

آشنایی با مدارهای منطقی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این درس از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- مفهوم کمیت‌های آنالوگ و دیجیتال را توضیح دهد.
- ۲- سطوح منطقی صفر و یک را برای ولتاژ شرح دهد.
- ۳- دروازه‌های منطقی AND و OR و NOT را تعریف کند.
- ۴- به کمک کلیدها (سری - موازی) دروازه‌های منطقی AND، OR و NOT را نمایش دهد.
- ۵- دروازه‌های AND و OR را با مدارات کنتاکتوری شبیه‌سازی کند.
- ۶- جدول صحت AND، OR و NOT را رسم کند.
- ۷- تابع منطقی یک مسأله‌ی ساده را به فرم مجموع حاصل ضرب‌ها بنویسد.
- ۸- اتحادهای منطقی ساده را بنویسد.
- ۹- مدارهای ترکیبی رمزکننده (encoder) و رمزگشا (decoder) را به اختصار تعریف کند.
- ۱۰- فلیپ فلاپ را به منزله‌ی سلول حافظه، تعریف کند.
- ۱۱- رجیستر و شمارنده را تعریف کند.
- ۱۲- یک مدار کاربردی با شمارنده رسم کند.

مطالعه‌ی آزاد

مقدمه

داخلی این دو دسته وسایل دارای تفاوت‌هایی است که هریک از آن‌ها را بررسی خواهیم نمود.
در شکل ۱-۵ دو نوع مولتی‌متر آنالوگ و دیجیتال نشان داده شده است.



مولتی‌متر دیجیتال



شکل ۱-۵

امروزه تعداد بی‌شماری از دستگاه‌های اندازه‌گیری الکترونیکی و سایر وسایل با استفاده از تکنولوژی دیجیتال ساخته می‌شوند و هر روز تعداد آن‌ها بیش‌تر می‌شود، زیرا دستگاه‌های دیجیتالی دارای ویژگی‌هایی هستند که از جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- الف - سرعت بالا در انجام کارها،
- ب - دقت زیاد در انجام امور،
- ج - داشتن حجم کم،
- د - ساده بودن در دادن و گرفتن اطلاعات،
- ه - داشتن قابلیت تنوع در ساخت وسایل.

دستگاه‌هایی که با این ویژگی‌ها کار می‌کنند «دیجیتالی» و

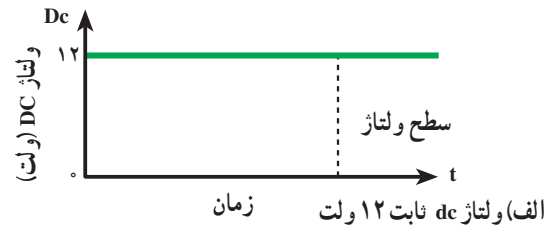
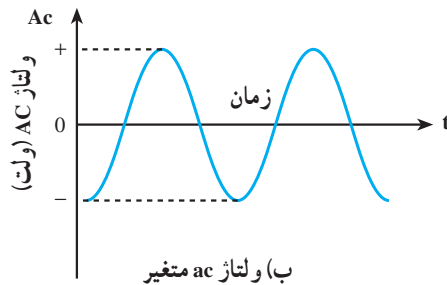
سایر وسایل را «آنالوگ» گویند. اساس و طرز کار سیستم‌های

۱-۵- سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال

به‌طور کلی سیستم داخلی و کاری وسایل الکتریکی یا الکترونیکی - چه در صنعت چه به‌صورت وسایل خانگی، هم‌چون: وسایل اندازه‌گیری، موتورهای الکتریکی، رایانه، ماشین حساب و تلفن - از دو سیستم «آنالوگ» یا «دیجیتال» است.

۱-۱-۵- سیستم آنالوگ^۱: سیستم آنالوگ

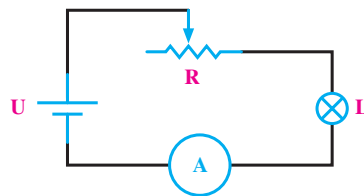
به سیستمی گفته می‌شود که در آن تغییرات سیگنال (موج کوچک) به‌صورت پیوسته است؛ یعنی اطلاعات یا شکل موجی که برای وسیله‌ی مورد نظر ارسال می‌گردد در تمامی لحظات وجود دارد و لحظه‌ی قطعی در شکل موج پدید نمی‌آید. شکل موج‌های ولتاژی که در شکل ۲-۵ نشان داده شده است معرف سیگنال‌های آنالوگ هستند.



شکل ۲-۵- انواع سیگنال‌های آنالوگ

جریان که عقربه‌ی آمپرتر به آهستگی منحرف می‌شود، مفهوم پیوسته بودن شدت روشنایی لامپ را به‌خوبی دریافت نمود.

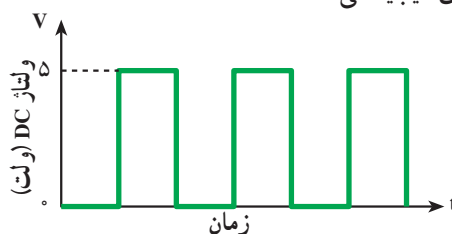
با بستن مداری مطابق شکل ۳-۵ و ایجاد تغییر در مقدار مقاومت متغیر از حداقل تا حداکثر، می‌توان با مشاهده‌ی نور لامپ که به آرامی کم و زیاد می‌شود، هم‌چنین با اندازه‌گیری



شکل ۳-۵

می‌شوند. از جمله دستگاه‌هایی که با این سیستم کار می‌کنند می‌توان مراکز تلفن، ماشین حساب‌ها یا رایانه را نام برد. در شکل ۴-۵ یک نمونه سیگنال دیجیتالی نشان داده شده است.

۲-۱-۵- سیستم دیجیتال: گروه دیگری از سیگنال‌ها وجود دارند که دارای تغییرات پله‌ای و مجزا هستند و ولتاژ در آن‌ها بین دو مقدار حداقل و حداکثر تغییر می‌کند. سیستم‌هایی که با چنین ولتاژهایی کار می‌کنند «سیستم‌های دیجیتالی» گفته

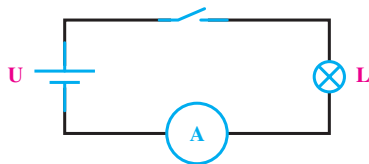


سیگنال با دو حالت مختلف (۰) و (۵) ولت

شکل ۴-۵- سیگنال دیجیتال

می‌شود؛ هم‌چنین عقربه‌ی آمپر متر نیز در هنگام وصل کلید خیلی سریع منحرف شده، حداکثر مقدار جریان مدار را نشان می‌دهد و در هنگام قطع نیز خیلی سریع به صفر می‌رسد.

با کمک مدار داده شده در شکل ۵-۵ و قطع و وصل بی‌دری کلید و مشاهده‌ی نور لامپ یا اندازه‌گیری جریان آن به پله‌ای بودن تغییرات ولتاژ می‌توان پی‌برد، زیرا هنگام آزمایش با قطع و وصل کلید لامپ با ماکزیمم نور خود روشن و خاموش



شکل ۵-۵

در شکل ۵-۶ تصویر چند وسیله‌ی آنالوگ و دیجیتالی نشان داده شده است.



حرارت سنج دیجیتالی



شمارنده‌ی دیجیتالی



ولت متر دیجیتالی



منبع تغذیه‌ی الکترونیکی با نشان‌دهنده‌ی هفت قطعه‌ای



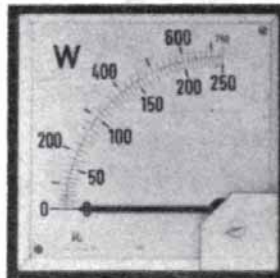
ترموستات آنالوگ



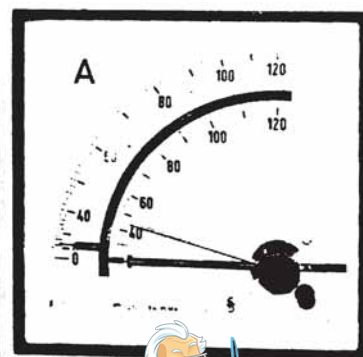
منبع تغذیه‌ی الکترونیکی با وسایل اندازه‌گیری آنالوگ



آومتر دیجیتالی



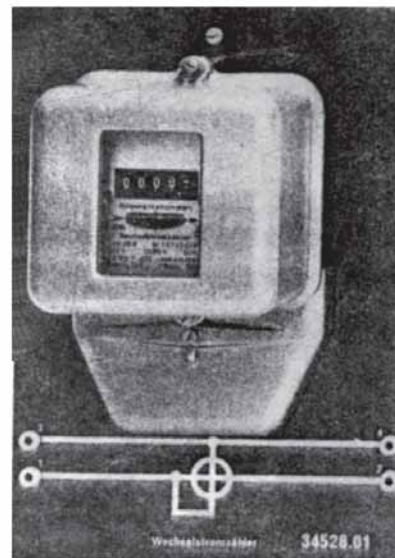
(وسایل اندازه‌گیری آنالوگ)



آمپر متر و وات متر تابلویی



ب - یک نمونه کنتور سه فاز



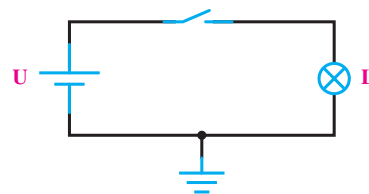
الف - یک نمونه کنتور یک فاز

شکل ۵-۶

می رود؛ مثلاً، برای نشان دادن روشن و خاموش بودن لامپ از اصطلاحات مختلفی استفاده می شود که در جدول ۱-۵ نشان داده شده است.

