کتاب دانش فنی پایه مکاترونیک

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک (۱) و (۲)

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

دانش فنی پایه

رشتهٔ مکاترونیک

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی پایه (رشتهٔ مکاترونیک) ـ ۲۱۰۴۷۷
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: حمید یزدانی، حمیدرضا رضازاده، مجید سلیمی، محسن بهرامی، وحید هاشمی‌نجف‌آبادی، سیدموسی آیتی، سیدحسن سیدتقی‌زاده و مجتبی روح‌الهی(اعضای شورای برنامه‌ریزی)
سیدموسی آیتی، امیرحسین جعفری، علی محمد حسن حسینی، محمدحسن خاجی، حمیدرضا غلامرضایی، محمد مختاری و حمید یزدانی (اعضای گروه تألیف) ـ پروانه خادمی (ویراستار)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری)ـ سمیه نصری (طراح جلد)ـ مریم نصرتی (صفحه‌آرا) ـ سیدمرتضی میرمجیدی، فاطمه رئیسیان‌فیروزآباد (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ یازدهم ۱۴۰۵

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۶ـ۲۷۵۶ ـ ۰۵ ـ ۹۶۴ ـ ۹۷۸ **ISBN 978 ـ 964 ـ 05 ـ 2756ـ6**



ما باید زحمت بکشیم تا در همهٔ جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به‌دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین‌طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان اول: الکترونیک ۱

- منابع تغذیه ۴
- انواع منبع متناوب ۵
- فرکانس ۹
- مقاومت الکتریکی ۱۰
- اتصال سری مقاومت‌های اهمی ۱۲
- اتصال مقاومت‌ها به صورت موازی ۱۷
- خواص مغناطیسی اجسام ۲۱
- سلف ۲۹
- خازن ۳۱
- دیود ۴۱
- ترانزیستور ۴۵
- ارزشیابی پایانی پودمان اول ۵۱

پودمان دوم: برنامه‌نویسی ۵۵

- مقدمه‌ای بر میکروکنترلرها ۵۶
- سخت‌افزار میکروکنترلر ۵۶
- معرفی برخی رجیسترهای کاربردی AVR ۶۰
- فعال‌سازی پایه‌های میکروکنترلر به عنوان خروجی ۶۲
- مفهوم الگوریتم ۶۸
- عملکرد سنسورهای سطح مایعات ۶۸
- عملکرد معکوس‌کنندگی ۶۹
- نمایش اعداد و حروف برروی نمایشگر هفت قطعه‌ای (7seg) ۷۱
- کنترل توان الکتریکی DC بار، با استفاده از تکنیک PWM ۷۲
- نمایشگر کریستال مایع یا LCD ۸۲
- ارزشیابی پایانی پودمان دوم ۸۴

پودمان سوم: فیزیک مکانیک ۸۷

- مکانیک ۸۸
- مفاهیم پایه ۸۸
- قانون اول نیوتون ۸۹
- ویژگی‌های نیرو ۹۱
- انواع نیروهای وارد بر یک جسم ۹۹
- هیدرولیک ۱۰۳
- اصل پاسکال ۱۰۴

- اجزا و ملزومات سیستم هیدرولیکی ۱۰۵
- پنوماتیک ۱۰۸
- مبانی فیزیکی هوای فشرده ۱۱۰
- قانون بویل ماریوت ۱۱۱
- اجزا و ملزومات سیستم پنوماتیکی ۱۱۱
- ارزشیابی پایانی پودمان سوم ۱۱۳

پودمان چهارم: شناخت مواد و اجزای ماشین ۱۱۵

- طبقه بندی مواد ۱۱۶
- خواص مکانیکی ۱۱۸
- خواص فیزیکی ۱۲۲
- خواص تکنولوژیکی مواد ۱۲۵
- عملیات حرارتی ۱۲۶
- روش‌های عملیات حرارتی ۱۲۷
- اجزای ماشین ۱۲۷
- یاتاقان‌ها ۱۲۷
- وسایل آب‌بندی ۱۳۲
- کوپلینگ‌ها ۱۳۶
- فنرها ۱۴۲
- چرخ‌دنده‌ها ۱۴۵
- چرخ تسمه‌ها ۱۴۹
- بادامک ۱۵۱
- ارزشیابی پایانی پودمان چهارم ۱۵۵

پودمان پنجم: کنترل ۱۵۷

- تاریخچه کنترل ۱۵۸
- سیستم ۱۶۰
- ویژگی‌های خروجی سیستم کنترلی ۱۶۷
- حسگرها در سیستم‌های کنترلی ۱۶۹
- سیستم مدیریت خانه ۱۷۱
- محرک‌ها در سیستم‌های کنترلی ۱۷۴
- کنترل کننده ۱۷۵
- مدل‌سازی سیستم‌های کنترلی ۱۸۰
- ارزشیابی پایانی پودمان پنجم ۱۸۳

سخنی با هنرآموزان گرامی

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس‌سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینهٔ ارتقای وجودی خویش را مهیا و امکان کسب روزی حلال و پاسخگویی به نیازهای جامعه را فراهم می‌آورد. آموزش فناوری، کار و مهارت‌آموزی، باعث پیشرفت فردی، افزایش بهره‌وری، مشارکت در زندگی اجتماعی و اقتصادی، کاهش فقر، افزایش درآمد و توسعه‌یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزهٔ دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخهٔ فنی و حرفه‌ای شامل دروس آموزش عمومی، دروس شایستگی‌های غیرفنی و شایستگی‌های فنی مورد نیاز بازار کار است. دروس دانش فنی از دروس شایستگی‌های فنی است که در هر رشته در دو مرحله طراحی شده است. درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشتهٔ تحصیلی است که هنرجویان در پایهٔ دهم و در آغاز ورود به رشتهٔ تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ خود کسب نمایند. درس دانش فنی تخصصی که در پایهٔ دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصیِ حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامهٔ تحصیل و توسعهٔ حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی‌پایه تئوری تفکیک شده در دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایهٔ نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش‌فنی پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش‌نظری تأمین می‌کند.

تدریس کتاب در کلاس درس به‌صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرجویان گرامی

درس دانش‌فنی‌پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانشِ فنی‌پایه در گروه مکانیک و رشتهٔ تحصیلی مکاترونیک برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

در تدوین درس دانش‌فنی‌پایه، موضوعاتی مانند تاریخچهٔ رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشتهٔ تحصیلی، نقش رشتهٔ شما در توسعهٔ کشور،مثال‌هایی از نوآوری، خلاقیت و الهام از طبیعت،اصول،مفاهیم، قوانین، نظریه، فناوری، علائم، تعاریف کمیت‌ها، واحدها و یکاها، فرمول‌های فنی، تعریف دستگاه‌ها و وسایل کار، مصادیقی از ارتباط مؤثر فنی و مستندسازی، زبان‌فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشتهٔ تحصیلی در نظر گرفته شده است.

می‌توانید در هنگام ارزشیابی این درس، از کتاب همراه هنرجوی خود استفاده نمایید.

توصیه می‌شود در یادگیری این درس به دلیل کاربرد زیاد آن در درس‌های دیگر رشته، کوشش لازم را داشته باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

پودمان ۱

الکترونیک



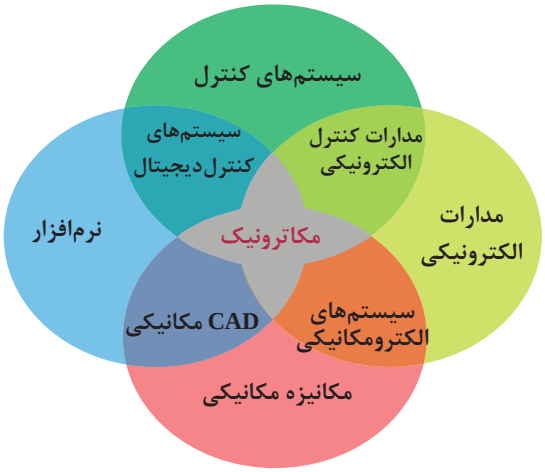
- اتصال سری و موازی مقاومت‌ها در یک مدار الکتریکی را تحلیل نماید.
- قوانین جریان و ولتاژ کیرشهف را تحلیل نماید.
- انواع جریان مستقیم و متناوب را توضیح دهد.
- بوبین را تعریف، نحوه ساخت و همچنین تغییرات میدان مغناطیسی را در بوبین توضیح دهد.
- اتصال سری و موازی سلف‌ها در یک مدار الکتریکی را تحلیل نماید.
- خازن را تعریف و نحوه شارژ و دشارژ آن را توضیح دهد.
- اتصال سری و موازی خازن‌ها در یک مدار الکتریکی را تحلیل نماید.
- اتصال نیمه هادی‌های نوع N و P و نحوه تشکیل دیود را شرح دهد.
- دیود را در بایاس مستقیم و معکوس با رسم مدار تحلیل، و منحنی ولت- آمپر آن را ترسیم نماید.
- مقاومت استاتیکی و دینامیکی دیود را در مدار با رسم منحنی تحلیل نماید.
- ویژگی‌های دیود را با رسم مدار داخلی و عملکرد آن تشریح نماید.
- انواع ترانزیستور را نام برده و با رسم مدار داخلی و شماتیک آن، بایاس نمودن ترانزیستور را تشریح نماید.
- کاربرد ترانزیستور به عنوان کلید و عملکرد آن را در مدار اعلام حریق تحلیل نماید.

مکاترونیک چیست؟

در اوایل قرن بیستم علوم مهندسی، برق، مکانیک، عمران، و شیمی در حوزه‌های تخصصی مجزا، منابع علمی و مشاغل مربوط به خود را داشتند. با گذشت زمان و پیشرفت فناوری‌های نوین، پردازنده‌های کامپیوتری، قطعات الکترونیکی و مکانیزم‌ها، نیاز به تخصص‌های ترکیبی برای طراحی و نگهداری دستگاه‌ها و سیستم‌های جدید بسیار پر اهمیت گردید. مکاترونیک یکی از این زمینه‌های تخصصی ترکیبی بوده و شامل بخش‌های الکترونیک، مکانیک و نرم‌افزار کامپیوتری است که توسط سیستم کنترل با یکدیگر مرتبط و هماهنگ شده‌اند.

به عبارت دیگر، سیستم مکاترونیکی حاصل کنار هم قرار دادن بخش‌های الکترونیکی، مکانیکی و سیستم کنترل با ترکیب بهینه و همراه با هم‌افزایی این سیستم‌ها است.

در یک سیستم مکاترونیکی مانند خودرو، مرز مشخصی بین بخش‌های الکترونیک، مکانیک و سیستم کنترل وجود ندارد، شکل ۱ـ۱ نحوهٔ ارتباط بخش‌های مختلف علم مکاترونیک را نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۱ـ حوزهٔ گستردگی علم مکاترونیک

صنایع و مشاغل مکاترونیکی

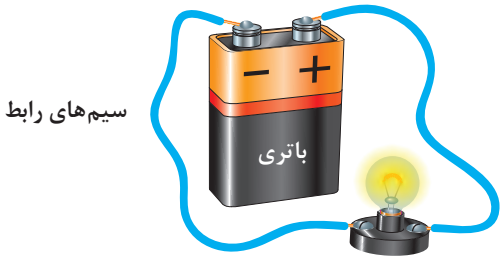
مهندسی مکاترونیک در صنایع متنوعی کاربرد دارد. کمک مهندس، تعمیرکار، نصاب، راه‌انداز، تکنسین، طراح سیستم اتوماسیون، اپراتور و برنامه‌ریز نمونه‌هایی از این مشاغل هستند که نمونه‌هایی از آنها به اختصار آورده شده‌اند.

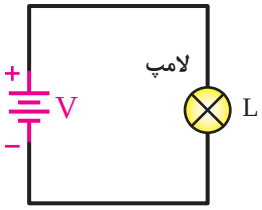
نمونه‌هایی از مشاغل و صنایع مرتبط با مکاترونیک

صنایع اتومبیل (Automotive Technology)	سیستم‌های آموزش (Training Systems)	اتوماسیون (Automation)
صنعت جابه‌جایی (Handling & Transport)	فناوری اتاق تمیز (Clean Room Technology)	صنعت فرش (Carpentry Industry)
صنعت سرامیک (Ceramic Industry)	صنعت پلاستیک (Plastic Industry)	صنعت پوشاک (Garment Industry)
صنعت هیدرولیک (Hydraulic Industry)	صنعت برق و الکترونیک (Electronic and Electric Industry)	تست و مونتاژ قطعات ریز (Assembler)
صنعت غذایی (Food Industry)	صنعت نفت و گاز (Oil & Gas Industry)	صنعت پتروشیمی (Petrochemical Industry)
صنعت چوب (Wood Industry)	فلزکاری (Metal Working)	صنعت اسباب‌بازی (Toy Industry)
صنعت چاپ و کاغذ (Paper & Printing)	صنعت پزشکی (Medical Industry)	صنعت خودرو (Mobile Technology)
صنعت هوایی (Airspace Industry)	صنعت کشتی‌سازی (Shipping)	صنعت داروسازی (Medicine Industry)
صنعت بسته‌بندی (Packaging)	صنعت ساختمان (Building Industry)	صنعت ابزارآلات (Tools Technique)
صنعت بطری‌سازی (Filling & Botteling)	صنعت نوشیدنی (Drink Industry)	صنعت معدن (Mining)
صنعت شیشه (Glass Industry)	کنترل فرایند (Process Control)	ساخت ماشین‌آلات (Machinery)

منابع تغذیه

در یک باتری دو قطب مثبت و منفی وجود دارند. اگر باتری را به‌صورت شکل ۲-۱ در یک مدار الکتریکی قرار دهیم نیرویی بین دو قطب باتری به‌وجود می‌آید که بارهای الکتریکی را به حرکت در می‌آورد و بارهای منفی از قطب منفی به سمت قطب مثبت حرکت می‌کنند.



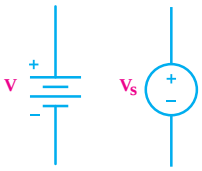


شکل ۲-۱- باتری و لامپ در یک مدار بسته

به این نیروی داخلی باتری **اختلاف پتانسیل یا ولتاژ** می‌گویند که واحد آن ولت است. حرکت بارهای الکتریکی در داخل مدار بسته را **جریان الکتریکی** می‌نامیم که واحد آن آمپر است. توجه شود که جهت جریان در مدار خلاف جهت حرکت بارهای منفی است. به باتری یک منبع ولتاژ می‌گوییم.

منابع تغذیه در مدارهای الکتریکی تولیدکننده انرژی هستند و باعث روشن شدن و عمل کردن مدار می‌شوند.

در حالت کلی **ولتاژ دو سر منبع ولتاژ ثابت یا تابع مشخصی از زمان است و جریان آن توسط بقیه اجزایی که در مدار بسته قرار گرفته‌اند تعیین می‌شود.** اگر ولتاژ منبع در طول زمان ثابت باشد آن را **منبع ولتاژ مستقیم** می‌نامیم. در این منابع دامنه و جهت ولتاژ همواره ثابت است و با زمان تغییر نمی‌کند. این منابع در اکثر دستگاه‌های الکترونیکی مانند تلویزیون، رادیو، موبایل، کامپیوتر و غیره وجود دارند. **منابع ولتاژ متناوب** نوع دیگری از منابع هستند که در آنها دامنه و جهت ولتاژ با زمان تغییر می‌کند. در مدارات منابع ولتاژ به‌صورت روبه‌رو نمایش داده می‌شوند.

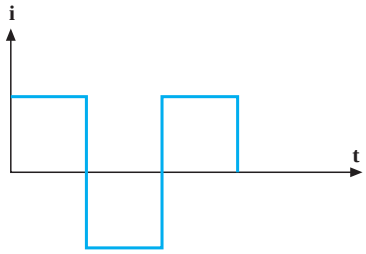
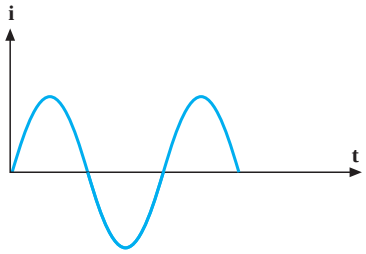
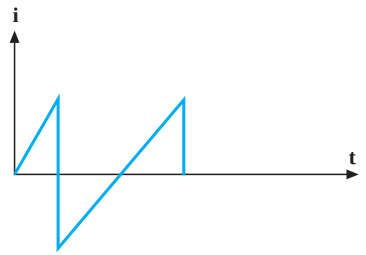
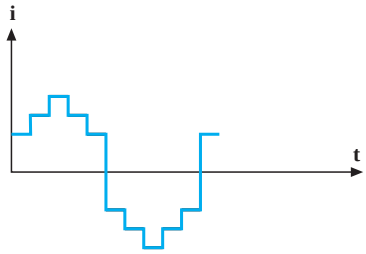


شکل سمت راست برای منابع ولتاژ در حالت کلی و شکل سمت چپ برای منابع ولتاژ مستقیم استفاده می‌شود.

انواع منبع متناوب

برای نشان دادن چگونگی تغییر جریان در زمان از شکل موج استفاده می‌کنیم. در شکل ۳-۱ چند نمونه شکل موج را مشاهده می‌کنید. یکی از انواع شکل موج‌ها، شکل موج جریان متناوب سینوسی است. هر نیمه از شکل موج جریان متناوب سینوسی قرینهٔ نیمه دیگر آن با قطب معکوس است.

جریان سینوسی معمول‌ترین نوع جریان متناوب است.

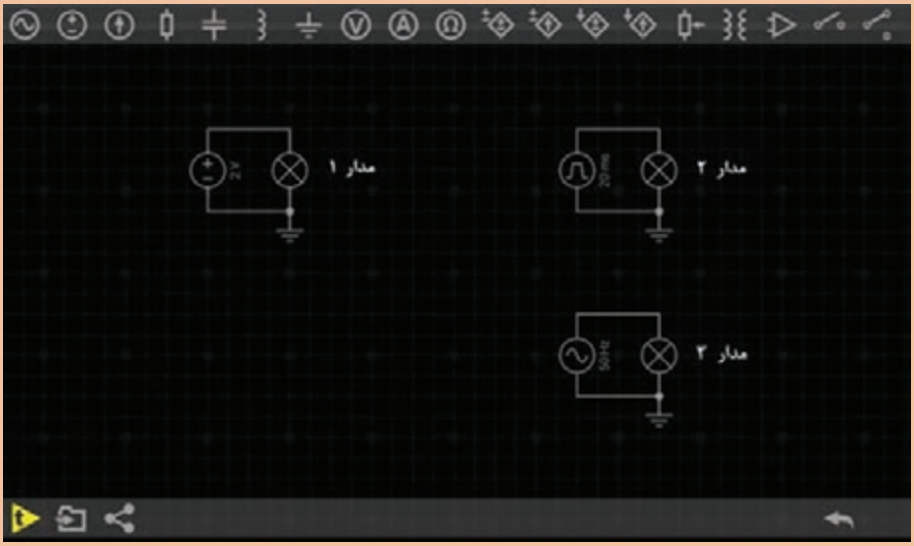
نام جریان	شکل جریان
موج مربعی	
موج سینوسی	
موج دندانه اره‌ای	
موج پله‌ای	

شکل ۳-۱- چند نمونه از شکل موج‌های جریان متناوب

فیلم کار با نرم افزار Every Circuit

فعالیت ۱

مدارهای زیر را در نرم‌افزار Every Circuit ببندید و میزان روشنایی لامپ‌ها را مشاهده کنید و نتیجه مشاهدات را یادداشت کنید.



.....

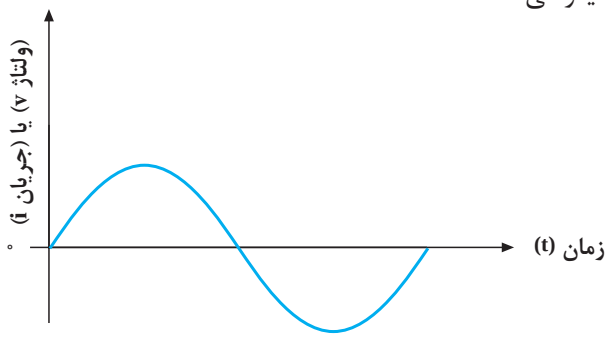
.....

.....

.....

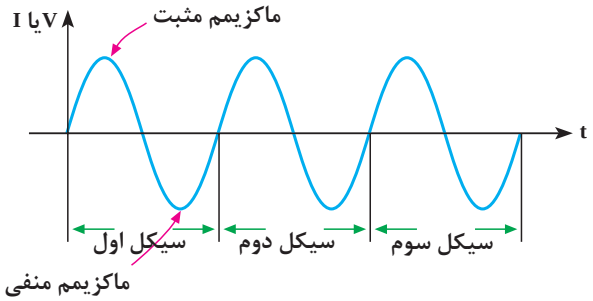
مشخصات جریان متناوب

در بررسی برخی مدارهای جریان متناوب (AC) با موج سینوسی سر و کار داریم. در این مدارها ولتاژ و جریان، هر دو متناسب و به شکل موج سینوسی هستند. شکل ۴-۱ یک موج سینوسی را نشان می‌دهد که بیانگر جریان یا ولتاژ سینوسی است.



شکل ۴-۱- موج سینوسی

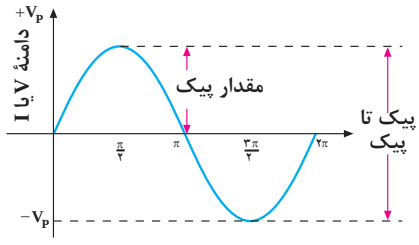
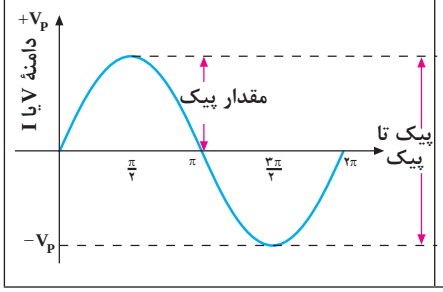
همان‌طور که می‌بینید، مقدار و جهت ولتاژ یا جریان با زمان تغییر می‌کند. یعنی از صفر شروع می‌شود به مقدار پیک یا ماکزیمم مثبت می‌رسد. آن‌گاه دوباره صفر می‌شود و سپس به پیک یا ماکزیمم منفی می‌رسد و باز صفر می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، هنگامی که موج سینوسی از صفر می‌گذرد، **جهت یا پلاریتهٔ** خود را عوض می‌کند. به عبارت ساده‌تر، موج سینوسی بین مقادیر مثبت و منفی تناوب می‌کند. مجموعهٔ یک تناوب مثبت و منفی را یک **سیکل یا دوره تناوب** (Period) گویند (شکل ۵-۱).

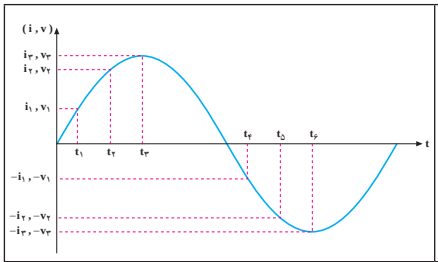
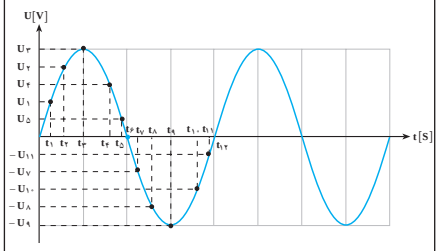
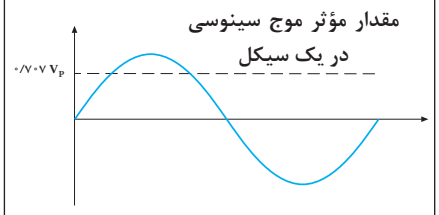


شکل ۵-۱- نمای یک شکل متناوب سینوسی در سه دوره تناوب

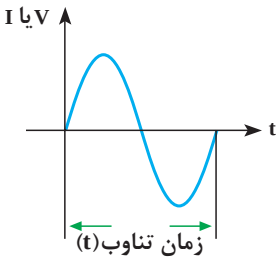
در جدول زیر تعدادی از اصطلاحات مرتبط با موج‌های تناوبی آورده شده است.

جدول ۱-۱- اصطلاحات مرتبط با منبع متناوب

ردیف	نام	مقادیر مهم ولتاژ متناوب	تشریح	رابطه	تصویر
۱	ولتاژ پیک	V_p	فاصله بین صفر (محور افقی زمان) تا مثبت‌ترین نقطه شکل موج	$V_p=V_{max}$	
	ولتاژ ماکزیمم	V_{max}			
۲	ولتاژ پیک تا پیک	V_{p-p}	فاصله بالاترین نقطه پیک مثبت تا پایین‌ترین نقطه پیک منفی موج	$V_{p-p}=2V_p$	

۳	ولتاژ لحظه‌ای	V	مقدار ولتاژ در هر لحظه از زمان	$V=V_m \sin\omega t$	
۴	ولتاژ متوسط	V_{ave}	میانگین مقادیر لحظه‌ای یک موج در یک دوره تناوب است	$V_{ave}=\frac{V_m}{\pi}$ $=۰/۳۱۸V_p$	
۵	ولتاژ مؤثر	$V_{rms}=V_e$	مقدار ولتاژ مستقیم که در یک مصرف‌کننده معین همان مقدار کار یا حرارت تولید می‌کند.	$V_e=V_{rms}=\frac{V_m}{\sqrt{۲}}$ $=۰/۷۰۷V_m$	

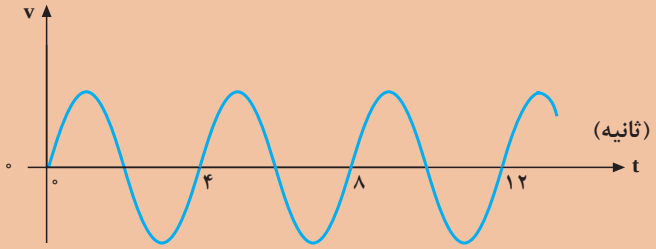
همان‌طور که دیدید، موج سینوسی با زمان (t) تغییر می‌کند. بنا به تعریف، مدت زمانی را که طول می‌کشد تا یک سیکل کامل به وجود آید، زمان تناوب یا پریود می‌گویند و آن را با حرف T نمایش می‌دهند (شکل ۶-۱).



شکل ۶-۱- دوره تناوب یک موج سینوسی

مثال ۱

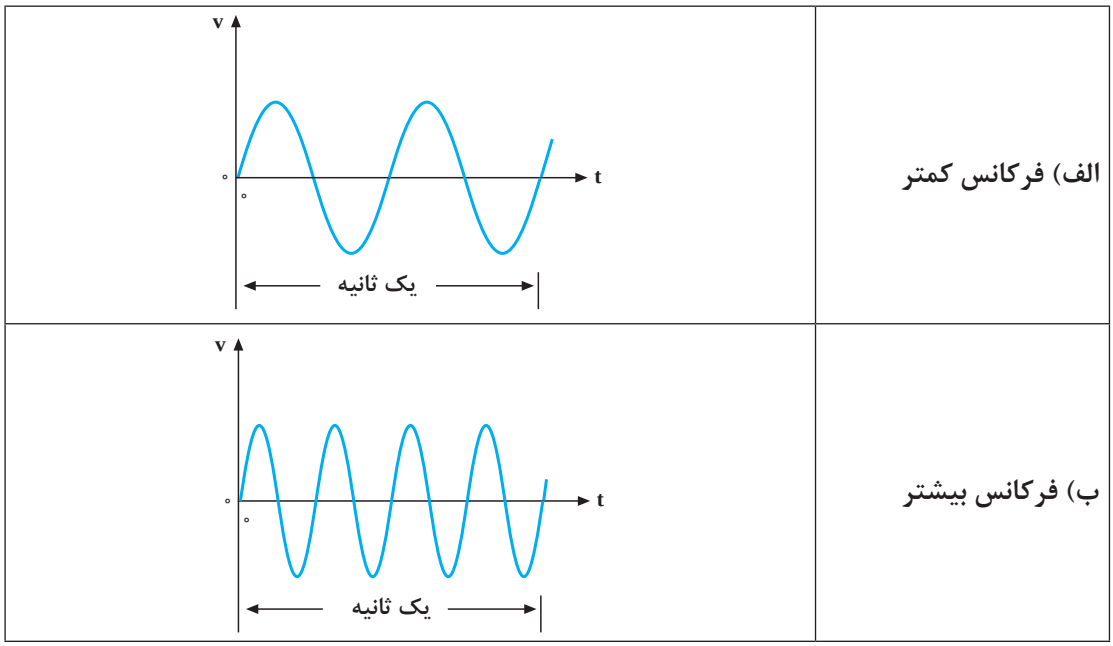
در شکل زیر زمان تناوب موج سینوسی را به دست آورید.



راه حل:
با توجه به تعاریف گفته شده چون هر سیکل کامل در ۴ ثانیه طی شده است پس، دوره تناوب موج سینوسی برابر ۴ ثانیه است.

فرکانس

بنا به تعریف، تعداد سیکل‌هایی را که در یک ثانیه پیموده می‌شود، **فرکانس** گویند و آن را با حرف f نشان می‌دهند. واحد فرکانس را سیکل بر ثانیه (cps) یا اصطلاحاً هرتز (Hz) می‌نامند. هر چه تعداد سیکل‌ها در ثانیه بیشتر باشد، فرکانس بیشتر است. شکل ۷-۱ دو موج سینوسی را نشان می‌دهد که موج (الف)، دو سیکل و موج (ب)، چهار سیکل را در ثانیه طی می‌کنند. یعنی، فرکانس موج (الف)، دو هرتز و فرکانس موج (ب)، چهار هرتز است.



شکل ۷-۱-نمایش تفاوت فرکانس در دو موج سینوسی

مقدار فرکانس با توجه به کاربرد موج متناوب مشخص می‌شود؛ مثلاً فرکانس برق شهر در ایران ۵۰Hz یا ۵۰ cps است. یعنی برق شهر در ایران ۵۰ سیکل کامل را در یک ثانیه طی می‌کند.
فرکانس برق در بعضی از کشورها ۶۰Hz (۶۰cps) است. فرکانس جریان یا ولتاژ متناوب را می‌توان با فرکانس‌متر (دستگاه اندازه‌گیری فرکانس) یا اسیلوسکوپ (دستگاه نمایش شکل زمانی موج) اندازه گرفت. با توجه به مطالب گفته شده، رابطهٔ بین فرکانس و زمان تناوب را می‌توان به صورت زیر نوشت:

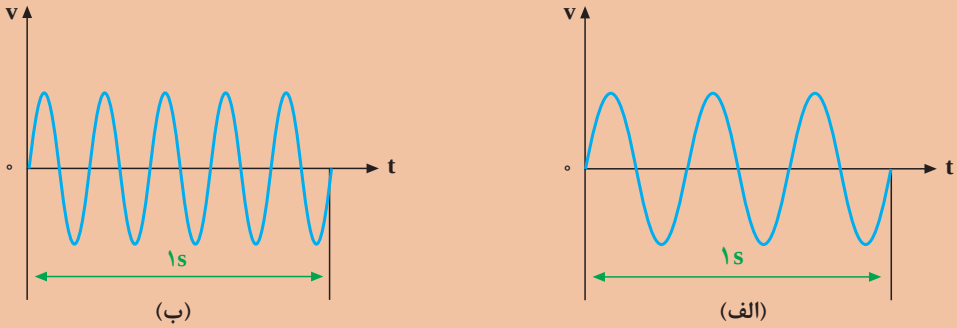
$$f = \frac{۱}{T}$$

$$T = \frac{۱}{f}$$

با توجه به این روابط، هر قدر فرکانس زیادتر شود، به همان اندازه زمان تناوب کاهش پیدا می‌کند؛ مثلاً اگر زمان تناوب یک موج، یک ثانیه باشد فرکانس آن یک هرتز و اگر زمان تناوب، ۲ ثانیه شود، فرکانس آن نصف خواهد شد.

مثال ۲

با توجه به شکل مشخص کنید:
الف) فرکانس کدام موج بیشتر است؟
ب) مقادیر زمان تناوب و فرکانس را حساب کنید.



راه حل:
الف) موج شکل الف سیکل‌های بیشتری را در یک ثانیه طی کرده است پس فرکانس آن بیشتر است.
ب) با توجه به شکل الف، سه سیکل کامل در یک ثانیه طی شده‌اند. پس فرکانس موج ۳ هرتز و دوره تناوب آن یک سوم ثانیه است. در شکل ب، ۵ سیکل در یک ثانیه طی شده است. پس فرکانس آن ۵ هرتز و دوره تناوب آن یک پنجم ثانیه است.

مقاومت الکتریکی

مقاومت الکتریکی

اجسام مختلف در مقابل حرکت جریان الکتریسیته از خود مقاومت‌های مختلفی نشان می‌دهند. میزان عایق بودن و یا هادی بودن اجسام را با کمیتی به نام **مقاومت الکتریکی (Electric Resistance)** نشان می‌دهند. هرچه مقاومت جسم در برابر عبور جریان بیشتر باشد جسم عایق‌تر، و هرچه مقاومت آن در برابر عبور جریان کمتر باشد جسم هادی‌تر است. فلزاتی مانند مس، طلا، آهن، آلومینیوم، و نقره هادی‌های خوبی هستند. در مقابل شیشه، میکا و مواد پلاستیکی مقاومت الکتریکی زیادی دارند. مقاومت را با علامت R نشان می‌دهند و واحد آن اهم (Ω) است. در مدارات الکتریکی مقاومت را به‌صورت زیر نمایش می‌دهند:



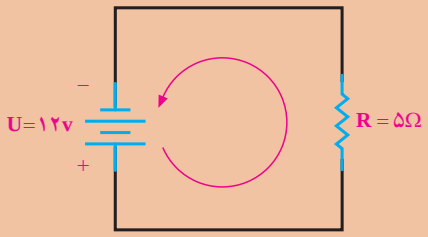
قانون اهم رابطه بین ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی را بیان می‌کند.

$$U=R.I \qquad R=\frac{U}{I}$$

یک اهم مقاومت هادی است که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت، شدت جریانی معادل یک آمپر از آن عبور کند.

مثال ۳

در مدار شکل زیر جریان باتری چقدر است؟



راه حل:

$$U=۱۲\,r\ ,\ R=۵\Omega \Rightarrow I=\frac{U}{R}=۲/۴A$$

وقتی از یک مقاومت جریانی عبور می‌کند طبق قانون اهم اختلاف پتانسیلی در آن به‌وجود می‌آید. علاوه‌براین، مقداری از انرژی الکتریکی به‌صورت گرما در مقاومت تلف می‌شود. انرژی تلف شده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$E = RI^{۲}t$$

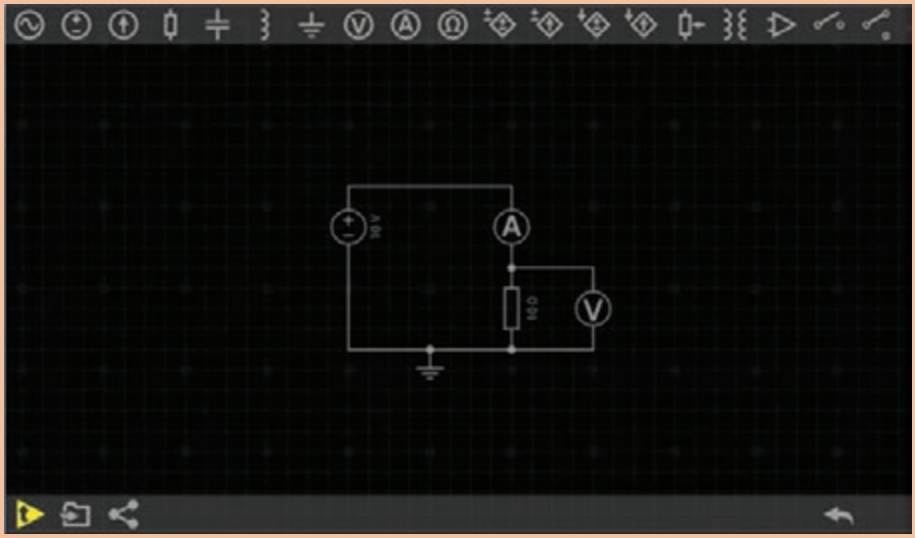
که در آن t زمان روشن بودن مقاومت برحسب ثانیه است. E انرژی تلف شده و با واحد ژول (J) است. مقدار انرژی که در یک ثانیه در مقاومت تلف می‌شود را توان مقاومت یا توان تلف شده می‌نامند و با P نشان می‌دهند.

$$P = RI^{۲} = VI$$

واحد توان وات (W) است.

فعالیت ۲

مدار زیر را در نرم افزار Every Circuit ببندید و جدول زیر را کامل کنید:



ولتاژ منبع	مقاومت	ولتاژ دو سر مقاومت	جریان	توان مصرف شده $P = RI^2$	انرژی مصرف شده در یک دقیقه : $E = RI^2 t$
۱۰ ولت	۱۰Ω	.....	.....	.....	.....
	۲۰Ω	.....	.....	.....	.....
	۳۰Ω	.....	.....	.....	.....
۲۰ ولت	۱۰Ω	.....	.....	.....	.....
	۲۰Ω	.....	.....	.....	.....
	۳۰Ω	.....	.....	.....	.....
۳۰ ولت	۱۰Ω	.....	.....	.....	.....
	۲۰Ω	.....	.....	.....	.....
	۳۰Ω	.....	.....	.....	.....

فیلم اتصال سری

اتصال سری مقاومت‌های اهمی

اگر با قطار مسافرت کرده باشید، دیده‌اید که قطار از تعدادی واگن و یک لوکوموتیو تشکیل می‌شود. واگن‌ها می‌توانند مشابه یا بزرگ و کوچک باشند. درصورت نامساوی بودن، هر واگن گنجایش حمل بار یا مسافر خاص

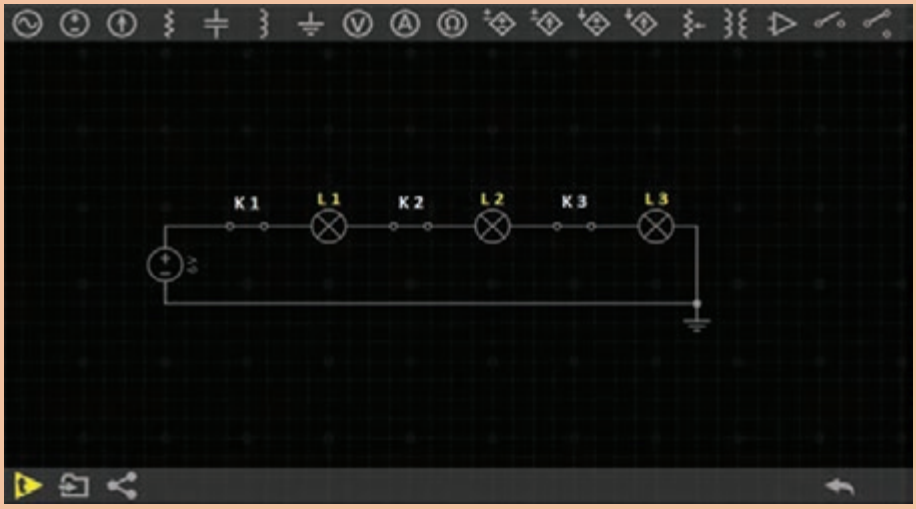
خود را دارد. اتصال واگن‌ها به یکدیگر به‌صورت پشت سرهم (**اتصال سری**) است؛ یعنی، ابتدای یک واگن به انتهای واگن دیگر وصل است. هنگام حرکت، سرعت در همهٔ واگن‌ها یکسان است.



در قطار واگن‌ها به صورت سری بسته می‌شوند.

فعالیت ۳

اگر کلیدهای K1 و K2 و K3 را باز کنیم چه تأثیری در لامپ‌ها می‌گذارد؟

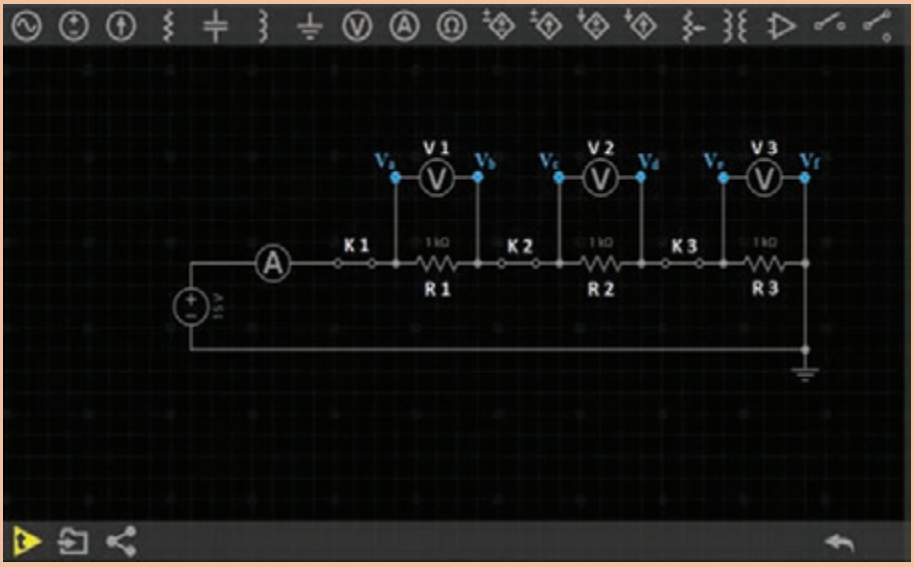


.....

.....

فعالیت ۴

مدار زیر را در نرم افزار ببندید و جدول زیر را کامل کنید:



ولتاژ منبع ۱۵v	V_a	V_b	$V_۱$	جریان R۱	V_c	V_d	$V_۲$	جریان R۲	V_e	V_f	$V_۳$	جریان R۳	جریان آمپرمتر
K۱= ⊶⊷ K۲= ⊶⊷ K۳= ⊶⊷													
K۱= ⊷⊶ K۲= ⊶⊷ K۳= ⊶⊷													
K۱= ⊶⊷ K۲= ⊷⊶ K۳= ⊶⊷													
K۱= ⊶⊷ K۲= ⊶⊷ K۳= ⊷⊶													

نتیجه گیری:

جریان در مدار سری

در یک مدار سری شدت جریان در همهٔ نقاط مدار یکسان است؛ یعنی، جریان وارد شده در هر نقطه از مدار با جریان خارج شده از همان نقطه برابر است.

$I = I_{R۱} = I_{R۲} = I_{R۳}$ جریان آمپرمتر

ولتاژ در مدار سری

اگر به دو سر یک مقاومت، ولتاژ مشخصی داده شود تمام آن ولتاژ در دو سر مقاومت افت می‌کند. مقدار ولتاژ دو سر مقاومت را به‌کمک ولت‌متر می‌توان اندازه گرفت. چنانچه تعداد مقاومت‌ها بیشتر شود، ولتاژ منبع روی همهٔ آنها تقسیم می‌شود. به‌طوری که اگر با ولت‌متر افت (یا اختلاف) ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها را اندازه بگیریم و با هم جمع کنیم، ولتاژ منبع به‌دست می‌آید.

ولتاژ منبع $E = V_1 + V_2 + V_3$

ولتاژ منبع $E = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$

ولتاژ منبع $E = (V_a - V_b) + (V_c - V_d) + (V_e - V_f)$

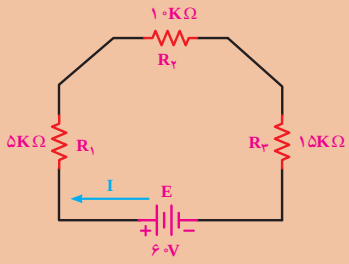
مقاومت در مدار سری

به‌جای چند مقاومت سری می‌توان یک مقاومتی را انتخاب کرد که مقدار مقاومت آن با مجموع مقاومت چند مقاومت سری برابر باشد. مقاومتی که به‌جای چند مقاومت سری قرار می‌گیرد، **مقاومت کل یا مقاومت معادل** آن چند مقاومت نامیده می‌شود و آن را با R_T نمایش می‌دهند. چنانچه مقاومت R_T جایگزین مقاومت‌های مدار شود، جریان مدار تغییری نخواهد کرد.

مقاومت کل $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

مثال ۴

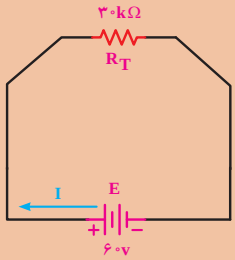
در مدار زیر ولتاژ دو سر هر مقاومت را حساب کنید.



راه حل:

با توجه به اینکه سه مقاومت سری شده‌اند مقاومت معادل از جمع مقاومت‌ها به‌دست می‌آید:

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = ۵\ K\Omega + ۱۰\ K\Omega + ۱۵\ K\Omega = ۳۰\ K\Omega$



جریان کل مدار $I = \frac{U}{R_T} = \frac{۶۰}{۳۰K\Omega} = ۲mA = ۰/۰۰۲(A)$

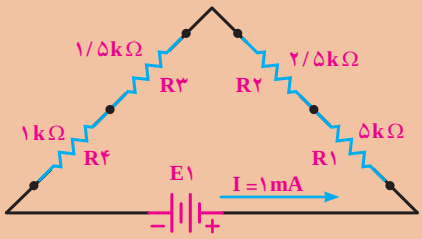
ولتاژ دو سر مقاومت R_1 $V_{R_1} = I \times R_1 = ۰/۰۰۲ \times ۱۵۰۰۰ = ۳۰v$

ولتاژ دو سر مقاومت R_2 $V_{R_2} = I \times R_2 = ۰/۰۰۲ \times ۱۰۰۰۰ = ۲۰v$

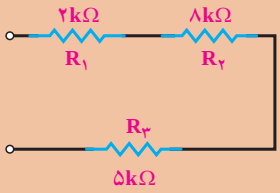
ولتاژ دو سر مقاومت R_3 $V_{R_3} = I \times R_3 = ۰/۰۰۲ \times ۵۰۰۰ = ۱۰v$

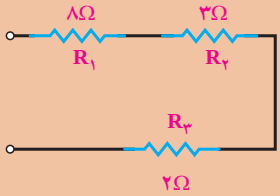
تمرین

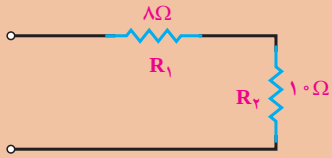
۱ در مدار زیر مقاومت معادل (R_T) را حساب کنید.



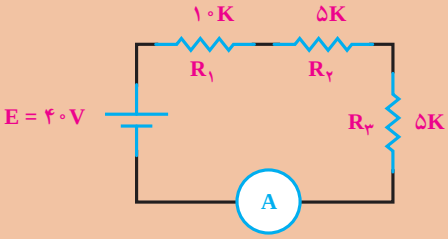
۲ در مدارهای زیر، مقاومت معادل (R_T) را حساب کنید.



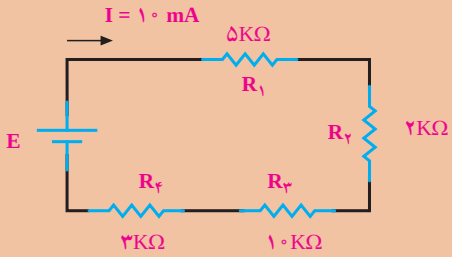




۳ در مدار شکل زیر، مقدار جریان آمپرمتر چقدر است؟



۴ در مدار شکل زیر، مقدار ولتاژ منبع تغذیه E چقدر است؟ همچنین مقدار توان مصرفی مقاومت $R_۲$ را بیابید.



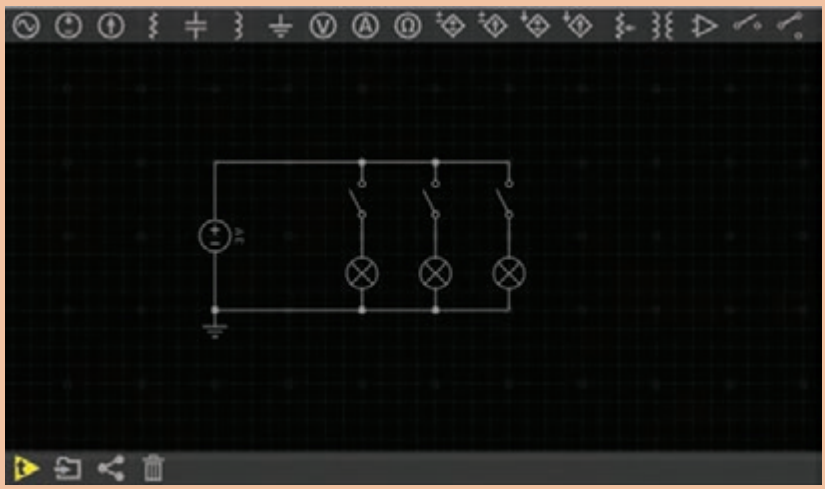
اتصال موازی

اتصال مقاومت‌ها به‌صورت موازی

اگر بخواهیم سیم‌کشی یک لوستر را انجام دهیم، می‌بایست لامپ‌ها را باهم موازی نماییم. یعنی یک طرف همه لامپ‌ها به یک قطب منبع و طرف دیگر همه آنها به قطب دیگر منبع وصل می‌شود.

فعالیت ۵

اگر کلیدهای K1 و K2 و K3 را باز کنیم چه تأثیری در لامپ‌ها می‌گذارد؟

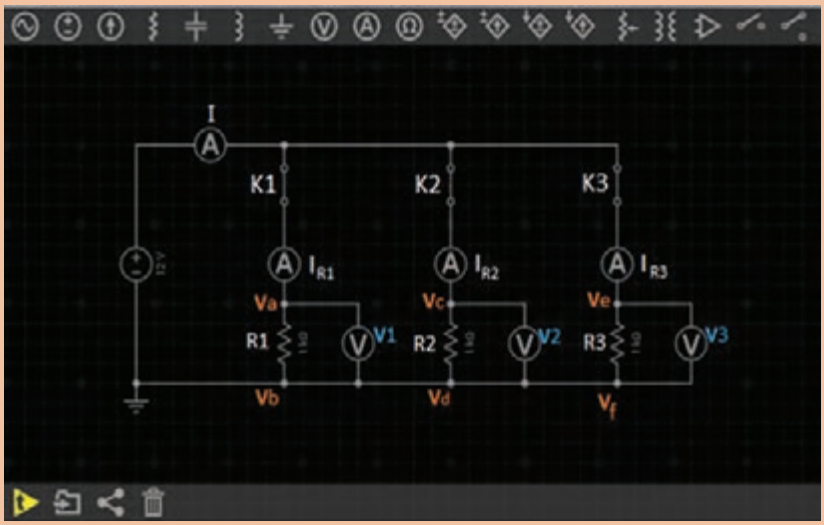


.....

.....

فعالیت ۶

مدار زیر را در نرم افزار ببندید و جدول صفحهٔ بعد را کامل کنید:



ولتاژ منبع ۱۲v	V_a	V_b	$V_۱$	جریان IR۱	V_c	V_d	$V_۲$	جریان IR۲	V_e	V_f	$V_۳$	جریان IR۳	جریان آمپرمتر
K۱= ⊸⊸ K۲= ⊸⊸ K۳= ⊸⊸													
K۱= ⊸/⊸ K۲= ⊸⊸ K۳= ⊸⊸													
K۱= ⊸⊸ K۲= ⊸/⊸ K۳= ⊸⊸													
K۱= ⊸⊸ K۲= ⊸⊸ K۳= ⊸/⊸													

نتیجه‌گیری:

ولتاژ در مدار موازی

ولتاژ دو سر همهٔ مصرف‌کننده‌ها در اتصال موازی، یکسان و برابر ولتاژ منبع تغذیه است ولی درصورت متفاوت بودن مقاومت آنها جریان مصرف‌کننده‌ها نیز متفاوت هستند.

ولتاژ منبع $E = V_۱ + V_۲ + V_۳$

جریان در مدار موازی

در فعالیت۶ ، شدت جریان کل، با مجموع شدت جریان‌های شاخه‌های موازی برابر است. درصورتی‌که ولتاژ دو سر هر شاخه با شاخه‌های دیگر و با دو سر منبع برابر می‌باشد. از این‌رو، با استفاده از روابط قانون اهم، شدت جریان هر شاخه و شدت جریان کل را می‌توان به‌صورت زیر به دست آورد.

شدت جریان شاخهٔ n ام $I_n = \frac{E}{R_n}$

شدت جریان کل مدار $I = I_۱ + I_۲ + I_۳$ یا $I = I_{R_۱} = I_{R_۲} = I_{R_۳}$

در صورت مساوی بودن مقاومت‌های شاخه‌های مدار، از هر شاخه شدت جریان مساوی با دیگر شاخه‌ها می‌گذرد اما اگر مقدار مقاومت‌های هر شاخه متفاوت باشد، هر شاخه‌ای که مقاومت کمتری دارد، شدت جریان بیشتری را عبور می‌دهد.

مقاومت کل (معادل) در مدار موازی

در مدار موازی، مقاومتی است که اگر به‌جای مقاومت‌های موازی قرار گیرد، شدت جریان کل مدار را تغییر ندهد. در مدار موازی، با افزایش شاخه‌های مدار تعداد مسیرهای جریان زیادتر می‌شود و شدت جریان کل افزایش می‌یابد. افزایش شدت جریان بدین معناست که مقاومت معادل، کاهش یافته است.

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳} \qquad \text{یا} \qquad R_T=\frac{R_۱\times R_۲}{R_۱+R_۲}$$

در مدار موازی ولتاژ منبع با ولتاژ دو سر شاخه‌ها برابر است و جریان کل از مجموع جریان‌های شاخه‌ها به دست می‌آید.

$$E=V_۱=V_۲=V_۳$$
$$I=I_۱+I_۲+I_۳$$

طبق قانون اهم می‌توان نوشت:

$$I=\frac{E}{R_t}, I_۱=\frac{V_۱}{R_۱}, I_۲=\frac{V_۲}{R_۲}, I_۳=\frac{V_۳}{R_۳}$$

مقادیر مساوی جریان‌ها را در رابطهٔ بالا قرار می‌دهیم.

$$\frac{E}{R_T}=\frac{E}{R_۱}+\frac{E}{R_۲}+\frac{E}{R_۳}$$

با فاکتورگیری و حذف مقادیر مساوی E از طرفین تساوی،

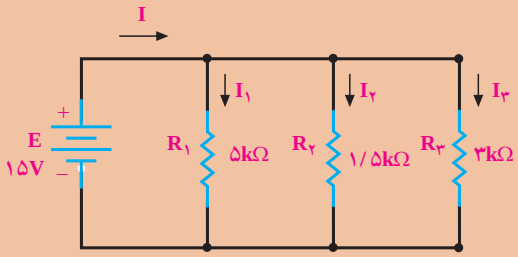
$$\frac{E}{R_T}=E(\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳})$$

به رابطهٔ مقاومت کل در مدار موازی می‌رسیم.

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$$

مثال ۵

در مدار زیر جریان هر شاخه را تعیین کنید.



راه حل:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{15V}{5\times10^3} = 3mA$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{15V}{1/5\times10^3} = 10mA$$

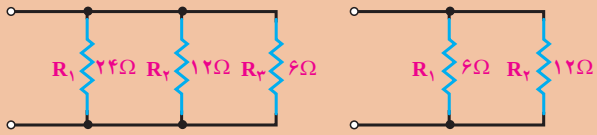
$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{15V}{3\times10^3} = 5mA$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = 3 + 10 + 5 \qquad I = 18mA$$

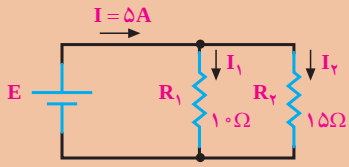
تمرین

۱ مقاومت معادل مدارهای زیر را به‌دست آورید.

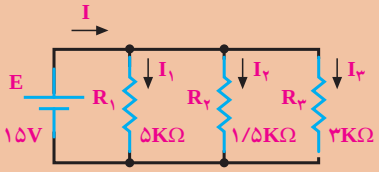


(ب) (الف)

۲ شدت جریان هر شاخه و مقدار ولتاژ منبع E را به‌دست آورید:



۳ شدت جریان هر شاخه و شدت جریان کل را به‌دست آورید:



خواص مغناطیسی اجسام

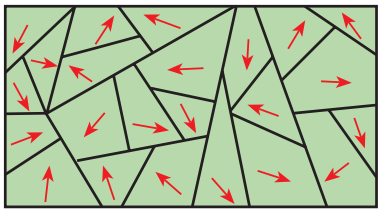
خواص مغناطیسی اجسام

اجسام در طبیعت از نظر خواص مغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) اجسام مغناطیسی،

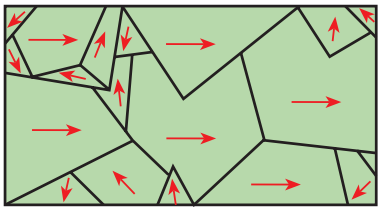
ب) اجسام غیرمغناطیسی.

اجسام مغناطیسی مولکول‌های مغناطیسی دارند. پس ظاهراً باید همیشه مانند مغناطیس عمل کنند ولی چنین نیست. این بدان علت است که در شرایط عادی، مولکول‌های مغناطیسی به‌طور پراکنده و نامرتب در جسم قرار دارند و درنتیجه، میدان‌های مغناطیسی مولکول‌ها یکدیگر را خنثی می‌کنند؛ بنابراین، فلز خاصیت مغناطیسی ندارد. در شکل زیر مولکول‌های مغناطیسی یک فلز مغناطیس نشده را مشاهده می‌کنید.



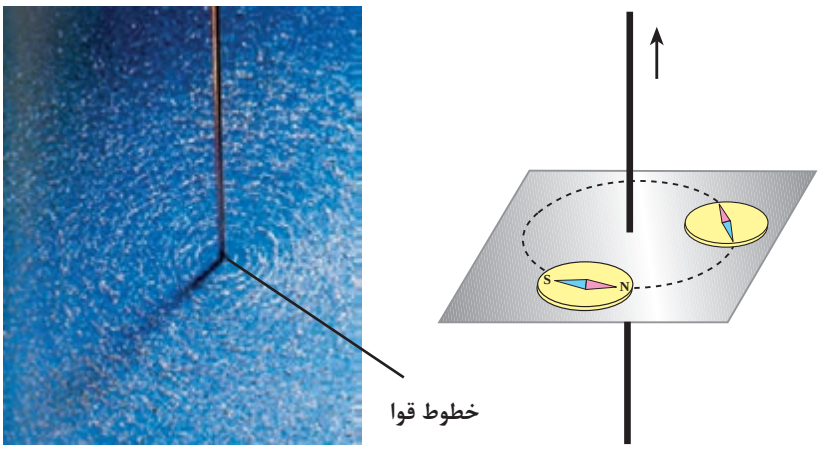
فلز مغناطیس نشده

اگر همهٔ مولکول‌های مغناطیسی به‌طور هم جهت قرار بگیرند، میدان‌های مغناطیسی آنها با یکدیگر جمع شده و در این صورت فلز مغناطیس می‌شود. اگر فقط بعضی از مولکول‌ها هم جهت باشند، میدان مغناطیسی ضعیفی تولید می‌شود. بنابراین، میزان مغناطیس شدن یک جسم مغناطیسی را می‌توان کم و زیاد کرد.
شکل زیر مولکول‌های مغناطیسی منظم شده در یک فلز مغناطیس شده را نشان می‌دهد.



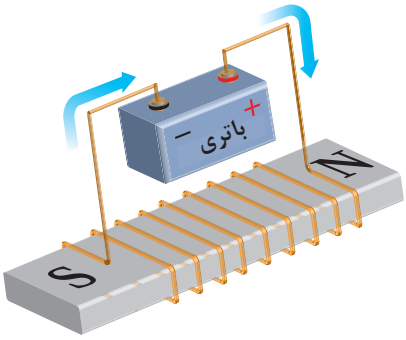
اثر الکترومغناطیس بر یک سیم

جهت میدان مغناطیسی همواره به جهت جریانی که از سیم می‌گذرد، بستگی دارد. برای تعیین جهت میدان مغناطیسی، می‌توان از قطب نما و قانون دست راست استفاده کرد. طبق شکل صفحهٔ بعد چنانچه قطب نما را در اطراف سیم حرکت دهیم، همیشه قطب N عقربهٔ قطب‌نما جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



تعیین جهت مغناطیسی اطراف سیم با استفاده از قطب‌نما

تولید میدان مغناطیسی توسط جریان الکتریکی



اگر سیمی را به‌دور یک قطعه آهن مغناطیس نشده بپیچیم و دو سر آن‌را به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم، جریان الکتریکی میدان مغناطیسی تولید می‌کند و باعث منظم شدن مولکول‌های مغناطیسی آهن می‌شود. شکل روبه‌رو چگونگی تولید قطعهٔ مغناطیسی به وسیلهٔ جریان الکتریکی DC را نمایش می‌دهد.

اگر یک جسم مغناطیس شده خاصیت مغناطیسی خود را برای مدت طولانی حفظ کند، به آن مغناطیس دائمی می‌گویند و اگر خاصیت مغناطیسی خود را به‌سرعت از دست بدهد، مغناطیس موقتی نام دارد. آهن سخت و فولاد مغناطیس‌های دائمی خوبی هستند. آهن نرم برای مغناطیس‌های موقتی به کار برده می‌شود.

