



## فصل ۳

# دیجیتال و کاربرد آن



امروزه واژه دیجیتال را در زندگی روزمره زیاد به کار می‌برند. کلمه دیجیتال یک واژه انگلیسی است. دیجیت (Digit) به معنی رقم و دیجیتال (Digital) به معنی منطق رقمی است. مدارهای دیجیتال را اصطلاحاً مدارهای منطقی می‌گویند. بحث دیجیتال بخش مهمی از علم الکترونیک به شمار 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. به طور کلی سامانه‌های دیجیتال به دلیل داشتن ویژگی‌های خاص، انعطاف پذیرتر و پرکاربردتر از دستگاه‌های آنالوگ هستند. در این فصل به طور 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 به کار 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 نمونه 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 فصل 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

## ۱-۴ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

لوازم التحریر - رایانه - نرم افزارهای مورد نیاز - بردبرد - دیود نورانی LED - مقاومت های  $150\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات -  $330\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات و  $10K\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات - سیم های بردبرد - میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد - کلید شستی کوچک (SPST Push Button) - کلید یک پل کوچک - برگه اطلاعات آی سی های دیجیتال - ذره بین - آی سی های ۷۴۰۸، ۷۴۳۲، ۷۴۰۴، ۷۴۰۲، ۷۴۰۰

## ۲-۴ سامانه های آنالوگ و دیجیتال

به طور کلی همه وسایل الکتریکی و الکترونیکی در قالب سامانه های آنالوگ و دیجیتال یا تلفیقی از آنها ساخته می شوند.

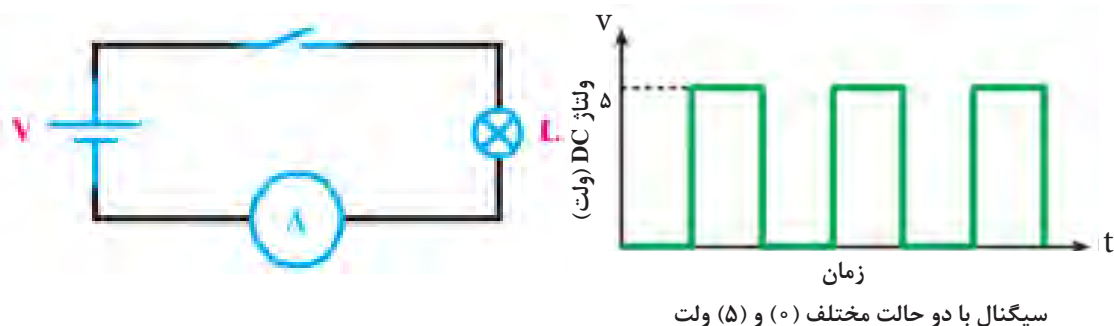
■ **سامانه آنالوگ:** سامانه آنالوگ به سامانه ای گفته می شود که در آن تغییرات سیگنال به صورت پیوسته است، یعنی اطلاعات در تمامی لحظات وجود دارد. شکل موج هایی مانند سینوسی، DC و مثلثی از انواع سیگنال های آنالوگ هستند.

■ **سامانه دیجیتال:** گروه دیگری از سیگنال ها وجود دارند که دارای تغییرات پله ای و مجزا هستند. به عبارت دیگر ولتاژ آنها بین دو مقدار حداقل و حداکثر تغییر می کند. به سامانه هایی که با چنین ولتاژهایی کار می کنند «سامانه های دیجیتال» می گویند. از جمله دستگاه هایی که با این سامانه دیجیتالی کار می کنند می توان مرکز تلفن، ماشین حساب و رایانه را نام برد. در شکل ۴-۱ یک نمونه سیگنال دیجیتالی نشان داده شده است.

به کمک مدار داده شده در شکل ۴-۲ و قطع و وصل پی درپی کلید و مشاهده نور لامپ یا اندازه گیری جریان آن یک سیگنال دیجیتالی به وجود می آید، زیرا هنگام قطع و وصل کلید، لامپ دو حالت روشن و خاموش به خود می گیرد.

در منزل یا هنرستان و محیط کار دستگاه هایی 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.

جست و جو کنید



شکل ۴-۱ سیگنال دیجیتال

شکل ۴-۲

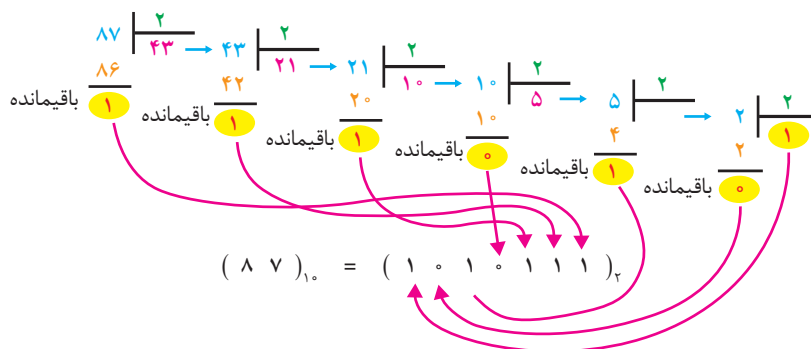


یا

$$64 \ 32 \ 16 \ 8 \ 4 \ 2 \ 1 = 64 + 32 + 8 + 4 + 1 = (109)_{10}$$

$$1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1$$

✓ **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 ۴-۵ توجه کنید.



شکل ۴-۵ تبدیل اعداد با مبنای ده به مبنای ۲ با روش تقسیم‌های متوالی

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.

نکته



عدد  $(100011111101101)_2$  دارای ..... بیت و ..... بایت است.

پرسش



■ **مبنای ۸ (اکتال) و مبنای ۱۶ (هگزادسیمال):** برای مختصرنویسی اعداد باینری معمولاً آنها را در مبنای هشت یا شانزده می‌نویسند. این کار 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 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 به ترتیب معادل ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ است. در جدول ۴-۱ ارقام یا نشانه‌های مربوط به هریک از مبناها آورده شده است.

جدول ۴-۱

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 ۴-۲ اعداد دهدهی ۰ تا ۱۵ در مبنای ۲، مبنای ۸ و مبنای ۱۶ نیز آورده شده است.

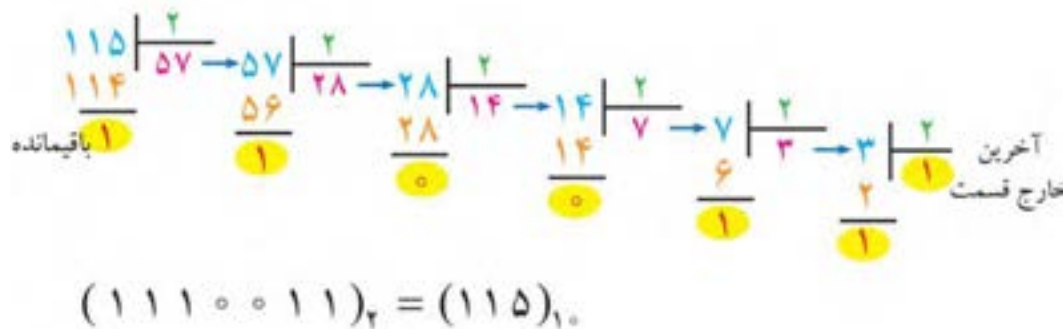
جدول ۴-۲

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



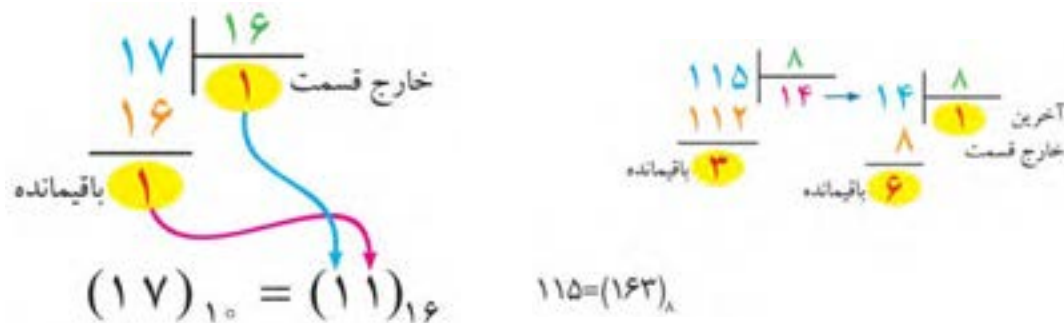
عدد دهدهی ۱۱۵ را در مبنای ۲ و مبنای ۸ بنویسید و عدد ۱۷ را در مبنای ۱۶ بنویسید.

حل: الف) تبدیل اعداد دهدهی به دودویی (مبنای ۱۰ به مبنای ۲) در شکل ۴-۶ آمده است.



شکل ۴-۶ تبدیل اعداد با مبنای ۱۰ به مبنای ۲ با روش تقسیم‌های متوالی

ب) تبدیل اعداد دهدهی به اکتال (Octal) (مبنای ۱۰ به مبنای ۸) در شکل ۴-۷ آمده است.  
پ) تبدیل اعداد دهدهی به هگزا (Hex) (مبنای ۱۰ به مبنای ۱۶) در شکل ۴-۸ آمده است.



شکل ۴-۸ تبدیل اعداد با مبنای ۱۰ به

مبنای ۱۶ با روش تقسیم‌های متوالی

شکل ۴-۷ 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 به دست آوریم. روش ساده‌تری نیز برای این تبدیل‌ها وجود دارد که سرعت کار را بالاتر می‌برد. با این روش و از طریق تمرین زیاد به راحتی می‌توانید تبدیل هر عدد را بدون استفاده از محاسبات به دست آورید. در ادامه به تشریح این روش می‌پردازیم.



✓ تبدیل مبنای ۸ به ۲:

برای تبدیل یک عدد اُکتال به عدد باینری معادل آن، باید به جای هر رقم عدد اُکتال، معادل سه بیتی معادل باینری آن را بنویسیم (شکل ۹-۴).

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

مثال



$$3265_8 = 011010110101_2$$

۳	۲	۶	۵																								
↓	↓	↓	↓																								
<table><tr><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr><tr><td>۰</td><td>۱</td><td>۱</td></tr></table>	۴	۲	۱	۰	۱	۱	<table><tr><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr><tr><td>۰</td><td>۱</td><td>۰</td></tr></table>	۴	۲	۱	۰	۱	۰	<table><tr><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr><tr><td>۱</td><td>۱</td><td>۰</td></tr></table>	۴	۲	۱	۱	۱	۰	<table><tr><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr><tr><td>۱</td><td>۰</td><td>۱</td></tr></table>	۴	۲	۱	۱	۰	۱
۴	۲	۱																									
۰	۱	۱																									
۴	۲	۱																									
۰	۱	۰																									
۴	۲	۱																									
۱	۱	۰																									
۴	۲	۱																									
۱	۰	۱																									

شکل ۹-۴ تبدیل عدد اُکتال به عدد باینری معادل آن

بزرگترین عدد به کار رفته در سیستم اُکتال عدد ۷ است که در سامانه دودویی به صورت ۱۱۱ درمی آید.

نکته مهم



در تبدیل عدد باینری به اُکتال از چه روشی استفاده می شود؟ درباره موضوع بحث و در کلاس مطالب را جمع بندی کنید.

بارش فکری



در ردیف اول جدول شکل ۱۰-۴ 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.

بحث کنید



✓ تبدیل مبنای ۱۶ به ۲:

برای تبدیل یک عدد HEX به عدد باینری معادل آن، باید به جای هر رقم HEX معادل چهار بیت باینری آن را بنویسیم، شکل ۱۰-۴.

