پودمان ۳

دیجیتال و کاربرد آن

امروزه واژه دیجیتال را در زندگی روزمره زیاد به‌کار می‌برند. کلمه دیجیتال یک واژه انگلیسی است. دیجیت (Digit) به‌معنی رقم و دیجیتال (Digital) به‌معنی منطق رقمی است. مدارهای دیجیتال را اصطلاحاً مدارهای منطقی می‌گویند. بحث دیجیتال بخش مهمی از علم الکترونیک به‌شمار می‌رود. اکثر وسایل و امکاناتی که امروزه مورد استفاده ما قرار می‌گیرد دیجیتالی است، استفاده از دوربین دیجیتال، مخابرات و ارتباطات دیجیتال، قفل در دیجیتالی، کتاب و عکس دیجیتالی، کاربرد کارت‌های شناسایی و اعتباری در بانکداری دیجیتال نشانه‌ای از پیشرفت روشن این علم است. منطق رقمی که سیستم‌های دیجیتالی بر مبنای آن کار می‌کند صفر و یک است. یعنی سیگنال دیجیتال وجود دارد یا وجود ندارد و بین این دو حالت بودن و نبودن، حالت دیگری تعریف نمی‌شود.مدارها و قطعات وسایل الکترونیکی را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد، آنالوگ و دیجیتال. دستگاه‌های الکترونیکی ممکن است از یک نوع و یا ترکیبی از این دو نوع باشد. به‌طور کلی سامانه‌های دیجیتال به‌دلیل داشتن ویژگی‌های خاص، انعطاف‌پذیرتر و پرکاربردتر از دستگاه‌های آنالوگ هستند. در این پودمان به‌طور خلاصه به نکات طراحی و عملکرد مدارهای دیجیتالی متداول می‌پردازیم.

واحد یادگیری ۴

کار با دروازه‌های منطقی

آیا تا به حال فکر کرده‌اید

- در سامانه‌های دیجیتال، اطلاعات چگونه پردازش و نمایش داده می‌شود؟
- سرعت پردازش و انتقال اطلاعات مدارهای دیجیتال بیشتر از سامانه‌های آنالوگ است؟
- کدام سامانه اعداد در مدارهای دیجیتال بیشتر استفاده می‌شود؟
- سطوح منطقی صفر و یک برای بیان متغیرها چگونه تولید می‌شوند؟
- توابع منطقی اصلی در مدارهای دیجیتال چگونه نوشته می‌شوند؟
- چه قطعاتی برای ساخت دروازه‌های منطقی به‌کار می‌رود؟
- گیت‌های ترکیبی چگونه ساخته می‌شوند؟
- توابع منطقی را به چه دلیل و چگونه ساده می‌کنند؟
- چند روش برای ساده‌سازی توابع منطقی وجود دارد؟
- چگونه می‌توان تابع منطقی را ساده کرد و آن را نمایش داد؟

یک ماشین حساب گویاترین نمونهٔ سامانه دیجیتال است، نمونه‌های متعدد دیگری از جمله ساعت‌های دیجیتال، نمایشگر چراغ‌های راهنمایی و دستگاه‌های صوتی و تصویری و نوع پیشرفته دیگری مانند رایانه نیز وجود دارند که با یک منطق خاص کار می‌کنند. این منطق معمولاً طبق منطق بولی است که به‌طور مشترک در تمام مدارهای دیجیتالی یافت می‌شود. در سامانه‌های دیجیتال، یک یا چند دروازه منطقی (Logical gate) روی یک یا دو ورودی منطقی عملیات منطقی انجام می‌دهند و در نهایت یک خروجی منطقی را تولید می‌کنند. گیت‌های منطقی از مبنای دودویی یا همان اعداد باینری پیروی می‌کنند. در منطق الکترونیک، هر سطح منطقی نماینده ولتاژ معینی است که این ولتاژ به نوع منطقی که استفاده می‌شود بستگی دارد. توابع منطقی از ترکیب گیت‌های منطقی ساخته می‌شوند که به آنها مدارهای منطقی یا دیجیتالی می‌گویند. برای کاهش حجم مدارهای منطقی، آنها را با چند روش ساده می‌کنند. در این پودمان به اختصار به توصیف دیجیتال، سامانه اعداد و بیان تابع و ساده‌سازی آن می‌پردازیم و مدارهای آن را به‌صورت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تجربه می‌کنیم.

استاندارد عملکرد

کار با دروازه‌های منطقی و مدارهای ترکیبی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آن

۱ـ۴ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

لوازم‌التحریر ـ رایانه ـ نرم‌افزارهای مورد نیاز ـ بردبُرد ـ دیود نورانی LED ـ مقاومت‌های ۱۵۰Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات ـ ۳۳۰Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات و ۱۰KΩ، $\frac{۱}{۴}$ وات ـ سیم‌های بردبُرد ـ میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد ـ کلید شستی کوچک (SPST Push Button) ـ کلید یک پل کوچک ـ برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال ـ ذره‌بین ـ آی‌سی‌های ۷۴۸۶، ۷۴۳۲، ۷۴۰۸، ۷۴۰۴، ۷۴۰۲، ۷۴۰۰

۲ـ۴ سامانه‌های آنالوگ و دیجیتال

به‌طور کلی همه وسایل الکتریکی و الکترونیکی در قالب سامانه‌های آنالوگ و دیجیتال یا تلفیقی از آنها ساخته می‌شوند.

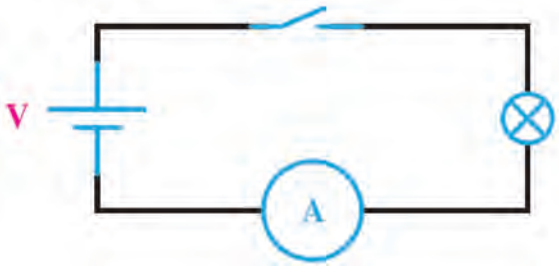
■ **سامانه آنالوگ:** سامانه آنالوگ به سامانه‌ای گفته می‌شود که در آن تغییرات سیگنال به‌صورت پیوسته است، یعنی اطلاعات در تمامی لحظات وجود دارد. شکل موج‌هایی مانند سینوسی، DC و مثلثی از انواع سیگنال‌های آنالوگ هستند.

■ **سامانه دیجیتال:** گروه دیگری از سیگنال‌ها وجود دارند که دارای تغییرات پله‌ای و مجزا هستند. به‌عبارت دیگر ولتاژ آنها بین دو مقدار حداقل و حداکثر تغییر می‌کند. به سامانه‌هایی که با چنین ولتاژهایی کار می‌کنند «سامانه‌های دیجیتال» می‌گویند. از جمله دستگاه‌هایی که با این سامانه دیجیتالی کار می‌کنند می‌توان مرکز تلفن، ماشین‌حساب و رایانه را نام برد. در شکل ۱ـ۴ یک نمونه سیگنال دیجیتالی نشان داده شده است.

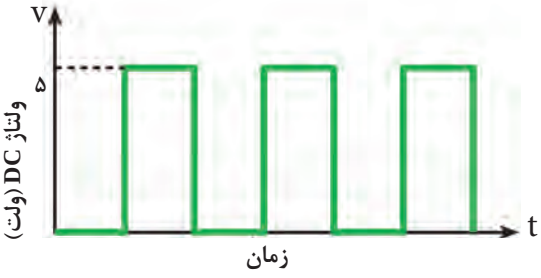
به‌کمک مدار داده شده در شکل ۲ـ۴ و قطع و وصل پی‌درپی کلید و مشاهدهٔ نور لامپ یا اندازه‌گیری جریان آن یک سیگنال دیجیتالی به‌وجود می‌آید، زیرا هنگام قطع و وصل کلید، لامپ دو حالت روشن و خاموش به‌خود می‌گیرد.

جست و جو کنید

در منزل یا هنرستان و محیط کار دستگاه‌هایی را بیابید که فقط دارای سامانه آنالوگ، فقط دارای سامانه دیجیتال یا دارای سامانه تلفیقی آنالوگ و دیجیتال هستند. نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.



شکل ۲ـ۴



سیگنال با دو حالت مختلف (۰) و (۵) ولت

شکل ۱ـ۴ سیگنال دیجیتال

سامانه‌های اعداد

سامانه اعداد دهدهی یا اعشاری که در زندگی روزمره با آن سروکار داریم، برای ماشین‌های محاسبه‌گر الکترونیکی سامانه مناسبی نیست، زیرا در این مدارها تفکیک ده حالت از یکدیگر میسر نیست و میزان اشتباه و خطا را افزایش می‌دهد. عناصر نیمه‌هادی مانند دیود و ترانزیستور اجزایی دو حالتی هستند، یعنی می‌توانند دو حالت هدایت جریان (بستن کلید) یا حالت قطع جریان (باز کردن کلید) را داشته باشند. اگر هر وضعیت این اجزا را معادل یک علامت در نظر بگیریم، تنها سامانه اعداد مناسب برای این ماشین‌ها، سامانه اعداد دودویی یا باینری (Binary) است.

■ **سامانه دودویی (Binary):** در سامانه اعداد دودویی، از دو نشانه یا رقم «۰» و «۱» استفاده می‌شود. به این سامانه اعداد، سامانه اعداد در پایهٔ «۲» نیز گفته می‌شود. شمارش در پایه ۲ نیز مشابه شمارش در پایه ۱۰ است؛ یعنی، هر رقم ارزش مکانیِ متناسب با خود را دارد. به هر یک از ارقام باینری «بیت» گفته می‌شود.

$۲^۶$	$۲^۵$	$۲^۴$	$۲^۳$	$۲^۲$	$۲^۱$	$۲^۰$
۶۴	۳۲	۱۶	۸	۴	۲	۱
۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱

MSB LSB

شکل ۳ـ۴

برای مثال، در عدد دودویی ۱۱۰۱۱۰۱ رقم سمت راست کمترین ارزش مکانی و رقم سمت چپ دارای بیشترین ارزش مکانی است. در این مثال کم‌ارزش‌ترین بیت دارای ارزشی برابر ۱ = $۲^۰$ است و با ارزش‌ترین بیت دارای ارزشی برابر ۶۴ = $۲^۶$ است، شکل ۳ـ۴.

ارزش مکانی سایر ارقام این عدد نیز درشکل ۳ـ۴ و ۴ـ۴ مشخص شده است.

شکل ۴ـ۴

☑ برای به‌دست آوردن معادل دهدهی هر عدد باینری، کافی است ارزش مکانی ارقام «۱» آن عدد را با هم جمع کنیم. به این ترتیب معادل اعشاری عدد باینری ۱۱۰۱۱۰۱ برابر است با:

$$۱۱۰۱۱۰۱_۲ = (۱\times۲^۶) + (۱\times۲^۵) + (۱\times۲^۳) + (۱\times۲^۲) + (۱\times۲^۰)$$

$$= ۶۴+۳۲+۸+۴+۱$$

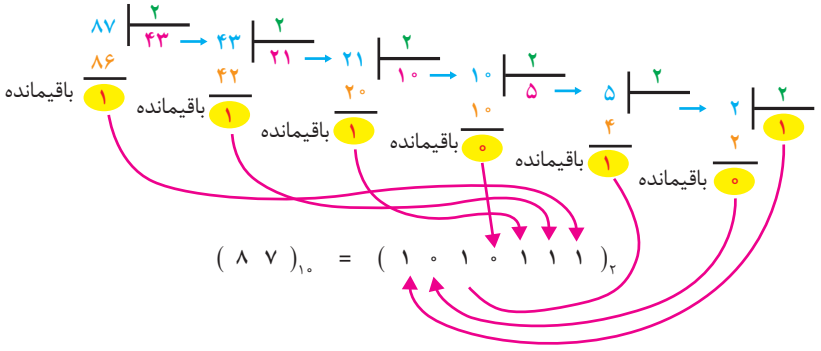
$$= (۱۰۹)_{۱۰}$$

یا

۶۴ ۳۲ ۱۶ ۸ ۴ ۲ ۱ =۶۴+۳۲+۸+۴+۱ $=(۱۰۹)_{۱۰}$

۱ ۱ ۰ ۱ ۱ ۰ ۱

☑ **تبدیل اعداد دهدهی به اعداد دودویی معادل آن:** برای تبدیل اعداد دهدهی به اعداد دودویی، از تقسیم‌های متوالی عدد دهدهی بر ۲ استفاده می‌کنیم. به مثال شکل ۵ـ۴ توجه کنید.



شکل ۵ـ۴ تبدیل اعداد با مبنای ده به مبنای ۲ با روش تقسیم‌های متوالی

نکته

به هریک از ارقام باینری، بیت گفته می‌شود. هر ۸ بیت یک بایت (byte) نام دارد. هر کلمه یا واژه (word) از یک یا چند بایت تشکیل می‌شود.

پرسش

عدد $(۱۰۰۰۱۱۱۱۱۱۱۰۱۱۰۱)_{۲}$ دارای ..... بیت و ..... بایت است.

■ **مبنای ۸ (اکتال) و مبنای ۱۶ (هگزادسیمال):** برای مختصرنویسی اعداد باینری معمولاً آنها را در مبنای هشت یا شانزده می‌نویسند. این‌کار را به دو دلیل انجام می‌دهند؛ نخست آنکه در نوشتن، خواندن یا انتقال زنجیره «۰» و «۱» اعداد باینری احتمال خطا زیاد است. لذا بیان اعداد در مبنای دیگر (با ارقام بیشتر) یک ضرورت است. دلیل دوم این است که باید مبنای عددی را طوری انتخاب کنیم تا تبدیل اعداد باینری به این مبنا و برعکس، خیلی سریع انجام شود. مبنای هشت و مبنای شانزده هر دو دارای این ویژگی هستند. برای نوشتن اعداد در مبنای هشت، از هشت نشانه یا رقم ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ و برای نوشتن اعداد در مبنای ۱۶، از شانزده نشانه ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، A، B، C، D، E و F استفاده می‌کنیم. هر یک از حروف A، B، C، D، E و F در مبنای ۱۶ به‌ترتیب معادل ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ است. در جدول ۱ـ۴ ارقام یا نشانه‌های مربوط به هریک از مبناها آورده شده است.

جدول ۱ـ۴

Numbering System		
System	Base	Digits
Binary	۲	۰ ۱
Octal	۸	۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷
Decimal	۱۰	۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹
Hexadecimal	۱۶	۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ A B C D E F

در جدول ۲ـ۴ اعداد دهدهی ۰ تا ۱۵ در مبنای ۲، مبنای ۸ و مبنای ۱۶ نیز آورده شده است.

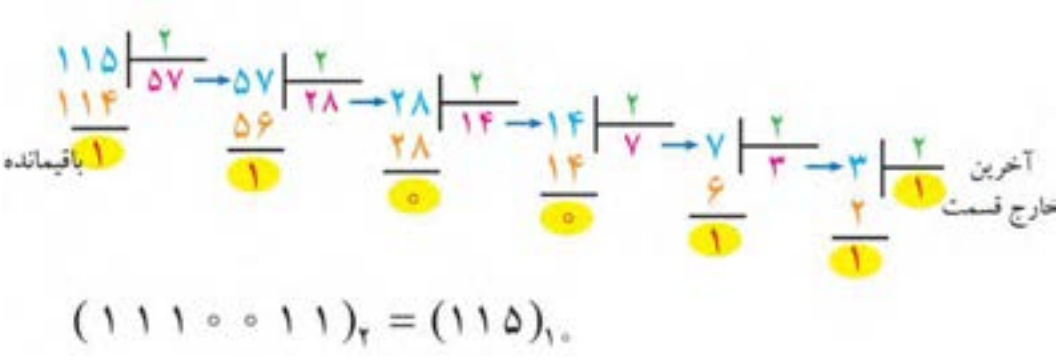
جدول ۲ـ۴

شانزده‌شانزدهی	هشت‌هشتی	دودویی	دهدهی
۰	۰	۰۰۰۰	۰
۱	۱	۰۰۰۱	۱
۲	۲	۰۰۱۰	۲
۳	۳	۰۰۱۱	۳
۴	۴	۰۱۰۰	۴
۵	۵	۰۱۰۱	۵
۶	۶	۰۱۱۰	۶
۷	۷	۰۱۱۱	۷
۸	۱۰	۱۰۰۰	۸
۹	۱۱	۱۰۰۱	۹
A	۱۲	۱۰۱۰	۱۰
B	۱۳	۱۰۱۱	۱۱
C	۱۴	۱۱۰۰	۱۲
D	۱۵	۱۱۰۱	۱۳
E	۱۶	۱۱۱۰	۱۴
F	۱۷	۱۱۱۱	۱۵

مثال

عدد دهدهی ۱۱۵ را در مبنای ۲ و مبنای ۸ بنویسید و عدد ۱۷ را در مبنای ۱۶ بنویسید.