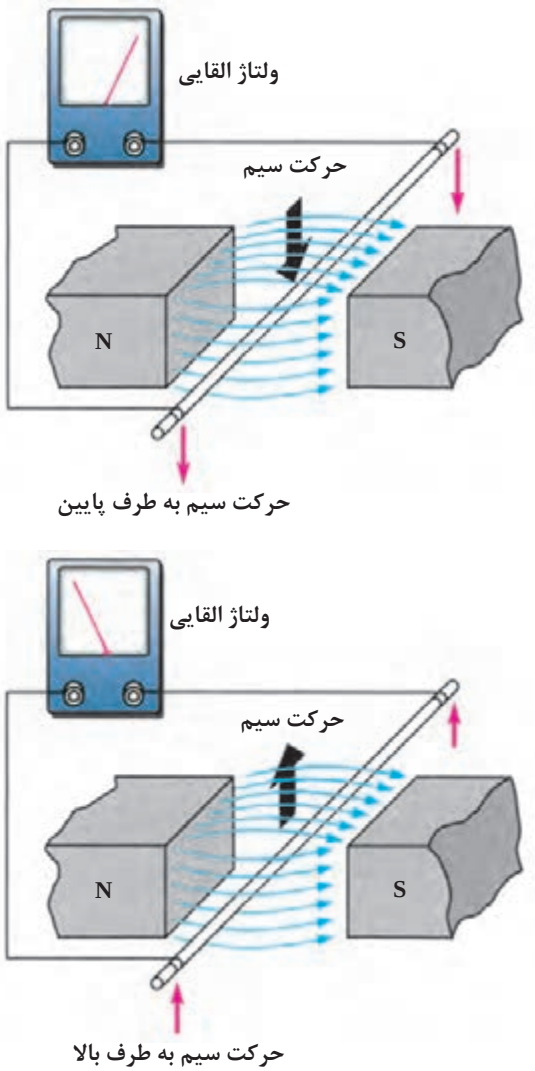
از کاربردهای دیگر مغناطیس می‌توان آهن‌ربای صنعتی را نام برد. شکل زیر یک نمونه آهن‌ربای صنعتی را نشان می‌دهد.



فیلم ژنراتور

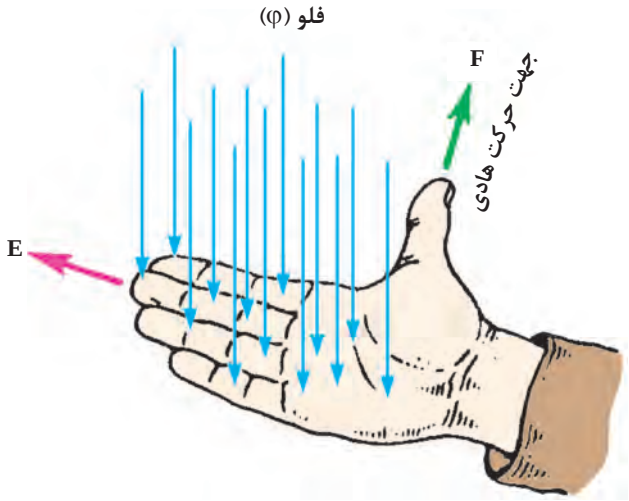
ژنراتور ساده

طبق شکل زیر اگر یک هادی را در داخل میدان مغناطیس آهن‌ربا حرکت دهیم، انرژی مغناطیسی آهن‌ربا باعث حرکت الکترون‌ها در یک جهت و تجمع آنها در یک طرف هادی می‌شود. این روند را تولید نیروی محرکهٔ القایی می‌گویند. حال اگر به دو سر سیم میلی‌ولت متری را وصل کنیم، مشاهده می‌شود که با حرکت سیم به طرف پایین، عقربهٔ میلی ولت‌متر در یک جهت و با حرکت سیم به طرف بالا، عقربه در جهت مخالف حرکت می‌کند. نتیجه می‌گیریم که با تغییر جهت حرکت سیم، جهت نیروی محرکهٔ القایی تغییر می‌کند. این مطلب در مورد تغییر جهت خطوط نیرو نیز صادق است.



شکل ۸ـ۱ـ اساس کار یک ژنراتور ساده

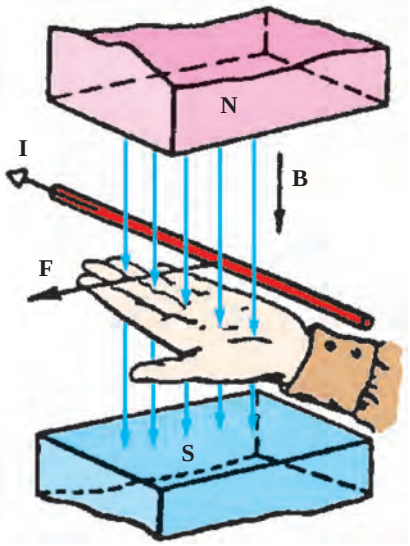
برای به دست آوردن جهت نیروی محرکهٔ القایی از قانون دست راست استفاده می‌شود. طبق شکل زیر اگر کف دست راست را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست بریزند، درصورتی که جهت حرکت سیم در جهت انگشت شست باشد، جهت نیروی محرکهٔ القایی در جهت سایر انگشتان خواهد بود.



فیلم موتور

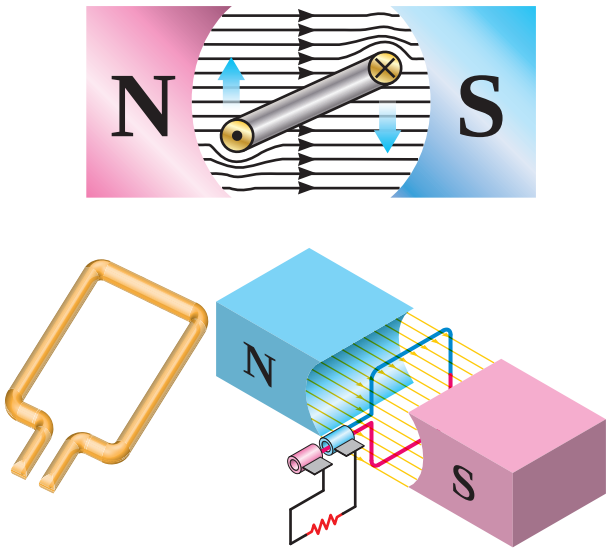
قانون دست چپ

اگر دست چپ را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست بریزند (B) و جهت جریان در سیم حامل جریان (I) در جهت سایر انگشتان باشد، جهت نیروی وارد شده (F) در جهت انگشت شست خواهد بود.



شکل ۹ـ۱ـ قانون دست چپ

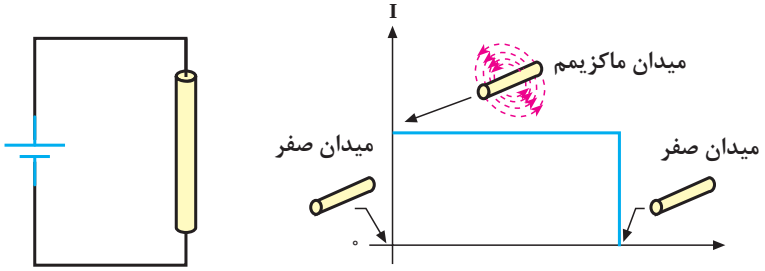
اگر طبق شکل ۱۰-۱ سیم را به صورت کلاف درآوریم و آن را درون میدان مغناطیسی قرار دهیم، وقتی از کلاف جریان عبور کند اثر متقابل میدان‌های مغناطیسی باعث می‌شود که یک سمت آن به طرف بالا و سمت دیگر به‌طرف پایین حرکت کند؛ به‌عبارت دیگر، به کلاف جفت نیرو وارد می‌شود و تولید گشتاور می‌کند. این فرایند، اساس کار موتورهای الکتریکی است که در درس ماشین‌های الکتریکی به‌طور مفصل دربارهٔ آن توضیح خواهیم داد.



شکل ۱۰ـ۱ـ تولید گشتاور در موتور الکتریکی

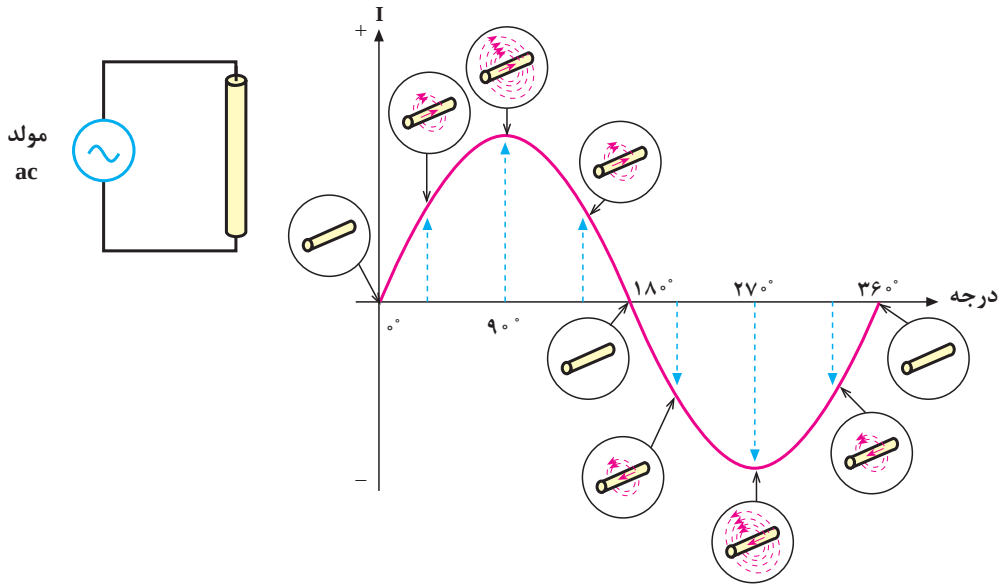
میدان مغناطیسی حاصل از یک جریان مستقیم و متناوب

اگر دو سر یک هادی را مطابق شکل زیر به جریان مستقیم وصل کنیم، شدت جریان به طور ناگهانی از صفر به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد و میدان مغناطیسی در اطراف هادی نیز به ناگاه از صفر به مقدار ماکزیمم خود افزایش می‌یابد. تا موقعی که جریان در هادی است، میدان در ماکزیمم مقدار خود باقی می‌ماند. چنانچه مدار باز شود جریان، صفر شده و میدان نیز به صفر کاهش می‌یابد.



میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیلهٔ جریان مستقیم

اگر دو سر یک هادی را مطابق شکل زیر به یک جریان متناوب وصل کنیم، مقدار جریان و درنتیجه، شدت میدان مغناطیسی در اطراف هادی پیوسته تغییر می‌کند. با اضافه شدن تدریجی جریان، میدان حاصل نیز قوی‌تر می‌شود و برعکس، با کم شدن جریان میدان نیز کمتر خواهد شد. از آنجا که جریان متناوب در هر نیم سیکل تغییر جهت می‌دهد، جهت میدان نیز معکوس می‌شود. بنابراین، جهت میدان مغناطیسی در هر لحظه به وسیلهٔ جهت جریان مشخص می‌شود.

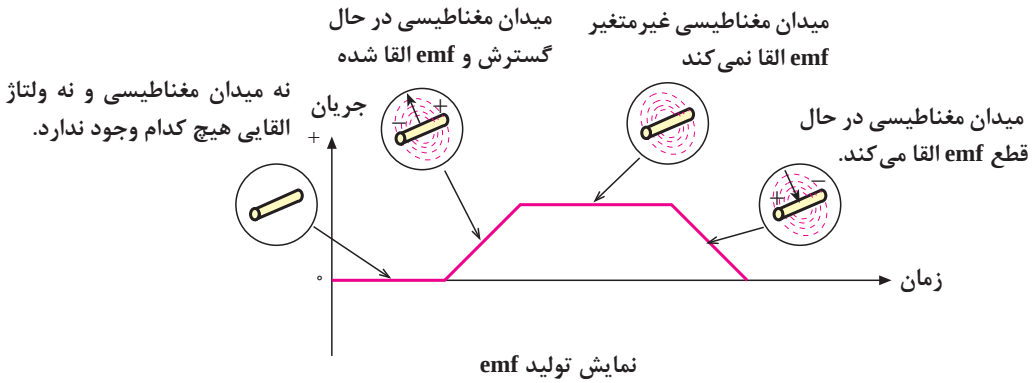


میدان مغناطیسی حاصل از جریان متناوب

خود القایی

با طی نیم پریود از جریان متناوب عبوری از یک هادی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود و سپس به تدریج از بین می‌رود. در نیم سیکل بعدی نیز میدان در جهت مخالف ایجاد می‌شود و به تدریج از بین می‌رود. زمانی که میدان مغناطیسی در حال ایجاد شدن است، خطوط قوای مغناطیسی از مرکز هادی به طرف خارج گسترش می‌یابند. میدان در حال گسترش به وسیلهٔ هادی قطع می‌شود و یک **نیروی محرکهٔ الکتریکی (emf)** در هادی تولید می‌گردد.

با کم شدن میدان و قطع خطوط قوا به وسیلهٔ هادی، باز هم یک نیروی محرکهٔ الکتریکی در هادی **القا** می‌شود. بنابراین، افزایش یا کاهش جریان در هادی سبب گسترش یا فروکش کردن میدان مغناطیسی در اطراف آن می‌شود و نیروی محرکه‌ای متناسب با تغییرات میدان در هادی القا می‌گردد. این خاصیت را **خودالقایی** می‌گویند. توجه داشته باشید که اگر جریان عبوری از هادی ثابت باشد، میدان مغناطیسی ایجاد شده نیز ثابت خواهد بود و لذا نیروی محرکه‌ای در هادی القا نمی‌شود. شکل صفحهٔ بعد القای نیروی محرکه را در زمان تغییر جریان نشان می‌دهد.



همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می شود، سیم پیچ با تغییرات جریان عبوری از خودش مخالفت می‌کند و با ایجاد یک ولتاژ در جهت مخالف VL سعی در جبران این تغییرات می‌کند.

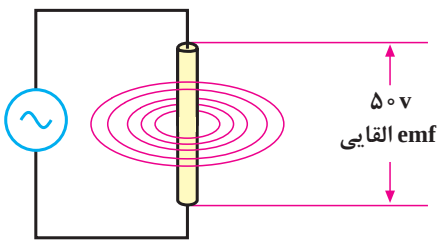
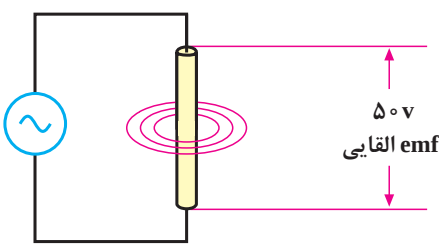
مقدار نیروی محرکهٔ الکتریکی خود القا

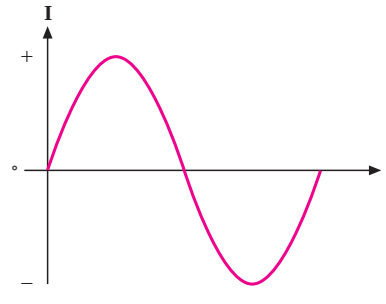
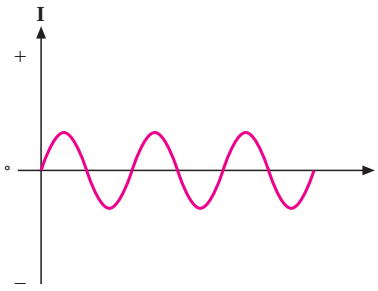
نیروی محرکهٔ الکتریکی القا شده در یک هادی به وسیلهٔ تغییر در شدت جریان عبوری از آن، همانند هر نیروی محرکه‌ای دارای مقدار و جهت است. از جمله عواملی که مقدار نیروی محرکهٔ القا شده را معین می‌کنند، میزان تغییرات شدت میدان مغناطیسی است. به طوری که می‌توان نوشت:

$$\text{مقدار emf} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta T}$$

در این رابطه، $\Delta\varphi$ تغییرات شار مغناطیسی و ΔT تغییرات زمان را نشان می‌دهد. شدت میدان مغناطیسی به سرعت تغییرات جریان یا تغییرات فرکانس بستگی دارد. بنابراین، مقدار نیروی محرکهٔ القا شده، با فرکانس جریان متناسب است. با افزایش فرکانس، نیروی محرکهٔ القا شده افزایش و با کاهش فرکانس نیروی محرکه القا شده، کاهش می‌یابد.

مقدار جریان نیز از عوامل دیگری است که مقدار نیروی محرکهٔ القا شده را معین می‌کند. یعنی، هرچه شدت جریان عبوری از هادی بیشتر باشد، میدان ایجاد شده قوی‌تر و هرچه جریان کمتر باشد، میدان ایجاد شده ضعیف‌تر می‌شود. پس به‌طورکلی می‌توان گفت که مقدار نیروی محرکهٔ القا شده (خودالقا) به دامنه و فرکانس جریان عبوری از هادی بستگی دارد. شکل زیر عوامل ذکر شده را به‌خوبی نشان می‌دهد.

جریان با فرکانس پایین و دامنهٔ زیاد	جریان با فرکانس زیاد و دامنهٔ کم
	

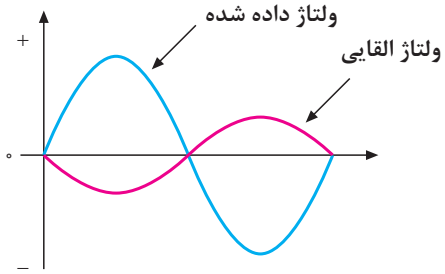
	
جریان‌های فرکانس پایین اگر دامنه‌شان زیاد باشد، می‌توانند emf قوی ایجاد کنند.	جریان‌های فرکانس بالا می‌توانند emfهای قوی ایجاد کنند، علی‌رغم اینکه دامنه‌شان نسبتاً کم است.

تأثیر دامنه و فرکانس جریان بر مقدار emf القایی

قانون لنز

در سال ۱۸۳۴ یک فیزیک‌دان آلمانی به نام لنز قانونی را به جهانیان ارائه داد که بیانگر جهت نیروی محرکهٔ القایی در یک هادی بود و ما اکنون آن را به نام قانون لنز می‌شناسیم.

براساس **قانون لنز**، هر تغییر در جریان عبوری از یک هادی باعث ایجاد نیروی محرکهٔ خودالقایی می‌شود که اثر آن با جهت تغییرات جریان مخالفت می‌کند. به عبارت دیگر، هنگامی که جریان کاهش می‌یابد، نیروی محرکهٔ القایی در جهتی است که با کاهش جریان مخالفت می‌کند و هنگامی که جریان افزایش می‌یابد، باز جهت نیروی محرکهٔ خودالقایی طوری است که با افزایش جریان مخالفت می‌کند. شکل زیر، رابطهٔ بین ولتاژ یا نیروی محرکهٔ القا شده را با ولتاژی که باعث ایجاد جریان می‌شود (ولتاژ داده شده)، با اختلاف فاز ۱۸۰درجه نشان می‌دهد.



نیروی محرکهٔ القایی همیشه با ولتاژ داده شده مخالفت می‌کند.

با زیاد یا کم شدن ولتاژ داده شده در یک جهت، نیروی محرکهٔ القا شده در جهت مخالف آن زیاد یا کم می‌شود از آنجا که عمل نیروی محرکهٔ القایی مخالف با ولتاژ داده شده است، آن را نیروی ضد محرکهٔ القایی مخالف می‌نامند و با cemf نمایش می‌دهند. مقدار آن را از رابطهٔ $\text{Cemf} = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta T}$ محاسبه می‌کنند.

فیلم سلف

سلف

اگر مقداری سیم به دور محور یا **هسته‌ای** پیچانده شود، **بوبین یا سیم‌پیچ یا سلف** به وجود می‌آید. از هسته علاوه بر اثرات القایی، به‌عنوان تکیه‌گاه جهت پیچاندن و نگهداری سیم استفاده می‌شود. در شکل زیر تعدادی بوبین با هستهٔ هوایی و فلزی را مشاهده می‌کنید.



انواع بوبین‌ها با هسته‌های مختلف

بوبین‌هایی را که هستهٔ فلزی دارند و اغلب دارای تعداد دور استاندارد هستند، در اصطلاح **چوک** (Choke) می‌گویند. چوک‌ها مانند چوک مهتابی و چوک بلندگو معمولاً حفاظ خارجی دارند. از چوک مهتابی در مصارف برقی و از چوک بلندگو در مصارف الکترونیکی استفاده می‌شود.

اندوکتانس (ضریب خود القا) سلف

واحد اندوکتانس **هانری** است که از نام دانشمند کاشف آن گرفته شده است. هانری مقدار اندوکتانس یک هادی است، اگر تغییر جریان یک آمپر در ثانیه در آن نیروی ضد محرکه یک ولت ایجاد کند. چون هانری واحد نسبتاً بزرگی است، غالباً اندوکتانس را بر حسب واحدهای کوچک‌تری چون میلی هانری (10^{-3} H) و میکرو هانری (10^{-6} H) به‌کار می‌برند.

انرژی ذخیره شده در سلف:

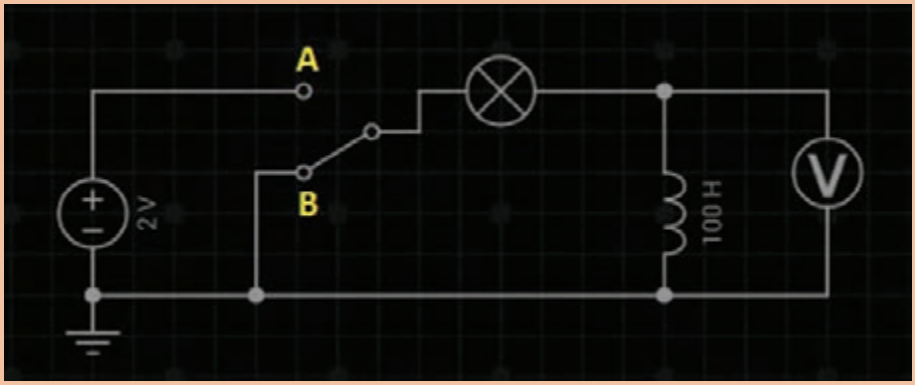
همان‌طور که گفته شد اگر جریان i از یک سلف عبور کند در اطراف آن میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید. در این میدان مغناطیسی **انرژی مغناطیسی** (E_M) ذخیره می‌شود که مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E_M = \frac{1}{2}Li^2$$

واحد E_M ژول است. اگر جریان با زمان تغییر کند انرژی مغناطیسی ذخیره شده هم با زمان تغییر می‌کند. در رابطه بالا **اندوکتانس** و واحد آن هانری (H) است. هرچه اندوکتانس بوبین بیشتر باشد انرژی بیشتری را در خود ذخیره می‌کند.

فعالیت ۷

مدار زیر را در نرم‌افزار Every Circuit بسته و مشاهدات خود را درباره روشنایی لامپ بنویسید:



.....

.....

اتصال بوبین‌ها

برای دستیابی به اندوکتانس مناسب، اغلب مجبوریم بوبین‌ها را به‌طور سری یا موازی وصل نماییم. در چنین مواردی، **بدون در نظر گرفتن اثر متقابل میدان‌ها بر یکدیگر، اندوکتانس کل**، عیناً شبیه مقاومت معادل در مدارهای سری و موازی به دست می‌آید.

الف) اتصال سری بوبین‌ها: با اتصال سری (متوالی) بوبین‌ها، اندوکتانس کل برابر مجموع تک تک اندوکتانس‌های موجود در مدار است که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$L_t = L_1 + L_2 + ... + L_n$$

در صورت مساوی بودن اندوکتانس‌ها، اندوکتانس کل برای n بوبین برابر است با:

$$L_t = nL$$

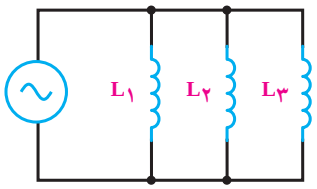
ب) اتصال موازی بوبین‌ها: در اتصال موازی بوبین‌ها اندوکتانس کل از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$\frac{۱}{L_t}=\frac{۱}{L_۱}+\frac{۱}{L_۲}+...+\frac{۱}{L_n}$$

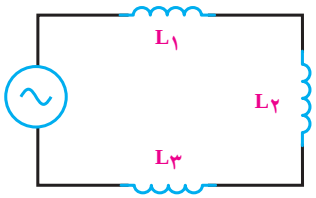
در صورت مساوی بودن بوبین‌ها اندوکتانس کل برای n بوبین، برابر است با

$$L_t=\frac{L}{n}$$

در شکل زیر اتصال سری و موازی را برای سه بوبین که با فاصلهٔ زیاد از یکدیگر قرار دارند (**بدون داشتن ارتباط مغناطیسی**) نشان می‌دهد.



اتصال سری



اتصال موازی

امپدانس سلفی

سلف در برابر جریان متناوب از خود مقاومت نشان می‌دهد. مقدار این مقاومت به اندوکتانس و فرکانس جریان متناوب بستگی دارد که به آن **مقاومت القایی یا امپدانس** سلفی می‌گویند و با X_L نشان می‌دهند. واحد مقاومت القایی اهم بوده و با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$X_L=۲\pi fL$$

برای محاسبهٔ مقاومت القایی معادل در مدارهای سری و موازی سلف‌ها نیز می‌توان مشابه محاسبهٔ اندوکتانس معادل بوبین‌ها عمل کرد. روابط محاسبهٔ مقاومت القایی معادل، در مدار سری و موازی به‌صورت زیر است:

مدار سری $X_{L_T}=X_{L_۱}+X_{L_۲}+....+X_{L_n}$

مدار موازی $\frac{۱}{X_{L_T}}=\frac{۱}{X_{L_۱}}+\frac{۱}{X_{L_۲}}+...+\frac{۱}{X_{L_n}}$

فیلم خازن

خازن

خازن‌ها عناصری هستند که می‌توانند مقداری الکتریسیته را به‌صورت یک میدان الکترواستاتیک در خود

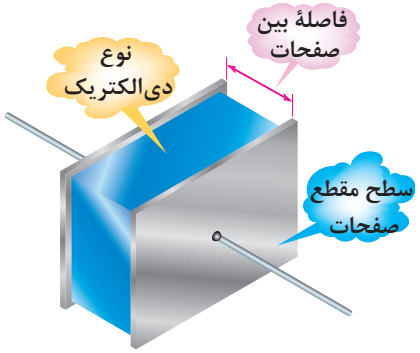
ذخیره کنند. همان‌گونه که یک مخزن آب برای ذخیره کردن مقداری آب مورد استفاده قرار می‌گیرد از خازن برای ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

خازن‌ها به اشکال گوناگون ساخته می‌شوند و متداول‌ترین آنها خازن‌های مسطح هستند. این نوع خازن‌ها از دو صفحهٔ هادی که بین آنها عایق یا **دی الکتریک** قرار دارد، تشکیل می‌شوند. شکل زیر، طرح سادهٔ یک خازن مسطح و نمای الکتریکی آن را نشان می‌دهد.

صفحات هادی نسبتاً پهن هستند و در فاصله‌ای بسیار نزدیک به‌هم قرار می‌گیرند. دی الکتریک انواع مختلفی دارد و با ضریب مخصوصی که نسبت به هوا سنجیده می‌شود، معرفی می‌گردد. این ضریب را **ضریب دی الکتریکی** می‌گویند و آن را با حرف ε نمایش می‌دهند. داریم:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$$

که در آن $\varepsilon_0 = 8/854 \times 10^{-12}$ **ضریب گذردهی الکتریکی هوا** و ε_r **ضریب گذردهی الکتریکی نسبی** است.



نمای یک خازن مسطح ساده



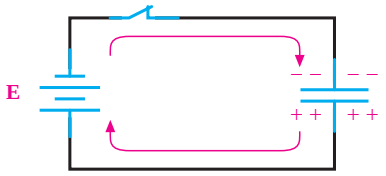
نمای الکتریکی خازن

شارژ خازن با ولتاژ DC

برای اینکه یک خازن شارژ شود، یعنی انرژی الکتریکی را ذخیره کند، باید آن را به یک اختلاف پتانسیل(ولتاژ) وصل کرد. این ولتاژ به وسیلهٔ یک باتری تأمین می‌شود. قطب مثبت باتری، به یک طرف و قطب منفی آن به طرف دیگر خازن، مانند شکل ۱۱-۱ وصل می‌شود.

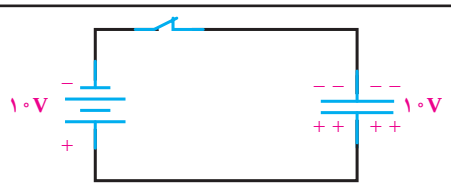
قبل از بستن کلید، صفحات خازن خنثی هستند و هیچ انرژی‌ای در آنها ذخیره نخواهد شد. با بستن کلید، الکترون‌ها از قطب منفی باتری به طرف صفحه‌ای که به این قطب متصل است جاری می‌شوند و در آن تراکم الکترون یا بار منفی ایجاد می‌کنند. در همین لحظه، قطب مثبت باتری همان تعداد الکترون را از صفحه‌ای که به این قطب متصل است جذب می‌کند و این صفحه را دچار کمبود الکترون می‌کند و دارای بار مثبت می‌شود. در لحظاتی که خازن **شارژ** می‌شود، الکترون‌ها از طریق سیم‌های رابط به طرف قطب مثبت باتری حرکت می‌کنند، وارد باتری می‌شوند و از قطب منفی خارج می‌گردند. همانطور که می‌دانید حرکت الکترون‌ها را در مدار، عبور جریان در مدار می‌گویند.

وارد و خارج شدن الکترون‌ها از صفحات خازن، میدان الکتریکی ساکن را بالا می‌برد و ولتاژی در خلاف جهت ولتاژ اعمال شده به دو سر خازن ایجاد می‌کند. ولتاژ ایجاد شده در خازن، با جاری شدن جریان در مدار مخالفت می‌کند. به تعبیر دیگر، ولتاژ خازن با ولتاژ باتری مخالفت می‌کند. هر چه ولتاژ دو سر خازن بیشتر می‌شود، ولتاژ مؤثر مدار، که تفاوت بین ولتاژ باتری و ولتاژ خازن است، کمتر می‌شود و در نتیجه، شدت جریان مدار کاهش می‌یابد. هرگاه ولتاژ خازن با ولتاژ باتری برابر شود، جریان در مدار متوقف می‌گردد. صفر شدن جریان در مدار، نشانهٔ شارژ کامل خازن است. خازن هیچ گاه با ولتاژی بیشتر از ولتاژ منبع شارژ نمی‌شود.

وقتی کلید باز است، هیچ جریانی از مدار نمی‌گذرد و خازن شارژ نمی‌شود.	
وقتی کلید بسته است، جریان از مدار می‌گذرد و خازن را شارژ می‌کند.	

شکل ۱۱ـ۱ـ اتصال باتری و شارژ خازن

باید به این نکته توجه کرد که جریان شارژ و ولتاژ خازن مخالف یکدیگر عمل می‌کنند. یعنی، در ابتدای شارژ، جریان ماکزیمم و ولتاژ خازن صفر است. هرچه به ولتاژ خازن اضافه و خازن شارژ می‌شود، شدت جریان کاهش می‌یابد. وقتی ولتاژ خازن به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد، جریان صفر می‌شود. شکل ۱۲-۱ این مطلب را به روشنی نشان می‌دهد.

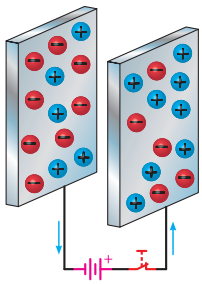
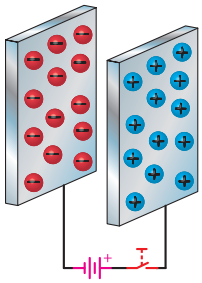
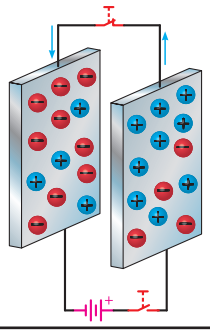
مدار باز بوده و جریان نمی‌گذرد	
خازن در حال شارژ	
خازن کاملاً شارژ شده و جریان نمی‌گذرد	

شکل ۱۲ـ۱ـ شارژ شدن خازن به اندازهٔ ولتاژ باتری

دشارژ (تخلیه) خازن

در تئوری یک خازن شارژ شده باید شارژ خود را به مدت زمان نامحدودی نگاه دارد. درحالی که این امر عملی نیست. با جدا شدن منبع شارژ از خازن، دیر یا زود خازن شارژ (بار) خود را از دست می‌دهد.

عمل از دست دادن شارژ را **دشارژ** شدن می‌نامند. برای دشارژ خازن تنها لازم است یک مسیر هادی بین دو صفحه ایجاد شود. با ایجاد مسیر، الکترون‌های صفحهٔ منفی به طرف پتانسیل مثبت در صفحهٔ مثبت جاری می‌شوند. تبادل الکترون بین صفحات آن قدر ادامه پیدا می‌کند تا صفحات خنثی شوند. در این موقع، خازن هیچ‌گونه ولتاژی ندارد و اصطلاحاً می‌گویند خازن دشارژ شده است. حرکت الکترون‌ها در مسیر ایجاد شده، **جریان دشارژ** نامیده می‌شود. در شکل زیر شارژ و دشارژ خازن را مشاهده می‌کنید.

خازن در حال شارژ	
خازن شارژ شده	
خازن در حال تخلیه	

نمایش شارژ و دشارژ خازن ساده

ظرفیت خازن

ظرفیت یک خازن- که آن را با حرف C نمایش می‌دهند- نمودار میزان توانایی ذخیره کردن شارژ (بار) الکتریکی (Q) است.

بنا به تعریف، **ظرفیت خازن برابر است با مقدار بار الکتریکی که باید روی یکی از صفحات خازن جمع شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحهٔ دیگر به اندازهٔ یک ولت افزایش یابد.** به عبارت دیگر، خارج قسمت بار الکتریکی (Q) ذخیره شده روی هر یک از صفحات خازن بر اختلاف پتانسیل (V) میان دو صفحه را ظرفیت آن خازن گویند. می‌توان گفت که میزان ذخیره شدن شارژ الکتریکی به ظرفیت خازن‌ها بستگی دارد. در یک ولتاژ برابر خازنی که ظرفیت کمتری دارد، بار کمتر و آنکه ظرفیت بیشتری دارد، بار بیشتری را در خود ذخیره می‌کند. واحد ظرفیت **فاراد (F)** است که از نام مایکل فاراده گرفته شده و آن عبارت است از نسبت یک کولن بار ذخیره شده در هر یک از صفحات خازنی که به اختلاف پتانسیل یک ولت اتصال داده شده باشد. با توجه به تعریف ارائه شده، رابطهٔ ظرفیت خازن به صورت زیر است:

$$Q=C\,V$$

C ظرفیت خازن به فاراد، Q بار یک صفحه بر حسب کولن، و V ولتاژ دو سر خازن است. فاراد واحد بسیار بزرگی است و در کارهای عملی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در عمل از واحدهای کوچک‌تری استفاده می‌شود.

مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین ظرفیت خازن عبارت‌اند از:

- مساحت صفحات
- فاصلهٔ بین صفحات
- دی الکتریک به‌کار رفته بین صفحات

ظرفیت یک خازن فقط به ابعاد و نوع عایق بستگی داشته و از مقدار ولتاژ و بار ذخیره شده در آن مستقل است. شکل صفحه ۳۲ عوامل مؤثر در ظرفیت را نشان می‌دهد. فرمول ظرفیت خازن مسطح به صورت زیر است:

$$C=\varepsilon\frac{A}{d}$$

A سطح مقطع صفحات بر حسب متر مربع و d فاصله صفحات برحسب متر است. **انرژی الکتریکی ذخیره شده** (E_C) در خازن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E_C=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}QV$$

واحد E_C ژول است.

مثال ۶

در یک خازن صفحات دایره‌ای شکل با شعاع ۵ سانتیمتر و فاصله یک میلیمتر هستند. دی‌الکتریک از جنس لاستیک با $\varepsilon_r = 2/5$ است. ظرفیت خازن چقدر است؟ اگر این خازن به ولتاژ ۱۰ ولت وصل گردد چقدر بار در آن ذخیره می‌شود؟

راه حل:

$$C=\varepsilon\frac{A}{d}=2/5\times 8/854\times 10^{-12}\times\frac{\pi\times 25\times 10^{-4}}{10^{-3}}=173/76\text{pF}$$

$$Q=CV=173/76\text{pF}\times 10=1/7376\text{nC}$$

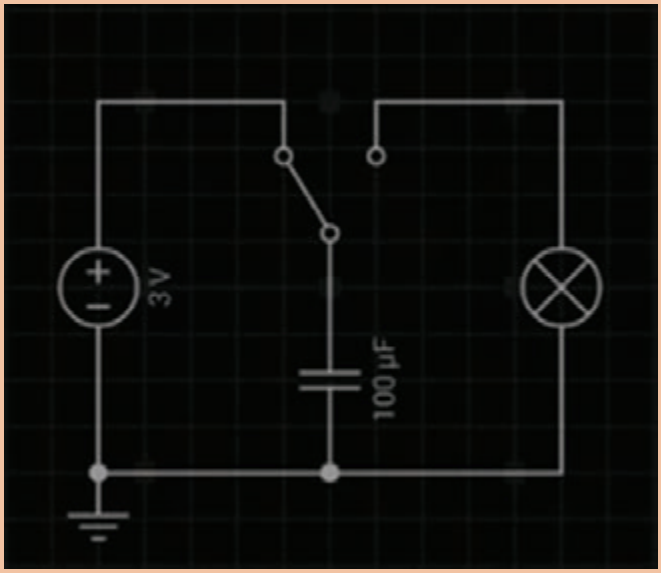
تمرین

۱ یک خازن در اثر اعمال ۲۰ ولت به دو سر آن باری معادل صفر کولن را ذخیره می‌کند. ظرفیت خازن چقدر است؟

۲ به دو سر خازن ۱ میکرو فارادی چه ولتاژی بدهیم تا باری معادل ۲۰ میکرو کولن در آن ذخیره شود؟

فعالیت ۸

مدار زیر را در نرم افزار Every Circuit بسته و با افزایش مقدار ظرفیت خازن مشاهدات خود را برای لامپ یادداشت کنید.



.....

.....

.....

اتصال خازن‌ها

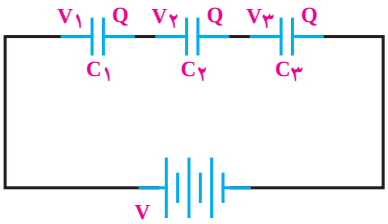
خازن‌ها را بسته به نوع استفاده از آنها می‌توان به سه طریق سری و موازی متصل کرد.

الف) اتصال سری خازن‌ها: در شکل ۱۳-۱ طرز به هم بستن سری خازن‌ها را مشاهده می‌کنید. در اتصال سری، فاصلهٔ مؤثر بین صفحات بیشتر می‌شود و ظرفیت معادل مجموعهٔ خازنی کاهش می‌یابد. همانگونه که در شکل می‌بینید، تنها دو صفحهٔ ابتدا و انتهای مجموعهٔ خازنی که به منبع بسته شده‌اند از منبع بار الکتریکی دریافت می‌کنند، و صفحه‌های دیگر از طریق القا دارای بار الکتریکی می‌شوند. بنابراین، اندازهٔ بار الکتریکی همهٔ خازن‌ها یکسان است ولی اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه برابر حاصل جمع اختلاف پتانسیل‌های دو

سر خازن است. یعنی:

$$Q=Q_1=Q_2=Q_3$$

$$V=V_1+V_2+V_3$$



شکل ۱۳-۱- اتصال سری خازن‌ها

ظرفیت خازن معادل

$$\frac{1}{C_t}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

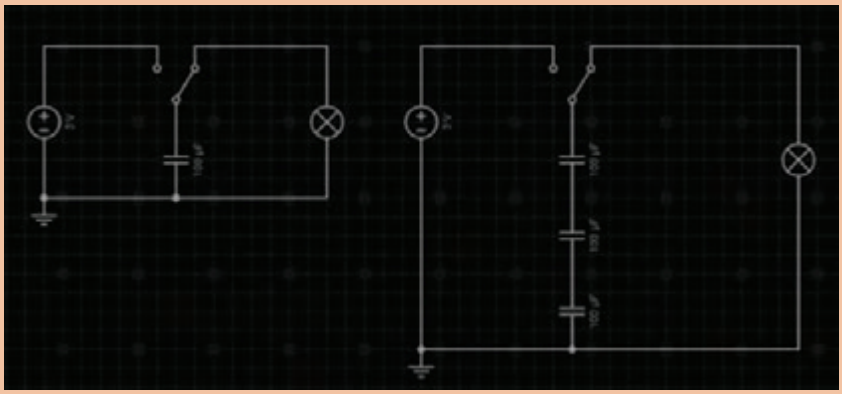
با رابطهٔ بالا ظرفیت خازن معادل را می‌توان محاسبه کرد. در صورتی که خازن‌ها با هم مساوی باشند، رابطهٔ ظرفیت خازن معادل برای n خازن چنین است:

$$C_t=\frac{C}{n}$$

افت ولتاژ دو سر خازن‌ها در مدار سری با ظرفیت هر خازن نسبت معکوس دارد. یعنی، هرچه ظرفیت خازن کمتر باشد، مقدار ولتاژ شارژ روی آن بیشتر خواهد بود. به تعبیر دیگر، در مدار دو سر خازن‌های با ظرفیت کمتر، ولتاژ بیشتری نسبت به خازن‌های با ظرفیت بیشتر افت می‌کند.

فعالیت ۹

مدار زیر را در Every Circuit بسته و مشاهدات خود را درباره مدت روشنایی لامپ بنویسید:



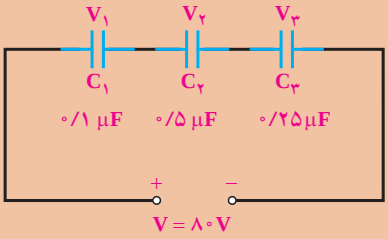
.....

.....

.....

مثال ۷

در مدار شکل زیر در صورتی که همهٔ خازن‌ها شارژ کامل باشند ولتاژ دو سر هر خازن را به دست آورید.



راه حل:

در مدار سری مقدار بار خازن‌ها یکسان و برابر است با

$$Q_t = Q_۱ = Q_۲ = Q_۳ = \frac{۰/۵ \times ۸۰}{۸} = ۵\mu f$$

در اینجا ولتاژ دو سر خازن‌ها برابر می‌شود با:

$$V_۱ = \frac{Q_۱}{C_۱} = \frac{۵}{۰/۱} = ۵۰V$$

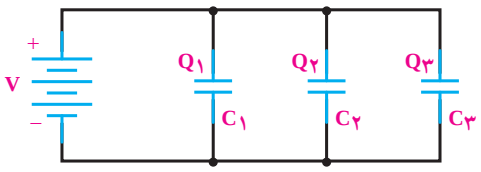
$$V_۲ = \frac{Q_۲}{C_۲} = \frac{۵}{۰/۵} = ۱۰V$$

$$V_۳ = \frac{Q_۳}{C_۳} = \frac{۵}{۰/۲۵} = ۲۰V$$

$$V = V_۱ + V_۲ + V_۳$$

$$V = ۵۰ + ۱۰ + ۲۰ = ۸۰V$$

ب) اتصال موازی خازن‌ها: شکل ۱۴-۱ اتصال چند خازن را به‌طور موازی نشان می‌دهد. در اتصال موازی خازن‌ها سطح مؤثر صفحات زیادتر می‌شود و ظرفیت معادل افزایش می‌یابد.



شکل ۱۴-۱- اتصال موازی سه خازن

در اتصال موازی خازن‌ها اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ همهٔ آنها برابر ولتاژ منبع است ولی بار الکتریکی هر خازن با ظرفیت آن متناسب است. یعنی:

$Q = Q_1+Q_2+Q_3$

$V=V_1=V_2=V_3$

ظرفیت خازن معادل:

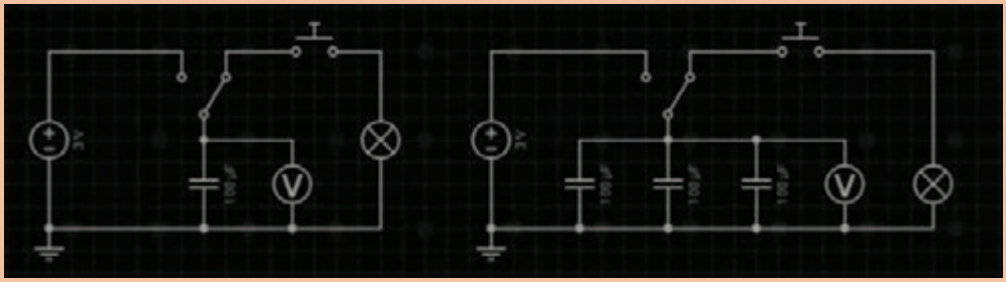
$C_t= C_1+C_2+C_3$

در صورتی که خازن‌های موازی یکسان باشند، ظرفیت برای n خازن برابر است با:

$C_T= nC$

فعالیت ۱۰

مدار زیر را در Every Circuit بسته و مشاهدات خود را درباره مدت روشنایی لامپ بنویسید:



.....

.....

.....

در جدول زیر خلاصهٔ ویژگی‌های خازن‌ها آورده شده است.

مدار سری	ـ بار ذخیره شده در هر خازن با بار کل برابر است. ـ ولتاژ کل با مجموع ولتاژهای جزء برابر است. ـ ظرفیت کل کاهش می‌یابد.
مدار موازی	ـ ولتاژ کل با ولتاژ دو سر هر خازن برابر است. ـ بار کل با مجموع بارهای جزء برابر است. ـ ظرفیت کل افزایش می‌یابد.

امپدانس خازنی

خازن در برابر جریان متناوب از خود مقاومت نشان می‌دهد. مقدار این مقاومت به ظرفیت و فرکانس جریان متناوب بستگی دارد که به آن **مقاومت خازنی یا امپدانس خازنی** می‌گویند و با X_C نشان می‌دهند. واحد مقاومت خازنی اهم بوده و با فرمول صفحهٔ بعد محاسبه می‌شود.

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f C}$$

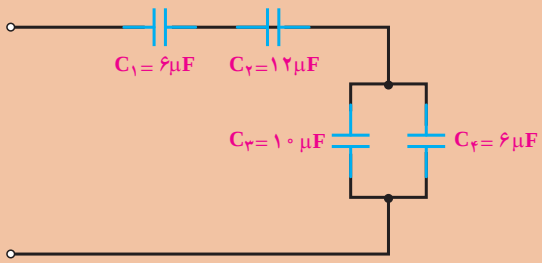
برای محاسبهٔ مقاومت خازنی معادل در مدارهای سری و موازی نیز می‌توان مشابه محاسبهٔ ظرفیت معادل خازن‌ها عمل کرد. روابط محاسبهٔ مقاومت خازنی معادل، در مدار سری و موازی به‌صورت زیر است:

$$X_{C_T} = X_{C_۱} + X_{C_۲} + ... + X_{C_n}$$ مدار سری

$$\frac{۱}{X_{C_T}} = \frac{۱}{X_{C_۱}} + \frac{۱}{X_{C_۲}} + ... + \frac{۱}{X_{C_n}}$$ مدار موازی

مثال ۸

ظرفیت کل در مدار زیر را به‌دست آورید.



راه حل:

در این مدار $C_۱$ و $C_۲$ سری است که روابط سری را دربارهٔاین دو عمل می‌کنیم. $C_۳$ و $C_۴$ نیز باهم موازی‌اند و روابط موازی را دربارهٔ آنها عمل می‌کنیم. در نهایت، مجموعهٔ $C_۱$ و $C_۲$ با مجموعهٔ $C_۳$ و $C_۴$ سری هستند و از قوانین سری پیروی می‌کنند. بنابراین، می‌توان نوشت:

$$C_{۱,۲} = \frac{C_۱ C_۲}{C_۱ + C_۲} = \frac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۴\mu F$$

$$C_{۳,۴} = C_۳ + C_۴ = ۱۰ + ۶ = ۱۶\mu F$$

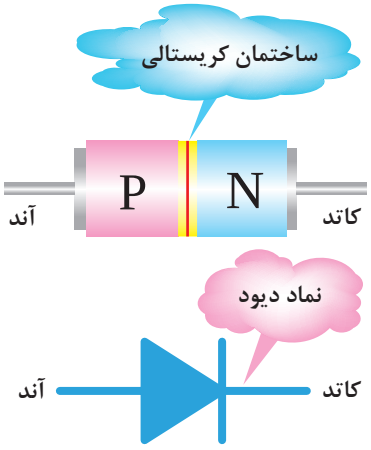
$$C_t = \frac{۴ \times ۱۶}{۴ + ۱۶} = \frac{۱۶}{۵} = ۳/۲\mu F$$

البته می‌توانستیم ابتدا ظرفیت $C_{۳,۴}$ را حساب کنیم و سپس ظرفیت معادل را به‌صورت مجموعهٔ سه خازن سری به‌دست آوریم.

فیلم دیود

دیود

دیودهای معمولی، از نظر ظاهری به شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند ولی علامت اختصاری همه یکسان است. در شکل ۱۵-۱ ساختمان کریستالی و نماد مداری دیود نشان داده شده است.



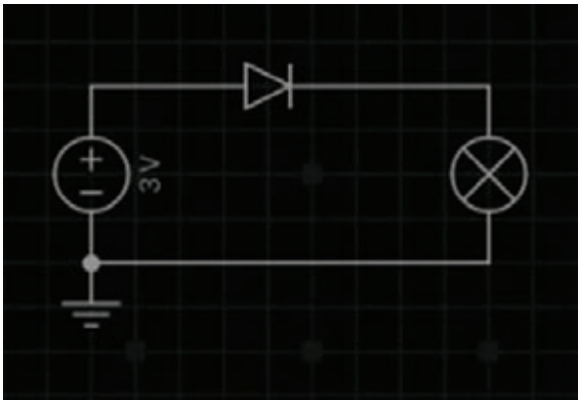
شکل ۱۵-۱- نمای مداری دیود

در نماد مداری، علامت مثلث، جهت قراردادی جریان را نشان می‌دهد. نیمه هادی نوع P را **آند** و نیمه هادی نوع N را **کاتد**، نام‌گذاری می‌نمایند. پایه‌های آند و کاتد روی دیودها مشخص شده‌اند. معمولاً کاتد را با یک نوار یا علامت K یا سایر علایم مشخص می‌کنند.

دیود در بایاس مستقیم (Forward Bias) و بایاس معکوس (Reverse Bias)

وصل کردن ولتاژ به دیود را بایاس کردن دیود می‌نامند. اتصال ولتاژ به دیود به دو صورت امکان پذیر است.

الف) بایاس مستقیم: اگر آند یک دیود را به قطب مثبت باتری و کاتد آن دیود را به قطب منفی باتری متصل کنیم، این حالت را بایاس مستقیم می‌گویند.



بایاس مستقیم دیود

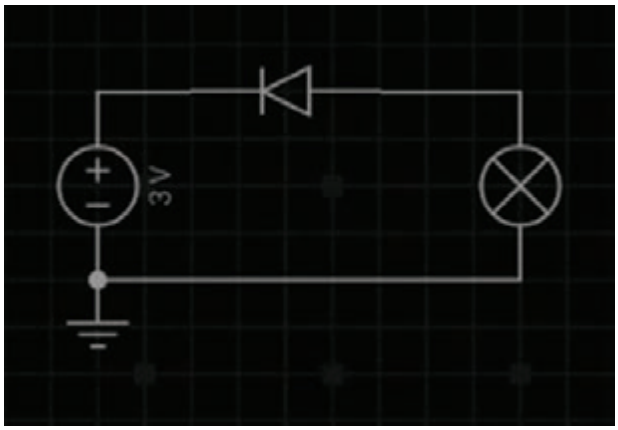
فعالیت ۱۱

مدار زیر را در نرم افزار Every Circuit ببندید و نتیجه مشاهدات خود را بنویسید:

.....

.....

ب) بایاس معکوس: درصورتی که نیمه‌هادی نوع P را به قطب منفی باتری و نیمه‌هادی نوع N را به قطب مثبت آن وصل نماییم، این حالت را بایاس معکوس می‌نامند.



بایاس معکوس دیود

فعالیت ۱۲

مدار شکل فوق را در نرم افزار بسته و نتیجه مشاهدات خود را بنویسید:

.....

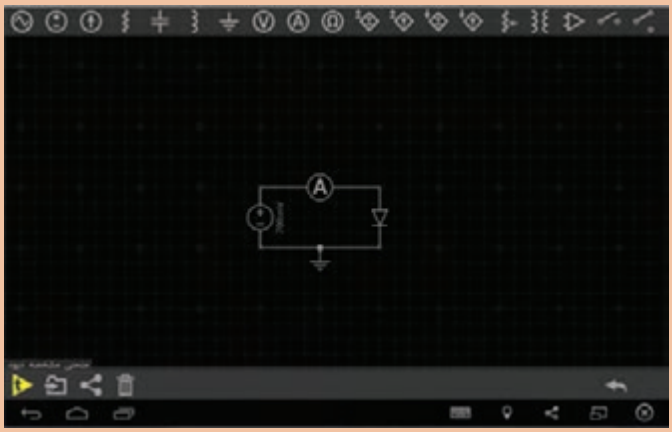
.....

منحنی مشخّصهٔ ولت ـ آمپر دیود

در مدار شکل صفحه ۴۳ دیود در بایاس مستقیم قرار دارد. در این مدار یک میلی‌آمپرمتر با دیود سری شده است. در ولتاژ صفر، مقدار جریان عبوری از دیود صفر است. چنانچه ولتاژ تغذیه را تا ۰/۷ولت زیاد کنیم، میلی‌آمپرمتر جریان کمی را نشان می‌دهد. زمانی که ولتاژ از ۰/۷ ولت بیشتر می‌شود، چون جنس دیود از سیلیسیوم است، جریان بسیار ضعیفی در مدار برقرار می‌گردد.

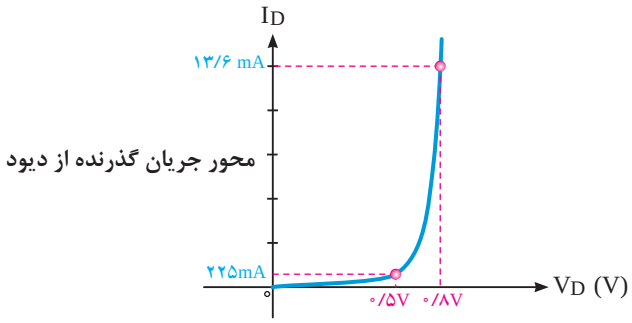
فعالیت ۱۳

مدار صفحه بعد را در نرم افزار Every Circuit بسته و جدول صفحهٔ بعد را کامل کنید و سپس با استفاده از جدول، منحنی مشخصه ولت آمپر دیود را در نمودار رسم کنید:



V_D[V]	۱mv	۱۰۰ mv	۵۰۰ mv	۷۰۰ mv	۷۲۵ mv	۷۵۰ m	۷۷۵ mv	۸۰۰ mv	۸۵۰ mv	۸۷۵ v	۹۰۰ mv	۹۵۰ mv	۱v
I_D[A]													

هنگامی که ولتاژ دیود به حدود ۰/۷ ولت می‌رسد، جریان به طور ناگهانی افزایش می‌یابد. زیاد شدن ناگهانی جریان، به دلیل غلبهٔ ولتاژ خارجی بر پتانسیل سد است. هنگامی که ولتاژ خارجی، از ولتاژ سد بیشتر شد، مقاومت دیود کم و جریان زیاد می‌شود. اگر این جریان محدود نشود، به سوختن دیود منجر می‌گردد. حداکثر این جریان را که به ازای آن دیود نمی‌سوزد، کارخانجات سازنده مشخص می‌نمایند. برای محدود کردن جریان عبوری از دیود، لازم است مقاومتی را با دیود سری کنیم. شکل بالا نشان می‌دهد که اگر ولتاژ بایاس از ۰/۷ولت بیشتر باشد، جریان عبوری از دیود بسیار افزایش می‌یابد.

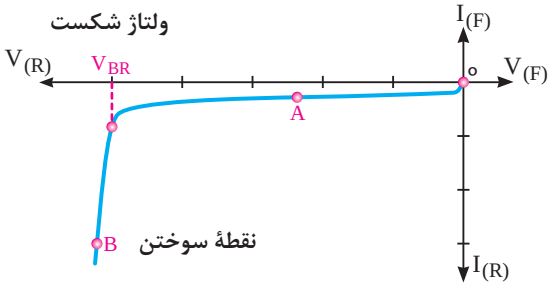


منحنی مشخصه دیود

اگر دیود را در بایاس معکوس اتصال دهیم و ولتاژ خارجی را زیاد کنیم، جریان بسیار ضعیفی از مدار می‌گذرد. این جریان همان جریان اشباع معکوس یا **جریان نشتی** دیود است.

کارخانه‌های سازنده مقدار ولتاژ بیشینه قابل تحمل توسط دیود در بایاس معکوس را مشخص می‌کنند. این ولتاژ به عنوان یک مشخصهٔ مهم در دیود معمولی به کار می‌رود. شکل ۱۶-۱ دیود را در حالتی نشان می‌دهد که مقدار ولتاژ معکوس آن به حد شکست رسیده است. در دیود معمولی اگر مقدار ولتاژ معکوس به حد شکست برسد دیود می‌سوزد.

در شکل ۱۶-۱ منحنی مشخصهٔ ولت آمپر دیود معمولی در گرایش معکوس نشان داده شده است.



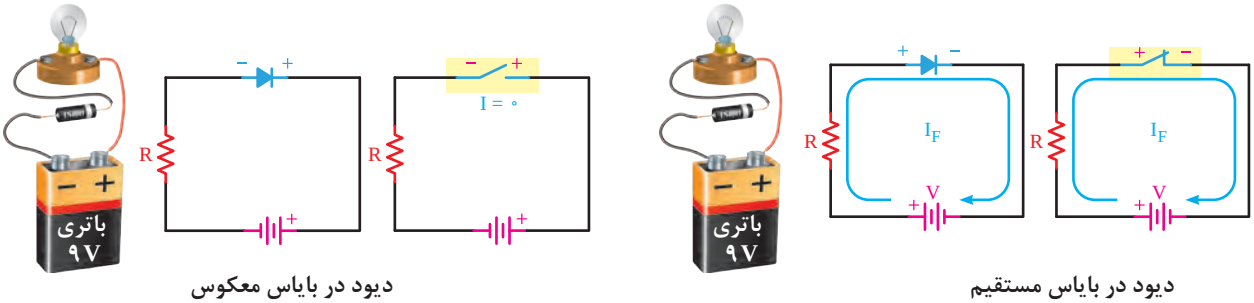
شکل ۱۶-۱- منحنی مشخصه دیود در بایاس معکوس

نکته

درصورتی که دیودهای معمولی در بایاس معکوس **در حالت شکست قرار گیرند** و جریان و ولتاژ آنها افزایش یابد به‌طوری که توان اتلافی آنها از حد مجاز عبور کند، دیود **آسیب می‌بیند.**

بررسی دیود در حالت ایده‌آل

یک دیود در حالت ایده‌آل مانند کلیدی است که در بایاس مستقیم به‌صورت کلید بسته و در بایاس معکوس به‌صورت کلید باز عمل می‌کند. شکل زیر دیود در بایاس مستقیم و معکوس و معادل کلیدی آن را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر در دیود ایده‌آل از ولتاژ هدایت دیود یعنی ۰/۷ ولت صرف‌نظر می‌کنیم.



دیود در بایاس مستقیم

دیود در بایاس معکوس

اگرچه دیود ایده‌آل در عمل وجود ندارد ولی می‌توان برای ساده‌تر شدن محاسبات در تشریح مدارهای الکترونیکی دیود ایده‌آل را به‌کار برد. همواره در دیود واقعی هنگامی که دیود در بایاس موافق قرار دارد، از آن

جریان عبور می‌کند و در دو سر آن افت ولتاژی در حدود ۰/۷ تا ۱/۵ ولت به وجود می‌آید. مقدار دقیق افت ولتاژ را کارخانه‌های سازندهٔ دیود به ازای یک جریان معین، مشخص می‌کنند.

مدار معادل دیود معمولی

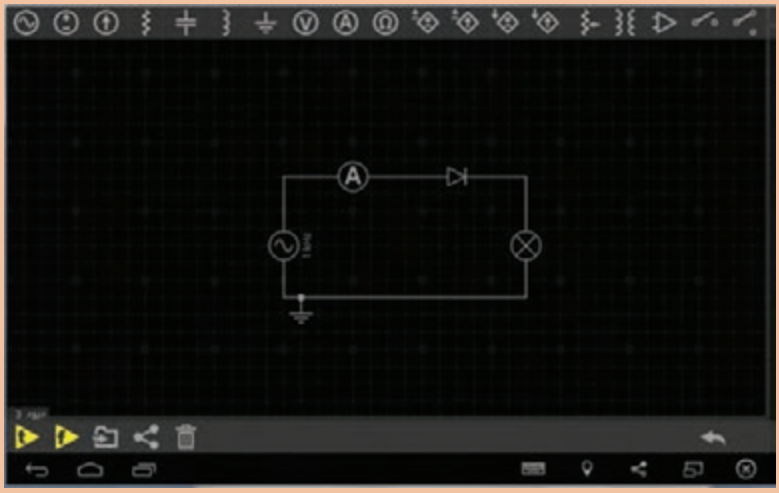
همان‌طور که دیدیم، یک دیود دارای یک مقاومت دینامیکی و یک پتانسیل سد حدود ۰/۶ ولت برای نیمه‌هادی نوع سیلیسیومی و ۰/۲ ولت برای نیمه هادی نوع ژرمانیمی است. در ضمن، دیود می‌تواند فقط در یک جهت، جریان را عبور دهد. لذا با توجه به مطالب بالا می‌توان مدار معادل دیود را به صورت شکل زیر نشان داد.



مدار معادل دیود

فعالیت ۱۴

مدار شکل زیر را در نرم افزار بسته و نتیجه مشاهدات خود را بنویسید:



.....

.....