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

مثال



$$D5F9_{\text{HEX}} = 110101011111001_2$$

D	5	F	9																																
↓	↓	↓	↓																																
<table border="1"> <tr><td>۸</td><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr> <tr><td>۱</td><td>۱</td><td>۰</td><td>۱</td></tr> </table>	۸	۴	۲	۱	۱	۱	۰	۱	<table border="1"> <tr><td>۸</td><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr> <tr><td>۰</td><td>۱</td><td>۰</td><td>۱</td></tr> </table>	۸	۴	۲	۱	۰	۱	۰	۱	<table border="1"> <tr><td>۸</td><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr> <tr><td>۱</td><td>۱</td><td>۱</td><td>۱</td></tr> </table>	۸	۴	۲	۱	۱	۱	۱	۱	<table border="1"> <tr><td>۸</td><td>۴</td><td>۲</td><td>۱</td></tr> <tr><td>۱</td><td>۰</td><td>۰</td><td>۱</td></tr> </table>	۸	۴	۲	۱	۱	۰	۰	۱
۸	۴	۲	۱																																
۱	۱	۰	۱																																
۸	۴	۲	۱																																
۰	۱	۰	۱																																
۸	۴	۲	۱																																
۱	۱	۱	۱																																
۸	۴	۲	۱																																
۱	۰	۰	۱																																

شکل ۴-۱۰ 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 هر گروه را جایگزین نمایید.  
مثال: عدد  $1010111001110011_2$  در مبنای ۲ را به عدد HEX تبدیل کنید.  
بر اساس دسته‌بندی انجام شده در شکل ۴-۱۰ تبدیل را انجام می‌دهیم.

$$1010111001110011_2 = AE37_{\text{HEX}}$$

یا

$$\begin{array}{cccc}
 1010 & 1110 & 0111 & 0011 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 A & E & 7 & 3
 \end{array} = (AE37)_{\text{HEX}}$$

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

نکته مهم



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

پژوهش



## کد BCD

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

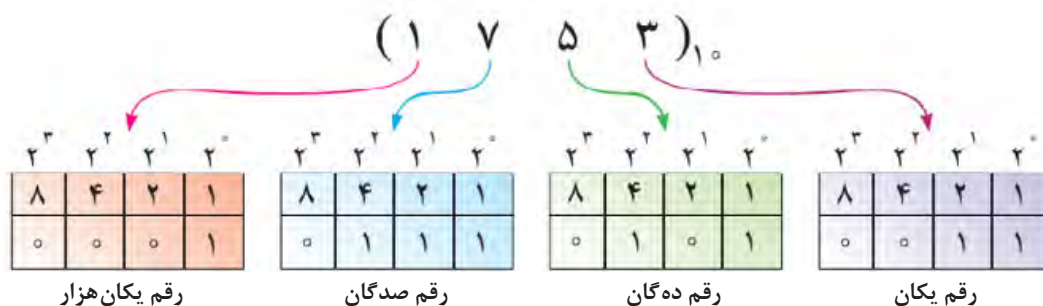
در کد BCD هر رقم دهدهی را با چهار بیت باینری معادل آن نشان می‌دهند. به مثال‌های زیر توجه کنید:

$$\begin{array}{lll}
 (3)_{10} \rightarrow (11)_2 \rightarrow (0011)_{\text{BCD}} \\
 (9)_{10} \rightarrow (1001)_2 \rightarrow (1001)_{\text{BCD}} \\
 (5)_{10} \rightarrow (101)_2 \rightarrow (0101)_{\text{BCD}}
 \end{array}$$

جدول ۳-۴ معادل باینری و BCD اعداد یک رقمی

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

تبدیل اعداد دهدهی به معادل BCD آنها از تبدیل اعداد دهدهی به معادل باینری آنها به مراتب ساده تر است، زیرا برای این تبدیل، دانستن معادل باینری ارقام صفر تا ۹ کفایت می کند. توجه داشته باشد که در این روش نمایش اعداد، باید هر رقم دهدهی را با چهار بیت باینری نمایش دهیم. در جدول ۳-۴ تفاوت نمایش ارقام دهدهی صفر تا ۹ به صورت باینری و BCD نشان داده شده است. بر اساس جدول ۳-۴، معادل BCD عدد دهدهی ۱۷۵۳ در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۱ معادل BCD عدد



## سیگنال آنالوگ و دیجیتال و سیستم اعداد

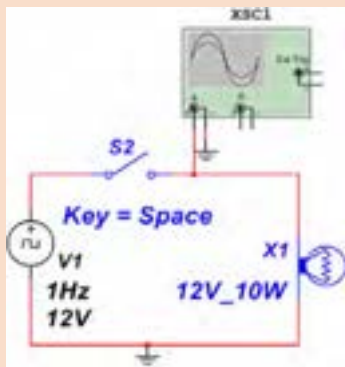
**هدف:** کسب مهارت در تشخیص سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال

مهارت تبدیل سیستم‌های اعداد به یکدیگر

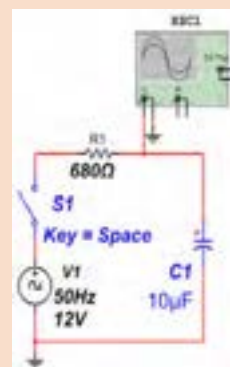
**مواد، ابزار و تجهیزات:** لوازم التحریر - اینترنت - رایانه - نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر - نرم‌افزار PC Binary Converter یا نرم‌افزار مشابه - دستگاه ماشین حساب یا ماشین حساب Windows رایانه

### مراحل اجرای کار:

- ۱ مدار شکل ۴-۱۲ 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 به صورت 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 ۴-۱۳ را در محیط نرم‌افزاری ببندید. سپس کلید  $S_2$  را وصل کنید.



شکل ۴-۱۳



شکل ۴-۱۲

- ۶ شکل موج خروجی را روی صفحه اسیلوسکوپ نرم‌افزار به صورت 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 ۴-۴

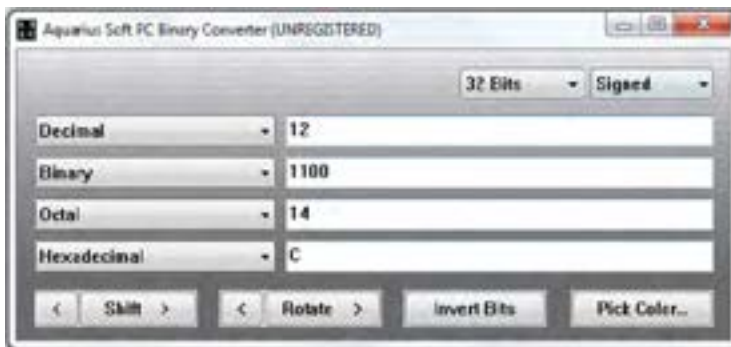
مبنای ۱۰ (Decimal)	مبنای ۲ (Binary)	مبنای ۸ (Octal)	مبنای ۱۶ (Hexadecimal)
۵			
۱۲			
۱۷			
۳۶			
۷۵			
۱۲۸			
۱۸۰			
۴۸۰			
۵۱۲			

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

۱۰ با استفاده از نرم‌افزار PC Binary Converter یا نرم‌افزارهای مشابه و دستگاه ماشین حساب، شکل ۴-۱۴ (ماشین حساب Windows) تبدیل مبنای اعداد جدول ۴-۴ را راستی‌آزمایی کنید.

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.

نکته



شکل ۴-۱۴ نرم‌افزار مبدل و ماشین حساب

۱۱ اعداد زیر را به‌صورت نمایش کد BCD بنویسید.

الف) ۵۷ .....  
 ب) ۷۸۶ .....  
 پ) ۹۴۳ .....  
 ت) ۲۹۱ .....

## سطوح منطقی صفر و یک

همان گونه که اشاره شد در مدارهای دیجیتالی دو حالت وجود دارد. این حالت ها را با اصطلاحات مختلفی بیان می کنند. مثلاً برای نشان دادن حالت روشن و حالت خاموش لامپ، از اصطلاحات مختلفی استفاده می شود که در جدول ۴-۵ نشان داده شده است.

جدول ۴-۵



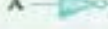





لامپ خاموش	کلید قطع	OFF	low	وجود نداشتن	صفر
لامپ روشن	کلید وصل	ON	high	وجود داشتن	یک

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 «۰-۱» معرف بودن و نبودن است. برای بیان مفاهیم و عبارات دیجیتالی، جهت خلاصه نویسی بیشتر از صفر و یک استفاده می شود. البته باید دقت داشت که صفر و یک به کار رفته در مدارهای دیجیتالی با صفر و یک عبارات جبری یکسان نیست. در مباحث دیجیتال، ۰ و ۱ نشان دهنده وضعیت مدار هستند. در صورتی که در ریاضی مفهوم صفر و یک، بیانگر مقدار عددی است. سطح ولتاژ (حداکثر ولتاژ) در مدارهای دیجیتالی مقادیری در محدوده بین ۵ تا ۱۵ ولت دارد. یکی از این مقادیر ولتاژی، سطح ولتاژ ماکزیمم (۵ ولت) و سطح ولتاژ مینیمم (حدود صفر ولت) است.

## دروازه های منطقی پایه

در دروس تخصصی پایه دهم با انواع گیت های منطقی مانند AND، OR و NOT آشنا شده اید و تعدادی از آی سی های دیجیتالی را به صورت نرم افزاری و سخت افزاری اجرا کرده اید. به جدول ۴-۶ توجه کنید. در این جدول انواع گیت های منطقی، جدول صحت، نماد و تابع خروجی آنها آمده است. از این جدول می توانید در بستن مدارهای مختلف استفاده کنید.

جدول ۴-۶ گیت‌های پایه و ترکیبی همراه با نماد، تابع منطقی خروجی و جدول صحت

نام دروازه	نماد (سمبل گرافیکی)	تابع چبری	جدول درستی															
AND		$Y = AB$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	Y																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR		$Y = A + B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	Y																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
NOT		$Y = \overline{A}$	<table><tr><th>A</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	Y	0	1	1	0									
A	Y																	
0	1																	
1	0																	
NAND		$Y = \overline{AB} = (AB)'$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	Y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	Y																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
NOR		$Y = \overline{A+B} = (A+B)'$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
A	B	Y																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																
XOR		$Y = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	Y																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
XNOR		$Y = \overline{A \oplus B} = \overline{A}B + A\overline{B}$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	Y																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
Buffer		$Y = A$	<table><tr><th>A</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	Y	0	0	1	1									
A	Y																	
0	0																	
1	1																	

جدول ۴-۶ را از طریق بارش فکری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید و نتیجه را در قالب یک گزارش تنظیم کنید.

بارش فکری



نکته



شکل ۴-۱۵

دروازه‌های منطقی مطابق شکل ۴-۱۵ 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.

## 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 OR، NOR، NAND، انحصاری و NOR انحصاری.

✓ **عملگر یا دروازه NAND** - «نفی و»: مانند شکل الف) ۴-۱۶ 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 ورودی‌ها آن صفر باشد. در نقشه‌های دیجیتالی دروازه NAND را با علائم اختصاری شکل ب و پ) ۴-۱۶ نشان می‌دهند. جدول صحت دروازه منطقی NAND مطابق جدول ۴-۷ است.

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

نکته



جدول ۴-۷ صحت دروازه منطقی NAND

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



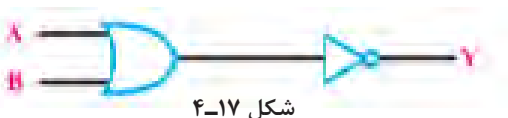
الف)



پ) استاندارد IEC

ب) استاندارد آمریکایی

شکل ۴-۱۶ علائم اختصاری دروازه NAND



شکل ۴-۱۷

جدول ۴-۸ صحت دروازه منطقی XOR

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

✓ **دروازه منطقی NOR** - «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 دروازه‌ی NOR از ترکیب دو دروازه OR و NOT به‌وجود می‌آید. در واقع در دروازه NOR ابتدا متغیرها مشابه شکل ۴-۱۷ با یکدیگر OR شده و سپس NOT می‌شوند.

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

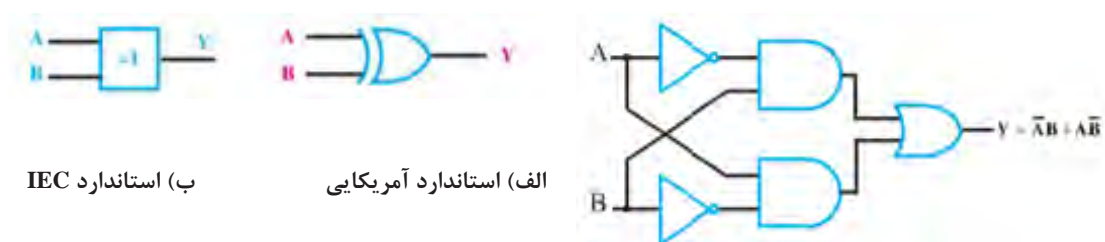
فعالیت





✓ **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 به عبارت دیگر دو ورودی در سطح منطقی مشابه نباشند (دو ورودی مخالف باشند). جدول ۴-۸ صحت دروازه منطقی OR انحصاری (XOR) را نشان می‌دهد. با توجه به جدول صحت این دروازه، تابع منطقی آن را می‌توان به صورت رابطه مقابل نوشت:  $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$  این تابع منطقی را به صورت  $Y = A \oplus B$  نشان می‌دهند.

