‌پلکسرهای را برابر با XOR ورودی I و خروجی فعلی فلیپ‌فلاپ‌ها قرار می‌دهیم.



۴- (۴ نمره) یک بار با استفاده از T-FF و یک بار با استفاده از D-FF یک شمارنده سنکرون بسازید که توالی زیر را بشمارد. سپس مشخص کنید آیا شمارنده‌هایی که ساختید خوداصلاحگر (self-correcting) هستند یا خیر.

$0 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 0$

پاسخ: ابتدا جدول حالت را به صورت زیر رسم می‌کنیم. برای ساخت مدار با T-FF باید ستون‌های  $T_0$  و  $T_1$  و  $T_2$  را ساده کنیم.

$A_2$	$A_1$	$A_0$	$A_2'$	$A_1'$	$A_0'$	$T_2$	$T_1$	$T_0$
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	X	X	X	X	X	X
0	1	1	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	1	0	1	0
1	1	0	X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	0	0	1	1	1

$T_0:$

0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

$T_0 = A_0' + A_1$

$D_0:$

0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

$D_0 = A_1'$

$T_1:$

0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

$T_1 = A_0$

$D_1:$

0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

$D_1 = A_1' A_0$

$T_2:$

0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

$T_2 = A_1$

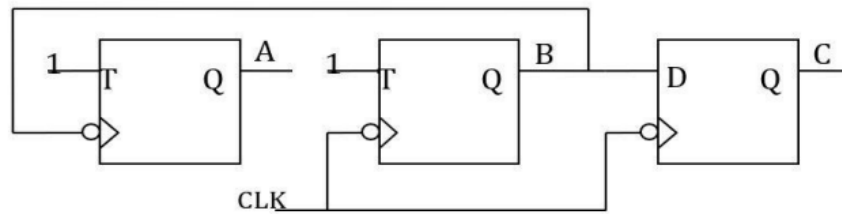
$D_2:$

0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

$D_2 = A_1' A_0 + A_2 A_1' = A_2 \oplus A_1$

اگر مدار را با T-FF بسازیم، حالت بعد از ۲ برابر است با ۷ و حالت بعد از ۶ برابر است با ۳ پس مدار خوداصلاحگر است.  
اگر مدار را با D-FF بسازیم، حالت بعد از ۲ برابر است با ۴ و حالت بعد از ۶ برابر است با ۰ پس این مدار هم خوداصلاحگر است.

۵- (۲ نمره) اگر حالت ابتدایی مدار  $ABC=010$  باشد، حالت بعدی مدار را برای ۶ لبه پایین‌رونده بعدی CLK بنویسید.



پاسخ: طبق شکل، خروجی B با هر لبه CLK تغییر می‌کند. خروجی C در هر لبه CLK برابر با مقدار قبلی B می‌شود و خروجی A وقتی تغییر می‌کند که B از "1" به "0" تغییر کند.

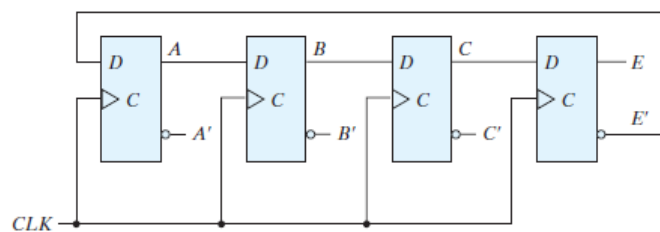
ABC:  $010 \rightarrow 101 \rightarrow 110 \rightarrow 001 \rightarrow 010 \rightarrow 101 \rightarrow 110 \rightarrow \dots$

۶- (۳ نمره) با استفاده از T-FF یک شمارنده آسنکرون چهار بیتی پایین‌شمار دودویی بسازید. (شمارنده‌ای که اعداد دودویی را از ۱۱۱۱ تا ۰۰۰۰ بشمارد و دوباره به ۱۱۱۱ برگردد). سپس با اعمال تغییراتی در این شمارنده، آن را به یک شمارنده آسنکرون پایین‌شمار BCD تبدیل کنید. (شمارنده‌ای که اعداد را از ۹ به صفر بشمارد و دوباره به ۹ برگردد).

پاسخ: شمارنده دودویی پایین‌شمار آسنکرون تنها تفاوتی که با شمارنده دودویی بالا‌شمار آسنکرون دارد این است که تغییر هر بیت وقتی انجام می‌شود که بیت با ارزش کمتر از صفر به یک تبدیل شود، بنابراین کافی است ورودی‌های clk همه فلیپ‌فلاپ‌ها با لبه بالارونده فعال شوند.

برای این که شمارنده بعد از شمارش صفر به ۹ برگردد، باید مداری اضافه کنیم که وقتی شمارنده به ۱۱۱۱ رسید (حالتی که در روال عادی شمارش رو به پایین بعد از ۰۰۰۰ رخ می‌دهد)، دو فلیپ‌فلاپ کم‌ارزش و پرارزش تغییر نکنند و دو فلیپ‌فلاپ وسطی reset شوند.

۷- (۳ نمره) درباره شمارنده جانسون تحقیق کنید و روش کار آن را توضیح دهید. ثابت کنید یک شمارنده جانسون با n فلیپ‌فلاپ یک رشته  $2n$  بیتی تولید می‌کند. نمودار حالت و شکل مدار یک شمارنده جانسون با ۵ فلیپ‌فلاپ را رسم کنید. پاسخ:



شمارنده جانسون نوعی شمارنده حلقه است که مطابق شکل بالا ورودی هر فلیپ‌فلاپ (به جز فلیپ‌فلاپ اول) به خروجی فلیپ‌فلاپ پیش از خود متصل است، و ورودی فلیپ‌فلاپ اول به مکمل خروجی فلیپ‌فلاپ آخر وصل است. بنابراین وقتی شمارنده از حالت اولیه‌ای که همه فلیپ‌فلاپ‌ها صفر هستند شروع به کار می‌کند، بلافاصله یک "1" در آن ایجاد می‌شود که کلاک به کلاک در همه فلیپ‌فلاپ‌ها جلو می‌رود تا دوباره به فلیپ‌فلاپ آخر برسد و در هر کدام از این حالت‌های یک "1" دیگر از پشت به آن اضافه می‌شود. بنابراین در n حالت (بدون احتساب حالت اولیه) هر بار آن "1" اول یکی به سمت راست شیفت پیدا کرده و یک "1" جدید از سمت چپ وارد می‌شود، تا زمانی که همه n خروجی "1" می‌شود:

$0000...0 \rightarrow 1000...0 \rightarrow 1100...0 \rightarrow 1110...0 \rightarrow \dots \rightarrow 1111...1$

پس از این، آنچه وارد اولین فلیپ‌فلاپ می‌شود "0" خواهد بود و دوباره کلاک به کلاک این "0" به سمت راست می‌رود و از سمت چپ "1" وارد می‌شود، تا زمانی که دوباره همه n خروجی "0" شوند:

$1111...1 \rightarrow 0111...1 \rightarrow 0011...0 \rightarrow 0001...0 \rightarrow \dots \rightarrow 0000...0$

به عبارت دیگر، در n حالت ما بین یک تا n "1" متوالی داریم و در n حالت بین یک تا n "0" متوالی داریم و بنابراین روی هم  $2n$  حالت متمایز خواهیم داشت.