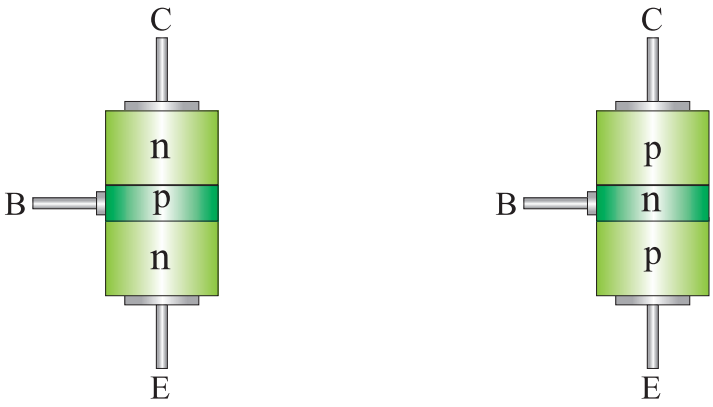
.....

فیلم ترانزیستور

ترانزیستور

ترانزیستور (Transistor) معمولی از سه نیمه هادی نوع P و N تشکیل یافته است. ترتیب قرار گرفتن

نیمه‌هادی‌های P و N در کنار هم به‌صورت یکی از حالت‌های زیر است:

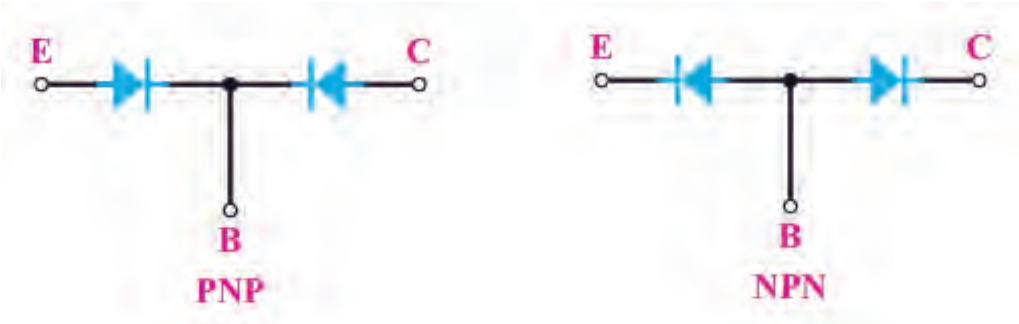


ساختار داخلی ترانزیستور

با توجه به شکل مشاهده می‌شود دو نوع ترانزیستور وجود دارد که به یکی **«NPN»** و دیگری **«PNP»** گفته می‌شود. سه پایهٔ ترانزیستور نیز **امیتر** (Emitter) یعنی منتشر کننده، **بیس** (Base) یعنی پایه و **کلکتور**(Collector) یعنی جمع‌کننده نام‌گذاری شده‌اند. هر ترانزیستور در دو محل دارای پیوند P-N است.

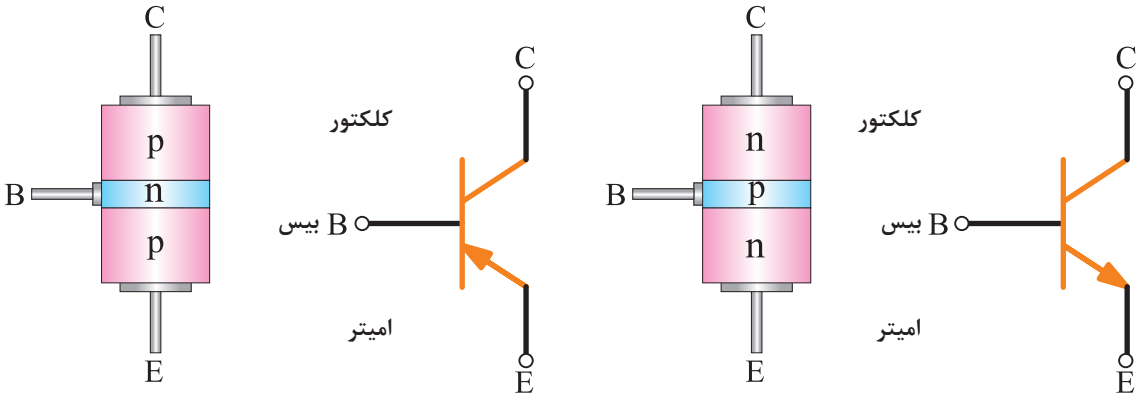
نمای مداری و معادل دیودی ترانزیستور

هر اتصال P-N معادل یک دیود بوده، از این رو می‌توان یک ترانزیستور را معادل ۲ دیود نشان داد.



نمای دیودی ترانزیستور

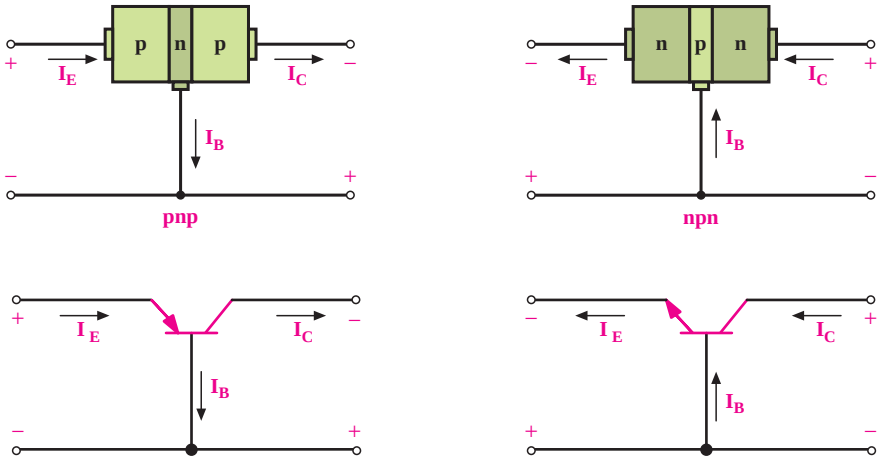
نمای مداری ترانزیستورهای NPN و PNP در شکل صفحهٔ بعد مشخص شده است.



نمای مداری ترانزیستور

بایاس کردن ترانزیستور

برای اینکه بتوانیم از ترانزیستور به‌صورت تقویت‌کننده یا کلید و نظایر آن استفاده کنیم باید ابتدا ترانزیستور را با ولتاژ DC تغذیه کنیم. تغذیه نمودن پایه‌های ترانزیستور را **بایاس کردن «ترانزیستور»** گویند. برای بایاس کردن ترانزیستور به دو پیوند امیتر ـ بیس و کلکتورـ بیس ولتاژ DC اعمال می‌شود. چون ترانزیستور سه پایه دارد، یکی از پایه‌ها را مشترک و دو پایهٔ دیگر را یکی ورودی و دیگری خروجی درنظر می‌گیریم. در شکل ۱۷-۱ این حالت برای دو نوع ترانزیستور PNP و NPN نشان داده شده است.



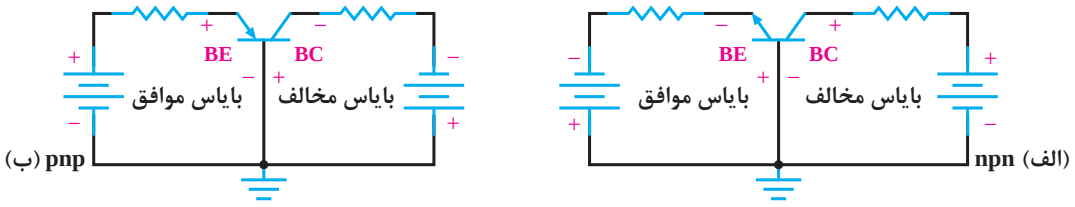
شکل ۱۷-۱- نحوه بایاس کردن و جهت جریان‌ها در ترانزیستورها

با توجه به شکل مشاهده می‌شود **پیکان روی امیتر** معروف جهت قراردادی جریان است که با استفاده از آن می‌توان نوع تراتزیستور را تشخیص داد. حامل‌های باری که از امیتر حرکت می‌کنند مقدار ناچیزی از آنها در

بیس، جریان بیس (I_B) را می‌سازند و بقیهٔ حامل‌ها به کلکتور رسیده، جریان کلکتور (I_C) را تشکیل می‌دهند. از این‌رو، می‌توان بیان نمود: **جریان امیتر (I_E) برابر با مجموع جریان بیس و جریان کلکتور است** (یعنی $I_E = I_B + I_C$). این رابطه از روابط اساسی در حل مدارهای ترانزیستوری می‌باشد که از قانون KCL هم قابل استنتاج است.

در شکل‌های زیر دو حالت از اعمال ولتاژ به پایه‌های ترانزیستور برای استفاده به‌صورت تقویت‌کننده و یا کلید آمده است:

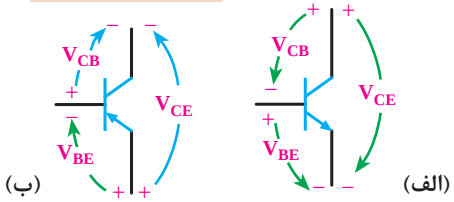
اتصال امیتر بیس در **بایاس موافق** و **اتصال کلکتور بیس** در بایاس **مخالف**، که در شکل (الف) برای یک ترانزیستور NPN و در شکل (ب) برای یک ترانزیستور PNP این حالت بایاس نشان داده شده است.



نواحی کاری در ترانزیستور

اعمال ولتاژ DC به ترانزیستور برای بایاس نمودن آن، روی پایه‌های ترانزیستور افت ولتاژی ایجاد می‌کند. ولتاژی که بین پایه‌های بیس-امیتر ترانزیستور قرار می‌گیرد با V_{BE} نشان داده می‌شود. همچنین، بین کلکتور- امیتر با V_{CE} و ولتاژ بین کلکتور ـ بیس با V_{CB} مشخص می‌گردد. در شکل ۱۸-۱ این حالت نشان داده شده است.

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$



شکل ۱۸-۱- نمایش ولتاژهای بین پایه‌های ترانزیستور

انواع نواحی کاری در ترانزیستور عبارت‌اند از :

ناحیه قطع: در ناحیه قطع جریان بیس صفر بوده و جریان کلکتور نیز تقریباً صفر است، در این حالت ترانزیستور مانند کلید قطع عمل می‌نماید.

ناحیه فعال: در این ناحیه اتصال امیتر بیس، در بایاس موافق و اتصال کلکتور بیس در بایاس مخالف قرار دارد. ناحیه فعال، محدوده کار عادی ترانزیستور است، یعنی ترانزیستور مانند تقویت‌کننده جریان عمل می‌کند که جریان بیس را تقویت می‌کند و در آن $I_C=\beta I_B$ برقرار است. β **ضریب تقویت جریان** است که

عموماً عدد بسیار بزرگی می‌باشد. به‌عنوان مثال در ترانزیستور ۲N۲۲۲۲، β = ۵۰ است.

ناحیه اشباع: این ناحیه مانند ناحیه فعال می‌باشد، یعنی زمانی که بیس امیتر ترانزیستور را در بایاس موافق قرار دهیم و جریان بیس را افزایش دهیم، جریان کلکتور نیز افزایش می‌یابد، ولتاژ کلکتور امیتر صفر و ترانزیستور در حالت اشباع است. ترانزیستور در حالت اشباع به‌صورت کلید بسته عمل می‌کند.

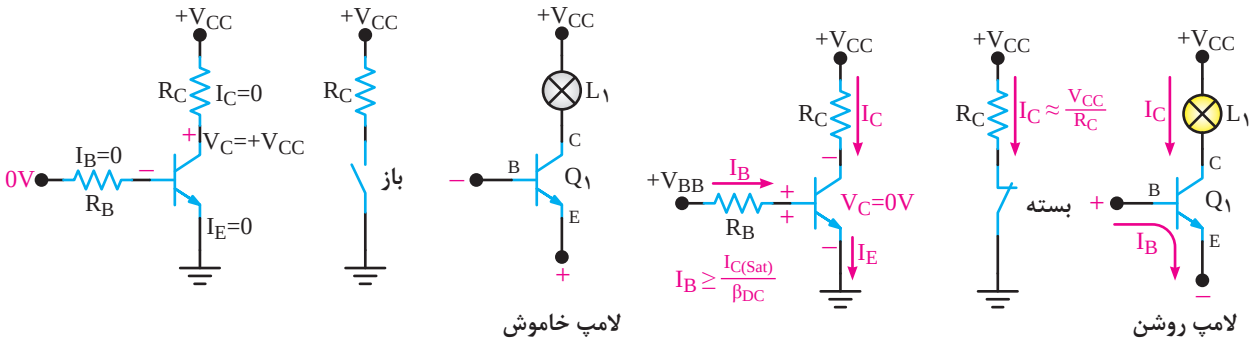
با توجه به اینکه در هر ترانزیستور دو پیوند بیس ـ امیتر و بیس ـ کلکتور وجود دارد، و هر پیوند می‌تواند قطع یا وصل باشد، چهار حالت کاری مختلف به‌وجود می‌آید. این حالت‌ها در جدول زیر خلاصه شده‌اند.

جدول ۲-۱- نواحی کاری ترانزیستورها

پیوند بیس ـ امیتر	پیوند بیس ـ کلکتور	حالت ترانزیستور	کاربرد
قطع	قطع	ناحیه قطع	کلید قطع شده
وصل	قطع	ناحیه فعال	تقویت‌کننده جریان
وصل	وصل	ناحیه اشباع	کلید وصل شده

کاربرد سادهٔ ترانزیستور به‌عنوان کلید

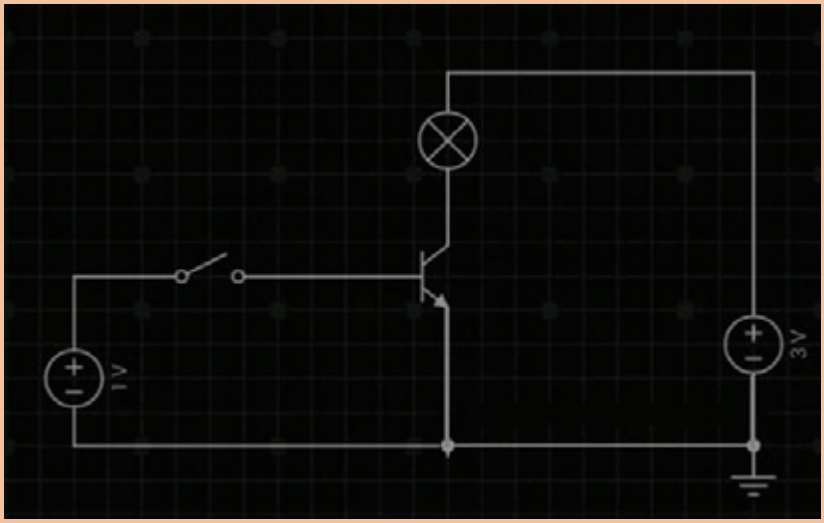
در شکل ۱۹-۱ یک کاربرد سادهٔ ترانزیستور به منزلهٔ کلید نشان داده شده است. اگر موج ورودی صفر باشد ترانزیستور قطع است. از این رو، جریان کلکتور صفر و LED خاموش می‌شود. زمانی که موج ورودی دارای ولتاژ غیر صفر (و به اندازه کافی بزرگ) باشد ترانزیستور وصل می‌شود و جریان کلکتور از LED عبور نموده، آن را روشن می‌کند. بدین ترتیب، LED با تغییر ولتاژ روشن و خاموش شده چشمک می‌زند.



شکل ۱۹ـ۱ـ تغییر وضعیت ترانزیستور با تغییر ولتاژ اعمالی به بیس

فعالیت ۱۵

مدار شکل زیر را در نرم افزار Every Circuit ببندید و نتیجه مشاهدات خود را بنویسید.



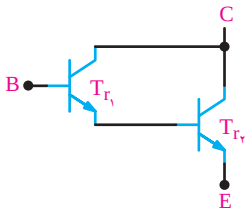
.....

.....

.....

برخی کاربردهای عملی مدارات ترانزیستوری

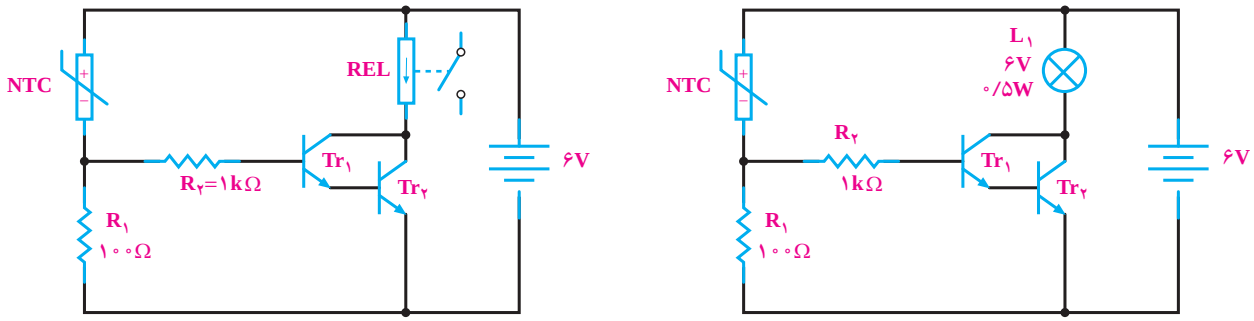
در شکل ۲۰-۱ الف مدار یک سیستم اعلام حریق ساده رسم شده است. با افزایش حرارت مقاومت ترمیستور NTC کاهش می‌یابد و جریان عبوری از آن زیاد شده و در نتیجه جریان‌های I_1 و I افزایش می‌یابند که این امر سبب هدایت ترانزیستورهای Tr_1 و Tr_2 می‌شود و لامپ L_1 را روشن می‌کنند. اتصال دو ترانزیستور به صورت:



ضریب بهره جریان بزرگی را ایجاد می‌کند و سبب می‌شود جریان کم در بیس ترانزیستور Tr_1 به جریان بزرگی در کلکتور ترانزیستور Tr_2 تبدیل شود و به این ترتیب می‌توان لامپ‌های با توان بیشتر یا موتورهای با توان متوسط را نیز روشن نمود. به این نحوه اتصال ترانزیستورها **زوج دارلینگتون** می‌گویند.

اگر بخواهیم از این مدار به عنوان راه‌انداز یک مدار دیگر استفاده کنیم باید از یک رله به‌جای لامپ I_1 مطابق شکل ۲۰-۱ ب، بهره بگیریم.

$Tr_1 = Tr_2 =$ ۲N۳۰۵۳ یا BC۱۴۰



شکل ۲۰-۱- مدار ترانزیستوری سیستم اعلام حریق

ارزشیابی پایانی پودمان اول

۱ اگر زمان تناوب یک موج سینوسی ۱۰ میلی‌ثانیه باشد، فرکانس آن چقدر است؟

۲ زمان تناوب برق شهر در کشور ایران چقدر است؟

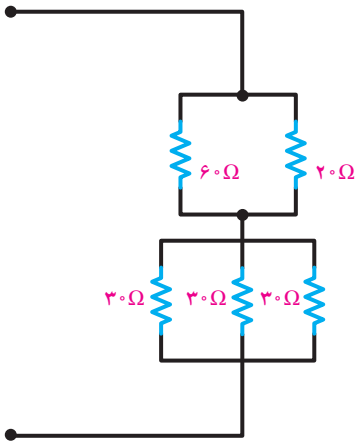
۳ موارد زیر را پاسخ دهید.

الف) معادله ولتاژ متناوبی را بنویسید که فرکانس آن ۶۰ هرتز و ماکزیمم ولتاژ آن ۱۵۶ ولت باشد.

ب) مقدار لحظه‌ای ولتاژ در ۰/۳ ثانیه را به‌دست آورید.

ج) مقدار مؤثر، متوسط، پیک، و پیک تا پیک را مشخص نمایید.

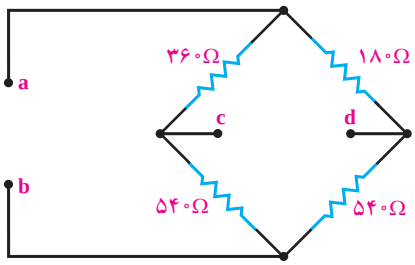
۴ در مدار روبرو مقاومت معادل را تعیین نمایید.



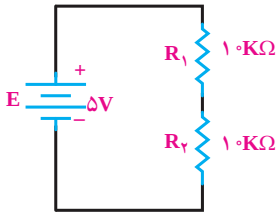
۵ مقاومت معادل را در مدار زیر تعیین نمایید.

الف) از دو سر a و b

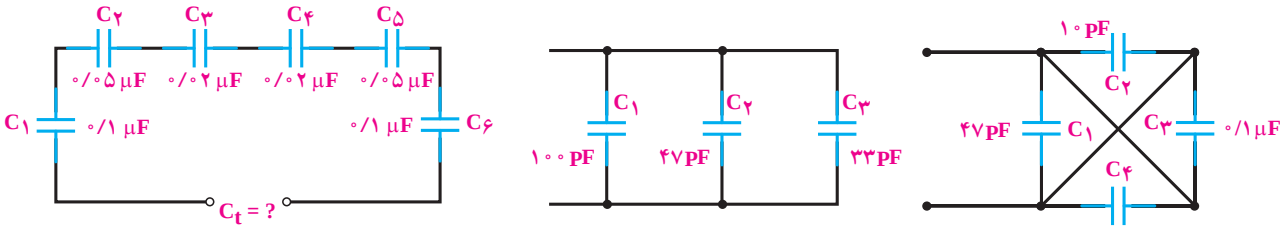
ب) از دو سر c و d



۶ در مدار زیر مقاومت معادل و ولتاژ هر یک از مقاومت‌ها را تعیین کنید.

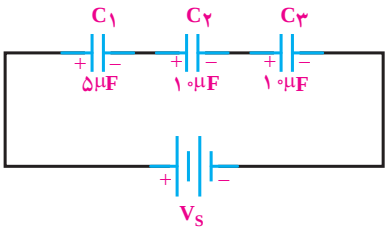


۷ در مدارات زیر مقدار ظرفیت معادل را حساب کنید.

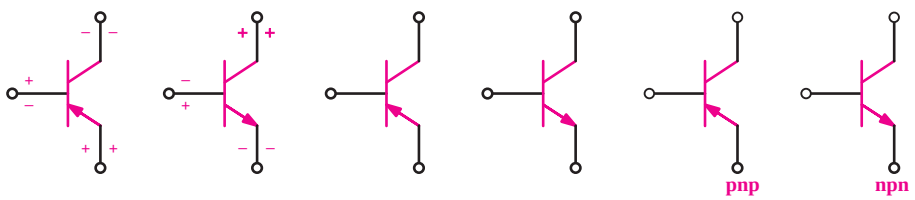


ج ب الف

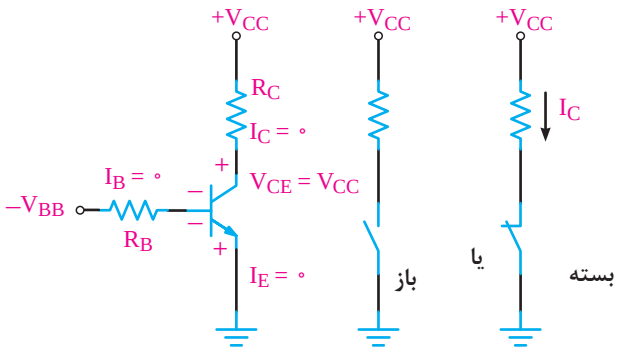
۸ در مدار شکل زیر اگر مقدار بار ذخیره شده در مجموعهٔ خازنی ۱۰۰ میکروکولن باشد، ولتاژ دو سر هر خازن چقدر است؟



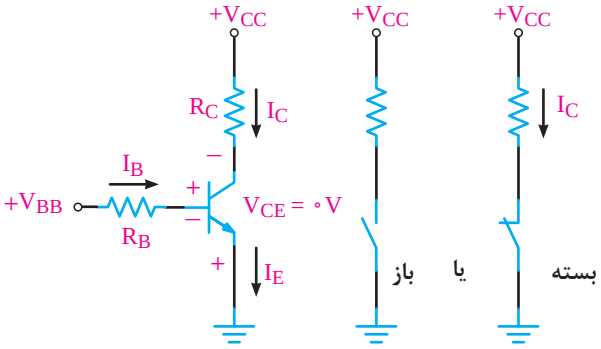
۹ پایه‌ها و جهت قراردادی جریان و ولتاژ ترانزیستورهای زیر را تعیین کنید:



۱۰ ترانزیستور شکل زیر، آیا معادل یک کلید وصل است یا کلید قطع؟



۱۱ ترانزیستور شکل زیر، آیا معادل یک کلید وصل است یا کلید قطع؟



پودمان ۲

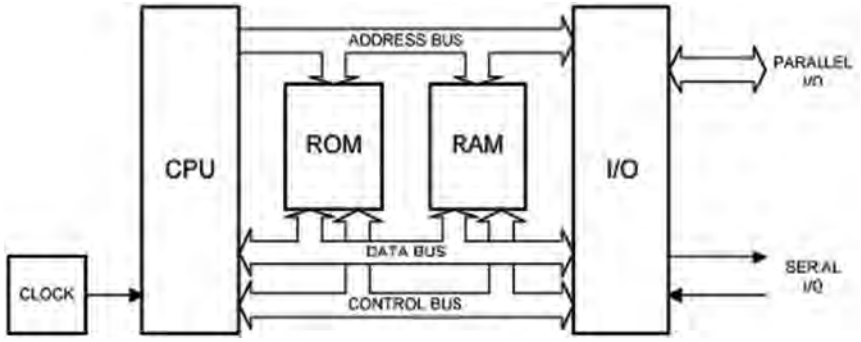
برنامه‌نویسی



- سخت‌افزار میکروکنترلر را تعریف کند.
- کاربرد میکروکنترلر را نام ببرد.
- درگاه های میکروکنترلر را شناسایی کند.
- بخش‌های مختلف میکروکنترلر را راه‌اندازی کند.
- موج PWM را با فرکانس مشخص تولید کند.

با پیشرفت علم و تکنولوژی در زمینه الکترونیک، مدارهای مجتمع با عنوان میکروپروسسور(ریز پردازنده‌ها) وارد عرصه الکترونیک شدند. در سال‌های قبل از ۱۹۷۱ میلادی، طراحان سیستم‌های الکترونیک، سیستم‌های مورد نظر خود را با استفاده از مدارهای مجتمع دیجیتال و یا آنالوگ و یا ترکیبی از آنها طراحی می‌کردند. در طراحی‌های حرفه‌ای و عمده، طرح این سیستم‌ها جهت ساخت، به شرکت‌های سازنده مدارات مجتمع ارائه می‌شد تا طراحی و ساخته شوند.

پس از این سال‌ها شرکت‌هایی از قبیل Zilog اقدام به ساخت میکروپروسسورها به صورت عمومی نمودند تا کاربران بتوانند با در اختیار داشتن آن طرح‌های مورد نظر خود را به صورت مستقل طراحی و پیاده‌سازی کنند. این شرکت اولین میکروپروسسور ساخت خود را با نام Z۸۰ روانه بازار نمود. یکی از معایب طراحی با پروسسورها، نیاز به ادوات و بخش‌های جانبی متعدد، به صورت مجزا از هم بود. در شکل زیر دیاگرام بلوکی یک سیستم میکروپروسسوری را مشاهده می‌کنید.



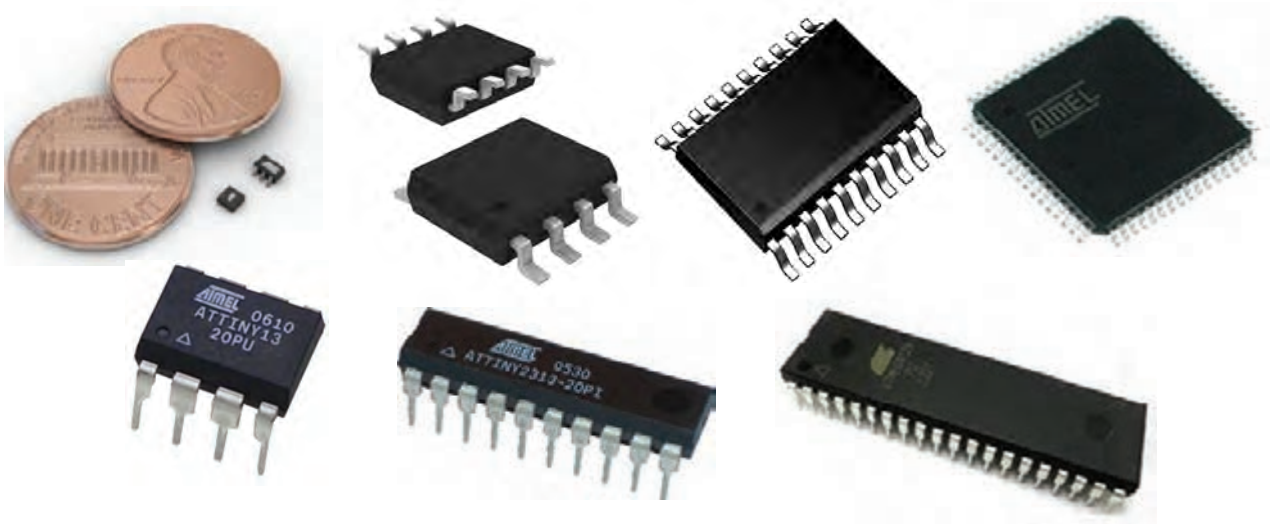
شکل ۱ـ۲ـ دیاگرام بلوکی یک سیستم میکروپروسسوری

سخت‌افزار میکروکنترلر

در سال ۱۹۸۱ با عرضه محصول جدیدی از شرکت Intel با عنوان میکروکنترلر، مشکلات مربوط به سیستم‌های پروسسوری مرتفع گردید، شرکت Intel این محصول خود را تحت عنوان خانواده ۸۰۵۱ معرفی و روانه بازار نمود.

این محصول تمام بخش‌های مورد نیاز به عنوان یک رایانه کوچک (از قبیل حافظه موقت، حافظه دائم، درگاه‌های ورودی و خروجی، تایمر/کانتر، مبدل آنالوگ به دیجیتال، ارتباط سریال و ...) را در خود جای داده بود و از این رو در بسیاری موارد از سیستم‌های میکروکنترلری با عنوان "سیستم‌های نهفته" نام برده می‌شود. بر خلاف میکروکنترلرهای امروزی که در انواع مختلفی از نظر برنامه‌ریزی موجود هستند، میکروکنترلرهای اولیه فقط یک بار قابل برنامه‌ریزی بودند (One Time Programmable) که این ویژگی، با کلمه اختصاری OTP شناخته می‌شود.

در شکل زیر چند نمونه میکروکنترلر AVR، محصول شرکت اتمل (ATMEL) را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ـ۲ـ شکل ظاهری چند نمونه میکروکنترلر AVR، محصول شرکت اتمل (ATMEL)

پایه‌های خروجی برخی میکروکنترلرهای AVR

ATmega8

PDIP

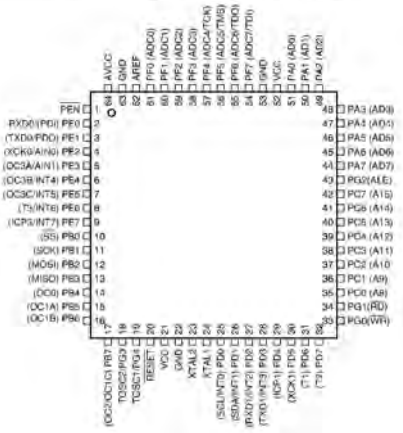
(RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL)
(RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA)
(TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3)
(INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2)
(INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1)
(XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK)
(T1) PD5	11	18	PB4 (MISO)
(AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2)
(AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B)
(ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A)

ATiny26

PDIP/SOIC

(MOSI/DI/SDA/OC1A) PB0	1	20	PA0 (ADC0)
(MISO/DO/OC1A) PB1	2	19	PA1 (ADC1)
(SCK/SCL/OC1B) PB2	3	18	PA2 (ADC2)
(OC1B) PB3	4	17	PA3 (AREF)
VCC	5	16	GND
GND	6	15	AVCC
(ADC7/XTAL1) PB4	7	14	PA4 (ADC3)
(ADC8/XTAL2) PB5	8	13	PA5 (ADC4)
(ADC9/INT0/T0) PB6	9	12	PA6 (ADC5/AIN0)
(ADC10/RESET) PB7	10	11	PA7 (ADC6/AIN1)

ATmega64,ATmega128



ATmega16, ATmega32

PDIP

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

تعاریف

تعریف بیت (Bit)

کوچک‌ترین واحد حافظه است که می‌تواند یک عدد باینری را در خود ذخیره نماید. بنابراین یک بیت می‌تواند عدد ۰ یا ۱را در درون خود ذخیره نماید.

تعریف بایت (Byte)

هر ۸ بیت که کنار هم قرار گرفته باشند تشکیل یک بایت را می‌دهند. با توجه به اینکه هر بیت می‌تواند ۰ یا ۱ باشد، بنابراین یک بایت می‌تواند از (00000000) هشت عدد ۰ تا (11111111) یعنی هشت عدد ۱ به خود مقدار بگیرد که معادل آن در مبنای دهدهی از ۰ تا ۲۵۵ است.

برای سنجش میزان حافظه‌هایی که متشکل از تعداد زیادی بایت می‌باشند، از "پیشوند"هایی قبل از نام بایت استفاده می‌گردد (کیلو، مگا، گیگا نمونه‌هایی از این پیشوندها می‌باشند). جدول زیر، نام‌ها ، حروف اختصاری و مقادیر پیشوندهای بایت را نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ۲ـ نام‌ها، حروف اختصاری و مقادیر پیشوندهای بایت

نام	مخفف	اندازه
Kilo	K	$۲^{۱۰}$=۱,۰۲۴
Mega	M	$۲^{۲۰}$=۱,۰۴۸,۵۷۶
Giga	G	$۲^{۳۰}$=۱,۰۷۳,۷۴۱,۸۲۴
Tera	T	$۲^{۴۰}$=۱,۰۹۹,۵۱۱,۶۲۷,۷۷۶
Peta	P	$۲^{۵۰}$=۱,۱۲۵,۸۹۹,۹۰۶,۸۴۲,۶۲۴
Exa	E	$۲^{۶۰}$=۱,۱۵۲,۹۲۱,۵۰۴,۶۰۶,۸۴۶,۹۷۶
Zetta	Z	$۲^{۷۰}$=۱,۱۸۰,۵۹۱,۶۲۰,۷۱۷,۴۱۱,۳۰۳,۴۲۴
Yotta	Y	$۲^{۸۰}$=۱,۲۰۸,۹۲۵,۸۱۹,۶۱۴,۶۲۹,۱۷۴,۷۰۶,۱۷۶

اجزای داخلی یک میکروکنترلر

تعریف درگاه (PORT)

درگاه یا پورت، وظیفه ارتباط میکروکامپیوتر با دستگاه‌های جانبی را بر عهده دارد. با توجه به اینکه این درگاه‌ها قابلیت ورودی یا خروجی بودن در حالت دیجیتال را دارا هستند. به‌طور کلی اگر در میکروکنترلرها این پورت‌ها در حالت دیجیتال پیکربندی شوند به آنها "ورودی / خروجی دیجیتال" یا همان (Digital I / O) گفته می‌شود.

تعریف گذرگاه (BUS)

وظیفه انتقال سیگنال دیجیتال را برعهده دارد و در عمل چیزی جز مجموعه سیم‌های کنار هم قرار گرفته نیست. در هر میکروکنترلر ۳ نوع گذرگاه وجود دارد که وظیفهٔ انتقال داده، آدرس و سیگنال‌های کنترلی را بر عهده دارد.

انواع گذرگاه

گذرگاه داده (Data Bus)

جهت نقل و انتقال داده‌ها بین ماژول‌های میکرو به‌کار می‌رود و در میکروکنترلرها اصطلاحاً "عرض گذرگاه" حداقل ۸ بیت است. هرچه تعداد خطوط گذرگاه بیشتر باشد سرعت انتقال داده‌ها بیشتر و توان پردازش میکروکنترلر بیشتر خواهد بود.

گذرگاه آدرس (Address Bus)

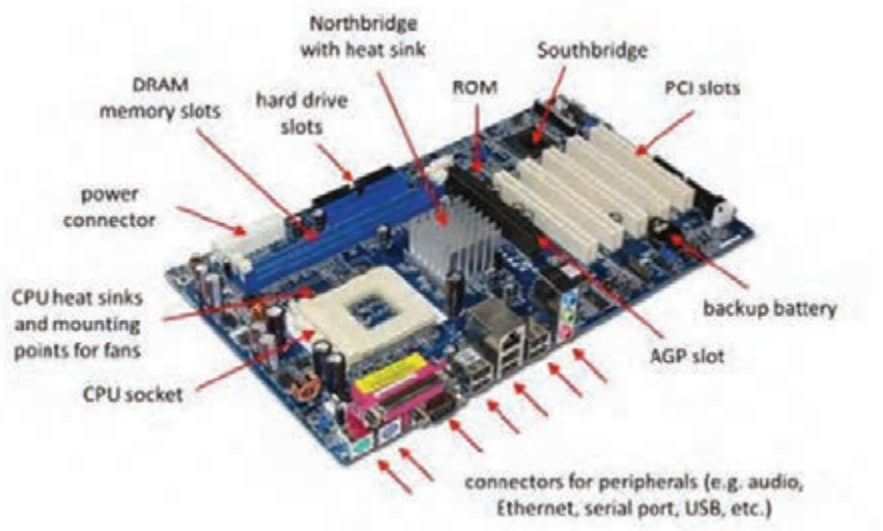
در سیستم‌های رایانه‌ای اعم از میکروکامپیوترها و میکروکنترلرها، شناسایی، انتخاب و ارتباط با هر وسیله(حافظه‌ها، I/O ها) توسط CPU مستلزم اشاره به آدرس آن وسیله می‌باشد، این آدرس باید برای هر کدام از بخش‌های جانبی میکروکنترلر منحصر به فرد باشد. هرچه تعداد خطوط آدرس بیشتر باشد، میکروکنترلر می‌تواند تعداد مکان‌های بیشتری را آدرس‌دهی کند، در نتیجه می‌تواند به تعداد بیشتری I/O و مقدار بیشتری حافظه و ... دسترسی داشته باشد.

گذرگاه کنترل (Control Bus)

شامل خطوط کنترلی دستگاه‌های موجود مثل Write، Read و غیره است. هرچه تعداد خطوط کنترلی بیشتر باشد، میکروکنترلر امکانات کنترلی بیشتری در اختیار برنامه‌نویس قرار می‌دهد.

تعریف میکروکامپیوتر

یک سیستم میکروکامپیوتر حداقل شامل پردازنده (CPU)، حافظه موقت (RAM)، حافظه دائمی (ROM)و (درگاه‌های ورودی/خروجی) می‌باشد که به‌وسیله گذرگاه‌ها به هم ارتباط دارند و همه مجموعه روی یک برد اصلی (Main board) قرار می‌گیرند. تمام کامپیوترهای خانگی امروزی مانند PCها و لپ‌تاپ‌ها از این نوع هستند که علاوه بر واحدهای فوق قطعات و واحدهای دیگری نیز به آنها اضافه شده است مانند شکل زیر:

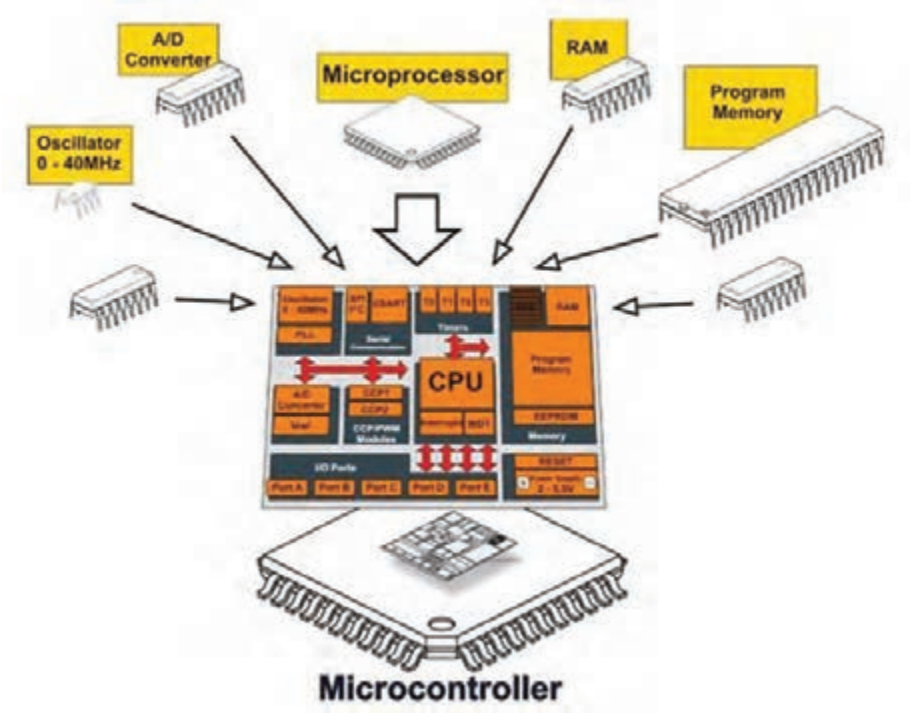


شکل نمایش امکانات و متعلقات یک سیستم میکروکامپیوتری

نحوه ساخت یک مدار مجتمع میکروکنترلر (Microcontroller IC)

تعریف میکروکنترلر (Microcontroller)

هنگامی که قطعات سازنده یک میکروکامپیوتر در یک تراشه و در کنار هم قرار گیرند، یک میکروکنترلر به‌وجود می‌آید. در واقع میکروکنترلر یک آی سی شامل یک CPU به همراه مقدار مشخصی از حافظه‌های RAM و ROM و یا Flash، پورت‌های ورودی/ خروجی و همچنین واحدهای جانبی دیگری نظیر تایمر، رابط سریال، مبدل آنالوگ به دیجیتال و ... می‌باشد. به عبارت دیگر میکروکنترلر یک تراشه الکترونیکی قابل برنامه‌ریزی است که استفاده از آن باعث افزایش سرعت و کارایی مدار و در مقابل، کاهش حجم و هزینه مدار می‌گردد.



معرفی برخی رجیسترهای کاربردی AVR

رجیستر Data Direction

این رجیستر همان‌طور که از نامش مشخص است رجیستر جهت داده پورت بوده و تعیین می‌کند که پورت ورودی است یا خروجی. بدین صورت که اگر روی هرکدام از بیت‌های این رجیستر یک نوشته شود پین متناظر آن پورت خروجی بوده و در غیر این صورت ورودی می‌باشد.

به عنوان مثال اجرای دستور DDRA = 0b10111101; در برنامه، وضعیت ورودی/خروجی پورت A را به صورت زیر پیکربندی می‌نماید.

DDRA	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰
نام بیت	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱
جهت داده	خروجی	ورودی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	ورودی	خروجی

جدول ۲ـ۲ـ مثال دستور DDRx برای پورت A

رجیستر PORTx

عملکرد این رجیستر بستگی به جهت دادهٔ پورت دارد. در صورتی که به عنوان خروجی پیکربندی شده باشد، صفر یا یک منطقی در این رجیستر ، سطح منطقی پایه خروجی معادل آن را تعیین می‌کند و در صورتی که ورودی باشد با یک کردن هر بیت، مقاومت Pull_up داخلی مربوط به آن پین فعال می‌شود.
به عنوان نمونه در ادامه مثال قبل، با اجرای دستور PORTA = 0b11010100; وضعیت پورت به صورت زیر خواهد بود:

شماره بیت	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰
DDRA	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱
PORTA	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰
جهت داده	خروجی با سطح منطقی یک	ورودی با مقاومت Pull_up	خروجی با سطح منطقی صفر	خروجی با سطح منطقی یک	خروجی با سطح منطقی صفر	خروجی با سطح منطقی یک	ورودی بدون مقاومت Pull_up	خروجی با سطح منطقی صفر

جدول ۳ـ۲ـ مثال دستور PORTx برای پورت A

رجیستر PINx

برای خواندن مقدار هر پین باید محتویات این رجیستر خوانده شود. به عنوان مثال چنانچه PORC را قبلاً به صورت ورودی پیکربندی کرده باشیم و مقدار رجیستر PINC برابر 0b11010000 باشد، سطح منطقی اعمال شده به پین به صورت زیر می‌باشد:

PINC	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰
نام بیت	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰
جهت داده	یک	یک	صفر	یک	صفر	صفر	صفر	صفر

جدول ۴ـ۲ـ وضعیت ورودی‌های منطقی اعمال شده به پایه‌های پورت A

فعال‌سازی پایه های میکروکنترلر به عنوان خروجی

در بسیاری از کاربردهای میکروکنترلرها، تمامی محاسبات و زمان‌سنجی‌ها و شمارش وقایع و .... به فعال کردن و یا غیر فعال کردن یکی از خروجی‌ها منتهی می‌شود، از این رو شاید بهتر باشد، اولین تجربه‌های کاری که می‌توان با یک میکروکنترلر انجام داد فعال‌سازی یک یا چند خروجی باشد. در ادامه این بخش، مثال‌هایی از چند کاربرد راه‌اندازی پایه‌های میکروکنترلر به عنوان ورودی/ خروجی دیجیتال را مشاهده خواهید کرد.

روشن کردن یک LED

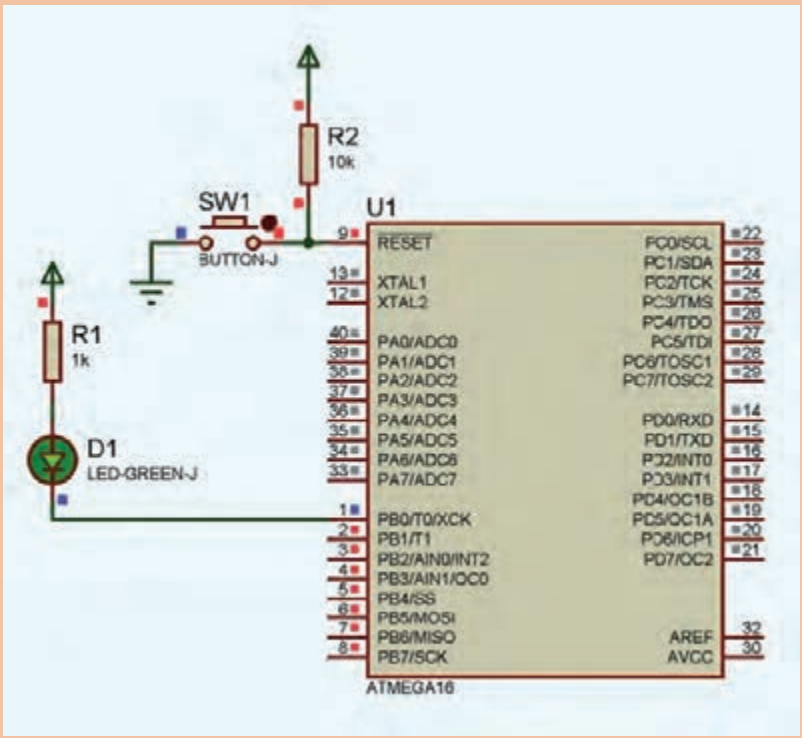
مثال ۲-۱

روشن کردن یک LED

در این مثال، یکی از خروجی‌های میکروکنترلر به عنوان خروجی دیجیتال تعریف شده و آن را بدون در نظر گرفتن هیچ شرط و یا نتایج محاسبات و ...، با یک دستور ساده فعال خواهیم کرد.

نکته

حالت خروجی، فعال پایین یا همان Active Low در نظر گرفته شده است. در این شیوه راه‌اندازی، ایجاد سطح منطقی صفر بر روی پایه خروجی، سبب فعال شدن قطعه یا وسیله تحت کنترل می‌گردد.



مدار شماتیک برای روشن کردن یک LED با استفاده از یک پایه خروجی میکروکنترلر

با توجه به حالت حافظه قفل شونده (Latch) در میکروکنترلرها، از زمان صدور یک دستور در مورد وضعیت یک بیت و یا یک پایه ورودی/خروجی دیجیتال، تا ارسال دستور جدید به همین بیت و یا پایه، آخرین وضعیت آن ثابت باقی خواهد ماند. اثر این دستورات، تا زمان باقی بودن تغذیه میکروکنترلر ادامه خواهد داشت.

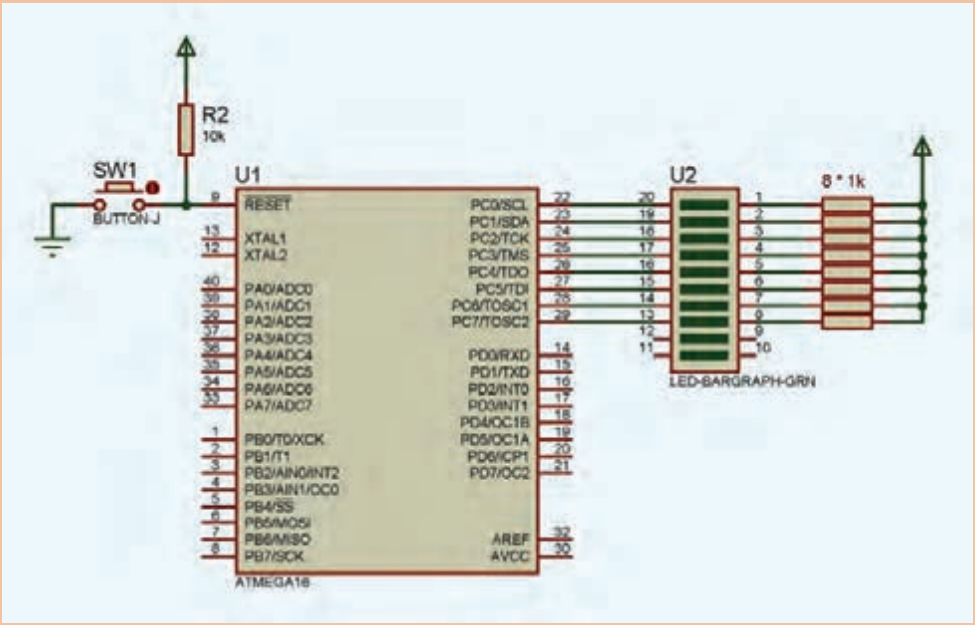


تصویر متن برنامه برای روشن کردن یک LED با استفاده از یک پایه خروجی میکروکنترلر

با توجه به تصویر بالا، برای خاموش شدن LED باید دستور جدیدی جهت این کار به رجیسترهای مربوط به پایه مورد نظر ارسال شود. مسئله قابل توجه این است که این دستور باید به اندازه کافی با دستور قبلی فاصله زمانی داشته باشد، در غیر این صورت چشم انسان قادر به مشاهده روشن شدن LED نبوده و در کسر کوچکی از ثانیه LED روشن شده و با دستور بعدی بلافاصله خاموش می‌شود.

فعالیت ۱

با توجه به شکل زیر:



الف) برنامه‌ای بنویسید که در آن LEDها بر روی ۴ بیت اول از پورت C خاموش و ۴ بیت بعدی آن روشن شده و در همان حالت باقی بمانند.
ب) هنرجویان برنامه‌ای بنویسند که LEDها بر روی پورت C به صورت فعال پایین، یک در میان(کنترل بیتی خروجی) روشن شده و در همان حالت باقی بماند.
ج) عدد AA هگزا دسیمال یا معادل باینری آن (10101010) را در مدار صفحهٔ قبل روی پورت C قرار دهید و نتیجه را مشاهده کنید.
د) عدد ۵۵ هگزا دسیمال یا معادل باینری آن (01010101) را در مدار صفحهٔ قبل روی پورت C قرار دهید و نتیجه را مشاهده کنید.

توجه

با استفاده از کلید Reset، برنامه را چند بار اجرا نموده و از صحت عملکرد برنامه اطمینان حاصل کنید.

کاربرد تأخیر در تغییر وضعیت منطقی پایه‌های خروجی

یکی از روش‌های مرسوم برای برنامه‌ریزی زمانی دستورات در میکروکنترلرها، استفاده از دستورات ایجاد تأخیر در برنامه است. با استفاده از دستورات تأخیر دهنده، میکروکنترلر در وضعیت فعلی باقی مانده و پس از پایان زمان تأخیر، دستور بعدی را اجرا می‌کند.
در نرم افزار CODEVISION در محدوده میلی‌ثانیه از دستور ( )delay_ms و در محدوده میکروثانیه از دستور ( )delay_us برای ایجاد تأخیر زمانی استفاده می‌شود. برای استفاده از این دستور در برنامه، لازم است فایل سرآمد delay.h در ابتدای برنامه فراخوانی شود. در داخل پرانتز، عدد مورد نظر برای تأخیر در برنامه نوشته می‌شود. این عدد می‌تواند از صفر تا ۶۵۵۳۵ مقدار داشته باشد. شکل زیر نحوه کاربرد این دستور را در بین خطوط برنامه نشان می‌دهد.

نکته

در یک برنامه‌نویسی اصولی، استفاده از تأخیرهای طولانی مرسوم نیست.

```
Notes   delay.c*
1   #include <mega16.h>
2   #include <delay.h>
3
4   void main(void)
5   {
6
7
8   delay_ms(500);
9
10
11
12  while (1)
13  {
14
15  };
16  }
17
```

نحوه کاربرد دستور delay در بین خطوط یک برنامه به زبان C

به عنوان مثال، می‌توان برای پر کردن مخازن مایعات، دستور باز شدن شیر برقی را با استفاده از یک پایه خروجی میکروکنترلر صادر نموده و پس از گذشت مدت زمان مشخص، دستور بسته شدن آن را صادر نمود. به یک چنین سیستم کنترلی، "**سیستم کنترل حلقه باز**" گفته می‌شود، در این مثال اگر فشار مایع و یا مقدار اولیه آن در مخزن و ... تغییر کند ممکن است مخزن پر نشود و یا مایع از آن سر ریز کند. (بیان این مثال، صرفاً جنبه آموزشی داشته و به جهت مطرح کردن اشکالات سیستم‌های کنترلی حلقه باز مطرح گردید، به طور معمول، کاربردهایی از این دست، برمبنای "**سیستم کنترل حلقه بسته**" طرح می‌گردند که در ادامه همین بخش به آن پرداخته شده است.

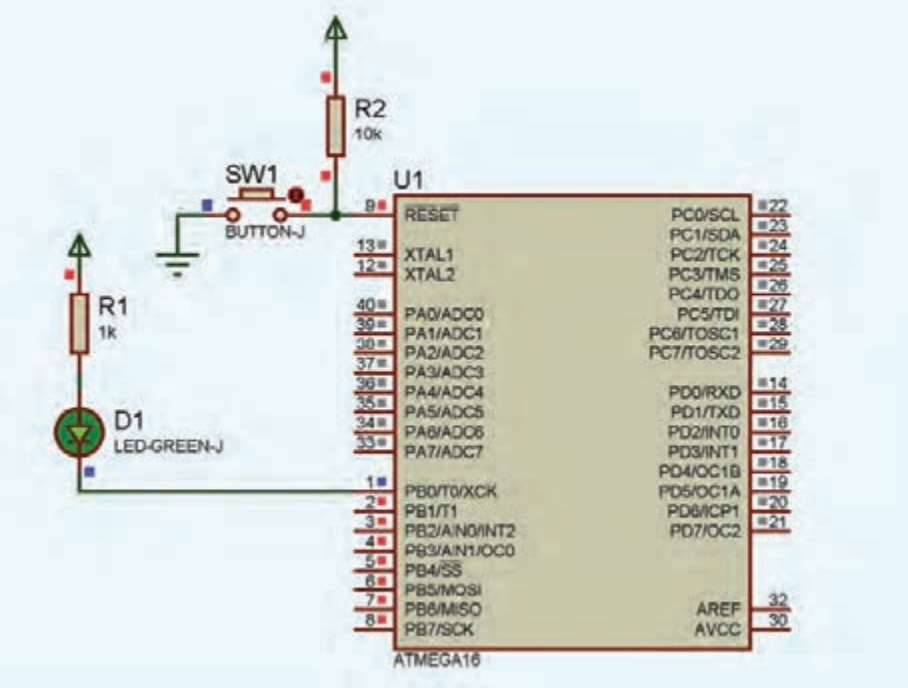
LED با چشمک زن

مثال ۲-۲

ایجاد حالت چشمک زن برای روی یک LED

در یک سیستم میکروکنترلری اگر خواسته باشیم که یک فرایند کنترلی، طی زمان‌بندی خاص (یک یا چند مرحله‌ای) و به صورت تکراری صورت پذیرد، در متن برنامه میکروکنترلر، دستورات برنامه را در حلقه تکرار اصلی برنامه (که معروف به حلقه تکرار بی‌نهایت است) می‌نویسیم.

در این مثال یک پایه خروجی را به طور مداوم و با زمان مساوی، فعال و غیر فعال می‌کنیم. جهت نمایش وضعیت خروجی پایه، یک LED به صورت"Active Low" بر روی این پایه قرار گرفته است. در یک پروژه عملی، با کمک رله‌ها و یا ترانزیستورها و ... می‌توانیم قطعات دیگری مانند انواع موتورهای الکتریکی، لامپ‌ها ، هیترها ، شیرهای برقی، جک‌ها و ... را به همین شیوه راه‌اندازی نماییم.



طرح شماتیک مدار چشمک زن LED با استفاده از یک پایه خروجی میکروکنترلر



شکل ۳ـ۲ـ تصویر متن برنامه چشمک زن LED با استفاده از یک پایه خروجی میکروکنترلر

فعالیت ۲

الف) هنرجویان با کمک مربی برنامه‌ای بنویسند که یک LED بر روی بیت صفر از پورت B به صورت فعال پایین، روشن شده و پس از ۲ ثانیه روشن ماندن خاموش شده و در همان حالت باقی بماند.
ب) برنامه‌ای بنویسید که پس از گذشت ۵ ثانیه از شروع برنامه، یک LED بر روی PORTB.0 روشن شده و در همان حالت باقی بماند.
ج) در یک میکسر مواد شیمیایی در یک کارخانه تولید رنگ، لازم است شیر برقی ماده A به مدت ۱دقیقه و شیر برقی ماده B به مدت ۳۰ ثانیه باز باشد، پس از گذشت مدت زمان ۲ دقیقه جهت ترکیب مواد، شیر تخلیه میکسر به مدت ۲ دقیقه باز باشد تا مواد ترکیب شده از میکسر خارج شود و دوباره همین روند تکرار شود، برنامه‌ای مناسب برای عملکرد این میکسر رنگ بنویسید.
د) برنامه‌ای مناسب برای کنترل وضعیت چراغ راهنمایی یک چهار راه بنویسید که فقط دارای دو وضعیت سبز و قرمز در هر سمت بوده و پس از گذشت ۳۰ ثانیه وضعیت آن تغییر کند و این کار را به صورت مداوم ادامه دهد.

نکته

به عنوان راهنمایی، به خاطر داشته باشید در برنامه‌هایی که لازم است عمل و یا مجموعه عملیاتی، فقط یک بار انجام شده و در پایان به یک حالت ماندگار برسد، کافیست در متن برنامه، دستورات کنترلی، بلافاصله بعد از تابع اصلی نوشته شود.

پاسخ میکروکنترلر به محرک‌های خارجی

کنترل وضعیت پایه‌های خروجی با توجه به وضعیت پایه‌های ورودی

یکی دیگر از کاربردهای میکروکنترلرها در ارتباط با ورودی/خروجی‌های دیجیتال، اعمال کنترلی با استفاده از دادن فرمان‌های خارجی به میکروکنترلرهاست.

زمانی که دکمه خاموش/روشن یک نمایشگر رایانه و یا تلفن هوشمند و یا دکمه کنترل سرعت بر روی سیستم تهویه اتوماتیک را می‌فشاریم، در حقیقت با تغییر وضعیت پایه‌های ورودی، سیستم کنترلی را وادار به بررسی و تصمیم‌گیری براساس فرمان‌های داده شده می‌نماییم.

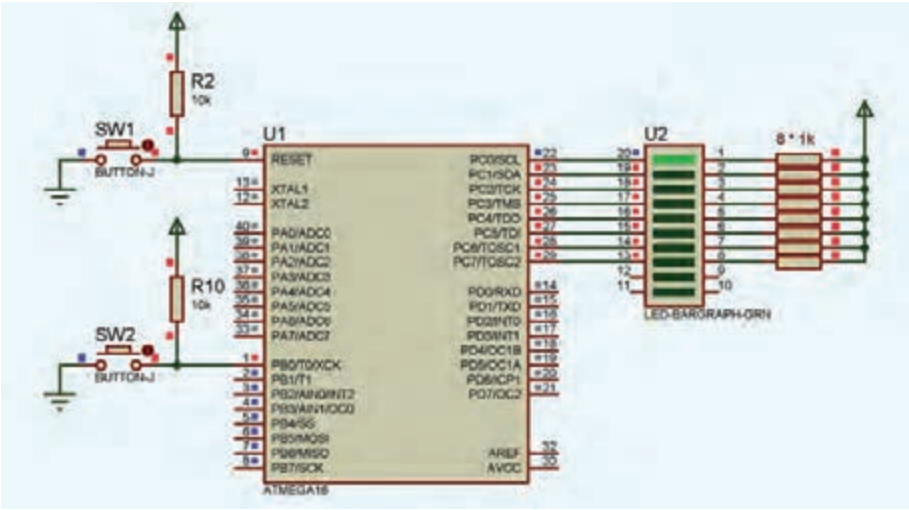
مثال ۲-۳

فعال شدن یک پایه خروجی با فعال نمودن یک پایه ورودی

برای انجام این کار، در ابتدای برنامه، باید یکی از پایه‌ها را به صورت ورودی و پایه دیگری را به صورت خروجی تعریف نموده و سپس با بررسی دایمی وضعیت پایه ورودی، وضعیت منطقی پایه خروجی را کنترل نماییم.

یکی از روش‌های مرسوم برای بررسی وضعیت منطقی ورودی استفاده از دستور شرطی if است. عملکرد کلی این دستور برای بررسی وضعیت یک پایه ورودی به زبان ساده به صورت زیر است:

((اگر پایه ورودی در وضعیت ورودی مورد نظر بود (صفر یا یک منطقی) آنگاه، وضعیت پایه خروجی را به حالت مورد نظر (صفر یا یک منطقی) تغییر بده.))