مدار معادل دروازه منطقی XOR با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه به صورت شکل ۴-۱۸ است. در نقشه‌ها و مدارهای منطقی، دروازه XOR را با علائم اختصاری شکل ۴-۱۹ نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱۸ مدار معادل XOR

شکل ۴-۱۹ علائم اختصاری دروازه 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 به عبارتی دیگر دو ورودی در سطح منطقی مشابه باشند (دو ورودی برابر باشند).

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

فعالیت



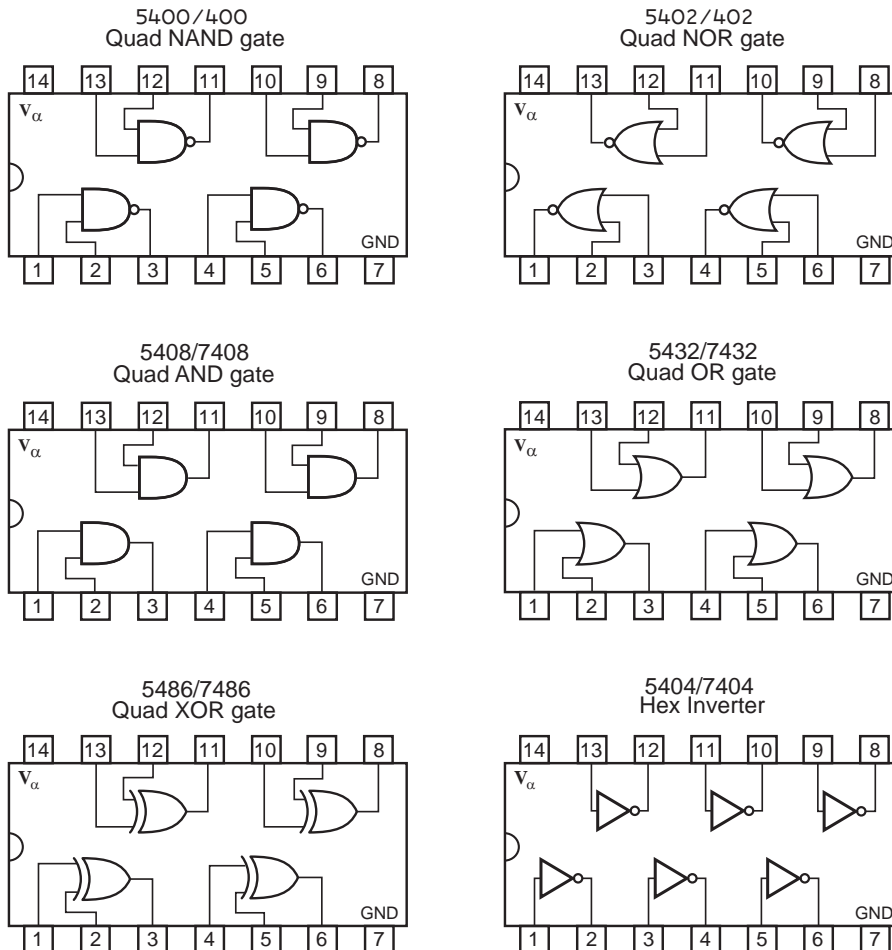
تابع منطقی خروجی دروازه منطقی XNOR به صورت  $Y = \overline{A}B + AB$  نوشته می‌شود و آن را به صورت  $\overline{A \oplus B}$  نیز می‌نویسند. مدار معادل دروازه منطقی XNOR با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه به صورت شکل ۴-۲۰ است. در نقشه‌ها و مدارهای منطقی، دروازه XNOR را با علائم اختصاری شکل ۴-۲۱ نشان می‌دهند.



شکل ۴-۲۰

شکل ۴-۲۱ علائم اختصاری دروازه XNOR

✓ معرفی مشخصات پایه‌های آی‌سی گیت‌های منطقی: شکل ۴-۲۲ نقشه تعدادی از آی‌سی‌های پرکاربرد دیجیتالی را نشان می‌دهد. در این شکل شماره پایه‌های آی‌سی، تعداد گیت‌ها و ارتباط گیت‌ها با پایه‌ها مشخص شده است. در آی‌سی‌های شکل ۴-۲۲ پایه ۱۴ تغذیه آی‌سی و پایه ۷ زمین آی‌سی است.



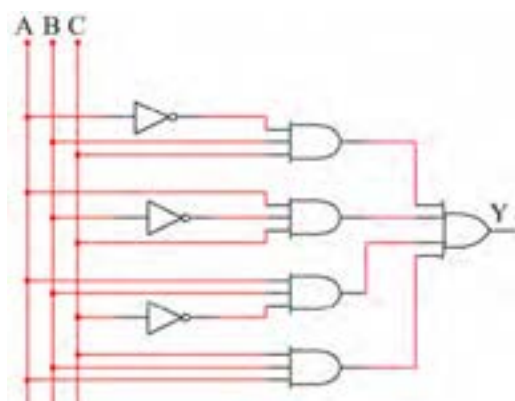
شکل ۴-۲۲ نقشه آی‌سی‌های پرکاربرد

## 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 داورى 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 رأی داده باشند خروجی باید یک (۱) شود. بنابراین خروجی مدار دارای جدول صحتی به‌صورت جدول ۴-۹ و عبارت منطقی به‌صورت F خواهد بود.

جدول ۴-۹

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



شکل ۴-۲۳

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

برای نوشتن عبارت منطقی مربوط به جدول صحت، به ستون خروجی جدول توجه می‌کنیم. رابطه  $F$  (خروجی مدار) از حاصل جمع (OR) سطرهایی که خروجی آن «یک» است، به‌دست می‌آید. در هر سطر که خروجی یک است وضعیت ورودی‌ها را بررسی می‌کنیم. برای مثال در سطر چهارم که  $B=1$ ،  $A=0$  و  $C=1$  است،  $F=1$  خواهد شد. تابع منطقی در این سطر به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\begin{array}{ccccccc}
 & (A \text{ نیست}) & & \text{و} & & (B \text{ هست}) & & \text{و} & & (C \text{ هست}) \\
 & \downarrow & & & & \downarrow & & & & \downarrow \\
 F = & (\bar{A}) & & \cdot & & (B) & & \cdot & & (C) = \bar{A}BC
 \end{array}$$

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 ۴-۲۳.

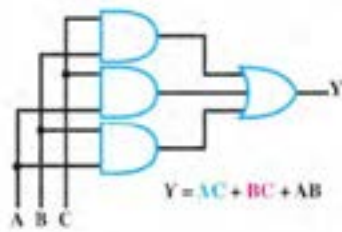
تنظیم این جدول و رسم مدار آن صرفاً به‌خاطر درک مفاهیم است و ضرورتی در به‌خاطر سپردن آن وجود ندارد.

بحث کنید



توجه





شکل ۴-۲۴

به جای مدار فوق می‌توانیم از مدار شکل ۴-۲۴ 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.

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

$$Y = AC + BC + AB \quad (۲)$$

### ■ توابع منطقی (جبر بول) و دیاگرام کارنو

به کمک پاره‌ای قوانین حاکم، می‌توانیم رابطه (۱) که تابع منطقی شکل ۴-۲۳ آمده است را ساده کنیم تا رابطه (۲) به دست 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 این صورت ساده‌سازی کاربردی ندارد.

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 به آسانی امکان‌پذیر است.

توجه



کار عملی ۲



**هدف:** کسب مهارت در استخراج مشخصات فنی تراشه‌های (IC) دیجیتال

کسب مهارت در بستن مدارهای منطقی

**مواد، ابزار و تجهیزات:** لوازم التحریر - اینترنت - رایانه - نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب

دیگر - دیود نورانی LED قرمز و سبز - مقاومت‌های  $150\ \Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات،  $10\ K\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات و  $330\ \Omega$ ،

$\frac{1}{4}$  وات - بردبرد - سیم‌های بردبرد - میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد - کلید شستی

کوچک (SPST Push Button) - کلید یک پل کوچک - برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال -

آی‌سی‌های ۷۴۸۶، ۷۴۳۲، ۷۴۰۸، ۷۴۰۴، ۷۴۰۲، ۷۴۰۰

**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

همه 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

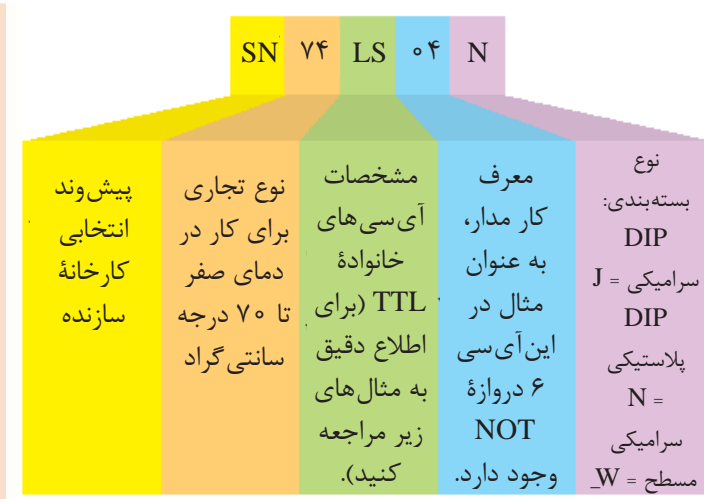
آنها مفهوم خاصی دارد. در شکل ۲۵-۴ این مفاهیم بیان شده است.

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.

پژوهش





مثال‌هایی مربوط به مشخصات آی‌سی‌های خانواده TTL

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

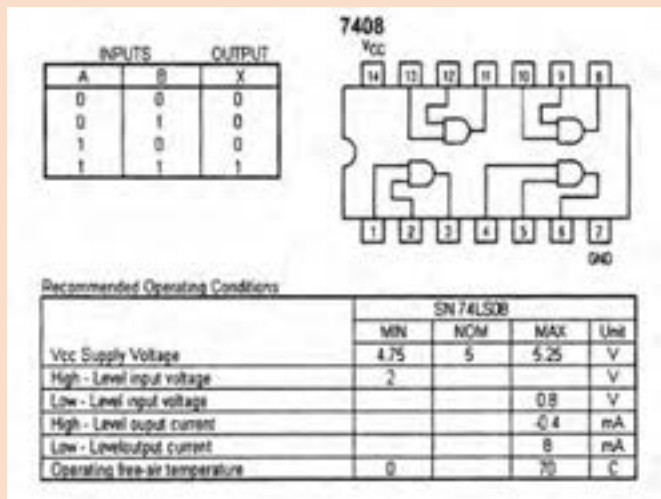
شکل ۲۵-۴ مشخصات آی‌سی‌های TTL

جدول ۱۰-۴

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 ۲۵-۴ شماره برخی از مشخصات آنها را استخراج و در جدول ۱۰-۴ یادداشت کنید.

۲ با توجه به شکل ۴-۲۶ مشخصات آی سی ۷۴۰۸ را از نظر تعداد گیت و جدول صحت هر گیت توضیح دهید.



۳ با مراجعه به برگه اطلاعات آی سی ۷۴۰۸ در شکل ۴-۲۶ مقادیر مجاز ماکزیمم و مینیمم ولتاژ و جریان و محدوده درجه حرارت کار آی سی ۷۴۰۸ را در جدول ۴-۱۱ یادداشت کنید.

شکل ۴-۲۶ برگه اطلاعات آی سی ۷۴۰۸

جدول ۴-۱۱

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 آی سی های گیت منطقی را از نظر تعداد گیت و جدول صحت بررسی کنید. جدول شکل ۴-۲۷ را کامل کنید.