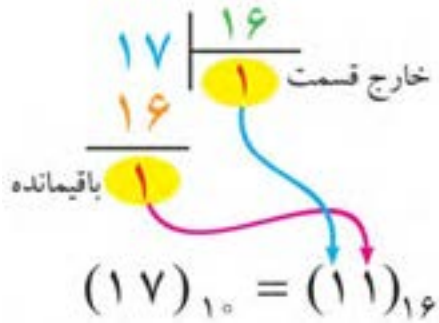
حل: الف) تبدیل اعداد دهدهی به دودویی (مبنای ۱۰ به مبنای ۲) در شکل ۶ـ۴ آمده است.



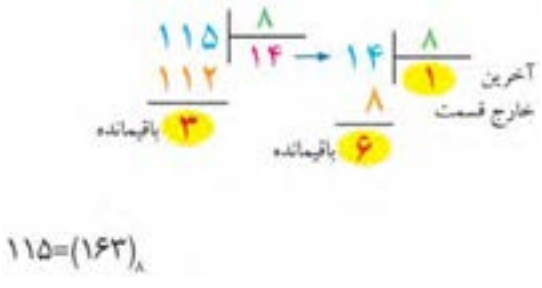
شکل ۶ـ۴ تبدیل اعداد با مبنای ۱۰ به مبنای ۲ با روش تقسیم‌های متوالی

ب) تبدیل اعداد دهدهی به اُکتال (Octal) (مبنای ۱۰ به مبنای ۸) در شکل ۷ـ۴ آمده است.

پ) تبدیل اعداد دهدهی به هگزا[1] (Hex) (مبنای ۱۰ به مبنای ۱۶) در شکل ۸ـ۴ آمده است.



شکل ۸ـ۴ تبدیل اعداد با مبنای ۱۰ به مبنای ۱۶ با روش تقسیم‌های متوالی



شکل ۷ـ۴ تبدیل اعداد با مبنای ۱۰ به مبنای ۸ با روش تقسیم‌های متوالی

■ **تبدیل اعداد در سامانه‌های مختلف:** برای تبدیل اعداد در مبنای غیر از ۱۰ مانند تبدیل (۲ به ۸)، (۲ به ۱۶) و (۸ به ۱۶) یا برعکس (۸ به ۲)، (۱۶ به ۲) و (۱۶ به ۸) ابتدا باید عدد مورد نظر را به مبنای ده ببریم، سپس با تقسیم‌های متوالی بر مبنای عدد خواسته شده نتیجه را به‌دست آوریم. روش ساده‌تری نیز برای این تبدیل‌ها وجود دارد که سرعت کار را بالاتر می‌برد. با این روش و از طریق تمرین زیاد به‌راحتی می‌توانید تبدیل هر عدد را بدون استفاده از محاسبات به‌دست آورید. در ادامه به تشریح این روش می‌پردازیم.

۱ـ در برخی کتاب‌ها واژه «هگزا» را به جای هگزادسیمال نیز استفاده می‌کنند.

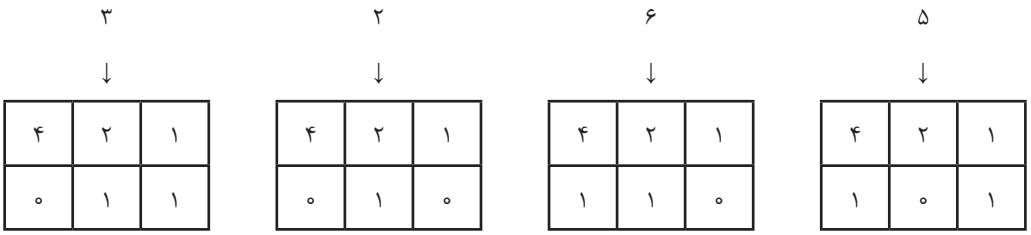
☑ تبدیل مبنای ۸ به ۲:

برای تبدیل یک عدد اُکتال به عدد باینری معادل آن، باید به‌جای هر رقم عدد اُکتال، معادل سه بیتیِ معادل باینری آن را بنویسیم(شکل ۹ـ۴).

مثال

عدد ۳۲۶۵ در مبنای ۸ را به عدد باینری تبدیل کنید.

$۳۲۶۵_{۸} = ۰۱۱۰۱۰۱۱۰۱۰۱_{۲}$



شکل ۹ـ۴ تبدیل عدد اکتال به عدد باینری معادل آن

نکته مهم

بزرگترین عدد به‌کار رفته در سیستم اُکتال عدد ۷ است که در سامانه دودویی به‌صورت ۱۱۱ درمی‌آید.

بارش فکری

در تبدیل عدد باینری به اُکتال از چه روشی استفاده می‌شود؟ درباره موضوع بحث و در کلاس مطالب را جمع‌بندی کنید.

بحث کنید

در ردیف اول جدول شکل ۱۰ـ۴ اعداد ۱، ۲، ۴ و ۸ نوشته شده است، این اعداد در چه مبنایی انتخاب شده است؟ نتیجه حاصل را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

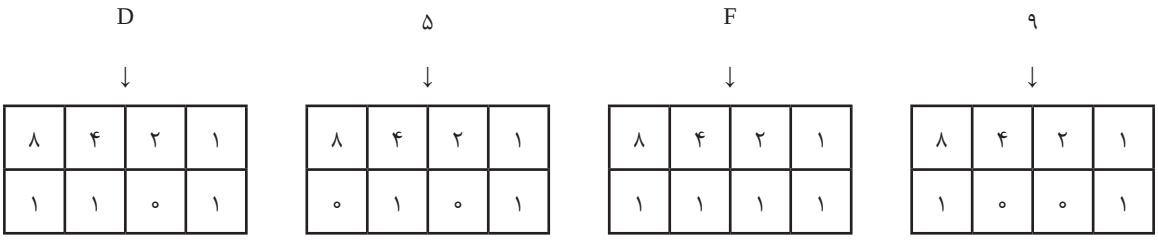
☑ تبدیل مبنای ۱۶ به ۲:

برای تبدیل یک عدد HEX به عدد باینری معادل آن، باید به‌جای هر رقم HEX معادل چهار بیت باینری آن را بنویسیم، شکل ۱۰ـ۴.

مثال

عدد D۵F۹ در مبنای ۱۶ را به عدد باینری تبدیل کنید.

$D5F9_{HEX} = 1101010111111001_2$



شکل ۱۰ـ۴ تبدیل یک عدد هگزا دسیمال به باینری

☑ برای تبدیل یک عدد باینری به عدد HEX معادل آن، باید عدد باینری مورد نظر را از سمت راست به گروه‌های چهارتایی تقسیم کنید، سپس معادل HEX هرگروه را جایگزین نمایید.

مثال: عدد ۱۰۱۰۱۱۱۰۰۱۱۱۰۰۱۱ در مبنای ۲ را به عدد HEX تبدیل کنید.

بر اساس دسته‌بندی انجام شده در شکل ۱۰ـ۴ تبدیل را انجام می‌دهیم.

$1010111001110011_2 = AE37_{HEX}$

یا

۱۰۱۰	۱۱۱۰	۰۱۱۱	۰۰۱۱	
↓	↓	↓	↓	$=(AE73)_{HEX}$
A	E	۷	۳	

نکته مهم

امروزه اغلب ماشین‌حساب‌ها دارای انواع تبدیل‌های ذکر شده هستند و عملاً نیازی به محاسبه این تبدیل‌ها وجود ندارد. آموزش داده شده به‌منظور درک عمیق‌تر مفاهیم مرتبط با دیجیتال و میکروکنترلر است

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، حداقل دو نمونه مبدل را بیابید و با آن تمرین کنید. نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.

کد BCD

بعضی از ماشین‌های محاسبه‌گر الکترونیکی، عملیات ریاضی را در کد BCD (Binary Coded Decimal) انجام می‌دهند.

در کد BCD هر رقم دهدهی را با چهار بیت باینری معادل آن نشان می‌دهند. به مثال‌های زیر توجه کنید:

$(۳)_{۱۰} \rightarrow (۱۱)_۲ \rightarrow (۰۰۱۱)_{BCD}$

$(۹)_{۱۰} \rightarrow (۱۰۰۱)_۲ \rightarrow (۱۰۰۱)_{BCD}$

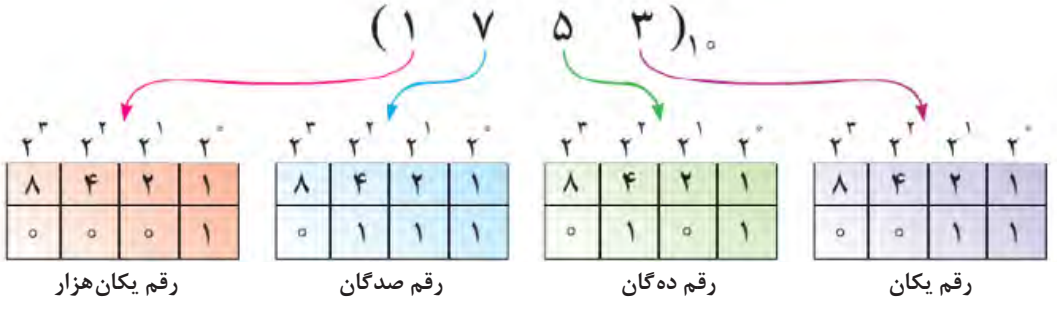
$(۵)_{۱۰} \rightarrow (۱۰۱)_۲ \rightarrow (۰۱۰۱)_{BCD}$

جدول ۳ـ۴ معادل باینری و BCD اعداد یک رقمی

عدد BCD	عدد باینری	عدد دهدهی
۰۰۰۰	۰	۰
۰۰۰۱	۱	۱
۰۰۱۰	۱۰	۲
۰۰۱۱	۱۱	۳
۰۱۰۰	۱۰۰	۴
۰۱۰۱	۱۰۱	۵
۰۱۱۰	۱۱۰	۶
۰۱۱۱	۱۱۱	۷
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۸
۱۰۰۱	۱۰۰۱	۹

تبدیل اعداد دهدهی به معادل BCD آنها از تبدیل اعداد دهدهی به معادل باینری آنها به‌مراتب ساده‌تر است، زیرا برای این تبدیل، دانستن معادل باینری ارقام صفر تا ۹ کفایت می‌کند.

توجه داشته باشد که در این روش نمایش اعداد، باید هر رقم دهدهی را با چهار بیت باینری نمایش دهیم. در جدول ۳ـ۴ تفاوت نمایش ارقام دهدهی صفر تا ۹ به‌صورت باینری و BCD نشان داده شده است. بر اساس جدول ۳ـ۴، معادل BCD عدد دهدهی ۱۷۵۳ در شکل ۱۱ـ۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ـ۴ معادل BCD عدد

کار عملی ۱

سیگنال آنالوگ و دیجیتال و سیستم اعداد

هدف: کسب مهارت در تشخیص سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال
مهارت تبدیل سیستم‌های اعداد به یکدیگر

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم التحریر ـ اینترنت ـ رایانه ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ نرم‌افزار PC Binary Converter یا نرم‌افزار مشابه ـ دستگاه ماشین حساب یا ماشین حساب Windows رایانه

مراحل اجرای کار:

۱ مدار شکل ۱۲ـ۴ را در فضای نرم‌افزاری ببندید.

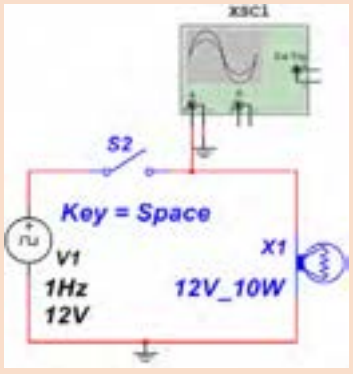
۲ منبع ورودی را سیگنال مربعی با دامنه ۱۲ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز انتخاب کنید. سپس کلید S_1 را وصل کنید.

۳ شکل موج خروجی دو سر خازن را روی صفحه اسیلوسکوپ نرم‌افزار به‌صورت پایدار ظاهر کنید.

۴ آیا با مشاهده شکل موج خروجی می‌توان نتیجه گرفت که سیگنال شارژ و دشارژ خازن، یک نوع سیگنال آنالوگ است؟ بلی ☐ خیر ☐

۵ مدار شکل ۱۳ـ۴ را در محیط نرم‌افزاری ببندید. سپس کلید S_2 را وصل کنید.

شکل ۱۲ـ۴



شکل ۱۳ـ۴

۶ شکل موج خروجی را روی صفحه اسیلوسکوپ نرم‌افزار به‌صورت پایدار ظاهر کنید.

۷ آیا با مشاهده شکل موج خروجی می‌توان نتیجه گرفت که سیگنال دو سر لامپ یک سیگنال دیجیتال است؟

بلی ☐ خیر ☐

۸ مداری رسم کنید که بتواند باز و بسته بودن یک در را به سطوح منطقی تبدیل کند.

.....

.....

.....

جدول ۴ـ۴

مبنای ۱۰ (Decimal)	مبنای ۲ (Binary)	مبنای ۸ (Octal)	مبنای ۱۶ (Hexadecimal)
۵			
۱۲			
۱۷			
۳۶			
۷۵			
۱۲۸			
۱۸۰			
۴۸۰			
۵۱۲			

۹ اعداد جدول ۴ـ۴ را که در سیستم دهدهی (Decimal) هستند، به سیستم‌های باینری، اُکتال و هگزادسیمال تبدیل کنید.

۱۰ با استفاده از نرم‌افزار PC Binary Converter یا نرم‌افزارهای مشابه و دستگاه ماشین حساب، شکل ۴ـ۱۴ (ماشین حساب Windows) تبدیل مبنای اعداد جدول ۴ـ۴ را راستی‌آزمایی کنید.

نکته

نرم‌افزار PC Binary Converter مبدل سامانه‌های اعداد است. این نرم‌افزار رایگان و قابل بارگیری از اینترنت است. قابلیت‌های دیگر این نرم‌افزار را مشخص کنید و نتایج را به‌طور خلاصه بنویسید.

شکل ۴ـ۱۴ نرم‌افزار مبدل و ماشین حساب

۱۱ اعداد زیر را به‌صورت نمایش‌کد BCD بنویسید.

الف) ۵۷ .....

ب) ۷۸۶ .....

پ) ۹۴۳ .....

ت) ۲۹۱ .....

سطوح منطقی صفر و یک

همان‌گونه که اشاره شد در مدارهای دیجیتالی دو حالت وجود دارد. این حالت‌ها را با اصطلاحات مختلفی بیان می‌کنند. مثلاً برای نشان دادن حالت روشن و حالت خاموش لامپ، از اصطلاحات مختلفی استفاده می‌شود که در جدول ۵ـ۴ نشان داده شده است.

جدول ۵ـ۴

صفر	وجود نداشتن	low	OFF	کلید قطع	لامپ خاموش
یک	وجود داشتن	high	ON	کلید وصل	لامپ روشن

هر یک از این اصطلاحات بیانگر مفهوم خاصی از مدار است، برای مثال «OFF_ON» روشن و خاموش بودن، «high_low» حداقل و حداکثر ولتاژ اعمال شده به مدار و «۱ـ۰» معرف بودن و نبودن است. برای بیان مفاهیم و عبارات دیجیتالی، جهت خلاصه‌نویسی بیشتر از صفر و یک استفاده می‌شود.

البته باید دقت داشت که صفر و یک به‌کار رفته در مدارهای دیجیتالی با صفر و یک عبارات جبری یکسان نیست. در مباحث دیجیتال، ۰ و ۱ نشان‌دهنده وضعیت مدار هستند. درصورتی که در ریاضی مفهوم صفر و یک، بیانگر مقدار عددی است. سطح ولتاژ (حداکثر ولتاژ) در مدارهای دیجیتالی مقادیری در محدودهٔ بین ۵ تا ۱۵ ولت دارد. یکی از این مقادیر ولتاژی، سطح ولتاژ ماکزیمم (۵ ولت) و سطح ولتاژ مینیمم (حدود صفر ولت) است.

دروازه‌های منطقی پایه

در دروس تخصصی پایه دهم با انواع گیت‌های منطقی مانند AND، OR و NOT آشنا شده‌اید و تعدادی از آی‌سی‌های دیجیتالی را به‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری اجرا کرده‌اید. به جدول ۶ـ۴ توجه کنید. در این جدول انواع گیت‌های منطقی، جدول صحت، نماد و تابع خروجی آنها آمده است. از این جدول می‌توانید در بستن مدارهای مختلف استفاده کنید.

جدول ۶ـ۴ گیت‌های پایه و ترکیبی همراه با نماد، تابع منطقی خروجی و جدول صحت

نام دروازه	نماد (سمبل گرافیکی)	تابع جبری	جدول درستی
AND		$Y=AB$	A B Y 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1
OR		$Y=A+B$	A B Y 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1
NOT		$Y=\overline{A}$	A Y 0 1 1 0
NAND		$Y=\overline{AB}=(AB)'$	A B Y 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0
NOR		$Y=\overline{A+B}=(A+B)'$	A B Y 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0
XOR		$Y=A\oplus B=\overline{A}B+A\overline{B}$	A B Y 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0
XNOR		$Y=\overline{A\oplus B}=\overline{A}\overline{B}+AB$	A B Y 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1
Buffer		$Y=A$	A Y 0 0 1 1

بارش فکری

جدول ۶ـ۴ را از طریق بارش فکری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید و نتیجه را در قالب یک گزارش تنظیم کنید.

نکته

دروازه‌های منطقی مطابق شکل ۱۵ـ۴ عملگرهایی با یک یا چند ورودی و یک خروجی هستند. برای ترسیم دروازه‌های منطقی از علامت‌های اختصاری استفاده می‌کنیم. هر دروازه بر اساس منطقی خاص که برای وضعیت‌های ورودی و خروجی آن تعریف شده، ساخته می‌شود.

شکل ۱۵ـ۴

دروازه‌های منطقی ترکیبی

با ترکیب برخی دروازه‌های منطقی پایه با یکدیگر، دروازه‌های منطقی جدیدی ساخته می‌شوند که در مدارهای دیجیتالی کاربرد فراوانی دارند. این دروازه‌ها عبارت‌اند از: دروازه‌های منطقی NAND، NOR، OR انحصاری و NOR انحصاری.

☑ **عملگر یا دروازه NAND ـ «نفی و»:** مانند شکل الف) ۱۶ـ۴ در دروازه‌های منطقی NAND متغیرهای ورودی ابتدا با هم AND شده و سپس NOT می‌شوند، لذا خروجی آن زمانی وجود دارد (یک است) که حداقل یکی از ورودی‌های آن صفر باشد. در نقشه‌های دیجیتالی دروازه NAND را با علایم اختصاری شکل ب و پ) ۱۶ـ۴ نشان می‌دهند. جدول صحت دروازه منطقی NAND مطابق جدول ۷ـ۴ است.

نکته

در گیت NAND خروجی زمانی صفر است که همه ورودی‌های آن یک باشد.

الف)

پ) استاندارد IEC

ب) استاندارد آمریکایی

شکل ۱۶ـ۴ علائم اختصاری دروازهٔ NAND

جدول ۷ـ۴ جدول‌صحت دروازه منطقی NAND

A ورودی	B ورودی	Y خروجی
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

☑ **دروازه منطقی NOR ـ «نفی یا»:** عملگر یا دروازه‌های منطقی NOR به دروازه‌ای گفته می‌شود که خروجی آن زمانی وجود دارد که همه ورودی‌ها وجود نداشته باشند. به عبارت دیگر دروازه NOR از ترکیب دو دروازه OR و NOT به‌وجود می‌آید. در واقع در دروازه NOR ابتدا متغیرها مشابه شکل ۱۷ـ۴ با یکدیگر OR شده و سپس NOT می‌شوند.

شکل ۱۷ـ۴

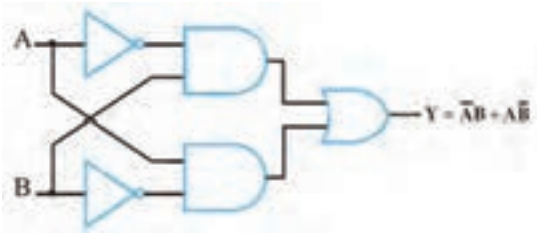
فعالیت

جدول صحت دروازه منطقی NOR و نماد اختصاری آن را ترسیم کنید و در قالب گزارش ارائه دهید.

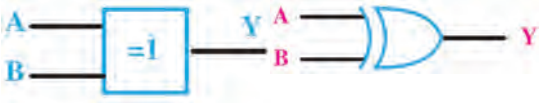
جدول ۸ـ۴ جدول‌صحت دروازه منطقی XOR

A ورودی	B ورودی	Y خروجی
۰	۰	۰
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

☑ **دروازه منطقی OR انحصاری (Exclusive OR_XOR):** این عملگر یا دروازه منطقی فقط دارای دو ورودی و یک خروجی است. خروجی این دروازه منطقی زمانی وجود دارد (در وضعیت یک قرار می‌گیرد) که دو ورودی آن با هم برابر نباشند یا به‌عبارت دیگر دو ورودی در سطح منطقی مشابه نباشند (دو ورودی مخالف باشند). جدول ۸ـ۴ جدول صحت دروازه منطقی OR انحصاری (XOR) را نشان می‌دهد. با توجه به جدول صحت این دروازه، تابع منطقی آن را می‌توان به‌صورت رابطه مقابل نوشت: $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$
این تابع منطقی را به‌صورت $Y=A\oplus B$ نشان می‌دهند.
مدار معادل دروازهٔ منطقی XOR با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه به‌صورت شکل ۱۸ـ۴ است. در نقشه‌ها و مدارهای منطقی، دروازهٔ XOR را با علایم اختصاری شکل ۱۹ـ۴ نشان می‌دهند.



شکل ۱۸ـ۴ مدار معادل XOR



الف) استاندارد آمریکایی ب) استاندارد IEC

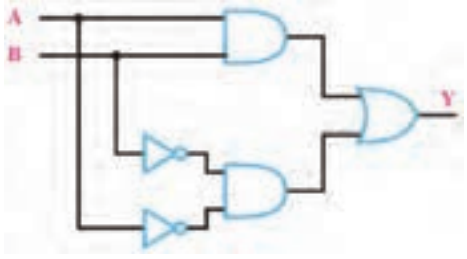
شکل ۱۹ـ۴ علائم اختصاری دروازهٔ XOR

☑ **دروازه منطقی NOR انحصاری (Exclusive NOR_XNOR):** این دروازه منطقی نیز مشابه XOR فقط دارای دو ورودی و یک خروجی است. خروجی آن هنگامی وجود دارد (در وضعیت یک قرار می‌گیرد) که هر دو ورودی یکسان باشند یا به‌عبارتی دیگر دو ورودی در سطح منطقی مشابه باشند (دو ورودی برابر باشند).

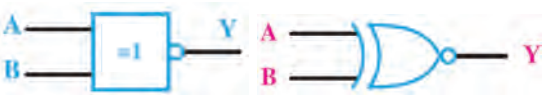
فعالیت

جدول صحت دروازه منطقی NOR انحصاری (XNOR) را تنظیم کنید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

تابع منطقی خروجی دروازه منطقی XNOR به‌صورت $Y = \overline{A}\,\overline{B} + AB$ نوشته می‌شود و آن را به‌صورت $\overline{A\oplus B}$ نیز می‌نویسند. مدار معادل دروازهٔ منطقی XNOR با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه به‌صورت شکل ۲۰ـ۴ است. در نقشه‌ها و مدارهای منطقی، دروازهٔ XNOR را با علایم اختصاری شکل ۲۱ـ۴ نشان می‌دهند.



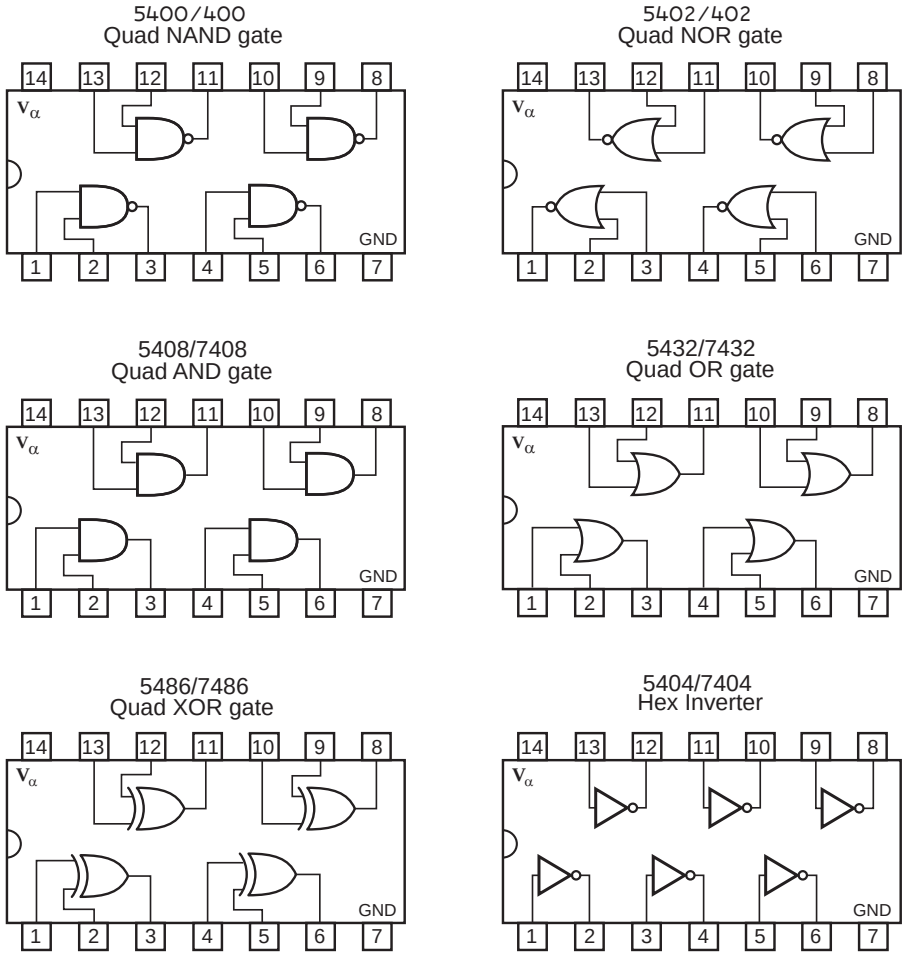
شکل ۲۰ـ۴



الف) استاندارد آمریکایی ب) استاندارد IEC

شکل ۲۱ـ۴ علائم اختصاری دروازهٔ XNOR

☑ **معرفی مشخصات پایه‌های آی‌سی گیت‌های منطقی:** شکل ۲۲ـ۴ نقشه تعدادی از آی‌سی‌های پرکاربرد دیجیتالی را نشان می‌دهد. در این شکل شمارهٔ پایه‌های آی‌سی، تعداد گیت‌ها و ارتباط گیت‌ها با پایه‌ها مشخص شده است. در آی‌سی‌های شکل ۲۲ـ۴ پایه ۱۴ تغذیه آی‌سی و پایه ۷ زمین آی‌سی است.



شکل ۲۲ـ۴ نقشه آی سی های پرکاربرد

بررسی مدارهای منطقی

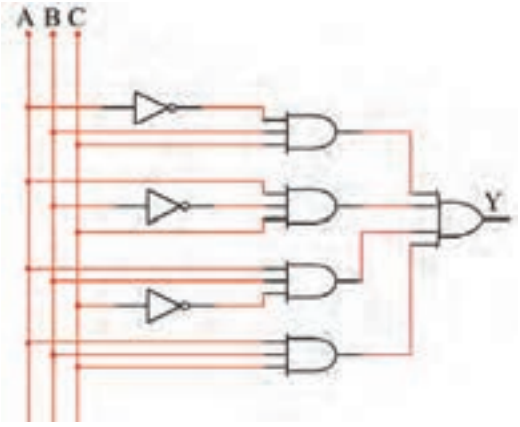
هدف از آشنایی با دروازه‌های منطقی آن است که از آنها در ساخت مدارهای منطقی استفاده شود. برای اینکه با چگونگی به‌کارگیری این دروازه‌ها آشنا شوید یک مثال صرفاً برای آشنایی با طراحی بیان می‌شود.

مثال: مداری را طرح کنید که خروجی آن تابع رأی اکثریت یک هیئت داوری سه نفری باشد.

حل: برای رسم مدار منطقی لازم است ابتدا جدول صحت را تشکیل دهیم و سپس بر اساس آن عبارت منطقی را بنویسیم. اگر سه فرد A، B و C ورودی و Y یا F خروجی باشد، هرگاه دو یا سه فرد رای داده باشند خروجی باید یک (۱) شود. بنابراین خروجی مدار دارای جدول صحتی به‌صورت جدول ۹ـ۴ و عبارت منطقی به‌صورت F خواهد بود.

جدول ۹ـ۴

A	B	C	F		
۰	۰	۰	۰		
۰	۰	۱	۰		
۰	۱	۰	۰		
۰	۱	۱	۱	←	$\overline{A}BC$
۱	۰	۰	۰		
۱	۰	۱	۱	←	$A\overline{B}C$
۱	۱	۰	۱	←	$AB\overline{C}$
۱	۱	۱	۱	←	ABC



شکل ۲۳ـ۴

$$F = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$$

برای نوشتن عبارت منطقی مربوط به جدول صحت، به ستون خروجی جدول توجه می‌کنیم. رابطه F (خروجی مدار) از حاصل‌جمع (OR) سطرهایی که خروجی آن «یک» است، به‌دست می‌آید. در هر سطری که خروجی یک است وضعیت ورودی‌ها را بررسی می‌کنیم. برای مثال در سطر چهارم که A = ۰، B = ۱ و C = ۱ است، F = ۱ خواهد شد. تابع منطقی در این سطر به صورت زیر نوشته می‌شود.

(C هست) و (B هست) و (A نیست)

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

$F = (\overline{A}) \cdot (B) \cdot (C) = \overline{A}BC$

بحث کنید

چرا تابع منطقی خروجی با روش ذکر شده به‌دست می‌آید. حال با توجه به جملات به‌دست آمده برای تابع خروجی، می‌توان مدار منطقی را چنین رسم کرد، شکل ۲۳ـ۴.

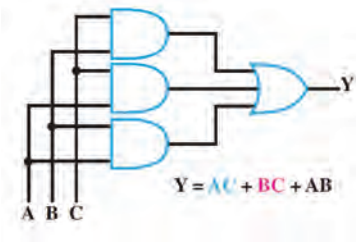
توجه

تنظیم این جدول و رسم مدار آن صرفاً به‌خاطر درک مفاهیم است و ضرورتی در به‌خاطر سپردن آن وجود ندارد.

به‌جای مدار فوق می‌توانیم از مدار شکل ۲۴ـ۴ که از دروازه‌های منطقی کمتری تشکیل شده است استفاده کنیم. عملکرد این مدار کاملاً مشابه مدار قبلی است. در حقیقت دو رابطه زیر از نظر منطقی عملکرد یکسانی دارند.

$$Y=\overline{A}BC+A\overline{B}C+AB\overline{C}+ABC \quad (۱)$$

$$Y=AC+BC+AB \quad (۲)$$



شکل ۲۴ـ۴

توابع منطقی (جبر بول) و دیاگرام کارنو

به کمک پاره‌ای قوانین حاکم، می‌توانیم رابطه (۱) که تابع منطقی شکل ۲۳ـ۴ آمده است را ساده کنیم تا رابطه (۲) به‌دست آید. به یاد داشته باشید که توابع جبر بول را تنها به این دلیل ساده می‌کنیم که هنگام ساختن مدار از دروازه‌های منطقی کمتری استفاده شود در غیر این‌صورت ساده‌سازی کاربردی ندارد.

توجه

جبر بول و دیاگرام کارنو در دستور آموزش این کتاب قرار ندارد و صرفاً برای آشنایی آمده است. ساده‌سازی توابع بولی با استفاده از نرم‌افزار به‌آسانی امکان‌پذیر است.

کار عملی۲

هدف: کسب مهارت در استخراج مشخصات فنی تراشه‌های (IC) دیجیتال
کسب مهارت در بستن مدارهای منطقی

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم‌التحریر ـ اینترنت ـ رایانه ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ دیود نورانی LED قرمز و سبز ـ مقاومت‌های ۱۵۰ Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات، ۱۰ KΩ، $\frac{۱}{۴}$ وات و ۳۳۰ Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات ـ بِردبُرد ـ سیم‌های بِردبُرد ـ میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد ـ کلید شستی کوچک (SPST Push Button) ـ کلید یک پل کوچک ـ برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال ـ آی‌سی‌های ۷۴۰۰، ۷۴۰۲، ۷۴۰۴، ۷۴۰۸، ۷۴۳۲، ۷۴۸۶

مراحل اجرای کار:

☑ تمام آی‌سی‌هایی که برای آزمایش مدارهای دیجیتال از آنها استفاده خواهید کرد از نوع TTL معمولی انتخاب شده‌اند. این آی‌سی‌ها به «سری ۷۴» مشهورند، زیرا دو رقم سمت چپ شماره سریال همهٔ آنها با ۷۴ یا ۵۴ شروع می‌شود. ممکن است بعد از این دو رقم یک تا سه حرف آمده باشد و پس از این حروف نیز دو یا سه رقم دیگر و سرانجام یک یا دو حرف بعد از آن درج شده باشد که هر یک از آنها مفهوم خاصّی دارد. در شکل ۲۵ ـ۴ این مفاهیم بیان شده است.

پژوهش

آی‌سی‌های دیجیتال در سری TTL و CMOS ساخته می‌شوند. در مورد شماره سریال، ولتاژ تغذیه و سایر موارد این نوع آی‌سی‌ها تحقیق کنید و نتایج را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

مثال‌هایی مربوط به مشخصات آی‌سی‌های خانواده TTL

شمارهٔ آی‌سی	نماد	مفهوم
۷۴۰۴	بدون حرف	استاندارد
۷۴H۰۴	H = High Speed	سریع
۷۴L۰۴	L = Low Power	کم‌مصرف
۷۴S۰۴	S = Schottky	نوع شاتکی
۷۴SL۰۴	LS = Low Power Schottky	کم‌مصرف شاتکی
۷۴AS۰۴	AS = Advanced Schottky	شاتکی اصلاح شده
۷۴ALS۰۴	ALS = Advanced Low Power Schottky	شاتکی کم‌مصرف اصلاح شده

شکل ۲۵ـ۴ مشخصات آی‌سی‌های TTL

جدول ۱۰ـ۴

ردیف	شماره آی‌سی	مشخصات فنی از روی شماره
۱		
۲		
۳		

۱ سه نمونه آی‌سی سری ۷۴ یا ۵۴ را دریافت کنید و با مراجعه به شکل ۲۵ـ۴ شماره برخی از مشخصات آنها را استخراج و در جدول ۱۰ـ۴ یادداشت کنید.

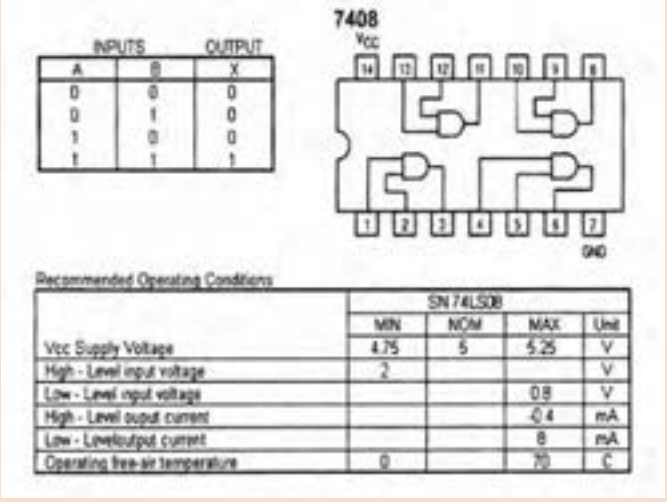
۲ با توجه به شکل ۲۶ـ۴ مشخصات آی‌سی ۷۴۰۸ را از نظر تعداد گیت و جدول صحت هر گیت توضیح دهید.

.....

.....

.....

۳ با مراجعه به برگه اطلاعات آی‌سی ۷۴۰۸ در شکل ۲۶ـ۴ مقادیر مجاز ماکزیمم و مینیمم ولتاژ و جریان و محدوده درجه حرارت کار آی‌سی ۷۴۰۸ را در جدول ۱۱ـ۴ یادداشت کنید.



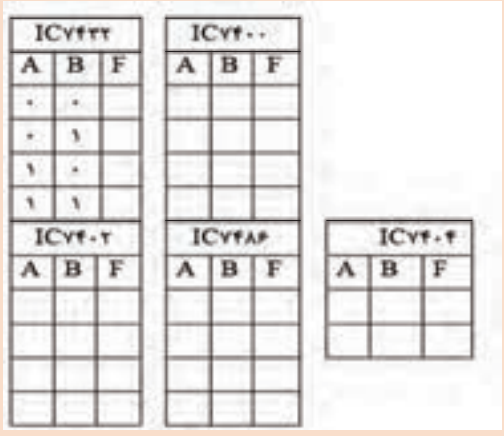
شکل ۲۶ـ۴ برگه اطلاعات آی‌سی ۷۴۰۸

جدول ۱۱ـ۴

Symbol نماد	Parameter مشخصه		مقادیر		
			Min	Nom	Max
VCC	Supply Voltage	ولتاژ تغذیه			
VIH	High Level Input Voltage	ولتاژ حالت H ورودی			
VIL	Low Level Input Voltage	ولتاژ حالت L ورودی			
I OH	High Level Output Current	جریان خروجی در حالت سطح بالا			
I OL	Low Level Output Current	جریان خروجی در حالت سطح پایین			
TA	Free Air Operating Temperature	درجه حرارت کار در هوای آزاد			

۴ مدار داخلی آی‌سی‌های گیت منطقی را از نظرتعداد گیت و جدول صحت بررسی کنید. جدول شکل ۲۷ـ۴ را کامل کنید.

ردیف	شماره آی‌سی	مدار داخلی	تابع خروجی
۱	۷۴۳۲		
۲	۷۴۰۰		
۳	۷۴۰۲		
۴	۷۴۸۶		
۵	۷۴۰۴		

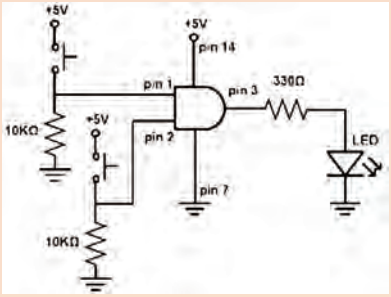


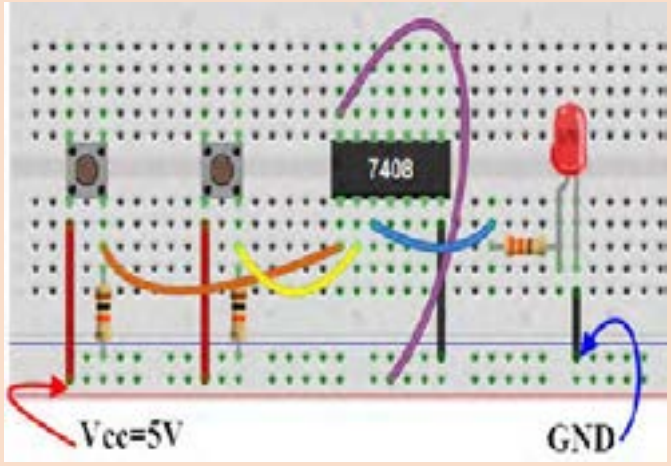
شکل ۲۷ـ۴ جدول شماره آی‌سی‌ها و جدول صحت

توجه

شماره آی سی ها جهت آشنایی با مدار داخلی آن هاست و نیاز به حفظ کردن آن ها و شماره پایه ها نیست.در صورت استفاده باید به برگه اطلاعات هریک در Data Book مراجعه شود.

۵ با استفاده از آی‌سی ۷۴۰۸ مدار شکل ۲۸ـ۴ را روی بردبُرد ببندید.





شکل ۲۸ـ۴ مدار گیت AND

☑ کلیدهای A و B را به‌صورت جداگانه یا با هم تغییر وضعیت دهید و به وضعیت روشن شدن LED توجه کنید. نتایج حاصل را در جدول ۱۲ـ۴ بنویسید.

۶ با استفاده از جدول ۱۲ـ۴ جدول صحت گیت AND را رسم کنید و در مورد عملکرد مدار توضیح دهید.

.....

.....

.....

.....

جدول ۱۲ـ۴

حالت خروجی	وضعیت ورودی‌ها	
F= LED	B	A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

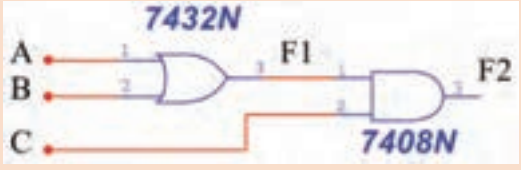
فعالیت

مدار سایر گیت‌های منطقی را ببندید و جدول صحت آنها را به‌دست آورید.

۷ جدول صحت مدار منطقی شکل ۲۹ـ۴ را در جدول ۱۳ـ۴ بنویسید.

جدول ۱۳ـ۴ مدار منطقی

حالت خروجی		وضعیت ورودی‌ها		
F۲=	F۱=	C	B	A



شکل ۲۹ـ۴ مدار منطقی

۸ تابع منطقی F۱ و F۲ در شکل ۲۹ـ۴ را بنویسید

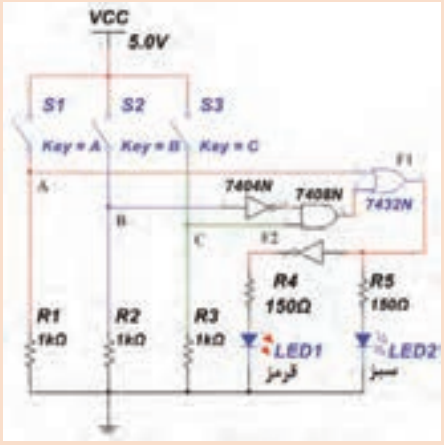
F۱ = ...

F۲ = ...

۹ مدار شکل ۳۰ـ۴ مدار منطقی یک در، با قفل رمزدار سه‌بیتی (S_1، S_2، S_3) برای ورود سه فرد مشخص به داخل محیط کارخود (مانند یک کارگاه تخصصی) است. اگر رمز صحیح وارد شود LED سبز روشن می‌شود در غیراین‌صورت LED قرمز روشن خواهد شد. مدار را روی بردبرُد ببندید.

۱۰ مدار را راه‌اندازی کنید. جدول صحت مدار را به‌دست آورید.

۱۱ سطرهایی که F = ۱ می‌شود را به‌عنوان یک کد سه‌بیتی برای هر فرد در نظر بگیرید و در جدول ۱۴ـ۴، رمز ورود هر فرد را مشخص کنید.



شکل ۳۰ـ۴ مدار قفل

جدول ۱۴ـ۴

ردیف		کد یا رمز ورود
۱	فرد اول	
۲	فرد دوم	
۳	فرد سوم	

ساده‌سازی توابع منطقی (جبر بول) با استفاده از دستگاه Logic Converter نرم‌افزار

یکی از دستگاه‌هایی که در نرم‌افزارهای مختلف از جمله نرم‌افزار مولتی‌سیم وجود دارد ابزار Logic Converter است. این وسیله یک ابزار مناسب جهت برقراری ارتباط بین جدول صحت و تابع است. دستگاه مبدل منطقی (Logic Converter) در نوار ابزار وسایل اندازه‌گیری قرار دارد. با استفاده از این وسیله می‌توانید ورودی‌ها و خروجی را در جدول صحت مشخص کنید، سپس تابع مربوطه را به‌دست آورید. عمل عکس نیز امکان‌پذیر است.

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف حداقل دو نمونه دیگر Logic Converter را بیابید و با آن کار کنید. نتیجه را در قالب یک گزارش به کلاس ارائه دهید.

کار عملی ۳

هدف: کسب مهارت درساده سازی توابع منطقی با نرم افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم التحریر ـ اینترنت ـ رایانه ـ نرم‌افزار مولتی سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر

مراحل اجرای کار

۱ برای شروع کار دستگاه Logic Converter را روی میز کار بیاورید و روی آن دو بار کلیک چپ کنید تا شکل عملیاتی دستگاه روی میز کار ظاهر شود.

روی علامت سؤال در سمت راست شکل ۳۱ـ۴ کلیک چپ کنید و این کار را متوالیاً ادامه دهید، تا خروجی مطابق جدول ۱۵ـ۴ روی دستگاه ایجاد شود.

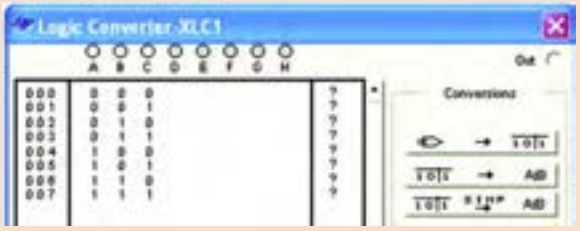
نکته

با هر بار کلیک کردن، علامت سؤال تغییر حالت می‌دهد و به حالت صفر، یک یا X می‌رود.

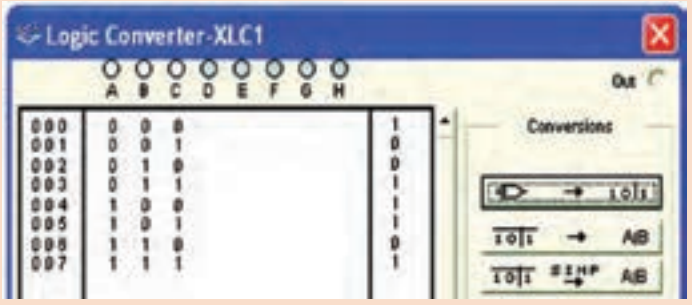
در شکل ۳۲ـ۴ جدول کامل شده را روی دستگاه مشاهده می‌کنید.

جدول ۱۵ـ۴ جدول صحت

خروجی	ورودی‌ها		
Y	C	B	A
۱	۰	۰	۰
۰	۱	۰	۰
۰	۰	۱	۰
۱	۱	۱	۰
۱	۰	۰	۱
۱	۱	۰	۱
۰	۰	۱	۱
۱	۱	۱	۱



شکل ۳۱ـ۴ تنظیم جدول صحت روی دستگاه مبدل منطقی



شکل ۳۲ـ۴ جدول صحت کامل شده روی دستگاه مبدل منطقی

فعالیت

یکی از جدول‌های صحتی را که در مباحث قبل به آن اشاره شده است در نظر بگیرید، با استفاده از Logic Converter تابع آن را به‌دست آورید. این تمرین را برای چند نمونه جدول دیگر انجام دهید تا کاملاً مسلط شوید.

روی کلید 10|1 → A/B دستگاه مبدل منطقی کلیک کنید و در نوار پایین دستگاه عبارت چند جمله‌ای مربوط به تابع که در زیر آمده است، ظاهر می‌شود.

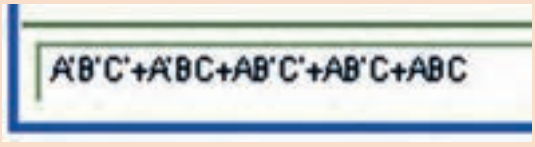
$$Y = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}\,\overline{C} + A\overline{B}C + ABC$$

در شکل ۳۳ـ۴ چند جمله‌ای ظاهر شده در پایین جدول را ملاحظه می‌کنید.

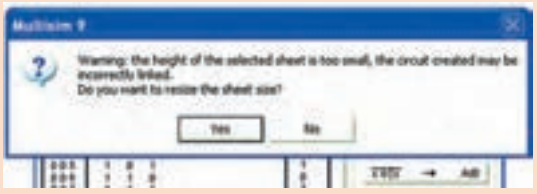
توجه

همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، عملیات ریاضی جبر بول و تبدیل توابع توسط محاسبه‌گرهای مشابه Logic Converter موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم به آسانی اجرا می‌شود، بنابراین عملاً نیازی به یادگیری توابع وجود ندارد و مباحث عنوان شده صرفاً جهت درک دقیق‌تر مفاهیم آمده است.

روی کلید A/B → در دستگاه Logic Converter کلیک کنید. در این حالت دستگاه مبدل منطقی تابع را تبدیل به مدار می‌کند و نقشهٔ آن را می‌دهد. با توجه به ابعاد نقشه، علامت اخطار طبق شکل ۳۴ـ۴ روی صفحه ظاهر می‌شود و از شما می‌پرسد آیا می‌خواهید اندازه‌ها را اصلاح کند؟ برای تأیید گزینهٔ yes را فعال کنید.



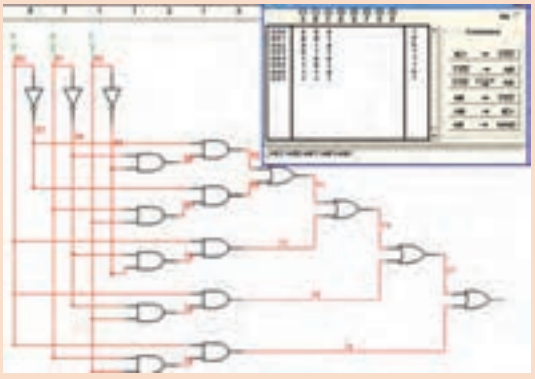
شکل ۳۳ـ۴ چند جمله‌ای ظاهر شده در پایین جدول



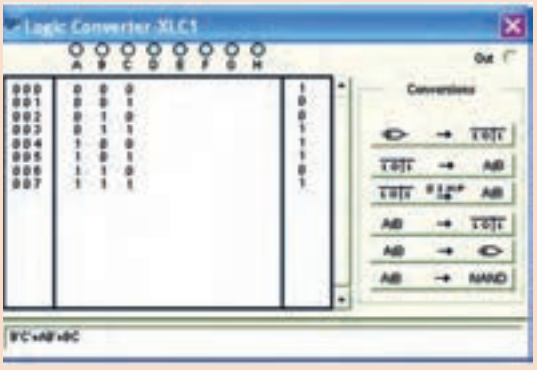
شکل ۳۴ـ۴ اخطار جهت اصلاح ابعاد مدار به منظور ترسیم

پس از فعال کردن A/B → گزینهٔ yes، مجدداً کلید را فعال کنید پس از مدت کمی، نقشهٔ مدار مربوط به تابع Y طبق شکل ۳۵ـ۴ روی صفحه ظاهر می‌شود.

در صورتی که بخواهید ساده‌ترین شکل تابع را بر اساس جبر بول، قوانین دمورگان و جدول کارنو به‌دست آورید، پس از تنظیم جدول صحت روی دستگاه مبدل منطقی، روی زبانهٔ 10|1 SIMP→ A/B کلیک کنید. پس از کلیک کردن تابع ساده شده در زبانهٔ پایین صفحه دستگاه مطابق شکل ۳۶ـ۴ ظاهر می‌شود.



شکل ۳۵ـ۴ نقشهٔ مدار تابع Y



شکل ۳۶ـ۴ ساده‌ترین حالت تابع Y

فعالیت

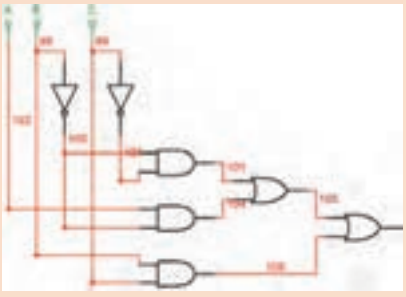
با استفاده از دستگاه Logic Converter نرم‌افزار، یکی از توابع اشاره شده در مباحث قبل را در نظر بگیرید و مدار اصلی آن را به‌دست آورید. این تمرین را برای چند نمونه دیگر اجرا کنید تا کاملاً مسلط شوید.
در شکل ۴ـ۳۶ روی زبانهٔ A/B → کلیک کنید. پس از فعال کردن yes در اخطار داده شده، مدار شکل ۴ـ۳۷ که ساده شدهٔ مدار شکل ۴ـ۳۵ است ظاهر می‌شود.

۲ جدول ۴ـ۹ جدول صحت تابع برای رأی اکثریت یک هیئت داوری سه نفره است. با استفاده از دستگاه Logic Converter آن را ساده کنید و در نهایت مدار آن را در دو حالت معمولی و ساده شده به‌دست آورید و دربارهٔ نتایج به‌دست آمده توضیح دهید.

.....

.....

.....



شکل ۴ـ۳۷ مدار ساده شدهٔ شکل ۴ـ۳۵

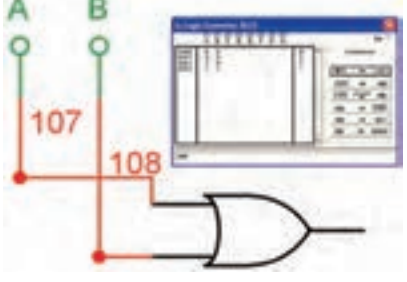
شکل ۴ـ۳۸ جدول صحت با تابع

فعالیت

مدار به‌دست آمده در فعالیت قبل را با استفاده از دستگاه Logic Converter نرم‌افزار ساده کنید. این فعالیت را برای چند نمونه دیگر تکرار کنید تا کاملاً مسلط شوید.

استفاده از دستگاه Logic Converter برای به‌دست آوردن جدول صحت با نوشتن تابع

برای به‌دست آوردن جدول صحت، تابع Y=A+B را در مکان شماره ۱ شکل ۴ـ۳۸ بنویسید، سپس با استفاده از زبانه شماره ۲ در دستگاه مبدل منطقی، جدول تابع تشکیل می‌شود.
با استفاده از زبانهٔ A/B → مدار منطقی را به‌وسیله دستگاه به‌دست آورید. در شکل ۴ـ۳۹ نقشه اتصال تابع Y=A+B به‌دست آمده است.

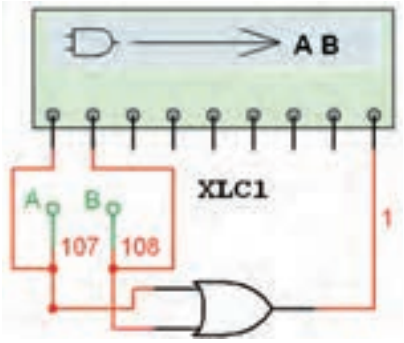


شکل ۴ـ۳۹ به‌دست آوردن Y=A+B

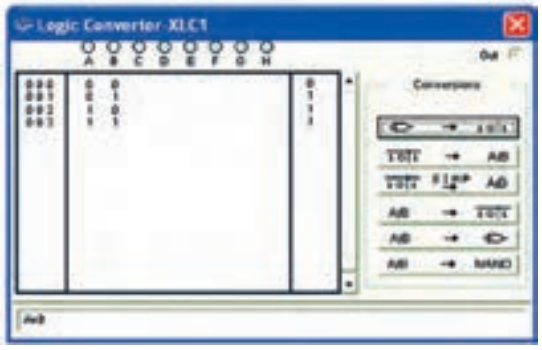
☑ به‌دست آوردن تابع یک مدار منطقی (دیجیتال) با استفاده از دستگاه Logic Converter

برای به‌دست آوردن تابع، طبق شکل ۴ـ۴۰ ورودی‌های مدار را به دو ترمینال سمت چپ دستگاه نرم‌افزار و خروجی آن را به اولین ترمینال در سمت راست وصل کنید.

روی صفحهٔ دستگاه مبدل منطقی دو بار کلیک کنید. طبق شکل ۴ـ۴۱ تابع منطقی خروجی مدار و جدول صحت آن روی صفحه ظاهر می‌شود.



شکل ۴ـ۴۰ نحوهٔ اتصال مدار دیجیتالی به دستگاه مبدل منطقی



شکل ۴ـ۴۱ به‌دست آوردن تابع و جدول صحت با استفاده از دستگاه مبدل منطقی

کار عملی ۴

تبدیل جدول صحت به تابع بولی و مدار عملی در نرم‌افزار

هدف: کسب مهارت در استفاده از دستگاه Logic Converter موجود در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم‌التحریر ـ رایانه ـ نرم‌افزار

مراحل اجرای کار

۱ رایانه را روشن کنید و نرم‌افزاری را که در آن Logic Converter وجود دارد فعال کنید.

۲ دستگاه Logic Converter را روی میز کار بیاورید.

۳ جدول صحت شماره ۴ـ۱۶ را با توجه به آموخته‌های خود در دستگاه وارد کنید.

۴ با فعال کردن کلید مرتبط تابع بولی جدول صحت را به‌دست آورید.

۵ با فعال کردن کلید مربوطه مدار منطقی را به‌دست آورید.

۶ با استفاده از دستگاه Logic Converter تابع را ساده کنید و مدار آن را به‌دست آورید و برای ارزشیابی به مربی کارگاه تحویل دهید.

جدول ۴ـ۱۶ جدول صحت

A	B	C	F
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۱
۰	۱	۰	۱
۰	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۰

الگوی پرسش

۱ ویژگی‌های دستگاه‌های دیجیتال کدام گزینه است؟

الف) سرعت، دقت و حجم کم　　ب) دقت، سرعت و حجم کم، تنوع و سادگی در ذخیره و انتقال اطلاعات

پ) سرعت، دقت و حجم زیاد　　ت) دقت و سرعت زیاد، حجم کم، تنوع و سادگی انتقال اطلاعات

۲ برای اینکه لامپی را بتوانیم هم زمان با فشردن دو کلید روشن کنیم کلیدها را به‌صورت سری ☐ موازی ☐ می‌بندیم.

۳ مدار شکل ۴ـ۴۲ معادل کدام است؟

الف) AND　　ب) OR　　پ) NAND　　ت) NOR

۴ به ۸ بیت..... می‌گویند.

۵ گیت ..... دارای یک ورودی است.

۶ گیت NAND از ترکیب دو گیت ..... و ..... ساخته می‌شود.

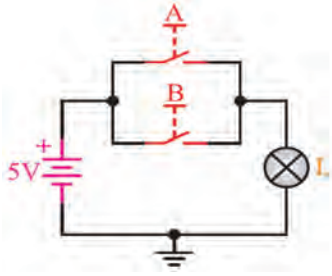
۷ مدار منطقی شکل ۴ـ۴۳ معادل کدام گیت منطقی است؟

۸ جدول صحت خروجی F را، در جدول ۴ـ۱۷ مشاهده می‌کنید، رابطه خروجی تابع را بنویسید.

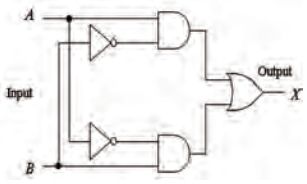
۹ تابع منطقی خروجی‌های F۱ و F۲ مدارهای منطقی شکل ۴ـ۴۴ را بنویسید.

جدول ۴ـ۱۷

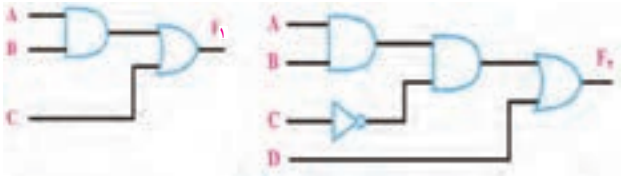
A	B	C	F
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۱
۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۰
۱	۱	۱	۱



شکل ۴ـ۴۲



شکل ۴ـ۴۳



شکل ۴ـ۴۴

۱۰ مدار منطقی تابع های زیر را ترسیم کنید.

الف) F=A+BCD　　ب) F=A+BC+D′　　پ) F=BC+AC+B′C′

الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری

۱ تابع F را به کمک دستگاه Logic Converter ساده کنید.

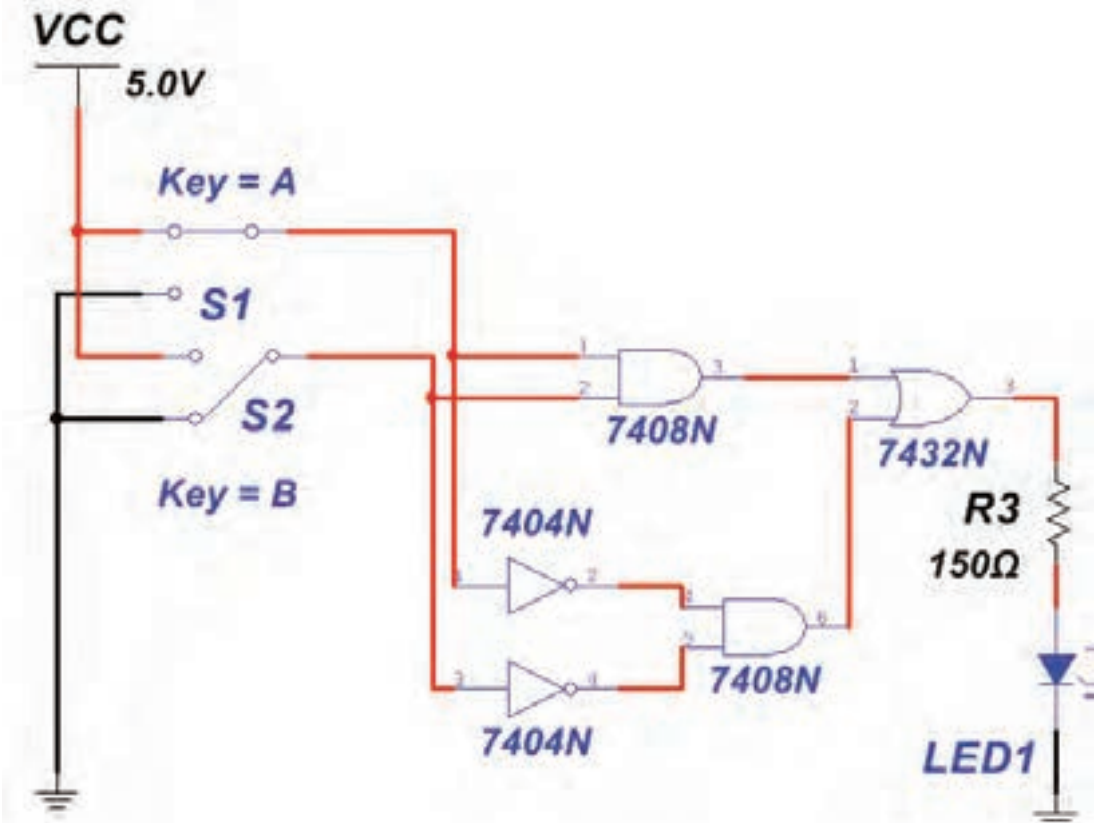
$F=A'BC'+ABC+A'B'C'+AB'C$

۲ مدار منطقی آن را ببندید.

الگوی آزمون عملی پایان واحد یادگیری با قطعات واقعی

۱ مدار شکل ۴۵ـ۴ را روی بردبرُد ببندید.

۲ کلیدهای A و B را به‌صورت جداگانه یا با هم تغییر وضعیت دهید و به وضعیت روشن شدن LED توجه کنید. جدول صحت مدار را به‌دست آورید.



شکل ۴۵ـ۴

ارزشیابی شایستگی

شرح کار:
۱ تشریح سامانه اعداد
۲ تشریح عملکرد گیت‌های پایه و ترکیبی
۳ ساده‌سازی توابع مدارهای منطقی با نرم‌افزار

استاندارد عملکرد:
کار با دروازه‌های منطقی و مدارهای ترکیبی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آن

شاخص‌ها:
۱ تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر (۱۰ دقیقه)
۲ تشریح دروازه‌های منطقی و استفاده از لاجیک کنورتور (۲۰ دقیقه)
۳ استخراج اطلاعات مهم در ارتباط با دروازه‌های منطقی از برگه‌های اطلاعات (۳۰ دقیقه)
۴ شبیه‌سازی دروازه‌های منطقی با نرم‌افزار مرتبط (۲۰ دقیقه)
۵ بستن مدار دروازه‌های منطقی با آی‌سی (۲۰ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط : مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ متر مربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۱۸°C ـ ۲۷°C) و مجهز به وسایل اطفاء حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار مجهز ـ انجام کار در حال نشسته ـ رایانه ـ اینترنت ـ لوازم‌التحریر ـ نرم‌افزارهای مورد نیاز ـ بردبُرد ـ دیود نورانی LED ـ ذره‌بین ـ مقاومت‌های ۱۵۰ Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات ـ ۳۳۰ Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات و ۱۰ KΩ، $\frac{۱}{۴}$ وات ـ سیم‌های بردبُرد ـ میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد ـ کلید شستی کوچک (SPST Push Button) ـ کلید یک پل کوچک ـ برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال ـ آی‌سی‌های ۷۴۰۰،۷۴۰۲،۷۴۰۴،۷۴۰۸،۷۴۳۲،۷۴۸۶

معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر با نرم‌افزار	۱	
۲	تشریح دروازه‌های منطقی و استفاده از LOGIC CONVERTER	۲	
۳	استخراج اطلاعات مهم در ارتباط با دروازه‌های منطقی از برگه‌های اطلاعات	۱	
۴	شبیه‌سازی دروازه‌های منطقی با نرم‌افزار مرتبط و یافتن مواردی مانند تابع و جدول صحت آن	۲	
۵	بستن سخت‌افزاری مدار دروازه‌های منطقی با آی‌سی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

واحد یادگیری ۵

مدارهای کاربردی دیجیتالی

آیا تا به‌حال فکر کرده‌اید

- طراحی مدارهای منطقی پیشرفته براساس یک اصول واحد صورت می‌گیرد.
- چرا در طراحی مدارهای دیجیتالی از تراشه‌های (IC) آماده استفاده می‌شود؟
- در ماشین‌حساب محاسبات ریاضی مانند عمل جمع و تفریق چگونه انجام می‌شود؟
- برای آدرس‌دهی، جهت فرمان دادن به دستگاه‌ها چه نوع مداری به‌کار می‌رود؟
- در سامانه‌های دیجیتالی، اطلاعات طی چه مراحلی و به چه صورت ثبت و ذخیره می‌شود؟
- در مدارهای دیجیتالی، اطلاعات چگونه در قسمت‌های مختلف جابه‌جا می‌شود؟
- نمایش زمان در مدارهای چراغ‌های راهنمایی دیجیتال با چه نوع مداری صورت می‌گیرد؟
- دستگاه فرکانس متر دیجیتالی چه اجزایی دارد و چگونه کار می‌کند؟

برای درک عملکرد مدارهای کاربردی نیاز به تحلیل مدارهایی مانند مدارهای ترکیبی و ترتیبی است. در این مدارها تابع یا تابع‌های خروجی برحسب متغیرهای ورودی و از روی مدار منطقی داده شده به‌دست می‌آید. در طراحی هر نوع مدار منطقی، خروجی‌ها به‌طور هم‌زمان وابسته به تغییرات متغیرهای ورودی هستند و از اصول طراحی مدارهای ترکیبی تبعیت می‌کنند. در این واحد یادگیری به تشریح این‌گونه مدارها به‌طور اجمالی و اختصاری می‌پردازیم و چند نمونه مدار کاربردی را عملاً اجرا می‌کنیم. مدار محاسبه‌گر (عملیات ریاضی)، مدار مبدل ارقام بر روی نمایشگر (رمزگشاها) و مبدل صفحه کلید به ارقام باینری (رمزگذار) از مدارهای ترکیبی خاص به شمار می‌آیند. مدارهای ترتیبی، مدارهایی منطقی هستند که خروجیِ آنها تابع وضعیت زمان حال و گذشته متغیرهایِ ورودی مدار است. در این مدارها از عناصرِ حافظه (فلیپ فلاپ) استفاده می‌شود. مدارهایی مانند حافظه‌ها، ثبات‌ها (رجیسترها)، شمارنده‌ها و ساعت دیجیتالی، مدارهای ترتیبی هستند. یادآوری می‌شود که برای تحلیل، بررسی و اجرای عملی یک مدار کاربردی، باید در تمام مراحل، نکات ایمنی و بهداشتی و توجه به مهارت‌های غیرفنی مانند کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، پایبندی به نظم و ترتیب که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، رعایت شود.

استانداردعملکرد

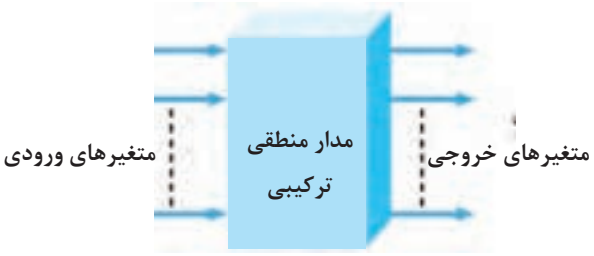
بستن مدارهای کاربردی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آن

۱ـ۵ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

لوازم‌التحریر ـ رایانه ـ نرم‌افزارهای مورد نیاز ـ بردبُرد ـ دیود نورانی LED ـ مقاومت‌های ۱۵۰Ω، $\frac{1}{4}$ وات ـ ۳۳۰ Ω، $\frac{1}{4}$ وات ـ سیم‌های بردبُرد ـ میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد ـ کلید یک پل کوچک ـ برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال ـ آی‌سی‌های ۷۴۸۳ـ۷۴۴۷ـ۷۴۲۹۳

مدارهای ترکیبی

مدارهای ترکیبی، مدارهایی هستند که خروجی‌های آن به‌طور هم‌زمان به ورودی‌های آن وابسته است. مدار ترکیبی شامل متغیرهای ورودی، دروازه‌های منطقی و متغیرهای خروجی است. شکل ۱ـ ۵ بلوک دیاگرام مدار ترکیبی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۵ بلوک دیاگرام مدار ترکیبی

اصول طراحی مدارهای ترکیبی

برای طراحی مدارهای منطقی ترکیبی مراحل زیر به ترتیب انجام می‌شود.

توجه

هدف از بیان این قسمت، آموزش طراحی مدار دیجیتال نیست، بلکه هدف آشنایی کلی با فرایند و مراحل طراحی است. هنرجویان علاقه‌مند به طراحی مدارهای دیجیتالی می‌توانند به منابع متعددی که در این زمینه وجود دارد مراجعه کنند.

- ☑ تحلیل مسئله تعریف شده و تعیین تعداد ورودی و خروجی مورد نیاز و در نهایت رسم بلوک دیاگرام.
- ☑ تشکیل جدول صحت و نوشتن تابع منطقی مدار و ساده‌سازی آن.

در این قسمت بعضی از مدارهای ترکیبی با کاربردهای ویژه، که مصرف عام دارند و به‌صورت تراشه‌های (IC) تجارتی عرضه می‌شوند را معرفی می‌کنیم. در هر مورد، اصول کار مدار را با توجه به مفاهیم اساسی جبربول بیان می‌کنیم، سپس بحث را با معرفی تراشه‌های تجارتی به پایان می‌رسانیم. علت انتخاب این روش نگاه سیستمی به مدار است.

مدارهای جمع‌کننده

☑ جمع‌کننده ناقص H.A (Half Adder)

جمع دو عدد تک‌بیتی باینری را می‌توان با مداری به نام جمع‌کننده ناقص یا به اختصار H.A انجام داد، شکل ۲ـ۵ بلوک دیاگرام جمع‌کننده ناقص را نشان می‌دهد.

شکل ۲ـ۵ بلوک دیاگرام جمع‌کننده ناقص

این مدار دو ورودی (A و B) و دو خروجی (S و C) دارد، خروجی‌ها مجموع ارقام ورودی‌ها هستند. در خروجی، رقم اول حاصل جمع را با S (SUM) و رقم نقلی را با C (Carry) مشخص می‌کنند.
در شکل ۳ـ۵ مدار جمع‌کننده ناقص با گیت‌های دیجیتالی رسم شده است. جدول صحت جمع دو بیت A و B را در جدول ۱ـ۵ مشاهده می‌کنید.

بحث کنید

هدف از رقم نقلی چیست؟ با مراجعه به اسناد مختلف مفهوم آن را بیابید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه کنید.

جدول ۱ـ۵ جدول صحت H.A

A	B	C	S	
0	0	0	0	0+0=0
0	1	0	1	0+1=1
1	0	0	1	1+0=1
1	1	1	0	1+1=10

شکل ۳ـ۵ مدار جمع‌کننده ناقص

شکل ۴ـ۵ IC جمع‌کننده ۴ بیتی

☑ جمع‌کننده چهار بیتی

برای جمع کردن دو عدد چهار بیتی $A(A_4A_3A_2A_1)$ و $B(B_4B_3B_2B_1)$ می‌توانید از تراشه ۷۴۸۳ که یک جمع‌گر چهار بیتی است استفاده کنید. شکل ۴ـ۵ این تراشه را نشان می‌دهد.

کار عملی۱

بستن مدار ترکیبی جمع‌کننده ناقص و جمع‌کننده چهاربیتی به‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

هدف: کسب مهارت در بررسی عملکرد مدارهای ترکیبی

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم‌التحریر ـ اینترنت ـ رایانه ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر ـ دیود نورانی LED قرمز و سبز ـ مقاومت‌های ۱۰۰Ω، $\frac{1}{4}$ وات ـ بِردبُرد ـ سیم‌های بِردبُرد ـ میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد ـ کلید یک پل کوچک (مینیاتوری، قابل نصب روی بردبرد) ـ برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال ـ آی‌سی ۷۴۸۳

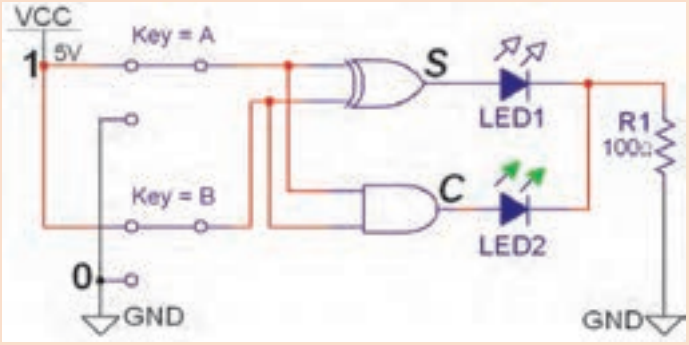
مراحل اجرای کار

۱ مدار جمع‌کننده ناقص را مطابق شکل ۵ـ۵ روی میز کار نرم‌افزار ببندید.

۲ با تغییر وضعیت کلیدها در مدار شکل ۵ـ۵ جدول صحت مدار جمع‌کننده ناقص ۲ـ۵ را کامل کنید.

جدول ۲ـ۵ جمع‌کنندهٔ ناقص

A	B	Co	S
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		



شکل ۵ـ۵ مدار عملی جمع‌کننده ناقص

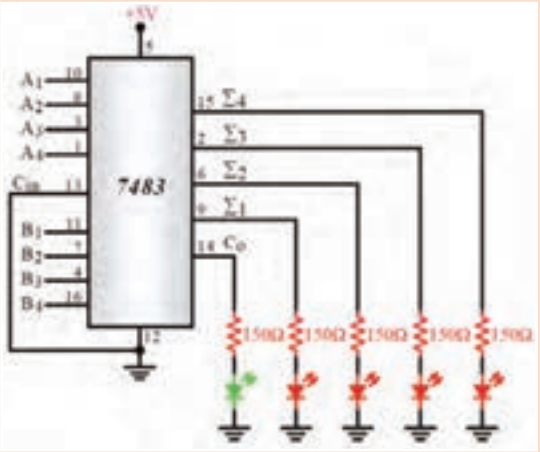
۳ در کدام حالت از ورودی‌ها، بیت نقلی ظاهر شده است؟

۴ مدار شکل ۶ـ۵ یک جمع‌کننده ۴ بیتی با آی‌سی ۷۴۸۳ است. مدار را روی برد بُرد ببندید.

۵ با انتخاب مقادیر مختلف برای دو عدد باینری چهاربیتی

$A = A_۴ A_۳ A_۲ A_۱$ و $B = B_۴ B_۳ B_۲ B_۱$

وضعیت خروجی جمع‌گر را مشاهده کنید. وضعیت روشن شدن لامپ‌ها، عدد باینری خروجی را نشان می‌دهد. می‌توانید از جدول ۳ـ۵ کمک بگیرید.



شکل ۶ـ۵

جدول ۳ـ۵ جمع‌کننده ۴ بیتی

عدد حاصل	وضعیت بیت‌های خروجی					وضعیت بیت‌های عدد B					وضعیت بیت‌های عدد A				
	$S_۱$	$S_۲$	$S_۳$	$S_۴$	$C_۰$	$B_۱$	$B_۲$	$B_۳$	$B_۴$	عدد B	$A_۱$	$A_۲$	$A_۳$	$A_۴$	عدد A
۵	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۳
						۰	۱	۱	۰		۱	۰	۰	۱	
						۱	۰	۱	۰		۰	۱	۱	۱	
						۱	۱	۰	۰		۱	۰	۰	۱	

مقایسه‌کننده تک‌بیتی

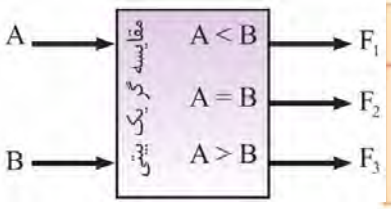
فیلم

فیلم مربوط به مدارهای مقایسه‌کننده را ببینید.

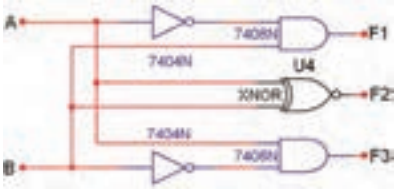
مدار مقایسه‌گر تک‌بیتی باینری، در ورودی دو عدد یک‌رقمی باینری (A و B) را دریافت می‌کند و در خروجی حاصل مقایسه را به‌صورت A>B یا A=B یا A < B مشخص می‌کند. در شکل ۵ـ۷ بلوک دیاگرام مقایسه‌کننده تک‌بیتی نشان داده شده است. در جدول ۵ـ۴، جدول درستی مقایسه‌گر دو عدد یک رقمی باینری رسم شده است. مدار مقایسه‌گر با گیت‌های دیجیتالی را در شکل ۵ـ۸ مشاهده می‌کنید.

جدول ۵ـ۴

A	B	F_1 A < B	F_2 A = B	F_3 A > B
0	0	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	1	0	1	0



شکل ۵ـ۷ بلوک دیاگرام مدار مقایسه‌کننده تک بیتی



شکل ۵ـ۸ مدار مقایسه‌کننده تک بیتی

فعالیت

با توجه به جدول ۵ـ۴ تابع منطقی F_1، F_2 و F_3 را بنویسید.

F_1 = ...

F_2 = ...

F_3 = ...

کارگروهی

آیا می‌توانید در مدار شکل ۵ـ۸، خروجی F_2 را با گیت دیگری طراحی کنید؟ با همکار گروه خود بحث کنید و مدار جدید را در نمودار شکل ۵ـ۹ رسم کنید.

شکل ۵ـ۹

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف شماره آی‌سی مقایسه‌کننده ۴ بیتی را شناسایی کنید. جدول صحت و نحوه بستن مدار آن را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

پرسش

در فرایند ورود کارت اعتباری به دستگاه ATM آیا مقایسه‌ای صورت می‌گیرد، چگونه؟ توضیح دهید.

کار عملی۲

مقایسه‌گر تک‌بیتی با نرم‌افزار

هدف: بررسی مدار مقایسه‌گر دو عدد یک رقمی باینری در نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مناسب ـ رایانه ـ لوازم‌التحریر

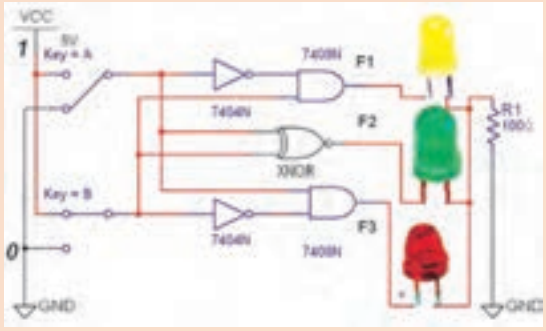
مراحل اجرای کار

۱ مدار مقایسه‌گر یک بیتی شکل ۱۰ـ۵ را روی محیط کار نرم‌افزار ببندید.

۲ ورودی A و B را طبق جدول صحت ۵ـ۵ تغییر وضعیت دهید و وضعیت خروجی‌های مدار را با توجه به ورودی‌ها مشخص کنید و در جدول ۵ـ۵ بنویسید.

جدول ۵ـ۵ مقایسه‌کننده تک‌بیتی

ورودی‌ها		F_1	F_2	F_3
A	B	A<B	A=B	A>B
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			



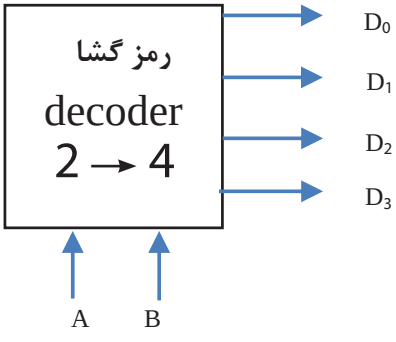
شکل ۱۰ـ۵ مدار عملی مقایسه‌کننده یک بیتی

مدارهای رمزگشا (Decoder)

فیلم

فیلم مربوط به مدارهای رمزگشا را ببینید.

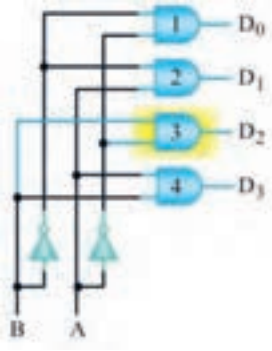
در ورودی رمزگشا، کد باینری اعمال می‌شود. به ازای هر عدد باینری یکی از خروجی‌ها در تراز (۰) یا (۱) منطقی قرار می‌گیرد. شکل ۱۱ـ۵ بلوک دیاگرام رمزگشای (۲ به ۴) را نشان می‌دهد. اگر خروجی در تراز (۱) منطقی قرار گیرد رمزگشا را حالت فعال (۱) یا (Active High) می‌گویند. اگر خروجی رمزگشا در تراز (۰) منطقی قرار گیرد حالت فعال (۰) یا (Active Low) گویند. در شکل ۱۲ـ۵ مدار رمزگشای دو به چهار و در جدول ۶ـ۵، جدول درستی این رمزگشا نشان داده شده است.



شکل ۱۱ـ۵ بلوک دیاگرام رمزگشا

جدول ۶ـ۵ رمزگشا دو به چهار

B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1



شکل ۱۲ـ۵ مدار رمزگشا دو به چهار

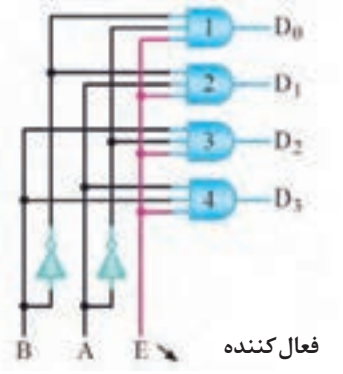
در مدارهای ترکیبی می‌توان با یک خط کنترل به نام تواناساز (Enable) خروجی را تحت کنترل درآورد. با فعال شدن پایه En خروجی‌ها می‌توانند فعال شوند. در صورتی‌که ورودی تواناساز En صفر باشد، خروجی فعال نخواهد شد. مدار رمزگشای دو به چهار، شکل ۱۳ـ۵ دارای ورودی تواناساز است. جدول صحت آن را در جدول ۷ـ۵ مشاهده می‌کنید.

پرسش

آیا با فشار دادن دکمه‌ای مربوط به عدد در صفحه کلید تلفن و ظاهر شدن عدد مربوطه روی صفحه نمایش عمل رمزگشایی رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

جدول ۷ـ۵ جدول صحت دکودر ۴ → ۲ با خط تواناساز

E	B	A	D_0	D_1	D_2	D_3
0	X	X	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1



شکل ۱۳ـ۵

تحقیق کنید

با مراجعه به منابع معتبر، آی‌سی با عملکرد رمزگشای ۳ به ۸ را بیابید. شماره فنی آی‌سی، مشخصات پایه‌ها و جدول صحت آن را به‌صورت گزارش به کارگاه ارائه دهید.

یکی از کاربردهای مهم مدارهای رمزگشا اجرای توابع منطقی است. زیرا استفاده از این مدارها سبب کاهش گیت‌های منطقی و ساده‌سازی حجم مدارهای دیجیتالی می‌شود.

فعالیت

با مراجعه به کتاب همراه هنرجو و اجرای تابع با مدار رمزگشا فرایند را تحلیل کنید و مدار آن را با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز به اجرا درآورید.

کار عملی ۳

بررسی مدار رمزگشای ۴ → ۲ در نرم‌افزار

هدف: بررسی مدار رمزگشای ۴ → ۲ و تکمیل جدول درستی آن

مواد، ابزار و تجهیزات: نرم‌افزار مناسب ـ رایانه ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ نرم‌افزار را فعال کنید.

۲ مدار شکل ۱۴ـ۵ را روی محیط نرم‌افزار ببندید.

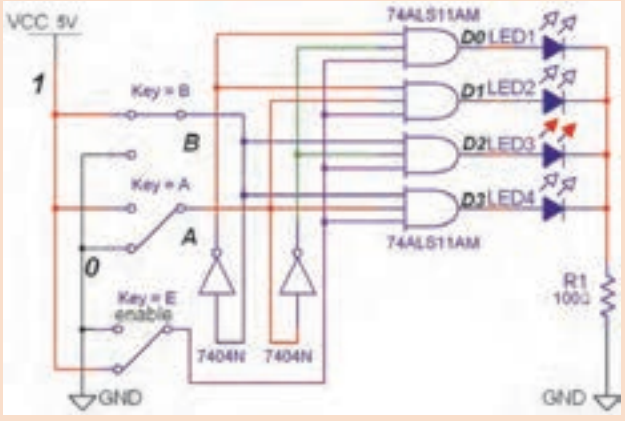
۳ ورودی توانساز (E_n) را در صفر قرار دهید. ورودی A و B را تغییر دهید. آیا در خروجی‌ها تغییری حاصل می‌شود؟

.....

۴ ورودی توانساز (E_n) را در وضعیت (۱) قرار دهید، سپس با تغییر ورودی‌ها، جدول ۸ـ۵ را کامل کنید.

جدول ۸ـ۵ جدول صحت رمزگشای ۲ به ۴

E_n	A	B	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	X	X				
۱	۰	۰				
۱	۰	۱				
۱	۱	۰				
۱	۱	۱				



شکل ۱۴ـ۵ مدار عملی رمزگشای ۲ به ۴

مدارهای مالتی‌پلکسر (Multiplexer)

فیلم

فیلم مربوط به مدارهای مالتی‌پلکسر را ببینید.

مالتی‌پلکسر یا Data Selector Logic مدارهایی هستند که به‌وسیله خطوط آدرس، اطلاعات خطوط ورودی را به یک خط خروجی انتقال می‌دهند. هر مالتی‌پلکسر با m خط ورودی و یک خط خروجی به N خط آدرس نیاز دارد به‌طوری که رابطه $m=2^N$ برقرار است.

در شکل ۱۵ـ۵ بلوک دیاگرام و جدول صحت یک مالتی‌پلکسر ۱ ← ۴ را مشاهده می‌کنید. برای چهار خط ورودی به دو خط آدرس (A و B) نیاز داریم.

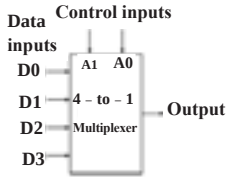
در شکل ۱۶ـ۵ مدار یک مالتی‌پلکسر ۱ ← ۴ با گیت‌های منطقی رسم شده است. در این مدار مثلاً اگر کد خط آدرس (۱۰) باشد ورودی سوم D۲ و اگر (۰۱) باشد، مطابق شکل ۱۶ـ۵ ورودی دوم D۱ را به خروجی وصل می‌کند. در این شکل با آدرس A۱Ao=۱۰ اطلاعات خط D۲ به خروجی منتقل می‌شود.

☑ مالتی‌پلکسرها با ورودی‌های بیشتر به‌صورت آی‌سی به بازار عرضه می‌شود. آی‌سی ۷۴۱۵۱ یک مالتی‌پلکسر ۸ به ۱ با سه خط آدرس‌دهی است. یکی از کاربردهای مالتی‌پلکسر مانند رمزگشاها اجرای توابع منطقی است.

در شکل ۱۷ـ۵ تابع

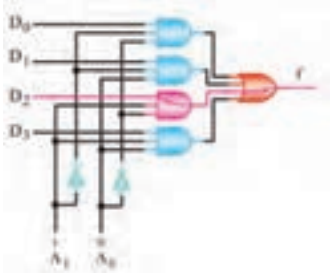
$$F=\frac{A\overline{B}\overline{C}}{۴}+\frac{A\overline{B}C}{۵}+\frac{\overline{A}BC}{۳}+\frac{ABC}{۷}+\frac{AB\overline{C}}{۶}$$

با یک آی‌سی مالتی‌پلکسر ۷۴۱۵۱ اجرا شده است.

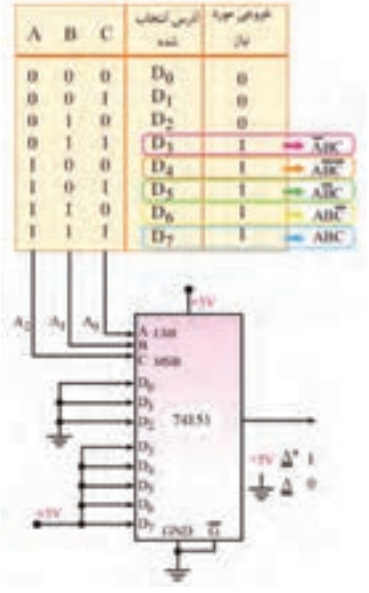


Control Inputs		Output
A	B	Y
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

شکل ۱۵ـ۵ بلوک دیاگرام و جدول صحت مالتی پلکسر ۴ به ۱



شکل ۱۶ـ۵ مالتی‌پلکسر ۴ به ۱



شکل ۱۷ـ۵ اجرای تابع با مالتی‌پلکسر ۸ به ۱

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، نمونه‌های دیگر از آی‌سی مالتی‌پلکسر بیابید و عملکرد آن را با استفاده از برگه اطلاعات تجزیه و تحلیل کنید. نتیجه را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

مدارهای ترتیبی

فیلم

فیلم مربوط به مدارهای ترتیبی را ببینید.

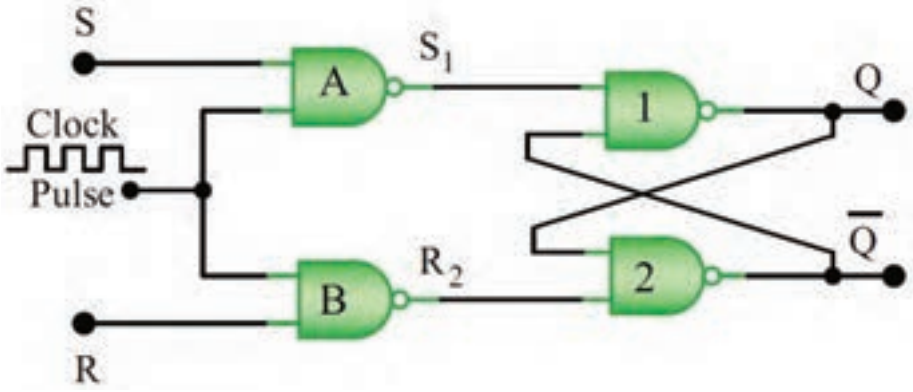
همان‌طور که مشاهده کردید خروجی مدارهای منطقی ترکیبی، در هر لحظه تابع معینی از ورودی‌های آنها در همان لحظه است. به عبارت دیگر با تغییر هم زمان ورودی‌های مدار، خروجی‌های آن نیز متناسب با ورودی‌ها تغییر می‌کند. مدارهای ترکیبی توانایی نگهداری و به خاطرسپاری حالت‌های ورودی را ندارند. ماشین‌های حسابگر و سیستم‌های کنترل دیجیتالی، برای نگهداری اطلاعات و استفاده مکرر از آنها نیاز به حافظه دارند. مدارهای دارای حافظه را مدارهای ترتیبی می‌نامند. این مدارها قابلیت به خاطرسپاری (در حافظه نگهداشتن) ترتیب پیامدها را دارند. ممکن است یک مدار ترتیبی بیش از یک ورودی یا خروجی داشته باشد. در اغلب مدارهای ترتیبی زمان تغییر وضعیت یا پذیرش اطلاعات جدید را به کمک یک سیگنال کنترل خاص، که پالس ساعت (Clock Pulse) نامیده می‌شود، تعیین می‌کنند.

فلیپ‌فلاپ‌ها

فلیپ‌فلاپ‌ها ساده‌ترین مدارهای ترتیبی هستند، که از آنها به‌منظور سلول حافظه برای ذخیره و نگهداری اطلاعات استفاده می‌کنیم. با چند فلیپ‌فلاپ می‌توانیم یک رجیستر یا یک شمارنده ساخت. علاوه بر این، برای تقسیم فرکانس، آشکارسازی فاز و نظایرآن باید از فلیپ‌فلاپ‌ها استفاده کرد.

☑ فلیپ‌فلاپ R_S

مدار فلیپ‌فلاپ SR را در شکل ۱۸ـ۵ مشاهده می‌کنید. در این مدار، پالس ساعت (Clock Pulse) به‌عنوان یک سیگنال فعال‌ساز عمل می‌کند.



شکل ۱۸ـ۵ مدار فلیپ‌فلاپ SR ساعتی

S اول کلمه Set به معنی تنظیم کردن، پرکردن و R اول کلمه Reset به‌معنی بازگشت به‌حالت اولیه یا پاک کردن است.

پژوهش

در مورد فلیپ‌فلاپ R_S ساعتی، جدول درستی و عیب آن پژوهش کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

ساخت فلیپ‌فلاپ‌ها سیر تکاملی طولانی را طی نمود و نوع J_K_M_S کامل‌ترین آنها است.

پژوهش

در مورد ساختمان فلیپ‌فلاپ J_K_M_S ، D و T و جدول درستی آنها تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

انواع متداول فلیپ‌فلاپ‌ها به همراه کاربرد آنها در جدول ۹ـ۵ آورده شده است. فلیپ‌فلاپ JK_MS، در میان فلیپ فلاپ‌ها دارای بیش‌ترین کاربرد است.

جدول ۹ـ۵ انواع فلیپ فلاپ

فلیپ فلاپ	کاربرد
JK_MS_FF	ساخت فلیپ فلاپ D و T
FF_D	از این فلیپ فلاپ به عنوان یک سلول ثبّات (ثبت کننده) استفاده می‌کنند.
FF_T	از فلیپ فلاپ T اغلب به عنوان تقسیم‌کننده فرکانس در ساختمان مدارهای ساعت یا شمارنده استفاده می‌شود.

کار عملی ۴

بستن یک نمونه مدارهای ترتیبی به‌صورت نرم‌افزاری

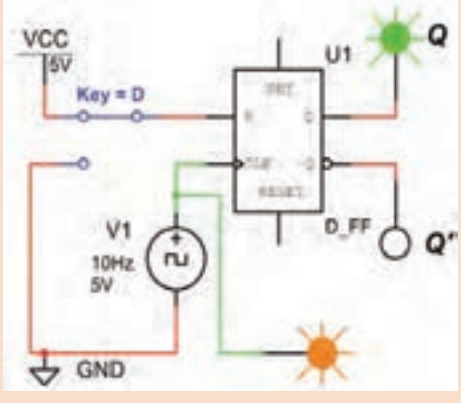
هدف: کسب مهارت در بررسی عملکرد مدارهای ترتیبی

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم‌التحریر ـ اینترنت ـ رایانه ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر

مراحل اجرای کار

۱ فلیپ‌فلاپ D را از نوار Component و Misc Digital نرم‌افزار مولتی سیم انتخاب کنید و آن را روی میز کار نرم‌افزار بیاورید.

۲ مدار شکل ۱۹ـ۵ را در فضای نرم‌افزار ببندید. کلید ورودی D را تغییر وضعیت دهید و حالت خروجی را پس از مشاهده در جدول ۱۰ـ۵ یادداشت کنید.



شکل ۱۹ـ۵ مدار فلیپ‌فلاپ D

جدول ۱۰ـ۵ جدول صحت فلیپ‌فلاپ D

cp	D	Q(t)	$\overline{Q}(t)$
	۰		
	۱		

سؤال:

اگر D=۱ باشد، بعد از پنج پالس ساعت، خروجی مولد در چه وضعیتی قرار می‌گیرد؟ شرح دهید.

تحقیق

فلیپ‌فلاپ با کدام حالت پالس ورودی تحریک می‌شود؟ در مورد چگونگی عملکرد فلیپ‌فلاپ‌ها بر اساس پالس ساعت تحقیق کنید. نتایج تحقیق را به کلاس ارائه دهید.

شیفت رجیسترها (Shift Registers)

شیفت رجیسترها برای ثبت وحفظ اطلاعات باینری به‌صورت موقتی به کارمی‌روند. علاوه بر این، می‌توان از آنها برای انتقال اطلاعات نیز استفاده کرد. شیفت رجیسترها به علت کاربرد وسیعی که در سیستم‌های دیجیتالی دارند با قابلیت‌های متفاوت و تنوع زیاد در بازار یافت می‌شوند. در جدول ۱۱ـ۵ انواع شیفت رجیسترها از نظر چگونگی ورود و خروج اطلاعات (۰ و ۱ باینری) آورده شده است.

جدول ۱۱ـ۵ انواع شیفت رجیستر

Serial input ـ Serial output (SISO)	ورودی سری ـ خروجی سری
Serial input ـ Paralell output (SIPO)	ورودی سری ـ خروجی موازی
Paralell input ـ Serial output (PISO)	ورودی موازی ـ خروجی سری
Paralell input ـ Paralell output (PIPO)	ورودی موازی ـ خروجی موازی

کار عملی ۵

مدار شیفت‌رجیستر ورودی سری ـ خروجی موازی در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد مدار شیفت‌رجیستر SIPO

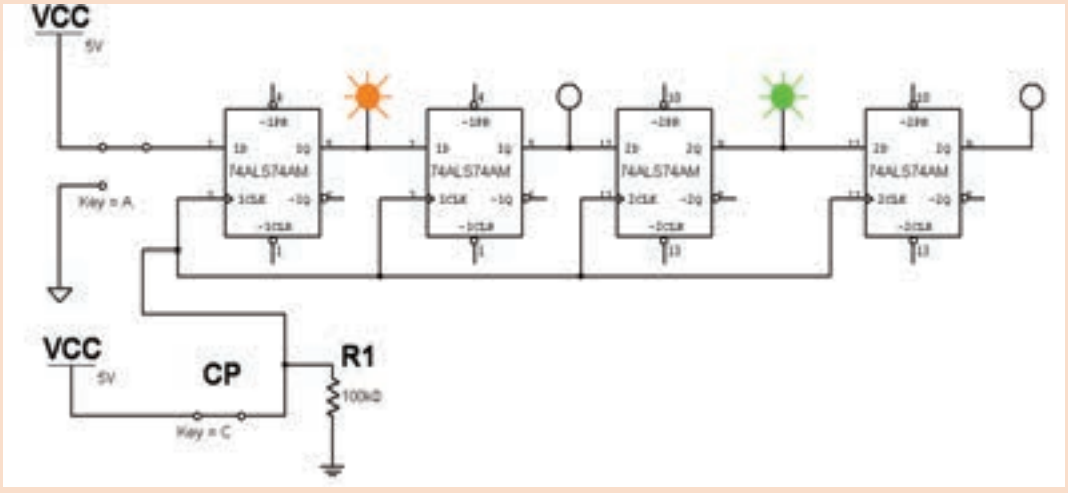
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ نرم‌افزار را فعال کنید.

۲ مدار شکل ۲۰ـ۵ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

۳ شکل ۲۰ـ۵ مدار شیفت رجیستر «ورودی سری ـ خروجی موازی» را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰ـ۵ شیفت رجیستر «ورودی سری ـ خروجی موازی»

۴ با تغییر حالت کلیدهای A و C طبق جدول صحت ۱۲ـ۵، جدول را کامل کنید.

جدول ۱۲ـ۵ جدول صحت

پالس ساعت	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
اولین				
دومین				
سومین				
چهارمین				

نکته

برای نتیجه‌گیری دقیق از این آزمایش لازم است که پس از راه‌اندازی مدار، ابتدا اطلاعات اولین بیت را وارد کنید (با تغییر کلیدA). سپس کلید C را ابتدا از صفر به یک سپس از یک به صفر تغییر حالت دهید (تا پالس ساعت با لبهٔ بالا رونده عمل کند). در ادامه به همین ترتیب اطلاعات دومین بیت را وارد کنید و پالس ساعت را فعال نمایید و به همین ترتیب تا پالس چهارم این روند را ادامه دهید.

سؤال:

در مدار شکل ۲۰ـ۵ بعد از اعمال سومین پالس چه عددی در رجیستر ذخیره می‌شود؟

شمارنده‌ها (Counters)

شمارنده‌ها مدارهایی هستند که از تعدادی فلیپ‌فلاپ که به‌صورت سری به هم متصل شده‌اند، تشکیل می‌شوند و عملاً پالس‌های ورودی به مدار را شمارش می‌کنند. عنصر اصلی شمارنده، فلیپ‌فلاپ است. شمارنده‌ها در ساعت‌های دیجیتالی، کرونومتر، تایمرها در نمایشگر چراغ راهنمایی و کنتور برق دیجیتالی و موارد متعدد دیگر کاربرد دارند.

تحقیق کنید

در مورد سایر کاربردهای شمارنده تحقیق کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

کار عملی ۶

مدار شمارنده در نرم‌افزار

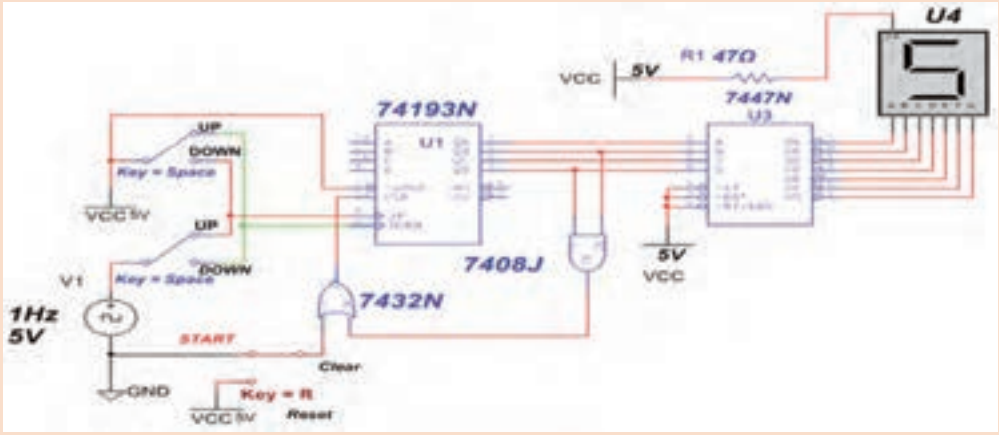
هدف: بررسی عملکرد یک نمونه مدار شمارنده صعودی ـ نزولی

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ آی سی ۷۴۱۹۳ یک شمارندهٔ دودویی است که توانایی شمارش صعودی و نزولی را دارد. همچنین می‌توان عمل شمارش از یک عدد خاص را از طریق فعال کردن پایه LOAD برنامه‌ریزی کرد.

مدار شکل ۲۱ـ۵ را روی میز کار نرم‌افزار ببندید.



شکل ۲۱ـ۵ مدار شمارنده

نکته مهم

برای تبدیل کدهای باینری به اعداد دهدهی از مدار مبدل BCD به ۷S استفاده می‌شود. آی سی رمزگشای ۷۴۴۷ یک مبدل BCD به ۷S است که به همراه نمایشگر ۷S قابل استفاده است.

۲ کلید Space را در وضعیت Up قرار دهید و با شمارش پالس ساعت، عدد نمایش داده شده را مشاهده کنید و ترتیب اعداد شمارش شده را بنویسید.

۳ وقتی شمارش صعودی به انتها رسید، کلید Space را در وضعیت Down بگذارید تا مدار کاهشی بشمارد. با شمارش پالس ساعت عدد نمایش داده شده روی ۷ seg را ببینید و ترتیب اعداد شمارش شده را یادداشت کنید.

بارش فکری

به نظر شما در دستگاه کپی برای کنترل شمارگان کپی اوراق از چه مدارهای ترکیبی و ترتیبی استفاده می‌شود؟ از طریق بارش فکری موضوع را بررسی و جمع‌بندی کنید.

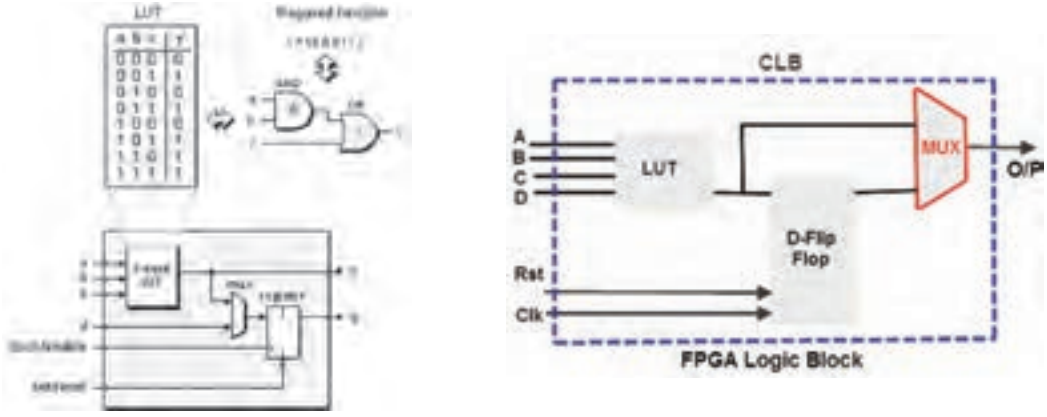
آرایه گیت‌های قابل برنامه‌ریزی FPGA (Field _ Programmable Gate Array)

فیلم

فیلم مربوط به FPGA را ببینید.

FPGA یک تراشه (IC) است که می‌توانیم تابع منطقی مورد نیاز طراحی شده را در آن برنامه‌ریزی کنیم و روابط منطقی بین پایه‌های ورودی و خروجی را تغییر دهیم. از این رو به این تراشه‌ها آی‌سی‌های قابل

برنامه‌ریزی نیز می‌گویند. یکی از ویژگی‌های این تراشه‌ها این است که به آسانی می‌توانیم مدارهای دیجیتالی پیچیده را در آنها پیاده‌سازی کنیم. برای این منظور، بلوک‌های مختلف مورد نیاز مدارهای منطقی ترکیبی را در داخل FPGA پیاده‌سازی می‌کنند. در نهایت آی‌سی با توجه به برنامه، قابل استفاده است. برای مثال می‌خواهیم با FPGA چند عدد را جمع کنیم. ابتدا باید به‌وسیله گیت‌های منطقی، یک بلوک جمع‌کننده طراحی کنیم سپس می‌توانیم این بلوک را در سایر بلوک‌ها نیز به‌کار ببریم. شکل ب ۲۲ـ۵ جدول LUT (Lookup Table) که در آی‌سی FPGA برنامه‌ریزی شده است را نشان می‌دهد.



الف) بلوک دیاگرام FPGA

ب) تابع برنامه‌ریزی شده در FPGA

شکل ۲۲ـ۵ آی‌سی FPGA

تحقیق کنید

با مراجعه به رسانه‌های مختلف، آی‌سی‌های هم خانواده FPGA به‌همراه نرم‌افزارهای مرتبط و چگونگی برنامه‌ریزی آنها را شناسایی کنید. نتایج را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

FPGAها دارای چند هزار تا چند میلیون گیت در داخل خود هستند که از آنها در پیاده‌سازی توابع نسبتاً پیچیده دیجیتالی که نیاز به سرعت پردازش بالایی دارد استفاده می‌شود. این امر سبب کاهش سخت‌افزار مورد نیاز می‌شود و همچنین برنامه‌نویسی ساده و استاندارد نیز از مزیت‌های FPGA است.

امروزه کاربردهای FPGA بسیار رایج شده و در بسیاری از موارد به‌عنوان پردازشگر در مدارهای مختلف استفاده می‌شود، شکل ۲۳ـ۵ یک نمونه از این نوع آی‌سی را که در موارد پیشرفته کاربرد دارد نشان می‌دهد. سرعت بالای FPGAها سبب شده است که بتوانیم آنها را برای کارهای پردازشی سنگین مثل پردازش تصویر و پردازش صدا استفاده کنیم. FPGA اغلب برای ساخت دستگاه‌هایی مانند دستگاه‌های مخابراتی پرسرعت، دستگاه‌های صنعتی و تجاری خیلی حساس و دستگاه‌های نظامی به‌کار می‌رود.

شکل ۲۳ـ۵ کاربرد آی‌سی FPGA در مدارهای پیشرفته

فعالیت

به چگونگی برنامه‌ریزی یک نمونه آی‌سی FPGA که توسط مربی شما ارائه می‌شود توجه کنید سپس درباره فرایند اجرایی آن گزارش کوتاهی بنویسید.

پژوهش

با مراجعه به رسانه‌های مختلف درباره کاربرد انواع آی‌سی‌های FPGA مطالعه کنید و نتایج را در قالب یک گزارش اجمالی ارائه دهید.

الگوی پرسش

۱ برخی از مدارهای ترکیبی بیش از یک خروجی دارند.
درست ☐ نادرست ☐

۲ جمع‌گر تک بیتی از گیت ..... و گیت ..... ساخته می‌شود.

۳ با توجه به نقشه شکل ۸ـ۵ در مدار مقایسه‌کننده از کدام گیت استفاده شده است؟
الف) OR ب) XNOR پ) NAND ت) XOR

۴ از کدام مدار برای آدرس‌دهی حافظه‌ها استفاده می‌شود؟
الف) مالتی‌پلکسر ب) مقایسه‌کننده پ) رمزگشا ت) رمزگذار

۵ کاربرد مالتی پلکسر را به‌طور خلاصه شرح دهید.

۶ مدارهایی که حافظه دارند را ..... می‌گویند.

۷ مدارهای ترتیبی اطلاعات جدید را چگونه پذیرش می‌کنند؟ توضیح دهید.

۸ انواع فلیپ فلاپ و کاربرد آنها را تشریح کنید.

۹ SIPO چه نوع شیفت رجیستری است؟ نام ببرید.

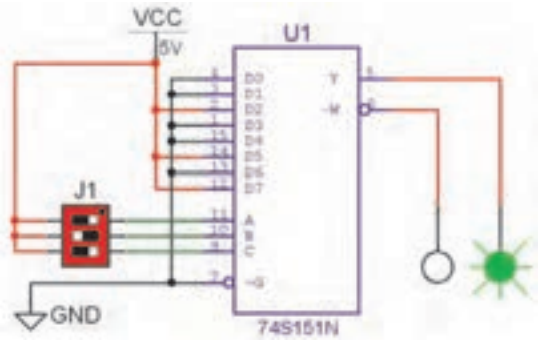
۱۰ کدام آی‌سی، شمارنده است؟
۱ـ ۷۴۴۷ ۲ـ ۷۴۱۹۳ ۳ـ ۷۴۱۵۱ ۴ـ ۷۴۸۳

۱۱ FPGA را تعریف کنید.

۱۲ مزیت‌های FPGA را بنویسید.

۱۳ کاربرد FPGA را به‌طور خلاصه شرح دهید.

۱۴ مدارهای ترکیبی و ترتیبی که در ساختار بلوک FPGA شکل ۲۲ـ۵ به‌کار رفته است را نام ببرید.



شکل ۲۴ـ۵ مدار مالتی پلکسر

الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری

۱ مدار شکل ۵ـ۲۴ را روی میز کار نرم‌افزاری ببندید.

۲ با تغییر وضعیت خطوط آدرس جدول صحت ۵ـ۱۳ را کامل کنید.

۳ تابعی که با مالتی پلکسر اجرا شده است را با توجه به عملکرد مدار بنویسید.

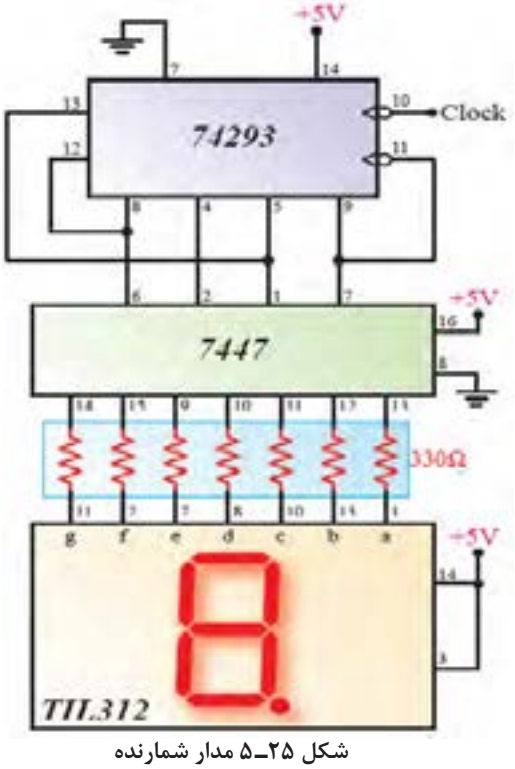
الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری

۱ با استفاده از یک آی‌سی ۷۴۲۹۳ و یک آی‌سی ۷۴۴۷ و یک نشان‌دهندهٔ هفت قسمتی (۷ Seg) مدارشکل ۵ـ۲۵ را که یک شمارنده است، روی بردبُرد ببندید.

۲ ترتیب اعداد شمارش شده را بنویسید. در مورد عملکرد آن توضیح دهید.

جدول ۵ـ۱۳ جدول صحت مالتی‌پلکسر

خطوط آدرس			خروجی	
C	B	A	Y	W



شکل ۵ـ۲۵ مدار شمارنده

شرح کار:

۱ شرح کلی مدارهای ترکیبی
۲ شرح کلی مدارهای ترتیبی
۳ بستن مدارهای نمونه ترکیبی و ترتیبی کاربردی به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری
۴ تشریح تراشه FPGA، کاربردها و مزایای آن

استاندارد عملکرد:

بستن مدارهای کاربردی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آن

شاخص‌ها :

۱ تشریح کلی مدارهای ترکیبی (۲۰ دقیقه)
۲ شبیه‌سازی مدارهای ترکیبی با نرم‌افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترکیبی (۳۰ دقیقه)
۳ تشریح کلی مدارهای ترتیبی (۲۰ دقیقه)
۴ شبیه‌سازی مدارهای ترتیبی با نرم‌افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترتیبی (۲۰ دقیقه)
۵ تشریح تراشه FPGA، کاربردها و مزایای آن (۱۰ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط : مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی‌استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ متر مربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی ($18^{\circ}C$ـ$27^{\circ}C$) ذره‌بین و مجهز به وسایل اطفاء حریق ـ میز کار استاندارد با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار مجهز ـ انجام کار در حال نشسته ـ رایانه ـ اینترنت ـ لوازم‌التحریر ـ نرم‌افزارهای مورد نیاز ـ بردبُرد ـ دیود نورانی LED ـ مقاومت‌های ۱۵۰Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات و ۳۳۰Ω، $\frac{۱}{۴}$ وات ـ سیم‌های بردبُرد ـ میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد ـ کلید یک پل کوچک ـ برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال ـ آی‌سی‌های ۷۴۸۳ـ۷۴۴۷ـ۷۴۲۹۳

معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح کلی عملکرد مدارهای ترکیبی	۱	
۲	شبیه‌سازی مدارهای ترکیبی با نرم‌افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترکیبی	۲	
۳	تشریح کلی عملکرد مدارهای ترتیبی	۱	
۴	شبیه‌سازی مدارهای ترتیبی با نرم‌افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترتیبی	۲	
۵	تشریح تراشه FPGA، کاربردها و مزایای آن	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.