شکل ۴-۲- طرح شماتیک مدار کنترل یک پایه خروجی با فعال نمودن یک پایه ورودی

Notes | 3-2 Controlled Output By an Input.c

```
#include <mega16.h>

void main(void)
{
    PORTB = 0x00;
    DDRB = 0xFE;
    PORTC = 0xFF;
    DDRC = 0xFF;

    while(1)
    {
        if (PINB.0 == 0)
        {
            PORTC.0 = 0;
        }

    }
}
```

شکل ۵-۲- تصویر متن برنامه کنترل یک پایه خروجی با فعال نمودن یک پایه ورودی

با مشاهده عملکرد مدار در می‌یابیم که پس از یک بار فشردن کلید، پایه خروجی فعال شده و تا زمانی که دستور غیر فعال شدن را به آن نداده باشیم، در وضعیت فعال باقی خواهد ماند، در برنامه مثال ۲ـ۳ دستوری برای غیر فعال کردن پایه خروجی در نظر گرفته نشده است.
به طور کلی اینکه با فعال شدن یک ورودی، چه اتفاقی باید بیفتد و یا اینکه اثر آن اتفاق تا چه زمانی برقرار باشد و یا اینکه با غیر فعال شدن مجدد آن چه اتفاقی بیفتد (یا تغییری در روند برنامه رخ ندهد) کاملاً به نیازهای پروژه و تعریف پروژه مورد نظر بستگی دارد.

مفهوم الگوریتم

نکته

در علم ریاضی و برخی علوم دیگر مانند علوم رایانه و برنامه‌نویسی، به روشی که در آن به طور متوالی، یک فرایند پایه برای حل یک مسئله، تکرار شود اصطلاحاً "**الگوریتم**" گفته می‌شود. مسائل مطرح شده در مثال‌ها و فعالیت‌های این بخش در حقیقت بخشی از الگوریتم برنامه مورد نظر هستند. در یک الگوریتم ممکن است مسائل به صورت کلی و یا با تمام جزئیات مطرح شوند، طرح یک الگوریتم به صورت کلی، عمدتاً از سوی سفارش دهنده طرح (کاربر) ارائه می‌شود و تکمیل الگوریتم با تمام جزئیات، اصولاً جزء توانایی‌های برنامه‌نویس می‌باشد.

عملکرد سنسورهای سطح مایعات

نکته

یکی از روش‌های کنترل سطح مایعات در صنعت، استفاده از انواع سوئیچ‌های سطح (Level Switch) است. سوئیچ‌های سطح ممکن است ویژه نصب بر روی دیواره افقی یا عمودی مخازن و یا به صورت شناور(Float Switch) طراحی شده باشند. همچنین این سوئیچ‌ها ممکن است دارای خروجی نرمال باز و یا نرمال بسته باشند و گاهی نیز دارای دو سیستم سوئیچ برای کنترل ۲ سطح باشند.

این تجهیزات در حقیقت رسیدن مایع به یک سطح مشخص را تشخیص می‌دهند، علت به کار بردن لفظ "سنسور" (Sensor) در مورد این نوع سوئیچ‌ها نیز همین موضوع است.
شکل‌های زیر برخی از انواع این تجهیزات را نمایش می‌دهد.



برخی از انواع سوئیچ‌های سطح که بر روی دیواره افقی مخزن قابل نصب هستند



سنسورهای سطح شناور کابلی

فعالیت ۳

الف) برای کنترل یک شیر برقی روشویی، برنامه‌ای بنویسید که با تحریک (Active Low) یک پایه ورودی میکروکنترلر توسط سنسور مادون قرمز، یک پایه خروجی فعال شده (Active Low) و شیر برقی را باز نگه دارد و تا ۲ ثانیه بعد از قطع شدن تحریک ورودی فعال بماند.

ب) یک مخزن ویژه نگهداری مایع، دارای دو سنسور، یکی در قسمت بالای مخزن (High Level) و یکی در قسمت پایین مخزن (Low Level) و نیز دو شیر برقی در بالا و پایین مخزن است. با توجه به شکل و نکات زیر، برنامه‌ای بنویسید که در صورت فعال شدن سنسور سطح پایین مخزن، شیر برقی توسط یک پایه خروجی میکروکنترلر باز شده و با فعال شدن سنسور سطح بالای مخزن، پایه خروجی غیر فعال و شیر برقی بسته شود.

عملکرد معکوس‌کنندگی ۱ بیت یا یک متغیر چند بیتی

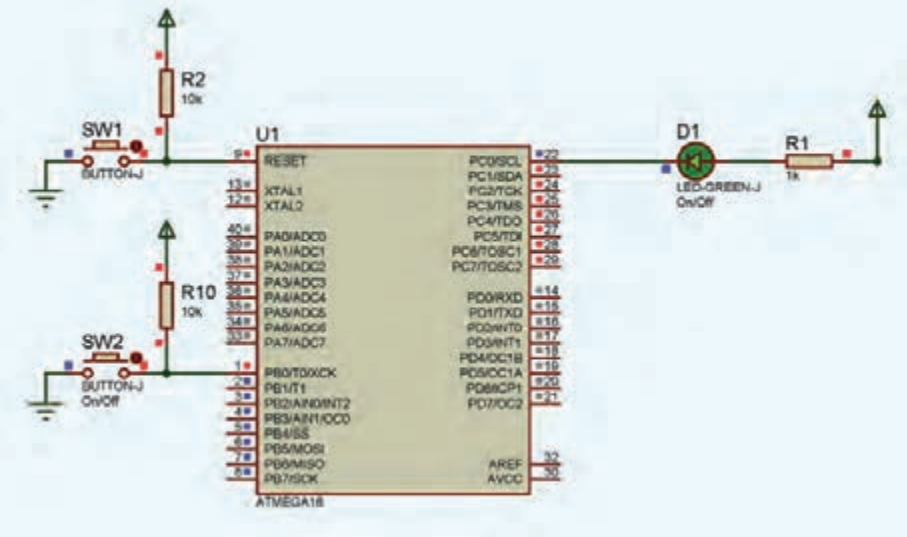
تغییر وضعیت (Toggle) خروجی با تحریک یک پایه ورودی

مثال ۲-۴

کنترل خاموش و روشن یک وسیله با استفاده از عملکرد (Toggle)

کلمه "Toggle" به معنی تغییر وضعیت، در حقیقت نوعی عملکرد معکوس‌کننده دارد، به طور مثال با اعمال این عملگر بر روی متغیری با ارزش "0" منطقی، ارزش متغیر برابر با "1" منطقی خواهد شد و به همین ترتیب با هر بار عملکرد این عملگر، متغیر مورد نظر به عبارتی NOT می‌شود.

این ویژگی در برنامه‌نویسی، معمولاً جهت سوئیچ بین دو وضعیت از پیش تعیین شده کاربرد دارد و از آن برای عملکردهایی مانند شروع/ توقف، روشن/ خاموش، چپ‌گرد/ راست‌گرد، بالاشمار/ پایین‌شمار و ... استفاده می‌شود . در زبان C این عملکرد با استفاده از کاراکتر (~) قابل دسترسی است.



تصویر شماتیک مدار کنترل روشن/ خاموش با استفاده از دستور Toggle



تصویر متن برنامه مدار کنترل روشن/ خاموش با استفاده از دستور Toggle

فعالیت ۴

الف) با اضافه کردن دستور while به برنامه مثال ۲ـ۴، آن را بازنویسی نموده و با حفظ عملکرد صحیح برنامه، مقدار تأخیر در (خط هفدهم) برنامه را به حداقل رسانیده و یا آن را حذف نمایید.

ب) تغییرات مناسب در مدار مثال ۲ـ۴، برای کنترل چپ‌گرد/ راست‌گرد یک موتور DC اعمال نموده (استفاده از یک رله با دو جفت کنتاکت باز/ بسته و ترانزیستور راه‌انداز رله ...) و با استفاده از برنامه همین مثال (بدون تغییر) عملکرد مدار جدید را مشاهده نمایید.

ج) برنامه‌ای بنویسید که در آن با فعال شدن یک پایه ورودی، اگر پس از گذشت ۲ ثانیه هنوز پایه ورودی فعال باقی مانده بود، یک پایه خروجی با هر بار تکرار این عمل، بین حالت فعال و غیر فعال تغییر وضعیت دهد (عملکرد خاموش و روشن تلفن همراه و ...).

نمایش حروف و اعداد بر روی نمایشگر هفت قطعه‌ای

نمایش اعداد بر روی نمایشگر هفت قطعه‌ای (7seg)

در بسیاری از پروژه‌های میکروکنترلری، نمایش اطلاعات ورودی، وضعیت و یا نتایج محاسبات، کمک بسیار بزرگی به روند کنترل و بررسی چگونگی عملکرد سیستم می‌نماید، یکی از مناسب‌ترین نمایشگرها، نمایشگرهای LED هستند. در شکل زیر برخی از انواع این نمایشگرها را مشاهده می‌کنید.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید برخی از این نمایشگرها متشکل از چند کاراکتر ویژه ثابت هستند و برخی دیگر دارای کاراکترهایی هستند که قابلیت نمایش تعدادی حروف و اعداد را دارا هستند، هر یک از این کاراکترها به طور معمول دارای هفت و یا چهارده قطعه است که هر یک با استفاده از یک LED روشن می‌شوند. ترتیب خاموش و یا روشن بودن این LEDها، کاراکتر مورد نظر را به وجود می‌آورد.

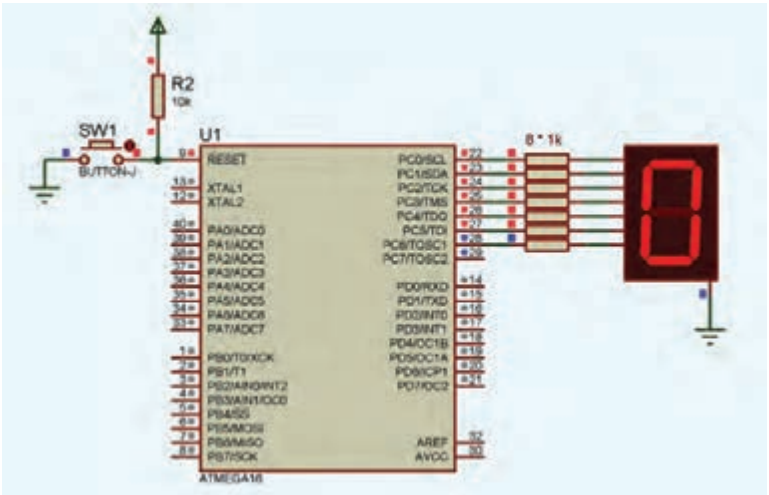


شکل ۱۶ـ۲ـ برخی از انواع نمایشگرهای LED

نمایشگر هفت قطعه‌ای

شمارنده تک رقمی ۰ تا ۹ با استفاده از نمایشگر هفت قطعه‌ای

با وجود پیشرفت در زمینه تولید انواع نمایشگرهای رنگی با کیفیت بالا، مزیت ارزان بودن، وضوح بالا و قابلیت تشخیص از فاصله دور نسبت به سایر نمایشگرها، استفاده از نمایشگرهای هفت قطعه‌ای هنوز هم در بین طراحان و تولیدکنندگان رواج دارد، شکل زیر مربوط به یک شمارنده تک رقمی از ۰ تا ۹ با فاصله زمانی یک ثانیه است.



مدار شماتیک شمارنده تک رقمی با نمایشگر هفت قطعه‌ای

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>

flash char digits[16] = {0x3F,0x06,0x5B,0x4F,0x66,0x6D,
    0x7D,0x07,0x7F,0x6F,0x77,0x7C,0x39,0x5E,0x79,0x71};

unsigned char i;

void main(void)
{
    DDRC = 0xFF;
    PORTC = 0x00;

    while(1)
    {
        for (i=0;i<10;i++)
        {
            PORTC = digits[i];
            delay_ms(1000);
        }
    }
}
```

شکل۷ـ۲ـ تصویر برنامه شمارنده تک رقمی با نمایشگر هفت قطعه‌ای

فعالیت ۵

الف) با استفاده از نمایشگر هفت قطعه‌ای دو رقمی ، یک شمارنده از ۰ تا ۹۹ طراحی نموده و عملکرد آن را مشاهده کنید.

ب) با استفاده از سه نمایشگر هفت قطعه‌ای ، کلمه "ALI" را نمایش دهید.

کنترل توان الکتریکی DC بار، با استفاده از تکنیک PWM

یکی از قابلیت‌های میکروکنترلرها کنترل توان DC به وسیله سیگنال PWM است (کنترل دیجیتال). این تکنیک به سبب کاهش توان تلفاتی در قطعات قدرت سیستم‌های کنترل توان DC دارای اهمیت ویژه است. در این شیوه از کنترل سوئیچ قدرت که نقش تأمین توان الکتریکی بار را دارد، اصولاً در حالت قطع و اشباع کار می‌کند همین مسئله موجب کاهش قابل توجه توان تلفاتی، خصوصاً در بارهای پر مصرفی مانند موتورهای الکتریکی، سلونوئیدها، هیترها، لامپ‌های التهابی و ... می‌گردد.

در یک سیستم کنترل توان DC با تکنیک PWM، انرژی منتقل شده به بار، با تغییر نسبت زمان روشن بودن به زمان خاموشی قطعه قدرت کنترل می‌شود. این نسبت با نام دوره چرخه کار (Duty Cycle) یا به اختصار D.C شناخته می‌شود.

تعریف Duty Cycle

در یک موج مربعی، نسبت زمان روشن بودن (t_{on}) به کل زمان تناوب ($T= t_{on} + t_{off}$) با عنوان Duty Cycle نام برده می‌شود.

$$D.C = \frac{t_{on}}{T}$$



شکل۸ـ۲ـ نمایش زمان روشن، زمان خاموش یک موج مربعی

نکته

* حاصل این کسر همیشه به طور ذاتی باید عددی بین صفر تا یک باشد.
** در مواقعی که لازم باشد این فاکتور بر حسب درصد بیان شود مقدار آن را در عدد ۱۰۰ ضرب می‌کنند که در این صورت (٪) D.C مورد نظر است،

$$D.C(\%)=\frac{t_{on}}{T}\times ۱۰۰=\frac{OCRX}{TCNTX\ top\ value-TCNTX}\times ۱۰۰$$

*** مقدار TCNTX top value در حالت‌های مختلف و رجیسترهای مختلف می‌تواند ۲۵۶، ۵۱۲، ۱۰۲۴ (یا بسته به نوع میکروکنترلر، مقادیر دیگری) باشد.

موج مربعی با مدولاسیون پهنای پالس (PWM)

تولید موج PWM با فرکانس مشخص

عملکرد واحد PWM در میکروکنترلرها به این صورت است که با شروع شمارش رجیستر timerX، خروجی این واحد به حالت (۱) منطقی می‌رود و تا زمانی که مقدار رجیستر تایمر (TCNTX) با مقدار مقایسه OCRX برابر شود در وضعیت (۱) منطقی باقی می‌ماند، به محض برابری مقدار تایمر با رجیستر مقایسه‌ای OCRX (رجیستر مقدار PWM مورد نظر)، خروجی این واحد تغییر وضعیت داده و به حالت (۰) منطقی می‌رود و تا زمان سرریز رجیستر TCNTX (رجیستر کنترلی تایمر/ کانتر مورد نظر) در حالت (۰) منطقی باقی می‌ماند.

زمان (۱) بودن پالس خروجی (t_{on})، برابر ضرب مقدار OCRX در طول زمان یک کلاک پالس ورودی به واحد تایمر است و کل زمان تناوب یک پالس (T)، برابر حداکثر ظرفیت عددی رجیستر TCNTX، در طول زمان یک کلاک پالس ورودی واحد تایمر است.

$$\begin{cases} t_{on}=OCRX\times Clock\ Pulse\ time \\ T=TCNTX\ top\ value\times Clock\ Pulse\ time \end{cases}$$

$$T=\frac{۱}{f_{out}}$$

$$f_{out}=\frac{۱}{TCNTX\ top\ value\times Clock\ Pulse\ time}=\frac{Clock\ Pulse\ Frequency}{TCNTX\ top\ value}$$

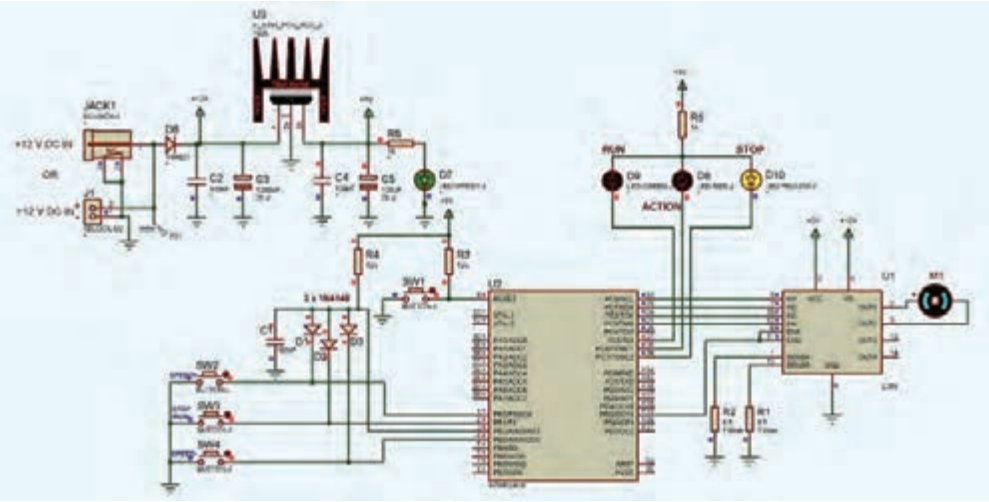
با استفاده از مطالب بالا (و رابطه عکس فرکانس با زمان) می‌توان گفت فرکانس کلاک ورودی ، بر مقدار حداکثر رجیستر تایمر مربوطه تقسیم می‌شود. چون به همین تعداد پالس نیاز است تا رجیستر از صفر به حداکثر رسیده و به ازای هر بار سر ریز این رجیستر، یک پالس در خروجی ظاهر می‌شود.
اگر وضعیت خروجی را در حالت Non Inverting قرار داده باشیم پالس خروجی مستقیماً در پایه خروجی OCRX در میکروکنترلر ظاهر خواهد شد و در صورت انتخاب وضعیت Inverting قرینه این پالس در خروجی (مکمل D.C) ظاهر خواهد شد .

به طور مثال اگر پالسی با درصد D.C معادل ۲۵ درصد در واحد PWM ساخته شده باشد، با انتخاب وضعیت Inverting در خروجی یک پالس ۷۵ درصد در خروجی ظاهر می‌شود.

مثال ۲-۶

کنترل دور موتور DC با استفاده از تکنیک PWM

در این مثال با استفاده از میکروکنترلر ATMEGA۱۶ که دارای ۴ عدد کنترلر PWM سخت‌افزاری است، سرعت گردش یک موتور DC را تحت کنترل قرار می‌دهیم، از آنجا که توان مورد نیاز برای راه‌اندازی یک موتور DC، بیشتر از توان خروجی پورت‌های میکروکنترلر می‌باشد، برای راه‌اندازی موتور از آی‌سی راه‌انداز L۲۹۸ به جهت تقویت ولتاژ و جریان سیگنال PWM ساخته شده توسط میکروکنترلر استفاده شده است.



مدار شماتیک کنترل دور موتور DC با استفاده از تکنیک PWM

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>

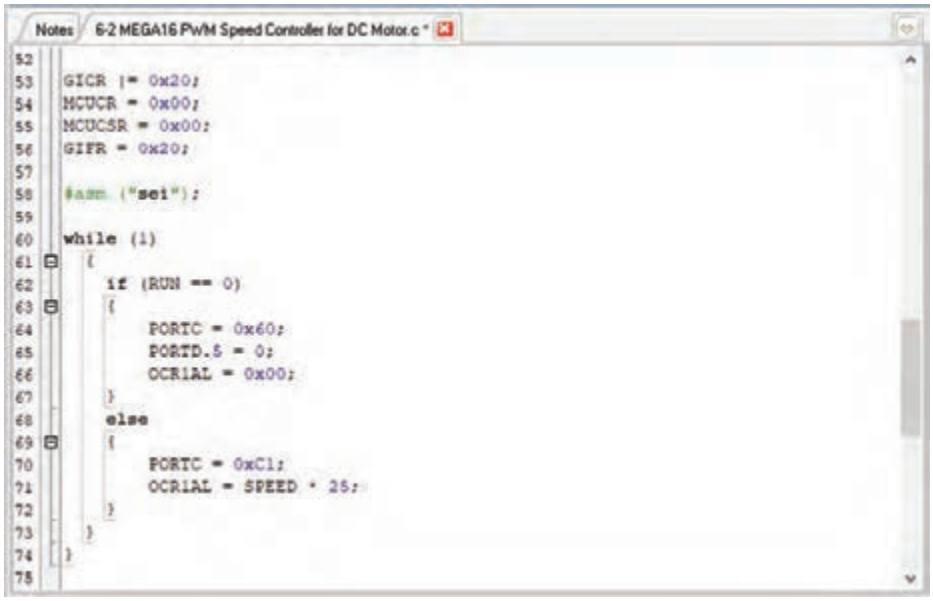
bit RUN;
unsigned char SPEED=0;

interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
//////////SPEED CONTROL////////
 if(PINB.0==0 && SPEED<10)
 {
 SPEED++;
 }
 if(PINB.3==0 && SPEED>0)
 {
 SPEED--;
 }
//////////////RUN/////////////////
 if(PINB.1==0)
 {
 RUN=~RUN;
 }
////////////////////////////////
 PORTC.6=0;
 delay_ms(200);
 PORTC.6=1;
}
```

تصویر متن برنامه کنترل دور موتور DC با استفاده از تکنیک PWM بخش اول



شکل۹ـ۲ـ تصویر متن برنامه کنترل دور موتور DC با استفاده از تکنیک PWM بخش دوم



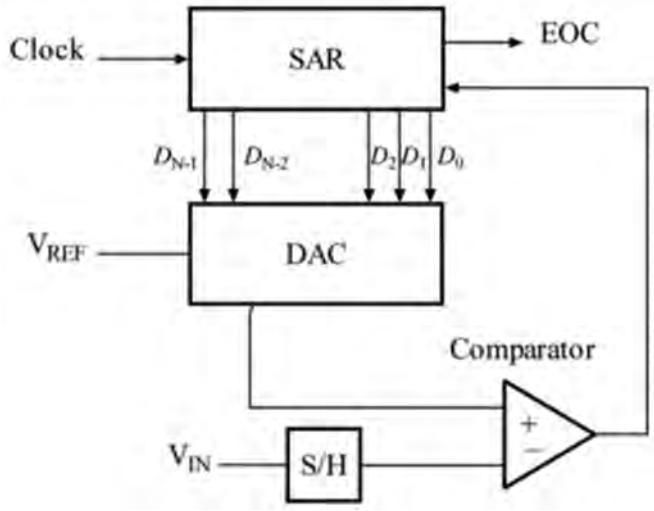
شکل ۱۰ـ۲ـ تصویر متن برنامه کنترل دور موتور DC با استفاده از تکنیک PWM بخش سوم

مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

عمده روش‌هایی که برای تبدیل آنالوگ به دیجیتال وجود دارند عبارت‌اند از: تبدیل آنی یا Flash، روش تقریب‌های متوالی یا Successive Approximation Register (SAR)، مبدل‌های Delta-Encoded Adc or Counter Ramp، Delta Sigma، Pipelined Adc، Digital Ramp و غیره که از این میان میکروکنترلرهای AVR از روش تقریب‌های متوالی استفاده می‌کنند.

دیاگرام بلوکی روش تقریب‌های متوالی

بلوک دیاگرام ساده شدهٔ این مبدل به صورت زیر است:



برخی از مشخصات ADC در میکروکنترلر AVR

- ± ۲ LSB Absolute Accuracy
- ۶۵-۲۶۰ µs Conversion Time
- Up to ۱۵ kSPS at Maximum Resolution
- ۸ Multiplexed Single Ended Input Channels
- ۷ Differential Input Channels
- ۲ Differential Input Channels with Optional Gain of ۱۰x and ۲۰۰x
- ۰-VCC ADC Input Voltage Range
- Selectable ۲.۵۶V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

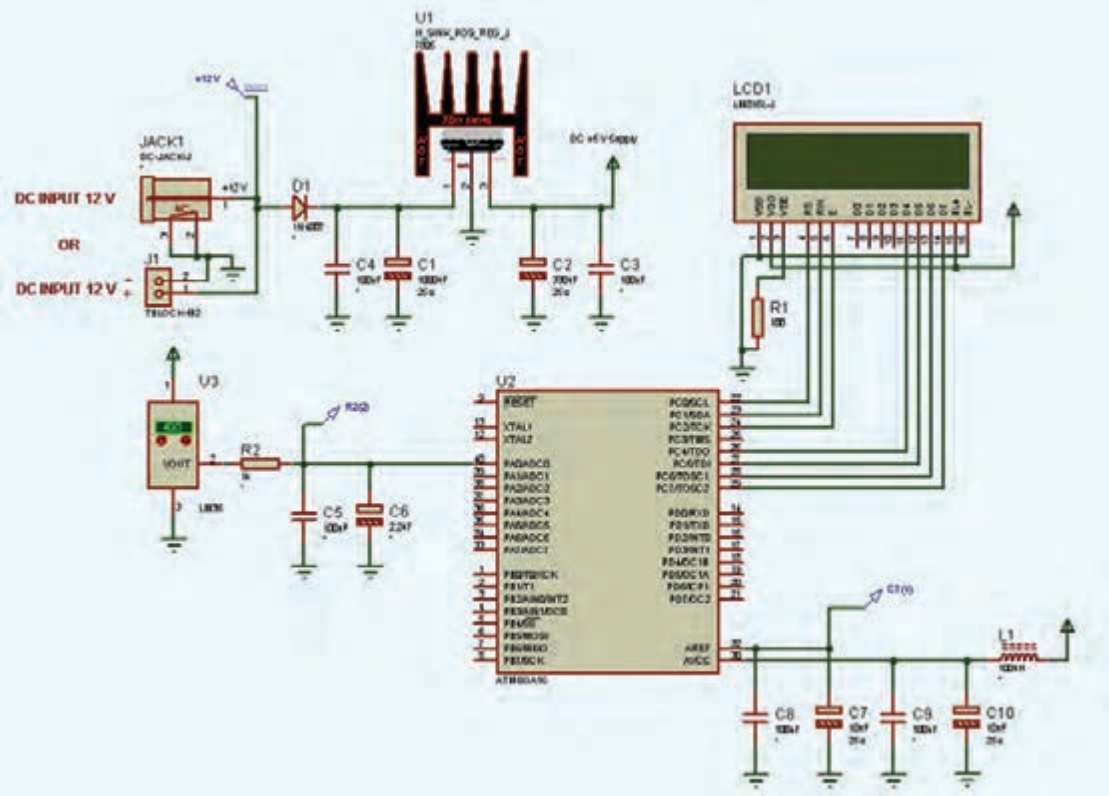
پایه‌های ورودی مبدل آنالوگ به دیجیتال

پین‌های ورودی ADC عملکرد دوم PORAT می‌باشند که به صورت مالتی پلکس شده به ADC اعمال می‌شوند. ولتاژ ورودی بین صفر تا ولتاژ مرجع بوده و ولتاژ مرجع از سه منبع AVCC، پین AREF و ولتاژ داخلی ۲.۵۶ ولت قابل تأمین می‌باشد. جهت کاهش نویز مؤثر بر روی واحد ADC، تغذیهٔ آن به صورت جداگانه از پین AVCC تأمین می‌شود. ولتاژ این پین نباید بیشتر از ۰.۳ ولت با VCC تفاوت داشته باشد. در صورتی که از VCC به عنوان AVCC استفاده می‌شود، می‌توان به‌وسیلهٔ یک فیلتر LC ، این پایه را به VCC متصل نمود.

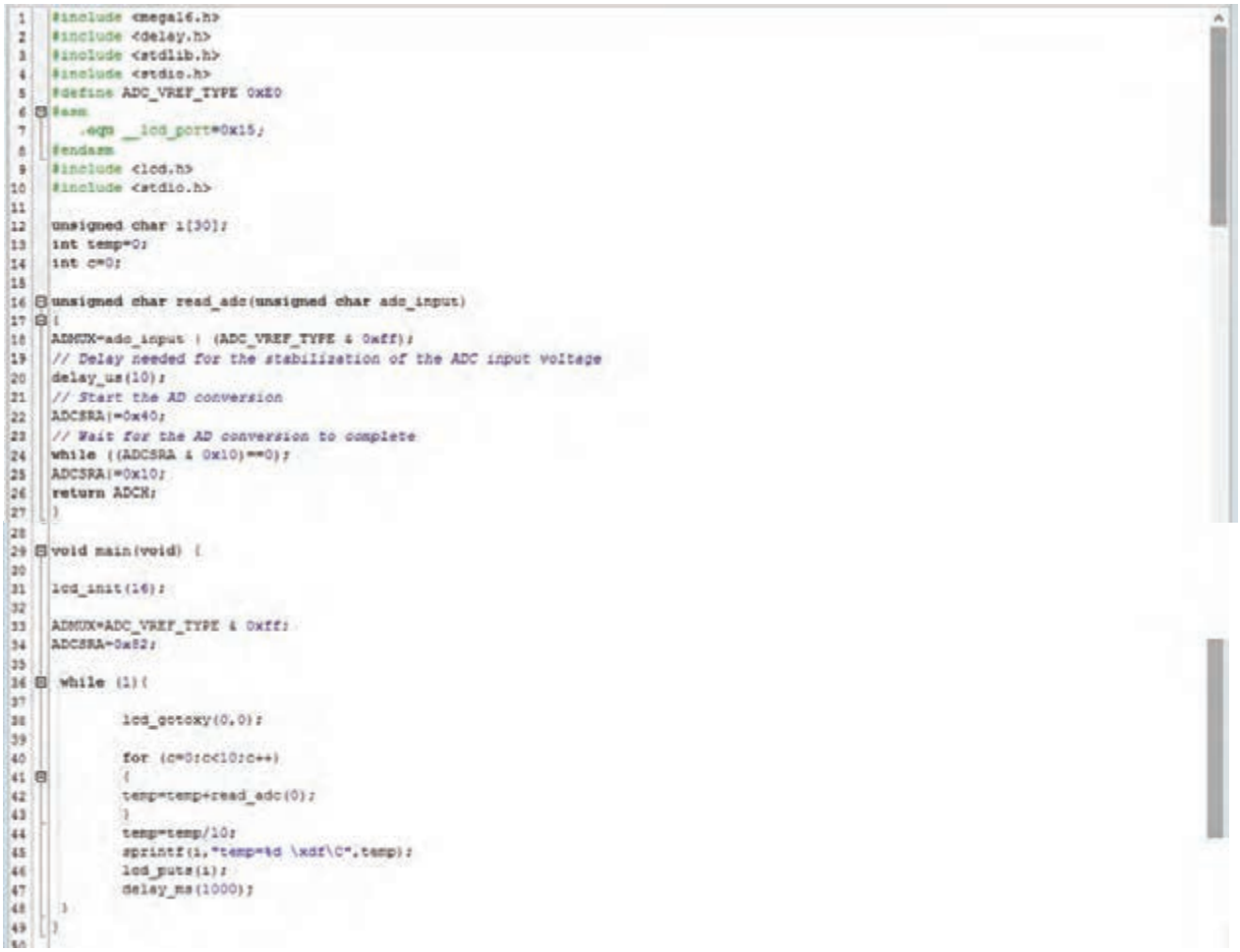
فیلتر کاهش نویز (داخلی)

مدارات داخلی میکروکنترلر با ایجاد نویز باعث کاهش دقت مقدار خوانده شده توسط ADC می‌شوند، برای بهبود این مشکل می‌توان در زمان تبدیل میکروکنترلر را به یکی از Modeهای کم‌توان Idle یا ADC Noise Reduction برده تا عملیات تبدیل بعد از خاموش شدن CPU انجام شود.

مدار زیر، تصویر شماتیک برای مبدل ADC به صورت استاندارد را نمایش می‌دهد، در این مدار ولتاژ خروجی حاصل از یک سنسور LM۳۵ به کانال صفر ADC متصل شده و مقدار قرائت شده پس از تبدیل به واحد اصلی (درجه سانتیگراد) بر روی نمایشگر LCD نمایش داده شده است.



متن برنامه نمایش دمای سنسور LM۳۵ بر روی LCD



```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0xE0
#asm
   .equ __lcd_port=0x15;
#endasm
#include <lcd.h>
#include <stdio.h>

unsigned char i[30];
int temp=0;
int c=0;

unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}

void main(void) {

lcd_init(16);

ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x82;

 while (1){

        lcd_gotoxy(0,0);

        for (c=0;c<10;c++)
        {
        temp=temp+read_adc(0);
        }
        temp=temp/10;
        sprintf(i,"temp=%d \xdf\C",temp);
        lcd_puts(i);
        delay_ms(1000);
 }
}
```

فعالیت ۶

الف) با افزودن دستورات شرطی به متن برنامه بالا، آن را به نحوی بازنویسی نمایید که با رسیدن دما به عددی که طی نوشتن برنامه تعیین می‌کنید، PORTB.۰ست (فعال بالا یا "۱" منطقی) شود.

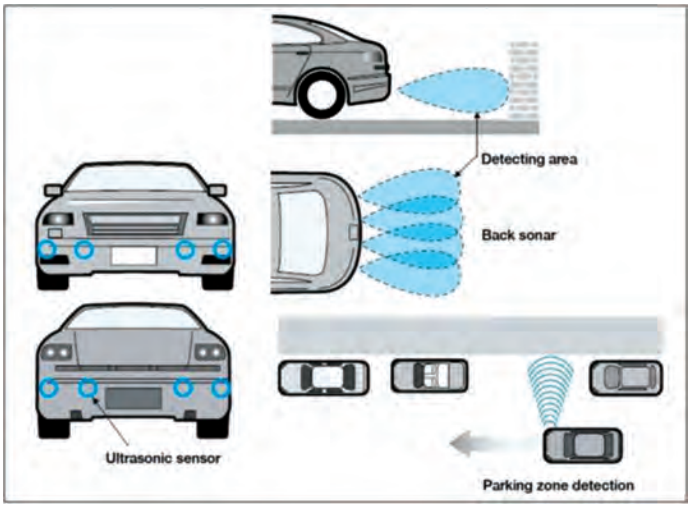
ب) به عنوان یک برنامه کاربردی برای تهویه کلی یک سوله پرورش دام، برنامه‌ای بنویسید که دمای یک سنسور LM۳۵ را قرائت نموده، با کاهش دما از میزان تعیین شده در برنامه PORTB.۰ فعال و با کمک رله یک هیتر صنعتی را فعال نماید و با افزایش آن PORTB.۱ با کمک یک رله یک فن صنعتی را راه‌اندازی نماید.



ماژول فاصله‌سنج SRF۰۵ (ارتباط I۲C)

حسگرهای فراصوت مشابه رادار یا ردیاب صوتی، تشخیص ویژگی‌های هدف از طریق تحلیل بازتاب امواج رادیویی یا صوتی می‌باشد. حسگرهای فراصوت امواج صوتی با فرکانس بالا ایجاد می‌کنند. این حسگرها با محاسبه زمان بین فرستادن سیگنال و گرفتن بازتاب، فاصله جسم را محاسبه می‌کنند. از این فناوری می‌توان در اندازه‌گیری فاصله بین ماژول با اجسام مقابل آن، ارتفاع و حجم مایع در مخازن، اندازه‌گیری قد اشخاص و سنسور دنده عقب خودرو و کشف جای پارک خالی برای خودروهای هوشمند استفاده کرد.

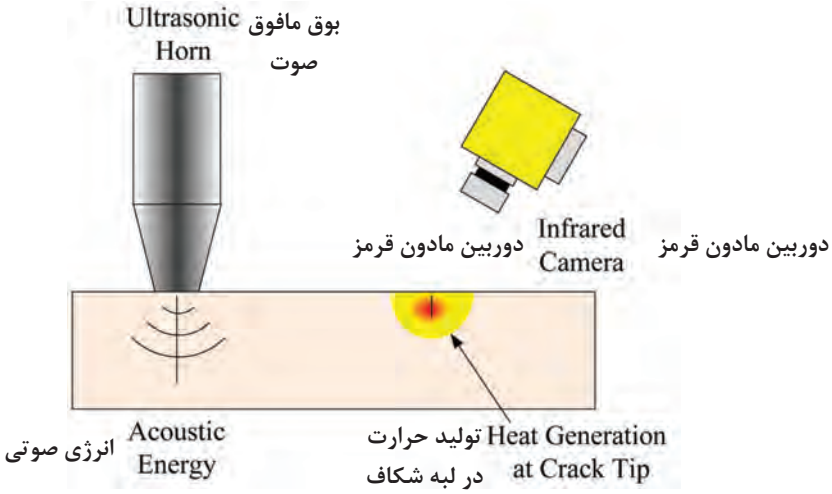
در تصاویر زیر برخی از کاربردهای ماژول‌های فاصله‌سنج با مدارات توسعه یافته را مشاهده می‌کنید.

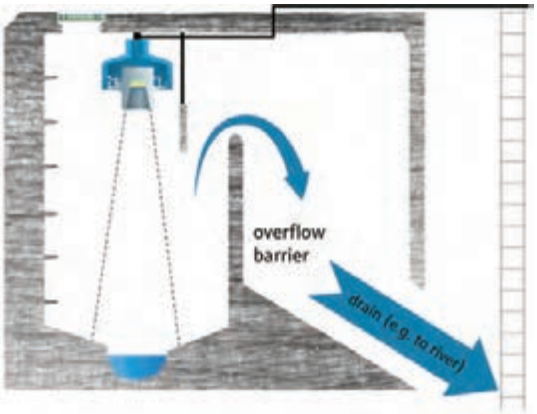




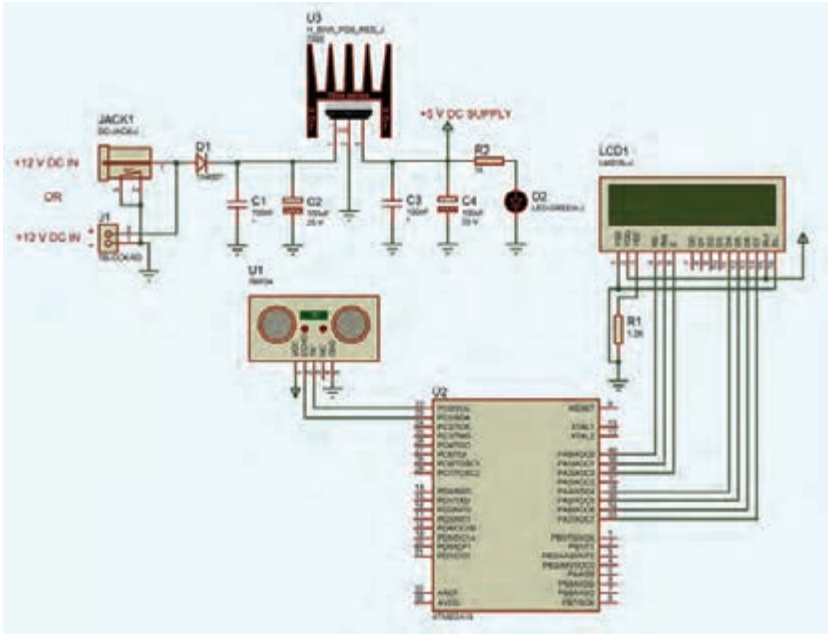








مدار زیر نمونه‌ای از مدار راه‌اندازی ماژول SRF05 به کمک میکروکنترلر ATMEGA16 به منظور سنجش فاصله و نمایش آن بر روی نمایشگر کریستال مایع می‌باشد.



متن برنامه نمونه جهت راه‌اندازی ماژول فاصله‌سنج و نمایش بر روی LCD



```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>

#include <alcd.h>

int OVF0_Count;
float d = 0.0;
char str[20];

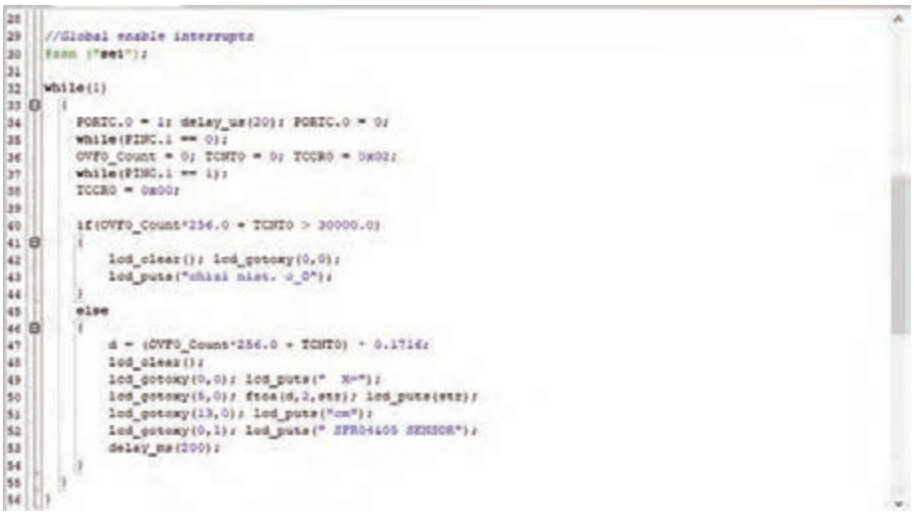
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
TCNT0=0; OVF0_Count++;
}

void main(void)
{
PORTC = 0x00;
DDRC = 0x01;

TCCR0 = 0x02;
TCNT0 = 0x00;
OCR0 = 0x00;
// Timer/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK = 0x01;

lcd_init(16);
```

ادامه متن برنامه



```
//Global enable interrupts
#asm ("sei");

while(1)
    {
    PORTC.0 = 1; delay_us(20); PORTC.0 = 0;
    while(PINC.1 == 0);
    OVF0_Count = 0; TCNT0 = 0; TCCR0 = 0x02;
    while(PINC.1 == 1);
    TCCR0 = 0x00;

    if(OVF0_Count*256.0 + TCNT0 > 30000.0)
    {
        lcd_clear(); lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_puts("chizi nist. o_O");
    }
    else
    {
        d = (OVF0_Count*256.0 + TCNT0) * 0.1716;
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0); lcd_puts("  X=");
        lcd_gotoxy(4,0); ftoa(d,2,str); lcd_puts(str);
        lcd_gotoxy(13,0); lcd_puts("cm");
        lcd_gotoxy(0,1); lcd_puts(" SFR04405 SENSOR");
        delay_ms(200);
    }
}
```

از کاربردهای دیگر امواج فراصوت، ردیاب‌های صوتی (Sonar)، بخورها (Humidifier)، فراوانگاری (سونوگرافی فراصوت) تصویربرداری ۳ یا ۴ بعدی از درون اشیاء، سنسورهای تشخیص حرکت، دزدگیرها و آزمایشات غیر مخرب (Nondestructive testing)، تشخیص نشت گاز و یا تشخیص محل شکستگی یا ترک و ... می‌باشد. ماژول التراسونیک SRF05 در واقع نمونه تکامل یافته SRF04 است و با هدف افزایش انعطاف‌پذیری و افزایش رنج از ۳ متر به ۴ متر و کاهش قیمت طراحی شده است. عملکرد جدید (Mode در صورت اتصال به پین زمین) این ماژول امکان استفاده از تنها یک پین برای تریگر و ا کو را به‌طور هم‌زمان می‌دهد. در نتیجه در تعداد پین مصرفی از میکروکنترلر صرفه‌جویی می‌شود. وقتی پین Mode بدون اتصال رها می‌شود، ماژول SRF05 با استفاده از پین‌های جداگانه تریگر و ا کو همانند SRF04 عمل می‌کند.

فعالیت ۷

الف) با استفاده از ماژول SRF۰۵، مداری بسازید که فاصله سپر عقب اتومبیل با اشیاء یا اشخاص را بر روی نمایشگر نشان دهد و در صورت تشخیص فاصله کمتر از ۶۰ سانتی‌متر به کمک یک LED یا بازر، هشدار مناسب ایجاد نماید.

الف) در مثال ۲ـ۶ تغییرات لازم جهت افزودن امکان کنترل چپ‌گرد/ راست‌گرد را در مدار شماتیک و متن برنامه اعمال نموده و نتیجه را مشاهده کنید.

ب) با توجه به مثال ۲ـ۶ مداری جهت کنترل دو عدد موتور DC طراحی و برنامه مناسب با آن را بنویسید.

انواع نمایشگرهای کریستال مایع

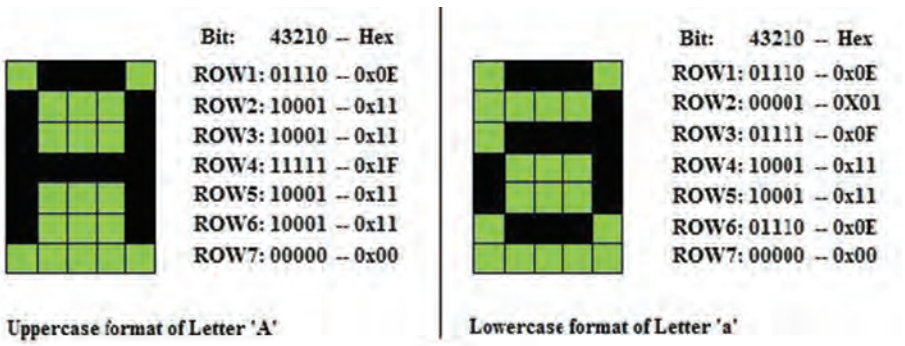
نمایشگر کریستال مایع یا LCD

LCD مخفف عبارت "Liquid Crystal Display" به معنای **صفحه نمایش کریستال مایع** است. کریستال‌های مایع موادی هستند که ظاهر مایع دارند، اما مولکول‌های آنها آرایش خاصی نسبت به یکدیگر دارند. به همین دلیل کریستال مایع خصوصیاتی شبیه به مایع و جامد داشته و به همین دلیل با چنین اسم متناقضی خوانده می‌شوند.

برای ساخت LCD دو شیشه پلاروید را با ۹۰ درجه اختلاف نسبت به یکدیگر قرار می‌دهند و یک کریستال مایع بین آنها می‌گذارند. وقتی کریستال به **جریان برق** وصل نباشد؛ نور از قطبشگر اول می‌گذرد و وارد کریستال مایع می‌شود، جهتش ۹۰ درجه تغییر کرده و به همین دلیل از قطبشگر دوم هم عبور کرده و به چشم می‌رسد. اما وقتی که جریان به کریستال وصل باشد، نور دیگر چرخشی نخواهد داشت و نمی‌تواند از کریستال دوم عبور کند.

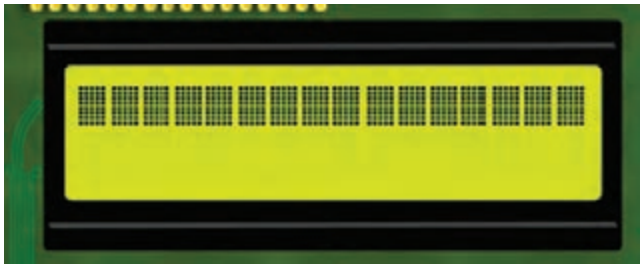
در بسیاری از موارد، سیستم‌های کنترلی، با یک نمایشگر تک رنگ (Monochrome)، اطلاعات کافی برای ارتباط با کاربر را در اختیار او قرار می‌دهند.

ساده‌ترین انواع این نمایشگرها، نمونه‌هایی معروف به نمایشگر کریستال مایع کاراکتری (CHARACTER LCD یا Alphanumeric LCD) می‌باشد . این نمایشگر، به طور معمول دارای تعدادی کاراکتر ماتریسی (به طور معمول ۵×۷ یا ۵×۸) در یک یا چند سطر است که هر کدام از این کاراکترها می‌توانند با روشن و خاموش نگه داشتن خانه‌های خود حرف یا شکلی را نمایش دهند.



یک کاراکتر ماتریسی، مربوط به نمایشگرهای کریستال مایع کاراکتری

در بازار الکترونیک، نمایشگرهایی به صورت 4×40, 4×20, 2×20, 2×16, 1×16, 2×8, 1×8 داریم، به طور مثال، منظور از 1×16 در حقیقت شانزده کاراکتر در یک سطر است. شکل زیر کاراکترهای یک نمایشگر را نشان می‌دهد که سطر بالا تمام پیکسل‌ها روشن و سطر پایین تماماً خاموش هستند.



کاراکترهای یک نمایشگر کریستال مایع کاراکتری ۲×۱۶

در شکل زیر برخی از انواع نمایشگر کریستال مایع کاراکتری را مشاهده می‌کنید.

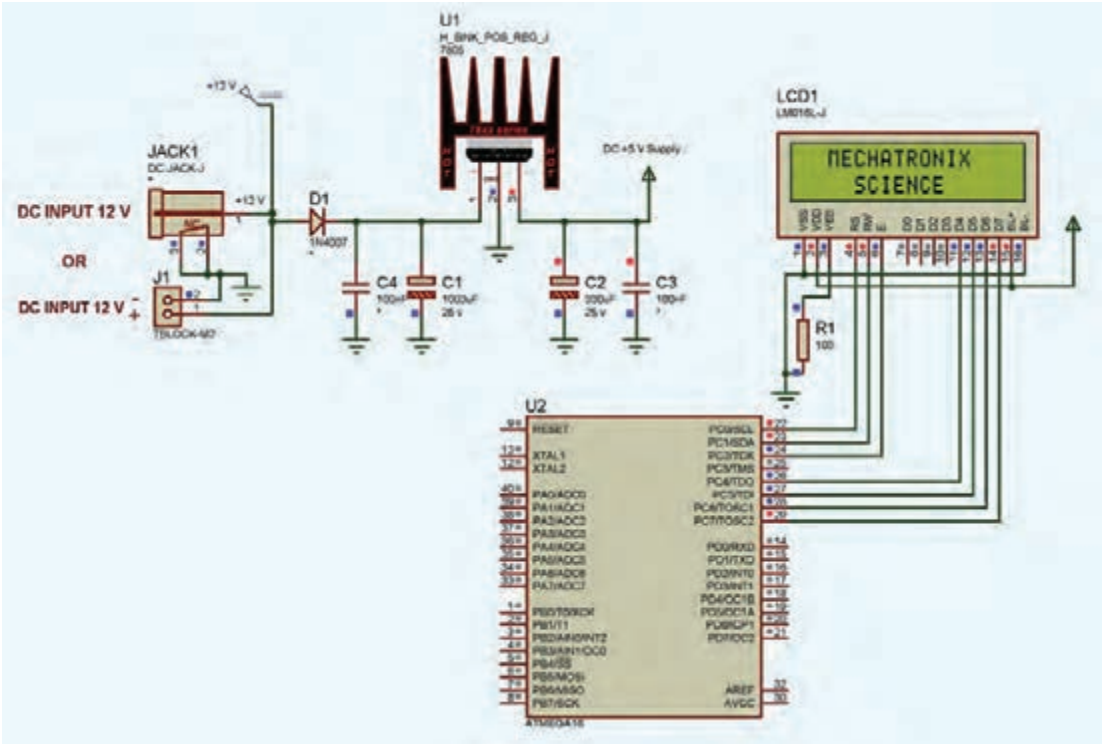


برخی از انواع نمایشگر کریستال مایع کاراکتری

مثال ۲-۷

نمایش متن بر روی Alphanumeric LCD

در این مثال یک متن ثابت بر روی نمایشگر 2×16 نمایش داده شده است. برای نمایش محتوای یک متغیر لازم است ابتدا آن را تبدیل به یک رشته کد نماییم.



مدار شماتیک نمایشگر Alphanumeric LCD 16×2

فعالیت ۸

الف) با توجه به مثال ۲ـ۷، برنامه‌ای بنویسید که در آن کلمه "SCIENCE" در خط دوم متحرک به سمت چپ و راست خود شود.

ب) با استفاده از مدار بالا، برنامه یک شمارنده ۰ تا ۹۹ بر روی نمایشگر LCD بنویسید.

ج) تصویر یک باتری قلمی به صورت ایستاده، یک دوشاخه برق و یک فن را بر روی نمایشگر LCD نمایش دهید.

ارزشیابی پایانی پودمان دوم

۱ با توجه به پیشرفت تکنولوژی و امکان ساخت میکروکنترلرهایی با قابلیت هزاران بار برنامه‌ریزی مجدد، به نظر شما علت استفاده از میکروکنترلرها به صورت OTP خصوصاً در تولید انبوه تجهیزات میکروکنترلری چه عواملی می‌تواند باشد؟

۲ تفاوت اصلی نوشتن دستورات یک برنامه، بلافاصله بعد از تابع اصلی (main) با نوشتن دستورات برنامه در حلقه تکرار بی‌نهایت (while)، در برنامه چیست ؟

۳ در صورت منطقی و مجاز بودن استفاده از تأخیرهای طولانی، با استفاده از دستور ( )delay_ms ، حداکثر به چه مقدار تأخیر زمانی می‌توان دسترسی داشت؟ با استفاده از دستور ( )delay_us چطور؟

۴ در یک برنامه‌نویسی اصولی به ویژه در صنعت، وضعیت فعال ورودی‌ها و خروجی‌ها با منطق Active Low طراحی و ساخته می‌شوند، این موضوع تا حدی حائز اهمیت است که گاهی به قیمت افزایش خطوط برنامه و یا افزایش برخی قطعات جانبی، رعایت می‌شود. مزایای این شیوه طراحی را بنویسید.

۵ در برنامه مثال ۲ـ۴ اگر دستور delay_ms(۵۰۰) در خط هفدهم، حذف شود چه اتفاقی می‌افتد، این مسئله تحت عنوان چه نامی در برنامه‌نویسی شناخته می‌شود؟

۶ مزیت مشترک نمودن تمامی آندها و یا کاتدها در نمایشگرهای هفت قطعه‌ای چیست؟

۷ جمعی از هنرجویان، کاربرد و مزایای آی سی MAX 6955 را با استفاده از برگه اطلاعات آن، در قالب یک تحقیق گروهی، بررسی نموده و به صورت کنفرانس در کلاس ارائه نمایند.

۸ علت کاهش قابل توجه تلفات قطعات قدرت، در سیستم‌های کنترل PWM را مختصر شرح دهید.

پودمان ۳

فیزیک مکانیک



- مفاهیم پایه مکانیک (طول، سطح، حجم، نیرو وگشتاور و...) را شرح دهد.
- مؤلفه‌های نیرو را مشخص و برآیند نیروها را محاسبه کند.
- گشتاور نیرو را محاسبه نماید.
- رفتارهای مختلف جسم در برابر بار را توضیح دهد. (رفتار کششی، خمشی، برشی، پیچشی، ... و نیروهای محوری و تنش)
- هیدرولیک و کاربردهای آن را توضیح دهد.
- پنوماتیک و اجزای آن را توضیح دهد.

مکانیک

مکانیک بخشی از دانش فیزیک است. سرآغاز این رشته در تاریخ با شروع مهندسی هم‌زمان است. مکانیک را علمی تعریف کرده‌اند که شرایط سکون یا حرکت اجسام تحت تأثیر نیروها را پیش‌بینی و توصیف می‌کند. علم مکانیک به دو بخش ایستایی[۱] و پویایی[۲] قابل تقسیم است. ایستایی به بررسی اجسام در حالت تعادل و پویایی به بررسی اجسام شتاب‌دار می‌پردازد.



ایستایی



پویایی

ایستایی

به پیرامون خود نگاه کنید. درختان، ساختمان‌ها، تجهیزات و حتی قاب عکس روی دیوار همه در حالتی پایدار قرار دارند و تا وقتی که تعادل خود را حفظ کنند پایدار باقی می‌مانند. ساختمانی که در مجاورتش خاک‌برداری غیر اصولی انجام شده باشد ممکن است تعادل خود را از دست بدهد و فرو بریزد. ایستایی به بررسی شرایط تعادل و نیروها در اجسام می‌پردازد.

مفاهیم پایه

پیش از این با بسیاری از مفاهیم علم مکانیک در درس‌های علوم، ریاضی و کار و فناوری آشنا شده‌اید. از آنجا که این مفاهیم در این رشته کاربرد زیادی دارند، درک درستی از آنها لازم است. در اینجا برای یادآوری به تعریف چند مفهوم پایه اشاره می‌شود.

- **طول:** طول اندازه یک خط در راستای مستقیم یا منحنی است. برای نمونه قطر یک دایره طول خط مستقیمی است که دایره را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند یا محیط دایره طول پیرامون آن است. یکای اندازه‌گیری طول در دستگاه بین‌المللی یکاها SI[۳] متر(m) است. البته برای اندازه‌گیری طول از یکاهای دیگری مانند میلی‌متر (mm) و سانتی‌متر (cm) نیز استفاده می‌شود.
- **مساحت:** مساحت، اندازه دوبعدی یک شکل هندسی یا رویه یک جسم است. شکل هندسی ممکن است تخت یا خمیده باشد. یکای اندازه‌گیری مساحت در SI مترمربع (m^2) است. برای اندازه‌گیری سطوح بزرگ‌تر از یکایی مانند کیلومترمربع (Km^2) استفاده می‌شود و در سطوح کوچک‌تر از یکایی مانند سانتی‌مترمربع

۱ـ static

۲ـ dynamic

۳ـ International System of Units

(cm^2) استفاده می‌شود.

■ **حجم:** حجم هر جسم، فضایی است که آن جسم اشغال می‌کند. یکای حجم فضای مکعبی است که هر ضلع آن برابر یکای طول است. در SI، یکای طول متر است در نتیجه حجم را به صورت $1m^3$ نمایش می‌دهند.

فعالیت

بر روی سرنگی نوشته شده است ۱۰cc مفهوم این عدد چیست؟



.....

■ **جرم:** به مقدار ماده موجود در یک جسم، جرم می‌گویند. یکای اندازه‌گیری جرم در دستگاه SI کیلوگرم (kg) است.

■ **چگالی:** چگالی، جرم واحد حجم ماده است. برای نمونه یک سانتی‌مترمکعب آهن ۷/۸ گرم وزن دارد. می‌گوییم چگالی آهن ۷/۸ است. یکای اندازه‌گیری چگالی در دستگاه SI، کیلوگرم بر مترمکعب است.

■ **جسم صلب:** وقتی در مقابل اعمال نیرو، اندازه و شکل جسم تغییر نکند، می‌گوییم جسم صلب است.

■ **نیرو:** تغییر در حرکت یک جسم ناشی از اعمال یک یا چند نیرو به آن می‌باشد. نیرو به ساده‌ترین شکل، به صورت فشاری یا کششی است که می‌تواند منابع مختلفی مانند گرانش زمین، الکتریکی، مغناطیسی، فسیلی و یا عضلانی باشد. وقتی بیش از یک نیرو به جسمی‌وارد شود، نیروی خالص را در نظر می‌گیریم؛ مثلاً اگر شما و دوستتان یک میله را در یک جهت با نیروی مساوی اهرم کنید، نیروها با هم ترکیب می‌شوند و نیروی خالصی به میزان دو برابر نیروی شما تولید می‌شود. اما اگر هریک از شما با نیروهای مساوی ولی این بار در خلاف جهت یکدیگر میله را اهرم کنید در این حالت جمع نیروهای شما صفر می‌شود و به میله هیچ نیرویی اعمال نمی‌شود. در نتیجه در محاسبهٔ نیروها علاوه بر اندازه نیروها، جهت اعمال نیروها نیز مهم می‌باشد. پرکاربردترین یکاهای اندازه‌گیری نیرو در SI، نیوتون (N) و کیلوگرم نیرو (kgf) هستند.

قانون اول نیوتون

قانون اول نیوتون

وقتی نیروی خالص وارد بر جسم صفر باشد، می‌گوییم آن جسم در تعادل مکانیکی است. با نمادگذاری ریاضی

این عبارت را به این صورت می‌توان نوشت: $\Sigma f=0$
نماد Σ نشانهٔ جمع‌برداری است و f نیروها را نشان می‌دهد.
شکل (۱ـ۳) یک ترازو در حالت تعادل را نشان می‌دهد.

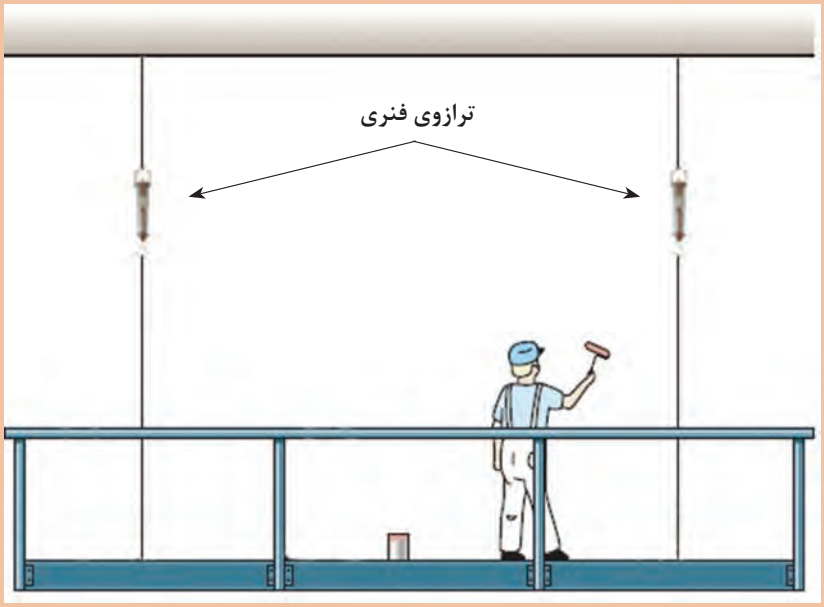


شکل۱ـ۳

قانون اول نیوتون:
وقتی برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد، هیچ تغییری در وضعیت حرکتی جسم اتفاق نمی‌افتد.