IC۷۴۳۳			IC۷۴۰۰		
A	B	F	A	B	F
۰	۰				
۰	۱				
۱	۰				
۱	۱				

IC۷۴۰۲			IC۷۴۰۴		
A	B	F	A	B	F

IC۷۴۰۴		
A	B	F

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

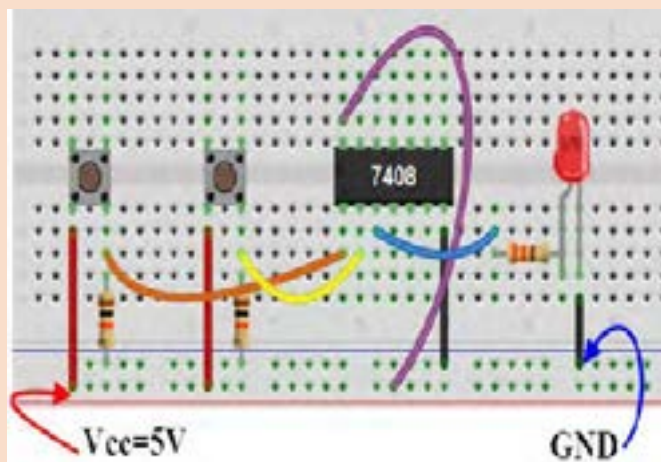
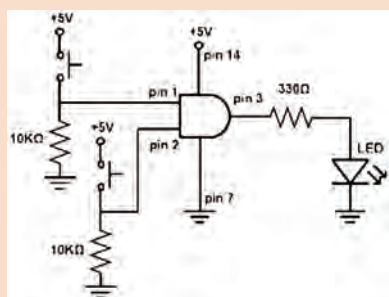
شکل ۴-۲۷ جدول شماره آی سی ها و جدول صحت

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.

توجه



۵ با استفاده از آی سی ۷۴۰۸ مدار شکل ۴-۲۸ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۴-۲۸ مدار گیت AND

✓ کلیدهای A و B را به صورت جداگانه یا با هم تغییر وضعیت دهید و به وضعیت روشن شدن LED توجه کنید. نتایج حاصل را در جدول ۴-۱۲ بنویسید.

جدول ۴-۱۲

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

۶ با استفاده از جدول ۴-۱۲ جدول صحت گیت AND را رسم کنید و در مورد عملکرد مدار توضیح دهید.

.....

.....

.....

.....

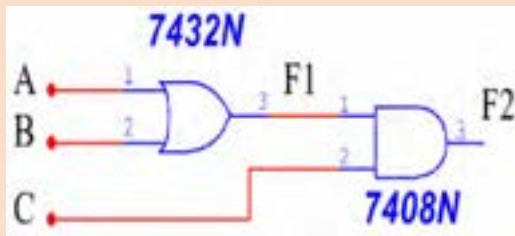
مدار سایر گیت‌های منطقی را ببندید و جدول صحت آنها را به‌دست آورید.

فعالیت



۷ جدول صحت مدار منطقی شکل ۴-۲۹ را در جدول ۴-۱۳ بنویسید.

جدول ۴-۱۳ مدار منطقی



شکل ۴-۲۹ مدار منطقی

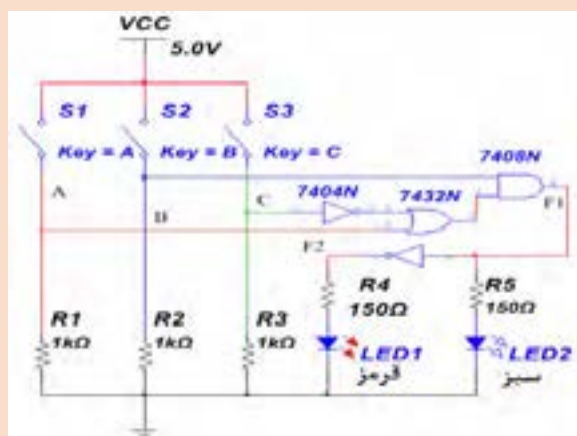
وضعیت ورودی‌ها			حالت خروجی	
A	B	C	F <sub>۱</sub> =	F <sub>۲</sub> =

۸ تابع منطقی F<sub>۱</sub> و F<sub>۲</sub> در شکل ۴-۲۹ را بنویسید

F<sub>۱</sub> = .....

F<sub>۲</sub> = .....





شکل ۴-۳۰ مدار قفل

جدول ۴-۱۴

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

۹ مدار شکل ۴-۳۰ مدار منطقی یک در، با قفل رمزدار سه‌بیتی ( $S_1, S_2, S_3$ ) برای ورود سه فرد مشخص به داخل محیط کار خود (مانند یک کارگاه تخصصی) است. اگر رمز صحیح وارد شود LED سبز روشن می‌شود در غیراین‌صورت LED قرمز روشن خواهد شد. مدار را روی بردبرد ببندید.

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

۱۱ سطرهایی که  $F = 1$  می‌شود را به‌عنوان یک کد سه‌بیتی برای هر فرد در نظر بگیرید و در جدول ۴-۱۴، رمز ورود هر فرد را مشخص کنید.

## 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.

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.

پژوهش



کار عملی ۳



هدف: کسب مهارت در ساده‌سازی توابع منطقی با نرم‌افزار

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم التحریر - اینترنت - رایانه - نرم‌افزار مولتی‌سیم 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 ۴-۳۱ کلیک چپ کنید و این کار را متوالیاً ادامه دهید، تا خروجی مطابق جدول ۴-۱۵ روی دستگاه ایجاد شود.

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

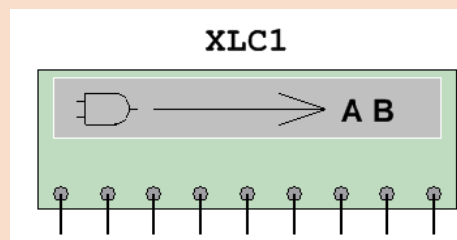
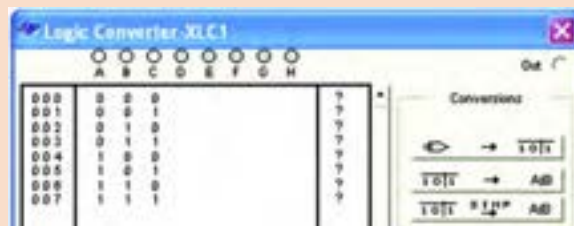
نکته



در شکل ۴-۳۲ جدول کامل شده را روی دستگاه مشاهده می‌کنید.

جدول ۴-۱۵ جدول صحت

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



شکل ۴-۳۱ تنظیم جدول صحت روی دستگاه مبدل منطقی



شکل ۴-۳۲ جدول صحت کامل شده روی دستگاه مبدل منطقی

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 به دست آورید. این تمرین را برای چند نمونه جدول دیگر انجام دهید تا کاملاً مسلط شوید.

فعالیت



روی کلید  $\overline{A/B} \rightarrow \overline{1011}$  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 ۴-۳۳ چند جمله‌ای ظاهر شده در پایین جدول را ملاحظه می‌کنید.

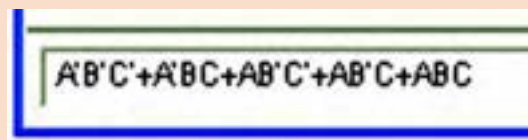
توجه



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  $\Rightarrow \rightarrow A/B$  در دستگاه Logic Converter کلیک کنید. در این حالت

دستگاه مبدل منطقی تابع را تبدیل به مدار می‌کند و نقشه آن را می‌دهد. با توجه به ابعاد نقشه، علامت اخطار طبق شکل ۴-۳۴ روی صفحه ظاهر می‌شود و از شما می‌پرسد آیا می‌خواهید اندازه‌ها را اصلاح کند؟ برای تأیید گزینه yes را فعال کنید.

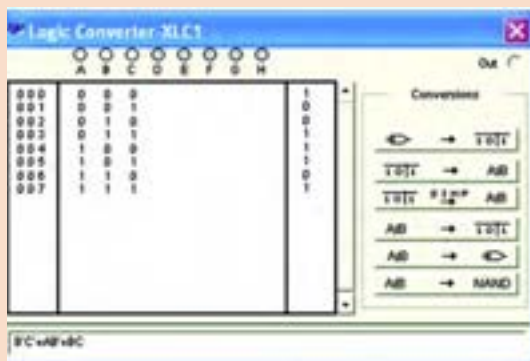


شکل ۴-۳۳ چند جمله‌ای ظاهر شده در پایین جدول شکل ۴-۳۴ اخطار جهت اصلاح ابعاد مدار به منظور ترسیم

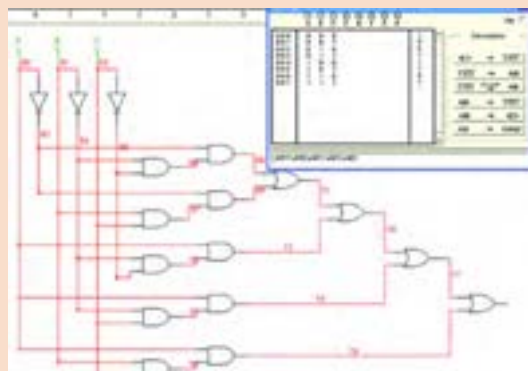
پس از فعال کردن  $\Rightarrow \rightarrow A/B$  گزینه yes، مجدداً کلید را فعال کنید پس از مدت

کمی، نقشه مدار مربوط به تابع Y طبق شکل ۴-۳۵ روی صفحه ظاهر می‌شود.

در صورتی که بخواهید ساده‌ترین شکل تابع را بر اساس جبر بول، قوانین دمورگان و جدول کارنو به دست آورید، پس از تنظیم جدول صحت روی دستگاه مبدل منطقی، روی زبانه  $\overline{1011} \xrightarrow{SIMP} A/B$  کلیک کنید. پس از کلیک کردن تابع ساده شده در زبانه پایین صفحه دستگاه مطابق شکل ۴-۳۶ ظاهر می‌شود.



شکل ۴-۳۶ ساده‌ترین حالت تابع Y



شکل ۴-۳۵ نقشه مدار تابع Y

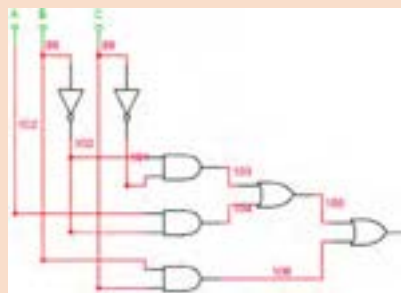


با استفاده از دستگاه Logic Converter نرم‌افزار، یکی از توابع اشاره شده در مباحث قبل را در نظر بگیرید و مدار اصلی آن را به دست آورید. این تمرین را برای چند نمونه دیگر اجرا کنید تا کاملاً مسلط شوید. در شکل ۴-۳۶ روی زبانه  $A/B \rightarrow$  کلیک کنید. پس از فعال کردن yes در اخطار داده شده، مدار شکل ۴-۳۷ که ساده شده مدار شکل ۴-۳۵ است ظاهر می‌شود.

**۲** جدول ۴-۹ جدول صحت تابع برای رأی اکثریت یک هیئت داورى 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 به دست آورید و درباره نتایج به دست آمده توضیح دهید.



شکل ۴-۳۸ جدول صحت با تابع



شکل ۴-۳۷ مدار ساده شده شکل ۴-۳۵

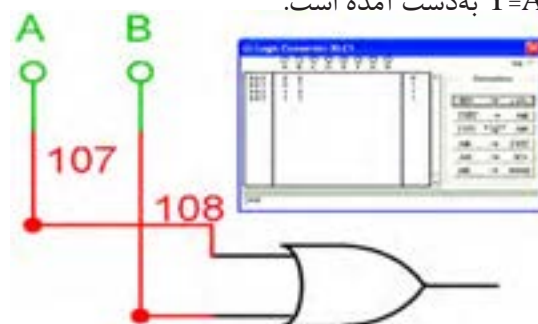
مدار به دست آمده در فعالیت قبل را با استفاده از دستگاه Logic Converter نرم‌افزار ساده کنید. این فعالیت را برای چند نمونه دیگر تکرار کنید تا کاملاً مسلط شوید.



## استفاده از دستگاه Logic Converter برای به دست آوردن جدول صحت با نوشتن تابع

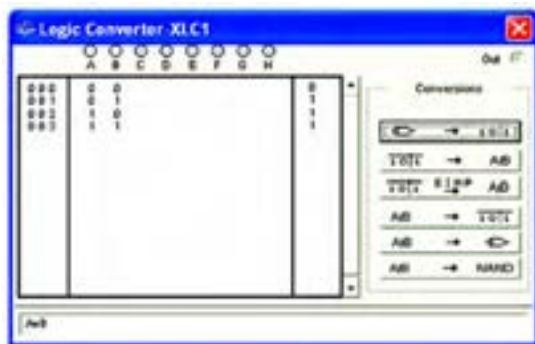
برای به دست آوردن جدول صحت، تابع  $Y=A+B$  را در مکان شماره ۱ شکل ۴-۳۸ بنویسید، سپس با استفاده از زبانه شماره ۲ در دستگاه مبدل منطقی، جدول تابع تشکیل می‌شود.