جدول ۱-۵

لامپ خاموش	° → عدم وجود → low → OFF → کلید قطع →
لامپ روشن	۱ → وجود داشتن → high → ON → کلید وصل →



شکل ۵-۷

۲-۵ - سطوح منطقی صفر و یک

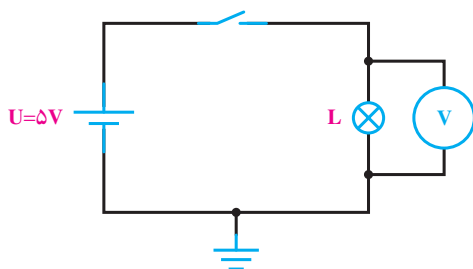
همان گونه که اشاره شد در مدارات دیجیتالی دو حالت موجود است که معمولاً برای بیان وضعیت کاری مدار به کار

یک استفاده می شود.

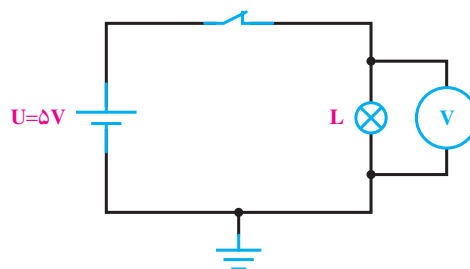
البته باید دقت داشت که صفر و یک به کار رفته در مدارات دیجیتالی با صفر و یک عبارات جبری یکسان نیست. در مباحث دیجیتال ° و ۱ نشان دهنده ی وضعیتی از مدار هستند؛ در صورتی که در جبر معمولی صفر و یک بیانگر مقدار عددی است.

هریک از این اصطلاحات بیانگر مفهوم خاصی از مدار است؛ برای مثال «ON-OFF» روشن و خاموش بودن، «high-low» حداقل و حداکثر بودن ولتاژ اعمال شده به مدار و «۱-۰» معرف وجود و عدم وجود است. برای بیان مفاهیم و عبارات دیجیتالی منظور خلاصه نویسی بیش تر از صفر و

مدارات زیاد به کار می‌رود.
در شکل ۸-۵ وضعیت کاری هر مدار به همراه سطوح ولتاژ و معادل عبارت منطقی آن‌ها نشان داده شده است.



سطح ولتاژ (حداکثر ولتاژ) مدارات دیجیتالی دارای مقادیر مختلف* (۱۵V و ۵V) است. یکی از این مقادیر ولتاژی سطح ولتاژ ماکزیمم (۵ ولت) و سطح ولتاژ مینیمم (صفرولت) است که در



شکل ۸-۵

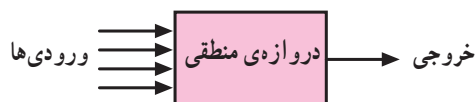
قطع	→ وضعیت کلید (وضعیت مدار)
۰ ولت	→ مقدار ولتاژ ولت متر (سطح ولتاژ)
۰	→ وضعیت منطقی (مقدار منطقی)

وصل	→ وضعیت کلید (وضعیت مدار)
۵ ولت	→ مقدار ولتاژ ولت متر (سطح ولتاژ)
۱	→ وضعیت منطقی (مقدار منطقی)

یا چند ورودی و یک خروجی هستند.

۳-۵- دروازه‌های منطقی^۱

دروازه‌های منطقی مطابق شکل ۹-۵ عملگرهایی با یک



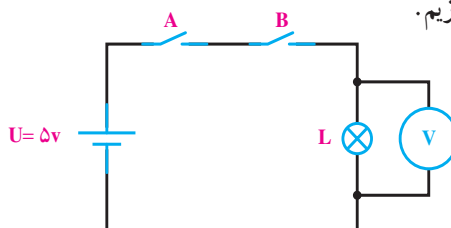
شکل ۹-۵

۱-۳-۵- دروازه‌ی AND - «و»: عملگر AND یا

دروازه‌ی منطقی AND، به دروازه‌ای گفته می‌شود که در صورتی خروجی آن وجود خواهد داشت (یک می‌شود) که همه ورودی‌های آن وجود داشته باشند (یک باشد). مدار کلیدی این دروازه را به صورت شکل ۱۰-۵ می‌توان رسم نمود.

ساختمان داخلی دروازه‌های منطقی را مدارات و قطعات الکترونیکی هم‌چون دیودها، ترانزیستورها و ... تشکیل می‌دهند ولی برای ترسیم مدارات منطقی از علامات اختصاری استفاده می‌کنیم.

هر دروازه براساس منطقی خاص که برای وضعیت‌های ورودی و خروجی آن تعریف شده ساخته می‌شود. در این جا فقط به بررسی سه دروازه‌ی مهم و پایه‌ای می‌پردازیم.



شکل ۱۰-۵

^۱ - logic gate

* برخی از آی‌های دیجیتالی با ولتاژ ۵ ولت و برخی با ولتاژ ۳ تا ۱۵ ولت کار می‌کنند.

می‌دهد. به اختصار می‌توان چگونگی عملکرد مدار AND را برای حالت‌های مختلف به صورت جدول وضعیت ۲-۵ بیان کرد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود مدار کلیدی دروازه‌ی AND به صورت کلیدهای سری است و نحوه‌ی عملکرد آن بدین شکل است که لامپ زمانی روشن خواهد شد که هر دو کلید در حالت وصل باشند و در این صورت است که ولت متر مقدار را نشان

جدول ۲-۵ - جدول وضعیت دروازه‌ی AND

وضعیت کلید A	وضعیت کلید B	وضعیت لامپ L
قطع OFF	قطع OFF	خاموش OFF
قطع OFF	وصل ON	خاموش OFF
وصل ON	قطع OFF	خاموش OFF
وصل ON	وصل ON	روشن ON

در جدول ۳-۵ قطع بودن کلید و خاموش بودن لامپ (۰)، وصل بودن کلید و روشن بودن لامپ (۱) در نظر گرفته شده است.

با توجه به مطالب یاد شده در جدول ۱-۵ می‌توان جدول وضعیت هر دروازه‌ای را به شکل ساده‌تر و با استفاده از «۰» و «۱» بیان نمود که اصطلاحاً به آن «جدول صحت» یا «جدول درستی» می‌گویند.

جدول ۳-۵ - جدول صحت دروازه‌ی AND

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

برای بیان رابطه‌ی منطقی دروازه‌ی AND از علامت (۰) در بین متغیرهای ورودی استفاده می‌شود. برای این دروازه‌ها می‌توان نوشت:

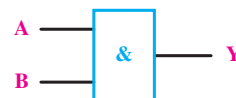
$$Y = A \cdot B \xrightarrow{\text{معمولاً به منظور خلاصه‌نویسی (۰) حذف می‌شود.}} Y = AB$$

۲-۳-۵ - دروازه‌ی OR - «یا»: عملکرد OR یا دروازه‌ی منطقی OR، به دروازه‌ای گفته می‌شود که خروجی آن در صورتی وجود خواهد داشت (یک می‌شود) که حداقل یکی از

در نقشه‌های دیجیتالی این دروازه را با علائم اختصاری همانند شکل ۱۱-۵ نشان می‌دهند.



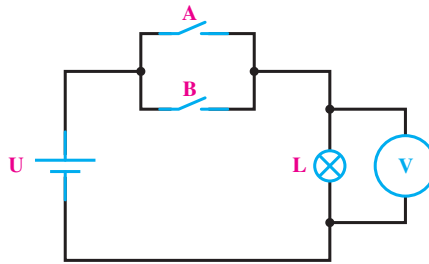
الف - استاندارد امریکایی



ب - استاندارد انگلیسی

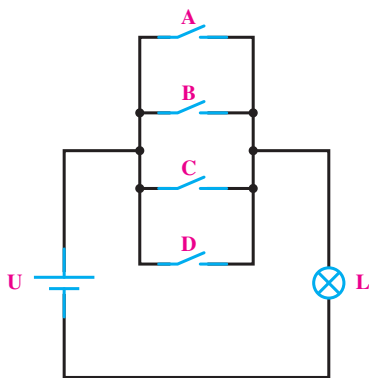
شکل ۱۱-۵ - علائم اختصاری دروازه‌ی AND

ورودی‌های آن وجود داشته باشد (یک باشد). نحوه‌ی عملکرد این دروازه را به صورت مدار کلیدی شکل ۵-۱۲ می‌توان رسم نمود.