فعالیت

نقاشی بر روی داربستی که از هر دو طرف به وسیله دو طناب مهار شده است قرار دارد. بر روی هر کدام از طناب‌ها ترازویی قرار داده شده است. در هر حالت مقدار ترازوی سمت چپ نسبت به مقدار ترازوی سمت راست چه عددی را نمایش می‌دهد:



ـ نقاش در وسط داربست ایستاده است.
ـ نقاش از سمت راست فاصله گرفته است.
ـ نقاش از انتهای داربست آویزان شده است.

فعالیت

با توجه به قانون اول نیوتون، نحوهٔ عملکرد ترازوی زیر را شرح دهید.



ویژگی‌های نیرو

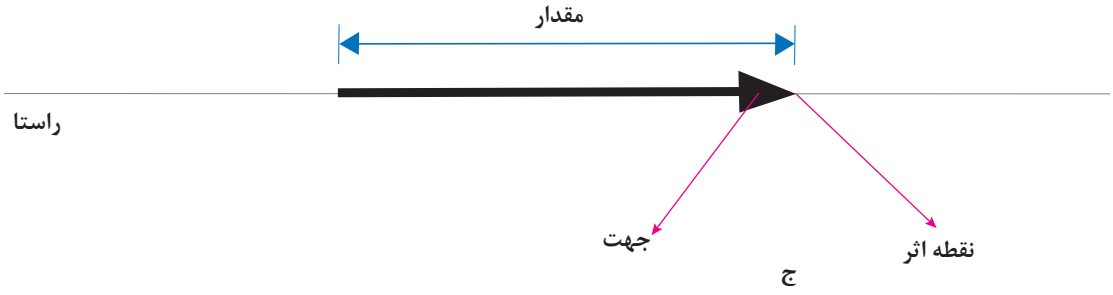
می‌دانیم که نیرو یک کمیت برداری است. کمیت‌های برداری دارای سه ویژگی مقدار، راستا و جهت هستند. برای معرفی کامل یک نیرو، علاوه بر سه مورد فوق، نقطه اثر نیرو نیز باید مشخص شود. (شکل ۲ـ۳الف، ب و ج)



الف



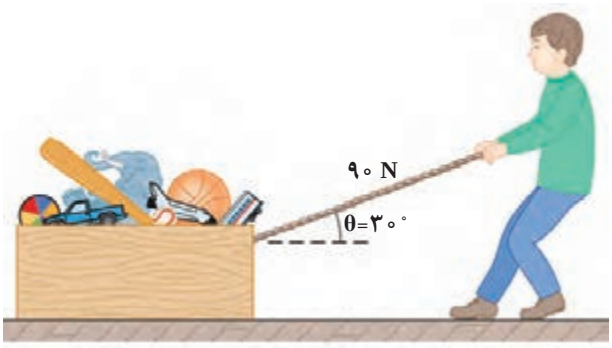
ب



ج

شکل ۲ـ۳

در شکل ۳ـ۳ الف فردی نمایش داده شده که تلاش می‌کند با ریسمان جعبه‌ای را روی زمین بکشد. در شکل ۳ـ۳ب راستای نیرو با خط AB، جهت آن با پیکان و مقدار نیرو با طول بردار AB (متناسب با اندازه نیرو) مشخص شده‌اند.

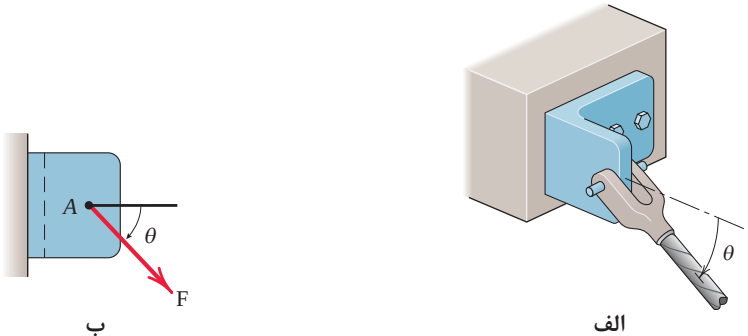


الف ب

شکل ۳ـ۳

مؤلفه‌های نیرو

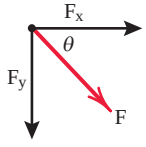
هر نیرو را می‌توان به دو مؤلفه تجزیه نمود به نحوی که تأثیر هم‌زمان این مؤلفه‌ها، اثر خود نیرو را داشته باشد. به‌طور معمول، نیرو را در دو راستای عمود بر هم x و y تجزیه می‌کنند، مؤلفه افقی را با اندیس x و مؤلفه عمودی را با اندیس y نمایش می‌دهند. برای به دست‌آوردن مؤلفه‌های نیرو روش محاسباتی بیان می‌شود. در شکل ۴ـ۳ الف کابل با نیروی F کشیده می‌شود. برای تعیین مؤلفه‌های نیروی F در نمای نشان‌داده‌شده در شکل ۴ـ۳ ب به این ترتیب عمل می‌شود.



ب الف

شکل ۴ـ۳

تجزیه نیرو: اندازه مؤلفه‌های عمودی نیروی F که با محور x زاویه θ را می‌سازد به کمک روابط زیر محاسبه می‌شود. توجه داشته باشید که در روابط فوق، زاویه نیرو با محور xها مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۵ـ۳)

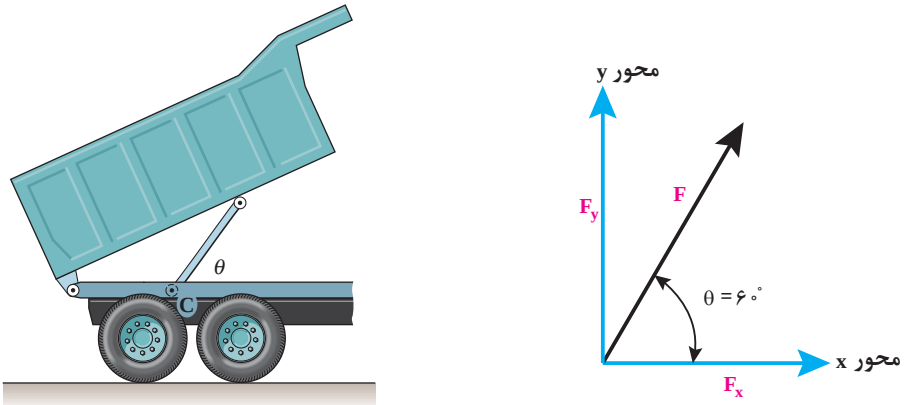


$$F_x = F \times \cos\theta$$
$$F_y = F \times \sin\theta$$

شکل ۵ـ۳

مثال

در یک کامیون حمل بار مطابق شکل ۶ـ۳ جک هیدرولیکی نیرویی برابر ۴۰ kN در امتداد خود به باری که بلند می‌کند اعمال می‌نماید. مؤلفه‌های افقی F_x و عمودی F_y این نیرو را زمانی که زاویه $\theta=۶۰$ است، محاسبه کنید.



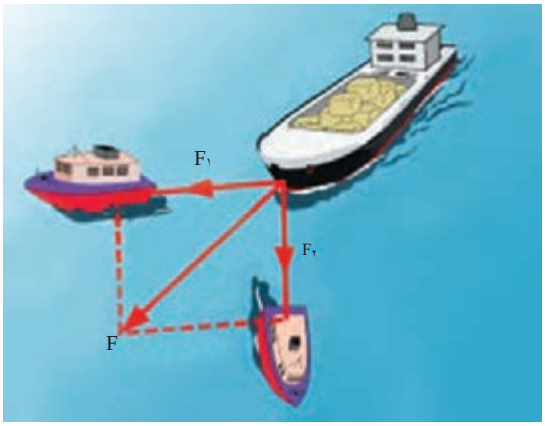
شکل ۶ـ۳

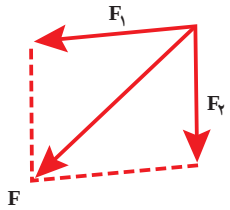
$$F_x = F \times \cos ۶۰^\circ = ۴۰ \times ۰/۵ = ۲۰ kN$$

$$F_y = F \times \sin ۶۰^\circ = ۴۰ \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} = ۲۰\sqrt{۳} = ۳۴/۶ kN$$

برایند نیروها

گفتیم که نیروی وارد بر یک جسم، تمایل به حرکت در راستای نیرو را به وجود می‌آورد. حال اگر به جسمی در جهت‌های مختلف نیرو وارد شود، (مانند قایق موجود در شکل ۷ـ۳) جسم در کدام جهت تمایل به حرکت خواهد داشت؟





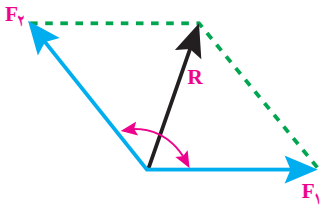
شکل ۷ـ۳

برای به‌دست‌آوردن مجموع تأثیر نیروهای مختلف در یک جسم، برآیند نیروها را محاسبه می‌کنند. برآیند نیروها را با R نمایش می‌دهند.

محاسبه برآیند نیروها

برای به‌دست‌آوردن برآیند دو نیروی F_1 و F_2 که با یکدیگر زاویه α می‌سازند (شکل ۸ـ۳) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

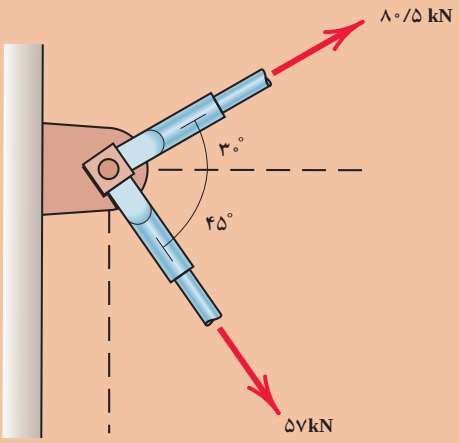
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$



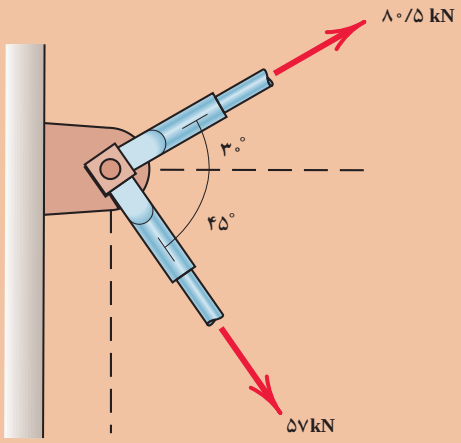
شکل ۸ـ۳

فعالیت

ابتدا نیروهای وارد بر نبشی‌های پایه دکل نفتی (شکل ۹ـ۳) را به دو مؤلفهٔ x,y بر روی شکل ۱۰ـ۳ تجزیه کنید، سپس برآیند نیروهای وارد بر آن را به دست آورید؟

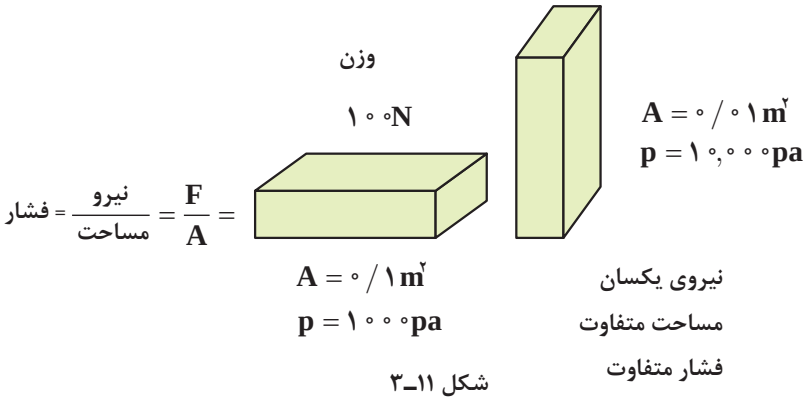


شکل ۹ـ۳



شکل ۱۰ـ۳

فشار: نیروی وارد بر سطح می‌باشد. برای تشخیص تفاوت فشار و نیرو، دو قطعه در شکل ۱۱ـ۳ را درنظر بگیرید. قطعه‌ها یکسان هستند. ولی یکی از آنها روی انتها و دیگری روی پهلویش قرار گرفته است. وزن هر دو قطعه یکی است و در نتیجه نیروی یکسانی به سطح وارد می‌کنند (اگر آنها را روی ترازو بگذاریم هر دو یک عدد را نشان می‌دهند.) ولی قطعه قایم فشار بیشتری به سطح وارد می‌کند. اگر قطعه را کج کنیم به طوری که فقط روی یک گوشه قرار گیرد، فشار باز هم بیشتر می‌شود. واحد اندازه‌گیری فشار، پاسکال می‌باشد و آن را با حرف P نمایش می‌دهند.



شکل ۱۱ـ۳

فعالیت

با فهمیدن مفهوم فشار توضیح دهید چرا در هنگام شیرجه زدن در آب می‌بایست ابتدا دست‌ها و سر وارد آب شوند؟



.....

.....

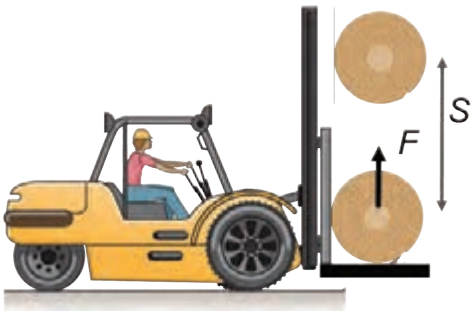
.....

.....

کار: اگر نیرویی بر جسمی وارد شود و آن را به حرکت درآورد، کار انجام شده است. وقتی کار انجام می‌شود، انرژی از نوعی به نوعی دیگر تبدیل می‌شود.

■ **توان:** انرژی تبدیل شده یا کار انجام شده در واحد زمان، توان نامیده می‌شود. یکای اندازه‌گیری توان، وات (W) می‌باشد. توان را با واحد دیگری به نام اسب بخار نیز بیان می‌کنند که هر اسب بخار برابر با ۷۴۶ وات است. برای نمونه مقدار مشخصی انرژی برای بالابردن یک آسانسور لازم است. یک الکتروموتور با توان ۵ kw می‌تواند این کار را انجام دهد اما یک الکتروموتور ۲۰ kw این کار را چهار بار سریع‌تر انجام می‌دهد.

مثال: در شکل ۱۲ـ۳ لیفتراک، مقدار نیروی ۵۰۰۰ N به جعبه وارد می‌کند و در مدت زمان ۲/۵ s آن را به‌اندازه ۲m جابه‌جا می‌نماید. مطلوب است محاسبه توان این لیفتراک.



شکل ۱۲ـ۳

جابه‌جایی d=۲m

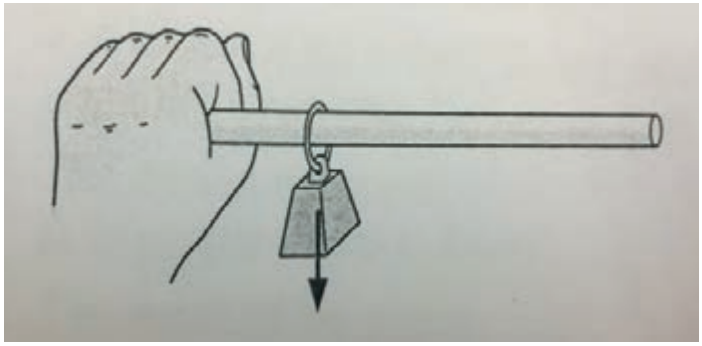
مدت زمان T =۲/۵ s

توان P=?

$$P = \frac{w}{t} \ , \ w = f.d$$

$$\text{توان} = \frac{\text{جابه‌جایی} \times \text{مقدار نیرو}}{\text{زمان}} \Rightarrow P = \frac{f.d}{t} = \frac{۵۰۰N \times ۲m}{۲/۵s} = ۴۰۰w = ۰/۴\,kw$$

■ **گشتاور:** انتهای خط‌کشی را با دست خود به صورت افقی نگه دارید. وزنه‌ای نزدیک دستتان از آن بیاویزید. احساس می‌کنید که خط‌کش تاپ می‌خورد. حال وزنه را بلغزانید تا از دستتان دور شود. احساس می‌کنید که پیچ و تاب شدیدتر می‌شود، اما وزنه تغییری نکرده است. نیروی وارد بر دست شما یکسان است. آنچه تغییر کرده گشتاور است. (شکل ۱۳ـ۳)

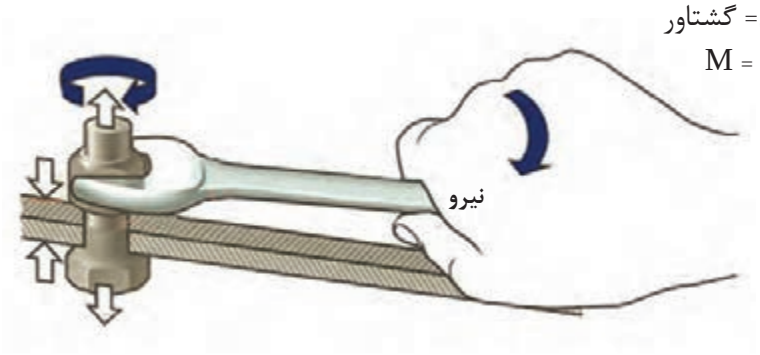

شکل ۱۳ـ۳

نیرو تمایل به حرکت دادن اجسام یا تغییر در سرعت آنها را دارد و گشتاور تمایل به پیچاندن اجسام یا تغییر در حالت چرخش اجسام. اگر بخواهیم جسم ساکنی را به حرکت در آوریم به آن نیرو وارد می‌کنیم ولی اگر بخواهیم جسم ساکنی را بچرخانیم به آن گشتاور وارد می‌کنیم.

گشتاور را به‌صورت حاصل ضرب بازوی اهرم در نیرو تعریف می‌کنیم که می‌خواهد باعث چرخش شود.

نیرو× بازوی اهرم= گشتاور

$$M = d \times F$$



شکل ۱۴ـ۳

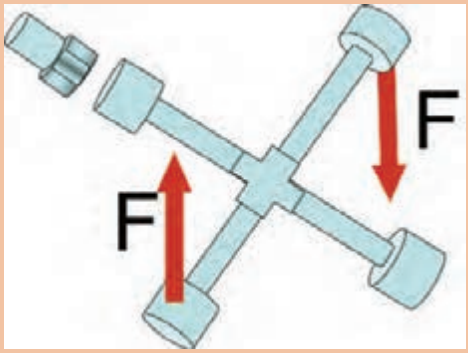
فعالیت

چرا راننده کامیون‌ها در هنگام باز و بسته کردن پیچ‌های چرخ کامیون میله ای را به دسته آچار خود اضافه می‌کنند تا دسته آن بلندتر شود؟

.....

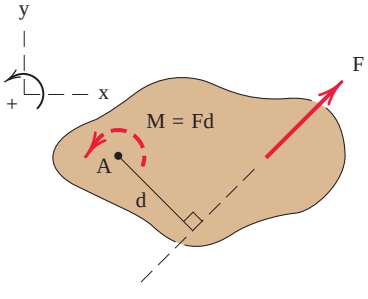
.....





گشتاور نیرو: برای بررسی کامل اثر نیروهایی که بر یک جسم وارد می‌شوند لازم است تا تمایل به چرخشی که در جسم به‌وجود می‌آید نیز بررسی شود. همان‌گونه که می‌دانید گشتاور، معیاری برای اثر چرخشی نیرو حول یک نقطه معین است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M = F \times d$$



شکل ۱۵ـ۳

در رابطه ذکر شده:

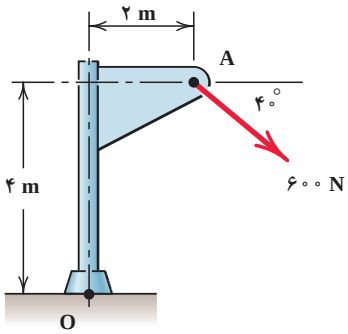
M معرف: گشتاور نیرو با یکای N.m

F معرف: نیرو با یکای N

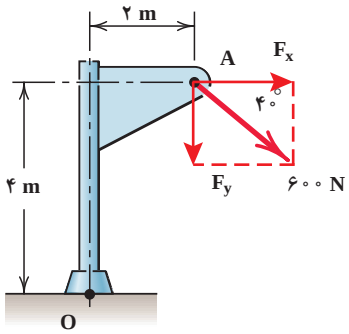
d معرف: بازوی گشتاور با یکای m

گشتاور اعمال‌شده به یک جسم ممکن است جسم را در جهت ساعت‌گرد یا خلاف عقربه ساعت بچرخاند. در اینجا گشتاور ساعت‌گرد با علامت منفی و گشتاور خلاف عقربه ساعت با علامت مثبت نشان داده شده است.

مثال: در سازه زیر گشتاور ناشی از نیروی ۶۰۰ N را حول نقطه O برحسب N.m محاسبه نمایید.



شکل ۱۶ـ۳



شکل ۱۷ـ۳

ـ از رابطه خواهیم داشت:

$F_x = ۶۰۰ \times \cos ۴۰^\circ = ۴۶۰ N$

$F_y = ۶۰۰ \times \sin ۴۰^\circ = ۳۸۶ N$

ـ با محاسبه گشتاور این مؤلفه‌ها حول نقطه O،گشتاور نیروی F حول این نقطه به دست می‌آید:

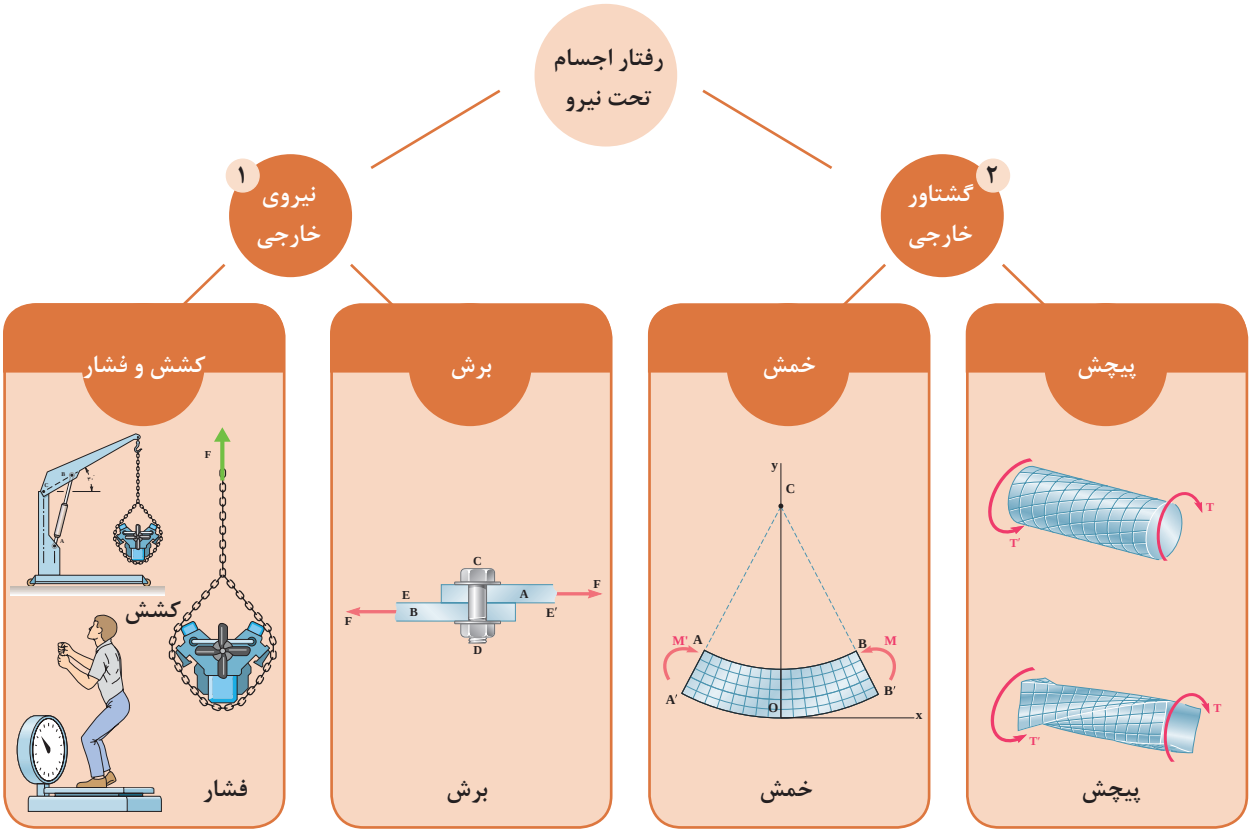
ساعت‌گرد $M_O = (۴۶۰N)(۴m) + (۳۸۶N)(۲m) = ۲۶۱۰ N.m$

نکته

هر دو گشتاور مؤلفه‌ها ، ساعت‌گرد بوده و به این دلیل با یکدیگر جمع شده‌اند.

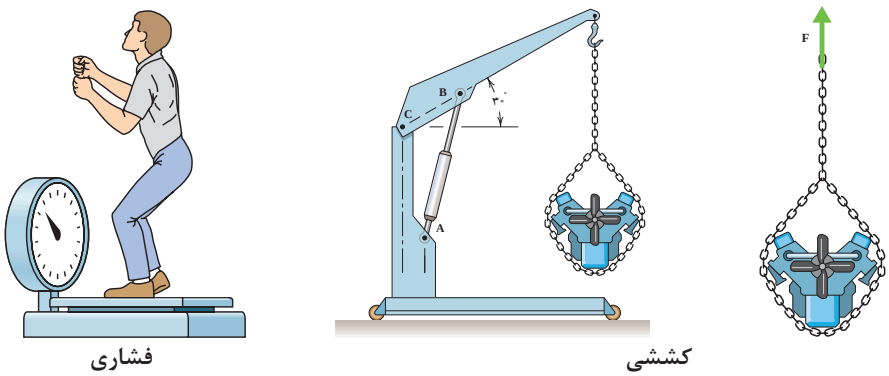
انواع نیروهای وارد بر یک جسم

در قسمت قبل به بررسی مفاهیم پایه در ایستایی پرداختیم که جسم در اثر اعمال نیرو تغییر شکل نمی‌دهد. در این قسمت می‌خواهیم رفتار اجسام را تحت تأثیر نیروهای مختلف تجزیه و تحلیل کنیم.
رفتار اجسام تحت بارهای مختلف عبارت‌اند از:

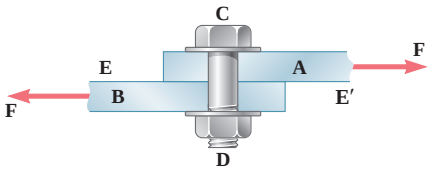


نیروی خارجی

کششی و فشاری: درصورتی‌که به جسمی نیروهایی در امتداد محور طولی و عمود بر سطح مقطع آن وارد شود، می‌توانند به صورت کششی یا فشاری به اجسام وارد شوند و در آنها افزایش یا کاهش طول ایجاد نمایند.



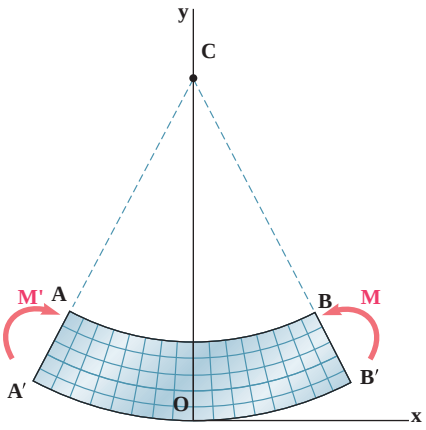
■ **برشی:** جهت درک بهتر این موضوع آزمایش زیر را انجام دهید. کتاب خود را برروی میز به طوری قرار دهید تا از یک سمت به میز و از سمت دیگر آزاد باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اگر به کتاب نیروی عرضی وارد شود علاوه بر خمش، یک لغزش بین صفحات ایجاد می‌شود. این لغزش به دلیل نیروی برشی وارد بر کتاب است.



برشی

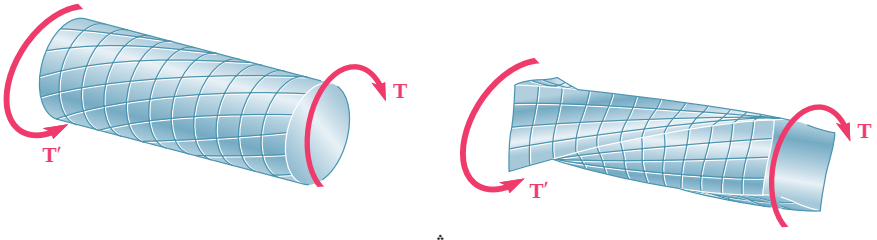
گشتاور خارجی

■ **خمشی (ممان):** در صورتی که دو گشتاور مساوی و در خلاف جهت یکدیگر در دو طرف جسم وارد شود، جسم دچار خمش می‌شود.



خمشی

■ **پیچشی (ترک)**[1]: درصورتی‌که گشتاور وارد بر یک جسم، حول محور طولی‌اش باشد، میله تحت پیچش قرار می‌گیرد.



پیچشی

۱ـ Torque

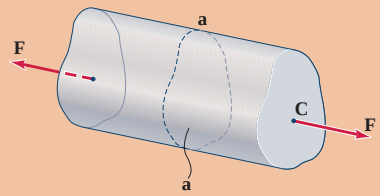
تغییرات ایجاد شده در اجسام با اعمال نیروی محوری به آنها

تنش محوری

به نیروی وارد بر واحد سطح، تنش گفته می‌شود. چنانچه نیروی وارد، نیروی محوری باشد به این نیرو، تنش محوری وارد بر سطح A گفته می‌شود.

فعالیت

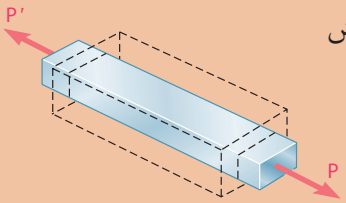
میله منشوری زیر را درنظر بگیریدکه تحت نیروی کششی F قراردارد. به نظر شما اثر نیروی F در یک مقطع دلخواه مانند (a_a) به چه صورتی خواهد بود؟



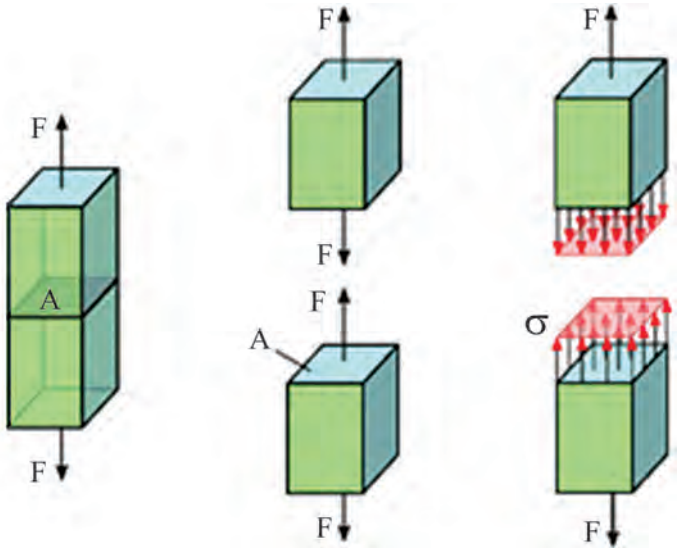
.....

تذکر

بارهای محوری ضمن افزایش یا کاهش طول، سبب کاهش یا افزایش ابعاد دیگر جسم نیز می‌شود.



در شکل ۱۸ـ۳ در سطح مقطع (a_a) تنش محوری به جسم وارد شده است که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.



شکل ۱۸ـ۳

$$\sigma = \frac{\pm F}{A}$$

σ: تنش محوری (فشاری یا کششی)

F: نیروی محوری (کششی با علامت + و فشاری با علامت -)

A: سطح مقطع

واحد تنش در سیستم SI با توجه به رابطه آن، $\frac{N}{m^2}$ (پاسکال PA) می‌باشد و بهتر است به منظور هماهنگی با آئین‌نامه‌ها در محاسبات از واحد $\frac{N}{mm^2}$ (مگا پاسکال MPa) استفاده شود.

نکته

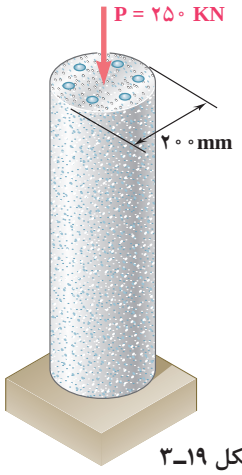
اگر نیروی محوری (F) کششی باشد تنش ایجاد شده تنش کششی خواهد بود و σ مثبت می‌باشد.
اگر نیروی محوری (F) فشاری باشد تنش ایجاد شده تنش فشاری خواهد بود و σ منفی می‌باشد.

مثال: ستونی کوتاه (شکل ۱۹ـ۳) تحت تأثیر نیروی محوری p=۲۵۰KN قراردارد. **تنش** پای ستون را محاسبه کنید؟ نیروی p فشاری است.

$$p = -۲۵۰KN = -۲۵۰ \times ۱۰۰۰ = -۲۵۰۰۰۰\ N$$

$$A = \frac{\pi d^۲}{۴} = \frac{۳/۱۴ \times (۲۰۰)^۲}{۴} = ۳۱۴۰۰\ mm^۲$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{-۲۵۰۰۰۰\ N}{۳۱۴۰۰\ mm^۲} = ۷/۹۶\ \frac{N}{mm^۲}$$



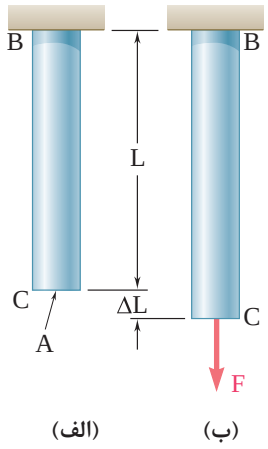
شکل ۱۹ـ۳

تغییر وضعیت ابعادی اجسام با اعمال بار محوری به آنها

تغییر طول اجسام تحت تأثیر بارهای محوری

میله BC به طول L و سطح مقطع A مطابق شکل ۲۰ـ۳ الف مفروض است. اگر نیروی کششی F به آن وارد شود، سبب افزایش طول میله به اندازه ΔL خواهد شد که مقدار آن از رابطه زیر تعیین می‌شود (شکل ۲۰ـ۳ ب).

$$\Delta L = \frac{F \times L}{A \times E}$$



شکل ۲۰ـ۳

در این رابطه E ضریب ارتجاعی (مدول یانگ[۱]) جسم می‌باشد که به جنس میله بستگی دارد و واحد آن نیز همان واحد تنش یعنی $\frac{N}{mm^۲}$ و یا (MPa) است.

۱ـ Young's modulus

مثال

میله فولادی (با ضریب ارتجاعی $E=۲\times۱۰^{۵}$) تحت نیروی $F=۴۷۱KN$ قرار می‌گیرد. میزان تغییر طول ایجاد شده را محاسبه کنید؟

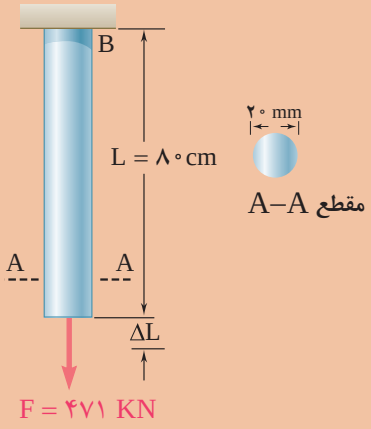
$$F=+۴۷۱KN=+۴۷۱۰۰۰\ N$$

$$L=۸۰cm=۸۰۰mm$$

$$A=\frac{\pi.D^{۲}}{۴}=\frac{R.۲۰^{۲}}{۴}=۳۱۴mm^{۲}$$

$$E=۲\times۱۰^{۵}\ N/mm^{۲}$$

$$\Delta L=\frac{F\times L}{A\times E}=\frac{+۴۷۱۰۰۰\times۸۰۰}{۳۱۴\times۲\times۱۰^{۵}}=+۶\ mm$$



شکل ۳ـ۲۱

کاربرد سیالات در صنعت

هیدرولیک

در دنیای مدرن امروز، هیدرولیک نقش بسیار مهمی در زندگی روزمره مردم بازی می‌کند. اگر با دقت به اطراف خود نگاه کنید می‌بینید که در صنایع مختلف سیستم‌های هیدرولیکی استفاده شده‌اند. فرمان خودرو یک سیستم هیدرولیکی است. ماشین جمع‌آوری زباله، ماشین‌های مورد استفاده در راه‌سازی همگی دارای سیستم هیدرولیکی می‌باشند.

دلیل کاربرد بسیار زیاد سیستم‌های هیدرولیکی را می‌توان به‌سادگی طراحی، سادگی و دقت کنترل، انعطاف‌پذیری، قابلیت افزایش نیرو و راندمان بالای این سیستم‌ها اشاره کرد. البته این سیستم‌ها دارای معایبی نظیر نشتی که باعث افت فشار در سیستم می‌شود و همچنین هزینه‌های بالای قطعات نیز هستند.





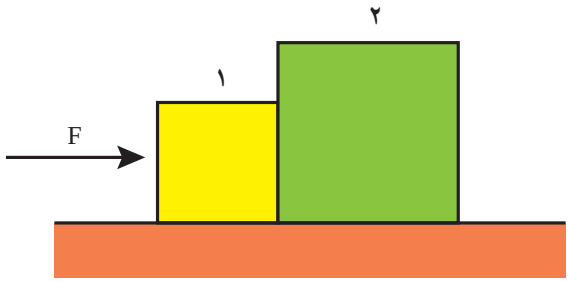




اصل پاسکال

از اصولی‌ترین قوانین حاکم بر سیالات، قانون پاسکال است. طبق این قانون فشار وارده بر یک سیال، درون سیال و در همه جهات منتشر می‌شود.

دو جعبه مانند شکل ۲۲ـ۳ در تماس با هم در نظر بگیرید. اگر به جعبه ۱ نیرویی وارد شود، این جعبه، نیرویی را به جعبه ۲ وارد خواهد کرد.



شکل ۲۲ـ۳

نیروی وارد بر جعبه ۲ در همان جهت نیروی وارد شده بر جعبه است. حال اگر نیرویی را بر یک سیال وارد کنیم، فشار به همه نقاط درون سیال انتقال پیدا می‌کند. این اصل بنیادی را فردی به نام پاسکال کشف کرد و به افتخار ایشان این اصل به نام این دانشمند نام‌گذاری شده است.

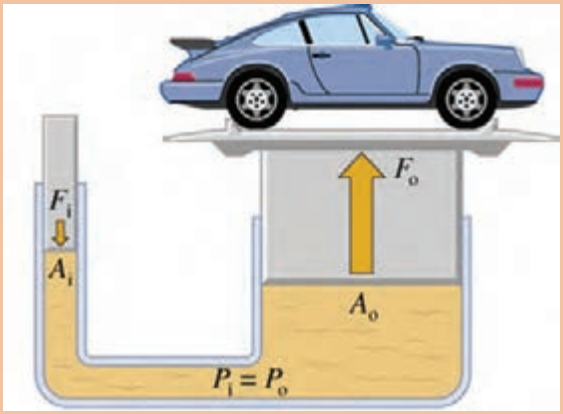
فشار وارد شده بر هر سیال محدود تراکم‌ناپذیر، به همهٔ نقاط درون سیال انتقال پیدا می‌کند.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، فشار به صورت نیروی وارد بر سطح تعریف می‌شود.

$$P = \frac{F}{A}$$

فعالیت

با توجه به اصل پاسکال، می‌توان با یک نیروی کم، یک نیروی زیاد را تولید کرد. با توجه به شکل ۲۳ـ۳، این مفهوم را ثابت کنید.



شکل ۲۳ـ۳

.....

.....

.....

اجزا و ملزومات سیستم هیدرولیکی

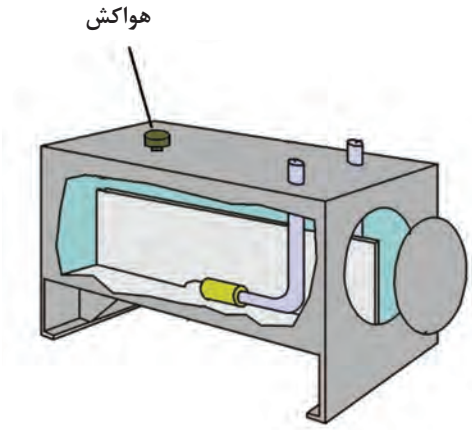
ملزومات سیستم هیدرولیکی

ملزومات

۱ **مخزن:** همان‌طور که از نام آن پیداست، روغن را در خود نگهداری می‌کند. روغن هیدرولیکی از مخزن خارج شده و وارد سیستم هیدرولیکی می‌شود و دوباره به مخزن برمی‌گردد.



۲ **هواکش:** روغن موجود در مخزن، هنگامی‌که سیستم در حال کار کردن است، بالا و پایین می‌رود و یک هواکش برای مخزن به عنوان تأمین هوای بیرونی عمل می‌کند.



نحوه عملکرد فشارسنج

۳ **فشار سنج:** میزان فشار در یک سیستم هیدرولیک را اندازه‌گیری می‌کند. فشارسنج‌ها از لوله بوردون، چرخ‌دنده، عقربه و صفحه مدرج شده تشکیل شده است. عضو اصلی فشار سنج‌ها لوله بوردون می‌باشد. لوله بوردون از یک لوله فلزی خمیده بیضوی تشکیل شده است که با افزایش فشار سیال تمایل به باز شدن داشته و با کاهش فشار انحنای بیشتری می‌یابد. تغییرات انحنا از طریق یک سیستم چرخ‌دنده‌ای به عقربه منتقل می‌شود. جهت و مقدار حرکت عقربه به جهت و مقدار تغییر انحنای لوله بوردون بستگی دارد.



پژوهش کنید

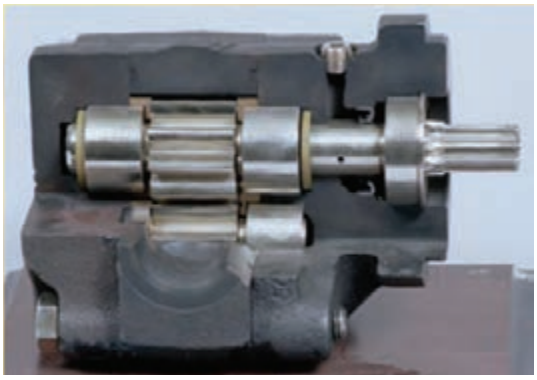
جهت افزایش عمر فشارسنج‌ها در سیستم‌های هیدرولیکی، از آنها چطور استفاده می‌کنند؟

.....

اجزا

سیستم‌های هیدرولیکی دارای سه جزء اصلی به منظور تولید، کنترل و انتقال توان می‌باشند.

۱ **پمپ‌ها:** پمپ‌ها روغن را از مخزن بیرون کشیده و آن را میان یک سری از شیرها و عملگرهای هیدرولیکی (سیلندرها و هیدروموتورها) پخش می‌کنند. پمپ‌ها براساس نوع عملکردشان به انواع مختلفی مانند پمپ‌های دنده‌ای، پمپ‌های پیستونی و پمپ‌های پره‌ای تقسیم می‌شوند.



پمپ دنده‌ای



پمپ پیستونی



پمپ پره‌ای

۲ **عملگرها:** از جمله کاربردهای سیستم‌های هیدرولیکی جابه‌جا کردن اجسام، اعمال نیرو به اجسام و ایجاد گشتاور می‌باشد. قطعاتی که این کار را انجام می‌دهند عملگر نامیده می‌شوند. با توجه به اینکه عملگرها حرکت دورانی و یا حرکت خطی ایجاد می‌کنند به دو دسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) عملگرهای دورانی (هیدروموتورها) ب) عملگرهای خطی (سیلندرها)



عملگر خطی (سیلندر)



عملگر دورانی (هیدروموتور)

۳ **شیرهای کنترل:** یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در سیستم‌های هیدرولیک، بخش کنترل می‌باشد. شیرها وظیفه کنترل را در سیستم‌های هیدرولیکی بر عهده دارند و دارای سه نوع، شیرهای کنترل فشار، شیر کنترل جهت و شیر کنترل جریان می‌باشد.



شیر کنترل فشار



شیر کنترل جهت



شیر کنترل جریان

پنوماتیک

یکی از سیالات مورد استفاده در صنعت، هوای فشرده شده می‌باشد. از هوای فشرده شده جهت کنترل و انتقال نیرو به سیستم‌ها استفاده می‌شود که به این علم پنوماتیک گفته می‌شود. کلمه پنوما از کلمه یونان

قدیم مشتق شده است و به‌عنوان تنفس باد و در فلسفه به‌عنوان روح است.
سیستم‌های پنوماتیکی به دلیل تمیزی، در صنایع بسته‌بندی و صنایع غذایی کاربرد بسیار زیادی دارند.

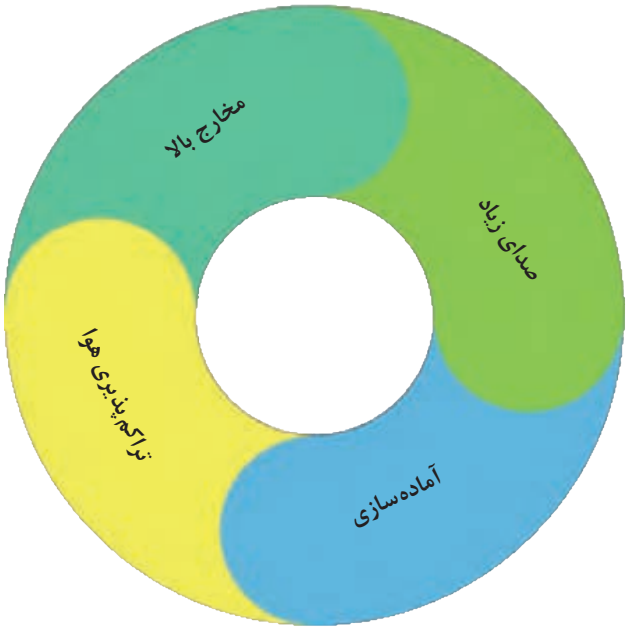

یونیت دندانپزشکی


خط بسته‌بندی

از مزایای پنوماتیک می‌توان به:
۱ در دسترس بودن هوا
۲ انتقال راحت هوای فشرده از طریق لوله
۳ انبار کردن هوا در مخازن و کپسول‌ها
۴ تأثیر کم دما بر روی هوای فشرده
۵ عدم انفجار هوای فشرده
۶ سادگی ساختمان قطعات
۷ تنظیم سرعت و نیرو
۸ تمیزی هوای فشرده
اشاره کرد.



با این وجود سیستم‌های پنوماتیکی دارای معایب و محدودیت‌هایی نیز می‌باشند.
معایب سیستم‌های پنوماتیکی عبارت‌اند از:
۱ صدای زیاد
۲ مخارج بالا
۳ تراکم‌پذیری هوا و در نتیجه عدم امکان ایجاد سرعت یکنواخت در عملگرها
۴ آماده‌سازی



معایب سیستم‌های پنوماتیکی

تراکم‌پذیری هوا

مبانی فیزیکی هوای فشرده

هوا قابلیت تراکم‌پذیری دارد. بدین معنا که اگر هوا تحت فشار قرار بگیرد، متراکم می‌شود.

پژوهش کنید

سرنگی برداشته و طبق شکل زیر انگشت خود را سر آن گذاشته و پیستون را فشار دهید.



همان‌طور که پیستون تا جایی جلو می‌رود ولی از یک نقطه به بعد فشردن آن بسیار دشوار می‌شود.
در کلاس در مورد دلیل این موضوع بحث کنید. چرا پیستون توانست تا حدی جلو برود ولی از این بیشتر ممکن نبود. درحالی‌که در ظاهر چیزی درون سرنگ نبود؟
آزمایش فوق را این بار با سرنگی پر از آب تکرار کنید. این بار چطور؟ آیا سرنگ را توانستید فشرده کنید؟ به نظر شما تفاوت دو آزمایش فوق در چیست؟ شباهتشان چیست؟

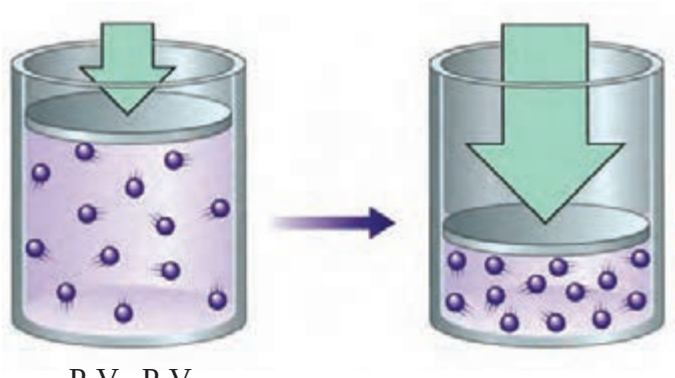
.....

.....

.....

قانون بویل ماریوت

این قانون، بیان می‌کند که حاصل ضرب فشار در حجم یک مقدار معین گاز در صورتی که حرارت ثابت باشد، همیشه ثابت خواهد ماند.



$P_1V_1=P_2V_2$

فعالیت

هوا با حجم $v=2m^3$ تحت فشار $P=400kpa$ قرار دارد. حال با ثابت بودن حرارت چنانچه حجم مذکور در اثر نیرویی به $v=0/5m^3$ برسد فشار حاصله چقدر است؟

.....

اجزا و ملزومات سیستم پنوماتیکی

اجزا

سیستم‌های پنوماتیکی نیز همانند سیستم‌های هیدرولیکی جهت تولید، کنترل و انتقال توان دارای اجزا و ملزوماتی هستند.

در زیر به معرفی هرکدام از این اجزا می‌پردازیم.

اجزای اصلی سیستم‌های پنوماتیکی شامل سه بخش کمپرسورها، شیرهای کنترل و عملگرها می‌باشد.

کمپرسورها: کمپرسورها منبع اصلی تولید هوای فشرده در سیستم‌های پنوماتیکی می‌باشد.

کمپرسورها به طور کلی از نظر نوع ساختمان به سه دسته کمپرسورهای پیستونی، کمپرسورهای دورانی و کمپرسورهای سیالی تقسیم بندی می‌شوند.





■ **شیرهای کنترل:** شیرهای پنوماتیکی جزء عناصر بسیار مهم و کلیدی در مدارات پنوماتیک می‌باشند که تعیین‌کننده نحوه عملکرد مدار می‌باشد.

شیرهای پنوماتیکی از نظر کاربرد به پنج دسته تقسیم می‌شوند:

۱ شیرهای کنترل جهت
۲ شیرهای کنترل جریان
۳ شیرهای کنترل فشار
۴ شیرهای یک‌طرفه
۵ شیرهای قطع و وصل



شیر کنترل جریان | شیر کنترل جهت | شیر کنترل فشار | شیر یک‌طرفه | شیر قطع و وصل

■ **عملگرها:** در سیستم‌های پنوماتیکی انرژی پنوماتیکی توسط عملگرها به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود. عملگرها به دو دسته، عملگرهای خطی (سیلندرها) و عملگرهای دورانی (موتورهای پنوماتیکی) تقسیم می‌شوند.



عملگر خطی (سیلندر)

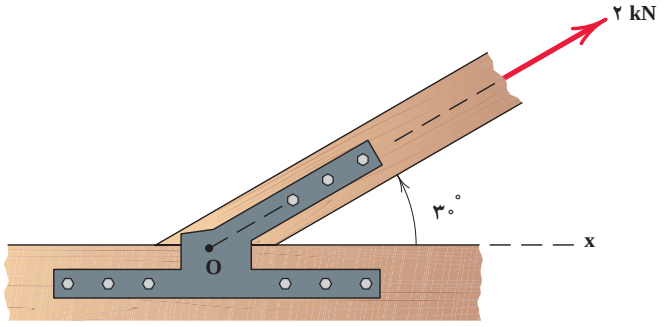


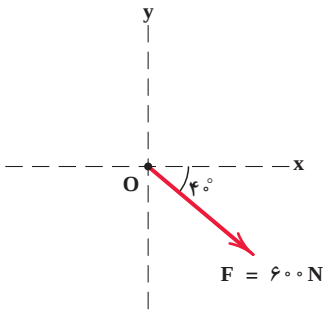
عملگر دورانی (موتور)

ارزشیابی پایانی پودمان سوم

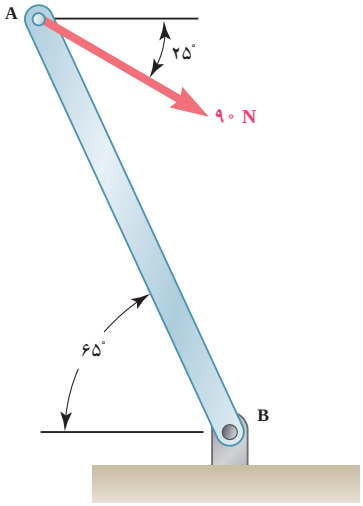
☑ تمرینات فیزیک – مکانیک

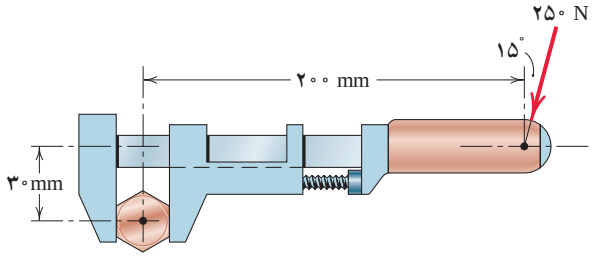
۱ بردار زیر را به مؤلفه‌های متعامد آن تجزیه نمایید؟





۳ گشتاور نیروهای زیر حول محور دوران را با استفاده از تعریف گشتاور حساب کنید؟





راهنمایی: برای محاسبه d کافی است نیرو را امتداد داده و از مرکز دوران بر آن عمود رسم کنیم:

$$\cos\alpha = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$$

۵ لوستری به وزن ۵۰ kN از کابلی به قطر ۳۰ میلی‌متر آویزان است. مطلوب است محاسبه تنش محوری کابل.

۶ ستونی تحت تأثیر بار محوری ۵۰۰ kN قرار دارد. مطلوب است محاسبه تنش در پای ستون (از وزن ستون صرف‌نظر شود).

۷ نیرویی برابر ۱۰۰۰kN بر یک صفحه کف ستون وارد می‌شود. اگر تنش زیر صفحه ۵MPa باشد، مطلوب است محاسبه ابعاد کف ستون درصورتی‌که صفحه کف ستون:

الف) مربع باشد.

ب) دایره باشد.

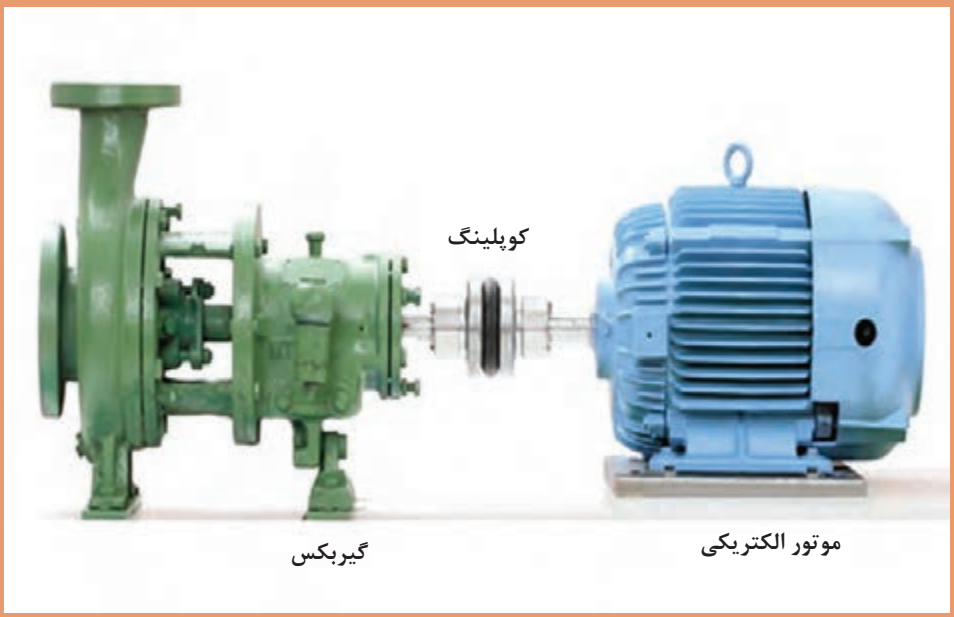
پروژه

با کمک هم‌گروهی خود پل ماکارونی بسازید و مقاومت آن را در بارگذاری نسبت به پل ماکارونی سایر هم‌کلاسی‌هایتان بررسی کنید. راهکار خود را برای بهبود مقاومت پل خود بنویسید.



پودمان ۴

شناخت مواد و اجزای ماشین



- خواص مکانیکی و خواص فیزیکی مواد را توضیح دهد.
- یاتاقان را تعریف کرده، انواع و کاربردهای آن را توضیح دهد.
- کوپلینگ را تعریف کرده، انواع و کاربردهای آن را توضیح دهد.
- چرخ دنده را تعریف کرده، انواع و کاربرد آن را توضیح دهد.
- فنر را تعریف کرده، انواع و کاربرد آن را توضیح دهد.
- چرخ زنجیر، چرخ و تسمه را تعریف کرده، انواع و کاربرد هریک را توضیح دهد.
- بادامک را تعریف کرده، انواع و کاربرد آن را توضیح دهد.

طبقه‌بندی مواد

مواد را می‌توان به‌صورت‌های مختلف طبقه‌بندی کرد. یکی از این طبقه‌بندی‌ها بر اساس خواص الکتریکی مواد می‌باشد که به سه دسته رساناها، نیمه‌رساناها و عایق‌ها دسته‌بندی می‌شوند. در طبقه‌بندی دیگر مواد مورد استفاده در مهندسی به‌صورت فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها و کامپوزیت‌ها تقسیم‌بندی می‌شود که این تقسیم‌بندی از سایر انواع تقسیم‌بندی‌ها جامع‌تر است.

فلزات

آهن، آلومینیم، مس، نیکل، فولاد و برنج از جمله فلزات و آلیاژهای متداول در صنعت هستند. آلیاژ، ماده‌ای است با خواص فلزی و تشکیل شده از دو یا چند عنصر شیمیایی که حداقل یکی از آنها فلز است. فولاد و برنج از جمله آلیاژهای مورد استفاده در صنعت هستند زیرا فلزات در صنعت به ندرت به‌صورت خالص استفاده می‌شوند و برای بهبود خواص آنها، معمولاً عناصر فلزی را با یکدیگر و یا با عناصر غیرفلزی آلیاژسازی می‌کنند. فلزات دارای خواص الکتریکی، حرارتی و مکانیکی بسیار خوبی هستند. پس از انقلاب اسلامی با تکیه بر توان داخلی و تعهد متخصصین جوان، ظرفیت سالانه تولید انواع فولاد از ۳۶۰ هزارتن به حدود ۲۲ میلیون تن رسیده است. این میزان از تولید و پیشرفت کشور در شرایط تحریم‌های شدید علمی، اقتصادی و فنی با اتکا به توانایی داخلی، مشارکت نیروی انسانی جوان و مستعد و استفاده از ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان میسر گردیده است.

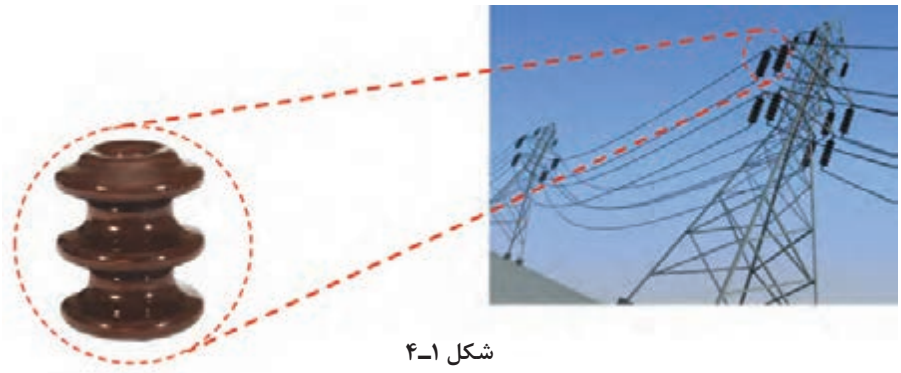
فعالیت

برنز و برنج دو آلیاژ پرکاربرد مس است. جدول زیر را کامل کنید.

فلز	تصویر	عناصر سازنده	ویژگی‌ها	کاربرد
برنز				
برنج				

سرامیک‌ها

سرامیک‌ها، از ترکیب شیمیایی فلزات با تعدادی از عناصر غیرفلزی تشکیل می‌شوند. موادی مانند اکسیدها (Al_2O_3)، نیتریدها و کاربیدها (Sic) از سرامیک‌های مرسوم هستند. سرامیک‌ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند. به عنوان مثال می‌توان به سفال، چینی، شیشه و سیمان اشاره کرد. شکنندگی و سختی زیاد و عایق بودن حرارتی و الکتریکی از خواص سرامیک‌هاست. همچنین سرامیک‌ها در برابر حرارت‌های بسیار زیاد و محیط‌های به‌شدت خورنده، مقاومت زیادی دارند. سرامیک‌ها می‌توانند شفاف یا مات باشند و تعدادی از آنها هم دارای خواص مغناطیسی هستند.