با استفاده از زبانه  $A/B \rightarrow$  مدار منطقی را به وسیله دستگاه به دست آورید. در شکل ۴-۳۹ نقشه اتصال تابع  $Y=A+B$  به دست آمده است.

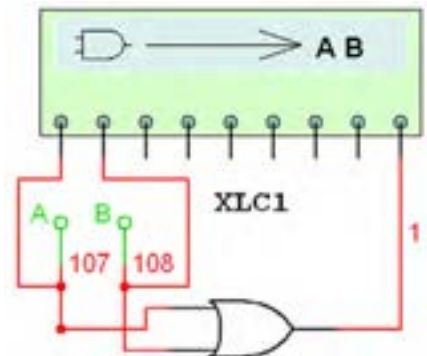


شکل ۴-۳۹ به دست آوردن  $Y=A+B$

✓ به دست آوردن تابع یک مدار منطقی (دیجیتال) با استفاده از دستگاه Logic Converter  
 برای به دست آوردن تابع، طبق شکل ۴-۴۰ ورودی‌های مدار را به دو ترمینال سمت چپ دستگاه نرم‌افزار و خروجی آن را به اولین ترمینال در سمت راست وصل کنید.  
 روی صفحه دستگاه مبدل منطقی دو بار کلیک کنید. طبق شکل ۴-۴۱ تابع منطقی خروجی مدار و جدول صحت آن روی صفحه ظاهر می‌شود.



شکل ۴-۴۱ به دست آوردن تابع و جدول صحت با استفاده از دستگاه مبدل منطقی



شکل ۴-۴۰ نحوه اتصال مدار دیجیتالی به دستگاه مبدل منطقی

## 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: لوازم التحریر - رایانه -

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 ۴-۱۶ را با توجه به آموخته‌های خود در دستگاه وارد کنید.

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

۵ با فعال کردن کلید مربوطه مدار منطقی را به دست آورید.

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

جدول ۴-۱۶ 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

کار عملی ۴

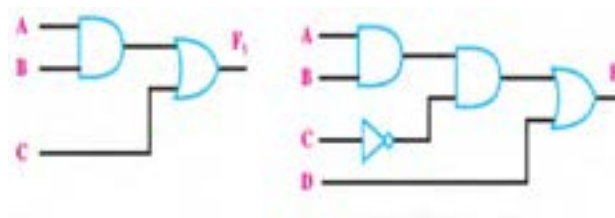
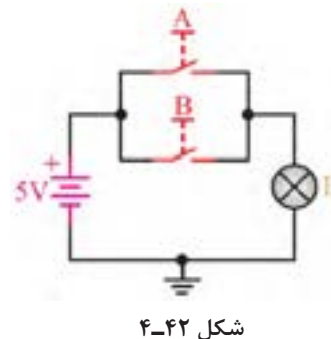
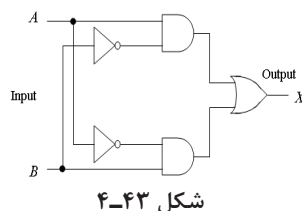


## الگوی پرسش

- 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 به صورت سری □ موازی □ می‌بندیم.
- ۳ مدار شکل ۴-۴۲ 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 ۴-۴۳ معادل کدام گیت منطقی است؟
- ۸ جدول صحت خروجی F را، در جدول ۴-۱۷ مشاهده می‌کنید، رابطه خروجی تابع را بنویسید.
- ۹ تابع منطقی خروجی‌های F۱ و F۲ مدارهای منطقی شکل ۴-۴۴ را بنویسید.

جدول ۴-۱۷

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



- ۱۰ مدار منطقی تابع‌های 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.

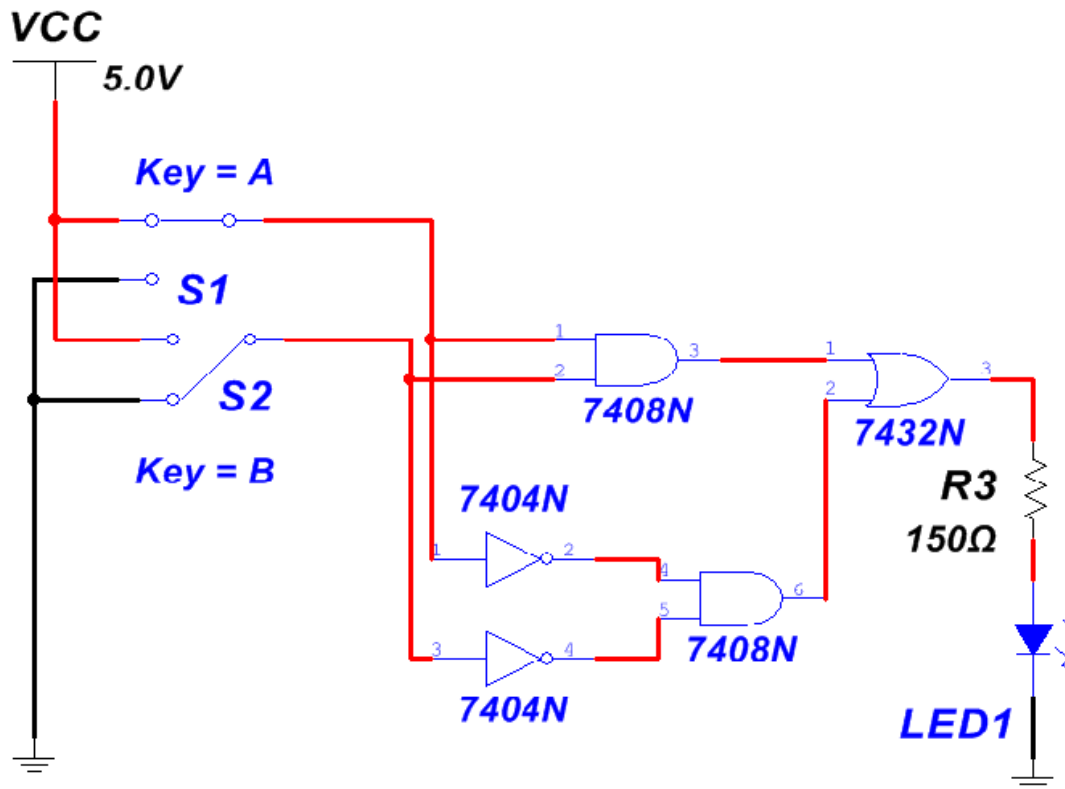
$$F=A'BC'+ABC+A'B'C'+AB'C$$

۲ مدار منطقی آن را ببندید.

الگوی آزمون عملی پایان واحد یادگیری با قطعات واقعی

۱ مدار شکل ۴-۴۵ را روی بردبرد ببندید.

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



شکل ۴-۴۵

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱ تشریح سامانه اعداد</p> <p>۲ تشریح عملکرد گیت‌های پایه و ترکیبی</p> <p>۳ ساده‌سازی توابع مدارهای منطقی با نرم‌افزار</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>کار با دروازه‌های منطقی و مدارهای ترکیبی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آن</p> <p><b>شاخص‌ها:</b></p> <p>۱ تبدیل اعداد از یک مبنا به مبنای دیگر (۱۰ دقیقه)</p> <p>۲ تشریح دروازه‌های منطقی و استفاده از لاجیک کنورتور (۲۰ دقیقه)</p> <p>۳ استخراج اطلاعات مهم در ارتباط با دروازه‌های منطقی از برگه‌های اطلاعات (۳۰ دقیقه)</p> <p>۴ شبیه‌سازی دروازه‌های منطقی با نرم‌افزار مرتبط (۲۰ دقیقه)</p> <p>۵ بستن مدار دروازه‌های منطقی با آی‌سی (۲۰ دقیقه)</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b></p> <p><b>شرایط:</b> مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک - نور مناسب برای کارهای ظریف - ابعاد حداقل ۶ متر مربع و دارای تهویه یا پنجره - دمای طبیعی (<math>18^{\circ}\text{C}</math> - <math>27^{\circ}\text{C}</math>) و مجهز به وسایل اطفاء حریق - میز کار استاندارد با ابعاد <math>1180 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 180 \text{ cm}</math> - مجهز به فیوز حفاظت جان - فرد با لباس کار مجهز - انجام کار در حال نشسته - رایانه - اینترنت - لوازم التحریر - نرم‌افزارهای مورد نیاز - بردبرد - دیود نورانی LED - ذره‌بین - مقاومت‌های <math>150 \Omega</math>، <math>1 \frac{1}{4}</math> وات و <math>330 \Omega</math>، <math>1 \frac{1}{4}</math> وات و <math>10 \text{ K}\Omega</math>، <math>1 \frac{1}{4}</math> وات - سیم‌های بردبرد - میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد - کلید شستی کوچک (SPST Push Button) - کلید یک پل کوچک - برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال - آی‌سی‌های <math>7400</math>، <math>7402</math>، <math>7404</math>، <math>7408</math>، <math>7432</math>، <math>7486</math></p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
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:		
	۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها		
	۲- دقت و تمرکز در اجرای کار		
	۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر		
	۴- اخلاق حرفه‌ای		
	میانگین نمرات		*
* حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



## واحد یادگیری ۵

### مدارهای کاربردی دیجیتال

#### آیا تا به حال فکر کرده‌اید

- طراحی مدارهای منطقی پیشرفته براساس یک اصول واحد صورت می‌گیرد.
- چرا در طراحی مدارهای دیجیتال از تراشه‌های (IC) آماده استفاده می‌شود؟
- در ماشین حساب محاسبات ریاضی مانند عمل جمع و تفریق چگونه انجام می‌شود؟
- برای آدرس‌دهی، جهت فرمان دادن به دستگاه‌ها چه نوع مداری به کار می‌رود؟
- در سامانه‌های دیجیتال، اطلاعات طی چه مراحل و به چه صورت ثبت و ذخیره می‌شود؟
- در مدارهای دیجیتال، اطلاعات چگونه در قسمت‌های مختلف جابه‌جا می‌شود؟
- نمایش زمان در مدارهای چراغ‌های راهنمایی دیجیتال با چه نوع مداری صورت می‌گیرد؟
- دستگاه فرکانس متر دیجیتال 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 به دست 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 خروجی آنها تابع وضعیت زمان حال و گذشته متغیرهای ورودی مدار است. در این مدارها از عناصر حافظه (فلیپ فلاپ) استفاده می‌شود. مدارهایی مانند حافظه‌ها، ثبت‌ها (رجیسترها)، شمارنده‌ها و ساعت دیجیتال، 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.

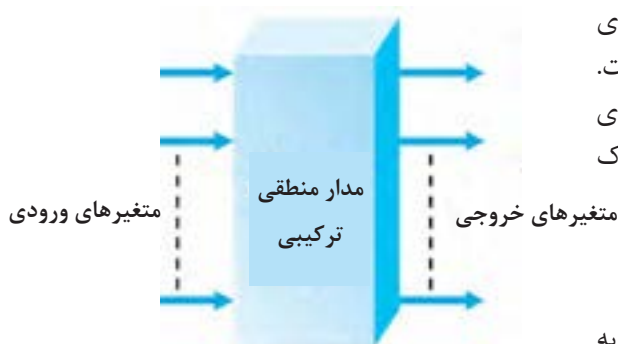
#### استاندارد عملکرد

بستن مدارهای کاربردی دیجیتال با رعایت استانداردهای حاکم بر آن

## ۵-۱ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

لوازم التحریر - رایانه - نرم افزارهای مورد نیاز - بردبرد - دیود نورانی LED - مقاومت های  $150\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات -  $330\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات - سیم های بردبرد - میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد - کلید یک پل کوچک - برگه اطلاعات آی سی های دیجیتال - آی سی های ۷۴۲۹۳-۷۴۴۷-۷۴۸۳

## مدارهای ترکیبی



شکل ۵-۱ بلوک دیاگرام مدار ترکیبی

مدارهای ترکیبی، مدارهایی هستند که خروجی های آن به طور هم زمان به ورودی های آن وابسته است. مدار ترکیبی شامل متغیرهای ورودی، دروازه های منطقی و متغیرهای خروجی است. شکل ۵-۱ بلوک دیاگرام مدار ترکیبی را نشان می دهد.

### اصول طراحی مدارهای ترکیبی

برای طراحی مدارهای منطقی ترکیبی مراحل زیر به ترتیب انجام می شود.