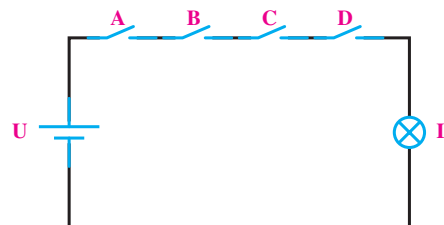


شکل ۵-۱۲ - مدار کلیدی دروازه‌ی OR

همان گونه که ملاحظه می‌شود مدار کلیدی دروازه‌ی OR از کلیدهای موازی تشکیل شده است. دروازه‌های AND و OR می‌توانند بیش از دو متغیر نیز داشته باشند. در شکل ۵-۱۳ مدار کلیدی این دروازه‌ها برای چهار متغیر نشان داده شده است.



ب - مدار کلیدی OR چهار متغیره



الف - مدار کلیدی AND چهار متغیره

شکل ۵-۱۳

همان گونه که در شکل ۵-۱۲ مشاهده می‌شود عملکرد دروازه‌ی OR بدین شکل است: در صورت وصل هر یک از کلیدها یا وصل هر دو کلید لامپ روشن شده، ولت‌متر مقدار ۵ ولت را نشان می‌دهد. به طور خلاصه جدول وضعیت دروازه OR برای حالت‌های مختلف را به صورت جدول ۵-۴ می‌توان نوشت.

جدول ۵-۴ - جدول صحت دروازه‌ی OR

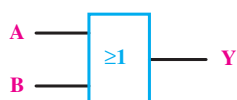
وضعیت کلید A	وضعیت کلید B	وضعیت لامپ L
قطع OFF	قطع OFF	قطع OFF
قطع OFF	وصل ON	وصل ON
وصل ON	قطع OFF	وصل ON
وصل ON	وصل ON	وصل ON

مشابه دروازه‌ی AND براساس حالات مختلف جدول ۴-۵ می‌توان جدول صحت دروازه‌ی OR را چنین نوشت :

جدول ۵-۵ - جدول صحت دروازه‌ی OR

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

علامه اختصاری دروازه‌ی OR در شکل ۱۴-۵ نشان داده شده است.



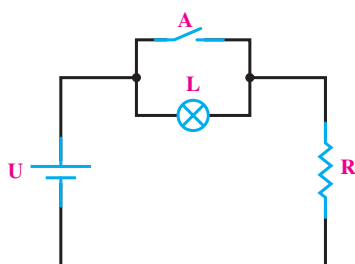
ب - استاندارد انگلیسی



الف - استاندارد آمریکایی

شکل ۱۴-۵

خواهد داشت (یک است) که متغیر ورودی وجود نداشته باشد (صفر باشد). با توجه به تعریف دروازه‌ی NOT مدار کلیدی این دروازه را مانند شکل ۱۵-۵ می‌توان رسم کرد. هم چنین براساس وضعیت‌های کلید می‌توان جدول وضعیت و جدول صحت آن را به صورت جداول ۶-۵ و ۷-۵ نوشت. البته می‌توان دروازه‌ی NOT را با یک کلید بسته که با یک لامپ سری شده است نیز نمایش داد.



شکل ۱۵-۵ - مدار کلیدی NOT

برای بیان رابطه‌ی منطقی دروازه‌ی OR از علامت (+) در بین متغیرهای ورودی استفاده می‌شود. بر همین اساس می‌توان

$$Y = A + B$$

چنین نوشت: **۳-۳-۵ - دروازه‌ی NOT «نفی»:** عملگر NOT یا

«دروازه‌ی منطقی NOT» به دروازه‌ای گفته می‌شود که خروجی آن همیشه معکوس (نفی) ورودی است یعنی زمانی خروجی وجود

جدول ۶-۵ - جدول وضعیت NOT

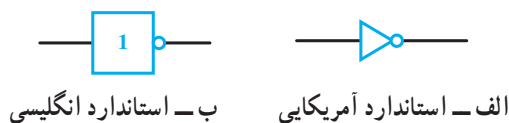
وضعیت کلید A	وضعیت لامپ L
قطع OFF	روشن ON
وصل ON	خاموش OFF

جدول ۷-۵ - جدول صحت NOT

A ورودی	Y خروجی
۰	۱
۱	۰

در شکل ۵-۱۶ علامت اختصاری دروازه‌ی NOT نشان داده شده است.

توضیح: مقاومت R در مدار کلیدی NOT برای کنترل و حفاظت مدار در مقابل جریان اتصال کوتاه است.



شکل ۵-۱۶

مطرح شده است.

مثال ۱: مدار فرمان و قدرتی را طراحی و رسم کنید که برای راه‌اندازی موتور الکتریکی سه‌فاز یک دستگاه پرس با حالت ماندگار و قطع دستی بتوان استفاده کرد.

حل:

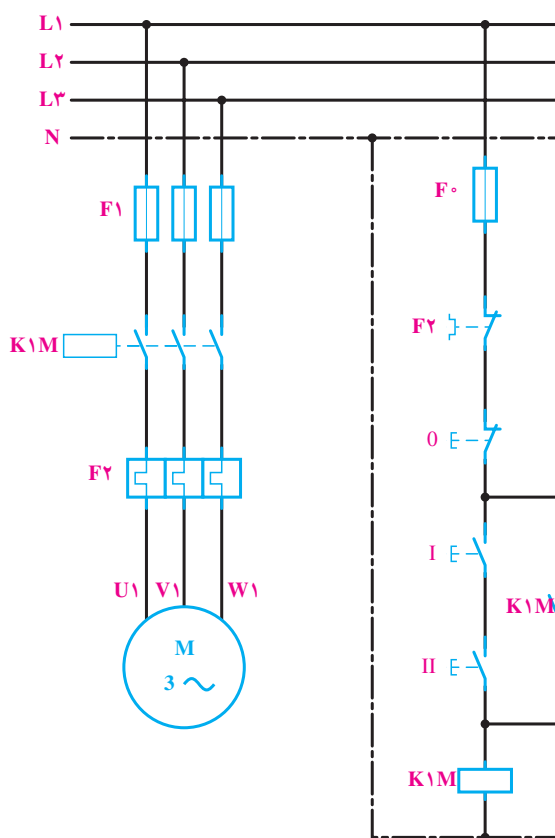
توضیح: در طراحی و رسم مدارات فرمان پرس‌ها برای بالابردن درجه‌ی حفاظت کار با دستگاه این نکته رعایت می‌شود تا در زمان ضربه‌زدن هر دو دست کارگر با شستی‌ها در تماس باشد.

وضعیت خروجی نسبت به ورودی دروازه‌ی NOT را

$$Y = \overline{A}$$

به صورت این رابطه‌ی منطقی بیان می‌کنند: $Y = \overline{A}$ در هر کدام از دروازه‌های منطقی که از آن‌ها سخن گفتیم، منطق خاصی بین صفر و یک‌های ورودی و خروجی حاکم است. این منطق و تعاریف فقط در بحث الکترونیک یا دیجیتال مطرح نیست، زیرا در مدارات الکتریکی صنعتی تک‌فاز و سه‌فاز نیز به نوعی دیگر با این مفاهیم سروکار داریم.

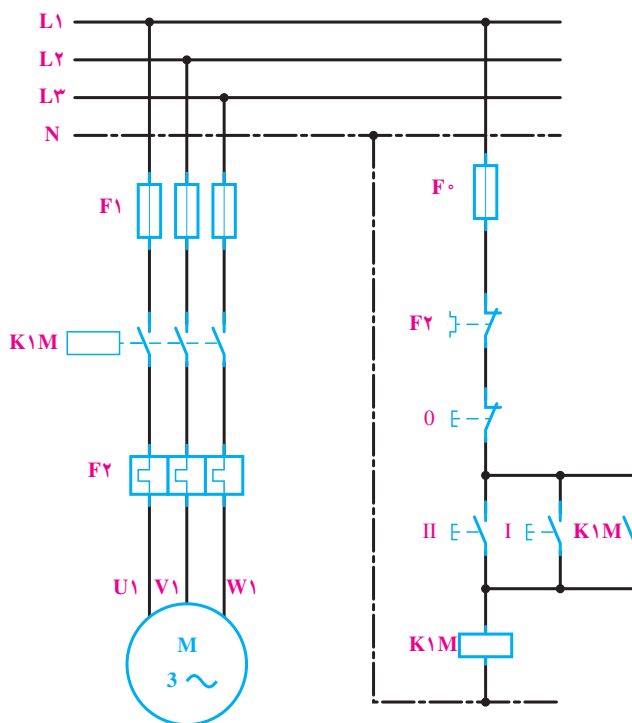
در این جا برای نمونه دو مدار صنعتی که بیانگر عملکردی مشابه دروازه‌های AND و OR هستند در قالب مثال‌های کاربردی



شکل ۵-۱۷

مثال ۲: مدار فرمان و قدرتی را طراحی و رسم کنید که بتوان موتور الکتریکی سه فازه‌ای را از دو محل با حالت ماندگار راه اندازی کرد.