شکل ۱ـ۴

پلیمرها

پلیمرها از زنجیرهای بلند کربنی (منومر) در کنار یکدیگر به‌وجود می‌آیند. این مواد شامل گروه اصلی پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها هستند. تعداد زیادی از پلیمرها دارای پایه آلی هستند، مانند لاستیک که از صمغ نوعی درخت خاص تهیه می‌شود. از پلیمرهای بسیار رایج می‌توان به پلی‌اتیلن PE، نایلون و پلی‌وینیل کلراید (PVC) اشاره کرد. چگالی کم، مقاومت در مقابل خوردگی و پایداری شیمیایی از جمله خواص پلیمرها به‌شمار می‌آیند. بیشتر این مواد دارای چگالی کمی هستند و خواص منحصربه‌فردی دارند. از جمله این خواص، نسبت استحکام به وزن آنهاست که باعث می‌شود در شرایط یکسان این نسبت در آنها بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها باشد. پلیمرها به راحتی به اشکال پیچیده‌تر در می‌آیند، زیرا در دمای زیاد، خاصیت جاری شدن این مواد به شدت افزایش می‌یابد و امکان قالب‌گیری آنها را در فرم‌های مختلف فراهم می‌سازد. بیشتر این مواد در محیط‌های خورنده بی اثر هستند و خواص شیمیایی خود را به خوبی حفظ می‌کنند، ولی مقاومت حرارتی آنها کم است و همین امر استفاده از آنها را محدود می‌سازد. به علت عایق بودن پلیمرها در برابر جریان الکتریسیته، از آنها برای جلوگیری از عبور جریان برق در تجهیزات گوناگون استفاده می‌شود.



شکل ۲ـ۴

کامپوزیت‌ها

در کاربردهای مهندسی، امکان استفاده از یک نوع ماده که همهٔ خواص مورد نظر را فراهم کند، وجود ندارد. به عنوان مثال، در صنایع هوافضا، به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا، سبک بوده و مقاومت به خوردگی و سایش بالا داشته باشد. کامپوزیت‌ها، موادی چندجزئی هستند که خواص آن در مجموع از هر کدام از اجزاء بهتر است؛ ضمن اینکه اجزای مختلف، خواص خود را نیز حفظ می‌کنند و کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. معمولاً کامپوزیت‌ها از یک جزء زمینه و یک جزء تقویت‌کننده تشکیل شده‌اند. کامپوزیت‌ها به سه دسته کامپوزیت‌های زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از مرسوم‌ترین و پرکاربردترین کامپوزیت‌ها، فایبرگلاس است.

فایبرگلاس یک کامپوزیت با زمینه پلیمری است که توسط الیاف شیشه تقویت شده است. الیاف شیشه، استحکام زمینه پلیمری را افزایش می‌دهند. این کامپوزیت، انعطاف‌پذیری خوبی در طراحی قطعات دارد. از خواص دیگر آن نسبت استحکام به وزن بالای آن و مقاومت به خوردگی خوب آن است. انواع پروفیل‌های ساختمانی، انواع کانال مخصوص عبور سیم و لوله از کاربردهای فایبرگلاس است. در کامپوزیت‌های الیاف کربن، الیاف کربن به دلیل داشتن خواص مکانیکی برجسته مانند استحکام و چقرمگی بالا، سبکی و مقاومت به خوردگی به عنوان تقویت‌کننده در ساخت کامپوزیت‌ها به کار می‌رود. کامپوزیت‌های الیاف کربن در صنعت ساختمان برای کاهش وزن سازه‌ها، لوازم ورزشی، صنعت خودرو، هواپیما و قطارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳ـ۴

فعالیت

در قدیم از ماده‌ای کامپوزیتی در ساخت خانه‌ها استفاده می‌شد. نام آن چیست و دلیل استفاده از آن چه بود؟

.....

.....

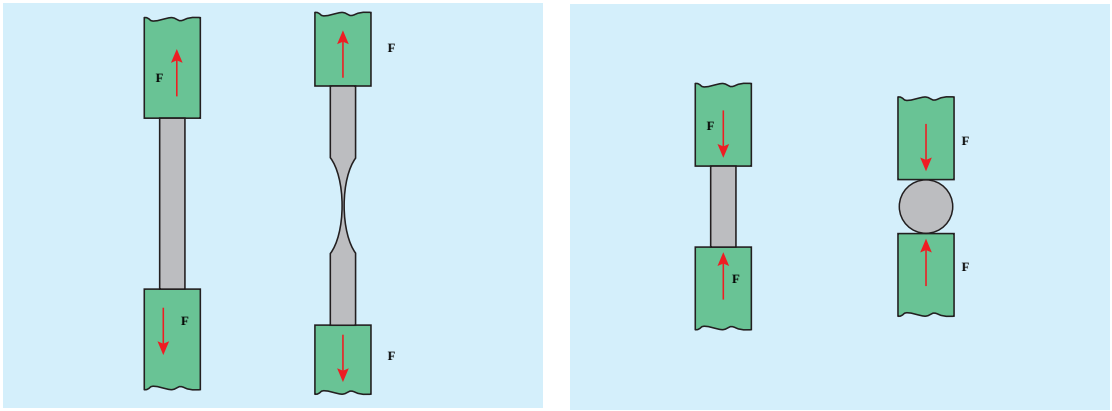
.....

خواص مکانیکی

در علم مهندسی، قطعات طوری طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای مختلفی را تحمل کنند. اعمال نیرو و میزان آن تا جایی ادامه می‌یابد که قطعه یا جزء موردنظر به تغییر شکل دائم و یا شکست نرسد. رابطه میان نیرو و تغییر شکل را بیشتر توسط خواص مکانیکی مواد می‌سنجند. یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که در شناخت

خواص مکانیکی مواد اهمیت دارد، تنش نامیده می‌شود. مفاهیم تنش و فشار در رابطه تنگاتنگی با یکدیگر قرار دارند. در حقیقت تنش، از تقسیم مقدار نیرو بر واحد سطح به‌دست می‌آید. واحد تنش نیوتن بر متر مربع است که با پاسکال (Pa) نشان داده می‌شود.

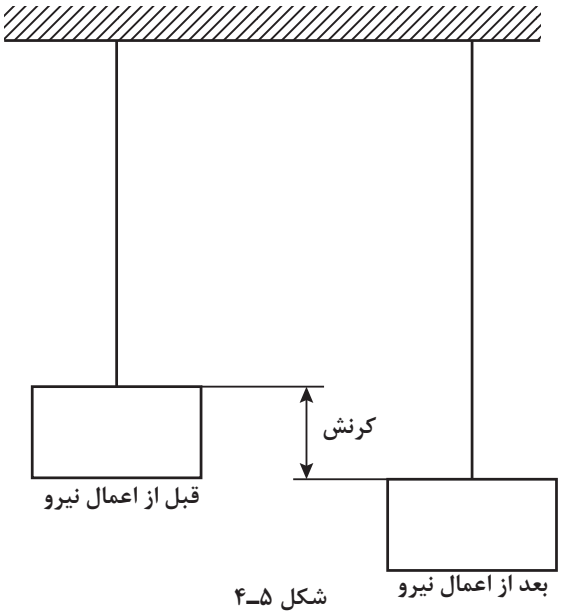
تنشی که باعث می‌شود تا جسم کشیده شود، تنش کششی، و تنشی که موجب کوتاه‌تر شدن طول جسم می‌شود را تنش فشاری می‌نامند.



تنش کششی　　تنش فشاری

شکل ۴ـ۴

اثر نیرو بر اجسام به‌صورت تغییر شکل آنها قابل مشاهده است. برای مثال یک کش پلاستیکی با کشیده شدن، دچار افزایش طول می‌شود. در حقیقت تمام مواد جامد موجود در طبیعت در اثر اعمال نیرو دچـــار تغییر طول‌های کوچک یا بزرگ می‌شوند. البته این تغییر شکل در بسیاری ازآنها غیر قابل مشاهده است. میزان تغییر ابعاد را تغییر شکل یا به اصطلاح کرنش می‌نامند. در یک ماده مشخص به ازای هر کرنش یک تنش وجود دارد. در حقیقت، کرنش اندازه تغییر شکل حاصل از اثر نیرو را به ما نشان می‌دهد.



شکل ۵ـ۴

استحکام[1]

استحکام عبارت است از میزان مقاومت یک جسم در برابر تغییر شکل، بدون آنکه دچار شکست شود. در این رابطه استحکام فشاری و کششی از مهم‌ترین مفاهیمی هستند که مورد بررسی قرار می‌گیرند. استحکام کششی به بیان میزان مقاومت یا توانایی جسم در تحمل نیروهای کششی، بدون آنکه گسستگی رخ دهد، گفته می‌شود. امکان افزایش استحکام کششی از طریق آلیاژسازی و عملیات حرارتی به وجود می‌آید. استحکام فشاری نیز به‌طور معکوس به میزان توانایی یک جسم در تحمل نیروهای فشاری، بدون آنکه شکسته شود، اطلاق می‌شود.

ماده	استحکام (MPa)
چوب	۲ تا ۱۲
پلیمرها	۶۰ تا ۱۰۰
آلومینیوم و آلیاژهای آن	۱۰۰ تا ۶۰۰
مس و آلیاژهای آن	۸۰ تا ۱۰۰۰
آهن و فولادهای کربنی	۲۵۰ تا ۱۳۰۰

سختی[2]

میزان مقاومت یک ماده در برابر نفوذ اجسام خارجی را سختی آن می‌نامند و هر چقدر سختی یک ماده بیشتر باشد، مقاومت به نفوذ آن نیز بیشتر خواهد بود. سختی رابطه مستقیمی با استحکام دارد، به‌طوری‌که هر چقدر سختی بیشتر شود، استحکام نیز افزایش خواهد یافت. از طرفی می‌توان انتظار داشت که ماده سخت به راحتی در مواد دیگری که دارای سختی کمتری از آن هستند، فرو رود. در میان مواد، الماس به‌دلیل داشتن پیوندهای کووالانسی قوی میان اتم‌های سازنده آن که همان کربن است، سخت‌ترین ماده است. سختی مواد را به روش‌های متفاوتی اندازه‌گیری می‌کنند. این روش‌ها عبارت‌اند از: روش برنیل، ویکرز و راکول. تفاوت این آزمون‌ها بیشتر در نوع و شکل فرورونده دستگاه تست سختی‌سنج است.



شکل ۷ـ۴: الماس، سخت‌ترین ماده شناخته شده



شکل ۶ـ۴: براده‌برداری به‌وسیله تیغه کاربیدی

۱ـ Strength

۲ـ Hardness

فعالیت

در مورد روش های مختلف اندازه‌گیری سختی تحقیق کنید.

.....

.....

شکل‌پذیری

توانایی یک ماده در تغییرشکل بدون شکسته شدن را شکل‌پذیری می‌گوییم. در حقیقت رابطه مستقیمی میان ازدیاد طول و شکل‌پذیری وجود دارد و هر ماده‌ای که بتواند در برابر نیروهای وارده افزایش طول بیشتری داشته باشد را ماده شکل‌پذیر (نرم) می‌گوییم. موادی را که در برابر تغییرشکل مقاومت ندارند و به سرعت می‌شکنند، ترد می‌نامیم. شیشه از بارزترین مثال‌های مواد ترد است. در تصادف میان دو خودرو بدنه آنها خرد نمی‌شود، بلکه دچار تغییر شکل می‌شود، چـــرا که فلزات موادی شکل‌پذیرند. فولادها، تا یک پنجم طول خود قابلیت ازدیاد طول دارند و این درحالی است که چدن تنها یک درصد ازدیاد طول را تحمل می‌کند. ترموپلاستیک‌ها که خانواده‌ای از پلیمرها هستند، می‌توانند تا پنج برابر طول خود کشیده شوند، بنابراین مواد بسیار شکل‌پذیری به حساب می‌آیند. با توجه به جدول زیر می‌توان دریافت که چرا برای تولید قطعات ظریف که به استحکام چندانی نیاز ندارند، ترجیح می‌دهند از مس و آلیاژهای آن استفاده شود.

ماده	درصد ازدیاد طول آن
سرامیک	۰
شیشه	۰
فولاد	۲۵ـ۱۸
روی و آلیاژهای مس	۱۰۰ـ۱۰
مس	۵۵

چقرمگی[1]

ماده چقرمه به ماده‌ای گفته می‌شود که در برابر ایجاد ترک و گسترش آن مقاومت کند. مواد ترد مثل شیشه از چقرمگی بسیار پایینی برخوردار هستند. هرگاه در اثر ضربه یک ترک کوچک ایجاد شود این ترک به سرعت در تمام سطح آن گسترش می‌یابد. چقرمگی را می‌توان از طریق دیگری هم تعریف کرد و آن، توانایی ماده در جذب ضربه و مستهلک کردن آن در خود است. هر چقدر ماده، بیشتر بتواند بدون آنکه بشکند انرژی ضربه را درون خود مستهلک کند، آن ماده چقرمه‌تر خواهد بود. استفاده از پلیمر، کامپوزیت در سپر اتومبیل نیز به دلیل چقرمگی بالای آنها نسبت به فلزات است، درنتیجه می‌تواند ضربه را در درون خود مستهلک سازد.

۱ـ Toughness

فعالیت

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی انجام دهید. به نظر شما کدام سفت تر، مستحکم تر و چقرمه تر است؟

.....

.....

.....

جلوه‌های آفرینش

در بدن انسان اسکلت و استخوان‌ها وظایف گوناگونی دارند که حفاظت از اندام‌هایی مانند مغز، قلب و شش‌ها از مهم‌ترین آنها است. حرکت بدن انسان نیر بر پایه اسکلت و استخوان‌ها است. چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات قرار می‌گیرد، شکل دادن به بدن انسان نیز از دیگر وظایف استخوان‌ها است. استخوان‌های ما ۱۴ درصد از وزن کل بدنمان را تشکیل می‌دهند. بدن انسان در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده است. تعداد استخوان‌ها به مرورکمتر و در بزرگ‌سالی به ۲۰۶ عدد کاهش می‌یابد. یکی شدن چند استخوان با هم، علت کم شدن تعداد استخوان‌های بدن است. بیشترین تعداد استخوان‌های بدن در دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی ۵۴ استخوان دارد. صورت ۱۴ و پا ۲۶ استخوان دارد.طولانی‌ترین استخوان بدن، استخوان ران پاست. این استخوان یک چهارم قد هر فرد را تشکیل می‌دهد. کوچک‌ترین استخوان بدن در گوش میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده می‌شود و کمتر از سه میلی‌متر است. تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی یافته و دیگر تغییر نمی‌کند، در گوش قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان‌های بدن سفت و محکم هستند اما ۷۵ درصد آنها را آب تشکیل می‌دهد. هر کدام از استخوان‌ها شکل خاصی دارند و بارگذاری و اعمال نیرو بر روی آنها متفاوت است. در هر نوع از بارگذاری بیش از حد بر روی استخوان شکل شکستن استخوان متفاوت است.



شکل ۸ـ۴

خواص فیزیکی

خواص فیزیکی مواد، به ساختمان اتمی آنها بستگی دارد. نوع پیوند میان اتم‌ها و چگونگی قرارگیری آنها در کنار یکدیگر از مواردی است که بر خاصیت مواد اثر مستقیم دارد.

فعالیت

انواع پیوند موجود میان اتم‌ها را نام ببرید و ویژگی هرکدام را ذکر کنید.

.....

.....

نقطه ذوب

نقطه ذوب، درجه حرارتی است که ماده جامد در آن درجه حرارت به حالت مایع تبدیل می‌شود. برای مثال این درجه حرارت برای یخ، دمای صفر درجه است و دمای ذوب آهن آن‌قدر بالا است که جهت ذوب آن نیاز به کوره می‌باشد. مواد و عناصر به‌صورت خالص دمای ذوب ثابتی دارند.



شکل ۹ـ۴



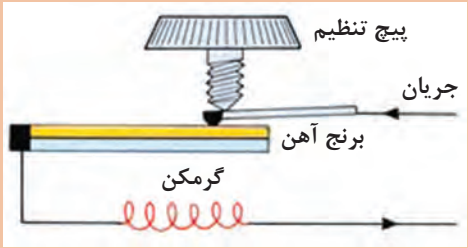
شکل ۱۰ـ۴

انبساط حرارتی

به جز تعدادی محدود، بیشتر مواد جامد با افزایش درجه حرارت، افزایش طول می‌دهند و با کاهش درجه حرارت (سرد شدن) طول آنها کاهش می یابد. جامدات نه تنها از لحاظ طول، بلکه از لحاظ عرض و ضخامت نیز افزایش می‌یابند. هر ماده‌ای دارای ضریب انبساط خطی و حجمی مربوط به خود است که در بسیاری از کاربردهای مهندسی، این ضریب از اهمیت خاصی برخوردار است.

فعالیت

در تصویر مقابل یک ترموستات نشان داده شده است. جدول زیر را کامل کنید.



شکل ۱۱ـ۴

اجزای سازنده	.....
نحوهٔ عملکرد	.....
کاربرد	.....

جرم مخصوص

جرم واحد حجم هر ماده را جرم مخصوص می‌گویند که برای هر ماده مقدار معین و ثابتی است که به نوع و ساختمان ماده بستگی دارد.

قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی

میزان سهولت در عبور حرارت یا جریان الکتریکی، از خصوصیات مهم مواد است. چنانچه ماده‌ای قابلیت عبور جریان الکتریکی از درون خود را نداشته باشد، آن را نارسانا و درصورتی‌که ماده‌ای دارای این قابلیت باشد، آن را رسانا می‌گویند. در حقیقت هر چقدر ماده‌ای رساناتر باشد، اتم‌های آن ماده در برابر عبور جریان الکتریکی مقاومت کمتری ایجاد می‌کنند. اثر مقاومت بیشتر اتم‌ها در برابر حرکت الکترون‌ها و جریان الکتریکی به‌صورت گرما در ماده نشان داده می‌شود (یعنی هر چقدر مقاومت در برابر عبور جریان بیشتر باشد، ماده گرم‌تر خواهد شد). درست به همین دلیل است که گرمکن‌های برقی با استفاده از چند مفتول فلزی گرمای زیادی تولید می‌کنند. هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی، رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر دارند. در بیشتر موارد هر چقدر ضریب هدایت الکتریکی بیشتر باشد، ضریب هدایت حرارتی بیشتر است و ماده حرارت را راحت‌تر از خود عبور می‌دهد.

قابلیت هدایت حرارتی عبارت است از توانایی یک جسم در انتقال حرارت از نقطه‌ای به نقطه دیگر. حال هرچقدر این قابلیت بیشتر باشد، ماده با اتلاف انرژی کمتری حرارت را ازخود عبور می‌دهد و به جای دیگر می‌برد. برای مثال حتماً تاکنون توجه کرده‌اید که یک قاشق فلزی در داخل ظرف فلزی غذایی که روی اجاق گاز قرار دارد، بسیار گرم‌تر از یک قاشق چوبی است، چرا که ضریب انتقال حرارت در فلزات بسیار بالاتر از چوب است، به‌طوری‌که بیشتر مواد پلیمری عایق حرارتی هستند و حرارت را از خود عبور نمی‌دهند.

آزمایش کنید

مواد مورد نیاز

۱ دو لیوان

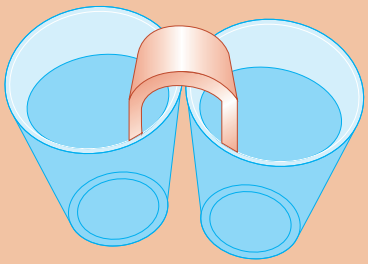
۲ سیم مفتولی مسی و آلومینیومی و آهنی

روش انجام آزمایش

در یکی از لیوان‌ها آب سرد و در دیگری آب جوش بریزید. سیم مفتولی را خم کنید به‌طوری که یک پایه در لیوان آب جوش و دیگری در لیوان آب سرد قرار گیرد. مشاهدات خود را در زیر یادداشت کنید.

.....

.....



شکل ۱۲ـ۴

آزمایش را با سیم‌های مفتولی با جنس‌های مختلف تکرار کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید.

.....

.....

خواص تکنولوژیکی مواد

قابلیت چکش‌خواری، جوشکاری و براده‌برداری مواد را خواص تکنولوژیکی می‌گویند.



شکل ۱۳ـ۴

قابلیت چکش‌خواری[1]

توانمندی تغییر شکل مواد را به کمک نیروی فشاری و ضربه، قابلیت چکش‌خواری می‌نامند. به عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می‌توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم‌کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد.

فعالیت

جدول زیر را کامل کنید.

نام عملیات	تصویر	روش انجام
آهنگری		.....
خم‌کاری		.....
نورد		.....

۱ـ Malleability

قابلیت ریخته‌گری

این مفهوم رابطه تنگاتنگی با شکل‌پذیری دارد. برخی از مواد را می‌توان به خوبی توسط فرایند ریخته‌گری تولید کرد. این مواد به دلیل خاصیت سیّالیت خوبشان در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به خوبی پر می‌کنند. از این جمله می‌توان به چدن و آلومینیم اشاره کرد.

قابلیت جوشکاری

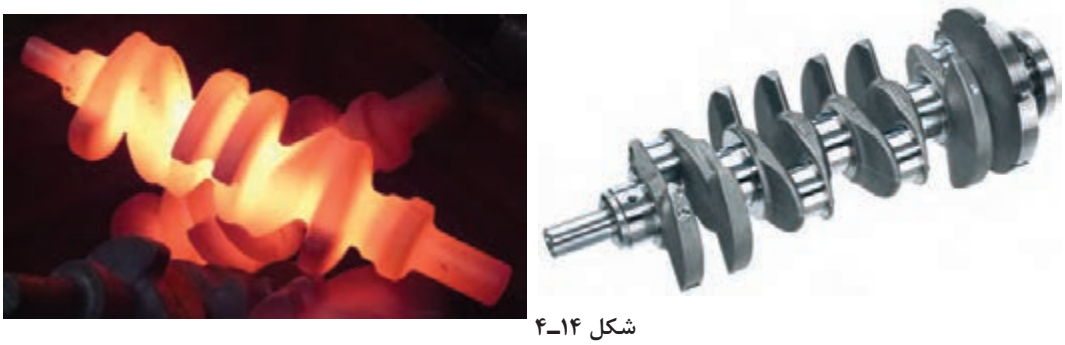
موادی قابلیت جوشکاری دارندکه بتوان آنها را به کمک حرارت یا حرارت توأم با فشار، به‌صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها و بعضی فلزات غیرآهنی قابلیت جوشکاری دارند.

قابلیت براده‌برداری

موادی دارای قابلیت براده‌برداری هستند که بتوان آنها را با سرعت زیاد و نیروی کم ماشین‌کاری (براده‌برداری) کرد و سطح آنها پس از براده‌برداری، همچنان صاف و پرداخت شده باشد.

عملیات حرارتی

در بیشتر کاربردهای مهندسی لازم است که پس از انجام فرایندهای ماشین‌کاری، شکل‌دهی و یا جوشکاری، خاصیت ویژه‌ای در قطعه کار تقویت یا حذف شود. از عملیات حرارتی برای افزایش استحکام، سختی یا افزایش ضربه‌پذیری (چقرمگی) قطعات فلزی استفاده می‌شود. البته این تنها کاربرد عملیات حرارتی نیست، و بهبود خواص ماشین‌کاری و بهبود شکل‌پذیری قطعه در فرایندهای شکل‌دهی نیز از دیگر کاربردهای عملیات حرارتی است. نوع عملیات حرارتی که بر روی یک نوع فلز خاص صورت می‌پذیرد کاملاً به جنس آن فلز وابسته است و اساساً هرنوع عملیات حرارتی را نمی‌توان روی هر نوع فلز آلیاژی انجام داد. در میان فلزات و آلیاژها، خانواده فولادها قابلیت عملیات حرارتی زیادی را از خود نشان می‌دهند و می‌توان خواص مختلف را از طریق عملیات حرارتی در آنها ایجاد کرد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاربرد روزافزون فولادها در صنایع مختلف وجود همین خاصیت در آنهاست.



شکل ۱۴ـ۴

عملیات حرارتی عبارت است از مجموعه‌ای از گرم و سرد کردنِ برنامه‌ریزی‌شده قطعه، برای رسیدن به ترکیب و خواص مورد نظر. مراحل انجام عملیات حرارتی عموماً شامل۳ مرحله اساسی است. مرحله اول گرم کردن فولاد تا درجه حرارت مشخصی که بستگی به نوع عملیات حرارتی دارد. در این مرحله لازم است سرعت حرارت دادن بسته به نوع قطعه، کنترل شود. مرحله دوم قطعه در دما و زمان معینی در داخل کوره

نگهداری می‌شود تا کاملاً همگن شود. مرحله سوم، براساس خواص موردنظر، قطعه را به روش‌های مختلف سرد می‌کنند.

روش‌های عملیات حرارتی

از مهم‌ترین روش عملیات حرارتی، می‌توان به فرایند تنش زدایی ـ سخت کردن و نرم کردن اشاره کرد در این عملیات، با توجه به نوع روش می‌توان به خواص مورد نظر دست یافت.

فرایند تنش‌زدایی

تنش پسماند به دلایل مختلف در قطعه ایجاد می‌شود. نورد، ریخته‌گری، آهنگری و جوشکاری از جمله منابع ایجاد تنش پسماند در قطعه هستند. در فرایند تنش‌زدایی، قطعه در درجهٔ حرارت ۰/۱ نقطهٔ ذوبش گرم می‌شود. در این حالت باید قسمت‌های درون قطعه نیز به دمای مذکور برسد. سپس به آرامی قطعه تا دمای اطاق سرد می‌شود. باید توجه داشت که تمام نقاط قطعه به‌طور یکنواخت سرد شود، خصوصاً در مورد قطعاتی که پیچیدگی ابعادی دارند.

سخت کردن

گاهی اوقات لازم است برای رسیدن به خواص مورد نظر در فولاد آن را سخت کرد. بنابراین باید نحوهٔ سرد کردن، کنترل و انتخاب شود. ضخامت پوسته مورد نیاز برای سخت شدن باید با انتخاب صحیح جنس قطعه و محیط سردکننده مناسب کنترل شود. به عنوان مثال، برای سخت کردن فولادهای ساده کربنی بیشتر از آب استفاده می‌شود. هر چه عناصر آلیاژی فولاد بیشتر باشد به محیط سردکننده ملایم‌تری نیاز دارد. هرچه محیط ملایم‌تر باشد احتمال تاب برداشتن و تغییر شکل قطعه در ضمن سرد شدن کمتر خواهد بود.

اجزای ماشین

یاتاقان‌ها

یاتاقان‌ها محل استقرار و تکیه‌گاه زبانه میله‌ها بوده و وظیفه حمل و راهنمایی آنها را به عهده دارند.

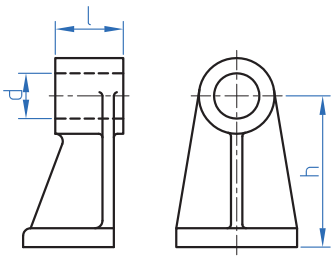


شکل ۱۵ـ۴



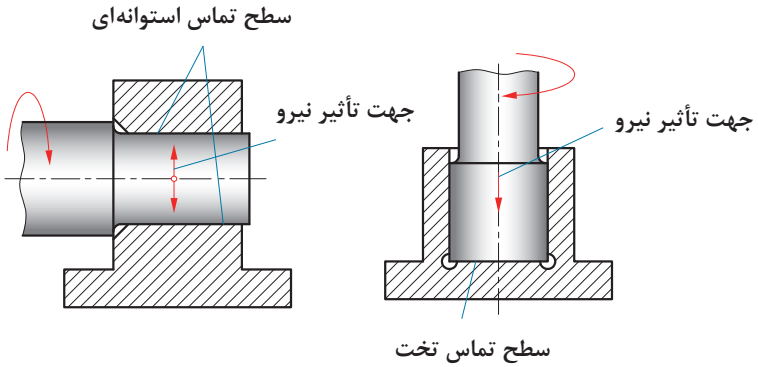
شکل ۱۶ـ۴

یاتاقان‌ها از نظر نوع اصطکاک به دو گروه تقسیم می‌شوند:
الف) یاتاقان‌های لغزشی ب) یاتاقان‌های غلتشی
در یاتاقان‌های لغزشی میله در داخل سوراخ یا یاتاقان (یا بوش یاتاقان) می‌گردد.
شکل ۱۷ـ۴ ابعاد مهم یک یاتاقان را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷ـ۴

نیروهایی که بر یاتاقان‌ها وارد می شود را می‌توان به دو دسته : شعاعی و محوری تقسیم کرد.
الف) یاتاقان شعاعی نیرو را در امتداد شعاع تحمل می‌کند (سطح تماس این یاتاقان‌ها به شکل استوانه است).
ب) یاتاقان محوری که نیرو را در امتداد محور تحمل می‌کند (سطح تماس این یاتاقان‌ها تخت و به شکل دایره است).



شکل ۱۸ـ۴

یاتاقان‌های لغزشی در نمونه‌های متفاوتی تولید می‌شود که در اینجا فقط به دو نمونه اشاره می‌شود.
یاتاقان‌های چشمی که در دو نوع: (الف) بوش‌دار شکل ۱۹ـ۴ و (ب) بدون بوش (شکل ۲۰ـ۴) تولید می‌شوند.



شکل ۱۹ـ۴



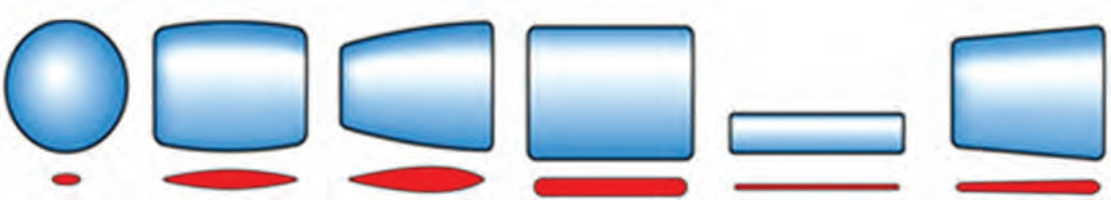
شکل ۲۰ـ۴

یاتاقان‌های غلتشی

یاتاقان‌های غلتشی از چهار قسمت مطابق شکل تشکیل شده‌اند.



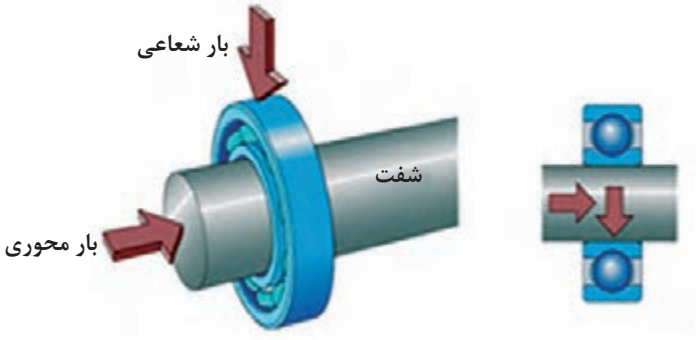
شکل ۲۱ـ۴



شکل ۲۲ـ۴

زمانی‌که بین محور و یاتاقان از قطعات غلتان به شکل کره، استوانه و مخروط استفاده می‌شود، اصطکاک لغزشی تبدیل به اصطکاک غلتشی می‌شود.

انواع یاتاقان‌های غلتشی: یاتاقان‌های غلتشی از نظر نوع نیرویی که می‌توانند تحمل کنند به دو دسته محوری و شعاعی تقسیم می‌شوند. یاتاقان‌های محوری بارهای محوری و یاتاقان‌های شعاعی بارهای شعاعی را تحمل می‌کنند.



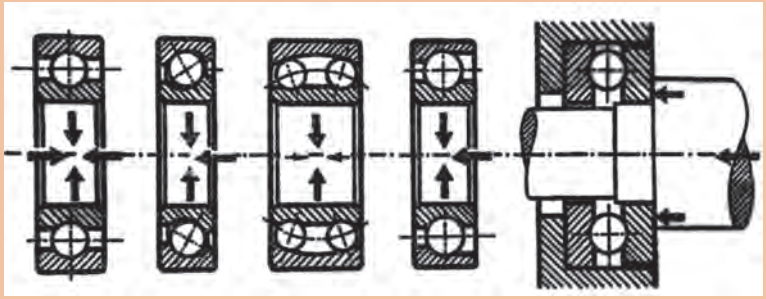
شکل ۲۳ـ۴

یاتاقان‌های غلتشی از نظر فرم قطعات غلتنده به دوگروه بلبرینگ‌ها و رولبرینگ‌ها تقسیم می‌شوند.

بلبرینگ‌ها: فرم قطعات غلتنده آنها به شکل «کره» است.

فعالیت

هرکدام از شکل‌های ۱ تا ۵ چه نیروهایی را تحمل می‌کنند.



بلبرینگ شیاری ۱ — بلیرینگ زاویه‌ای ۲ — بلبرینگ نوسانی ۳ — بلبرینگ کتفی ۴ — بلبرینگ کف گرد ۵

شکل ۲۴ـ۴

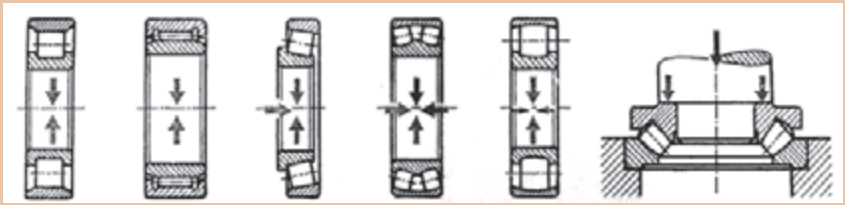
رولبرینگ‌ها: فرم قطعات غلتنده آنها به شکل «استوانه»، «سوزنی»، «مخروط ناقص»، «بشکه» می‌باشد. رولبرینگ‌ها قادر به تحمل نیروهای بیشتر در مقایسه با بلبرینگ‌ها هستند.



شکل ۲۵ـ۴

فعالیت

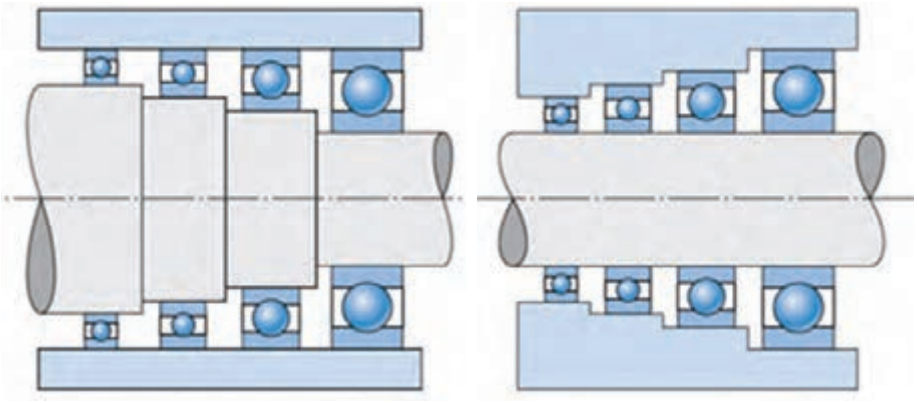
هرکدام از شکل‌های ۱ تا ۶ چه نیروهایی را تحمل می‌کنند.



رولبرینگ استوانه‌ای ۱ — رولبرینگ سوزنی ۲ — رولبرینگ مخروطی ۳ — رولبرینگ نوسانی ۴ — رولبرینگ بشکه‌ای ۵ — رولبرینگ کف گرد نوسانی ۶

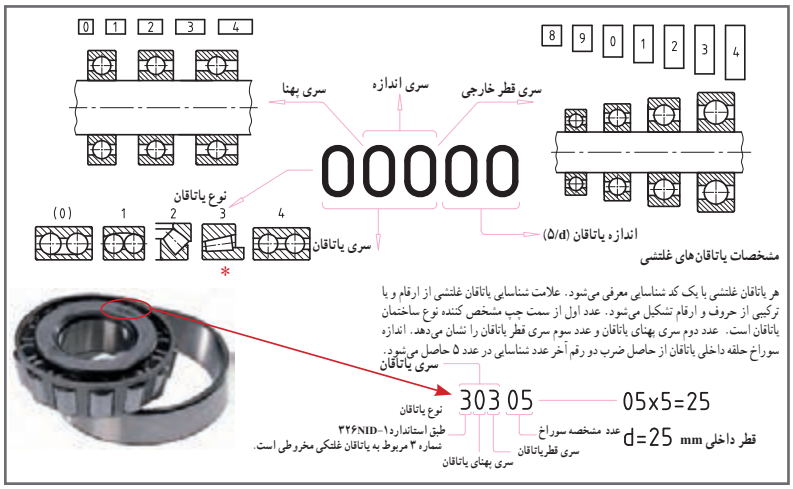
شکل ۲۶ـ۴

(شکل ۲۷ـ۴) پنج سری یاتاقان غلتشی را نشان می دهد.
در (شکل ۲۷ـ۴ـ الف) قطر سوراخ ثابت و قطر خارجی متغیر است.
در (شکل ۲۷ـ۴ـ ب) قطر خارجی ثابت و قطر سوراخ متغیر است.



شکل ۲۷ـ۴ ـ الف　　شکل ۲۷ـ۴ـ ب

ابعاد یاتاقان: سازندگان و مصرف‌کنندگان به خاطر مسائلی نظیر قیمت، کیفیت و سهولت تعویض، به سری خاصی از ابعاد توجه دارند. ابعاد یاتاقان‌های غلتشی توسط مؤسسه جهانی استاندارد ISO تعیین شده است.
علامت شناسایی یاتاقان غلتشی از ارقام یا ترکیبی از حروف و ارقام تشکیل می شود. رقم اول از علامت شناسایی، مشخص‌کننده نوع ساختمان یاتاقان، عدد دوم سری پهنا و رقم سوم سری قطر را معرفی می‌کند.
اندازه سوراخ حاصل‌ضرب دو رقم آخر از ارقام شناسایی در عدد ۵ حاصل می‌شود.
جدول زیر توضیح کاملی از روش مشخصات یاتاقان‌های غلتشی را ارائه می‌دهد.



شکل ۲۸ـ۴

مشخصات یاتاقان‌های غلتشی: هر یاتاقان غلتشی با یک کد شناسایی معرفی می‌شود. عدد اول مشخص‌کننده نوع ساختمان یاتاقان است. عدد دوم سری پهنای یاتاقان و عدد سوم سری قطر یاتاقان را نشان می‌دهد. اندازه سوراخ حلقه داخلی یاتاقان از حاصل‌ضرب دو رقم آخر عدد شناسایی در عدد ۵ حاصل می‌شود.

فعالیت

بلبرینگ پاندولی ۲۳۳۱۶ را توصیف کنید.

.....

.....

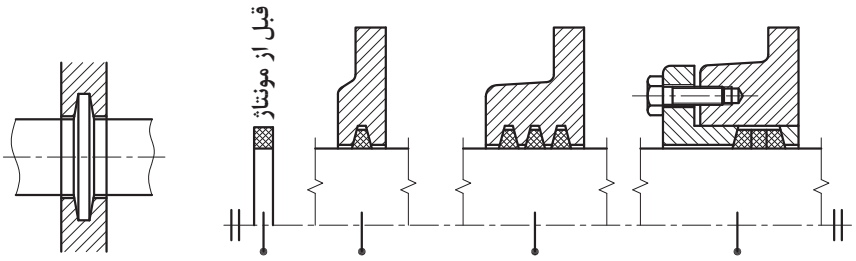
وسایل آب‌بندی

وسایل آب‌بندی وظیفه دارند از ورود ذرات خارجی (گرد و غبار) به داخل مکانیزم جلوگیری نمایند و یا از خروج سیال داخل محفظه به بیرون جلوگیری نمایند.
برای این منظور می‌توان از دو نوع آب‌بندی «تماسی» یا «بدون تماس» استفاده نمود.

آب‌بندی تماسی

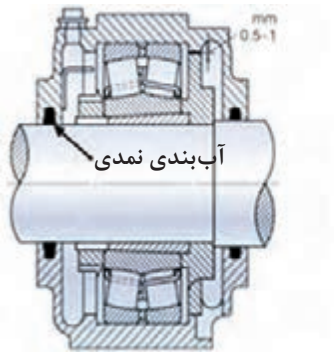
مواد آب‌بندی تماسی متنوع بوده که در اینجا به معرفی چند مورد از متداول‌ترین آنها می‌پردازیم.

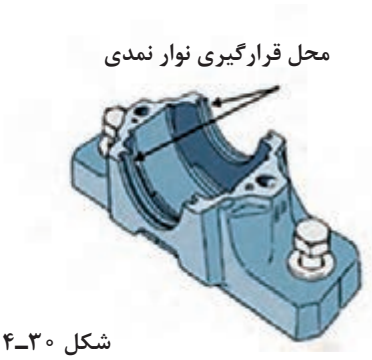
الف) حلقه‌های نمدی: دراین نوع آب‌بندی‌ها از حلقه‌های نمدی که به شکل واشر (استوانه توخالی) می‌باشد، استفاده می‌شود. شیار ذوزنقه‌ای شکل محفظه، فرم مستطیلی حلقه را تغییر داده و آن را همراه با میله فشار می‌دهد.



شکل ۲۹ـ۴

درشکل ۳۰ـ۲ در قسمت بدنه یک شیار با مقطع ذوزنقه و یک آب‌بند نمدی با مقطع مربع دیده می‌شود که پس از سوار کردن دستگاه و قرار گرفتن آب‌بند در شیار، به شکل آن درآمده و به میله می‌چسبد.





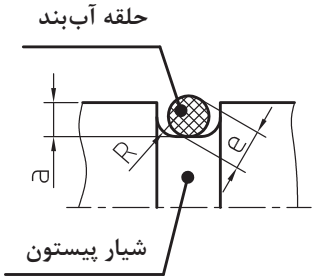
شکل ۳۰ـ۴

■ **ب)مواد آب‌بندی گرد (اُرینگ)**: نوعی وسیله آب‌بندی ساده و ارزان حلقه آب‌بندی با مقطع گرد (اُرینگ) است.



شکل ۴ـ۳۱

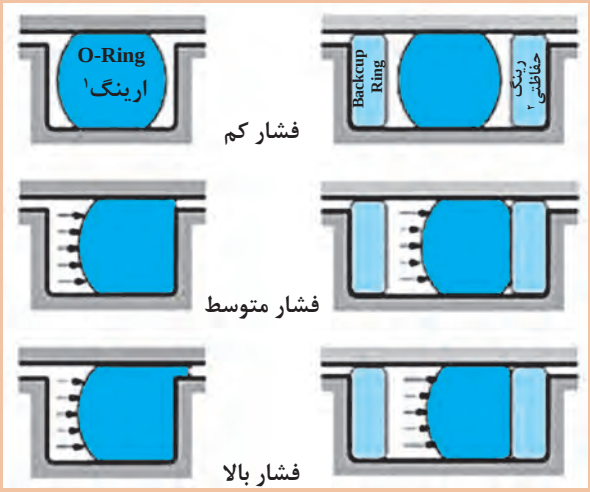
خاصیت آب‌بندی یک حلقه لاستیکی با مقطع گرد، آن است که وقتی حلقه در داخل شکاف (مثلاً شکاف پیستون) قرار می‌گیرد، در اثر فشار مایع (گاز) موجود به یک طرف فشرده شده و یا شکل گرفتن به‌صورت شیار مزبور کلیه فضاهای خالی و محل‌های باز بین (پیستون و سیلندر) را پر خواهد کرد. اندازه این حلقه‌ها بستگی به قطر پیستون دارد. این حلقه‌ها با مقطع چهار گوش نیز وجود دارند.



شکل ۴ـ۳۲

فعالیت

استنباط خود را از شکل زیر بنویسید.



شکل ۴ـ۳۳

.....

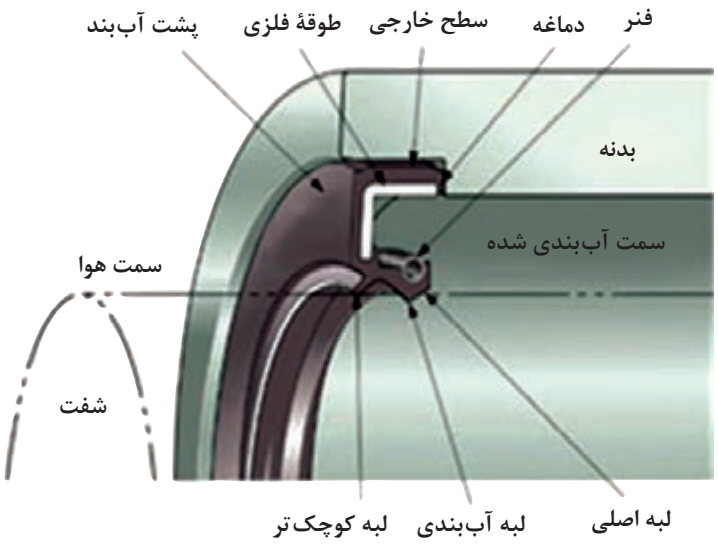
۱- O-Ring

۲- Backcup Ring

■ **ج) حلقه‌های آب‌بند (کاسه نمد):** برای میله‌هایی که با سرعت زیاد می‌چرخند (میله‌های چرخ دنده‌ها، محورهای ماشین‌ها، موتورها و....) از این نوع آب‌بندها استفاده می‌شود. این حلقه‌های آب‌بند دارای فنری هستند که لبه فرم‌دار داخلی آنها را همواره بر روی سطح میله می‌فشارد.



شکل ۴ـ۳۴



شکل ۴ـ۳۵

شکل ۴ـ۳۶ فرم‌های مختلفی (دیگری) از حلقه‌های آب‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ـ۳۶

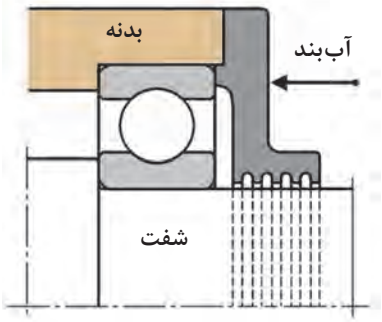
آب‌بندی بدون تماس

دراین نوع آب‌بندی، هنگام مونتاژ، فاصله شیار موجود بین میله و یاتاقان را از مواد چرب‌کاری غلیظ پر می‌کنند.



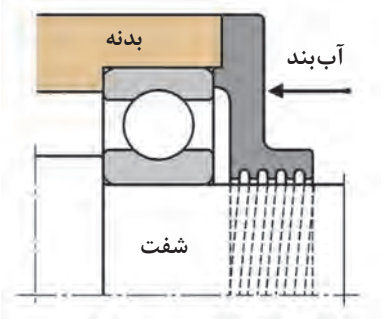
شکل ۳۷ـ۴

هنگام چرخش میله در دوربالا، حرکت گردابی به‌وجود می‌آید و این باعث می‌شود که از خروج روغن و یا ورود گرد و غبار به داخل مجموعه جلوگیری شود.



شکل ۳۸ـ۴

در آب‌بندی شیاری شکل مقابل، شیارهای مارپیچی بایستی در جهت دوران ایجاد شده باشند تا در اثر دوران میله، گریس به طرف یاتاقان کشانده شود. دهانه‌های معمول برای شکاف‌های آب‌بندی ۰/۱۵ تا ۰/۱ mm است.



شکل ۳۹ـ۴

فعالیت

در شکل روبه‌رو از چه نوع آب‌بندی استفاده شده است؟

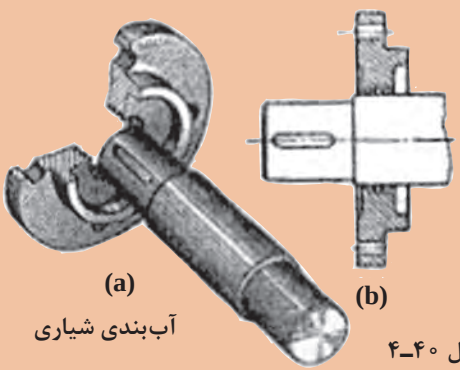
.....

.....

.....

.....

.....



شکل ۴۰ـ۴

کوپلینگ‌ها



شکل ۴۱ـ۴

کوپلینگ‌ها برای انتقال مستقیم حرکت دورانی از یک محور به محور دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۴۱ـ۴ زیر یک نوع از کوپلینگ‌ها را نشان می‌دهد.

فعالیت

پس از مطالعه این فصل، مجدداً به این صفحه مراجعه کرده و نام هر کوپلینگ را در زیر آن یادداشت کنید.

	 .....
	 .....
	

کوپلینگ‌ها را می‌توان در گروه‌های زیر دسته‌بندی کرد:

الف) کوپلینگ‌های سخت

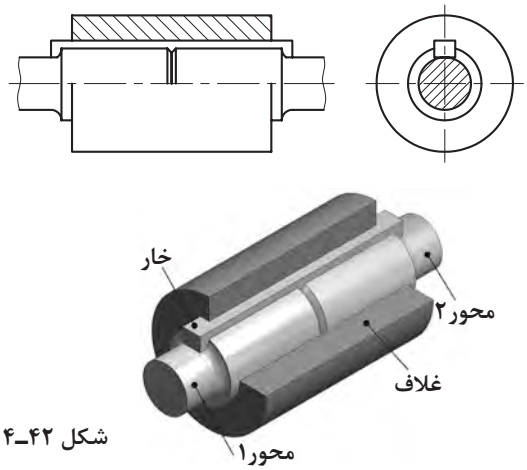
ب) کوپلینگ‌های جدا شونده

ج) کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر

الف) کوپلینگ‌های سخت

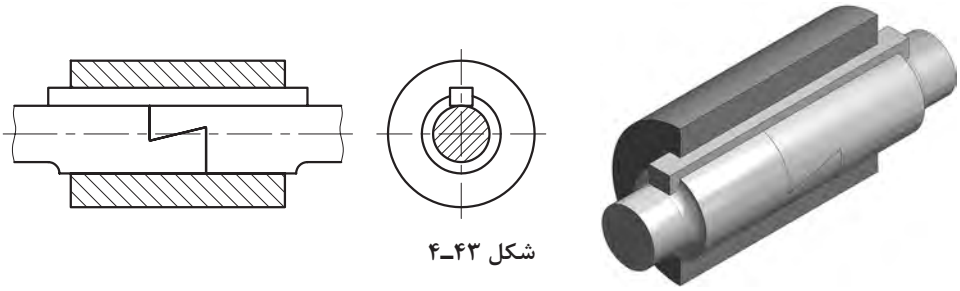
این کوپلینگ‌ها به دو محور امکان چرخش نسبی نمی‌دهند. آنها به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱ **کوپلینگ غلافی یکپارچه:** که از یک غلاف چدنی استوانه‌ای شکل ساخته شده که در وسط آن انتهای دو میله سربه‌سر هم قرار می‌گیرند. یک خار نیز روی میله و هم روی غلاف جا می‌رود.



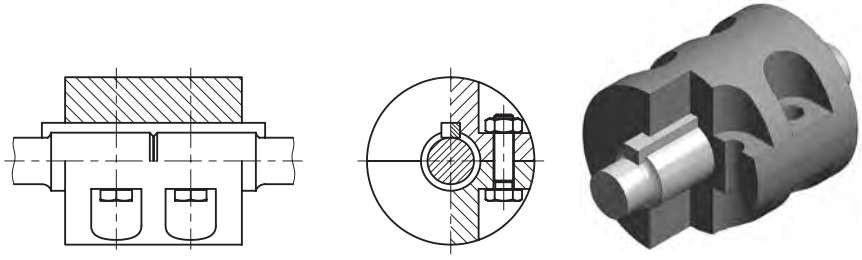
شکل ۴۲ـ۴

۲ **کوپلینگ غلافی نیمه سربه سر:** دراین کوپلینگ سرمیله ها طوری ساخته شده‌اند که در طول کوتاهی روی هم بیفتند. شیب در قسمت روی هم افتاده، باعث می شود که اگر میله‌ها در جهت مخالف کشیده شوند، از هم جدا نشوند. برای اتصال میله‌ها و غلاف، از یک خار استفاده شده است.



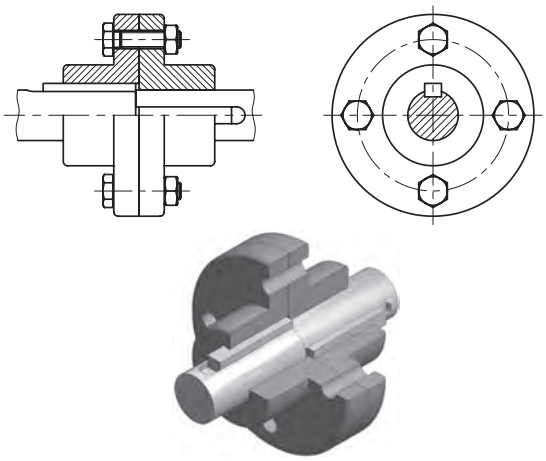
شکل ۴۳ـ۴

۳ **کوپلینگ غلافی دوپارچه:** دراینجا غلاف از دو نیم استوانه ساخته شده که توسط پیچ و مهره به هم متصل می‌شوند. وقتی دو نیمه با پیچ به هم بسته می شوند، میله را محکم در بر خواهند گرفت. درگیری دو میله به کمک خار صورت می‌گیرد.



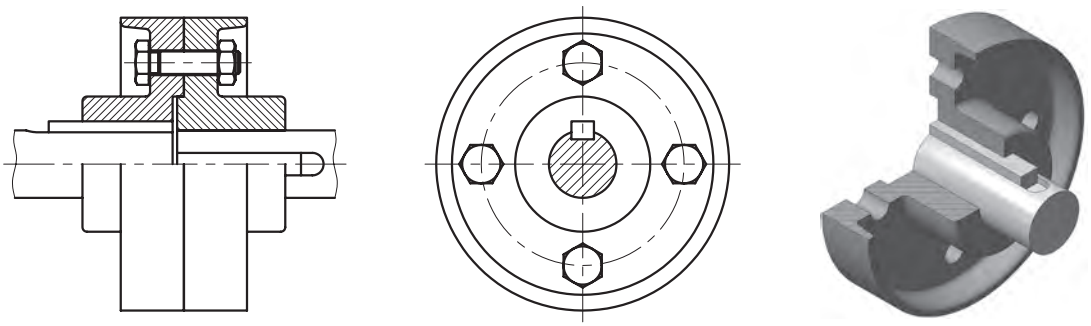
شکل ۴۴ـ۴

۴ کوپلینگ فلانچی (لبه دار): این کوپلینگ‌ها کاربرد وسیعی دارند و از دو فلانچ چدنی ساخته شده‌اند که با خار به انتهای دو میله متصل شده و توسط چند پیچ محکم‌کننده به هم بسته می‌شوند. برای تضمین هم‌محوری، یکی از میله‌ها قدری امتداد یافته و قسمتی از انتهای آن وارد فلانچ متصل به میله دیگر می‌شود. به این ترتیب دو میله هم محور می‌مانند.



شکل ۴۵ـ۴

شکل مقابل کوپلینگ فلانچی از نوع حفاظ‌دار را نشان می‌دهد. برای هم محوری صحیح میله‌ها، پیش‌آمدگی (زبانه‌ای) درمرکز فلانچ ایجاد می‌کنند. این زبانه دقیقاً در تورفتگی مشابهی که در فلانچ دیگر تعبیه شده جا می‌رود.



شکل ۴۶ـ۴

فعالیت

استنباط خود را در مورد شکل مقابل یادداشت کنید.

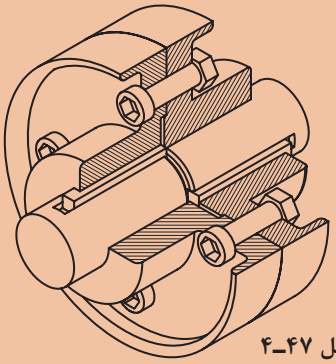
.....

.....

.....

.....

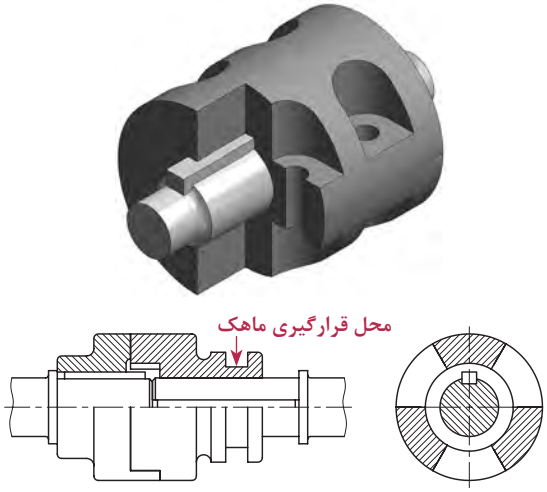
.....



شکل ۴۷ـ۴

ب) کوپلینگ‌های جدا شونده

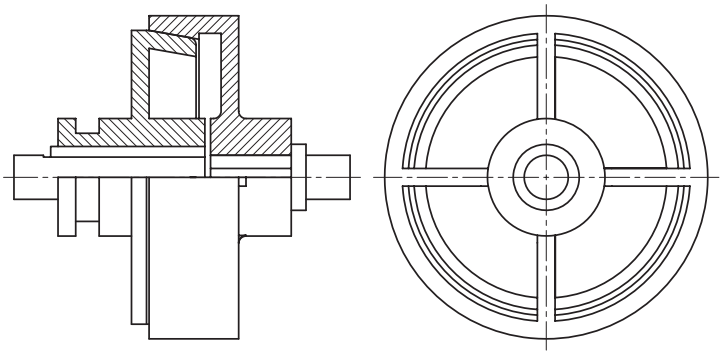
توسط این کوپلینگ‌ها می‌توان میله‌ها را (حتی در موقع چرخش) با هم درگیر یا در صورت لزوم از هم جدا کرد. کوپلینگ چنگکی شکل زیر یکی از انواع کوپلینگ‌های جدا شونده است که معمولاً برای میله‌های کم‌دور به‌کار می‌رود. هر فلانچ چند چنگک دارد که در تورفتگی‌های مشابه با فلانچ دیگر، درگیر می‌شود (در شکل ۴ـ۴۸، ۳ چنگک وجود دارد). یک فلانچ توسط خار به میله متصل شده درحالی‌که فلانچ دیگر به‌وسیله خار روی میله سوار شده، اما می‌تواند آزادانه روی آن میله بلغزد. (روی توپی این فلانچ شیاری وجود دارد که، ماهک یک اهرم در آن جای می‌گیرد.)



شکل ۴ـ۴۸

کوپلینگ اصطکاکی مخروطی

این نیز یکی از کوپلینگ‌های جداشونده است که به همان شیوه کوپلینگ چنگکی عمل می‌کند. میله‌ها به‌واسطه اصطکاک میان دو سطح مخروطی فلانچ‌ها با هم درگیر می‌شوند.



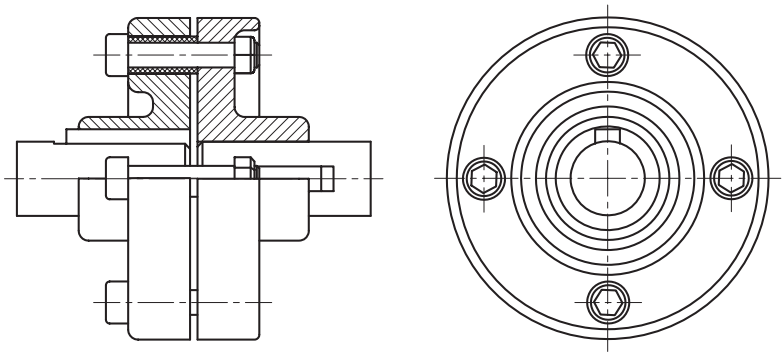
شکل ۴ـ۴۹

ج) کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر

کوپلینگ انعطاف‌پذیر امکان چرخش نسبی و انحراف هم محوری میله‌ها را در حدود معینی فراهم می‌کند.

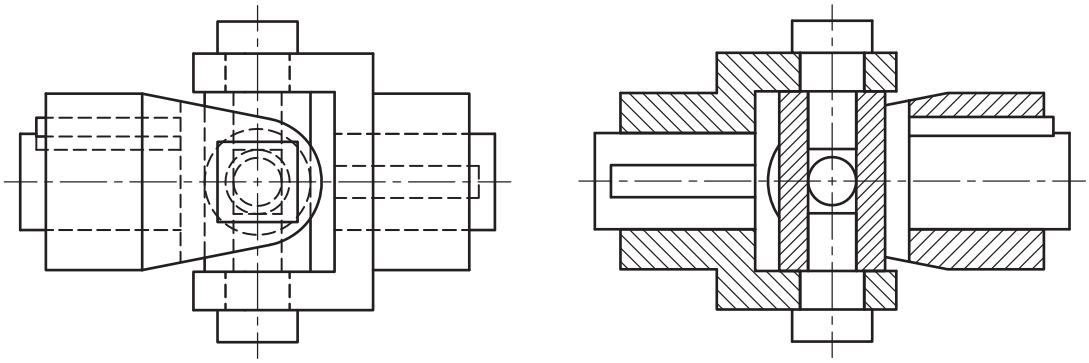
۱ کوپلینگ انعطاف‌پذیر پینی:

این نوع از کوپلین‌ها دارای چهار پین محرک می‌باشند (شکل ۵۰ـ۴). این پین‌ها به‌وسیله مهره به یکی از فلانچ‌ها محکم شده‌اند. درحالی‌که فلانچ دیگر به‌وسیله واشر لاستیکی پوشانده شده و به‌صورت لق نگهداشته شده است. معمولاً از این نوع کوپلینگ برای اتصال مستقیم یک الکتروموتور به ماشین استفاده می‌کنند. (واشرهای لاستیکی به عنوان ضربه‌گیر عمل می‌کنند.)