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

توجه

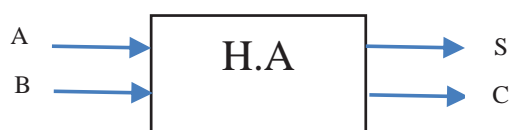


✓ تحلیل مسئله تعریف شده و تعیین تعداد ورودی و خروجی مورد نیاز و در نهایت رسم بلوک دیاگرام.

✓ تشکیل جدول صحت و نوشتن تابع منطقی مدار و ساده سازی آن.

در این قسمت بعضی از مدارهای ترکیبی با کاربردهای ویژه، که مصرف عام دارند و به صورت تراشه های (IC) تجارتي عرضه می شوند را معرفی می کنیم. در هر مورد، اصول کار مدار را با توجه به مفاهیم اساسی جبر بول بیان می کنیم، سپس بحث را با معرفی تراشه های تجارتي به پایان می رسانیم. علت انتخاب این روش نگاه سیستمی به مدار است.

## مدارهای جمع کننده



شکل ۵-۲ بلوک دیاگرام جمع کننده ناقص

✓ جمع کننده ناقص H.A (Half Adder)

جمع دو عدد تک بیتی باینری را می توان با مداری به نام جمع کننده ناقص یا به اختصار H.A انجام داد، شکل ۵-۲ بلوک دیاگرام جمع کننده ناقص را نشان می دهد.

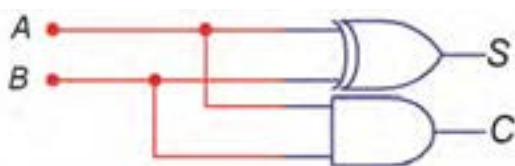
این مدار دو ورودی (A و B) و دو خروجی (S و C) دارد، خروجی‌ها مجموع ارقام ورودی‌ها هستند. در خروجی، رقم اول حاصل جمع را با S (SUM) و رقم نقلی را با C (Carry) مشخص می‌کنند. در شکل ۵-۳ مدار جمع‌کننده ناقص با گیت‌های دیجیتال رسم شده است. جدول صحت جمع دو بیت A و B را در جدول ۵-۱ مشاهده می‌کنید.

بحث کنید



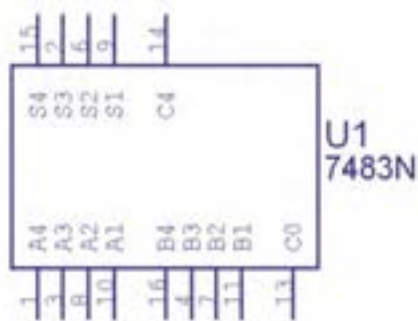
هدف از رقم نقلی چیست؟ با مراجعه به اسناد مختلف مفهوم آن را بیابید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه کنید.

جدول ۵-۱ جدول صحت H.A



شکل ۵-۳ مدار جمع‌کننده ناقص

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 ۵-۴ 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 ۵-۴ این تراشه را نشان می‌دهد.

## بستن مدار ترکیبی جمع‌کننده ناقص و جمع‌کننده چهاربیتی به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری

هدف: کسب مهارت در بررسی عملکرد مدارهای ترکیبی

مواد، ابزار و تجهیزات: لوازم التحریر - اینترنت - رایانه - نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر - دیود نورانی LED قرمز و سبز - مقاومت‌های  $100\Omega$ ،  $\frac{1}{4}$  وات - بردبرد - سیم‌های بردبرد - میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد - کلید یک پل کوچک (مینیا توری، قابل نصب روی بردبرد) - برگه اطلاعات آی‌سی‌های دیجیتال - آی‌سی ۷۴۸۳

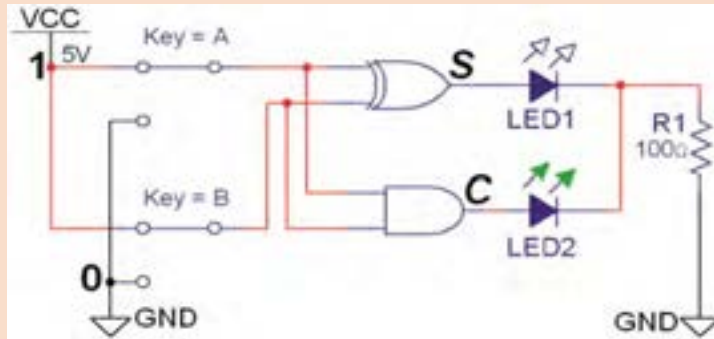
کار عملی ۱



## مراحل اجرای کار

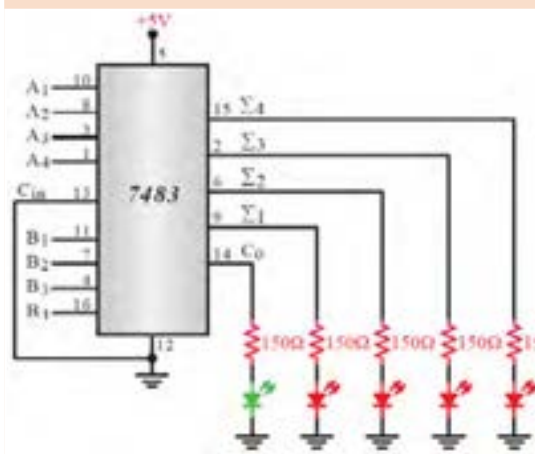
- ۱ مدار جمع کننده ناقص را مطابق شکل ۵-۵ روی میز کار نرم افزار ببندید.
- ۲ با تغییر وضعیت کلیدها در مدار شکل ۵-۵ جدول صحت مدار جمع کننده ناقص ۵-۲ را کامل کنید.

جدول ۵-۲ جمع کننده ناقص



A	B	Co	S
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

شکل ۵-۵ مدار عملی جمع کننده ناقص



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

- ۴ مدار شکل ۵-۶ یک جمع کننده ۴ بیتی با آی سی ۷۴۸۳ است. مدار را روی برد ببندید.

- ۵ با انتخاب مقادیر مختلف برای دو عدد باینری چهاربیتی

$$A = A_4 A_3 A_2 A_1 \text{ و } B = B_4 B_3 B_2 B_1$$

وضعیت خروجی جمع گر را مشاهده کنید. وضعیت روشن شدن لامپ‌ها، عدد باینری خروجی را نشان می‌دهد. می‌توانید از جدول ۵-۳ کمک بگیرید.

شکل ۵-۶

جدول ۵-۳ جمع کننده ۴ بیتی

وضعیت بیت‌های عدد A					وضعیت بیت‌های عدد B					وضعیت بیت‌های خروجی					عدد حاصل
عدد A	A <sub>۴</sub>	A <sub>۳</sub>	A <sub>۲</sub>	A <sub>۱</sub>	عدد B	B <sub>۴</sub>	B <sub>۳</sub>	B <sub>۲</sub>	B <sub>۱</sub>	C <sub>۰</sub>	S <sub>۴</sub>	S <sub>۳</sub>	S <sub>۲</sub>	S <sub>۱</sub>	
۳	۰	۰	۱	۱	۲	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۵
	۱	۰	۰	۱		۰	۱	۱	۰						
	۱	۱	۰	۰		۰	۱	۰	۱						
	۱	۰	۰	۱		۰	۰	۱	۱						

## مقایسه کننده تک بیتی

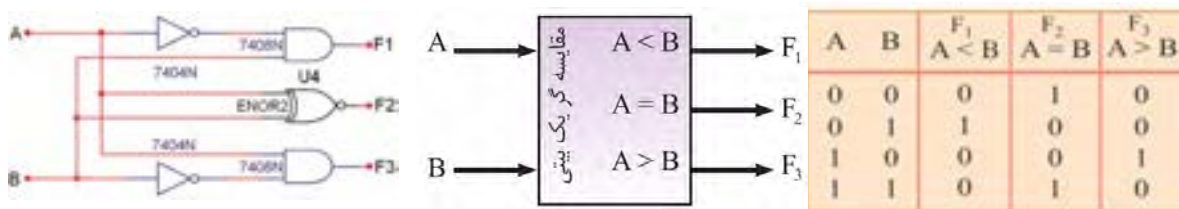
فیلم



فیلم مربوط به مدارهای مقایسه کننده را ببینید.

مدار مقایسه گر تک بیتی باینری، در ورودی دو عدد یک رقمی باینری (A و B) را دریافت می کند و در خروجی حاصل مقایسه را به صورت  $A > B$  یا  $A = B$  یا  $A < B$  مشخص می کند. در شکل ۵-۷ بلوک دیاگرام مقایسه کننده تک بیتی نشان داده شده است. در جدول ۵-۴، جدول درستی مقایسه گر دو عدد یک رقمی باینری رسم شده است. مدار مقایسه گر با گیت های دیجیتالی را در شکل ۵-۸ مشاهده می کنید.

جدول ۵-۴



شکل ۵-۷ بلوک دیاگرام مدار مقایسه کننده تک بیتی  
شکل ۵-۸ مدار مقایسه کننده تک بیتی

با توجه به جدول ۵-۴ تابع منطقی  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  را بنویسید.

$F_1 =$  .....

$F_2 =$  .....

$F_3 =$  .....

فعالیت



کارگروهی



آیا می توانید در مدار شکل ۵-۸، خروجی  $F_2$  را با گیت دیگری طراحی کنید؟ با همکار گروه خود بحث کنید و مدار جدید را در نمودار شکل ۵-۹ رسم کنید.

شکل ۵-۹

با مراجعه به رسانه های مختلف شماره آی سی مقایسه کننده ۴ بیتی را شناسایی کنید. جدول صحت و نحوه بستن مدار آن را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

پژوهش



در فرایند ورود کارت اعتباری به دستگاه ATM آیا مقایسه ای صورت می گیرد، چگونه؟ توضیح دهید.

پرسش



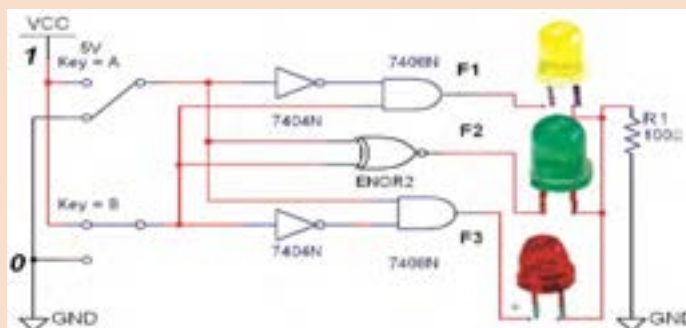


### مقایسه گر تک بیتی با نرم افزار

**هدف:** بررسی مدار مقایسه گر دو عدد یک رقمی باینری در نرم افزار  
**مواد، ابزار و تجهیزات:** نرم افزار مناسب - رایانه - لوازم التحریر  
**مراحل اجرای کار**

- ۱ مدار مقایسه گر یک بیتی شکل ۵-۱۰ را روی محیط کار نرم افزار ببندید.
- ۲ ورودی A و B را طبق جدول صحت ۵-۵ تغییر وضعیت دهید و وضعیت خروجی های مدار را با توجه به ورودی ها مشخص کنید و در جدول ۵-۵ بنویسید.

### جدول ۵-۵ مقایسه کننده تک بیتی



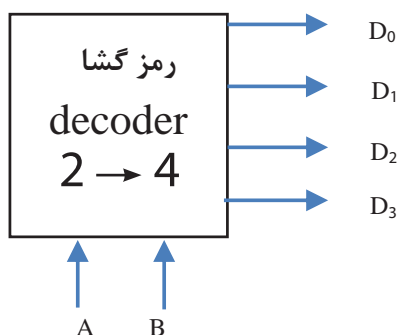
شکل ۵-۱۰ مدار عملی مقایسه کننده یک بیتی

ورودی ها		$F_1$	$F_2$	$F_3$
A	B	$A < B$	$A = B$	$A > B$
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

## مدارهای رمزگشا (Decoder)

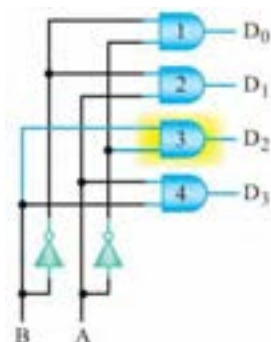
فیلم مربوط به مدارهای رمزگشا را ببینید.