لازمه‌ی عملکرد این مدار آن است که هر دو شستی استارت «I» و «II» با هم فشار داده شوند تا جریان به بوبین کنتاکتور برسد. در واقع شرط مدار وصل یا یکی شدن دوشستی است (مشابه AND).



شکل ۱۸-۵

حل: برای رسم مدار منطقی لازم است تا ابتدا جدول صحت را تشکیل دهیم و سپس براساس آن عبارت منطقی بنویسیم. اگر سه بار A, B و C را ورودی و X را خروجی و فرمان مولد کمکی بنامیم در این صورت هرگاه دو یا سه بار روشن باشد خروجی باید یک (۱) شود. بنابراین خروجی مدار دارای جدول صحتی به صورت ۸-۵ و عبارت منطقی به صورت X خواهد شد.

جدول ۸-۵

A	B	C	X
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۰
۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۰
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۱

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

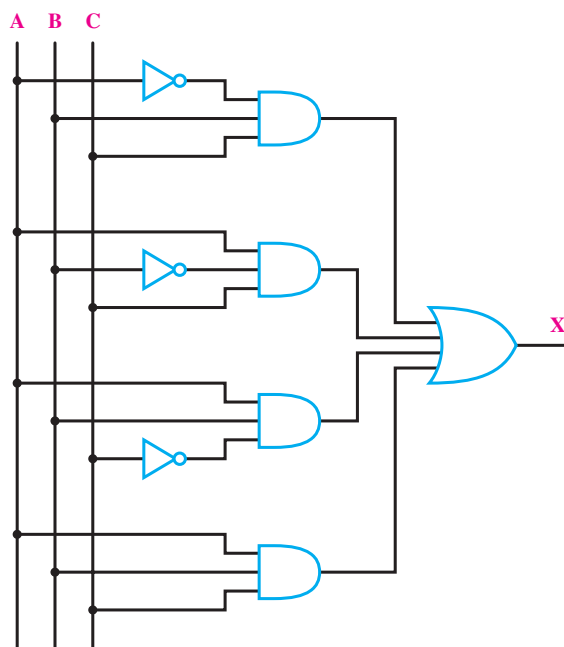
حل: با کمی دقت در مدار متوجه می‌شویم که طرز کار این مدار نیز مشابه منطق OR است، زیرا شرط در مدار قرار گرفتن بوبین کنتاکتور K1M آن است که حداقل یکی از شستی‌های استارت «I» یا «II» فشار داده شود.

۴-۵ بررسی مدارهای منطقی

هدف از آشنایی با دروازه‌های منطقی آن است که از آن‌ها در ساخت مدارهای منطقی استفاده شود. برای این که با چگونگی به کارگیری این دروازه‌ها آشنا شوید یک مثال به گونه‌ی طراحی مطرح می‌شود.

مثال ۳: یک کارخانه‌ی تولید برق، جریان سه بار را تأمین می‌کند اگر یکی از بارها روشن باشد تنها یک مولد لازم است. وقتی که بیش از یک بار روشن است باید مولد کمکی هم به کار بیفتد. مدار منطقی (فرمان) لازم برای به کار انداختن مولد کمکی را طرح کنید.

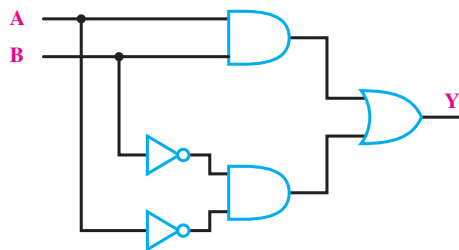
حال با توجه به جملات به دست آمده برای تابع خروجی می توان مدار منطقی را چنین رسم کرد.



مثال ۴: مدار دو متغیره ای را طرح کنید که اگر ورودی های آن با هم برابر باشند خروجی مدار وجود داشته باشد (یک شود).
حل: نخست جدول صحت را تشکیل می دهیم؛ سپس براساس آن عبارت منطقی را نوشته، سرانجام مدار منطقی آن را رسم می کنیم (شکل ۱۹-۵) (جدول صحت دو متغیره چهار حالت دارد).

A	B	Y
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۱

$\bar{A}\bar{B}$ $\Rightarrow Y = \bar{A}\bar{B} + AB$ خروجی وجود دارد
 AB

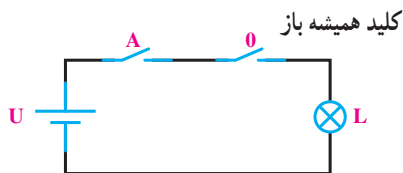


شکل ۱۹-۵

۵-۵- اتحادهای ساده‌ی منطقی

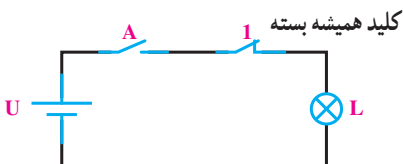
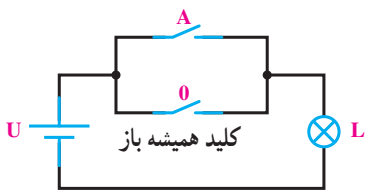
بنای طراحی مدارات منطقی بر مجموعه‌ای از اصول و تئوری‌ها استوار است که توسط شخصی به نام جرج بول تحت

عنوان جبر منطقی و به صورت یک سری اتحادهای ساده منطقی بیان گردید. برای تشریح این اتحادها از روش کلیدی و بدون این که وارد بحث ریاضی آن شویم استفاده شده است.

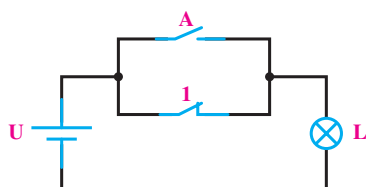


۱- الف) $A \cdot 0 = 0$
کلید با قابلیت قطع و وصل
کلید همیشه مدار سری
لامپ خاموش
باز

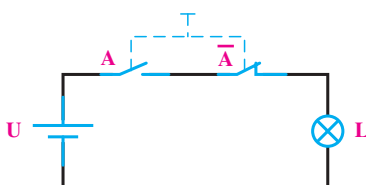
$$A + 0 = A \quad (\text{ب-۱})$$



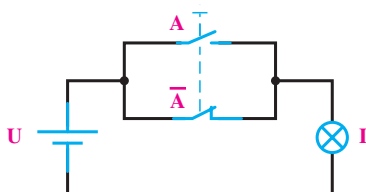
$$A \cdot 1 = A \quad (\text{الف-۲})$$



$$A + 1 = 1 \quad (\text{ب-۲})$$

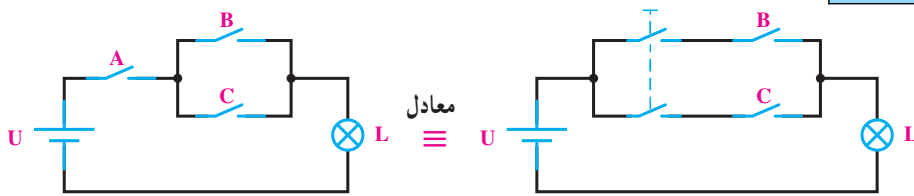


$$A \cdot \bar{A} = 0 \quad (\text{الف-۳})$$

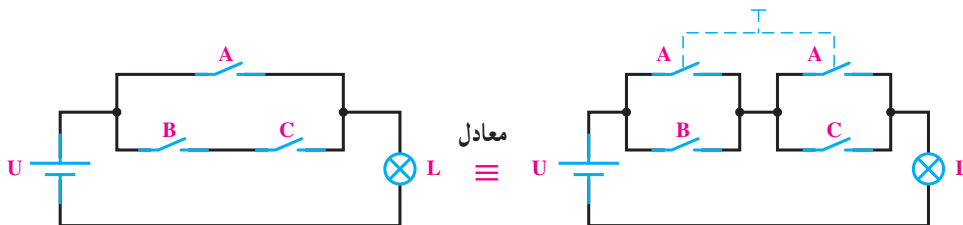


$$A + \bar{A} = 1 \quad (\text{ب-۳})$$

۴- الف) $A.(B+C) = AB + AC$



۴- ب) $A + B.C = (A+B).(A+C)$



۵- قانون دمورگان

$$\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

جدول ۹-۵

ورودی‌ها			خروجی	شرح مدار
R	S	T	Y	
۰	۰	۰	۰	سه فاز قطع
۰	۰	۱	۱	دو فاز قطع
۰	۱	۰	۱	دو فاز قطع
۰	۱	۱	۱	یک فاز قطع
۱	۰	۰	۱	دو فاز قطع
۱	۰	۱	۱	یک فاز قطع
۱	۱	۰	۱	یک فاز قطع
۱	۱	۱	۰	سه فاز وصل

مثال ۵: مدار منطقی (دیجیتالی) را به عنوان مدار فرمان

در یک سیستم صنعتی طوری طراحی کنید که هرگاه یک فاز یا دو فاز از سه فاز ورودی قطع شوند سیستم مدار را قطع کرده و زنگ هشدار را به صدا درآورد.