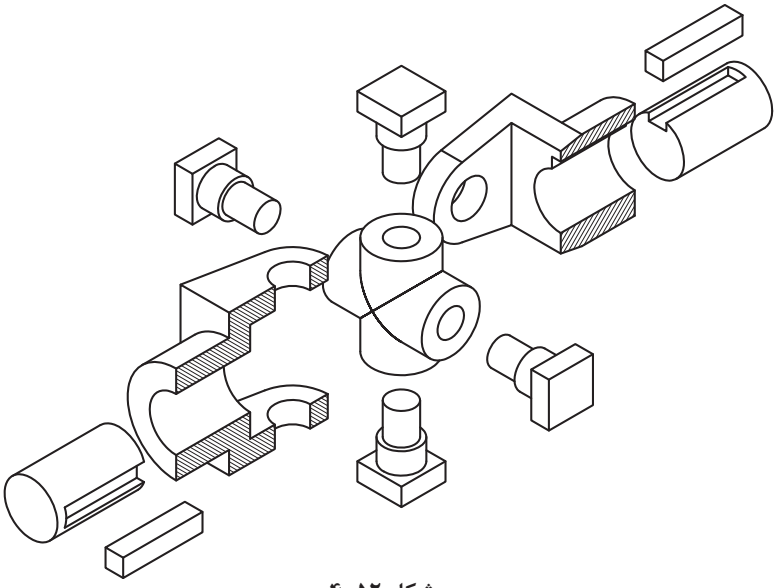


شکل ۵۰ـ۴

۲ چهارشاخه گاردان (اتصال هوک): این نوع کوپلینگ برای درگیری میله‌هایی به‌کار می‌رود که محورشان متقاطع است. دوچنگال مشابه به‌وسیله خار به انتهای دو میله متصل شده‌اند. این چنگال‌ها به‌صورت مفصلی به چهار شاخه‌ای که دوبازویش برهم عمودند، متصل می‌شود. (شکل ۵۱ـ۴) دراین نوع کوپلینگ زاویه بین محورها، حتی در موقع حرکت می‌تواند تغییر کند. شکل ۵۲ـ۴ نقشه باز شده و سوار شده آن را نشان می‌دهد.

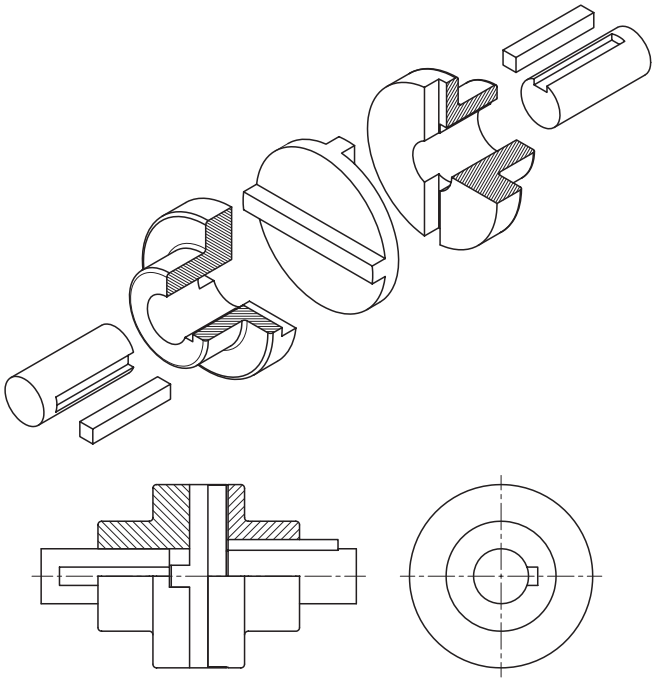


شکل ۵۱ـ۴



شکل ۵۲ـ۴

۳ **کوپلینگ اولدهام:** توسط این کوپلینگ میله‌های موازی، اما غیر هم‌محور باهم درگیر می‌شوند. دو فلانچ که هرکدام تورفتگی مستطیلی دارند، توسط خار به هریک از میله‌ها وصل می‌شوند. قطعه دیگری به‌صورت صفحه (دیسک) دایره‌ای، که دارای دو پیش‌آمدگی مستطیلی و عمود برهم در دوطرف است، مطابق شکل زیر، بین دو فلانچ واقع می‌شود.



شکل ۵۳ـ۴

فنرها

برخی از وسایل یا مکانیزم‌هایی که در محیط پیرامون شما وجود دارند و درآنها فنر به‌کار رفته است، عبارت‌اند از: فنر داخل خودکار، کمک‌فنر دوچرخه، فنر داخل چتر، فنر داخل ماشین اسباب‌بازی و غیره. فنرها وسیله‌ای هستند که انرژی مکانیکی را در خود ذخیره می‌کنند و درهنگام لزوم آن را باز پس می‌دهند، فنرها عامل واردکننده نیرو یا گشتاور در قطعات مکانیکی هستند. فنرها را می‌توان بر حسب نوع نیرویی که به آنها وارد می شود، طبقه‌بندی کرد:

فنر فشاری	فنرکششی	فنرپیچشی
		

(فنرها را همچنین از نظر شکل هندسی آنها می‌توان طبقه‌بندی کرد.)

فعالیت

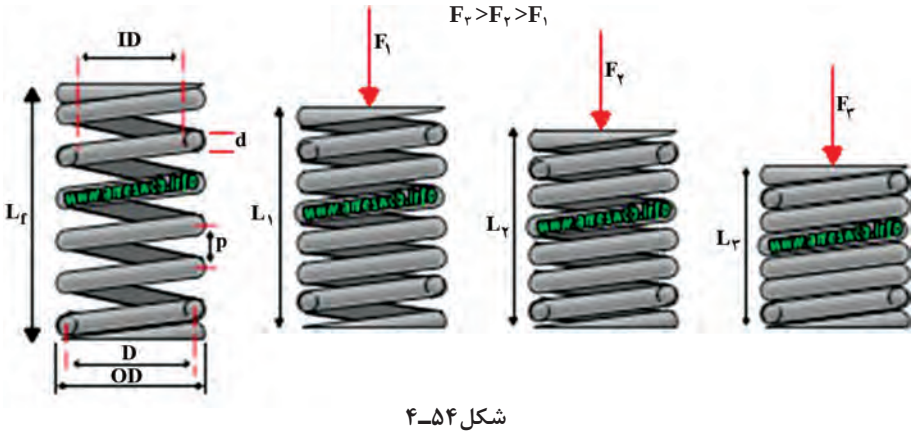
به وسایل اطراف خود دقت کنید و جدول زیر را کامل کنید.

نوع فنر	مورد استفاده
فنر فشاری	
فنر کششی	
فنر پیچشی	

فنرهای مارپیچ

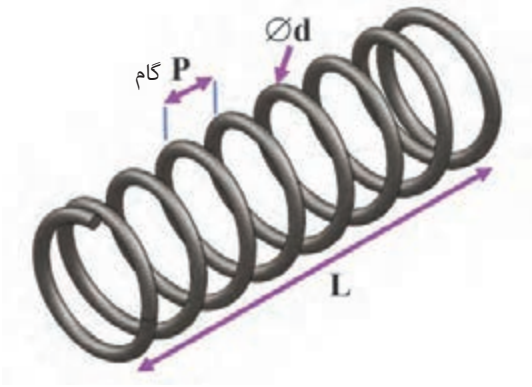
«فنرهای مارپیچ استوانه‌ای فشاری» بیشترین مصرف را در میان سایر فنرها دارند. آنها در بیرون اندازه قالب‌ها، کمک فنر اتومبیل، صفحه کلاچ، سوپاپ اطمینان و... به‌کار می‌روند.

با وارد شدن نیرو، حلقه‌های این فنر به هم نزدیک می‌شوند. این فنرها از پیچاندن مفتول‌های فنری به دور استوانه ایجاد می‌شوند.



شکل ۴ـ۵۴

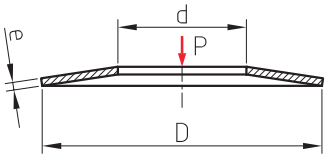
فاصله بین دو حلقه مجاور روی فنر را گام فنر می‌گویند که در شکل زیر با حرف P نمایش داده شده است. قطر مفتول فنر با حرف d و طول آن با حرف L مشخص شده است.



شکل ۴ـ۵۵

فنرهای بشقابی (بل ویل)

این فنرها جزء فنرهای فشاری هستند. شکل آنها به‌صورت مخروط ناقص است. این فنرها را می‌توان به‌صورت تکی، به‌صورت موازی، به‌صورت متضاد و یا به‌صورت مخلوط (ترکیبی) روی هم قرار داد. کاربرد آنها در قالب‌سازی، صنایع اتومبیل و.... می باشد

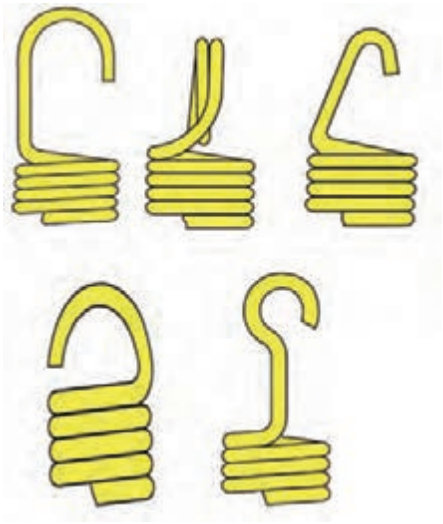




شکل ۴ـ۵۶

فنرهای مارپیچ استوانه‌ای کششی

زمانی‌که به این فنرها نیرویی وارد نمی‌شود، حلقه‌های آنها به یکدیگر چسبیده‌اند. حلقه‌ها با اعمال نیروی کششی از هم باز شده، انرژی را در خود ذخیره کرده و پس از حذف نیرو به جای خود باز می‌گردند. ابتدا و انتهای این فنر (به‌منظور اتصال در محل مورد نظر) به شکل حلقه یا قلاب ساخته می‌شود.



شکل ۴ـ۵۷

فنرهای پیچشی استوانه‌ای

این فنرها نیروی پیچی را در خود ذخیره می‌کنند تا در موقع لزوم این نیرو را به قطعه دیگری انتقال دهند. احتمالاً این نوع فنرها را در درب بخاری، داشبورد اتومبیل، یا گیره‌های لباس مشاهده کرده‌اید.



شکل ۴ـ۵۸

برخی دیگر از فنرهای فلزی متداول

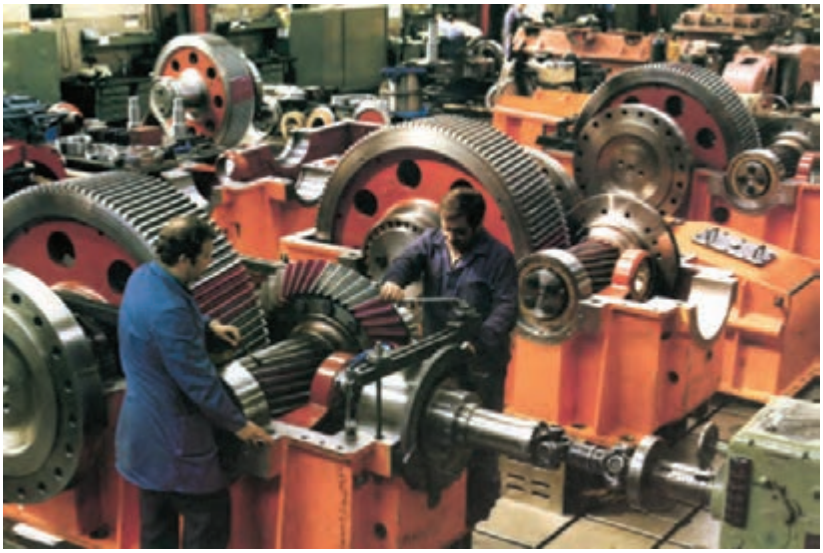
فنر شاخه‌ای خمشی(چندلایه)	فنر پیچشی حلزونی
	

شکل ۴ـ۵۹

چرخ دنده‌ها

نحوه انتقال قدرت توسط چرخ‌دنده‌ها

تقریباً در تمام مکانیزم‌ها و ماشین‌ها لازم می‌شود که حرکت دورانی از یک محور به محور دیگر انتقال یابد. اگر در این انتقال حرکت فاصله محورها کم باشد و لازم باشد که انتقال حرکت به‌طور دقیق انجام شود، از چرخ دنده‌ها[1] استفاده می‌کنند.

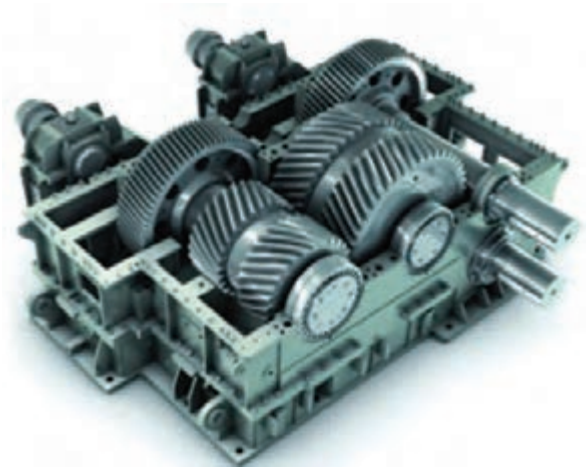


شکل ۶۰ـ۴

در شکل‌های زیر مکانیزم‌هایی را مشاهده می‌کنید که درآنها از انواع مختلفی از چرخ دنده‌ها استفاده شده است.



شکل ۶۱ـ۴



شکل ۶۲ـ۴

۱- Gear

متناسب با موقعیت نسبی محورهای چرخ دنده‌ها، در شکل ۶۲ـ۴ درگیری‌های زیر ملاحظه می‌شود:

الف) درگیری‌های موازی

(دراین حالت محور چرخ‌دنده‌ها موازی هستند)



شکل ۶۳ـ۴

ب)درگیری‌های متضاد

(دراین حالت محور چرخ‌دنده‌ها غیر موازی هستند)



شکل ۶۴ـ۴

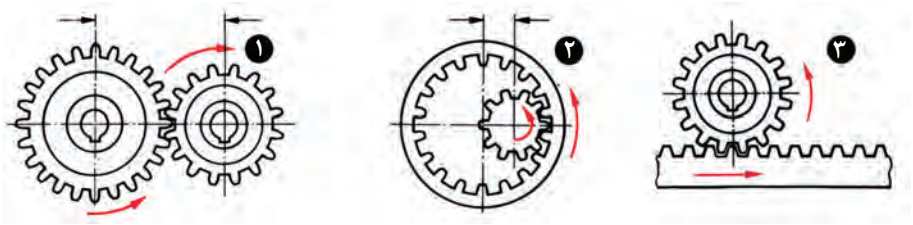
ج) درگیری‌های متنافر

(دراین حالت محور چرخ دنده‌ها در یک صفحه قرار ندارند)



شکل ۶۵ـ۴

چرخ‌دنده‌ها ممکن است دارای دنده‌های داخلی یا خارجی باشند.



شکل ۶۶ـ۴

۱ دنده خارجی (جهت گردش مخالف یکدیگر)

۲ دنده داخلی (جهت گردش موافق یکدیگر و فاصله تا مرکز کوتاه)

۳ چرخ‌دنده ساده با دنده شانه‌ای (حرکت دورانی به یک حرکت مستقیم‌الخط هم‌جهت تبدیل می‌شود)

جهت حرکت در چرخ‌دنده‌های خارجی، عکس همدیگر و در چرخ دنده‌های داخلی هم‌جهت است.
(چرخ‌دنده‌هایی که کمترین دنده را دارند «پینیون[1]» نامیده می‌شوند)

چرخ زنجیر (مکانیزم های زنجیری)

از مکانیزم‌های زنجیری برای انتقال نیرو و حرکت بین محورهای موازی استفاده می‌شود، درحالی‌که فاصله دو محور زیاد بوده و امکان انتقال حرکت توسط چرخ دنده‌ها برای آنها امکان‌پذیر نباشد.



شکل ۶۷ـ۴

از مزایای این نوع مکانیزم‌ها در مقایسه با چرخ تسمه‌ها، انتقال حرکت از یک محور به چند محور می‌باشد.



شکل ۶۸ـ۴

انواع متفاوتی از زنجیرها هستند که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. دوگروه پرمصرف آنها عبارت‌اند از: زنجیرهای غلتکی و زنجیرهای دنده‌ای.

زنجیرهای غلتکی

در این نوع زنجیرها صفحات اتصال (عضو داخلی) آنها از یک انتها با یک پین و از انتهای دیگر با یک بوش مفصلی (غلاف) پرچ شده‌اند. برروی این پین‌های مفصلی، غلتک‌های قابل دوران می‌نشینند تا از اصطکاک و درنتیجه سایش در جناح‌های دنده چرخ زنجیره در موقع درگیرشدن جلوگیری کند. در مواردی که بخواهند توسط این زنجیرها، نیروهای بیشتری را انتقال دهند، از زنجیرهای چند ردیفه (۲ یا ۳ رشته‌ای) استفاده می‌کنند.



شکل ۶۹ـ۴

۱- Pinion

زنجیرهای دنده ای

زمانی‌که هدف انتقال نیروهای زیادتری باشد، از زنجیرهای دنده‌ای که دندانه آن شبیه به دندانه‌های یک چرخ دنده است استفاده می‌کنند.

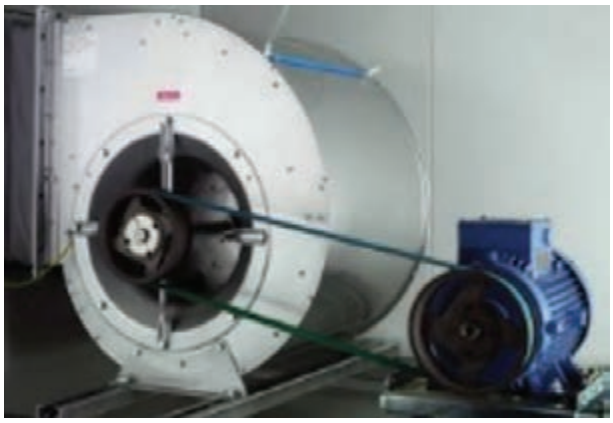


شکل ۷۰ـ۴

این زنجیرها با پهنای زیادی ساخته می‌شود و به دلیل تماس آرام‌تر دندانه‌های زنجیر با چرخ زنجیر حرکت بی‌صداتری نسبت به زنجیرهای غلتکی دارند.

با استفاده از چرخ (پولی) و تسمه می‌توان حرکت دورانی را از یک پولی به‌عنوان محرک به پولی دیگر به عنوان چرخ متحرک که در فاصله دوری از هم قرار گرفته‌اند، منتقل نمود.

انتقال حرکت در این مکانیزم از طریق اصطکاک بین تسمه و چرخ تسمه امکان‌پذیر است. از مکانیزم‌های تسمه‌ای در ماشین‌های نساجی، اره‌های چند تیغه‌ای، دریل‌های ستونی و.... استفاده می‌شود.



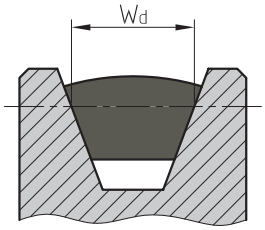


شکل ۷۱ـ۴

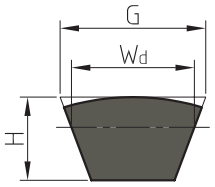
چرخ‌تسمه

انواع تسمه‌ها و چرخ تسمه‌ها

سطح مقطع تسمه‌ها بر حسب نیاز ممکن است به شکل **تخت**، **ذوزنقه‌ای** و **گرد** انتخاب شود.



بنابر این شکل سطح تماس تسمه یا چرخ تسمه متناسب با سطح مقطع تسمه تهیه می‌شود. (در شکل مقابل مقطع تسمه به‌صورت ذوزنقه‌ای است، بنا براین شکل هندسی چرخ تسمه نیز به‌صورت ذوزنقه‌ای خواهد بود). در ادامه با توجه به متداول بودن کاربرد دو نوع چرخ تسمه ذوزنقه‌ای و تخت به معرفی بیشتر آنها می‌پردازیم.



Wd عرض گلویی که برابر عرض تسمه است روی پولی اندازه‌گیری می‌شود.
سطح مقطع G × H و Wd عرض تسمه

شکل ۷۲ـ۴

تسمه‌های تخت

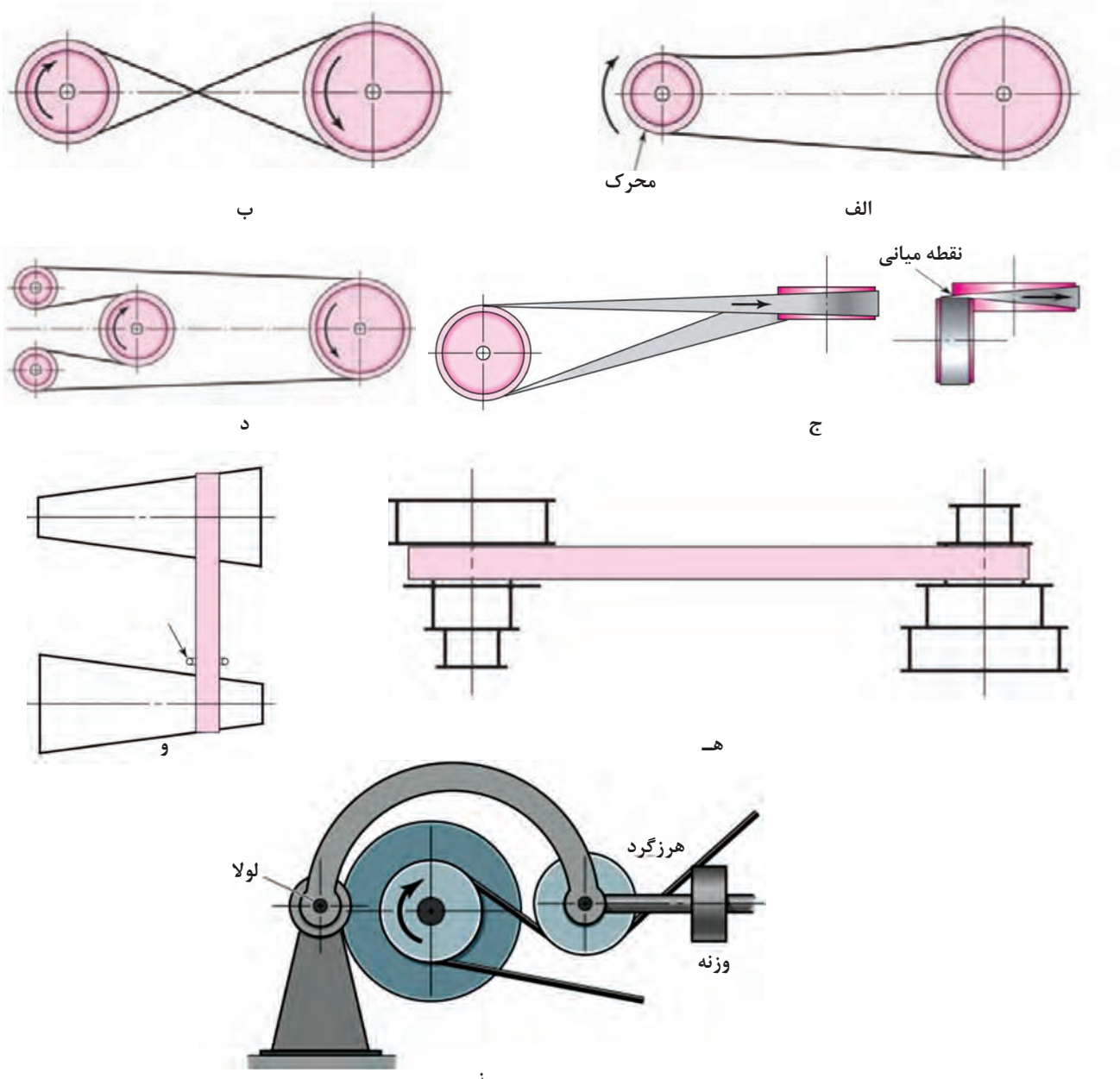
فرم مقطع این نوع تسمه‌ها به شکل مستطیل است و جنس آنها از چرم یا مواد مصنوعی است.
چرخ تسمه‌ها نیز باید علاوه بر داشتن سطح صاف، سبک نیز باشند.
بدنه چرخ تسمه‌ها ممکن است استوانه‌ای (صاف) یا دارای انحناء کمی باشد.





شکل ۷۳ـ۴

انتقال حرکت به‌وسیله تسمه تخت درحالت‌های مختلفی انجام می شود.



شکل ۷۴ـ۴

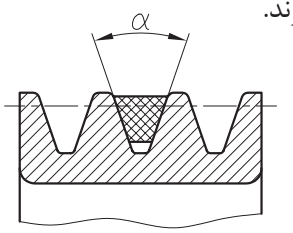
انواع مکانیزم‌های تسمه تخت

الف) مکانیزم باز، ب) مکانیزم متقاطع (بسته)، ج) مکانیزم نیمه‌متقاطع د) مکانیزم با چند پولی ه) مکانیزم با پولی‌های مرحله‌ای و) مکانیزم با پولی‌های مخروطی ز) مکانیزم با قرقره‌های هرزگرد شکل (۷۴ـ۴)

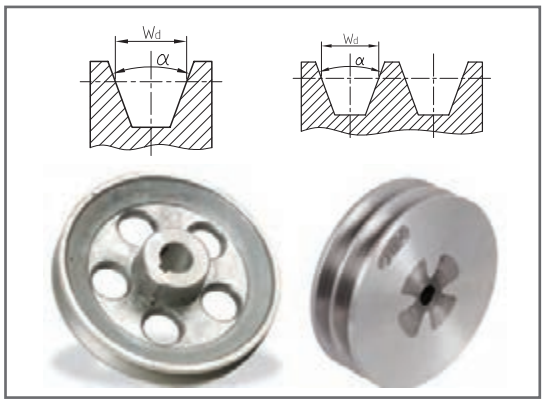
تسمه‌های ذوزنقه‌ای

دراین نوع تسمه‌ها، فرم قطع تسمه و خود شیار تسمه روی چرخ، به‌صورت ذوزنقه است. این تسمه‌ها نیروی بیشتری را (تا ۳ برابر) در مقایسه با چرخ تسمه‌های تخت منتقل می‌کنند. ابعاد این تسمه‌ها استاندارد است. و آنها را به اندازه‌های (اسمی ۶،۱۰،۱۳،۱۷،۲۲،۳۲،۴۰ میلی‌متر می‌سازند. (منظور از اندازه اسمی، اندازه قاعده بزرگ ذوزنقه است.)

زاویه شیار این چرخ تسمه‌ها متناسب با قطر آنها از ۳۲° تا ۳۸° انتخاب می‌شود. هرچقدر تسمه بزرگ‌تر باشد، زاویه بیشتری برای آن در نظر می‌گیرند.



α: ۳۲° تا ۳۸°



شکل ۷۵ـ۴

بادامک

نحوهٔ عملکرد بادامک و کاربرد آنها در صنعت

بادامک عضوی از ماشین است که به کمک آن می‌توان حرکت‌های خاص را (که با وسایل دیگر امکان‌پذیر نیست) به‌وجود آورد.

باتوجه به شکل‌های مختلفی که محیط بادامک می‌تواند داشته باشد، قادر است انواع حرکت‌ها را به عضو دیگری به نام «پیرو» منتقل نماید.

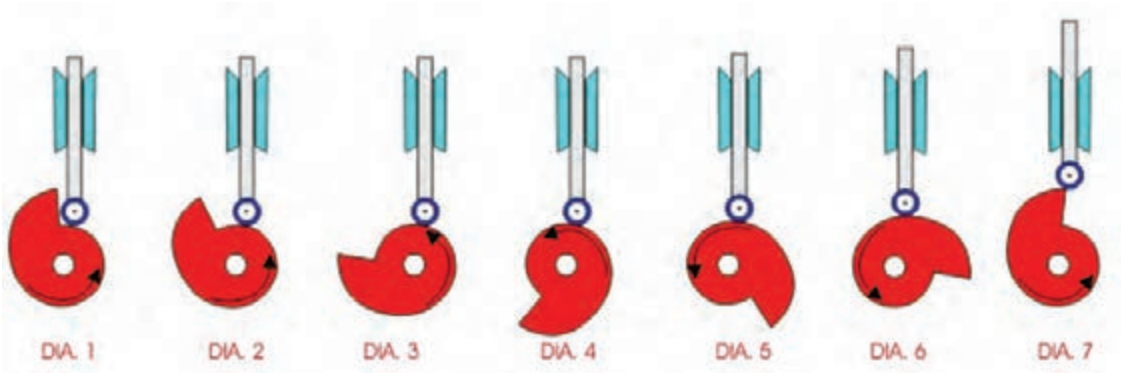


شکل ۷۶ـ۴



شکل ۷۷ـ۴

پیرو قسمتی از مکانیزم است که روی محیط بادامک تکیه داشته و دارای حرکت رفت و برگشتی است. بادامک‌های مختلف می‌توانند حرکت‌های گوناگونی را به پیرو بدهند درشکل زیر ملاحظه می‌کنید که با چرخش بادامک، پیرو به طرف بالا یا پایین جابه‌جا می‌شود.
به نظر شما بادامک زیر، در کدام جهت (چپ یا راست) شروع به حرکت کرده است؟



شکل ۷۸ـ۴

قبل از آنکه با شکل ظاهری انواع بادامک‌ها آشنا شویم، به معرفی چند اصطلاح در مورد آنها می‌پردازیم.

۱ **جابه‌جایی پیرو:** معمولاً موقعیت پیرو را نسبت به نقطه‌ای مشخص به نام نقطه صفر در زمان معین یا نسبتی از یک دور مسیر حرکت دستگاه نشان می‌دهد که بر حسب زاویه «درجه» و یا طول «میلی‌متر» اندازه‌گیری می‌شود.

۲ **جابه‌جایی بادامک:** که برحسب زاویه و یا طول اندازه گیری می‌شود. حرکت و یا موقعیت بادامک را نسبت به موقعیت صفر مشخص می‌کند. جابه‌جایی بادامک و جابه جایی پیرو وابسته به هم هستند.

۳ **پروفیل بادامک:** سطح واقعی بادامک را پروفیل بادامک می نامند.

۴ **دایره اصلی یا دایره پایه:** کوچک‌ترین دایره‌ای است که مرکز آن بر محور چرخش و مماس بر سطح بادامک می‌باشد. در پیرو غلتکی این دایره به اندازه شعاع غلتک از دایره اولیه کوچک تر است.

۵ **نقطه اثر:** نقطه‌ای فرضی از پیرو است. این نقطه با نقطه‌ای از پیرو لبه چاقویی فرضی متناظر است. این نقطه در مرکز پیرو غلتکی یا بر سطح پیرو روتخت انتخاب می‌شود.

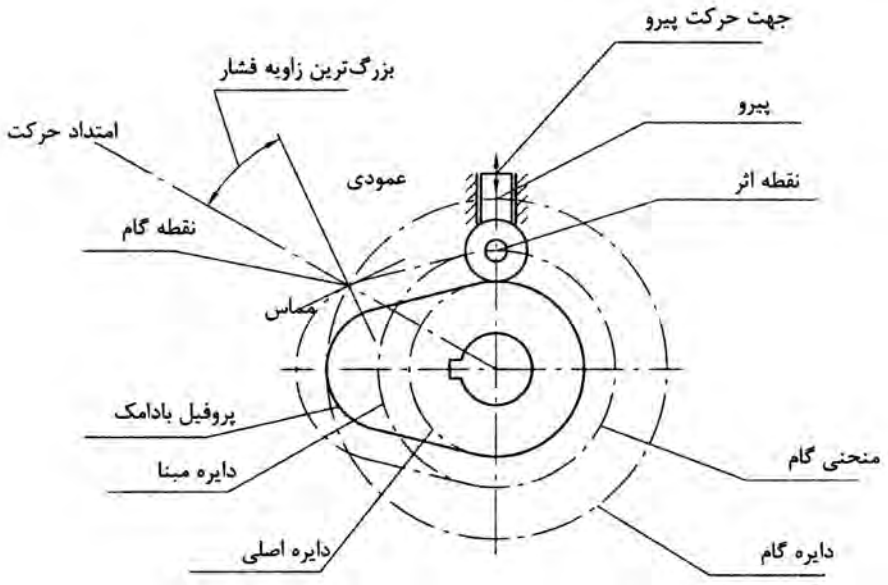
۶ **منحنی گام:** مکان هندسی ایجاد شده توسط نقطه اثر در حین حرکت پیرو نسبت به بادامک است. در پیرو لبه چاقویی منحنی گام و سطح بادامک یکی هستند. در پیرو غلتکی،شعاع غلتک این دو را از هم جدا می کند.

۷ **دایره مبنا :** کوچک‌ترین دایره‌ای است که در منحنی گام و هم مرکز با محور بادامک رسم می‌شود. این دایره در پیرو غلتکی با دایره اصلی جایگزین می‌شود.

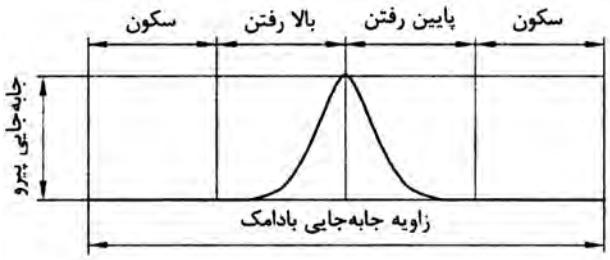
۸ **زاویه فشار:** زاویه بین امتداد حرکت لحظه‌ای پیرو و عمود بر منحنی گام می‌باشد.

۹ **نقطه گام :** موقعیتی است روی منحنی گام که زاویه فشار بیشترین مقدار خود را داشته باشد.

۱۰ **دایره گام :** دایره‌ای است که از نقطه گام می‌گذرد.



اصطلاحات مورد استفاده در بادامک‌ها



نمودار جابه‌جایی پیرو

شکل ۷۹ـ۴

انواع بادامک پیرو

بادامک‌ها[1] را می‌توان در دو گروه عمده (از نظر انواع حرکات) جای داد:

۱ بادامکی که نوسان می‌کند و یا حول یک نقطه دوران می‌نماید.

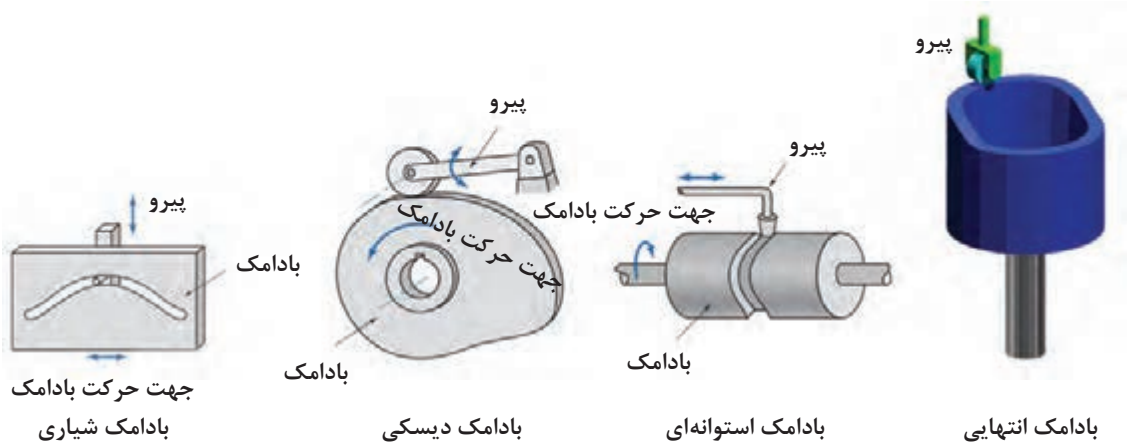
۲ بادامکی که برای ایجاد یک حرکت رفت و برگشتی به‌کار می‌رود.

باتوجه به اینکه انتقال قدرت در اغلب ماشین‌ها از محورهای درحال چرخش صورت می‌گیرد، بیشتر بادامک‌ها از نوع دورانی می‌باشند.

پیروها[2] معمولاً در داخل یک قسمت «راهنما» بالا و پایین می‌روند و یا حول یک نقطه نوسان می‌کنند.

درتصاویر زیر نام هر بادامک در کنار آن نوشته شده است.

جهت حرکت پیرو هرکدام را (مطابق مثال) نشان دهید.

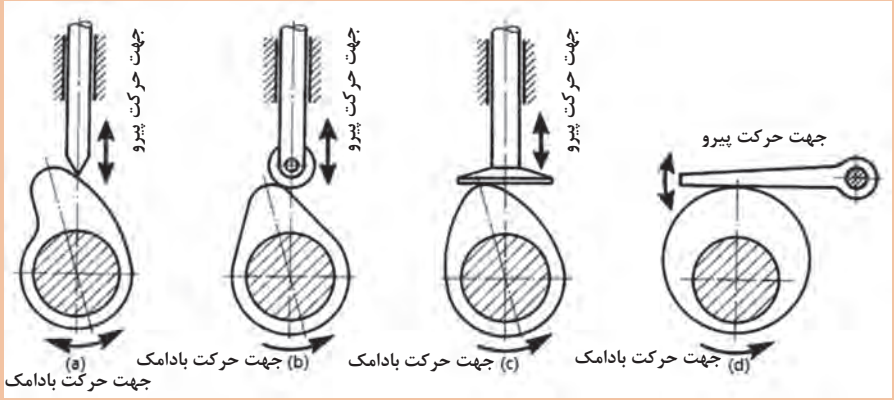


شکل ۸۰ـ۴

پیروها انواع مختلفی دارند: نوک تیز، غلتکی، تخت، سرتخت نوسانی و غیره.

فعالیت

درشکل زیر نام هرکدام از پیروها را در زیر آن یادداشت کنید.

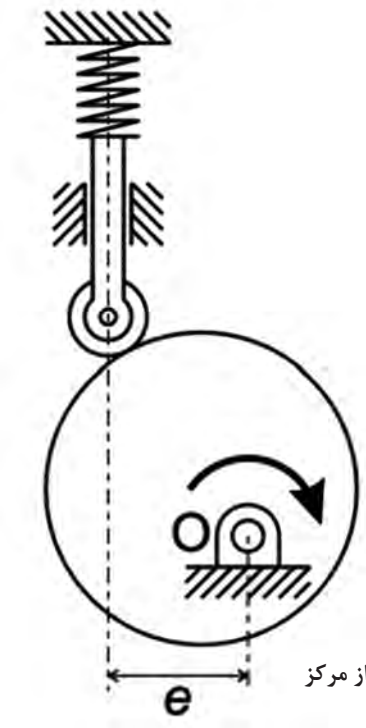


شکل ۸۱ـ۴

....

۱- Cam ۲- Follower

در مواقعی نیز ممکن است محور تقارن پیرو در راستای محور بادامک نباشد! که از آنها به عنوان پیرو خارج از مرکز یا offset نام برده می‌شود. شکل زیر یک نمونه از آنها را نشان می‌دهد.



شکل ۸۲ـ۴

ارزشیابی پایانی پودمان چهارم

☑ تمرینات یاتاقان



۱ استنباط خودرا از شکل مقابل بنویسید؟

.....

۲ شکل مقابل معرف کدام نوع یاتاقان است؟



.....

۳ یاتاقان شکل مقابل چه نوع باری را می‌تواند تحمل کند؟

.....

۴ یاتاقان غلتشی کف گرد با شماره ۵۱۲۰۱ را توصیف کنید.

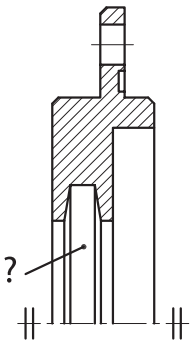
.....

☑ تمرینات آب‌بندها



۱ تصویر مقابل کاربرد چه نوع آب‌بندی را نشان می‌دهد؟

.....



۲ در تصویر مقابل (درقسمت شیار) چه نوع آب‌بندی قرار می‌گیرد؟

.....

۳ درآب‌بندی شیاری .....

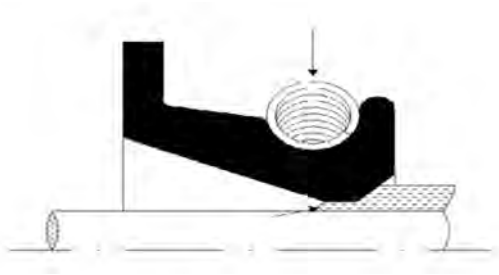
۱ـ گریس در داخل شیارها و بین فاصله دو سطح لغزشی پر می‌شود.

۲ـ برای ایجاد آب‌بندی، روغن به‌طور دائم درحال حرکت است.

۳ـ روی محور شیاری است که وسیله آب‌بندی درآن قرار می‌گیرد.

۴ در شکل مقابل نام قطعه‌ای که با علامت؟ معرفی شده چیست؟

.....



پودمان ۵

کنترل



- مفهوم کنترل را توضیح دهد.
- کاربرد کنترل را بیان کند.
- وظایف حسگرها در سیستم‌های کنترل را شرح دهد.
- کاربرد کنترل در سیستم مدیریت ساختمان را بیان کند.
- انواع محرک‌ها در سیستم‌های کنترلی را نام ببرد.
- مدل‌سازی سیستم‌های مکاترونیکی را تعریف نماید.
- مفهوم سیستم را بیان کرده و نمودار بلوکی آنها را رسم کند.

مقدمه‌ای بر کنترل

کنترل چیست؟

کنترل شاخه‌ای از علوم مهندسی است که به کنترل رفتار سیستم‌ها با کمک ورودی و پس‌خورد (Feedback) خروجی آنها می‌پردازد. پس‌خورد یا فیدبک توسط حسگرها حاصل می‌شود. در واقع فیدبک به نوعی آگاهی از رفتار سیستم است.



شکل ۱ـ۵ـ کنترل دستی ارتفاع آب

علم کنترل یکی از جذاب‌ترین علوم در مهندسی است و در سایر علوم مهندسی نظیر برق، مکانیک، هوافضا، شیمی و ... به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل بالا فرایند کنترل سطح آب یک مخزن را نشان می‌دهد. هدف این فصل کنترل خودکار یا اتوماتیک و بدون نیاز به انسان است. فیدبک در شکل بالا توسط چشم کاربر حاصل می‌شود و با آگاهی از سطح مخزن شیر را باز یا بسته می‌کند. این کنترل به‌صورت دستی صورت گرفته است.

در این فصل ابزارهای لازم جهت کنترل خودکار سیستم‌ها بیان می‌شوند. در کنترل خودکار احتیاج به کاربر نیست و تمام فرایند کنترل به‌صورت خودکار اجرا می‌شود.

تاریخچه کنترل

ارسطو(Aristotle) در کتاب اول، در باب «سیاست» چنین می‌نویسد: اگر هر وسیله‌ای به‌صورت خودکار می‌توانست کار خود را مستقل از انسان انجام دهد مثلاً چنگ بدون دخالت دست انسان می‌نواخت آنگاه نه رئیسی در کار بود و نه برده داری!

جملهٔ ارسطو در ۳۸۰ سال قبل از میلاد به‌صورت شفاف هدف اصلی علم کنترل را نشان می‌دهد. می‌توان چنین برداشت کرد که هدف اصلی علم کنترل را می‌توان خودکار کردن کارها و فرایندها جهت افزایش

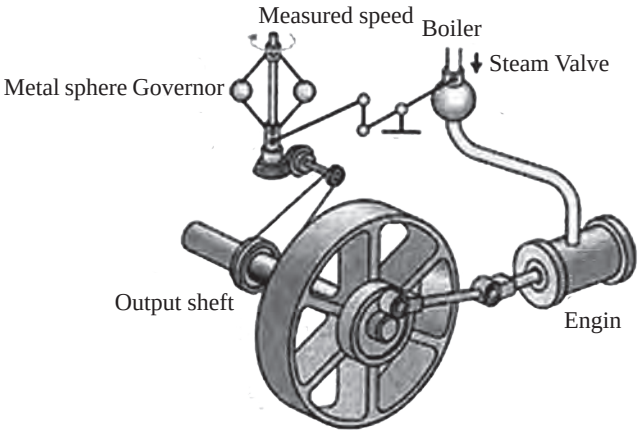
کیفیت زندگی بشر دانست.

تلاش‌های صورت گرفته جهت ساخت سامانه‌های خودکار مکانیکی دارای تاریخچه‌ای جالب و طولانی می‌باشد. در واقع واژه «اتوماسیون(Automation)» تا دهه ۴۰ میلادی رایج نبود. تا آنکه در آن زمان توسط کمپانی Ford motor برای نام‌گذاری فرایندی استفاده شد که طی آن ماشینی یک قطعه را از یک ایستگاه کاری به ایستگاه کاری دیگر جهت مونتاژ انتقال داده و سپس آن قطعه را دقیقاً در محل معینی برای انجام مراحل آتی مستقر می‌گرداند. با این وجود، توسعه موفقیت‌آمیز سامانه‌های خودکار مکانیکی قبل از آن مقطع نیز اتفاق افتاده بود. به‌طور مثال، کاربردهای ابتدایی سامانه‌های کنترل خودکار در یونان و در سال ۳۰۰ قبل از میلاد با توسعه مکانیسم‌های تنظیم کننده (Regulator) شناور به اجرا در آمد. ساعت آبی (Ktesibios) که در آن از تنظیم کننده شناور آب استفاده شده، و یک چراغ نفتی شناور که از آن جهت ایجاد سطحی ثابت استفاده می‌شده است دو نمونه دیگر هستند. بعدها و در قرن اول میلادی، Heron در اسکندریا کتابی به‌نام «نیوماتیکا» (Pneumatica) انتشار داد که طی آن گونه‌های مختلف مکانیسم‌های تنظیم سطح آب را با استفاده از تنظیم‌کننده‌های شناور تشریح نمود.

در اروپا و روسیه بین قرون ۱۷ و ۱۹ میلادی تجهیزات مهم بسیاری اختراع شدند که بعضاً مرتبط با کنترل بوده‌اند. کورنلیت دربل(Cornelis Derbel) تنظیم کننده حرارتی اختراع کرد که در واقع جزء اولین سیستم‌های پسخور، درآن دوره محسوب می‌شد. به دنبال آن Dennis Papis (۱۷۲۰ـ۱۶۴۷) تنظیم کننده ایمنی فشار جهت دیگ‌های بخار را در سال ۱۶۸۱ میلادی اختراع نمود. تنظیم کننده فشاری وی بیشتر مشابه شیر فشار دیگ‌های زودپز امروزی بوده است.

تکامل بعدی در اتوماسیون با پیشرفت‌های حاصل در نظریه کنترل مربوط به گاورنر (flyball) جیمز وات در سال ۱۷۶۹ میلادی می‌باشد. گاورنر (flyball) که در شکل ۲ـ۵ آمده است، جهت کنترل سرعت موتور بخار استفاده می‌شود. با اندازه‌گیری سرعت شفت خروجی و به‌کارگیری حرکت (flyball) شیر میزان بخار ورودی به موتور به‌طور خودکار کنترل می‌شود. با افزایش سرعت موتور، کره‌های فلزی روی گاورنر بلند شده و از محور شفت فاصله می‌گیرند و به این ترتیب راه شیر بسته می‌شود. با کاهش سرعت موتور کره‌های فلزی روی گاورنر پایین می‌آیند و راه شیر سوخت باز می‌شود. این نمونه‌ای از سامانه کنترل پسخور است که سیگنال بازخورد و راه انداز کنترل به‌طور کامل در یک سخت‌افزار مکانیکی کوپل می‌شوند.





شکل ۲ـ۵ـ نمایی از گاورنر جیمز وات

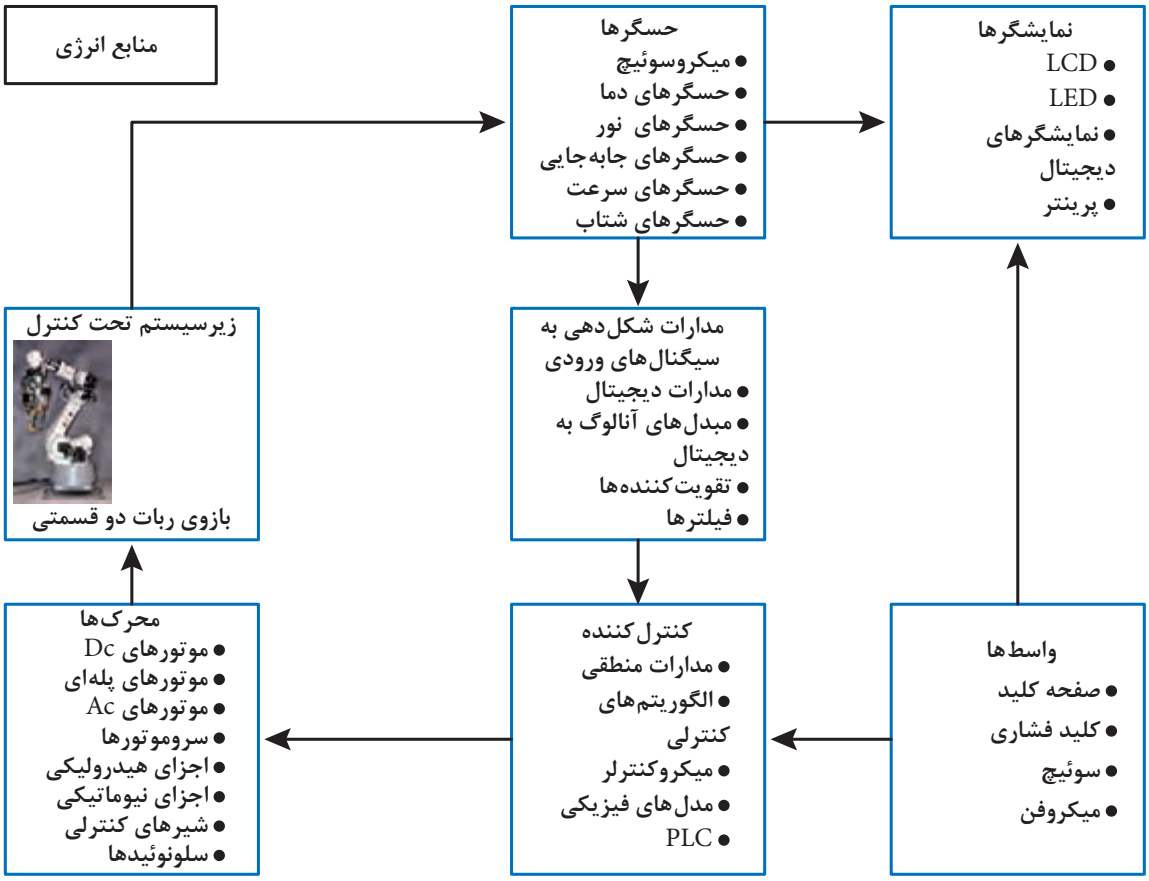
کاربرد کنترل، پاندول معکوس

سیستم

در این بخش به تعریف سیستم[1] پرداخته می‌شود. برای این منظور ابتدا باید مفهوم سیستم تعریف گردد. سیستم مجموعه‌ای از اجزای مختلف است که برای هدف خاصی کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. قلب، مغز و منظومه شمسی سیستم‌های طبیعی هستند. خودرو، هواپیما، کشتی، ربات، پالایشگاه‌ها و کارخانه‌ها از جمله سیستم‌های مصنوعی هستند که توسط انسان ساخته شده‌اند. یک سیستم که خود جزئی از یک سیستم بزرگ‌تر است، **زیر سیستم** نامیده می‌شود. به‌طور مثال، قلب خود یک سیستم است که جزئی از یک سیستم بزرگ‌تر یعنی بدن است. پس هنگام بررسی بدن، قلب یک زیر سیستم برای بدن محسوب می‌شود.

اجزای سیستم کنترلی

درشکل زیر **اجزای یک سیستم کنترلی** آورده شده است. توجه شود که ممکن است سیستم کنترلی برخی از این اجزا را نداشته باشد.



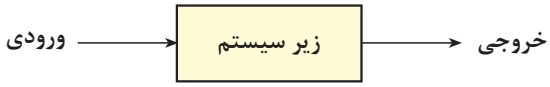
شکل ۳ـ۵ـ اجزای یک سیستم کنترلی

۱ـ System

به عنوان مثال، در یک پهپاد، حسگرها موقعیت و ارتفاع را اندازه‌گیری می‌کنند. ولتاژ خروجی حسگرها پس از تقویت شدن و حذف نوسانات غیر مجاز به کنترل‌کننده ارسال می‌شود. کنترل کننده با توجه به موقعیت جاری و موقعیت مطلوب پهپاد تصمیم‌گیری می‌نماید که با چه توانی موتورهای پهپاد را به حرکت در آورد و زاویه هریک از بالک‌ها چگونه باشد تا پهپاد به موقعیت مطلوب برسد.

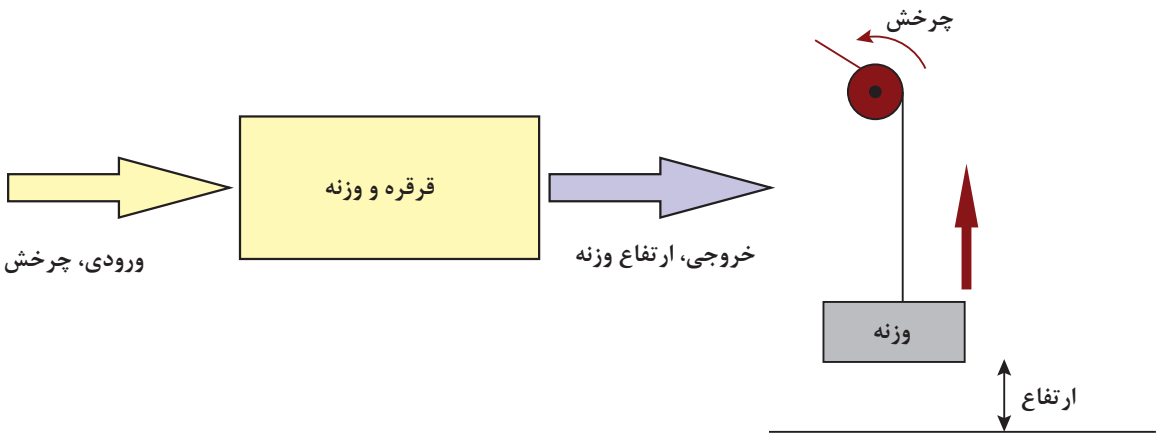
نمودار بلوکی

برای اینکه بتوانیم تأثیر متقابل قسمت‌های مختلف یک سیستم مکاترونیکی را درک کنیم از **نمودارهای بلوکی** (Block Diagram) استفاده می‌کنیم. نمودار بلوکی از بلوک‌های مجزا تشکیل شده است که در آن ارتباط میان بلوک‌ها با **خطوط جهت‌دار** نمایش داده می‌شوند. هر بلوک نشان‌دهندهٔ یک زیرسیستم است. یک زیرسیستم می‌تواند چند ورودی و چند خروجی داشته باشد. اما اغلب زیرسیستم‌های مکاترونیکی را می‌توان با بلوک‌هایی که دارای یک ورودی و یک خروجی است نمایش دهیم. ورودی سیگنالی است که از بیرون بر سیستم اثر می‌گذارد و باعث تغییر در سیستم می‌شود. خروجی رفتاری است که یک سیستم نشان می‌دهد.



شکل ۴ـ۵ـ نمودار بلوکی یک زیرسیستم

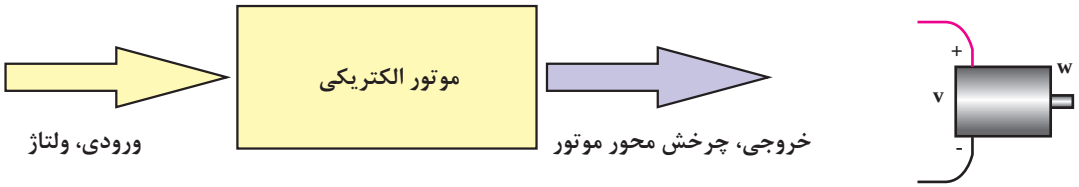
زیرسیستم **قرقره و وزنه** را در نظر بگیرید. قرقره با چرخش سبب جمع شدن نخ می‌شود و وزنه به سمت بالا حرکت می‌کند.



شکل ۵ـ۵ـ نمودار بلوکی مربوط به زیر سیستم قرقره و وزنه

ورودی را با θ و خروجی را با h نمایش می‌دهیم. این بدین معناست که با چرخاندن قرقره می‌توان ارتفاع وزنه را کنترل کرد. به جهت فلش‌های کشیده شده توجه کنید. توجه شود که ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم یکتا نیست؛ مثلاً برای همین سیستم قرقره و وزنه، می‌توان گشتاور وارد شده بر قرقره را به‌عنوان ورودی و سرعت حرکت وزنه را به‌عنوان خروجی تلقی کرد.

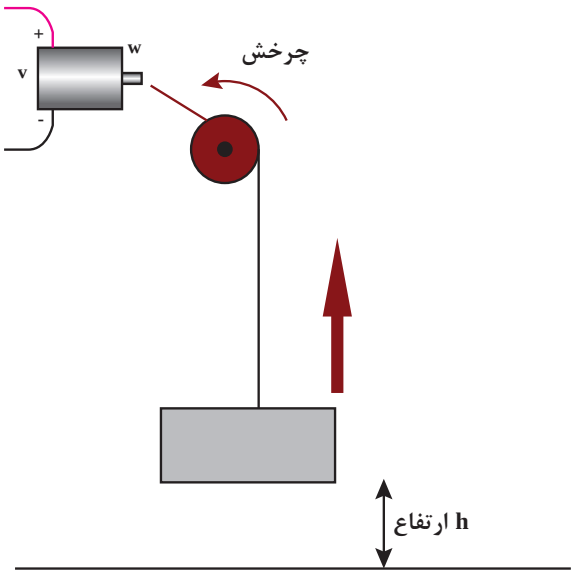
حال زیرسیستم **موتور الکتریکی** را در نظر بگیرید. این زیر سیستم را می‌توان با یک بلوک نمایش داد که دارای یک ورودی و یک خروجی می‌باشد. ورودی یک موتور الکتریکی ولتاژ و خروجی آن چرخش محور موتور است.



شکل۶ـ۵ـ نمودار بلوکی مربوط به زیر سیستم موتور الکتریکی

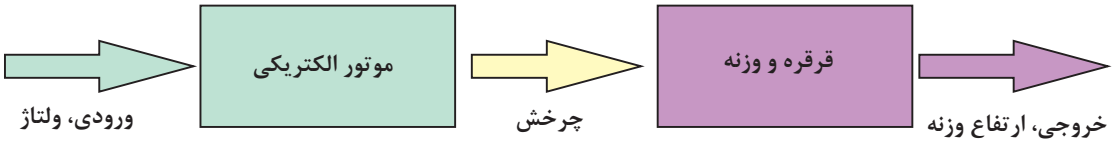
ورودی را با V و خروجی را با θ نمایش می‌دهیم. این بدین معناست که با دادن ولتاژ به یک موتور می‌توان میزان چرخش محور موتور را تغییر داد. به جهت فلش‌های کشیده شده توجه کنید.

اکنون می‌خواهیم به وسیلهٔ یک موتور الکتریکی و یک قرقره، وزنه را بالا بکشیم. بالابرهای استفاده شده برای جابه‌جایی مصالح و آسانسورها بدین ترتیب کار می‌کنند. برای این کار لازم است محور موتور را به قرقره متصل کنیم. بعد از اتصال محور موتور به قرقره با روشن کردن موتور وزنه به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند که به جهت چرخش موتور بستگی دارد.



شکل ۷ـ۵ـ اتصال دو زیر سیستم موتور الکتریکی و قرقره و وزنه

با توجه به شکل ۷ـ ۵، با اتصال این دو زیر سیستم یک سیستم بزرگ‌تر به نام بالابر حاصل شده است که ورودی آن ولتاژ و خروجی آن ارتفاع وزنه است. خروجی زیر سیستم اول، چرخش محور، به‌عنوان ورودی زیر سیستم دوم یعنی چرخش قرقره عمل می‌کند.



شکل ۸ـ۵ـ سیستم بالابر الکتریکی که از دو زیر سیستم کوچک‌تر تشکیل شده است.

برای کنترل ارتفاع وزنه می‌توانیم ولتاژ موتور را تغییر دهیم. در سیستم‌های کنترلی، متغیری که قصد داریم تا آن را به مقدار دلخواه تغییر دهیم **خروجی کنترلی** و متغیری که با آن می‌توان خروجی سیستم را تغییر داد **ورودی کنترلی** است. در سیستم بالابر الکتریکی، خروجی کنترل شده ارتفاع وزنه، و ورودی کنترلی ولتاژ موتور الکتریکی است.



شکل ۹ـ۵ـ نمونه‌ای از یک بالابر صنعتی

نکته

نمودار بلوکی تنها توابع و مسیر حرکت منطقی ورودی‌ها و خروجی‌ها را نشان می‌دهد و نوع ورودی‌ها و خروجی‌ها را مشخص نمی‌کند. همچنین نحوهٔ اتصالات الکتریکی و مکانیکی در نمودار بلوکی مشخص نمی‌شود.

فکر کنید

زیر سیستمی مثال بزنید که ورودی آن چرخش باشد و خروجی آن ولتاژ باشد، یعنی بالعکس موتور الکتریکی عمل کند.

کار در خانه

گیربکس یا جعبه دنده مجموعه‌ای از چرخ دنده‌هاست که برای تغییر مقدار سرعت و گشتاور مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل الف دو چرخ دنده را مشاهده می‌کنید که با هم درگیر هستند. وقتی چرخ دندهٔ کوچک ۱۰ دور می‌چرخد، چرخ دندهٔ بزرگ تنها یک دور می‌چرخد. این دو چرخ دنده یک گیربکس ساده محسوب می‌شود.

۱ـ شکل ب مربوط به یک موتور الکتریکی دارای گیربکس است. این سیستم را به دو زیرسیستم موتور و گیربکس تقسیم کنید و نمودار بلوکی آن را رسم کنید.