فیلم



شکل ۵-۱۱ بلوک دیاگرام رمزگشا

در ورودی رمزگشا، کد باینری اعمال می شود. به ازای هر عدد باینری یکی از خروجی ها در تراز (۰) یا (۱) منطقی قرار می گیرد. شکل ۵-۱۱ بلوک دیاگرام رمزگشای (۲ به ۴) را نشان می دهد. اگر خروجی در تراز (۱) منطقی قرار گیرد رمزگشا را حالت فعال (۱) یا (Active High) می گویند. اگر خروجی رمزگشا در تراز (۰) منطقی قرار گیرد حالت فعال (۰) یا (Active Low) گویند. در شکل ۵-۱۲ مدار رمزگشای دو به چهار و در جدول ۵-۶، جدول درستی این رمزگشا نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۲ مدار رمزگشا دو به چهار

جدول ۵-۶ رمزگشا دو به چهار

B	A	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

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 صورتی که ورودی تواناساز En صفر باشد، خروجی فعال نخواهد شد. مدار رمزگشای دو به چهار، شکل ۵-۱۳ دارای ورودی تواناساز است. جدول صحت آن را در جدول ۵-۷ مشاهده می‌کنید.

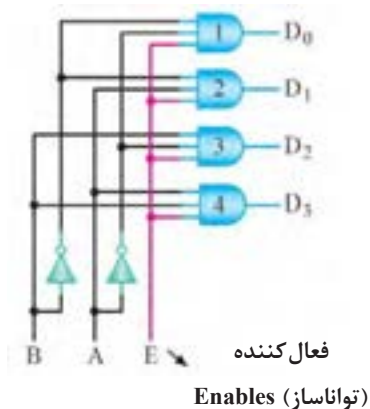
آیا با فشار دادن دکمه‌ای مربوط به عدد در صفحه کلید تلفن و ظاهر شدن عدد مربوطه روی صفحه نمایش عمل رمزگشایی رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.

پرسش



جدول ۵-۷ جدول صحت دکودر ۲ → ۴  
با خط تواناساز

E	B	A	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
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 ۵-۱۳

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

تحقیق کنید



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

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.

فعالیت





### بررسی مدار رمزگشای ۴ → ۲ در نرم افزار

**هدف:** بررسی مدار رمزگشای ۴ → ۲ و تکمیل جدول درستی آن  
**مواد، ابزار و تجهیزات:** نرم افزار مناسب - رایانه - لوازم التحریر  
**مراحل اجرای کار**

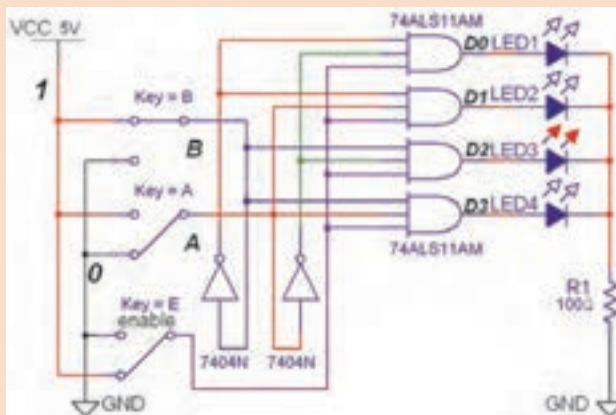
۱ نرم افزار را فعال کنید.

۲ مدار شکل ۵-۱۴ را روی محیط نرم افزار ببینید.

۳ ورودی تواناساز ( $E_n$ ) را در صفر قرار دهید. ورودی A و B را تغییر دهید. آیا در خروجی ها تغییری حاصل می شود؟

۴ ورودی تواناساز ( $E_n$ ) را در وضعیت (۱) قرار دهید، سپس با تغییر ورودی ها، جدول ۵-۸ را کامل کنید.

جدول ۵-۸ 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 ۵-۱۴ مدار عملی رمزگشای ۲ به ۴

## مدارهای مالتی پلکسر (Multiplexer)

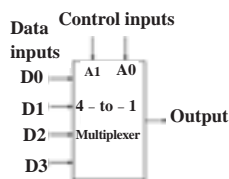
فیلم مربوط به مدارهای مالتی پلکسر را ببینید.

فیلم



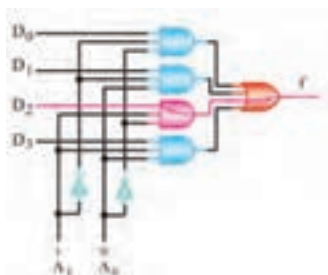
مالتی پلکسر یا Data Selector Logic مدارهایی هستند که به وسیله خطوط آدرس، اطلاعات خطوط ورودی را به یک خط خروجی انتقال می دهند. هر مالتی پلکسر با  $m$  خط ورودی و یک خط خروجی به  $N$  خط آدرس نیاز دارد به طوری که رابطه  $2^N = m$  برقرار است.



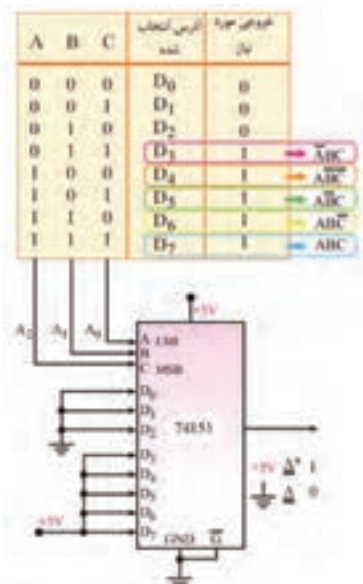


Control Inputs		Output
A	B	Y
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

شکل ۵-۱۵ بلوک دیاگرام و جدول صحت مالتی پلکسر ۴ به ۱



شکل ۵-۱۶ مالتی پلکسر ۴ به ۱



شکل ۵-۱۷ اجرای تابع با مالتی پلکسر ۸ به ۱

در شکل ۵-۱۵ بلوک دیاگرام و جدول صحت یک مالتی پلکسر ۱ → ۴ را مشاهده می کنید. برای چهار خط ورودی به دو خط آدرس (A و B) نیاز داریم. در شکل ۵-۱۶ مدار یک مالتی پلکسر ۱ → ۴ با گیت های منطقی رسم شده است. در این مدار مثلاً اگر کد خط آدرس (۱۰) باشد ورودی سوم D2 و اگر (۰۱) باشد، مطابق شکل ۵-۱۶ ورودی دوم D1 را به خروجی وصل می کند. در این شکل با آدرس ۱۰ = A1A0 اطلاعات خط D2 به خروجی منتقل می شود.

✓ مالتی پلکسر ها با ورودی های بیشتر به صورت آی سی به بازار عرضه می شود. آی سی ۷۴۱۵۱ یک مالتی پلکسر ۸ به ۱ با سه خط آدرس دهی است. یکی از کاربردهای مالتی پلکسر مانند رمزگشاها اجرای توابع منطقی است.

در شکل ۵-۱۷ تابع

$$F = \frac{\overline{A}\overline{B}\overline{C}}{4} + \frac{\overline{A}\overline{B}C}{5} + \frac{\overline{A}B\overline{C}}{3} + \frac{ABC}{7} + \frac{A\overline{B}\overline{C}}{6}$$

با یک آی سی مالتی پلکسر ۷۴۱۵۱ اجرا شده است.

با مراجعه به رسانه های مختلف، نمونه های دیگر از آی سی مالتی پلکسر بیابید و عملکرد آن را با استفاده از برگه اطلاعات تجزیه و تحلیل کنید. نتیجه را در قالب یک گزارش به کارگاه ارائه دهید.

پژوهش



## مدارهای ترتیبی

فیلم مربوط به مدارهای ترتیبی را ببینید.

فیلم



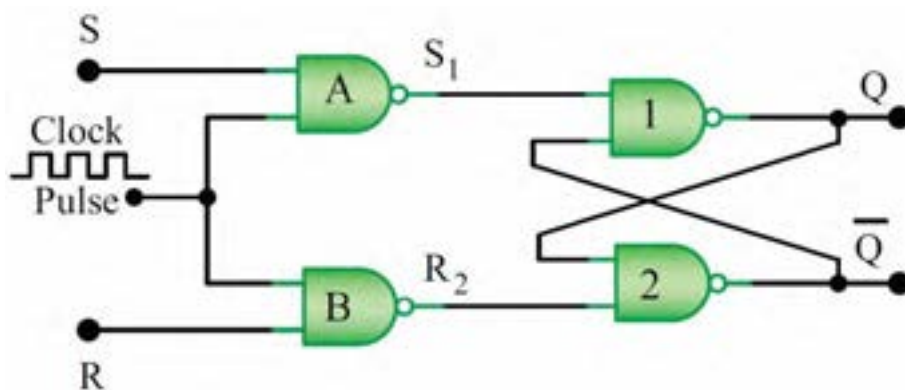
همان‌طور که مشاهده کردید خروجی مدارهای منطقی ترکیبی، در هر لحظه تابع معینی از ورودی‌های آنها در همان لحظه است. به عبارت دیگر با تغییر هم زمان ورودی‌های مدار، خروجی‌های آن نیز متناسب با ورودی‌ها تغییر می‌کند. مدارهای ترکیبی توانایی نگهداری و به خاطر سپاری حالت‌های ورودی را ندارند. ماشین‌های حسابگر و سیستم‌های 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 خاطر سپاری (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 به منظور 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 نظایر آن باید از فلیپ‌فلاپ‌ها استفاده کرد.

### ☑ فلیپ‌فلاپ R-S

مدار فلیپ‌فلاپ SR را در شکل ۵-۱۸ مشاهده می‌کنید. در این مدار، پالس ساعت (Clock Pulse) به‌عنوان یک سیگنال فعال‌ساز عمل می‌کند.



شکل ۵-۱۸ مدار فلیپ‌فلاپ SR ساعتی

S اول کلمه Set به معنی تنظیم کردن، پر کردن و R اول کلمه Reset به معنی بازگشت به حالت اولیه یا پاک کردن است.

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

پژوهش



ساخت فلیپ‌فلاپ‌ها سیر تکاملی طولانی را طی نمود و نوع J-K-M-S کامل‌ترین آنها است.

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.

پژوهش



انواع متداول فلیپ‌فلاپ‌ها به همراه کاربرد آنها در جدول ۵-۹ آورده شده است. فلیپ‌فلاپ JK-MS، در میان فلیپ‌فلاپ‌ها دارای بیش‌ترین کاربرد است.

جدول ۵-۹ انواع فلیپ‌فلاپ

کاربرد	فلیپ‌فلاپ
ساخت فلیپ‌فلاپ D و T	JK-MS-FF
از این فلیپ‌فلاپ به عنوان یک سلول ثبات (ثبت‌کننده) استفاده می‌کنند.	FF-D
از فلیپ‌فلاپ T اغلب به عنوان تقسیم‌کننده فرکانس در ساختمان مدارهای ساعت یا شمارنده استفاده می‌شود.	FF-T

### بستن یک نمونه مدارهای ترتیبی به صورت نرم‌افزاری

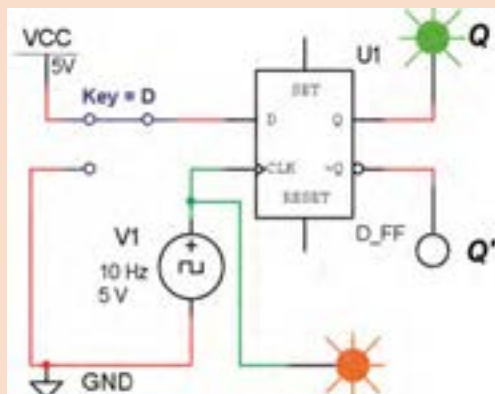
هدف: کسب مهارت در بررسی عملکرد مدارهای ترتیبی

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

مراحل اجرای کار

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

۲ مدار شکل ۵-۱۹ را در فضای نرم‌افزار ببندید. کلید ورودی D را تغییر وضعیت دهید و حالت خروجی را پس از مشاهده در جدول ۵-۱۰ یادداشت کنید.



شکل ۵-۱۹ مدار فلیپ‌فلاپ D

جدول ۵-۱۰ جدول صحت فلیپ‌فلاپ D

cp	D	Q(t)	$\bar{Q}(t)$
	0		
	1		

سؤال:

اگر  $D=1$  باشد، بعد از پنج پالس ساعت، خروجی مولد در چه وضعیتی قرار می‌گیرد؟ شرح دهید.

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.

کار عملی ۴



تحقیق



### ■ شیفت رجیسترها (Shift Registers)

✓ شیفت رجیسترها برای ثبت و حفظ اطلاعات باینری به صورت موقتی به کار می‌روند. 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 ۵-۱۱ انواع شیفت رجیسترها از نظر چگونگی ورود و خروج اطلاعات (۰ و ۱ باینری) آورده شده است.

جدول ۵-۱۱ انواع شیفت رجیستر

Serial input - Serial output (SISO)	ورودی سری - خروجی سری
Serial input - Parallel output (SIPO)	ورودی سری - خروجی موازی
Parallel input Serial output (PISO)	ورودی موازی - خروجی سری
Parallel input - Parallel output (PIPO)	ورودی موازی - خروجی موازی

#### مدار شیفت رجیستر ورودی سری - خروجی موازی در نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد مدار شیفت رجیستر SIPO

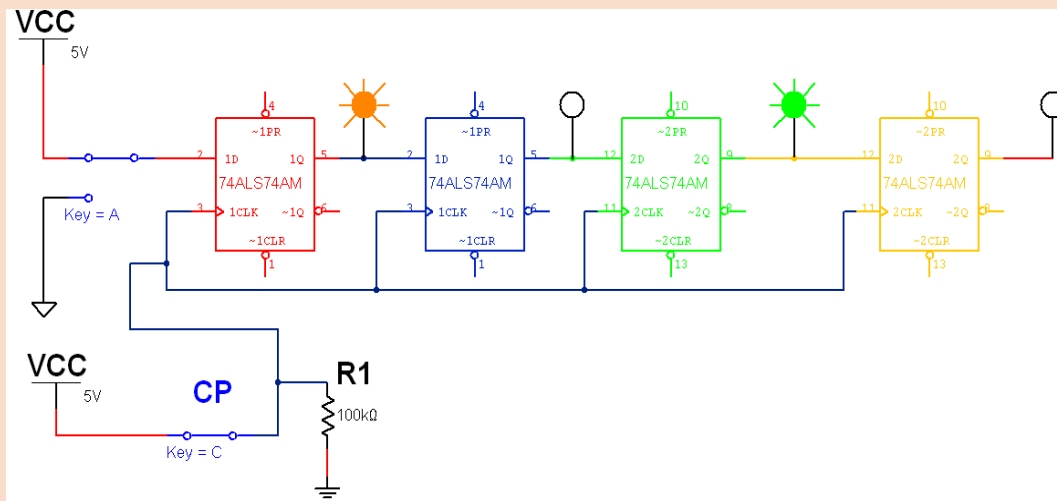
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم‌افزار مناسب - لوازم التحریر

#### مراحل اجرای کار

۱ نرم‌افزار را فعال کنید.

۲ مدار شکل ۵-۲۰ را در محیط نرم‌افزار ببندید.

۳ شکل ۵-۲۰ مدار شیفت رجیستر «ورودی سری - خروجی موازی» را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۰ شیفت رجیستر «ورودی سری - خروجی موازی»

کار عملی ۵



۴ با تغییر حالت کلیدهای A و C طبق جدول صحت ۵-۱۲، جدول را کامل کنید.

جدول ۵-۱۲ جدول صحت

پالس ساعت	Q <sub>۱</sub>	Q <sub>۲</sub>	Q <sub>۳</sub>	Q <sub>۴</sub>
اولین				
دومین				
سومین				
چهارمین				

برای نتیجه‌گیری دقیق از این آزمایش لازم است که پس از راه‌اندازی مدار، ابتدا اطلاعات اولین بیت را وارد کنید (با تغییر کلید A). سپس کلید C را ابتدا از صفر به یک سپس از یک به صفر تغییر حالت دهید (تا پالس ساعت با لبه 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.

نکته



سؤال:

در مدار شکل ۵-۲۰ بعد از اعمال سومین پالس چه عددی در رجیستر ذخیره می‌شود؟

## شمارنده‌ها (Counters)

شمارنده‌ها مدارهایی هستند که از تعدادی فلیپ‌فلاپ که به صورت 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.

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

تحقیق کنید



## مدار شمارنده در نرم‌افزار

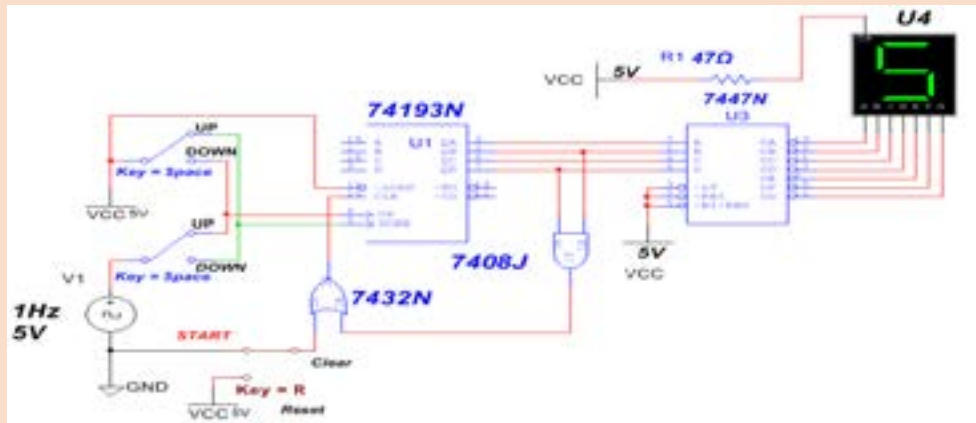
هدف: بررسی عملکرد یک نمونه مدار شمارنده صعودی - نزولی  
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم‌افزار مناسب - لوازم‌التحریر  
مراحل اجرای کار

کار عملی ۶



۱ آی سی ۷۴۱۹۳ یک شمارنده 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 ۵-۲۱ را روی میز کار نرم افزار ببینید.



شکل ۵-۲۱ مدار شمارنده

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

نکته مهم



- 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.

به نظر شما در دستگاه کپی برای کنترل شماره گان کپی اوراق از چه مدارهای ترکیبی و ترتیبی استفاده می شود؟ از طریق بارش فکری موضوع را بررسی و جمع بندی کنید.

بارش فکری



## آرایه گیت های قابل برنامه ریزی FPGA (Field – Programmable Gate Array)

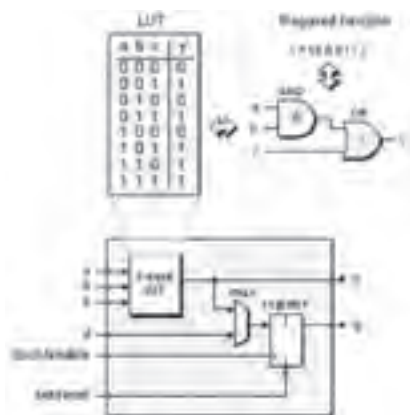
فیلم مربوط به FPGA را ببینید.

فیلم

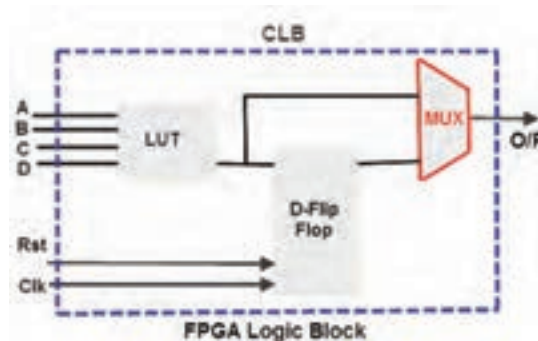


FPGA یک تراشه (IC) است که می توانیم تابع منطقی مورد نیاز طراحی شده را در آن برنامه ریزی کنیم و روابط منطقی بین پایه های ورودی و خروجی را تغییر دهیم. از این رو به این تراشه ها آی سی های قابل

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 به وسیله گیت‌های منطقی، یک بلوک جمع‌کننده طراحی کنیم سپس می‌توانیم این بلوک را در سایر بلوک‌ها نیز به کار ببریم. شکل ب ۵-۲۲ جدول LUT (LookUp Table) که در آی‌سی FPGA برنامه‌ریزی شده است را نشان می‌دهد.



ب) تابع برنامه‌ریزی شده در FPGA



الف) بلوک دیگرام FPGA

شکل ۵-۲۲ آی‌سی FPGA

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

تحقیق کنید



کنیم. FPGA اغلب برای ساخت دستگاه‌هایی مانند دستگاه‌های مخابراتی پرسرعت، دستگاه‌های صنعتی و تجاری خیلی حساس و دستگاه‌های نظامی به کار می‌رود.



شکل ۵-۲۳ کاربرد آی‌سی FPGA در مدارهای پیشرفته

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 به عنوان پردازشگر در مدارهای مختلف استفاده می‌شود، شکل ۵-۲۳ 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

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

فعالیت



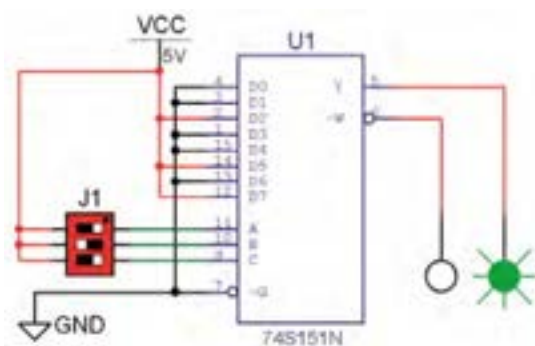
با مراجعه به رسانه‌های مختلف درباره کاربرد انواع آی‌سی‌های FPGA مطالعه کنید و نتایج را در قالب یک گزارش اجمالی ارائه دهید.

پژوهش



## 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 ۵-۸ 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) مالتی پلکسر 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؟  
 ۷۴۴۷-۱      ۷۴۱۹۳-۲      ۷۴۱۵۱-۳      ۷۴۸۳-۴
- 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 ۵-۲۲ به کار رفته است را نام ببرید.



شکل ۵-۲۴ مدار مالتی پلکسر





شرح کار:

- ۱ شرح کلی مدارهای ترکیبی
- ۲ شرح کلی مدارهای ترتیبی
- ۳ بستن مدارهای نمونه ترکیبی و ترتیبی کاربردی به صورت نرم افزاری و سخت افزاری
- ۴ تشریح تراشه FPGA، کاربردها و مزایای آن

استاندارد عملکرد:

بستن مدارهای کاربردی دیجیتالی با رعایت استانداردهای حاکم بر آن  
شاخص ها:

- ۱ تشریح کلی مدارهای ترکیبی (۲۰ دقیقه)
- ۲ شبیه سازی مدارهای ترکیبی با نرم افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترکیبی (۳۰ دقیقه)
- ۳ تشریح کلی مدارهای ترتیبی (۲۰ دقیقه)
- ۴ شبیه سازی مدارهای ترتیبی با نرم افزار 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 آنتی استاتیک - نور مناسب برای کارهای ظریف - ابعاد حداقل ۶ متر مربع و دارای تهویه یا پنجره - دمای طبیعی (۲۷°C - ۱۸°C) ذره بین و مجهز به وسایل اطفاء حریق - میز کار استاندارد با ابعاد ۸۰ cm H \* ۸۰ cm D \* ۱۸۰ L - مجهز به فیوز حفاظت جان - فرد با لباس کار مجهز - انجام کار در حال نشسته - رایانه - اینترنت - لوازم التحریر - نرم افزارهای مورد نیاز - برد برد - دیود نورانی LED - مقاومت های ۱۵۰Ω، ۱/۴ وات و ۳۳۰Ω، ۱/۴ وات - سیم های برد برد - میز آزمایشگاهی الکترونیک با تجهیزات استاندارد - کلید یک پل کوچک - برگه اطلاعات آی سی های دیجیتال - آی سی های ۷۴۲۹۳-۷۴۴۷-۷۴۸۳

معیار شایستگی:

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح کلی عملکرد مدارهای ترکیبی	۱	
۲	شبیه سازی مدارهای ترکیبی با نرم افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترکیبی	۲	
۳	تشریح کلی عملکرد مدارهای ترتیبی	۱	
۴	شبیه سازی مدارهای ترتیبی با نرم افزار مرتبط و بستن دو مدار نمونه عملی مدارهای ترتیبی	۲	
۵	تشریح تراشه FPGA، کاربردها و مزایای آن	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		
	۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه ها	۲	
	۲- دقت و تمرکز در اجرای کار		
	۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر		
	۴- اخلاق حرفه ای		
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.