توضیح: اگر هر سه فاز قطع باشد چون جریانی به موتور

نمی‌رسد و موتور کار نمی‌کند؛ زنگ هشداردهنده نیز می‌بایست خاموش باشد.

تذکر: در تشکیل جدول صحت و رسم مدار برای

خلاصه نویسی به جای L_1 ، L_2 و L_3 از R ، S و T برای نشان دادن فازها استفاده شده است.

حل: جدول صحت سیستم مورد نظر را با توجه

به خواسته‌های مسئله به صورت جدول ۹-۵ می‌توان نوشت. برای

حل مسئله ورودی‌های مدار را (متغیرهایی که معرف هر فاز هستند)

در نظر می‌گیریم و خروجی مدار متغیری در نظر گرفته می‌شود که

باید فرمان قطع کار موتور و به صدا درآمدن زنگ را به عهده داشته

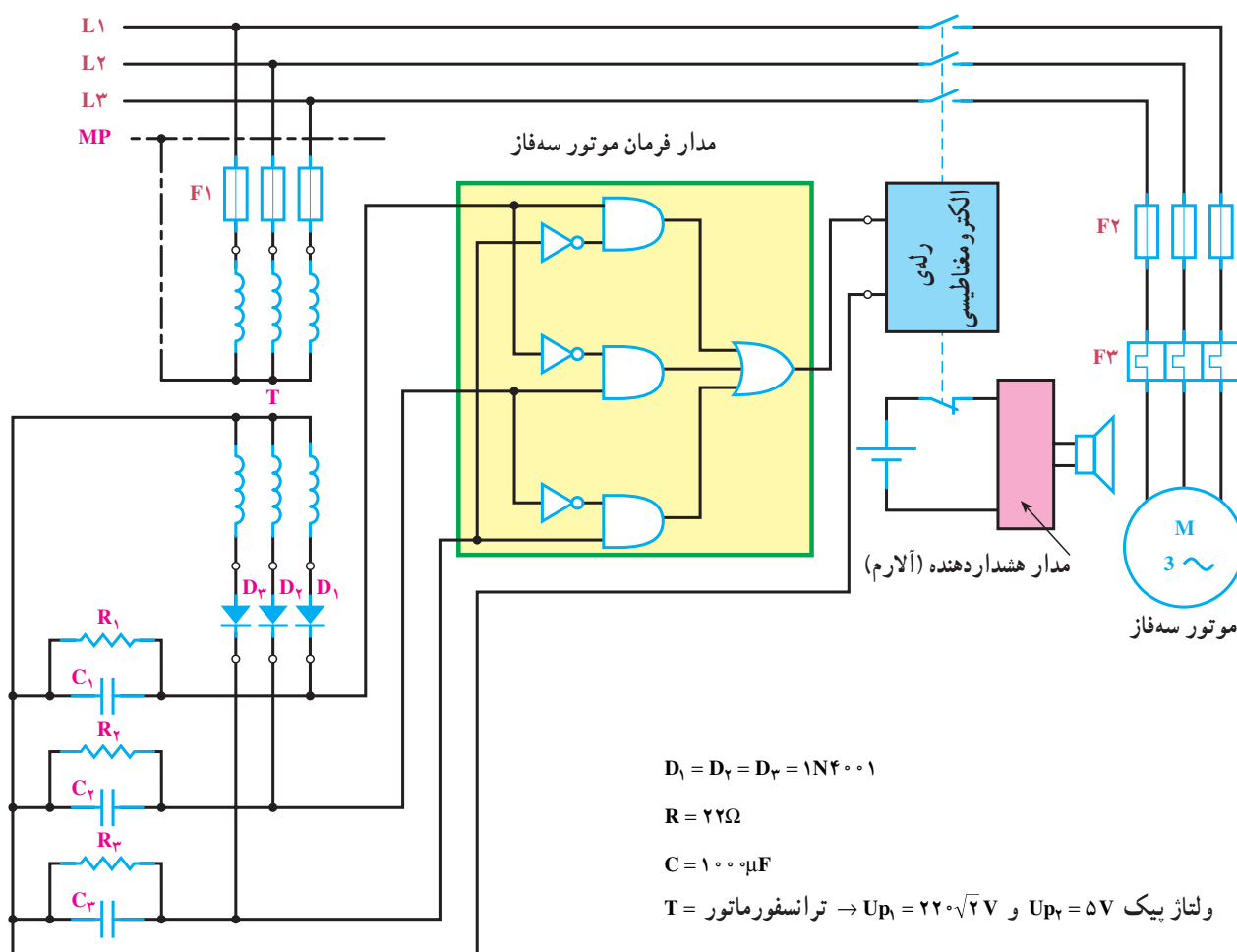
باشد.

با توجه به رابطه‌ی به‌دست آمده و استفاده از عملگرهای منطقی «AND»، «OR» و «NOT» می‌توان مدار را طرح نمود. در صورتی که از عوامل مشترک فاکتور بگیریم عبارت منطقی خروجی به‌صورت زیر ساده خواهد شد.

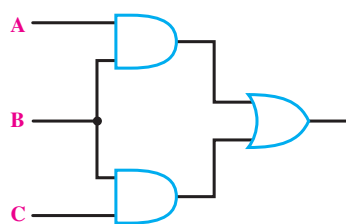
$$Y = \overline{R}T(S + \overline{S}) + S\overline{T}(R + \overline{R}) + R\overline{S}(T + \overline{T})$$

$$Y = \overline{R}T + S\overline{T} + R\overline{S}$$

همان‌گونه که در جدول ۵-۹ مشاهده می‌شود مواردی که سیستم دارای یک یا دو فاز قطع است زمانی است که باید خروجی سیستم (۱) شود و مدار عمل نماید. با توجه به جدول ۵-۸ مشاهده می‌شود مدار باید در شش حالت عمل نماید. برای رسم مدار رابطه‌ی منطقی Y برای سطرهای خروجی که «۱» است، براساس متغیرهای ورودی مانند رابطه‌ی Y می‌نویسیم:

$$Y = \overline{R}\overline{S}T + \overline{R}S\overline{T} + \overline{R}ST + R\overline{S}\overline{T} + R\overline{S}T + RST\overline{T}$$


شکل ۵-۲۰



شکل ۵-۲۱

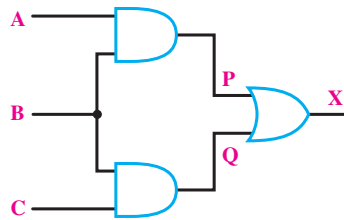
مثال ۶: با توجه به مدار منطقی شکل ۵-۲۱ مطلوبست:

الف - به‌دست آوردن تابع منطقی،

ب - رسم مدار کلیدی.

حل: ابتدا مطابق شکل ۵-۲۲ ورودی و خروجی هر مرحله را نام گذاری می کنیم؛ سپس روابط مربوط به هر مرحله را می نویسیم:

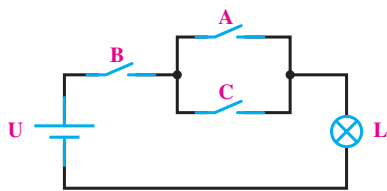
$$\begin{cases} P = A.B \\ Q = B.C \\ X = P + Q \Rightarrow X = AB + BC \end{cases}$$



شکل ۵-۲۲

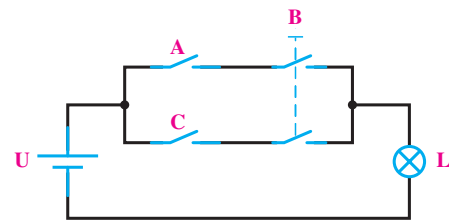
با توجه به عبارت به دست آمده برای مدار کلیدی آنرا

به صورت شکل ۵-۲۳ الف و شکل ۵-۲۳ ب رسم می کنیم.



$$X = B(A + C)$$

شکل ۵-۲۳ ب



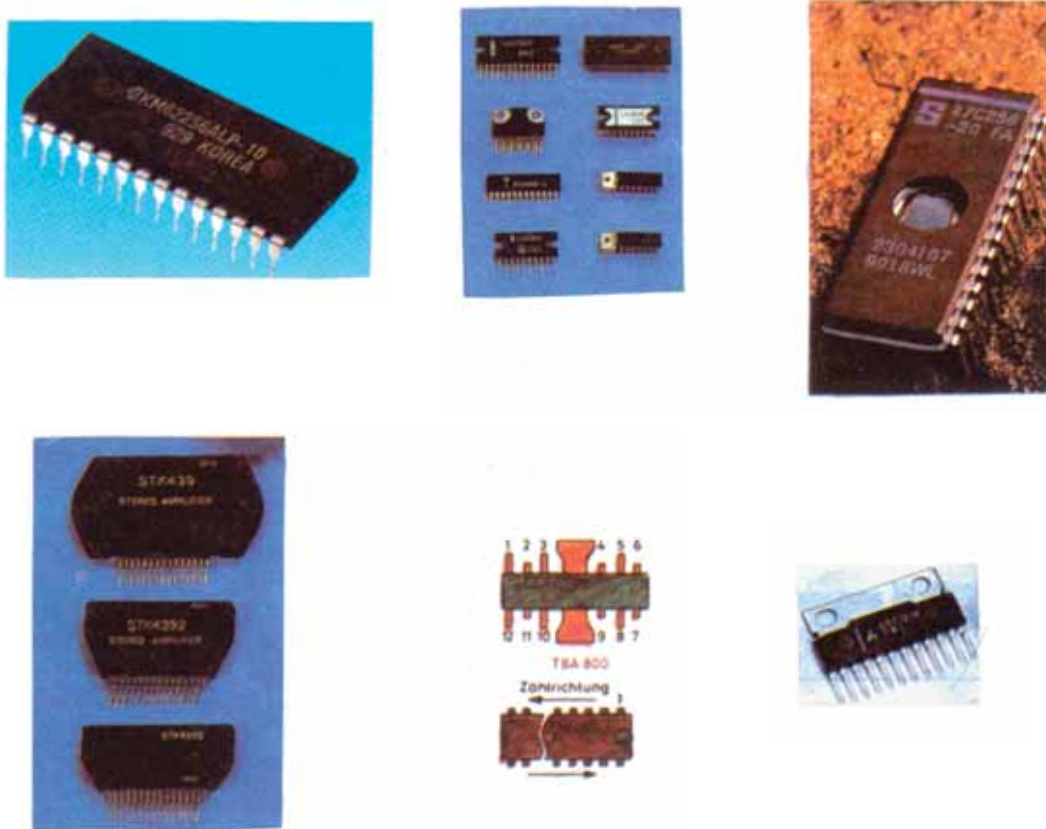
$$X = AB + BC$$

شکل ۵-۲۳ الف

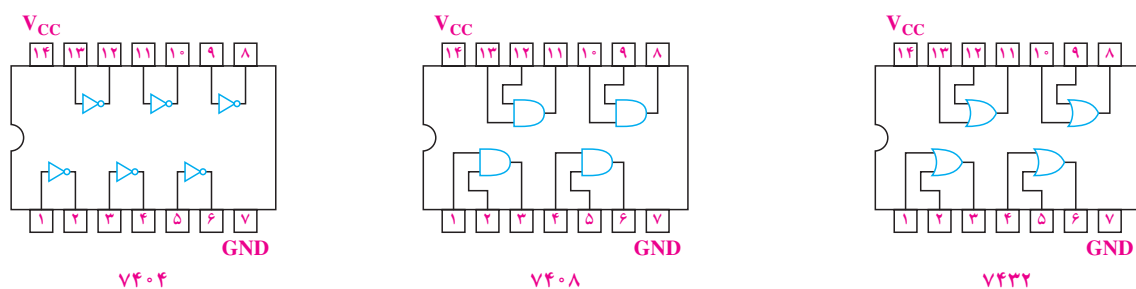
۶-۵- شکل ظاهری و مدار داخلی چند آی سی

عملگر یا دروازه‌های منطقی «AND»، «OR» و «NOT» در عمل به گونه‌ای که آن‌ها را به صورت مستقل در مدارهای منطقی رسم می‌کنیم وجود ندارند بلکه در «مجموعه‌های بسته‌بندی»^۱

شده‌ای تحت عنوان «مدارهای مجتمع» یا آی سی - IC^۲ قرار دارند. در شکل ۲۲-۵ شکل ظاهری چند IC و در شکل ۲۵-۵ یک نمونه IC برای هر یک از دروازه‌های «AND»، «OR» و «NOT» نشان داده شده است.



شکل ۲۴-۵- تصویر چند نمونه IC



شکل ۲۵-۵- مدار داخلی چند IC

^۱ - Package

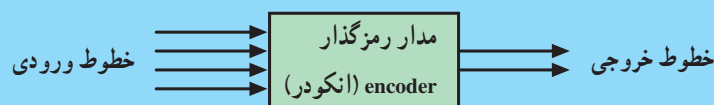
^۲ - Integrated Circuit

۵-۷- مدارهای ترکیبی

در بحث دیجیتال مداراتی هستند که از تعدادی دروازه‌های منطقی تشکیل شده‌اند و در هر لحظه از زمان خروجی آن‌ها به‌طور مستقیم به ورودی‌های آن در همان لحظه بستگی دارد و وضعیت ورودی‌ها و خروجی‌های قبلی هیچ تأثیری در وضعیت فعلی مدار ندارد.

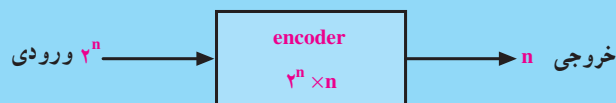
از جمله‌ی این مدارات می‌توان به این موارد اشاره کرد:

۵-۷-۱- مدارهای رمزکننده (انکودر — encoder): انکودرها مداراتی هستند که به‌منظور کدگذاری اطلاعات ورودی در داخل سیستم‌های دیجیتالی استفاده می‌شوند. در واقع یک سیگنال، ورودی فعال را به کدهای صفر و یک در خروجی‌اش تبدیل می‌کند. در شکل ۵-۲۶-۵ بلوک دیاگرام کلی از مدارات رمزگذار نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۶

در یک مدار رمزگذار اگر n متغیر موجود باشد، در این صورت 2^n خط ورودی و n خط خروجی در اختیار خواهد بود. نمونه‌ی کاربردی این مدارات را می‌توان در ماشین حساب‌ها، صفحه کلید کامپیوتر یا سیستم‌های مخابراتی (تلفن) نام برد. در شکل ۵-۲۷-۵ علامت اختصاری این مدارات را می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۵-۲۷

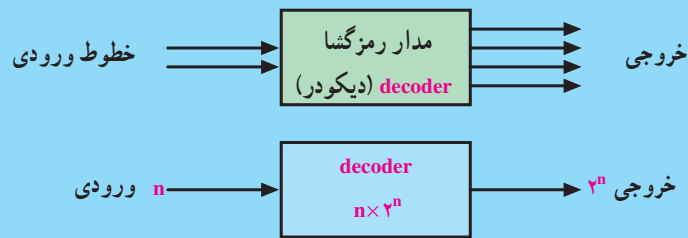
۵-۷-۲- مدارهای رمزگشا (دیکودر — decoder): چنان‌که اشاره شد در وسایل دیجیتالی، مانند

ماشین حساب یا کامپیوتر اطلاعات ورودی توسط مدارات رمزگذار به‌صورت کد «۰» و «۱» تبدیل می‌شوند.

بیان مقادیر و پارامترها به‌صورت کدهای «۰» و «۱» در کارهای روزمره برای ما قابل فهم نیست؛ از این رو در وسایل دیجیتالی از مدارات دیگری تحت عنوان مدارات «رمزگشا» یا «دیکودر» نیز استفاده می‌شود. در واقع مدارات رمزگشا عمل تبدیل کدهای «۰» و «۱» به سیستم کاری ما (آنالوگ) را انجام می‌دهند.

دیکودرها می‌توانند تا n متغیر ورودی داشته باشند و در خروجی حداکثر آن‌ها را تا 2^n خط متفاوت تبدیل کنند. در خروجی مدارات دیکودر نیاز به نشان‌دهنده‌هایی مانند قطعات هفت‌قسمتی (Seven Segment) است که بتوان خرجه‌ی این مدارات را مشاهده کرد. عملکرد مدارات دیکودر را می‌توان عکس عمل مدارات انکودر

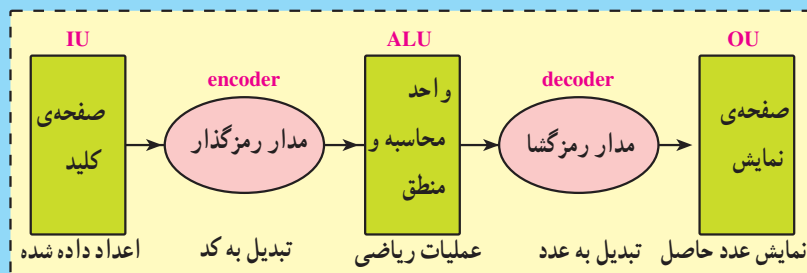
دانست. در شکل ۵-۲۸ ۵ بلوک کلی به همراه علامت اختصاری این مدارات را می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۵-۲۸

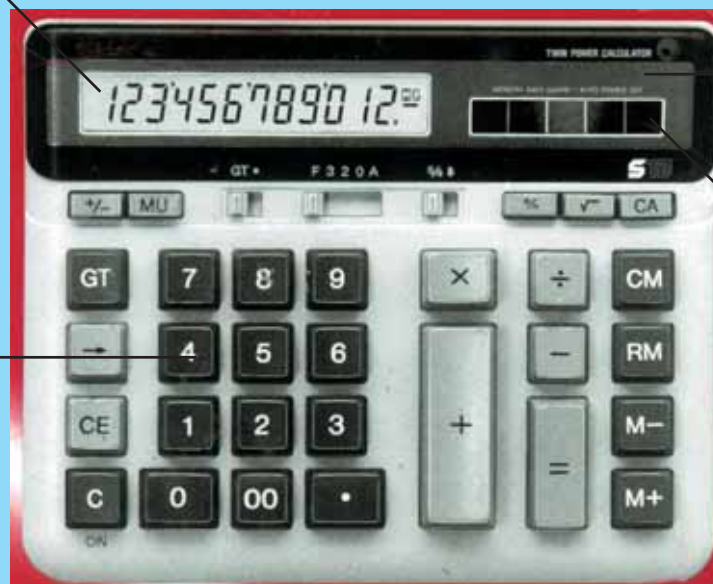
در پایان بحث نمونه‌ی کاربردی را می‌توان نام برد که در آن از مدارات رمزگذار و رمزگشا استفاده شده است. ماشین حساب از جمله‌ی این وسایل است. در ماشین حساب وقتی به وسیله‌ی صفحه‌کلید عددی داده می‌شود، این عدد در داخل ماشین حساب توسط مدارات انکودر (رمزگذار) به کدهای صفر و یک تبدیل می‌شود یا وقتی که ماشین حساب عبارت را نمایش می‌دهد در واقع عمل تبدیل در داخل آن صورت گرفته که وظیفه مدارات دیکودر (رمزگشا) است.

مجموعه این فرآیندها در شکل ۵-۲۹ و ۵-۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۹ - بلوک دیاگرام کلی ماشین حساب

صفحه‌ی نمایش (خروجی)



مدارات الکترونیکی
(واحد محاسبه و منطق)

سلول نوری

صفحه‌ی کلید (ورودی)

شکل ۵-۳۰

۳-۷-۵ واحد حافظه (memory): حافظه‌ها نمونه‌ای از مدارهای مهم در دیجیتال هستند.

این مدارها دارای ویژگی‌هایی هستند که به اختصار بیان شده است.

الف - قابلیت ثبت و ذخیره‌سازی اطلاعات ورودی را دارند.

ب - قابلیت انتقال اطلاعات ثبت شده را دارند.

ج - قابلیت تغییر اطلاعات ثبت شده در آن‌ها وجود دارد.

این گونه مدارها اطلاعات «۰» و «۱» را به صورت ترتیبی دریافت کرده و ثبت می‌کنند.

از جمله ویژگی‌های دیگر این مدارها آن است که نه تنها به وضعیت ورودی‌های مدار (صفر و یک بودن آن‌ها) وابسته است، بلکه به وضعیت‌های قبلی (صفر و یک‌های موجود در مدار) نیز وابسته هستند و مقادیر آن‌ها در تعیین وضعیت خروجی نقش دارند. حافظه‌های مدارهای منطقی «فلیپ فلاپ» (FF) نام دارند. در شکل ۳۱-۵ بلوک (وضعیت نموداری) فلیپ فلاپ رسم شده است.

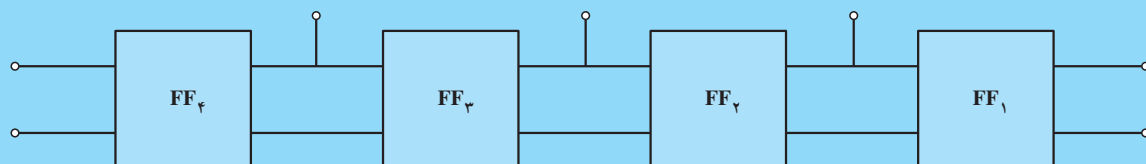


شکل ۳۱-۵- نمودار فلیپ فلاپ

۸-۵ ثبت کننده (رجیستر: Register)

در مدارات دیجیتالی چون با رقم‌های صفر و یک سر و کار داریم برای نوشتن (ثبت) آن‌ها در فضای حافظه لازم است تا جای خالی در حافظه پیش‌بینی شده باشد. به طور کلی هر مدار فلیپ فلاپ می‌تواند محل ذخیره‌سازی یک رقم (صفر یا یک) باشد. مدارات دیجیتالی خاصی که برای این منظور استفاده می‌شوند به مدارات «ثبت کننده» یا «رجیستر» معروف هستند.

به منظور ذخیره کردن چند صفر و یک در مدارات دیجیتالی مدارات رجیستری که از چند فلیپ فلاپ تشکیل شده‌اند به کار می‌روند. مدارات رجیستر یک نمونه از شکل‌های کاربردی مدارات فلیپ فلاپ هستند. در شکل ۳۲-۵ بلوک کلی از نحوه اتصال چند فلیپ فلاپ نشان داده شده است.



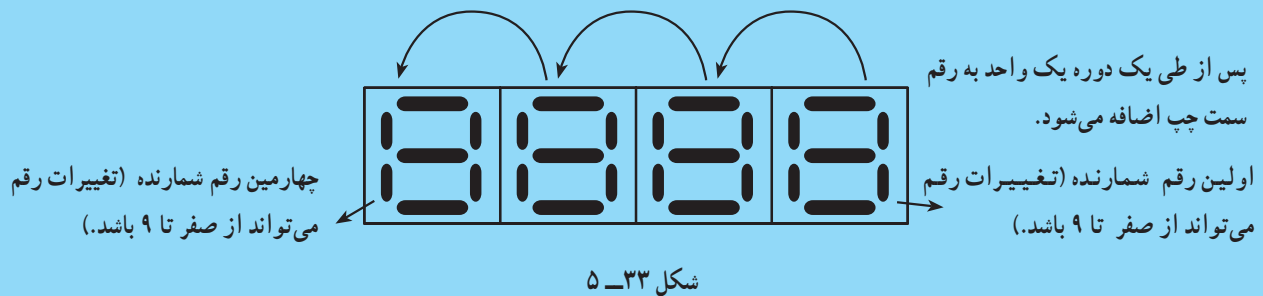
شکل ۳۲-۵- بلوک دیگرام کلی

فلیپ فلاپ‌ها باید به گونه‌ای به هم متصل شوند که اعداد صفر و یک قادر به ورود یا خروج از رجیسترها باشند؛ پس به طور خلاصه مجموعه‌ای از فلیپ فلاپ‌های متصل به هم که قادر به انتقال و ثبت اطلاعات هستند «شیفت رجیستر» نام دارند.

۹-۵ — شمارنده (Counter)

مداری که قادر است با دریافت فرمان از صفر تا عددی یا از عددی خاص تا صفر را شمارش نماید شمارنده یا «کاتر» نام دارد مانند : کرونومتر یا ساعت دیجیتالی.

بر اساس تعبیری دیگر می‌توان شمارنده را چنین معرفی کرد : شمارنده در واقع ثبات یا رجیستری است که به محض دریافت یک سیگنال ورودی عمل شمارش را شروع می‌کند ؛ سپس با رسیدن سیگنال بعدی تغییر کرده و یک واحد بیش‌تر را می‌شمارد. این عمل را تا رسیدن به سیگنال آخر ادامه می‌دهد. در شمارنده دو یا چندرقمی، بعد از پایان شمارش رقم اول تا ۹ یک واحد به رقم سمت چپ اضافه شده و عمل شمارش مجدداً تکرار می‌شود (شکل ۳۳-۵).



در شکل ۳۴-۵ نمونه‌ای از وسایل شمارنده را مشاهده می‌کنید.

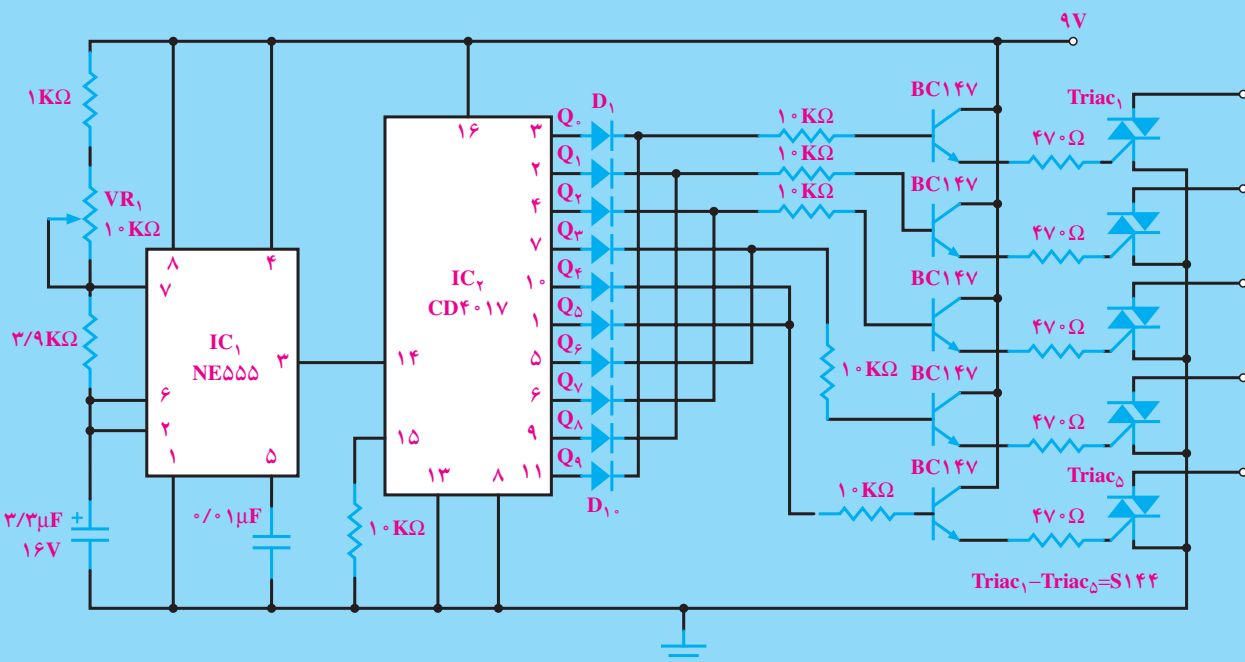


شکل ۳۴-۵

مدارات شمارنده در شکل کاربردی به دو صورت : «صعودی» و «نزولی» وجود دارند. «شمارنده‌ی صعودی»، شمارنده‌ای است که اعداد را از کم به زیاد می‌شمارد. «شمارنده‌ی نزولی»، شمارنده‌ای است که اعداد را از زیاد به کم شمارش می‌کند.

یک نمونه مدار دیجیتالی

در شکل ۳۵-۵ مدار رقص نوری نشان داده شده است که در آن از دو IC به شماره‌های «NE555» و «CD4017»، هم‌چنین ترانزیستورهای BC147 و ترایاک‌هایی با مشخصه‌ی ST44 استفاده گردیده است. خروجی ترایاک‌ها را می‌توان به LED یا لامپ کم‌وات متصل نمود و از این مدار برای رقص نور استفاده کرد.



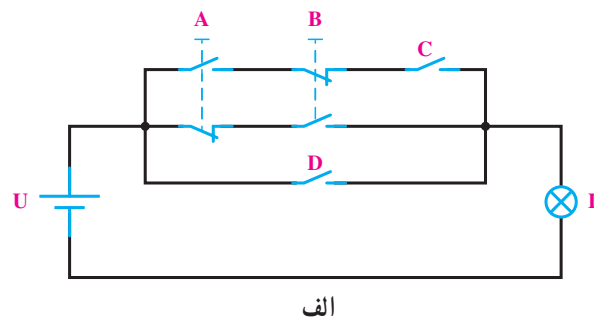
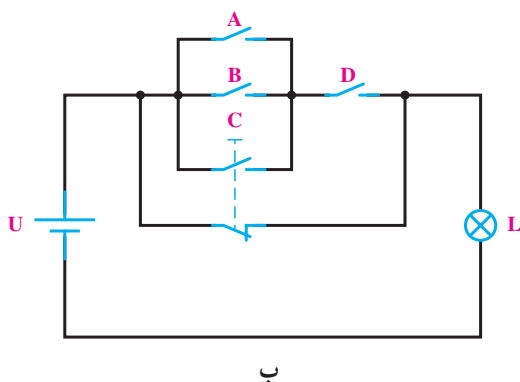
IC555 — زمان‌سنج (تایمر)

IC4017 — مقسم فرکانس (با نسبت ۱/۱۰)

BC147 — به صورت سویچ راه‌انداز گیت ترایاک‌ها

شکل ۳۵-۵ — مدار رقص نور

- ۱- سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال را با رسم شکل موج توضیح دهید.
- ۲- منظور از سطوح ولتاژ و سطوح منطقی چیست؟
- ۳- دروازه‌ی منطقی AND را تعریف کرده، جدول صحت آن را بنویسید.
- ۴- دروازه‌ی منطقی OR را تعریف کرده، جدول صحت آن را بنویسید.
- ۵- دروازه‌ی منطقی NOT را تعریف کرده، جدول صحت آن را بنویسید.
- ۶- جدول وضعیت و مدار کلیدی هریک از دروازه‌های منطقی زیر را رسم کنید.
 الف- AND ب- OR ج- NOT
- ۷- مدار دو متغیره‌ای را به گونه‌ای طراحی کنید که اگر فقط یکی از ورودی‌های آن وجود داشت خروجی وجود داشته باشد (یک باشد).
- ۸- هریک از مدارهای کلیدی زیر را تحلیل کرده، تابع منطقی آن را به دست آورید.



- ۹- هریک از توابع زیر را در نظر گرفته، خواسته‌های زیر را انجام دهید :
 الف - معادل کلیدی هر تابع را رسم کنید.
 ب - معادل منطقی یا دروازه‌ی عبارت‌های مقابل را رسم کنید.

الف - $F = A + BCD$

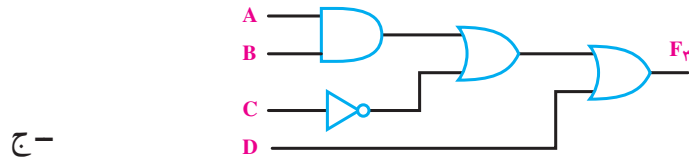
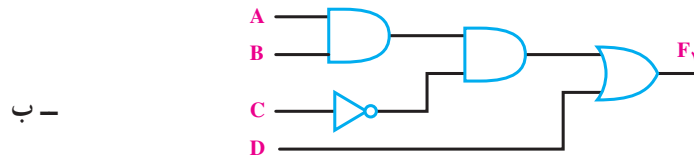
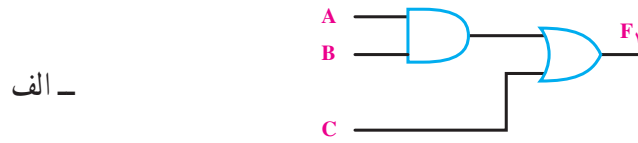
ب - $F = A(B + C) + \bar{A}$

ج - $F = A + BC + \bar{D}$

۱۰- مدارهای منطقی زیر را تحلیل نموده و به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف - تابع منطقی را بنویسید؛

ب - مدار کلیدی هر عبارت را رسم کنید.



۱۱- مداری را طرح کنید که خروجی آن تابع رأی اکثریت یک هیئت داورى سه نفرى باشد.

منابع و مآخذ

۱ – Electronic devices by: T.L.floyd

- ۲- اصول الکترونیک ؛ مؤلف : مهندس خرازی
- ۳- الکترونیک عمومی ؛ مؤلفان : مهندس خلیج و نظریان ؛ کد کتاب ۶۳۵.
- ۴- الکترونیک صنعتی، مؤلف : سریل لندر، مترجمان : مهندس معتمدی و ...
- ۵ - الکترونیک صنعتی، مؤلف : دکتر علی مطلبی
- ۶- قطعات و مدارات الکترونیک، مؤلف : اشتاد نسلسکی، مترجمان : دکتر سپیدنام و ...
- ۷- مدار منطقی ؛ مؤلف : ویلیام ویکرز ؛ مترجمان : مهندس انواری و ...