شکل الف



شکل ب

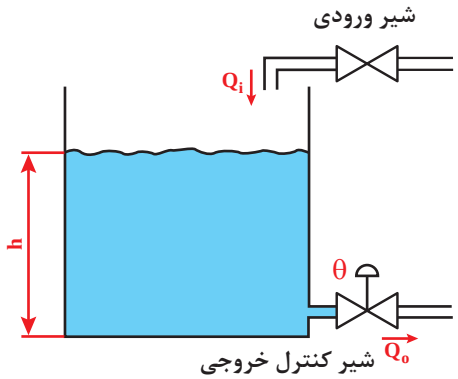
شکل ۱۰ـ۵

۲ـ اگر رابطهٔ سرعت موتور(دور بر دقیقه) و ولتاژ ورودی (ولت) آن به‌صورت $n=10\times V$ باشد و رابطهٔ سرعت ورودی و خروجی گیربکس به‌صورت $n_{out}=0/1\times n_{in}$ باشد، رابطهٔ بین ولتاژ موتور گیربکس‌دار و سرعت آن را به‌دست آورید.

کنترل حلقه باز و حلقه بسته

سیستم‌های کنترلی از جنبه‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند. از این جمله می‌توان سیستم‌های کنترل دستی (Manual Control System) ، خودکار (Automatic Control System)، سیستم‌های حلقه باز (Open Loop) وحلقه بسته (Closed Loop) را نام برد. نام دیگر سیستم کنترل حلقه بسته سیستم کنترل پسخور (Feedback) است.

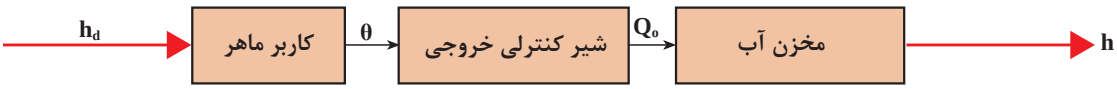
مخزن آب روباز شکل زیر را در نظر بگیرید.



شکل۱۱ـ۵ـ مخزن آب روباز

آب از شیر ورودی با دبی (Q_i) وارد مخزن می‌شود و با دبی (Q_o) از آن خارج می‌گردد. اگر دبی آب خروجی بیشتر از دبی آب ورودی باشد سطح آب در مخزن (h) پایین می‌رود. اگر دبی آب ورودی بیشتر از دبی آب خروجی باشد سطح آب مخزن بالا می‌رود. با توجه به شکل ۱۱ـ ۵ دبی آب ورودی قابل کنترل نیست (چون دستگیره‌ای برای کنترل ندارد)، ولی دبی آب خروجی با استفاده از تغییر زاویه (θ) شیر کنترلی خروجی قابل تنظیم است. هدف این است که سطح آب مخزن در ارتفاع مطلوب (h_d) تنظیم شود.

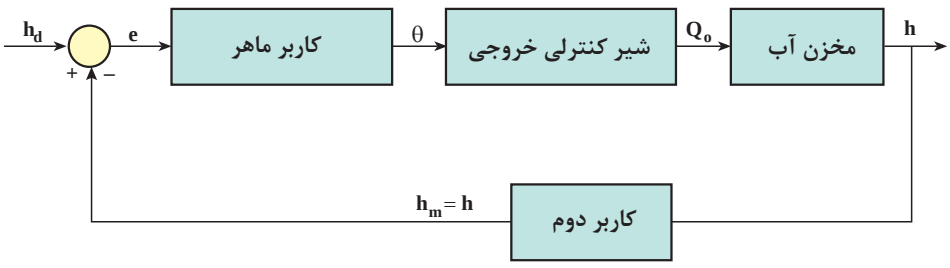
از آنجا که هدف، تنظیم سطح مخزن با استفاده از تنظیم دبی خروجی است پس از دیدگاه کنترلی h خروجی و Q_o ورودی زیر سیستم مخزن هستند. همچنین، θ و Q_o به ترتیب ورودی و خروجی زیر سیستم شیر کنترلی می‌باشند. برای انجام کنترل از کاربر ماهر استفاده شده است که طبق تجربه می‌داند شیر کنترلی را در چه زاویه‌ای قرار دهد تا سطح آب به ارتفاع h_d برسد. نمودار بلوکی این سیستم در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۱۲ـ۵ـ دیاگرام بلوکی مخزن در حالت کنترل حلقه باز

دراین سیستم کاربر از مقدار سطح واقعی آب (h) در هر لحظه اطلاعی ندارد و فقط براساس تجربه عمل می‌کند. به این سیستم کنترل، **سیستم کنترل حلقه باز** می‌گویند.

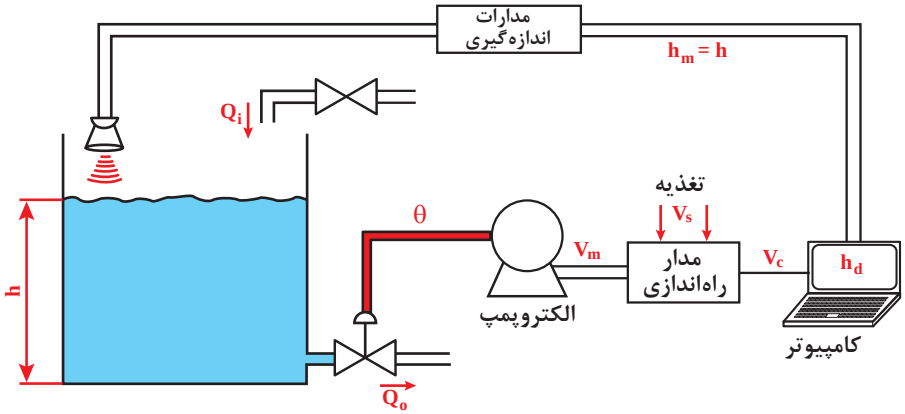
حال نفر دومی بالای مخزن می‌رود و با استفاده از شاخصی که در مخزن نصب شده سطح واقعی آب را خوانده و مقدار آن را هر لحظه به کاربر ماهر پایینی مخزن اطلاع می‌دهد. اگر $h_d > h$ باشد، کاربر ماهر شیر کنترلی را کمی می‌بندد و اگر $h_d < h$ باشد شیر کنترلی را کمی باز می‌کند. نمودار بلوکی این سیستم در زیر آورده شده است.



شکل۱۳ـ۵ـ دیاگرام بلوکی کنترل سطح آب مخزن در حالت حلقه بسته

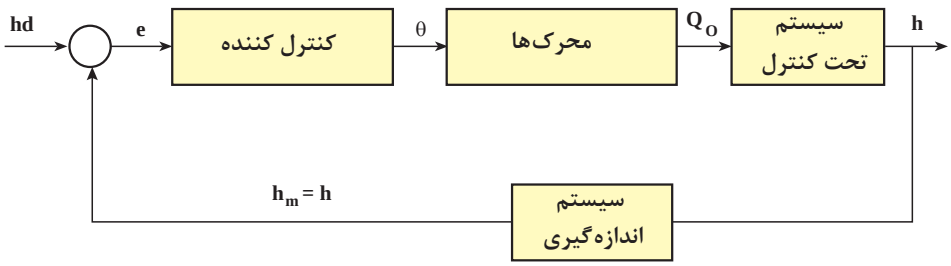
به این سیستم کنترلی **سیستم حلقه بسته یا سیستم پسخور** می‌گوییم. اگر در اثر عواملی چون بارندگی یا نشتی مخزن h تغییر کند، کاربر دوم آن را اندازه می‌گیرد و به اطلاع کاربر ماهر می‌رساند و زاویه شیر کنترلی مجدداً تنظیم می‌شود. خطای سیستم کنترل حلقه بسته کمتر و مقاومت آن در برابر عوامل مزاحم بسیار زیاد است. بخش اصلی سیستم حلقه بسته، پسخور آن است. پسخور باعث می‌شود کنترل کننده (کاربر ماهر) بتواند با توجه به خروجی لحظه‌ای حاصل شده، عمل کنترلی خود را تنظیم کند.

هر دو سیستم‌های کنترل گفته شده برای مخزن از نوع **کنترل دستی** هستند و به نیروی انسانی نیاز دارند. برای کاهش نیروی انسانی و افزایش دقت عملکرد از سیستم کنترل خودکار استفاده می‌شود.



شکل ۱۴ـ۵ـ نمایی از سیستم کنترل خودکار (و حلقه بسته) مخزن آب

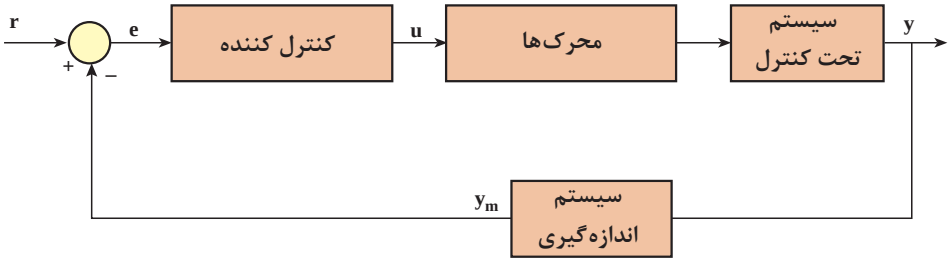
در این سیستم h_d توسط کاربر تعیین می‌شود. همچنین، از یک حسگر فراصوت جهت اندازه‌گیری سطح آب مخزن استفاده شده است. خروجی حسگر h ارتفاع مخزن است. کنترل کننده با توجه به اختلاف h_d و h ($e = h_d - h$) میزان باز یا بسته بودن شیر θ را تعیین می‌کند. نمودار **بلوکی سیستم کنترل خودکار** مخزن آب در زیر رسم شده است.



شکل ۱۵ـ۵ـ نمودار بلوکی سیستم کنترل خودکار (و حلقه بسته) مخزن آب

در این سیستم اگر h_d تغییر کند به طور خودکار ولتاژها و سیگنال‌های قسمت‌های مختلف تغییر می‌کنند تا اختلاف h و h_d کاهش یابد.

اکثر سیستم‌های کنترلی و سیستم‌های مکاترونیکی از نوع سیستم حلقه بسته و خودکار هستند. در شکل (۱۶ـ۵) دیاگرام بلوکی یک سیستم کنترل خودکار حلقه بسته را در حالت کلی مشاهده می‌نمایید.

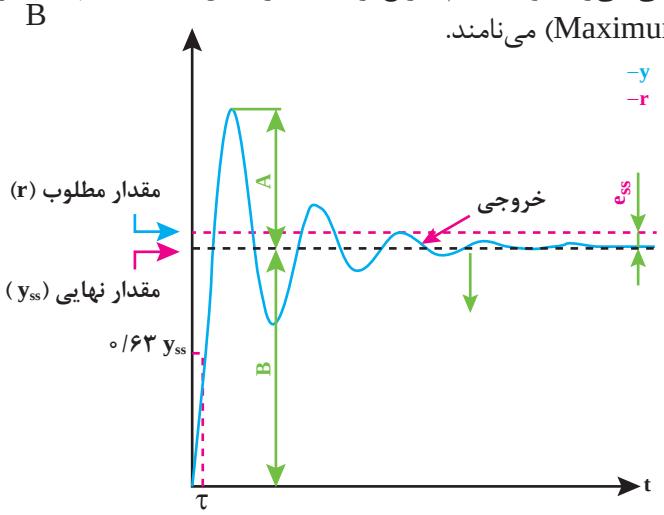


شکل ۱۶ـ۵ـ نمودار بلوکی سیستم کنترل خودکار حلقه بسته

r ورودی مرجع (Reference Input) یا ورودی مطلوب، e خطا (Error)، u ورودی کنترلی یا عمل کنترل (Control Action)، y خروجی (Output)، y_m خروجی اندازه‌گیری شده (Measured Output) هستند. به سیستم اصلی تحت کنترل plant یا سیستم می‌گویند. زیرسیستم‌های یک سیستم حلقه بسته کنترل‌کننده (Controller)، محرک‌ها (Actuator)، سیستم تحت کنترل و سیستم اندازه‌گیری (Measurement System) هستند. در بخش‌های بعدی هریک از این زیر سیستم‌ها توصیف شده‌اند.

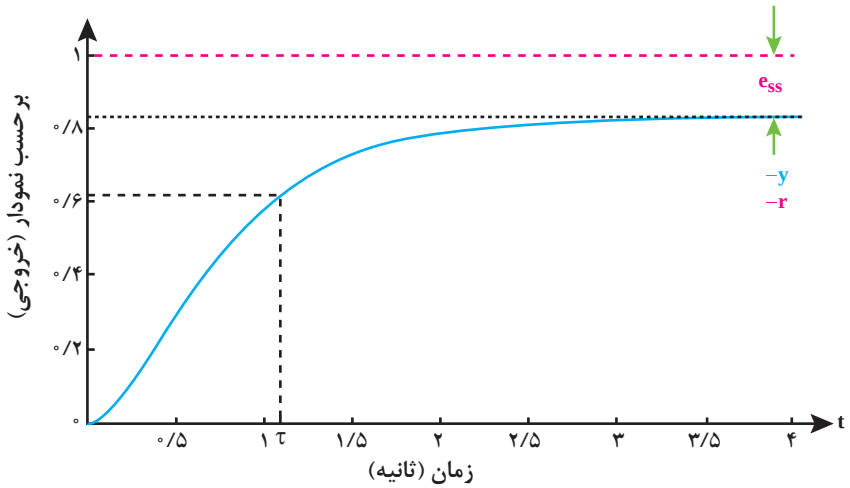
ویژگی‌های خروجی سیستم کنترلی

خروجی y می‌تواند ارتفاع مخزن، سرعت موتورالکتریکی و یا خروجی هر سیستم مکاترونیکی تحت کنترل باشد. مقداری که y در زمان‌های طولانی به آن می‌رسد را مقدار نهایی (y_{ss}) می‌نامند. مناسب است که **خطای حالت دائمی** (Steady State Error) ($e_{ss} = r - y_{ss}$) تا حد ممکن کوچک باشد. در بهترین حالت e_{ss} صفر است. مدت زمانی که طول می‌کشد تا خروجی به $0/63\ y_{ss}$ برسد را **ثابت زمانی** (Time Constant) (τ) می‌نامند. به‌طور سرانگشتی بعد از 4τ خروجی به مقدار نهایی خود می‌رسد. هرچه τ کوچک‌تر باشد یعنی خروجی سریع‌تر به مقدار نهایی می‌رسد و سیستم سریع‌تر است. در شکل نسبت $\frac{A}{B} \times 100$ را **درصد بالازدگی** (Maximum Overshoot) (Mp) می‌نامند.



شکل ۱۷ـ۵ـ نمودار زمانی خروجی سیستم کنترلی با نمایش ویژگی‌های خروجی

فرض کنید هدف تنظیم دور موتور به ۱۰۰ دور بر دقیقه است. وجود بالازدگی به این معنا است که دورموتور افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به ۱۰۰، حول آن نوسان می‌کند و پس از گذشت مدتی، ثابت می‌ماند. به رفتار خروجی در شکل ۱۷ـ۵ **پاسخ زیرمیرا** (Underdamped) می‌گویند. نوع دیگر از پاسخ **فوق میرا** (Overdamped) است که در شکل ۱۸ـ۵ نمایش داده شده است.

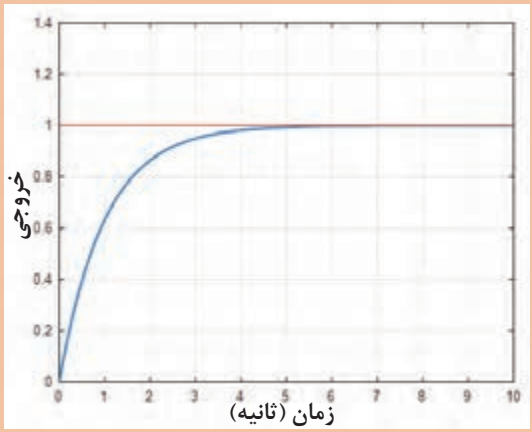


شکل ۱۸ـ۵ـ پاسخ خروجی فوق میرا

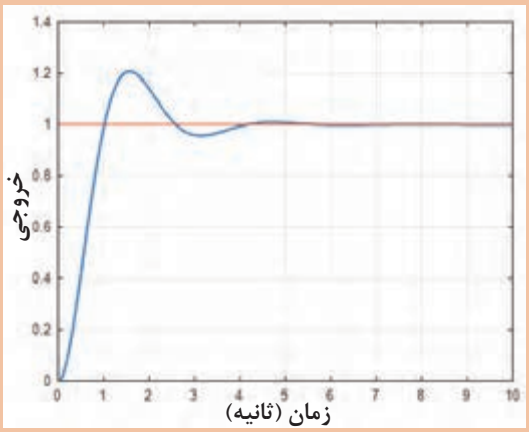
دراین پاسخ بالازدگی صفر است. اگر طراحی کنترل‌کننده نامناسب باشد خروجی با گذشت زمان افزایش می‌یابد تا جایی که سیستم حلقه بسته معیوب یا دچار نقص گردد. در این حالت **سیستم ناپایدار** (Unstable) شده است.

تمرین کنید

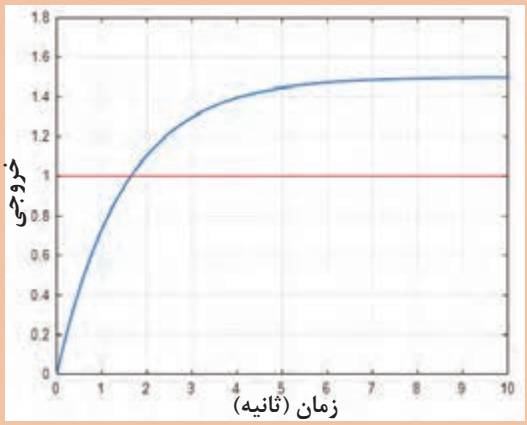
نمودارهای شکل الف، ب، ج و د خروجی ۴ سیستم متفاوت را نشان می‌دهند. این خروجی می‌تواند سطح یک مخزن و یا خروجی هر سیستم مکاترونیکی دیگر باشد.



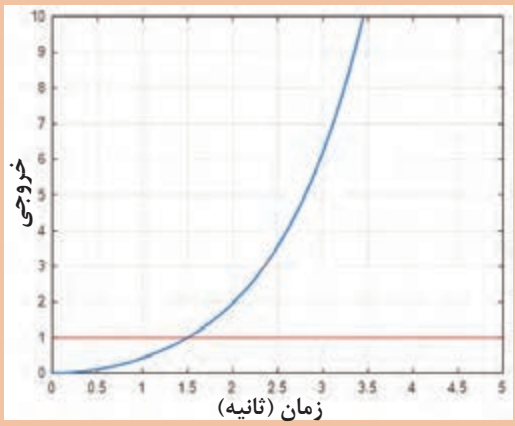
الف



ب



د



ج

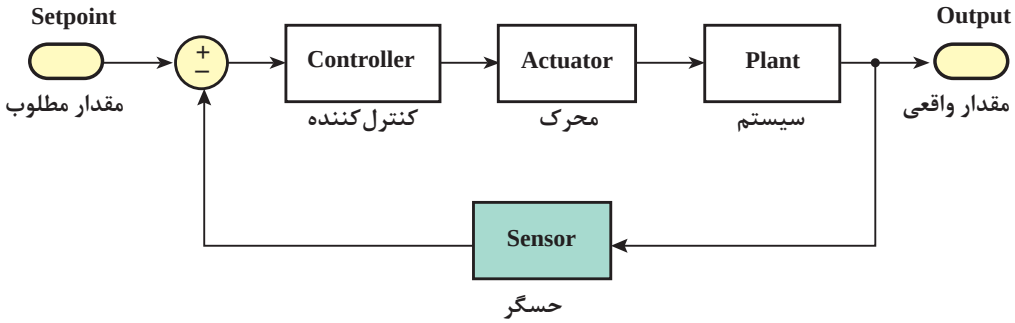
	شکل الف	شکل ب	شکل ج	شکل د
نوع پاسخ (فوق میرا، زیرمیرا و ناپایدار)				
خطای حالت دائمی				
درصد بالا زدگی				
ثابت زمانی				

جدول مربوط به ویژگی‌های خروجی ۴ سیستم مختلف را پر کنید. توجه کنید که خط قرمز به معنای مقدار مطلوب سیستم (r) است.

حسگرها در سیستم‌های کنترلی

حسگر به معنی **حس کننده** می‌باشد. کمیت‌هایی نظیر دما، فشار، سرعت و ... به وسیلهٔ حسگرها اندازه‌گیری می‌شوند. حسگرها از موادی ساخته می‌شوند که به **تغییر** یک کمیت حساس‌اند. حسگرهای دما به دما حساس هستند و می‌توانند دما را با روش‌های مختلفی اندازه بگیرند.

امروزه حسگرها در زندگی ما نقش مهمی دارند. به‌طور مثال حسگر دمایی که در یخچال خانهٔ شما وجود دارد به شما کمک می‌کند تا دمای یخچال را به‌صورت مطلوبی تنظیم نمایید یا وقتی وارد اتاقی می‌شوید و چراغ‌های اتاق به‌صورت خودکار روشن می‌شوند، حسگر موجود در اتاق، حضور شما را در اتاق احساس می‌کند و فرمان روشن شدن چراغ را می‌دهد.

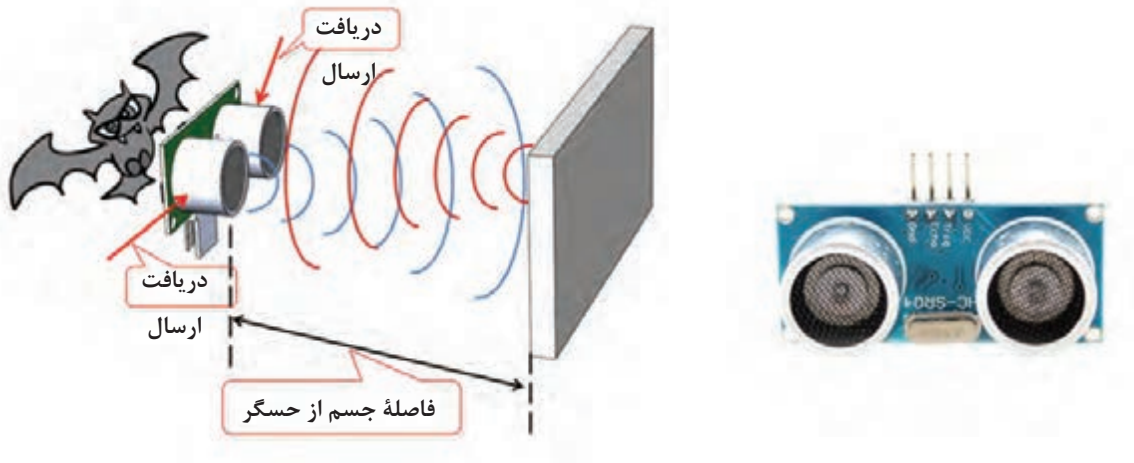


شکل ۱۹ـ۵ـ نقش حسگر در یک حلقهٔ کنترلی

الهام از طبیعت: حسگر فراصوت

خفاش‌ها در تاریکی شب به‌وسیله ارسال امواج فراصوت و دریافت آن می‌توانند مسیریابی کنند. این امواج صوتی توسط گوش انسان قابل شنیدن نیست. این مکانیزم در حسگرهای فراصوت استفاده می‌شود. در این حسگرها با ارسال امواج فراصوت و اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت، می‌توان به فاصلهٔ اجسام پی برد.

در یک آزمایش با ارسال یک موج صوتی مدت زمان ۰/۰۱ ثانیه طول کشید تا موج ارسالی پس از برخورد به جسم مورد نظر باز گردد. با فرض اینکه سرعت صوت در هوا ۳۴۰ متر بر ثانیه است فاصلهٔ جسم از حسگر را به‌دست می‌آوریم.



شکل ۲۰ـ۵ـ مقایسهٔ حسگر فراصوت و خفاش

حل: با توجه به اینکه زمان رفت و برگشت برابر می‌باشد پس زمان رفت یا برگشت برابر ۰/۰۰۵ ثانیه $= \frac{۰/۰۱}{۲} =$ زمان است. پس نتیجه می‌شود:

فاصله = زمان × ۳۴۰ = ۰/۰۰۵ × ۳۴۰ = ۱/۷ متر

تمرین کنید

در یک سنسور فراصوت فاصلهٔ جسم از سنسور ۳۴ متر است. زمان رفت و برگشت موج صوتی ارسال شده از حسگر فراصوت، پس از برخورد به جسم و بازگشت به حسگر چقدر است؟

سیستم مدیریت خانه (خانه هوشمند)

کاربرد حسگرها در خانه‌های هوشمند

شما با تلفن همراهتان می‌توانید لامپ‌ها، تلویزیون، یخچال، کولر و ... را تحت کنترل داشته باشید. در این صورت به‌راحتی از هر جای خانه به تمام امکانات خانه دسترسی دارید و تمام کنترل‌کننده‌های از راه دور دستگاه‌های مختلف تجمیع می‌شوند.

اما آیا هدف از اتوماتیک کردن خانه‌ها تنها افزایش آسایش است؟ به‌طور کلی علاوه‌بر **آسایش، امنیت، کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها** از اهداف و مزایای مهم سیستم مدیریت خانه هستند.

وظایف سیستم مدیریت ساختمان (BMS)

کنترل سیستم‌های روشنایی
کنترل تأسیسات سرمایش و گرمایش
کنترل تردد ساکنان و وسایل نقلیه
نظارت تصویری
اعلام و اطفای حریق
ایجاد امنیت و حفاظت پیرامون
کاهش مصرف انرژی



شکل۲۱ـ۵ـ حسگرهای استفاده شده در یک خانهٔ هوشمند



حسگر تشخیص دود



حسگر تشخیص حرکت



حسگر گازهای شهری



حسگر اثر انگشت



حسگر باز شدن درب و پنجره



حسگر نور

شکل ۲۲ـ۵ـ قسمت‌های مختلف خانهٔ هوشمند

کار گروهی

هریک از حسگرهای موجود در جدول در کدام بخش از سیستم مدیریت هوشمند خانه می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند؟

	تنظیم روشنایی	سیستم دزدگیر	سیستم اعلان حریق	کنترل ورود و خروج
حسگر دما	خیر	خیر	بلی	خیر
حسگر گاز شهری				
حسگر اثر انگشت				
حسگر دود				
حسگر شکسته شدن شیشه				
حسگر مونوکسید کربن				
حسگر تشخیص حرکت				

تحقیق کنید

در مورد روش‌هایی که در یک خانهٔ هوشمند استفاده می‌شود تا مصرف آب، برق و گاز کاهش پیدا کند تحقیق کنید.

کنترل روشنایی منزل با تلفن همراه

نوآوری

- فرض کنید وقتی از بیرون به خانه بر می‌گردید بخاری نیم ساعت قبل روشن شده است و دمای مطلوب شما را فراهم کرده است. همچنین قهوه ساز به‌صورت خودکار قهوه را برای شما آماده کرده است. تمام این کارها با یک پیام کوتاه به پنل مرکزی کنترل هوشمند خانه به‌راحتی میسر می‌شود.
- فرض کنید شما پدر یا مادر پیری در منزل دارید که وقتی بیرون می‌روید همیشه نگران سلامتی آنها هستید. در یک خانهٔ هوشمند به وسیلهٔ حسگرهای حرکتی و حسگرهایی که علایم حیاتی را کنترل می‌کنند شما می‌توانید وضعیت والدین خود را از هرجای شهر به‌وسیلهٔ اینترنت بررسی کنید.
- قطعاً وقتی شما به مطالعه می‌پردازید نور بیشتری احتیاج دارید تا زمانی که مشغول تماشای تلویزیون هستید. شما می‌توانید تنظیمات مربوط به حالت مطالعه و حالت تماشای تلویزیون را برای پنل مرکزی کنترل هوشمند خانه تعریف کنید. در این صورت هنگام مطالعه نور اتاق‌ها تنظیم می‌شوند.
- شما برای مدتی مجبور به ترک منزل هستید و نگران گل‌های زیبای منزلتان هستید. در یک خانهٔ هوشمند چنین نگرانی‌هایی وجود ندارد زیرا شما با مکانیزم‌های موجود می‌توانید آبیاری گلدان‌ها را به ابزارهای هوشمند بسپارید.
- امنیت در یک خانه برای ساکنان آن خانه آرامش می‌آورد. دریک خانهٔ هوشمند به وسیلهٔ تکنولوژی حسگرها می‌توان امنیت خانه را تأمین کرد. امروزه حسگرهایی تولید شده‌اند که به وسیلهٔ آنها می‌توان حرکت افراد ناشناس در خانه، باز شدن درب و پنجره، شکسته شدن شیشه و... را شناسایی کرد و زنگ خطر را به‌صدا در آورد.





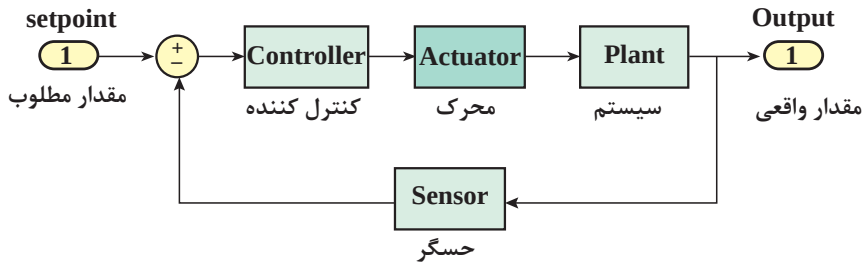


شکل ۲۳ـ۵ـ افزایش امنیت و آسایش با به‌کارگیری حسگرها در خانه

محرک‌ها در سیستم‌های کنترلی

عملگر در واقع قسمتی از سیستم کنترلی است که وظیفهٔ اجرای دستورات کنترل‌کننده را دارد. بدن ما تحت‌کنترل فرمان‌های مغز است. وقتی مغز فرمان می‌دهد که جسمی از روی زمین برداشته شود، دست‌ها که عامل برداشته شدن آن جسم هستند، به‌عنوان محرک شناخته می‌شوند.

وقتی شما قصد دارید دمای اتاق خود را تنظیم کنید بخاری به‌عنوان یک محرک محسوب می‌شود که می‌تواند دمای اتاق شما را تغییر دهد. شما با کنترل مقدار شعلهٔ بخاری می‌توانید به دمای مطلوب برسید. در اینجا بخاری نقش محرک را در کنترل دمای اتاق دارد.



شکل ۲۴ـ۵ـ نقش محرک در یک حلقهٔ کنترلی

محرک‌ها به‌صورت کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱ـ عملگرهای الکتریکی: عملگرهای الکتریکی از طریق **انرژی الکتریکی** کار انجام می‌دهند. موتورهای الکتریکی انرژی برق را به انرژی حرکتی تبدیل می‌کنند و گرمکن‌ها انرژی الکتریکی را به حرارت تبدیل می‌کنند.

۲ـ عملگرهای هیدرولیکی: عملگرهای هیدرولیکی با به‌کارگیری **مایعات تراکم‌ناپذیر نظیر روغن،** سبب جابه‌جایی و حرکت می‌گردند. سیلندرها، شیرها و موتورهای هیدرولیکی به‌عنوان بخشی از عملگرهای هیدرولیک شناخته می‌شوند.

۳ـ عملگرهای پنوماتیکی: عملگرهای پنوماتیکی از **هوای فشرده** استفاده می‌کنند. هوای فشرده به‌راحتی از طریق لوله می‌تواند در سرتاسر کارخانه جریان داشته باشد و در مخازن مخصوص ذخیره گردد. به دلیل فراوانی هوا، استفاده از این محرک‌ها بسیار رایج است.

بازوی رباتیکی

تحقیق کنید

امروزه ربات‌های صنعتی در اتوماسیون بسیار استفاده می‌شوند. در مورد مزایای استفاده از ربات‌ها در صنعت تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید. عملگرهای این ربات‌ها از چه نوعی‌اند؟ الکتریکی، هیدرولیکی یا پنوماتیکی؟



شکل ۲۵ـ۵



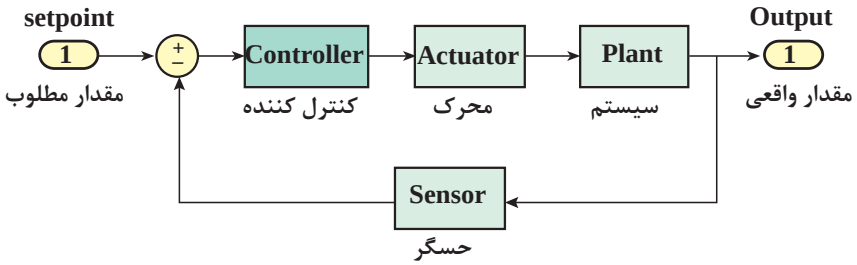
شکل ۲۶ـ۵ـ انواع محرک‌ها در سیستم‌های کنترلی

کنترل‌کننده

در یک سیستم تحت کنترل، کنترل‌کننده نقش **مغز متفکر** را دارد که با توجه به رفتار سیستم و ورودی‌ها و خروجی‌های آن، تصمیم‌گیری می‌کند تا شرایط مطلوبی که هدف سیستم رسیدن به آن است میسر گردد. این تصمیم‌گیری به وسیلهٔ شناختی که از سیستم موجود است حاصل می‌شود. این شناخت اغلب از طریق روابط فیزیک حاکم بر سیستم حاصل می‌شود؛ مثلاً کنترل کننده‌ای که سرعت یک موتور را کنترل می‌کند را در نظر بگیرید. این کنترل‌کننده باید از رفتار موتور و مشخصات آن آگاهی داشته باشد تا بتواند دستورات لازم را برای آن ارسال کند. هر موتور الکتریکی دارای پارامترهایی می‌باشد که مانند شناسنامه برای یک فرد عمل می‌کنند. این پارامترها برای کنترل سرعت موتور ضروری هستند. این پارامترها شامل ولتاژ، جریان، گشتاور، توان و... هستند. قطعاً پارامترهای موتور الکتریکی استفاده شده در یک پهپاد با پارامترهای موتور الکتریکی استفاده شده در یک ربات صنعتی تفاوت دارد.

کنترل‌کننده‌ها دارای الگوریتم‌های متفاوتی هستند که نقش‌ها و ویژگی‌های متفاوتی دارند. کنترل‌کننده با استفاده از یک سری روابط ریاضی می‌تواند هدف مطلوب سیستم را برآورده سازد. مقدار مطلوب با مقدار واقعی مقایسه می‌شود و در صورت برابر نبودن سیگنالی با عنوان خطا به کنترل کننده ارسال می‌شود. کنترل‌کننده با توجه به **خطا** تصمیم لازم را اتخاذ می‌کند و از طریق محرک، سیستم را به سمت هدف اصلی

که برابر شدن مقدار واقعی با مقدار مطلوب است سوق می‌دهد.



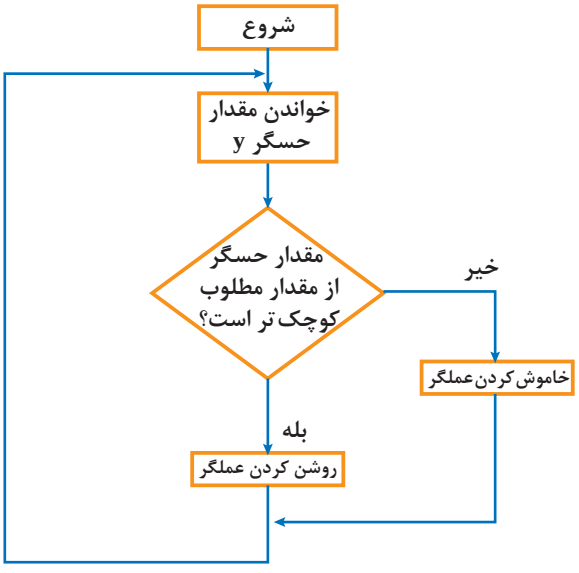
شکل ۲۷ـ۵ـ نقش کنترل کننده در یک حلقهٔ کنترلی

فکر کنید

با توجه به نقش کنترل‌کننده در یک حلقهٔ کنترلی به سؤالات زیر پاسخ دهید:
سیگنال ورودی کنترل کننده چه نام دارد؟ مفهوم خطای صفر از لحاظ فیزیکی چیست؟ توضیح دهید.
در بدن انسان کدام جزء نقش کنترل‌کننده را دارد؟ چشم و گوش در سیستم بدن انسان چه نقشی دارند؟

کنترل کنندهٔ روشن/خاموش

یکی از ساده‌ترین الگوریتم‌های کنترلی که در صنعت هم مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌صورت شکل زیر است. این کنترل کننده همان‌طور که از نامش پیداست با روشن و خاموش کردن محرک، فرایند کنترل را انجام می‌دهد. این الگوریتم بدین صورت عمل می‌کند که ابتدا حسگر مقدار خروجی را اندازه می‌گیرد. سپس این مقدار با مقدار مطلوب مقایسه می‌شود. در صورت بزرگ‌تر بودن خروجی از مقدار مطلوب فرمان خاموش کردن محرک را می‌دهد و در صورت کوچک‌تر بودن فرمان روشن شدن محرک را می‌دهد.



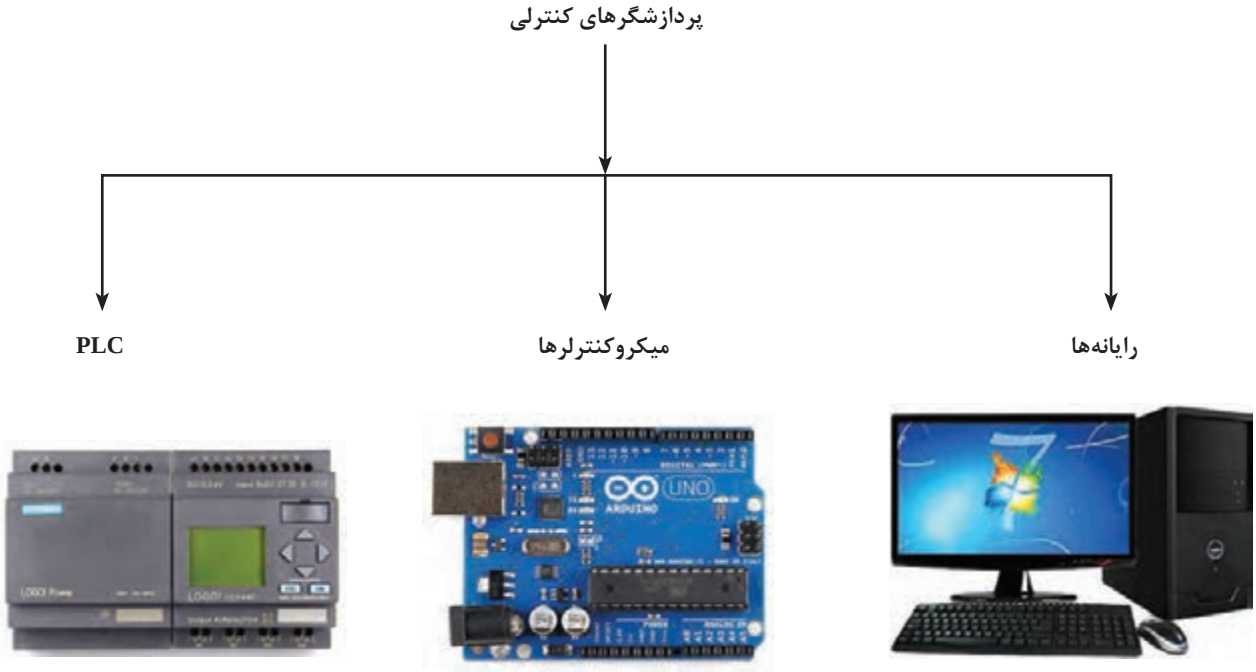
شکل ۲۸ـ۵ الگوریتم کنترل‌کنندهٔ روشن/خاموش

کنترل دمای اتاق را در نظر بگیرید. فرض کنید شما مسئول کنترل دمای اتاق به مقدار مطلوب ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد هستید. شما به کمک مقداری که دماسنج اتاق نمایش می‌دهد از وضعیت دمای اتاق آگاه می‌شوید و تصمیم می‌گیرید که بخاری باید روشن یا خاموش شود. در صورتی که دمای اتاق بالاتر از مقدار مطلوب شما یعنی ۲۸ درجه سانتی‌گراد باشد شما بخاری را خاموش می‌کنید و در صورتی که دمای اتاق کمتر از ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد باشد، بخاری را روشن می‌کنید. این دقیقاً همان کاری است که یک کنترل‌کنندهٔ روشن/ خاموش به‌صورت خودکار انجام می‌دهد.

سیستم کنترل دیگ بخار

پردازشگرهای کنترلی

در قسمت قبل دیدیم که الگوریتم‌های کنترلی نظیر روشن/ خاموش سیستم‌ها را کنترل می‌کنند. الگوریتم‌های کنترلی برای اجرا شدن نیاز به یک پردازشگر دارند. پردازشگرها شامل رایانه‌ها، میکروکنترلرها، کنترل‌کننده‌های منطقی برنامه‌پذیر PLC (programmable logic controller) قادرند تا انواع الگوریتم‌های کنترلی و توابع ریاضی پیچیده را اجرا کنند.



شکل ۲۹ـ۵

آیا می‌دانید که

موشک‌های کنترل شونده یکی از عناصر مهم توان نظامی یک کشور است. جمهوری اسلامی ایران برای حفظ اقتدار و امنیت کشور موشک‌های قدرتمندی نظیر موشک شهاب، عماد و سجیل را طراحی و ساخته است. در این موشک‌ها الگوریتم‌های کنترلی پیشرفته‌ای در نظر گرفته شده است.
کنترل موشک‌ها از طریق رایانه‌های بزرگی که در محل پرتاب موشک هستند صورت می‌گیرند. هدف کنترل در این موشک‌ها، اهداف متحرک یا ثابت است.



شکل ۳۰ـ۵ـ آزمایش موشک توسط جمهوری اسلامی ایران

شبه دستور

شبه دستور(pseudo code)، روشی سریع، فشرده و غیر رسمی برای توضیح یک الگوریتم کامپیوتری است که از ساختارهای معمول بعضی از زبان‌های برنامه نویسی استفاده می‌کند که برای خوانده شدن توسط انسان و نه ماشین طراحی شده است.
سیستم کنترل دمای اتاق را در نظر بگیرید. این سیستم شامل حسگر، کولر گازی ، میکروکنترلر و اتاق می‌باشد.
شبه دستور مربوط به کنترل کنندهٔ روشن/ خاموش به‌صورت زیر است:
این شبه دستور قابل پیاده‌سازی مستقیم برروی رایانه‌ها، میکروکنترلرها و PLCها را ندارد. اما می‌توان با توجه به زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف، شبه دستور را به دستور واقعی و قابل اجرا تبدیل کرد.

۱ـ شروع
۲ـ مقدار مطلوب دما را بخوان
۳ـ مقدار حسگر را بخوان
۴ـ خطا را محاسبه کن (مقدار حسگر ـ مقدار مطلوب = خطا)
۵ـ اگر خطا مثبت است کولر را خاموش کن. (دمای محیط که به‌وسیله حسگر به‌دست آمده از دمای مطلوب پایین‌تر است).
۶ـ اگر خطا منفی است کولر را روشن کن. (دمای محیط که به‌وسیله حسگر به‌دست آمده از دمای مطلوب بالاتر است).
۷ـ پایان

تمرین کنید

شبه دستور مربوط به سنسور فراصوت را تکمیل کنید.

۱ـ شروع
۲ـ زمان‌سنج (تایمر) را ... و موج صوتی را ارسال کن. (فعال ـ غیرفعال)
۳ـ به محض بازگشت موج صوتی زمان‌سنج را ... کن. (فعال ـ غیرفعال)
۴ـ زمان به‌دست آمده را تقسیم بر ... کن. (دو ـ ده)
۵ـ عدد حاصل از قسمت چهار را در ... ضرب کن. (۳۴۰ ـ ۳۴)
۶ـ عدد حاصل از قسمت پنج را به‌عنوان فاصله نمایش بده.
۷ـ پایان

تثبیت کنندهٔ تصویر دوربین با آردوینو

فعالیت عملی

کنترل دستی سرعت آرمیچر

وسایل لازم: یک عدد آرمیچر کوچک (موتور الکتریکی جریان مستقیم) ـ چهار عدد باتری قلمی ۱/۵v ـ یک عدد پتانسیومتر یک کیلو اهم ـ برد بورد

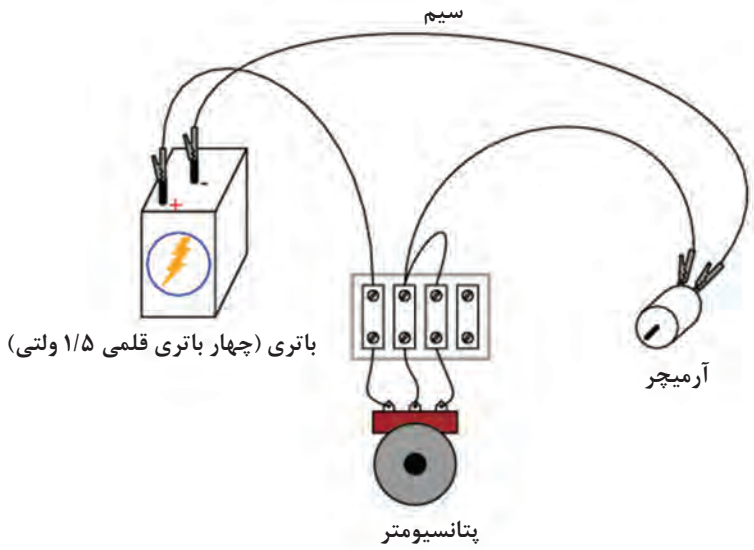
ابتدا چهار باتری قلمی ۱/۵ ولتی را سری (پشت سرهم) کنید و با چسب شیشه‌ای به هم بچسبانید. این کار سبب می‌شود که یک باتری ۶ ولتی داشته باشیم. سپس مانند شکل ۶ سیم‌بندی‌ها را انجام دهید. شما با چرخاندن پتانسیومتر می‌توانید سرعت آرمیچر را کنترل کنید.

سؤالات

۱ـ با چرخاندن پتانسیومتر، بیشترین سرعت در چه حالتی رخ می‌دهد؟ کمترین سرعت چطور؟
۲ـ آیا این سیستم حلقه بسته است؟چرا؟

آرمیچر	
باتری قلمی	
پتانسیومتر	
برد بورد	

جدول ۱ـ۵ قطعات لازم برای آزمایش



شکل ۳۱ـ۵ نحوهٔ سیم‌بندی سیستم کنترل سرعت

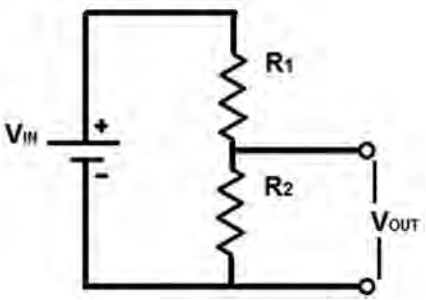
مدل‌سازی سیستم‌های کنترلی

بیان پدیده‌ها با معادلات ریاضی، مدل‌سازی نامیده می‌شود. مدل ریاضی در علوم جغرافیا، بیولوژی، زمین‌شناسی، رایانه، مهندسی و حتی اقتصاد و روان‌شناسی کاربرد دارد. از مزایای مدل‌سازی می‌توان بیان پدیده‌ها، مطالعه در مورد تأثیر اجزای مختلف بر روی سیستم و پیش‌بینی رفتار سیستم را نام برد. در واقع مدل‌سازی یک سیستم به ما کمک می‌کند تا با دانستن ورودی، خروجی سیستم را تعیین کنیم.



شکل۳۲ـ۵ـ مدل‌سازی سیستم‌های کنترلی

مثلاً در یک مدار تقسیم ولتاژ داریم:



شکل۳۳ـ۵ـ مدار مقسم ولتاژ

از دانسته‌های قبل که از بخش الکترونیک به‌دست آورده‌ایم می‌توانیم رابطهٔ بین ورودی و خروجی را به‌صورت زیر بنویسیم:

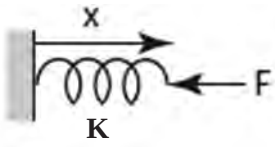
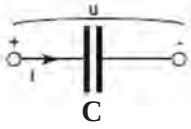
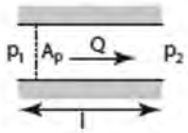
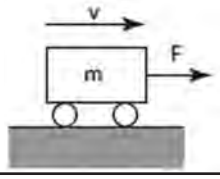
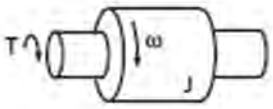
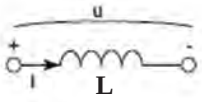
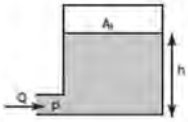
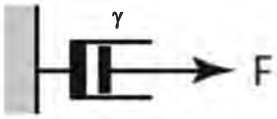
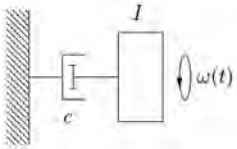
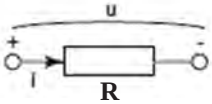
$$Vout = \frac{R_2}{R_1 + R_2} Vin$$

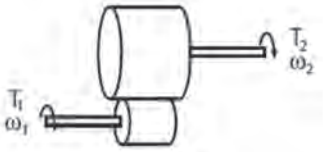
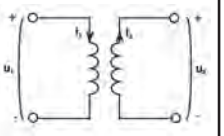
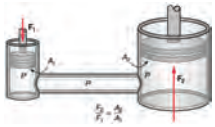
اگر R_1=۳۰ ,R_2=۱۰ اهم باشند، رابطهٔ بین ورودی و خروجی به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

Vout=۰/۲۵Vin

بنابراین اکنون با دانستن ورودی می‌توانیم خروجی را به‌دست آوریم. همچنین تأثیر اجزای سیستم را می‌توانیم مشاهده کنیم؛ مثلاً با افزایش R_2 خروجی سیستم افزایش می‌یابد.

معرفی اجزای مختلف حوزهٔ مکانیک خطی و دورانی، الکتریکی و سیالات

حوزه انرژی	مکانیک خطی	مکانیک دورانی	الکتریکی	سیالات
ذخیره کنندهٔ انرژی	فنر خطی 	فنر پیچشی 	خازن 	لوله حاوی سیال 
	جرم 	جرم چرخان 	سلف 	مخزن سیال 
مصرف‌کنندهٔ انرژی	دمپر 	دمپر پیچشی 	مقاومت الکتریکی 	مقاومت سیال 

مبدل‌ها	اهرم	گیربکس	ترانسفورمر	جک هیدرولیکی
				
تعریف متغیرها	در این جدول F نیرو، X جابه‌جایی، V سرعت، K ضریب سختی فنر، m جرم، γ ضریب ویسکوزیته است. دمپر از حرکت سریع جلوگیری می کند. به‌عنوان مثال از دمپر برای ضربه‌گیر درب‌های ورود و خروج استفاده می‌شود.	در این جدول T گشتاور، ω سرعت دورانی، J لختی دورانی، K سختی فنر، θ زاویهٔ چرخش و C ضریب ویسکوزیتهٔ دمپر پیچشی است. لختی دورانی در حرکت دورانی، مشخصهٔ یک جسم چرخان است و مانند جرم در حرکت خطی عمل می‌کند. یعنی هرچه لختی دورانی بیشتر باشد، چرخاندن جسم دشوارتر است.	در این جدول u ولتاژ، i جریان، R مقاومت، L اندوکتانس سلف، t زمان و C ظرفیت خازن است.	در این جدول P فشار سیال، Q دبی سیال، A سطح مقطع، l طول، F نیرو و R مقاومت لولهٔ حاوی سیال است.

در ظاهر تنوع معادلات ریاضی پدیده‌های فیزیکی بسیار زیاد و پیچیده است، اما در واقع تمام عناصر با توجه به نوع بازخوردشان نسبت به انرژی مدل‌سازی می‌شوند؛ مثلاً یک عنصر انرژی را ذخیره می‌کند و دیگری آن را مصرف می‌کند.

فکر کنید

لزوم استفاده از مبدل‌ها در هر حوزه را با ذکر مثال شرح دهید.

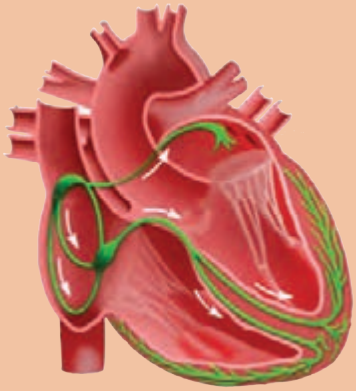
فکر کنید

چه ابزاری برای تولید انرژی در حوزهٔ مکانیک دورانی و الکتریکی وجود دارد؟

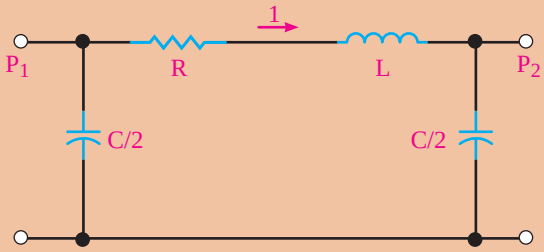
بیشتر بدانید

در علوم مختلف از مدل‌سازی برای بررسی عوامل تأثیرگذار بر روی یک سیستم استفاده می‌شود. در شکل الف صفحهٔ بعد، زیرسیستم قلب را مشاهده می‌کنید. شکل ب مدل الکتریکی یک رگ خونی است. مدل کامل الکتریکی قلب بسیار پیچیده است. برای بررسی عوامل تأثیرگذار در عملکرد قلب از مدل‌های الکتریکی، مکانیکی یا هیدرولیکی آن استفاده می‌کنند. در اینجا خون معادل جریان الکتریکی و قلب مانند منبع تغذیه‌ای است که جریان الکتریکی را در مدار جاری می‌کند. افزایش بیش از حد مقاومت سبب انتقال ناچیز جریان الکتریکی در مدار می‌شود. گرفتگی رگ‌های خونی را می‌توان با یک مقاومت بزرگ مدل‌سازی کرد.

به‌نظر شما بیماری‌های ناشی از افزایش مقاومت رگ خونی چیست؟



الف



ب

ارزشیابی پایانی پودمان پنجم

۱ موارد زیر را تعریف کنید.

الف) کنترل حلقه بسته　　ب) کنترل حلقه باز　　ج) محرک

د) حسگر　　ه) زیر سیستم　　و) کنترل کننده

۲ سیستم کنترل سطح مخزن آب را در نظر بگیرید. در این سیستم ارتفاع آب مخزن خروجی سیستم تحت کنترل است. برای ارتفاع آب، واژه‌های زیر را با مثال شرح دهید.

الف) خطای حالت ماندگار ارتفاع آب مخزن　　ب) بالازدگی ارتفاع آب مخزن

ج) ثابت زمانی ارتفاع آب مخزن　　د) ناپایدار بودن ارتفاع آب مخزن

۳ سیستم کنترل زاویهٔ آنتن که در شکل الف نمایش داده شده است را در نظر بگیرید.

الف) وظیفهٔ هریک از اجزای این سیستم را شرح دهید.

ب) ورودی و خروجی سیستم را تعیین کنید.

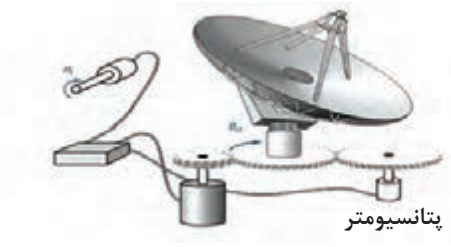
ج) آیا سیستم حلقه بسته است؟ چرا؟

د) نمودار بلوکی این سیستم را رسم کنید و ورودی و خروجی هر زیرسیستم آن را تعیین کنید.

ه) موارد الف تا د را برای شکل ب نیز انجام دهید.



الف



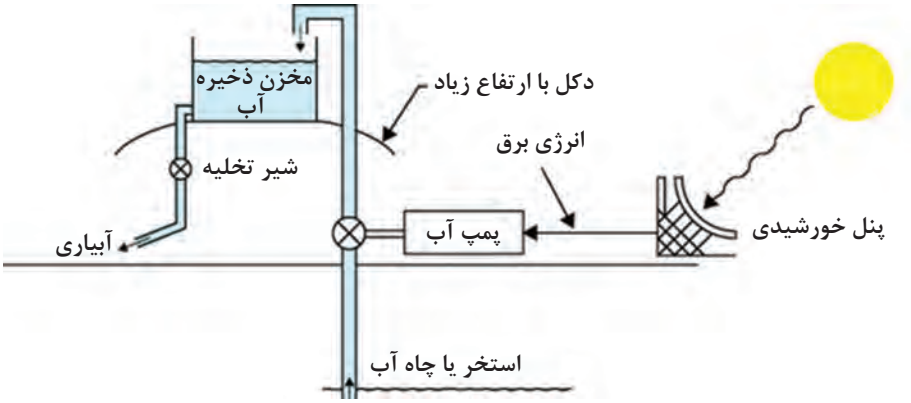
ب

۴ سیستم آبیاری قطره‌ای را در نظر بگیرید. این سیستم به‌وسیلهٔ یک پنل خورشیدی، انرژی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و سپس پمپ با انرژی الکتریکی حاصل از پنل خورشیدی، آب را از ارتفاع کم، نظیر یک استخر به ارتفاع زیاد پمپ می‌کند. با توجه به شکل زیر به سؤالات پاسخ دهید.

الف) چرا مخزن ذخیرهٔ آب را در ارتفاع قرار می‌دهند؟

ب) نمودار بلوکی هر یک از زیر سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را رسم کنید و ورودی و خروجی آن را مشخص نمایید.

ج) با توجه به سؤال ۴، ایده‌ای ارائه دهید تا پنل خورشیدی در طول روز، خورشید را تعقیب کرده و بیشترین بهره را از نور خورشید داشته باشد.

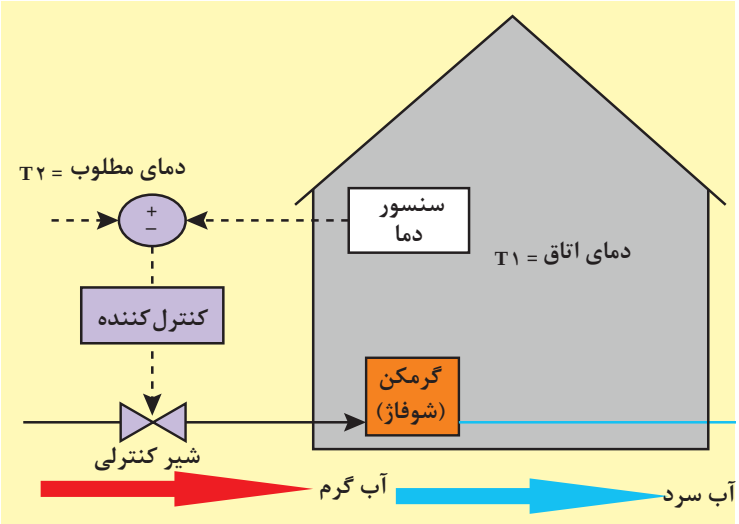


۵ سیستم کنترل دمای اتاق را در نظر بگیرید. این سیستم شامل حسگر دما، گرمکن با شیر کنترلی، کنترل‌کننده و یک اتاق می‌باشد. شیر می‌تواند کاملاً باز یا کاملاً بسته باشد.

الف) نمودار بلوکی حلقه بستهٔ سیستم را رسم کنید.

ب) فلوچارت کنترل به روش روشن/ خاموش را برای دمای مطلوب ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد رسم کنید.

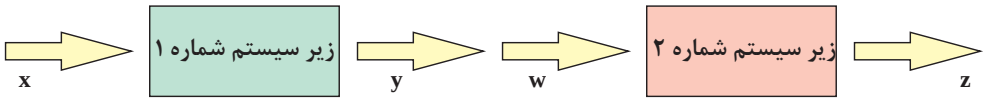
ج) شبه دستور مربوط به کنترل به روش روشن/ خاموش را بنویسید.



۶ در یک خانهٔ هوشمند نیاز به دزدگیر به‌شدت احساس می‌شود. برای طراحی یک دزدگیر ساده می‌توانید از یک حسگر باز شدن درب، یک میکروکنترلر و یک آژیر صدا استفاده کنید.
الف) شبه دستور مربوط به این سیستم را به گونه‌ای بنویسید که در صورت باز شدن درب ورودی آژیر روشن شود.
ب) فرض کنید برای امنیت بیشتر، از دو حسگر بر روی دو درب مختلف استفاده می‌کنید. شبه دستور قسمت الف را برای این حالت بنویسید.

۷ چگونه می‌توان از حسگر فراصوت برای تشخیص ضخامت ورق‌های فولادی استفاده کرد؟ با رسم شکل توضیح دهید.
راهنمایی: از دو حسگر فراصوت استفاده کنید.

۸ نمودار بلوکی زیرسیستم‌های زیر را در نظر بگیرید.



که رابطهٔ بین ورودی و خروجی آنها به‌صورت $y=2x+1$ و $z=w^2$ است. در صورتی‌که این دو زیرسیستم را به‌صورت سری به‌هم متصل کنیم رابطهٔ بین x و z را به‌دست آورید.

۹ فنر و دمپر خطی و چرخشی چه کاربردهایی دارند، مثال بزنید.

۱۰ بال اسکرو (Ball Screw) در شکل زیر وسیله‌ای است که حرکت چرخشی موتورهای الکتریکی را به حرکت خطی تبدیل می‌کند. بال اسکرو مانند پلی بین مکانیک چرخشی و مکانیک خطی عمل می‌کند. وسیله‌ای نام ببرید که حرکت خطی را به حرکت چرخشی تبدیل کند.



Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک (۱) و (۲)

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز الکتروتکنیک

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir