زمان اجرا: ۸ ساعت آموزشی

فصل اول

نگاهی به مفاهیم اساسی و قطعات بنیادی الکترونیک

هدف کلی

آموزش مفاهیم اساسی و اصول کار قطعات بنیادی الکترونیک

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

۱- سیستم‌های الکترونیکی را تعریف کند.

۲- مدار الکتریکی را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.

۳- تعدادی از علایم فنی و قطعات الکتریکی و الکترونیکی را از یکدیگر تمیز دهد.

۴- جریان الکتریکی را توضیح دهد.

۵- جهت جریان الکتریکی را در مدار تشخیص دهد.

۶- واحد جریان الکتریکی را تعریف کند.

۷- نحوه‌ی اندازه‌گیری جریان الکتریکی را توضیح دهد.

۸- مدار سری و موازی را شرح دهد.

۹- جریان مستقیم ثابت، مستقیم متغیر و متناوب را تعریف کند.

۱۰- مفهوم زمان تناوب، فرکانس، واحد فرکانس، فرکانس‌های صوتی و رادیویی را شرح دهد.

۱۱- ولتاژ را تعریف کند.

۱۲- نحوه‌ی اتصال ولت متر به مدار را شرح دهد.

۱۳- مقاومت الکتریکی و واحد آن را شرح دهد.

۱۴- افت ولتاژ دو سر یک مقاومت را محاسبه کند.

۱۵- مقدار مقاومت را با استفاده از نوار رنگی تعیین کند.

۱۶- مقاومت ثابت و متغیر را تعریف کند.

۱۷- مفهوم توان ماکزیمم مجاز مقاومت‌ها را شرح دهد.

۱۸- مقاومت معادل‌دومقاومت به صورت سری وموازی را محاسبه کند.

۱۹- خازن و ساختمان آن را شرح دهد.

۲۰- واحد ظرفیت خازن را تعریف کند.

۲۱- انواع خازن‌ها را نام ببرد.

۲۲- نحوه‌ی شارژ کردن و دشارژ کردن خازن را شرح دهد.

۲۳- ترانسفورماتور را شرح دهد.

۲۴- روابط بین ولتاژ و جریان در ترانسفورماتور را بنویسد.

۲۵- مبدل‌ها را شرح دهد.

۲۶- چند نمونه مبدل‌های ورودی را نام ببرد و اصول کار آن‌ها را شرح دهد.

۲۷- چند نمونه از مبدل‌های خروجی را نام ببرد و کاربرد آن‌ها را توضیح دهد.

۲۸- به الگوی پرسش پاسخ دهد.

هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی

۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس را رعایت کند.

۲- تکالیف و مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.

۳- در موقعیت‌های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.

۴- از لوازم موجوددرکلاس وهنرستان به‌خوبی مراقبت ونگهداری‌کند.

۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سؤالات خود را بپرسد.

۶- با دقت و اعتماد به نفس به سؤالات مطرح شده پاسخ دهد.

۷- از شوخی‌های بی مورد پرهیز کند.

۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.

۹- توانمندی‌های خود در موقعیت‌های مناسب را بروز دهد.

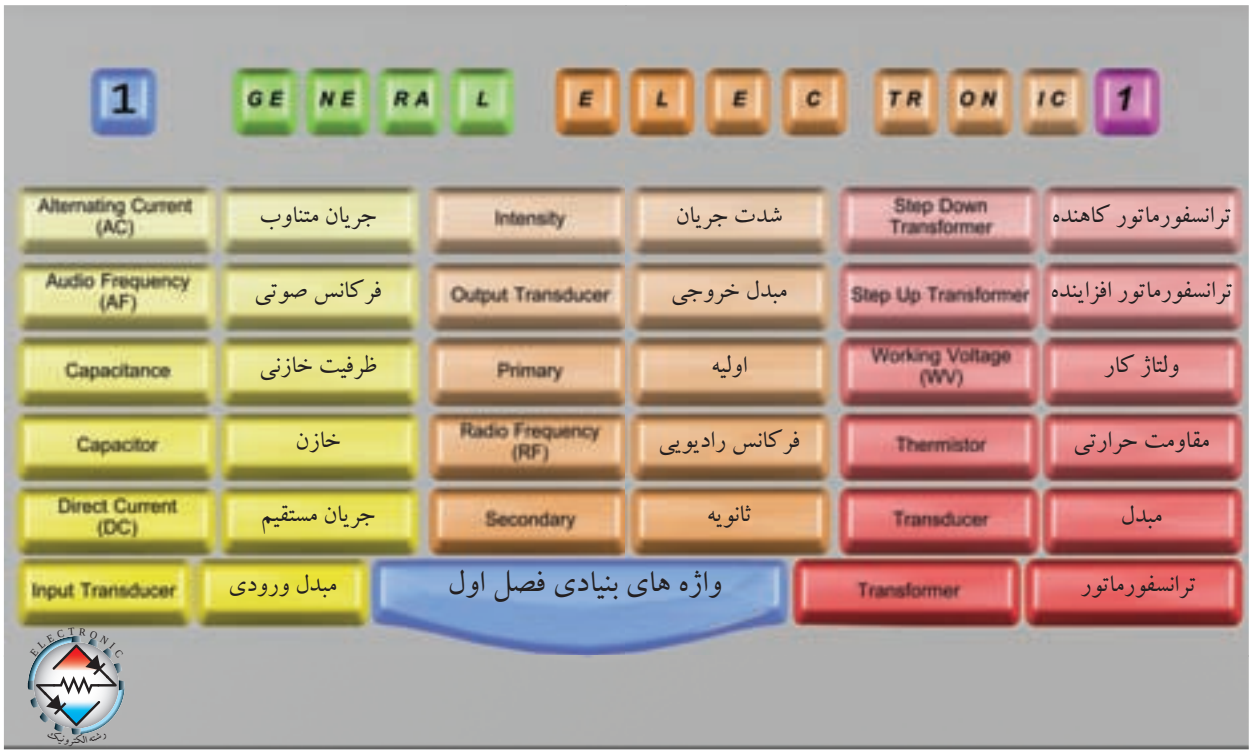
۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.

۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حسّاس و فعال باشد.

۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات راهنمایی و تشویق کند.

قابل توجه هنر آموزان محترم

در فرآینـد آموزش برای ایـن کتاب باید کلیه‌ی حیطه‌هـای عاطفی منـدرج در هدف‌هـای رفتاری و سـایر حیطه‌های عاطفی مرتبط با موضوع مورد توجه قرار گیرد.



۱-۱ پیش گفتار

هدف از این فصل آشنایی با تعدادی از مفاهیم و تعاریف علم الکترونیک و قطعات الکترونیکی است. به شکل ۱-۱ نگاه کنید. دستگاه‌هایی را می‌بینید که در آن‌ها از مدارهای الکترونیکی استفاده شده است. امروزه علم الکترونیک بسیار گسترش یافته و کلیه‌ی صنایع سنگین و سبک از قبیل کارخانه‌های ذوب آهن، اتومبیل سازی، لوازم پزشکی، پوشاک، وسایل خانگی و ... را تحت تأثیر خود قرار داده است. آشنایی با مفاهیم اولیه‌ی این علم و شناختن قطعات اساسی مورد استفاده در آن برای تکنسین‌های برق و الکترونیک ضروری است و تأکید می‌شود با دقت کامل به فراگیری آن‌ها بپردازند.

۱-۲ مدار الکتریکی و نقشه‌ی فنی

شما در دوره‌ی راهنمایی تحصیلی و سپس در سال اول دبیرستان، با برخی از مولّدهای الکتریسیته و قطعات مورد استفاده در صنعت برق آشنا شده‌اید.

دستگاه تردمیل — ساعت دیجیتالی — دستگاه اندازه‌گیری فشار خون — دستگاه ویدئو پروژکتور

شکل ۱-۱ مدارها و قطعات الکترونیکی در انواع دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد

تحقیق کنید:

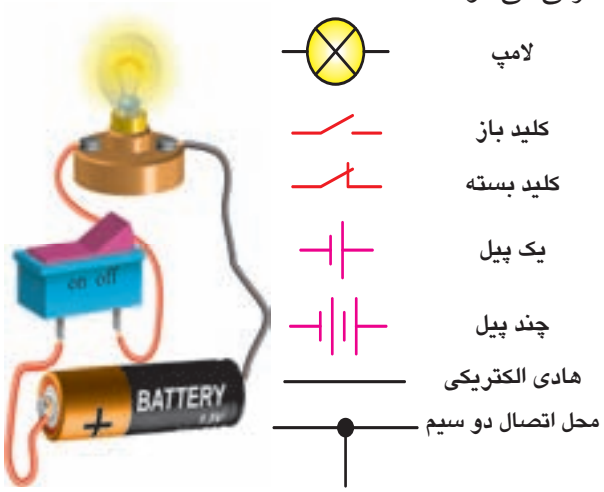
- **لوازم برقی و الکتریکی موجود در خانه‌ی خود را شناسایی کنید و نام آن‌ها را در یک فهرست بنویسید.**
- **وسایلی را که در آن‌ها از لوازم، قطعات و ابزار الکترونیکی استفاده شده است مشخص کنید.**
- **با استفاده از نتایج به دست آمده، مشخص کنید چند درصد از وسایل خانگی برقی شما شامل مدارها، قطعات و ابزارهای الکترونیکی است.**
- **از درصد به دست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید و علم الکترونیک تا چه اندازه در جامعه نفوذ کرده است؟**

این را نیز می‌دانید که انرژی الکتریکی را می‌توان از تبدیل سایر انرژی‌ها از قبیل انرژی مکانیکی، نورانی، حرارتی، شیمیایی و ... به دست آورد. یکی از منابع متداول برای تولید انرژی الکتریکی پیل یا باتری است. در پیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. برای استفاده از انرژی الکتریکی لازم است مدار الکتریکی تشکیل شود.

یک مدار الکتریکی معمولاً شامل اجزا یا قطعات اساسی، مانند مقاومت، لامپ، کلید و سیم‌های رابط است. هر مدار به یک منبع تغذیه‌ی الکتریکی مانند باتری متصل می‌شود. سیم‌ها، یا نوارهای ارتباط دهنده‌ی مدار، از یک ماده‌ی هادی الکتریسیته‌ی خوب مانند مس تشکیل می‌شوند. در مدار الکتریکی بسته، اتصال دهنده‌ها و سایر قطعات، یک حلقه‌ی بسته را به وجود می‌آورند و تنها در این صورت است که جریان برق برقرار می‌شود.

قطعات مدارهای الکتریکی را با علائم یا نشانه‌هایی مخصوص نمایش می‌دهند. به این ترتیب که برای هر قطعه یا هر اتصال دهنده یک علامت اختصاری فنی خاص تعریف می‌کنند. در شکل ۲-۱ نمونه‌هایی از این علائم را مشاهده می‌کنید.

یادآور می‌شود قطعات الکتریکی و نمادهای آن بسیار متنوع‌اند که با توجه به نیاز، به تدریج و در طول دوره معرفی می‌شوند.

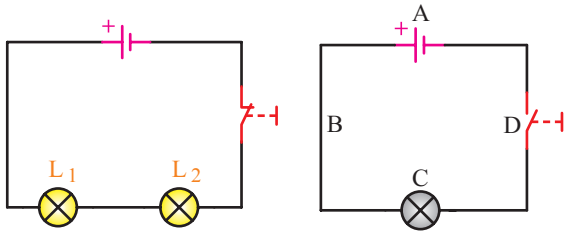


شکل ۲-۱ تعدادی از قطعات و علائم اختصاری الکتریکی آن‌ها

۳-۱ الگوی پرسش

۱-۳-۱ در مدار ساده‌ی الکتریکی شکل ۳-۱-الف نام هر یک از علائم اختصاری فنی A، B، C و D را بنویسید؟

۲-۳-۱ در مدار شکل ۳-۱-ب دو عدد لامپ L_1 و L_2 به صورت سری (دنبال هم - پشت سرهم) وصل شده‌اند. در این مدار یک باتری و یک کلید بسته نیز وجود دارد.



الف- مدار ساده‌ی الکتریکی　　ب- مدار دو لامپ به صورت سری

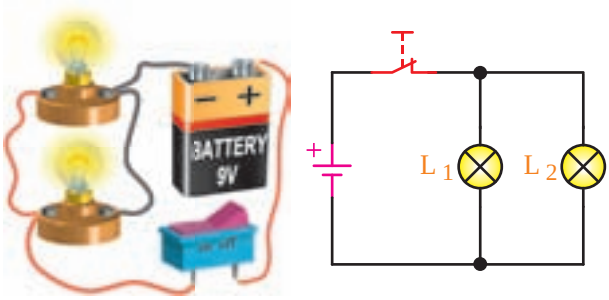
شکل ۳-۱ مدار الکتریکی

اگر لامپ L_1 بسوزد چه اثری روی لامپ L_2 می‌گذارد؟

۳-۳-۱ در شکل ۴-۱ لامپ‌های L_1 و L_2 به صورت موازی بسته شده‌اند (لامپ‌ها در کنار هم) و هر دو عدد لامپ توسط یک کلید خاموش یا روشن می‌شود:

الف) در صورتی که لامپ L_2 بسوزد چه اثری روی لامپ L_1 می‌گذارد؟

ب) یک بار دیگر مدار را طوری رسم کنید که هر لامپ دارای کلید جداگانه‌ای باشد.



الف- نقشه‌ی فنی　　**ب- مدار واقعی**

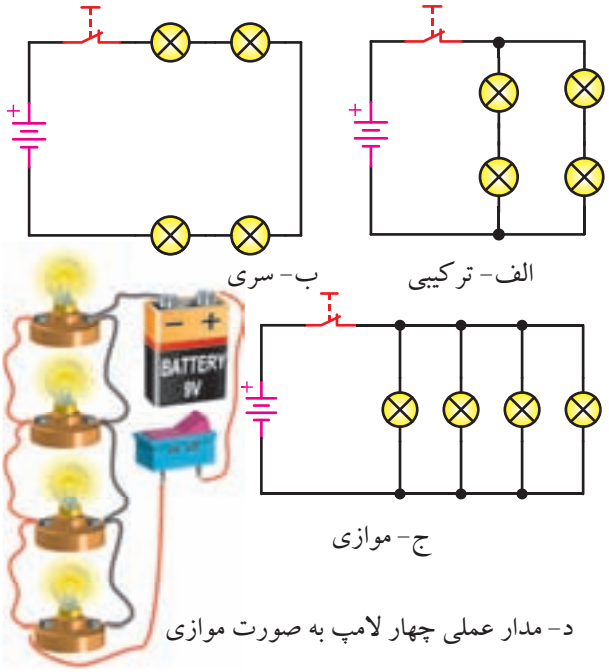
شکل ۴-۱ مدار دو لامپ به صورت موازی

۴-۳-۱ در شکل ۵-۱ اگر در هر یک از مدارهای الف و ب و ج یک لامپ بسوزد، پاسخ سؤال‌های زیر چه خواهد بود؟

الف: در کدام مدار فقط یک لامپ خاموش می‌شود؟

ب: در کدام مدار فقط دو لامپ خاموش می‌شود؟

ج: در کدام مدار هر چهار لامپ خاموش می‌شود؟



الف- ترکیبی　　ب- سری

ج- موازی

د- مدار عملی چهار لامپ به صورت موازی

شکل ۵-۱ لامپ‌ها به صورت سری، موازی و ترکیبی

تحقیق کنید:

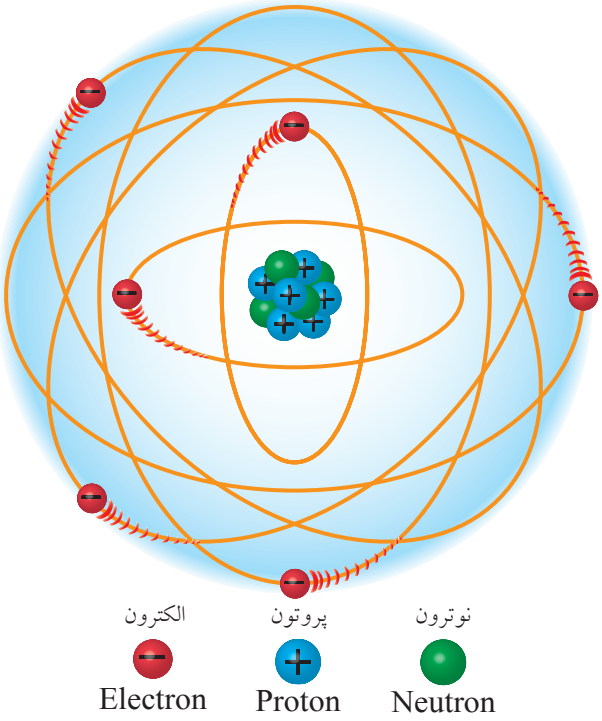
با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی انواع نمادهای الکتریکی در استاندارد IEC را شناسایی کنید و مورد مطالعه قرار دهید.

۱-۴ جریان الکتریکی: (Electrical Current)

۱-۴-۱ جریان الکتریکی و تعریف آن؟ می‌دانید که هر اتم از اجزای بسیار کوچکی به نام هسته و الکترون (Electron) تشکیل شده است. هسته در مرکز اتم قرار دارد و دارای دو ذره پروتون با بار الکتریکی مثبت و نوترون با بار الکتریکی خنثا است، ولی الکترون‌ها که در

اطراف هسته دوران می‌نمایند دارای بار الکتریکی منفی هستند. بار الکتریکی منفی الکترون‌ها با بار الکتریکی مثبت هسته برابر است.

به همین دلیل اتم از نظر بار الکتریکی خنثا است، چون بار الکتریکی الکترون‌ها منفی و بار الکتریکی هسته مثبت است. الکترون‌ها و هسته به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند. (شکل ۶-۱)



شکل ۶-۱ ساختمان اتم

در اجسامی که هادی الکتریسیته‌اند، نیروی جاذبه‌ی وارد شده از طرف هسته به تعدادی از الکترون‌ها کم است، به طوری که اگر این هادی‌ها به صورت قسمتی از مدار الکتریکی به باتری متصل شوند، نیروی باتری، الکترون‌ها را از قطب منفی باتری (−) به طرف قطب مثبت آن (+) حرکت می‌دهد. (شکل ۷-۱)

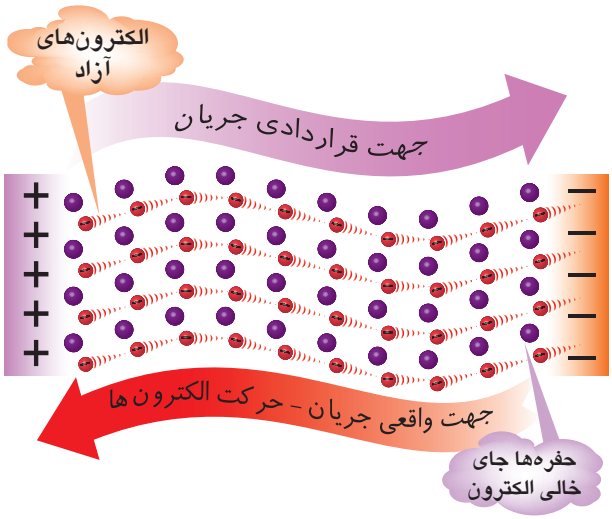
شکل ۷-۱ عبور جریان الکتریکی از مدار

تعداد الکترون‌هایی که از یک نقطه‌ی مدار می‌گذرند، مقدار جریان عبوری از مدار را تعیین می‌کنند. هر قدر تعداد این الکترون‌ها بیشتر باشد اصطلاحاً می‌گویند شدت جریان بیشتر است. اگر از یک نقطه‌ی سیم در یک ثانیه یک کولن الکتریسیته ($۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون) در جهت مشخص بگذرد می‌گوئیم شدت جریان عبوری از مدار یک آمپر است که بعداً به تعریف دقیق‌تر آن خواهیم پرداخت.

۱-۴-۲ جهت جریان الکتریکی: قبل از کشف الکترون، دانشمندان تصور می‌کردند که در یک باتری، بارهای مثبت از قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی باتری حرکت می‌کنند.

چون در بسیاری از کتاب‌ها جهت جریان الکتریکی را به همین ترتیب، یعنی از قطب مثبت به قطب منفی، در نظر گرفته‌اند. این جهت جریان هنوز به منزله‌ی جهت قراردادی جریان الکتریکی مورد قبول است و همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شـکل ۸-۱ جهت واقعی قراردادی جریان، یعنی حرکـت بارهای مثبـت از قطب مثبت به منفی را نشـان می‌دهد. با توجه به مطالب گفته شـده در می‌یابیم که در واقع الکترون‌ها هسـتند کـه از قطب منفی به طرف قطب مثبت باتری حرکت می‌کنند و بارهای مثبت عملاً حرکتی ندارنـد و جهت تعریف شـده بـرای آن کاملاً فرضی و قراردادی است. یادآور می‌شود که انتخاب جهت جریان مشکلی را در درک مفاهیم ایجاد نمی‌کند.



شکل ۸-۱ جهت حرکت واقعی و قراردادی جریان الکتریکی

۱-۴-۳ واحـد جریـان الکتریکی: شـدت جریان الکتریکی را با حرف لاتین I نشان می‌دهند و واحد آن را آمپر می‌نامند که با حرف A نمایش داده می‌شود. I حرف اول کلمه‌ی Intensity به معنی شدت است که در این جا به عنوان شدت جریان الکتریکی استفاده شده است.

جریان الکتریکی که از لامپ یک چراغ‌قوه‌ی بزرگ می‌گذرد حدوداً ۰/۵ آمپر و جریان عبوری از یک لامپ چراغ جلوی خودرو حدود سه تا چهار آمپر است.

واحـد کوچک‌تر از آمپـر را میلی‌آمپر می‌نامند و آن را با "mA" نشـان می‌دهند. میلی آمپر برابر با $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ آمپر است.

$$۱mA = \frac{۱}{۱۰۰۰}A \quad یا \quad ۱۰۰۰mA = ۱A$$

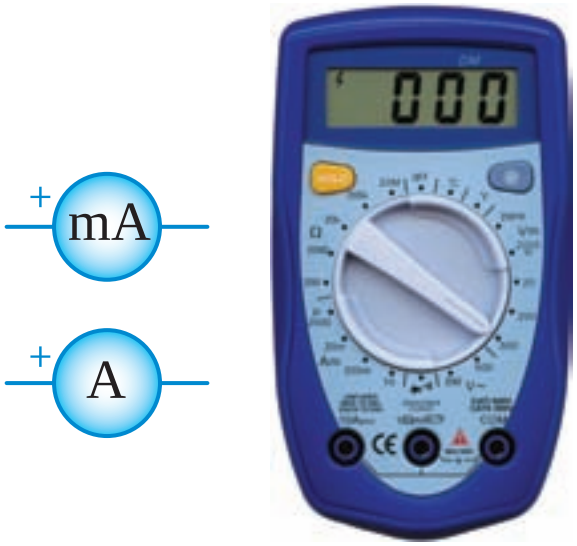
$$۱mA = ۱۰^{-۳}A \quad یا \quad ۱۰^{۳}mA = ۱A$$

توجه:

برای نشـان دادن اعداد با مضارب ده می‌توانید از نماد علمی استفاده کنید.

۱-۴-۴ چگونگـی اندازه‌گیـری شـدت جریان الکتریکی: بـرای اندازه‌گیری شـدت جریان الکتریکی از آمپر متر اسـتفاده می‌کنند. در شکل ۹-۱- الف، یک دسـتگاه میلی آمپر متر (مولتی متر) و در شکل ۹-۱- ب نیـز علامت فنی آمپر متر را مشـاهده می‌کنیـد. پایانه‌ای که با علامت مثبت یا رنگ قرمز مشـخص شـده است به سـمت قطب مثبت باتری و پایانه‌ای که با علامت منفی یا رنگ مشـکی مشخص شده است در مسـیر عبور جریان و به سـمت قطب منفی هدایت می‌شـود. در صورتی که در جریان مسـتقیم قطب‌های (پایانه‌های) آمپر متر به طور نادرست به مدار متصل شود، در آمپر متر عقربه‌ای، عقربه در جهت مخالف حرکت می‌کند و ممکن اسـت به آمپر متر آسـیب برسـاند. در آمپر مترهـای دیجیتالی علامت منفی (-) روی صفحه ظاهر می‌شود. امروزه دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی را چند منظوره می‌سـازند و آن را مولتی‌متر (Multimeter) می‌نامند. در شـکل ۹-۱- الف یـک مولتی متر دیجیتالی را مشـاهده می‌کنید که جریان

الکتریکی را نیز اندازه می‌گیرد. در شکل ۹-۱- ب نماد الکتریکی میلی آمپر متر آمده است.



الف- مولتی متر ب- نماد آمپرمتر

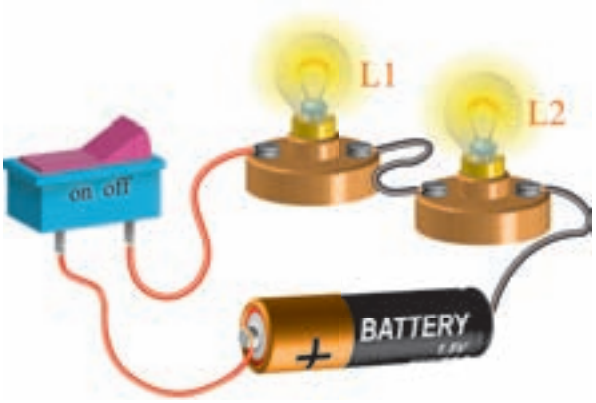
شکل ۹-۱ یک نمونه مولتی‌متر و نماد آمپرمتر

برای قرار دادن آمپر متر در مدار باید ابتدا قسمتی از مدار را قطع کنیم، سپس آمپر متر را در حد فاصل بریدگی ایجاد شده قرار دهیم. این گونه اتصال را اتصال سری می‌نامند. توجه داشته باشید که نصب آمپر متر در مدار به این شکل، درست مانند قرار دادن یک کلید به صورت سری در مدار است.

شکل ۱۰-۱، نحوه‌ی قرار گرفتن آمپر متر را در مدار نشان می‌دهد.

شکل ۱۰-۱ نحوه‌ی قرارگرفتن آمپرمتر در مدار

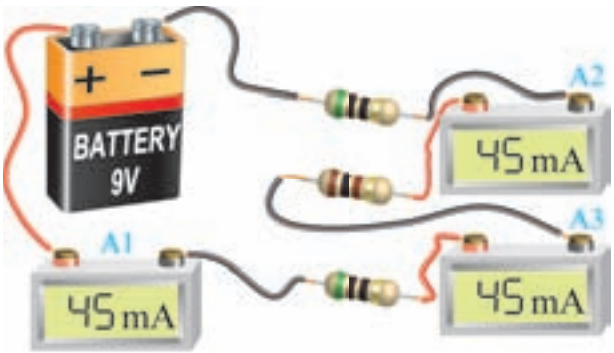
الف) مدار سری: در شکل ۱۱-۱ لامپ‌های L_1 و L_2 به صورت سری بسته شده‌اند.



شکل ۱۱-۱ دو لامپ سری

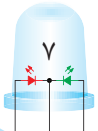
در شکل ۱۲-۱، مداری با منبع تغذیه و تعداد ۳ آمپر متر را مشاهده می‌کنید.

شدت جریانی که آمپرمترهای A_1 و A_2 و A_3 نشان می‌دهند، یکسان هستند. در این مدار آمپر مترها نیز به صورت سری در مدار قرار گرفته‌اند. پس دانستید که در مدار سری، جریان عبوری در کلیه‌ی نقاط مدار یک سان است.



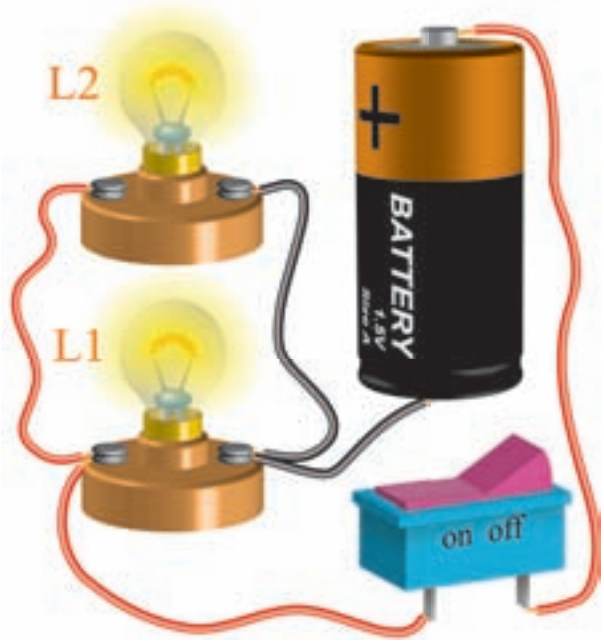
شکل ۱۲-۱ مدار سری

ب) مدار موازی: در شکل ۱۳-۱ لامپ‌های L_1 و L_2 به صورت موازی قرار گرفته‌اند. شکل ۱۴-۱، نقشه‌ی مداری دو لامپ موازی با آمپر متر را نشان می‌دهد. در

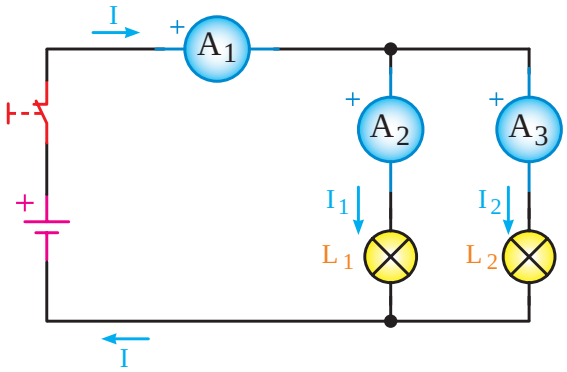


این مدار برای هر لامپ مسیر جریان جداگانه‌ای وجود دارد. اگر شدت جریان کل مدار برابر با I باشد، این جریان بین دو لامپ تقسیم می‌شود و جریان‌های I_1 و I_2 را تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر، جریانی که آمپر متر A_1 نشان می‌دهد برابر است با مجموع جریان‌هایی که آمپر مترهای A_2 و A_3 نشان می‌دهند:

$$I = I_1 + I_2$$



شکل ۱۳-۱ دو لامپ موازی



شکل ۱۴-۱ نقشه‌ی مداری لامپ‌های موازی

مثال ۱-۱: در صورتی که $I_1 = ۰/۱A$ و $I_2 = ۰/۳A$ باشد، مقدار I چه قدر است؟

پاسخ:

$$I = I_1 + I_2 = ۰/۳ + ۰/۱ = ۰/۴A \qquad I = ۰/۴A$$

با توجه به مثال بالا، ملاحظه می‌کنید که هیچ وقت جریان الکتریکی در مدار مصرف نمی‌شود، بلکه فقط جاری می‌شود.

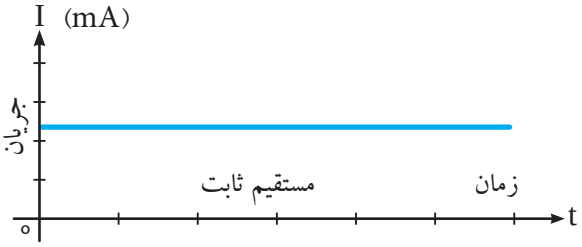
۱-۵ جریان مستقیم (Direct Current)

جریان مستقیم (یک طرفه یا dc) عبارت از جریانی است که فقط در یک جهت جاری شود. برای مثال، باتری‌ها، مولد جریان مستقیم‌اند.

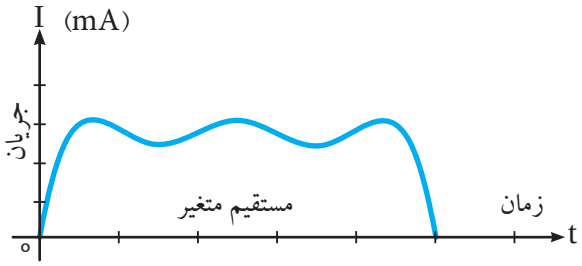
اجرای کار نرم افزاری

با استفاده از نرم‌افزار ادیسون یا مولتی سیم کلیه‌ی موارد بحث شده در این قسمت را شبیه سازی کنید و برای دانش‌آموزان به نمایش در آورید. دانش‌آموزان نیز می‌توانند این فعالیت را در ساعات خارج از آموزش و در منزل تجربه کنند. در ضمن کلیه‌ی تصاویر مدارهای عملی با استفاده از نرم‌افزار ادیسون ترسیم شده‌اند.

شکل موج جریان را می‌توان روی محورهای مختصات به صورت نمودار نشان داد. با استفاده از شکل موج می‌توان تغییرات جریان را نسبت به زمان مشاهده کرد. در تصویر ۱۵-۱ شکل موج جریان مستقیم ثابت و در تصویر ۱۶-۱ شکل موج جریان مستقیم متغیر را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۵-۱ جریان DC ثابت



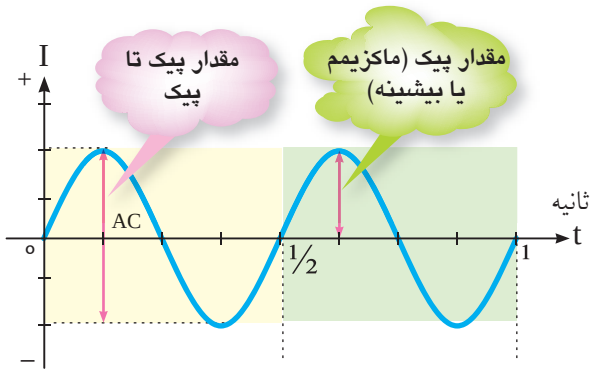
شکل ۱۶-۱ جریان DC متغیر

۱-۶ جریان متناوب (Alternating Current):

جریان متناوب (ac) جریانی است که جهت و مقدار آن با زمان به صورتی یک نواخت تغییر می‌کند. برق مصرفی منازل که در نیروگاه‌ها تولید می‌شود، جریان متناوب است. در شکل ۱۷-۱ یک نمونه جریان متناوب سینوسی را مشاهده می‌کنید.

در این شکل جریان، که در ابتدا صفر است، در جهت مثبت افزایش می‌یابد به مقدار حداکثر (بیشینه) می‌رسد، سپس مجدداً صفر می‌شود و در جهت منفی به بیش‌ترین مقدار افزایش می‌یابد و بار دیگر به صفر می‌رسد. این مراحل با گذشت زمان تکرار می‌شود.

شروع یک موج تا شروع تکرار بعدی را دوره‌ی تناوب یا سیکل می‌نامند. در مدارهای الکتریکی، جریان متناوب (ac) را با علامت اختصاری فنّی ~ نشان می‌دهند.

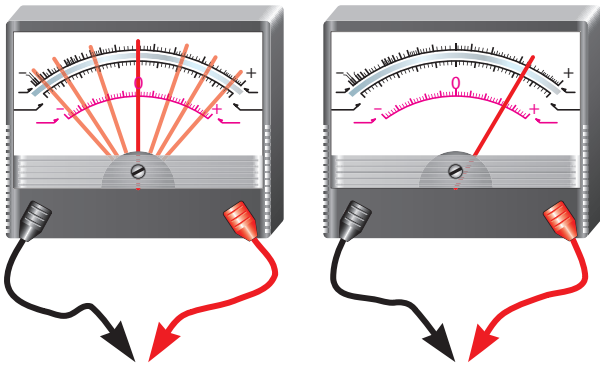


شکل ۱۷-۱ جریان متناوب

در شکل ۱۸-۱ عبور جریان مستقیم و متناوب (dc و ac) از آمپر متر نشان داده شده است. هنگام عبور جریان مستقیم از آمپر متر (الف) عقربه در یک جهت منحرف می‌شود و ثابت باقی می‌ماند.

در صورتی که از همین آمپر متر جریان متناوب عبور کند، چنان چه سرعت تغییرات جریان کم (حداکثر ۱۰ بار در ثانیه) باشد ابتدا عقربه به یک طرف منحرف می‌شود، سپس با تغییر جهت جریان مجدداً به صفر می‌رسد و در جهت مخالف حرکت می‌کند. به عبارت دیگر، با تغییر جهت جریان، عقربه نیز روی صفحه تغییر مکان می‌دهد (شکل۱۸-۱- ب). در صورتی که سرعت تغییر جهت جریان زیاد باشد عقربه هیچ گونه حرکتی را نشان نخواهد داد. این آزمایش تنها با استفاده از آمپر متر با صفر وسط امکان‌پذیر است.

بخـاری برقی، اجـاق برقی و لامپ‌های رشـته‌ای از وسایلی هسـتند که می‌توانند با هر دو نوع جریان مستقیم و متنـاوب کار کننـد، حـال آن که اغلب دسـتگاه‌های الکترونیکی نیاز به جریان مستقیم دارند.



(ب) (الف)

شکل ۱۸-۱ مقایسه جریان ac و dc روی آمپرمتر

۱-۷ فرکانـس (Frequency) (بسـامد) جریان متناوب:

در جریان متناوب تعداد دوره‌های تناوب یا سیکل‌ها را در یـک ثانیه فرکانس می‌نامند و آن را با F (f) نشـان می‌دهند. واحد فرکانس هرتز (Hertz) یا سـیکل بر ثانیه اسـت و با علامت اختصاری Hz نشان داده می‌شود. مثلاً جریان ac نشان داده شده در شکل ۱۷-۱، در مدت یک ثانیه دو سـیکل را طی می‌کنـد، بنابراین فرکانس آن دو هرتز است. $F = ۲Hz$

زمان یـک دوره تناوب را پریـود (Period) یا زمان تناوب می‌نامند و آن را با T نشـان می‌دهند و بر حسـب ثانیه بیان می‌شود. T عکس فرکانس است.

$$T = \frac{۱}{F} \quad یا \quad F = \frac{۱}{T}$$

بنابراین، زمان تناوب یا پریودِ شـکل موج نشـان داده شـده شـکل ۱۷-۱ برابر است با: ثانیه $T = \frac{۱}{F} = \frac{۱}{۲} = ۰/۵$

فرکانـس جریان بـرق تولیـد شـده در نیروگاه‌ها برای مصارف برق خانگی برابر بـا ۵۰ هرتز و زمان تناوب آن $\frac{۱}{۵۰}$ یا ۲۰ میلی ثانیه اسـت. برای اندازه‌گیری فرکانس از واحدهـای بزرگ‌تر یعنی کیلوهرتـز (KHz) و مگاهرتز (MHz) نیز استفاده می‌کنند.

$۱\ MHz = ۱,۰۰۰,۰۰۰Hz$ ، $۱\ KHz = ۱۰۰۰Hz$

$۱\ MHz = ۱۰^{۶}Hz$ ، $۱\ KHz = ۱۰^{۳}Hz$

۱-۷-۱ فرکانس صوتی Audio Frequency (AF):

امواج صوتی (قابل شنیدن) در صورتی تولید می‌شود که جریان الکتریکی در محدوده‌ی ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز از بلندگو عبور کند. بنابراین، فرکانس‌های در محدودهِ‌ی فوق را فرکانس‌های صوتی می‌نامند.

۱-۷-۲ فرکانس رادیویی Radio Frequency (RF):

جریان‌هایی کـه دارای فرکانس‌هایی بیش‌تر از ۳۰ کیلو هرتز هستند هنگام عبور از آنتن می‌توانند امواج رادیویی تولید نمایند.

یک مـدار الکترونیکی، که نوسـان سـاز یا اُسیلاتور (Oscillator) نامیده می‌شود، می‌تواند جریان‌هـای AF (صوتی) و RF (رادیویی) تولید کند.

۱-۸ الگوی پرسش

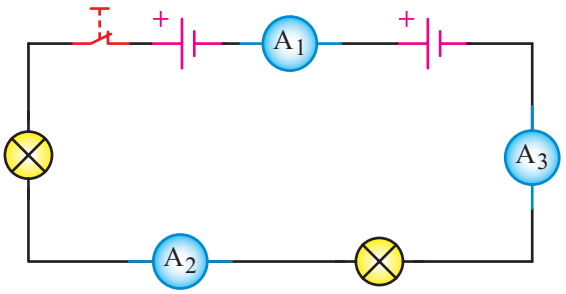
۱-۸-۱ در شـکل ۱۲-۱ اگـر آمپر متـر $A_۱$ مقداری برابر با ۰/۲ آمپر را نشـان دهد، آمپر مترهای $A_۲$ و $A_۳$ چه مقادیری را نشان خواهند داد؟

۱-۸-۲ در شـکل ۱۴-۱ اگر آمپر متـر $A_۲$ مقداری برابـر با ۰/۳ آمپر و آمپر متر $A_۳$ مقداری برابر با ۰/۲ آمپر

را نشـان دهد، آمپر متر A_1 چه مقداری را نشـان خواهد داد؟

۱-۸-۳ در شکل ۱۴-۱ اگر لامپ‌های L_1 و L_2 دقیقاً مشـابه باشـند و آمپر متر A_1 مقداری برابر بـا ۰/۴ آمپر را نشـان دهد، آمپر مترهای A_2 و A_3 چه مقداری نشـان می‌دهند؟

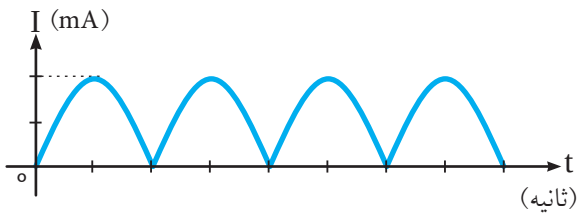
۱-۸-۴ اگر در شـکل ۱۹-۱ آمپر متـر A_2 مقداری برابر با ۰/۳ آمپر را نشـان دهد، آمپر مترهای A_1 و A_3 چه مقادیری را نشان خواهند داد؟



شکل ۱۹-۱ مدار سری

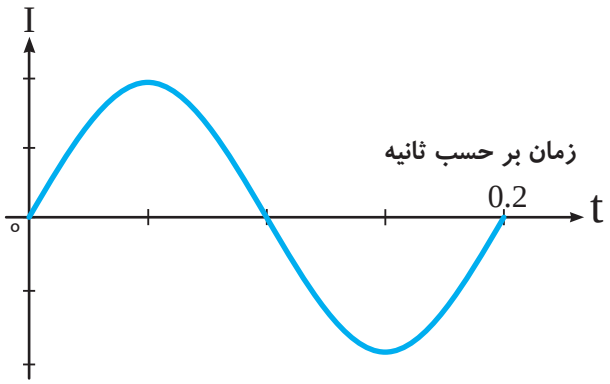
۱-۸-۵ در شکل ۱۹-۱، پایانه‌های (قطب‌های) صحیح آمپر مترهای A_1، A_2 و A_3 را مشخص کنید.

۱-۸-۶ شـکل موج نشان داده شـده در شکل ۲۰-۱ ac است یا dc؟



شکل ۲۰-۱ نوعی جریان الکتریکی

۱-۸-۷ پریود (زمان تناوب) و فرکانس سـیگنال ac نشان داده در شکل ۲۱-۱ چه قدر است؟



شکل ۲۱-۱ سیگنال AC

معرفی سایت

بـرای Download کـردن PDF کتاب‌هـای درسـی می‌توانید از سـایت www.chap.sch.ir استفاده نمایید.

۱-۸-۸ جریان‌های الکتریکی ۱A، ۰/۵ A و ۰/۰۲ A را به میلی آمپر تبدیل کنید.

۱-۸-۹ جریان‌هـای ۱۵۰۰ mA، ۳۰۰ mA و ۶۰mA را به آمپر تبدیل کنید.

۱-۹ ولتـاژ یـا اختـلاف پتانسـیل الکتریکـی (Voltage):

۱-۹-۱ تعاریف: ولتاژ یا اختلاف پتانسیل الکتریکی، کمیّتی اسـت که جریان الکتریکی را به وجود می‌آورد. ولتاژ یک باتری یا یک مولّد عبارت از کمیّتی اسـت که الکترون‌ها را در مدار الکتریکی به حرکت در می‌آورد.

واحـد ولتاژ ولت اسـت. ولتـاژ را با ولت‌متـر اندازه می‌گیرند و با علامت V نشان می‌دهند.

ولتاژ پیل خشک نشان داده شده در شکل ۲۲-۱-الف

برابر با ۱/۵ ولت است. در صورتی که چند پیل طبق شکل ۱-۲۳ به صورت سری بسته شوند، یعنی قطب (پایانه) منفی یک پیل به قطب مثبت پیل دوم متصل شود، ولتاژ مجموعه‌ی سری پیل‌ها ۶=۱/۵×۴ ولت خواهد شد.

در باتری ۹ ولتی، نشان داده شده در شکل ۱-۲۲-ب، ۶ عدد پیل ۱/۵ ولتی به صورت سری با هم بسته شده‌اند.

الف ـ پیل ۱/۵ ولتی ب ـ باتری ۹ ولتی

شکل ۱-۲۲ باتری‌ها

شکل ۱-۲۳ چند پیل سری

سؤال: در یک باتری ۴/۵ ولتی چند پیل ۱/۵ ولتی با هم به صورت سری بسته شده‌اند؟

می‌دانیم ولتاژ برق تولیدی جهت مصارف خانگی ۲۲۰ ولت متناوب است. این ولتاژ را ولتاژ مؤثر می‌نامند. ولتاژ مؤثر عبارت است از معادل ولتاژ dc، که می‌توان آن را برای مصارف روشنایی یا گرمایی جایگزین ولتاژ ac کرد. مقدار ماکزیمم یا بیشینه‌ی ولتاژ برق برای مصارف خانگی (به شکل ۱-۱۷ مراجعه کنید) حدوداً ۳۱۰ ولت است.

۱-۹-۲ ولت متر: در شکل ۱-۲۴- الف، سه نمونه مولتی متر که به صورت ولت متر هم به کار می‌رود نشان داده شده است. علامت اختصاری فنی ولت متر را در شکل ۱-۲۴- ب و نحوه‌ی اتصال آن را به مدار در شکل ۱-۲۴- ج، مشاهده می‌نمایید.

الف ـ سه نمونه مولتی‌متر

ب ـ نماد فنی ولت‌متر

ج ـ نحوه‌ی اتصال ولت‌متر به مدار

شکل ۱-۲۴ ولت‌متر و نحوه‌ی اتصال آن به مدار

هنگام اتصال ولت متر به مدار باید پایانه‌های آن با قطب‌های باتری هم سان باشد، زیرا در ولت‌مترهای عقربه‌ای ولت‌متر صدمه خواهد دید. در نماد ولت‌متر داخل دایره حرف V را می‌نویسند.

۱-۹-۳ ولتاژ در مدارهای سری (Serial Circuits):

در شکل ۱-۲۵- الف، ولت متر (V) افت ولتاژ دو سر L_1 را که برابر با ولتاژ منبع تغذیه‌ی ۱/۵ ولتی است اندازه

می‌گیرد. توجه داشته باشید که افت ولتاژ دو سر سیم‌های رابط قابل صرف نظر کردن است.

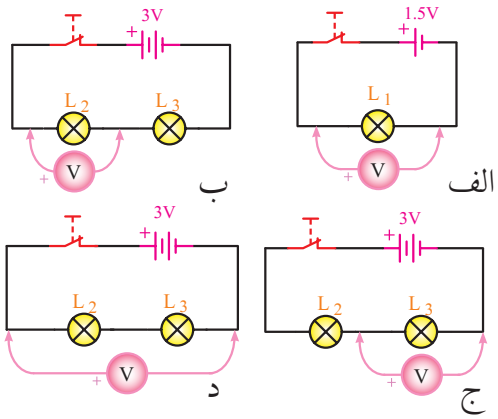
در شکل ۲۵-۱ ب، ولت متر (V) افت ولتاژ دو سر L_2 را اندازه می‌گیرد. اگر لامپ‌های L_2 و L_3 دقیقاً با هم مشابه باشند ولتاژ ولت متر برابر با نصف ولتاژ منبع تغذیه‌ی ۳ ولتی یعنی ۱/۵ ولت خواهد بود.

در شکل ۲۵-۱- ج، ولت متر (V) افت ولتاژ دو سر لامپ L_3 را اندازه می‌گیرد. اگر لامپ‌های L_2 و L_3 دقیقاً مشابه باشند مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده برابر با ۱/۵ ولت خواهد بود.

در شکل ۲۵-۱-د، ولت متر (V) افت ولتاژ دو سر L_2 و L_3 را اندازه می‌گیرد که برابر با ولتاژ منبع تغذیه یعنی ۳ولت خواهد بود.

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده، در می‌یابیم که ولتاژ تغذیه در مدار سری تقسیم می‌شود. بنابراین در هر مدار سری:

ولتاژ تغذیه با مجموع افت ولتاژها در مدار برابر است.



شکل ۲۵-۱ اندازه‌گیری ولتاژ در مدار سری

مثال ۲-۱: در شکل ۲۶-۱ ولت متر (V_1) ولتاژی برابر با ۳ ولت و ولت متر (V_2) ولتاژی برابر با ۳ ولت و ولت متر (V_3) ولتاژی برابر با ۳ ولت را نشان می‌دهد. ولتاژ تغذیه برابر است با:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 3 + 3 + 3 = 9V$$

الف- نقشه‌ی فنی

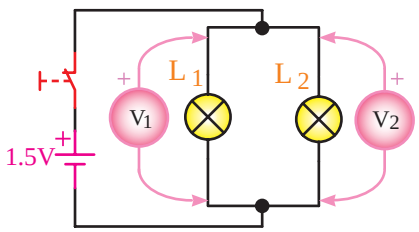
ب- مدار عملی

شکل ۲۶-۱ تقسیم ولتاژ در مدار سری

۱-۹-۴ ولتاژ در مدارهای موازی (Parallel Circuits):

در شکل ۲۷-۱ لامپ‌های L_1 و L_2 به صورت موازی با منبع بسته شده‌اند. در مدار موازی ولتاژ دو سر لامپ‌ها، حتی اگر لامپ‌ها با هم مشابه نباشند، یک سان است.

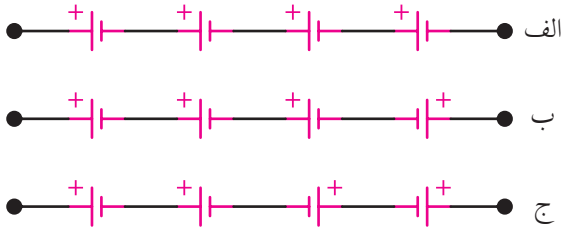
$$V_1 = V_2 = 1/5$$



شکل ۲۷-۱ ولتاژ در مدار موازی

۱-۱۰ الگوی پرسش

۱-۱۰-۱ در شکل (۱-۲۸) ولتاژ هر یک از پیل‌ها ۱/۵ ولت است، ولتاژ باتری در شکل‌های (۱-۲۸-الف-ب و ج) را به دست آورید.

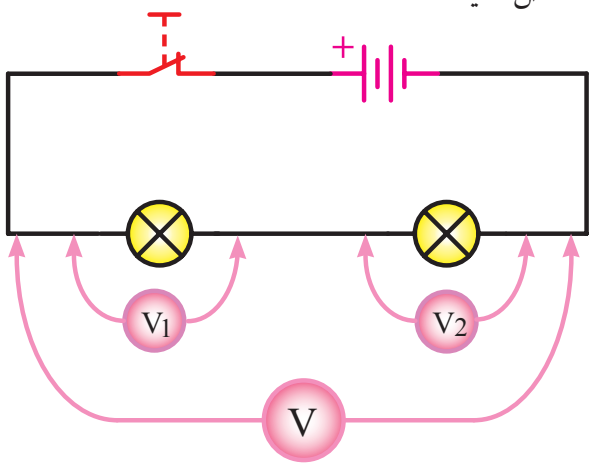


شکل ۱-۲۸ اتصال پیل‌ها

۱-۱۰-۲ ولت‌مترهای (V) و (V_1) و (V_2) طبق شکل (۱-۲۹) به مدار متصل شده‌اند:

الف: اگر ولت‌متر (V) مقدار ۹ ولت و ولت‌متر (V_1) مقدار ۶ ولت را نشان دهد، (V_2) چه مقداری را نشان خواهد داد؟

ب: در شکل (۱-۲۹) قطب‌ها یا پایانه‌های ولت‌متر را مشخص کنید.



شکل ۱-۲۹ یک نمونه مدار سری

۱-۱۰-۳ با توجه به شکل (۱-۲۹)، در صورتی که ولتاژهای متفاوتی طبق جدول (۱-۱) به مدار اعمال شود، مقادیر x، y و z را به دست آورید.

V	V_1	V_2
x	12	6
6	4	y
12	z	4

جدول ۱-۱ مقادیر ولتاژهای اندازه‌گیری شده توسط ولت‌متر

۱-۱۱ مقاومت الکتریکی (Resistance):

می‌دانیم مواد از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته، هادی‌ها، عایق‌ها و نیمه هادی‌ها تقسیم می‌شوند. هادی‌ها موادی هستند که جریان الکتریکی را به راحتی عبور می‌دهند. عایق‌ها موادی هستند که مانع عبور جریان الکتریکی می‌شوند و نیمه هادی‌ها در حد فاصل عایق‌ها و هادی‌ها قرار دارند. نیمه هادی‌ها دارای خواص ویژه‌ای هستند. با توجه به تقسیم بندی بالا مشاهده می‌شود که هدایت الکتریکی اجسام متفاوت است. به طور کلی مخالفت در مقابل عبور جریان الکتریکی را مقاومت الکتریکی می‌نامند.

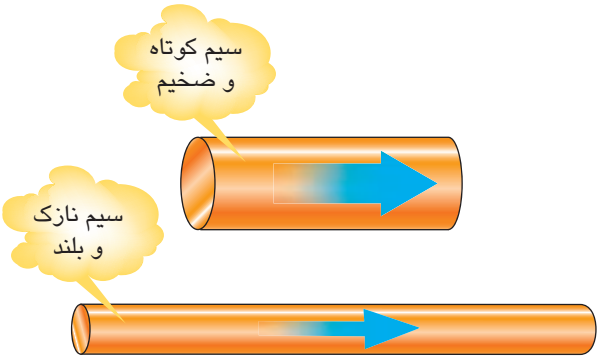
هرقدر مقاومت الکتریکی کم‌تر باشد، به شرط ثابت بودن ولتاژ، جریان الکتریکی بیش‌تری از مدار عبور خواهد کرد، به طور کلی مقاومت الکتریکی به سه عامل، طول، سطح مقطع و جنس مقاومت بستگی دارد و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

ρ: مقاومت مخصوص — L: طول سیم — A: سطح مقطع

مقاومت الکتریکی

شکل ۳۰-۱ نقش تغییر طول و سطح مقطع را در مقدار مقاومت و میزان جریان نشان می‌دهد.



شکل ۳۰-۱ عوامل مؤثر بر مقدار مقاومت یک سیم هادی

مقاومت الکتریکی یک سیم ضخیم و کوتاه از یک نوع فلز (مثل مس)، از مقاومت الکتریکی یک سیم نازک و بلند از همان فلز (مس) کم‌تر است.

واحد مقاومت الکتریکی اُهم است و با علامت Ω (اُمِگا حرف یونانی است) نشان داده می‌شود.

در صورتی که در اثر عبور جریان I از یک هادی ولتاژی برابر با V ولت در دوسر آن اُفت کند، مقدار مقاومت الکتریکی از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$R = \frac{V \rightarrow \text{ولت}}{I \rightarrow \text{آمپر}} \leftarrow \text{اهم}$$

رابطه‌ی بالا نشان می‌دهد که در صورت ثابت بودن ولتاژ هرقدر مقاومت الکتریکی بیش‌تر شودشدت جریان الکتریکی کم‌تر خواهد شد.

مثال ۳-۱: در صورتی که جریان عبوری از یک مقاومت $I = ۲A$ وولتاژ اعمال شده به دو سر آن $V = ۶V$ باشد، مقدار R چند اهم است؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۶}{۲} = ۳\Omega \qquad R = ۳\Omega$$

مثال ۴-۱ : در صورتی که $I = ۱A$ ، $V = ۶V$ باشد، مقدار R چند اُهم است؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۶}{۱} = ۶\Omega \qquad R = ۶\Omega$$

با توجه به دو مثال فوق، در می‌یابیم که هرقدر مقدار مقاومت کم‌تر باشد شدت جریان مدار بیش‌تر است (به شرط ثابت بودن ولتاژ)

۱-۱۱-۱ محاسبات مدار: گاهی با داشتن مقدار R می‌خواهیم مقادیر I یا V را به‌دست آوریم. برای این منظور از دو روش زیر استفاده می کنیم:

الف) در صورتی که R و I مشخص باشد، مقدار V از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

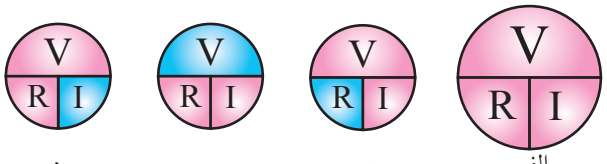
$$V = I \times R$$

ب) در صورتی که V و R مشخص باشد مقدار I از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

$$I = \frac{V}{R}$$

با استفاده از دایره‌ی نشان داده شده در شکل (۳۱-۱-الف) می توانیم رابطه‌ی فوق را به خاطر بسپاریم. برای پیدا کردن کمیت مجهول، کافی است یکی از انگشتان دست را طبق شکل‌های(۳۱-۱ ب- ج- د) روی کمیّت مجهول که به رنگ آبی است بگذاریم، در این صورت عبارت باقی‌مانده روی دایره، پاسخ کمیّت مجهول مورد نظر خواهد بود.

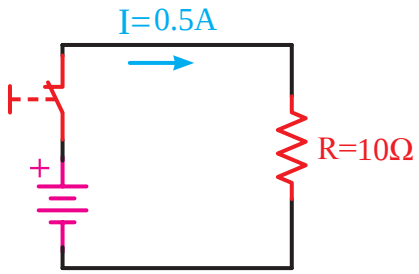
برای مثال، با پوشاندن I با انگشت دست، رابطه‌ی $\frac{V}{R}$ باقی می‌ماند. (شکل ۳۱-۱)



$$I=\frac{V}{R} \qquad V=RI \qquad R=\frac{V}{I}$$

شکل ۳۱-۱ محاسبه مقادیر V و R و I

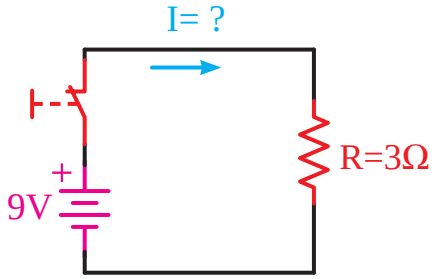
مثال ۵-۱: مقدار ولتاژ را در دو سر سیمی به مقاومت ۱۰Ω به دست آورید. در صورتی که جریان عبوری از آن ۰/۵ A است. (شکل ۳۲-۱)



شکل ۳۲-۱ محاسبه‌ی ولتاژ در دو سر مقاومت

$$R=10\Omega, I=0/5A, V=?$$
$$V=I.R=0/5\times10=5V \qquad V=5V$$

مثال ۶-۱: در صورتی که ولتاژ دو سر سیمی به مقاومت ۳اهم برابر با ۹ ولت باشد، جریان عبوری آن چند آمپر است؟ (شکل ۳۳-۱)



شکل ۳۳-۱ محاسبه‌ی جریان عبوری از مقاومت

$$R=3\Omega, V=9V, I=?$$
$$I=\frac{V}{R}=\frac{9}{3}=3A \qquad I=3A$$

۱-۱۱-۲ واحدهای مقاومت: برای مقاومت الکتریکی از واحدهای بزرگ‌تر مانند کیلو اهم (KΩ) و مگا اهم (MΩ) استفاده می کنند.

$$1K\Omega=1000\Omega \qquad 1M\Omega=1000000\Omega$$

در مدارهای الکترونیکی اغلب شرایطی پیش می‌آید که باید مقدار R بر حسب کیلو اهم باشد و مقدار جریان بر حسب میلی‌آمپر، در این حالت با استفاده از واحدهای فوق، مقدار ولتاژ برحسب ولت به‌دست می‌آید.

مثال ۷-۱ : الف) اگر $I=2mA$ و $R=10K\Omega$ باشد، مقدار ولتاژ چند ولت است؟

$$V=I\times R=10(K\Omega)\times2(mA)=20V$$
$$V=20V$$

ب) اگر $V=4V, I=2mA$ باشد، مقدار R چند کیلو اهم است؟

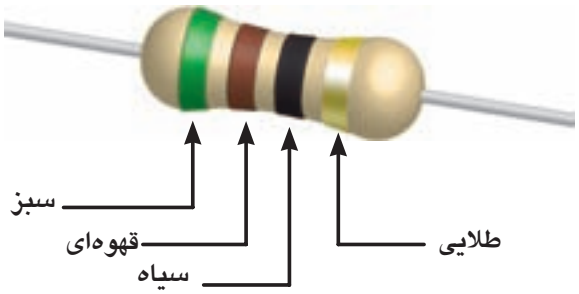
$$R=\frac{V}{I}=\frac{4(V)}{2(mA)}=2K\Omega \qquad R=2K\Omega$$

ج) اگر $V=6V, R=2K\Omega$ باشد، مقدار I چند میلی‌آمپر است؟

$$I=\frac{V}{R}=\frac{6(V)}{2(K\Omega)}=3mA \qquad I=3mA$$

۱-۱۱-۳ مقاومت‌های ثابت: مقاومت‌ها و هادی‌ها به گونه‌ای ساخته می‌شوند که بتوانند جریان عبوری از مدار

را در حد موردنیاز مدار محدود کنند. مقاومت‌های ثابت دارای مقادیر ثابتی هستند.این مقاومت‌ها بین چند اهم، تا میلیون‌ها اهم ساخته می‌شوند. در شکل ۳۴-۱ یک نمونه از این مقاومت‌ها و علامت فنی آن را ملاحظه می‌کنید. این مقاومت‌ها غالباً به شکل استوانه‌ای ساخته می‌شوند و روی آن‌ها سه تا شش نوار رنگی وجود دارد. هر نوار رنگی نماینده‌ی یک عدد است که از روی آن می‌توانیم مقدار مقاومت و سایر مشخصات از قبیل ضریب حرارتی را مشخص کنیم.



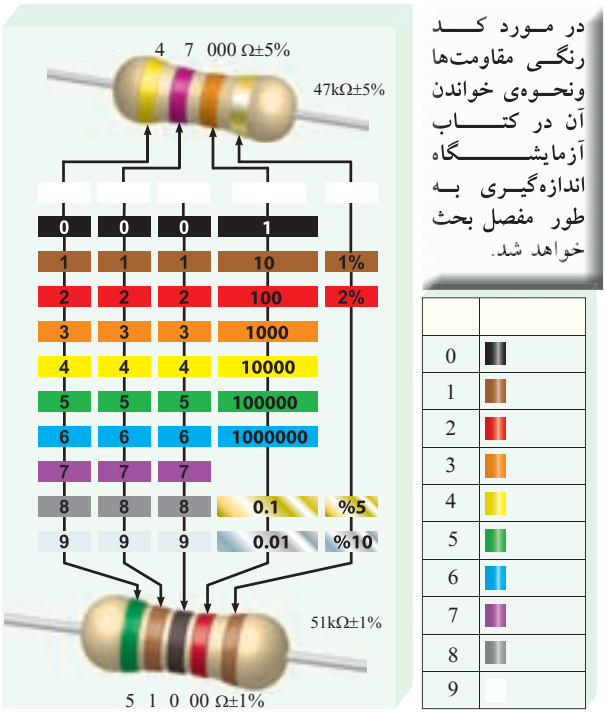
الف- مقاومت ثابت

ب ـ علامت فنی

شکل ۳۴-۱ کد رنگی و علامت اختصاری مقاومت ثابت

در شکل ۳۵-۱-الف جدول کد رنگی و در شکل ۳۵-۱-ب مفهوم هر نوار رنگی آمده است.

برای خواندن مقاومت باید از اولین نوار رنگی، که به انتهای مقاومت نزدیک‌تر است، شروع کنیم. اولین نوار نماینده‌ی عدد اول ، دومین نوار نماینده‌ی عدد دوم و سومین نوار نماینده‌ی تعداد صفرهایی است که باید در مقابل دو رقم اول قرار گیرد (ضریب ده)، به مثال شکل ۳۵-۱ توجه کنید.



ب

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

الف

در مورد کد رنگی مقاومت‌ها ونحوه‌ی خواندن آن در کتاب آزمایشگاه اندازه‌گیری به طور مفصل بحث خواهد شد.

شکل ۳۵-۱ نحوه‌ی تعیین مقدار اهم و تولرانس‌ها با کد ۴ نوار رنگی و ۵ نوار رنگی

کار با نرم‌افزار

نحوه‌ی خواندن کدرنگی را با استفاده از نرم افزار ادیسون یا هر نرم افزار دیگری، که در اختیار دارید، تجربه کنید.

اغلب مقاومت‌ها دارای یک نوار چهارم، به رنگ طلایی یا نقره‌ای، نیز هستند که در تعیین مقدار مقاومت دخالت نمی‌کند بلکه میزان خطا[1] را نشان می‌دهد.

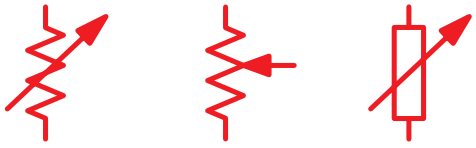
۴-۱۱-۱ مقاومت متغیر: مقاومت متغیر مقاومتی است که مقدار آن را می‌توانیم تغییر دهیم. در مدارهای

۱- در مورد خطای مقاومت‌ها در کتاب‌های مبانی برق و اندازه‌گیری الکتریکی بحث شده است.

الکترونیکی از مقاومت متغیر به منظور کنترل حجم صدا (ولوم) یا سایر کنترل‌ها استفاده می‌شود.

در شکل ۳۶-۱-الف چند نمونه مقاومت متغیر و در شکل ۳۶-۱-ب علامت فنی آن‌ها نشان داده شده است. مقاومت متغیر دارای سه پایه است که به مدار متصل می‌شود. هنگامی که در نقش تنظیم کننده‌ی جریان در مدار به کار می‌رود فقط از پایه‌ی وسط و یکی از پایه‌های طرفین استفاده می‌شود. با تغییر محور مقاومت متغیر، مقدار تغییر می‌کند.

الف ـ چند نمونه پتانسیومتر پر کاربرد در الکترونیک



ب - علامت اختصاری

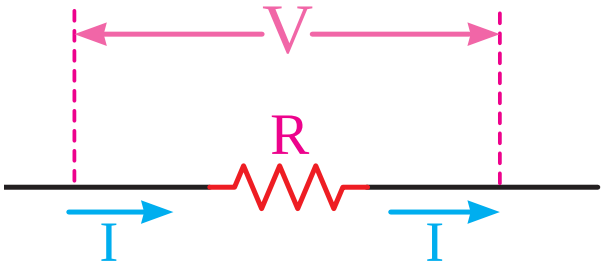
شکل ۳۶-۱ چند نمونه مقاومت متغیر و علامت اختصاری آن‌ها

۵-۱۱-۱ توان ماکزیمم مجاز مقاومت‌ها: وقتی جریان الکتریکی از مقاومت عبور می‌کند، گرما تولید می‌شود. هر قدر شدت جریان عبوری از یک مقاومت بیش‌تر باشد، مقدار حرارت تولید شده نیز بیش‌تر است. در صورتی که گرمای تولید شده از حد معینی تجاوز کند، مقاومت آسیب می‌بیند. به این سبب برای گرم شدن مقاومت محدودیت در نظر می‌گیرند. مقدار محدودیت گرما را با مقدار توان مجاز مقاومت بیان می‌کنند. مقدار توان الکتریکی تلف شده در مقاومت هرگز نباید از مقدار مجاز آن تجاوز نماید. توان مجاز مقاومت‌ها به بزرگی ابعاد آن بستگی دارد. هر قدر ابعاد مقاومت بزرگ‌تر باشد توان مجاز آن بیش‌تر است.

مقدار توان P که در مقاومت تلف می‌شود (توان به صورت گرما تلف می‌شود) به مقدار ولتاژ دوسر آن و جریان عبوری از آن بستگی دارد، و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$P = V.I$$

در رابطه‌ی بالا مقدار P بر حسب وات و مقدار V برحسب ولت و I بر حسب آمپر است.(شکل ۳۷-۱)



شکل ۳۷-۱ جریان عبوری و ولتاژ در یک مقاومت

مثال ۸-۱: اگر $I = ۰/۵A, V = ۲V$ باشد مقدار توان تلف شده در مقاومت چند وات است؟

$P = V \times I = ۲ \times ۰/۵ = ۱W$ $P = ۱W$

مقدار توان ماکزیمم مجاز مقاومت‌ها را کارخانه‌ی سازنده تعیین می‌کند.

در صورتی که I برحسب میلی‌آمپر و V برحسب ولت باشد، مقدار توان برحسب میلی وات به‌دست می‌آید.

$۱W = ۱۰۰۰mW$

در اغلب مدارهای الکترونیکی از مقاومت‌های ۰/۲۵ وات یا $\frac{۱}{۴}$ وات تا ۰/۵ وات یا $\frac{۱}{۲}$ وات استفاده می‌شود.

۱-۱۱-۶ بستن مقاومت‌ها به صورت سری: به مدار (شکل ۱-۳۸-الف و ب) توجه کنید، در این مدار شرایط زیر حاکم است:

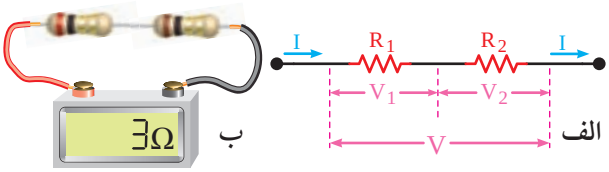
۱- مقدار I در مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ یکسان است.

۲- مقدار $V = V_۱ + V_۲$ است .

۳- $V_۲ = IR_۲, V_۱ = IR_۱$ است.

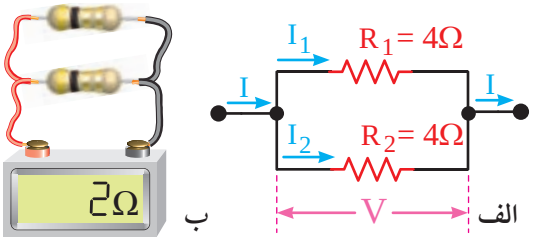
۴- مقاومت کل مدار برابر با $R = R_۱ + R_۲$ است.

درصورتی که $R_۲ = ۲\Omega, R_۱ = ۱\Omega$ باشد، مقدار $R = ۱ + ۲ = ۳\Omega$ می‌شود.



شکل ۱-۳۸ تقسیم ولتاژ در مقاومت‌ها به صورت سری

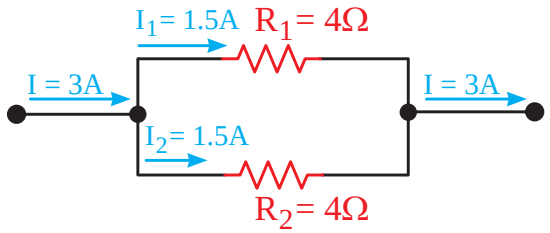
۱-۱۱-۷ بستن مقاومت‌ها به صورت موازی: به شکل ۱-۳۹-الف‌وب توجه کنید. در این شکل شرایط زیر حاکم است:



شکل ۱-۳۹ مقاومت‌ها به صورت موازی

۱- $I = I_۱ + I_۲$ ، مقادیر $I_۱$ و $I_۲$ بستگی به مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ دارد. اگر $R_۱$ برابر $R_۲$ باشد $I_۱$ برابر $I_۲$ خواهد شد.

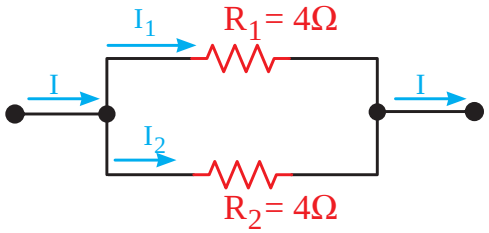
مثال ۱-۹: اگر $R_۲ = ۴\Omega, R_۱ = ۴\Omega, I = ۳A$ باشد مقدار $I_۲ = ۱/۵A, I_۱ = ۱/۵A$ خواهد شد، زیرا همواره باید $I = I_۱ + I_۲ = ۳A$ شود. (شکل ۱-۴۰)



شکل ۱-۴۰ تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی

۲- مقدار ولتاژ دوسر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم برابر است یعنی: $V = I_۱R_۱ = I_۲R_۲$

۳- مقاومت معادل مدار از هر یک از مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ کم‌تر است. مثلاً اگر $R_۱ = R_۲$ باشد، مقدار $R = \frac{R_۱}{۲} = \frac{R_۲}{۲}$ خواهد شد. (شکل ۱-۴۱)



شکل ۱-۴۱ دو مقاومت مساوی به صورت موازی

مثال ۱-۱۰ اگر $R_۱ = R_۲ = ۴\Omega$ باشد، مقدار R

برابر است با:

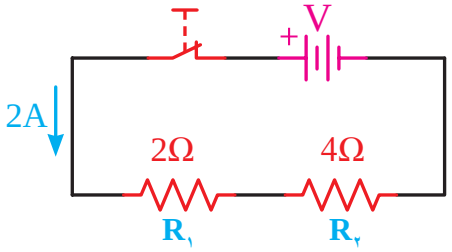
$$R = \frac{R_1}{۲} = \frac{R_۲}{۲} = \frac{۴}{۲} = ۲\Omega \qquad R = ۲\Omega$$

مثال ۱۱-۱: باتوجه به شکل ۴۲-۱ مقادیر زیر را به‌دست آورید.

الف) شدت جریان در مقاومت‌های ۲ اهمی و ۴ اهمی.

ب) ولتاژ دو سر مقاومت‌های ۲ اهمی و ۴ اهمی.

ج) ولتاژ تغذیه‌ی مدار.



شکل ۴۲-۱ مدار سری

پاسخ الف) با توجه به شکل ۴۲-۱ چون مدار سری است جریان عبوری از مقاومت‌های ۲اهمی و ۴اهمی با هم برابر است و همان ۲ آمپر می‌باشد.

پاسخ ب)

$$V_{R_1} = IR_1 = ۲\times۲ = ۴V$$
$$V_{R۲} = IR_۲ = ۲\times۴ = ۸V$$

پاسخ ج)

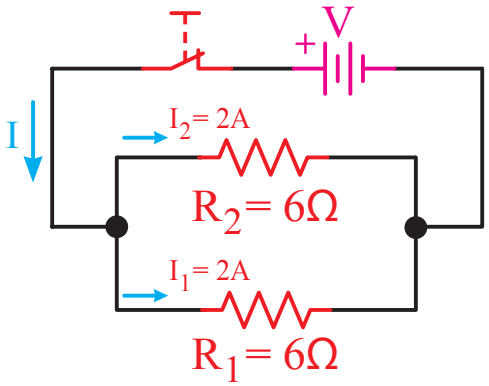
$$V = V_1 + V_۲ = ۴ + ۸ = ۱۲V$$

مثال ۱۲-۱: با توجه به شکل ۴۳-۱ مقادیر زیر را به‌دست آورید:

الف) مقدار جریان کل عبوری از مدار (I).

ب) ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های ۶ اهمی.

ج) ولتاژ تغذیه.



شکل ۴۳-۱ مربوط به تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی

پاسخ الف) جریان کل مدار از مجموع جریان‌های I_1 و $I_۲$ به دست می‌آید.

$$I = I_1 + I_۲ = ۲ + ۲ = ۴A$$

پاسخ ب) ولتاژ دوسر هریک از مقاومت‌ها از حاصل ضرب جریان در مقاومت به‌دست می‌آید:

$$V_{(۶\,اهمی)} = I_1R_1 = ۲\times۶ = ۱۲V$$
$$V_{(۶\,اهمی)} = I_۲R_۲ = ۲\times۶ = ۱۲V$$

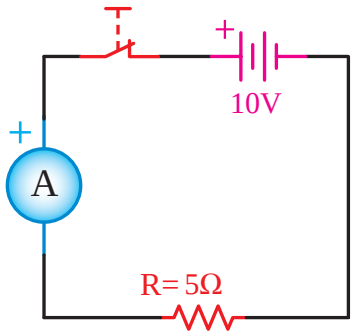
پاسخ ج) در مدار موازی ولتاژ تغذیه برابر است با ولتاژ دوسر هریک از مقاومت‌ها.

$$V_1 = V_۲ = V = ۱۲V$$

در ارتباط با مدارهای سری و موازی مقاومت‌ها به طور مفصل در مبانی برق بحث خواهد شد.

۱-۱۲ الگوی پرسش

۱-۱۲-۱ با توجه به شکل ۱-۴۴ به سؤالات زیر پاسخ دهید:



شکل ۱-۴۴ مربوط به محاسبه جریان و ولتاژ در مقاومت

الف) آمپرمتر (A) چه مقداری را نشان می‌دهد؟

ب) مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت ۵ اهمی چند ولت است؟ (از مقاومت آمپرمتر صرف نظر می‌شود).

ج) مدار را مجدداً ترسیم کنید و در دو سر مقاومت ۵ اهمی یک ولت‌متر قرار دهید و قطب‌های آن را مشخص کنید.

۱-۱۲-۲ در صورتی که ولتاژ دو سر لامپی برابر با ۱۲ ولت و جریان عبوری از آن ۴ آمپر باشد، مقاومت لامپ چه‌قدر است؟

۱-۱۲-۳ در صورتی که جریان عبوری از یک مقاومت ۱۰ اهمی برابر با ۲ آمپر باشد، ولتاژ دو سر آن چند ولت خواهد بود؟

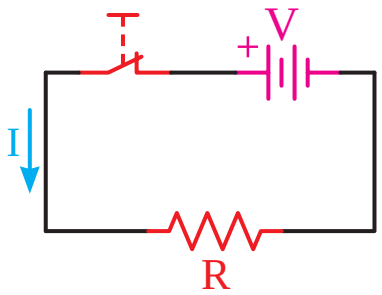
۱-۱۲-۴ با توجه به شکل ۱-۴۵ مقادیر زیر را به‌دست آورید:

الف) اگر $R = ۲K\Omega, I = ۵mA$ باشد، مقدار V چند ولت است؟

ب) اگر $I = ۳mA, V = ۱۲V$ باشد، مقدار R چند کیلو اهم است؟

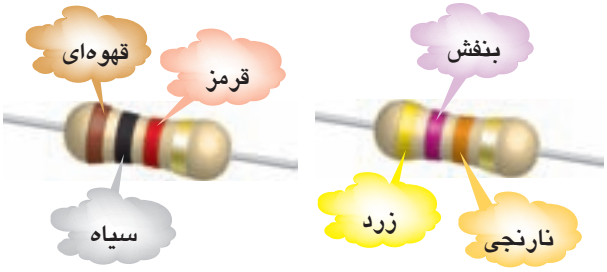
ج) اگر $R = ۵K\Omega, V = ۱۰V$ باشد، مقدار I برابر با چند میلی‌آمپر است؟

د) مقدار توان تلف شده در مقاومت را در هر یک از مراحل الف، ب و ج محاسبه کنید.



شکل ۱-۴۵ بررسی قانون اهم

۱-۱۲-۵ مقدار مقاومت‌های نشان داده شده در شکل‌های ۱-۴۶-الف-ب را با استفاده از کد رنگی مقاومت‌ها تعیین کنید.



الف ب

شکل ۱-۴۶ کد رنگی مقاومت‌ها

۱-۱۲-۶ نوارهای رنگی مقاومت‌های زیر را مشخص کنید.

الف) ۱۰Ω ب) ۱۵۰Ω ج) ۳/۹Ω

د) ۱۰KΩ هـ) ۳۳۰KΩ و) ۱MΩ

۱-۱۲-۷ در مدار شکل ۱-۴۷ مقادیر زیر را به دست آورید:

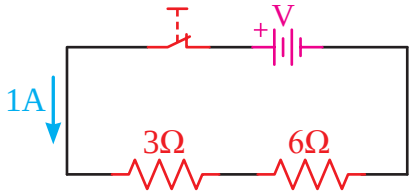
الف) جریان عبوری از مقاومت ۳ اهمی.

ب) جریان عبوری از مقاومت ۶ اهمی.

ج) ولتاژ در دو سر مقاومت ۳ اهمی.

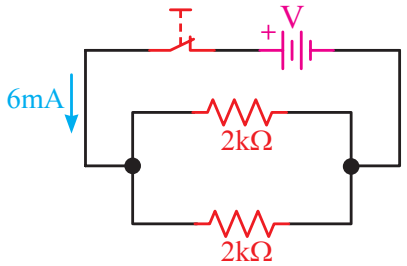
د) ولتاژ در دو سر مقاومت ۶ اهمی.

هـ) ولتاژ منبع تغذیه.



شکل ۱-۴۷ مربوط به بررسی ولتاژ و جریان در مدار سری

۱-۱۲-۸ با توجه به شکل ۱-۴۸ جریان عبوری از هر مقاومت و ولتاژ تغذیه را محاسبه کنید.



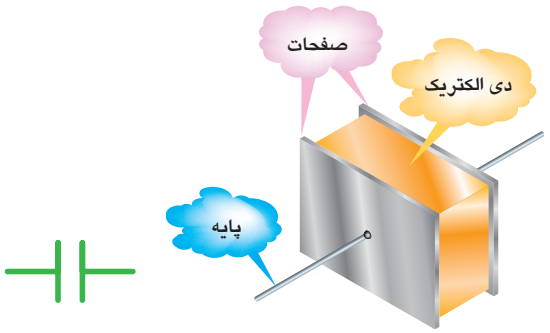
شکل ۱-۴۸ مربوط به بررسی جریان و ولتاژ در مدار موازی

۱-۱۲-۹ مداری رسم کنید که با استفاده از دو مقاومت ۱۰ اهمی یک مقاومت ۵ اهمی به دست آید.

۱-۱۳ خازن‌ها (Capacitors)

۱-۱۳-۱ خازن چیست؟ خازن قطعه‌ای الکترونیکی است که می‌تواند بار الکتریکی را به صورت الکترون در خود ذخیره کند و در صورت نیاز انرژی را به مدار باز گرداند.

۱-۱۳-۲ ساختمان خازن: با توجه به شکل ۱-۴۹-الف در می‌یابیم که خازن از دو صفحه‌ی فلزی موازی تشکیل شده است. بین دو صفحه‌ی فلزی لایه‌ای از جنس عایق قرار دارد. لایه‌ی عایق را دی‌الکتریک می‌نامند. علامت فنی خازن در شکل ۱-۴۹-ب آمده است.



الف- شکل ظاهری ب- علامت فنی

شکل ۱-۴۹ قسمت‌های مختلف یک خازن

۱-۱۳-۳ ظرفیت خازن (Capacitance): توانایی خازن را در ذخیره‌ی بار الکتریکی، ظرفیت خازن می‌گویند. بنابراین هر قدر ظرفیت خازن بیش‌تر باشد، می‌تواند بار الکتریکی بیش‌تری ذخیره کند. ظرفیت خازن به شکل فیزیکی آن وابسته است. هر قدر سطح مشترک صفحات خازن بیش‌تر و ضخامت دی‌الکتریک آن نازک‌تر باشد ظرفیت خازن بیش‌تر است. ظرفیت خازن به جنس عایق نیز بستگی دارد.

واحد ظرفیت خازن فاراد است. فاراد را با F نشان می‌دهند. به دلیل بزرگی فاراد، از واحدهای کوچک‌تر یعنی، میکروفاراد (μF)، نانوفاراد (NF) و پیکوفاراد (PF) استفاده می‌شود.

۱ F = ۱۰۰۰,۰۰۰ μF ۱ μF = ۱۰۰۰ NF ۱ NF = ۱۰۰۰ PF

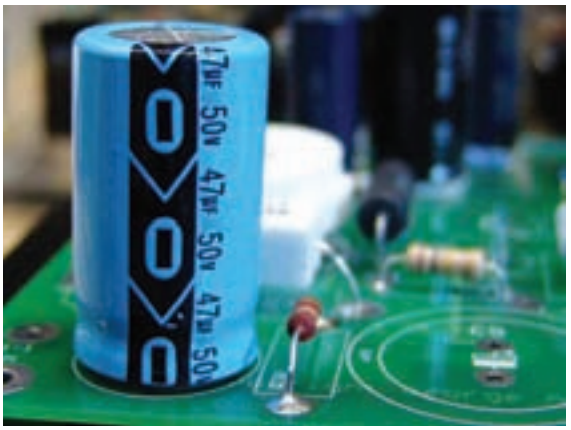
۱-۱۳-۴ ولتاژ کار خازن:

Working **V**oltage (WV)

حداکثر مقدار ولتاژ dc یا ماکزیمم ولتاژ ac را که خازن می‌تواند تحمّل کند، به طوری که دی الکتریک

آن آسیب نبیند، ولتاژ کار خازن یا WV می‌نامند. مقدار ولتاژ کار خازن را معمولاً روی آن می‌نویسند یا مقدار آن توسط کارخانه‌ی سازنده اعلام می‌شود.

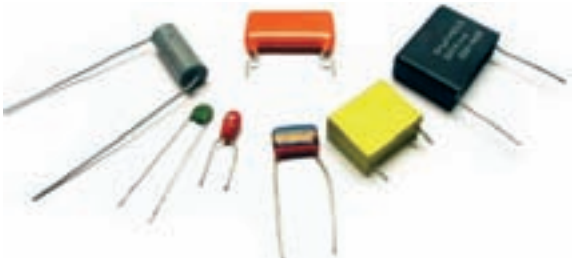
برای مثال، در شکل ۵۰-۱ مقدار ظرفیت خازن ۴۷μF و ولتاژ کار آن ۵۰ ولت است.



شکل ۵۰-۱ یک نمونه خازن

۱-۱۴ انواع خازن

۱-۱۴-۱ خازن‌های ثابت: خازن‌های ثابت معمولاً دارای ظرفیت ثابتی هستند و براساس جنس دی‌الکتریک نام گذاری می‌شوند و بسیار متنوع‌اند. از انواع خازن‌های ثابت می‌توان خازن‌های پلی استر، سرامیک و میکا را نام برد (شکل ۵۱-۱).



شکل ۵۱-۱ انواع خازن ثابت

۱-۱۴-۲ خازن‌های الکترولیتی: خازن‌های الکترولیتی همان خازن‌های ثابت‌اند که معمولاً با ظرفیت بالا ساخته می‌شوند. خازن‌های الکترولیتی قطبی هستند، یعنی هنگام اتصال آن‌ها به مدار باید قطب مثبت و منفی آن را در نظر داشت. شکل ۵۲-۱ تصویر ظاهری چند نمونه خازن الکترولیتی و علامت فنی آن را نشان می‌دهد.

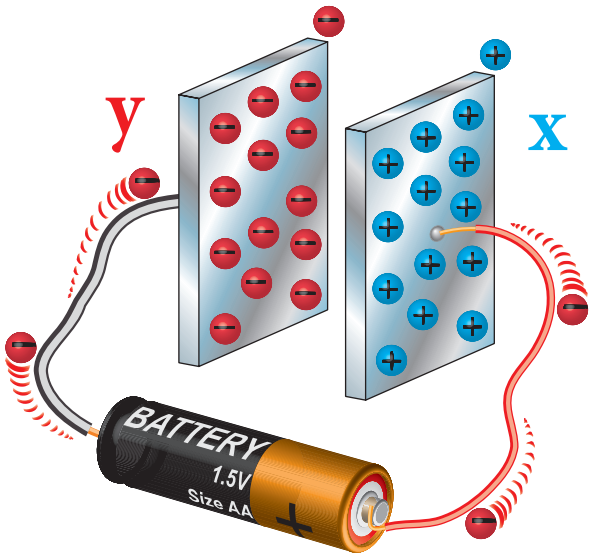
شکل ۵۲-۱ شکل ظاهری خازن الکترولیتی و علامت اختصاری آن

۱-۱۴-۳ خازن‌های متغیر: خازن‌های متغیر دارای دو مجموعه صفحات ثابت و متحرک‌اند که به موازات یکدیگر نصب شده‌اند و بین آن‌ها ماده‌ی دی‌الکتریک قرار دارد (شکل ۵۳-۱). با حرکت دادن صفحات متحرک، ظرفیت خازن تغییر می‌کند. از این نوع خازن در تنظیم موج رادیو برای گرفتن ایستگاه‌های مختلف رادیویی استفاده می‌شود.

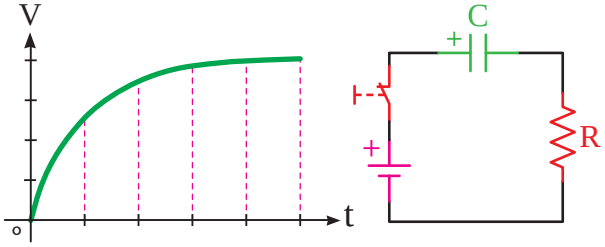
شکل ۵۳-۱ نمونه‌ای از خازن متغیر و نماد مداری آن

۴-۱۴-۱ شارژ خازن: اگر مداری را طبق شکل ۵۴-۱- الف ببندیم، تعدادی از الکترون‌های قطب منفی باتری جذب صفحه‌ی Y و هم زمان تعدادی از الکترون‌های صفحه‌ی X جذب قطب مثبت باتری می‌شوند. به این ترتیب صفحه‌ی Y دارای بار الکتریکی منفی و صفحه‌ی X دارای بار الکتریکی مثبت خواهد شد. این عمل را شارژ شدن خازن می‌نامند. در شروع شارژ جریانی در مدار به وجود می‌آید که پس از شارژ شدن خازن متوقف می‌شود. یک خازن پس از شارژ شدن می‌تواند مانند باتری عمل کند، زیرا مقداری از انرژی باتری را در خود ذخیره کرده است. ولتاژ دو سر خازن پس از شارژ کامل دقیقاً برابر با ولتاژ باتری خواهد بود.

شارژ خازن، معمولاً خیلی سریع اتفاق می‌افتد. در صورتی که طبق شکل ۵۴-۱-ب مقاومتی را به صورت سری با خازن ببندیم، زمان شارژ شدن خازن زیاد می‌شود. منحنی زمان شارژ خازن در شکل ۵۴-۱- ج نشان داده شده است.



شکل ۵۴-۱- الف شارژ خازن

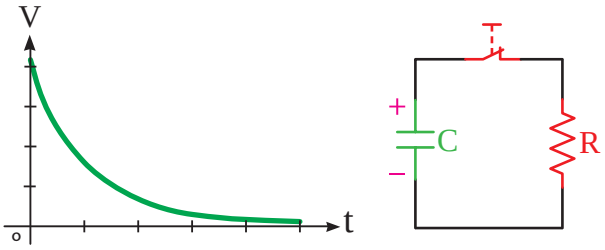


ب- افزایش زمان شارژ ج- منحنی شارژ خازن

شکل ۵۴-۱ شارژ خازن

۵-۱۴-۱ تخلیه‌ی خازن (دشارژ): خازن می‌تواند انرژی ذخیره شده را تا مدت زیادی پس از شارژ در خود نگه دارد. در این حالت تخلیه‌ی خازن از طریق نفوذ در دی‌الکتریک انجام می‌شود که بسیار کند است، در صورتی که یک هادی در دو سر خازن قرار دهیم، خازن سریعاً دشارژ می‌شود. یعنی انرژی ذخیره شده درخازن در مسیر هادی تخلیه می‌شود.

چنان چه مقاومتی را بین دو پایه‌ی خازن طبق شکل ۵۵-۱- الف قرار دهیم سرعت تخلیه‌ی خازن کند خواهد شد شکل ۵۵-۱- ب منحنی تخلیه یا دشارژ خازن را برحسب زمان نشان می‌دهد. یادآور می‌شود هرگز نباید خازن را از طریق اتصال کوتاه تخلیه نمود زیرا آسیب می‌بیند.



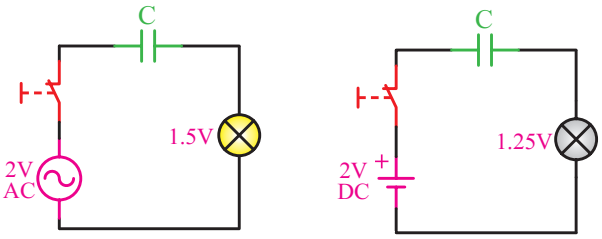
الف ـ تخلیه‌ی خازن از طریق مقاومت ب ـ منحنی دشارژ

شکل ۵۵-۱ تخلیه‌ی خازن

۶-۱۴-۱ رفتار خازن در جریان‌های Dc و Ac : در شکل ۵۶-۱- الف منبع تغذیه dc است. در لحظه‌ی شارژ

خـازن، جریانی لحظه‌ای از مدار عبور می کند که سـبب شارژ خازن می‌شود و سـپس متوقف می گردد. بنابراین، در این حالت لامپ روشـن نمی‌شود؛ پس خازن جریان مستقیم یا dc را ازخود عبور نمی‌دهد.

در شکل ۵۶-۱- ب منبع تغذیه ac است. در این مدار لامپ روشـن می‌شود، زیرا به سـبب عوض شدن جهت جریان ac خازن در هر لحظه شارژ و دشارژ می‌شود و در نتیجه لامپ را روشن نگاه می‌دارد.



الف ـ خازن مانع عبور جریان dc می‌شود

ب ـ خازن جریان ac را عبور می‌دهد

شکل ۵۶-۱ خازن در جریان dc و ac

۱-۱۵ الگوی پرسش

۱-۱۵-۱ روی خازنی ۰/۱μF۲۵WV نوشـته شـده است، مفهوم آن چیست؟

۱-۱۵-۲ چرا نمی‌توان خازنی با ولتاژ کار ۲۵۰ ولت را در ولتاژ ۳۰۰ ولت به کار برد؟

۱-۱۵-۳ خازن‌هـای زیـر را به ترتیـب مقادیر آن‌ها مرتب کنید: ۱۰۰PF – ۴/۷μF – ۲/۲NF – ۲۲۰۰PF

۱-۱۵-۴ در صورتی که بخواهیم از مداری جریان ac عبور کند ولی جریـان dc عبور نکند چه قطعه‌ای را باید به کار بریم؟

۱-۱۵-۵ سه ویژگی مهم خازن را نام ببرید.

کار با نرم‌افزار

بااسـتفاده از نرم‌افـزار مولتـی سـیم یـا ادیسون، انواع خازن‌ها را معرفی کنید و نحوه‌ی شـارژ و دشـارژ خازن را به نمایـش در آورید. دانش‌آمـوزان می‌توانند این فعالیت را در منزل به اجرا در آورند. تعدادی از تصاویر ارائه شـده در این قسـمت نیز توسـط نرم افزار ادیسـون طراحی شده است.

۱-۱۶ ترانسفورماتورها (Transformers)

۱-۱۶-۱ یکی از قطعات مهم الکتریکی ترانسفورماتور اسـت. ترانسـفورماتور می‌تواند ولتاژ یـا جریان متناوب را افزایش یا کاهش دهد. یک ترانسـفورماتور افزاینده، ولتـاژ را افزایش و بر عکس جریـان را کاهش می‌دهد. ترانسـفورماتور کاهنـده، ولتـاژ را کاهـش و جریان را افزایش می‌دهد.

یـک ترانسـفورماتور حداقل از دو سـیم پیچ و یک هسته‌ی آهنی تشـکیل می‌شود. سـیم پیچ‌ها را به ترتیب سـیم پیچ اولیه[۱] و سـیم پیچ ثانویه[۲] می‌نامند. ارتباط سیم پیچ‌هـای اولیه و ثانویه با یکدیگر الکتریکی نیسـت بلکه مغناطیسی است. سـیم‌ها روی هسته‌ای از جنس آهن نرم پیچیده شده‌اند. (شکل ۵۷-۱).

۱- step up Transformer
۲- step down Transformer

سیم‌ها ممکن است طبق شکل ۵۷-۱- الف روی هم یا طبق شکل ۵۷-۱- ج مستقل از هم پیچیده شوند. در شکل ۵۷-۱ شکل ظاهری چند نمونه ترانسفورماتور را مشاهده می کنید.

الف ب ج

شکل ۵۷-۱ چند نمونه ترانسفورماتور

ولتاژ متناوب به سیم پیچ اولیه، (ورودی ترانسفورماتور) داده می‌شود و ولتاژ خروجی از دو سر ثانویه (خروجی ترانسفورماتور) دریافت می گردد. اگر ترانسفورماتور افزاینده باشد ولتاژ ثانویه بیش‌تر از اولیه و اگر ترانسفورماتور کاهنده باشد ولتاژ ثانویه کم‌تر از اولیه است. توجه داشته باشید که از نظر تئوری همواره توان اولیه‌ی ترانسفورماتور با توان ثانویه‌ی آن تقریباً برابر است، یعنی:

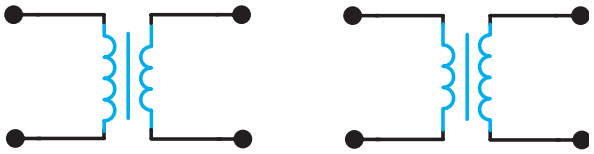
$$P_P = V_P \times I_P , P_S = V_S \times I_S \Rightarrow P_P \cong P_S$$

توان اولیه	توان ثانویه	جریان اولیه	ولتاژ اولیه	توان ثانویه	جریان ثانویه	ولتاژ ثانویه	توان اولیه

یادآوری می‌شود به علت تلفات ایجاد شده در مدار اولیه و ثانویه، عملاً توان خروجی ترانسفورماتور از توان ورودی آن اندکی کم‌تر است، هر چند در محاسبات معمولی آن‌ها را برابر در نظر می گیرند (از تلفات صرف نظر می کنند).

$$P_P = P_S$$

علامت فنی ترانسفورماتور افزاینده در شکل ۵۸-۱- الف و ترانسفورماتور کاهنده در شکل ۵۸-۱- ب ترسیم شده است.



الف ب

شکل ۵۸-۱ انواع ترانسفورماتور

۲-۱۶-۱ نسبت تعداد دور: نسبت ولتاژ اولیه به ولتاژ ثانویه تقریباً برابراست با نسبت تعداد دور سیم پیچ اولیه به تعداد دور سیم پیچ ثانویه.

$$\frac{\text{ولتاژ اولیه}}{\text{ولتاژ ثانویه}} = \frac{\text{تعداد دور اولیه}}{\text{تعداد دور ثانویه}}$$

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P \leftarrow \text{تعداد دور اولیه}}{N_S \leftarrow \text{تعداد دور ثانویه}} = K$$

نسبت فوق را نسبت دور یا نسبت تبدیل ترانسفورماتور می گویند.

مثال ۱۳-۱: اگر در یک ترانسفورماتور افزاینده سیم پیچ اولیه $N_P = ۱۰۰۰$ دور و سیم پیچ ثانویه $N_S = ۲۰۰۰$ دور و ولتاژ اولیه ۱۲ ولت داشته باشند تعیین کنید:

۱- نسبت تبدیل ۲- ولتاژ ثانویه

$$\text{نسبت تبدیل} = K = \frac{N_P}{N_S} = \frac{۱۰۰۰}{۲۰۰۰} = \frac{۱}{۲}$$

$$K = \frac{V_P}{V_S} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{۱۲}{V_S}, \quad V_S = ۲۴V$$

در ایـن مثال، بـا توجه به نسـبت تبدیل، بـه راحتی می‌توانیـم حدس بزنیم که ولتاژ ثانویه دو برابر ولتاژ اولیه و جریان ثانویه نصف جریان اولیه است. چرا؟

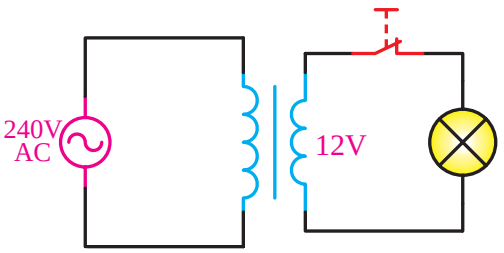
مثـال ۱۴-۱: در یک ترانسـفورماتور کاهنده اگر $N_P = ۱۰۰۰$ و $N_S = ۵۰۰$ و ولتاژ ثانویـه برابر با ۳ ولت باشد تعیین کنید نسبت تبدیل و ولتاژ اولیه را.

$$K = \frac{N_P}{N_S} = \frac{۱۰۰۰}{۵۰۰} = ۲$$

$$K = \frac{V_P}{V_S} \Rightarrow ۲ = \frac{V_P}{۳}, \quad V_P = ۶V$$

با توجه به نسـبت تبدیل، به آسـانی می‌توان دریافت که ولتـاژ ثانویه نصف ولتاژ اولیه و جریان ثانویه دو برابر جریان اولیه است. چرا؟

مثال ۱۵-۱: یک ترانسفورماتور کاهنده طبق شکل ۱-۵۹ برای روشـن کردن یک لامپ ۱۲ ولتی، ولتاژ برق شـهر را از ۲۴۰ ولت به ۱۲ ولت کاهـش می‌دهد. تعیین کنید:



شکل ۱-۵۹ مربوط به محاسبات ترانسفورماتور

الف- نسبت تبدیل ترانس.

ب- در صورتی که تعداد دور ثانویه ۱۰۰ باشد، تعداد دور اولیه چه قدر است؟

ج- در صورتـی که جریان عبـوری از ثانویه ۲ آمپر باشد جریان اولیه چه قدر خواهد بود؟

پاسخ الف)

$$V_P = ۲۴۰V \quad V_S = ۱۲V$$

$$K = \frac{V_P}{V_S} = \frac{۲۴۰}{۱۲} = \frac{۲۰}{۱}$$

ترانس ۲۰ به یک کاهنده

پاسخ ب)

تعداد دور اولیه

$$K = \frac{N_p}{N_s}, ۲۰ = \frac{N_p}{۱۰۰}, N_p = ۲۰۰۰$$

پاسـخ ج) ولتاژ در ثانویه به اندازه‌ی ۲۰ برابر کاهش یافته، پس شدت جریان در آن به اندازه‌ی ۲۰ برابر افزایش یافته اسـت، بنابراین شدت جریان در اولیه به اندازه‌ی ۲۰ برابر کم‌تر از جریان ثانویه است.

$$\text{جریان اولیه} = I_p = I_s \times \frac{۱}{۲۰} = ۲ \times \frac{۱}{۲۰} = ۰/۱A$$

$$I_p = ۰/۱A$$

فعالیت فوق‌برنامه

تحقیق کنید آیا نرم‌افزاری برای محاسبه‌ی ترانسفورماتور وجود دارد؟ در صورت دسترسی به آن برای محاسـبه‌ی ترانسفورماتور استفاده کنید.

۱-۱۷ الگوی پرسش

۱-۱۷-۱ نسـبت دور ترانسـفورماتورهای زیـر را به دست آورید.

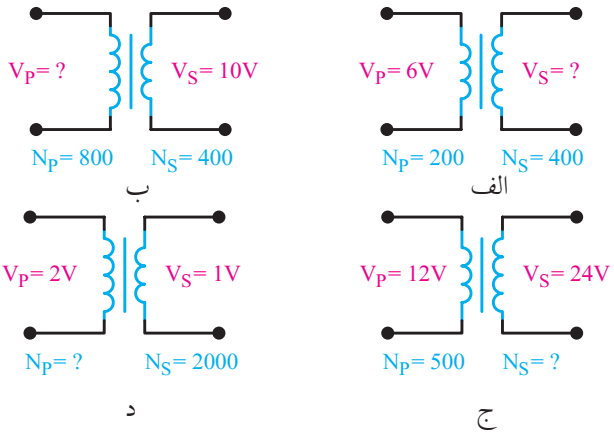
الف) $N_s = ۴۰۰, N_p = ۲۰۰$

ب) $N_s = ۳۰۰, N_p = ۶۰۰$

ج) $V_s = ۴V, V_p = ۱V$

د) $V_s = ۲V, V_p = ۱۰V$

۱-۱۷-۲ با توجه به شکل ۱-۶۰ به سؤالات زیر پاسخ دهید:



شکل ۱-۶۰ مربوط به محاسبات ترانسفورماتور

a: در شکل ۱-۶۰- الف مقدار ولتاژ ثانویه (V_s) چه‌قدر است؟

b: در شکل ۱-۶۰- ب مقدار ولتاژ اولیه (V_p) چه‌قدر است؟

c: در شکل ۱-۶۰-ج تعداد دور ثانویه (N_s) چه‌قدر است؟

d: در شکل ۱-۶۰- ج تعداد دور اولیه (N_p) چه‌قدر است؟

۱-۱۷-۳ در یک ترانسفورماتور اگر ولتاژ اولیه ۲۴۰ ولت ac و ولتاژ ثانویه ۴۸۰ ولت ac و جریان اولیه ۲۰۰ میلی‌آمپر باشد، جریان در سیم پیچ ثانویه چه قدر است؟

۱-۱۸ مبدل‌ها (Transducers)

مبدل به وسیله‌ای گفته می‌شود که در مقابل تغییرات یک نوع انرژی حساس باشد یا یک نوع انرژی را به نوع دیگر تبدیل کند. از این حساسیت یا تبدیل انرژی از یک نوع به نوع دیگر می‌توان برای کنترل نوع دیگری از انرژی استفاده نمود. مبدل ممکن است تحت تأثیر فشار، درجه حرارت، حرکت سیال‌ها، ارتعاش، ولتاژ الکتریکی یا سایر انواع انرژی عمل کند. غالباً تغییرات ضعیف کمیت‌های الکتریکی ایجاد شده در مبدل را توسط یک تقویت کننده، تقویت می‌کنند و پس از پردازش، آن را برای به کار انداختن یک نشان دهنده یا یک مدار کنترل کننده به کار می‌برند. به عنوان مثال با استفاده از مبدل‌ها می‌توانند دمای یک کوره را کنترل کنند.در شکل ۱-۶۱ مثالی از عملکرد مبدل‌ها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱-۶۱ مثالی از عملکرد مبدل‌ها

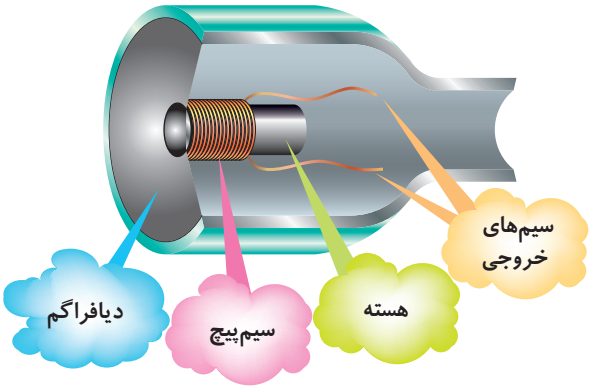
معرفی سایت

برای کسب اطلاعات بیش‌تر در مورد رشته‌ی الکترونیک می‌توانید به وب‌گاه (سایت) WWW.Tvoccd.sch.ir مراجعه کنید.

۱-۱۸-۱ مبدل‌های ورودی:

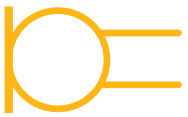
الف) میکروفون: میکروفون وسیله‌ای است که انرژی مکانیکی صوت را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند، به این صورت که ارتعاشات مکانیکی به یک صفحه‌ی قابل ارتعاش، که دیافراگم نامیده می‌شود، برخورد می‌کند و

آن را بـه جلو و عقب می‌راند. در اثر این حرکت اسـت که انـرژی الکتریکی تولید می‌شـود. میکروفـون انواع مختلف دارد که متداول‌ترین آن میکروفون با سـیم پیچ متحرک یا میکروفون دینامیکی است. شکل ۶۲-۱- الف سـاختمان میکروفون الکترو دینامیکی را نشـان می‌دهد. نوع دیگر میکروفون که کاربرد وسـیعی در سیسـتم‌های صوتی بـا کیفیـت بـالا دارد، میکروفون خازنی اسـت (شـکل ۶۲-۱-ب). در (شـکل ۶۲-۱-ج) علامـت فنی میکروفون را مشاهده می‌کنید.



الف ـ ساختمان میکروفون الکترودینامیکی

ب- تصویر ظاهری دو نوع میکروفون خازنی



ج- علامت فنی میکروفون

شکل ۶۲-۱ انواع میکروفون، ساختمان و علامت فنی آن

ب) ترمیسـتور (Thermistor): ترمیستور، یا مقاومت حرارتی، مقاومتی است که مقدار آن در اثر تغییرات گرما تغییر می‌کند. ترمیستور بر دو نوع است:

۱- مقاومـت با ضریـب حرارتی منفـی (NTC): در صورتی که در اثر بالا رفتن دما، مقدار مقاومت الکتریکی کاهش یابد، این مقاومت را NTC می‌نامند.

۲- مقاومـت با ضریـب حرارتی مثبـت (PTC): در صورتی که در اثر بالا رفتن دما، مقدار مقاومت الکتریکی افزایش یابد، مقاومت را PTC می‌نامند.

Thermistor = **T**hermal Resistor

مقاومت حرارتی

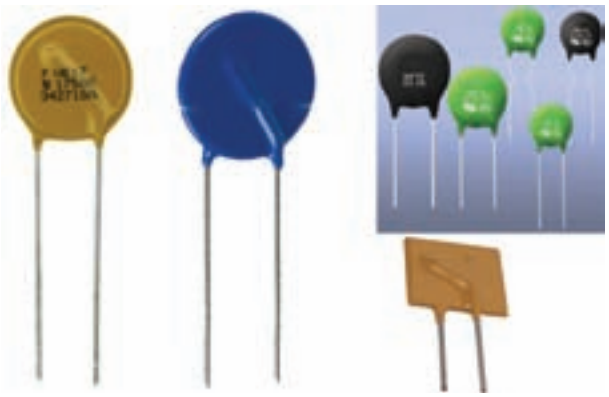
NTC=**N**egative **T**emperature **C**oeficient

ضریب حرارتی منفی

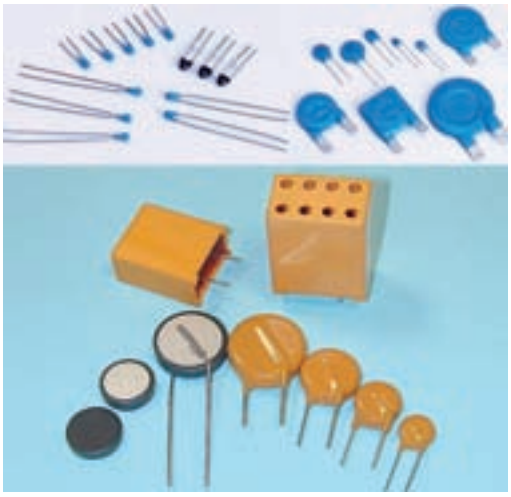
PTC= **P**ositive **T**emperature **C**oeficient

ضریب حرارتی مثبت

با اسـتفاده از این خاصیت، یعنی تغییر مقاومت در اثر دما، ترمیسـتور ساخته می‌شـود و از آن، برای تبدیل دما به انرژی الکتریکی اسـتفاده می‌شـود. در شکل ۶۳-۱- الـف-ب- ج و د نمونه‌هایی از ترمیسـتور و علامت فنی آن‌ها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۶۳-۱- الف شکل ظاهری چند نمونه مقاومت حرارتی

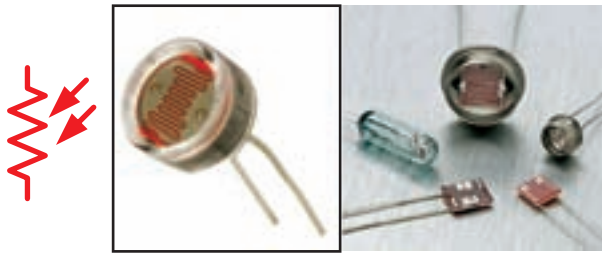


شکل ۶۳-۱- ب شکل ظاهری چند نمونه‌ی دیگر از مقاومت حرارتی

شکل ۶۳-۱- ج علامت اختصاری PTC

شکل ۶۳-۱- د علامت اختصاری NTC

ج) مقاومت تابع نور یا LDR: مقاومت‌های تابع نور مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها در اثر تابش نور تغییر می‌کند. از این مقاومت‌ها جهت تبدیل انرژی نورانی به انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. در شکل‌های ۶۴-۱- الف و ب چند نمونه LDR و علامت فنی آن را مشاهده می‌کنید. معمولاً مقدار مقاومت LDRها در اثر تابش نور کم می‌شود.



الف ـ شکل ظاهری

ب ـ علامت اختصاری

شکل ۶۴-۱ تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

LDR= Light Dependent Resistor

د) کلیدها: می‌دانیم هنگامی که کلید یک دستگاه را می‌زنیم، انرژی الکتریکی وارد دستگاه می‌شود و آن را به کار می‌اندازد. بنابراین کلید یک وسیله‌ی مکانیکی جهت کنترل مدار است. از این رو کلیدها را به منزله‌ی مبدل‌های ورودی سیستم نیز می‌شناسند. در شکل ۶۵-۱- الف- ب- ج و د چند نمونه کلید و علامت فنی آن را مشاهده می‌کنید.

الف ـ کلید کلنگی

ب ـ کلید فشاری معمولی

ج ـ کلید کشویی تبدیل

د ـ کلید فشاری صفحه کلید

شکل ۶۵-۱ چند نمونه کلید و علامت فنی آن‌ها

۲-۱۸-۱ مبدل‌های خروجی: مبدل‌های خروجی مبدل هایی هستند که انرژی موجود در خروجی سیستم را به نوع دیگری از انرژی قابل استفاده تبدیل می‌کنند. از انواع مبدل‌های خروجی می‌توان بلندگوها، بوبین‌ها، موتورهای الکتریکی، لامپ‌ها و ... را نام برد. در زیر به شرح تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم:

الف) بلندگو (Loud Speaker): بلندگو انرژی الکتریکی حاصل از صوت را به انرژی مکانیکی صوتی،

که قابل شـنیدن اسـت تبدیل می‌کند. بلندگو با سیم پیچ متحرک مشابه میکروفون با سیم پیچ متحرک است و آن را بلندگوی دینامیکی می‌نامند. در شکل ۶۶-۱ یک نمونه بلندگو و علامت فنی و ساختمان داخلی آن آمده است.

شکل ۶۶-۱ یک نمونه بلندگو، همراه با برش و علامت فنی آن

ب) بوبیـن یـا سـولونویید (Solenoid): بوبیـن یـا سولونویید از تعدادی حلقه‌ی سیم پیچ تشکیل شده است کـه در اثر عبور جریـان الکتریکـی از آن، در اطرافش خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌شود. هر قدر تعداد دورهای سیم پیچ و جریان عبوری از آن بیش‌تر باشد، شدت میدان مغناطیسی نیز بیش‌تر خواهد شد. در صورتی که یک هسته از آهـن نرم نیز در داخل بوبین قرار گیرد، شـدت میدان مغناطیسی بیش‌تر می‌گردد. حال اگر یک جسم آهنی را به هسته نزدیک کنیم، جسم آهنی جذب هسته می‌شود و این به معنی آن است که با استفاده از بوبین می‌توان انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کرد.

در شـکل ۶۷-۱- الـف-ب - ج و د بوبیـن بـدون هسـته‌ی آهنـی و با هسـته‌ی آهنی وعلامـت فنی آن را ملاحظه می‌کنید.

الف ـ بوبین بدون هسته‌ی آهنی

ب ـ بوبین با هسته‌ی آهنی

ج ـ بوبین با هسته‌ی آهنی

د ـ کاربرد بوبین در شیر برقی

شکل ۶۷-۱ انواع بوبین

ج) رله (Relay): رله یا کنتاکتور، یک کلید الکتریکی اسـت. در هر رله یک بوبین وجـود دارد که در اثر عبور جریان الکتریکی از آن، مغناطیس می‌شـود. با مغناطیس شـدن بوبین، صفحـه‌ای فلزی، کـه تعـدادی کنتاکت (اتصال) روی آن نصب شـده اسـت، حرکت می‌کند و موجب می‌شـود تعدادی از کنتاکت‌ها بسته یا باز شوند. معمـولاً کنتاکت‌های رله جریان زیـادی را از خود عبور می‌دهند. به این سبب با اسـتفاده از رله می‌توان با جریان

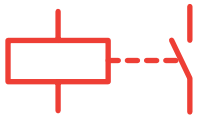
بسیار کم، جریان‌های زیاد را تحت کنترل قرار داد. از رله برای زنگ اخبار نیز استفاده می‌شود. در شکل ۶۸-۱ چند نمونه رله و علامت فنی آن نشان داده شده است.

الف ـ رله‌ی معمولی

ب ـ نوع دیگری از رله‌ی معمولی

ج ـ رله‌ی مینیاتوری

د ـ نوع دیگری از رله‌ی مینیاتوری



علامت فنی رله

شکل ۶۸-۱ انواع رله

د) لامپ‌ها: لامپ‌ها انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کنند. در لامپ‌های رشته‌ای فقط ۲ درصد از انرژی الکتریکی به انرژی نورانی تبدیل می‌شود و ۹۸ درصد بقیه، ناخواسته به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود. در لامپ‌های فلورسنت تبدیل انرژی الکتریکی به نورانی حدوداً ۱۰ تا ۱۲ درصد است. لامپ‌های LED که به نام دیودهای منتشر کننده‌ی نور نیز نامیده می‌شوند، انرژی الکتریکی را مستقیماً به انرژی نورانی تبدیل می‌کنند و بازدهی آن‌ها بالا است.

LED= Light Emitting Diode

هـ) موتور الکتریکی: موتور الکتریکی مبدلی است که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی دورانی تبدیل می‌کند. در بسیاری از وسایل الکتریکی خانگی، از قبیل یخچال، پنکه، ماشین لباس شویی و نیز در ربات‌های صنعتی و در خط مونتاژ کارخانه‌ها از موتور الکتریکی استفاده می‌شود، در شکل ۶۹-۱- الف تا هـ چند نمونه موتور الکتریکی وعلامت فنی آن‌ها رسم شده است.

الف ـ موتور کوچک برای استفاده دردستگاه‌های الکترونیکی

ب ـ موتور کوچک مورد استفاده در ربات

ج ـ موتور کوچک مورد استفاده در تایمر

هـ ـ موتور پرقدرت مورد استفاده در کولر و...

علامت فنی موتور

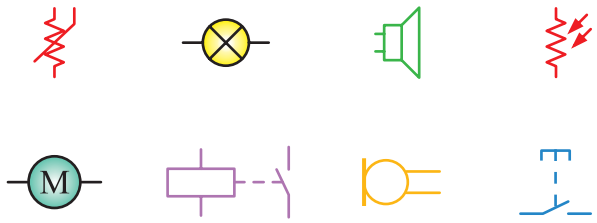
شکل ۶۹-۱ انواع موتور و علامت فنی آن‌ها

و) گرم کننده‌ها (Heaters): تمام گرم کننده‌ها مبدل انرژی الکتریکی به گرمایی هستند. به این طریق که در اثر عبور جریان از یک مقاومت الکتریکی انرژی گرمایی

ایجاد می‌شود. از انواع این مبدل‌ها می‌توان بخاری برقی، اتوی برقی، سماور برقی و ... را نام برد.

۱-۱۹ الگوی پرسش

۱-۱۹-۱ در شکل ۱-۷۰ هر مبدل را با توجه به علامت فنی آن نام ببرید و عملکرد هر یک را به طور خلاصه شرح دهید.



شکل ۱-۷۰

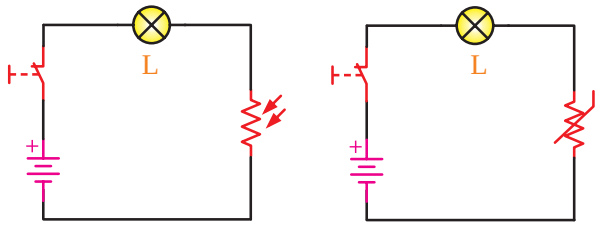
۱-۱۹-۲ اصطلاحات مبدل‌های ورودی و خروجی در سیستم‌های الکترونیکی را توضیح دهید.

۱-۱۹-۳ با مراجعه به شکل ۱-۷۱ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف: در شکل ۱-۷۱-الف اگر ترمیستور از نوع PTC باشد و گرم شود نور لامپ چه تغییری می‌کند؟

ب: در شکل ۱-۷۱-الف اگر ترمیستور از نوع NTC باشد و گرم شود نور لامپ چه تغییری می‌کند؟

ج: در شکل ۱-۷۱-ب اگر در شرایط روشنایی روز، لامپ روشن باشد، در صورتی که روی LDR پوشانده شود نور لامپ چه تغییری می‌کند؟



ب الف

شکل ۱-۷۱ مربوط به کاربرد NTC و PTC و LDR

۱-۱۹-۴ شش وسیله‌ی خانگی را نام ببرید که در آن از موتور الکتریکی استفاده شده باشد.

۱-۱۹-۵ چهار وسیله‌ی خانگی را نام ببرید که در آن‌ها انرژی الکتریکی به گرمایی تبدیل می‌شود.

این نکته را به خاطر بسپارید

وقتی خود را برای بدترین وضعیت آماده می‌کنم نگرانی در من اثر کم‌تری دارد.

برای هنرجویان علاقه‌مند

- با مراجعه به سایت IEEE انواع استانداردهای مربوط به نمادهای فنی قطعات الکتریکی و الکترونیکی از قبیل استانداردهای AS، BS و IEC را شناسایی و نمادهای استانداردهای مختلف را با هم مقایسه و گزارش کامل تهیه کنید. سپس گزارش خود را به صورت پاورپوینت به کلاس ارائه دهید.
- با مراجعه به منابع مختلف درباره‌ی ابعاد فیزیکی، میزان ولتاژ و جریان بوبین‌ها و میزان ولتاژ و جریان تیغه‌های رله‌های مختلف تحقیق کنید و پس از تهیه‌ی گزارش کامل و مصوّر، آن‌را به صورت پاورپوینت به کلاس ارائه دهید.

فصل دوم

اتم و الکترونیک

زمان اجرا: ۸ ساعت آموزشی

هدف کلی

آشنایی با ساختمان اتمی انواع نیمه‌هادی‌ها و کریستال‌های نوع N و P

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

۱- اتم را تعریف کند.

۲- قسمت‌های اصلی اتم را نام ببرد.

۳- تعداد الکترون‌های هر لایه اتم را با استفاده از رابطه‌ی $2n^2$ محاسبه کند.

۴- لایه‌ی والانس و الکترون والانس را تعریف کند.

۵- هادی‌ها، نیمه هادی‌ها و عایق‌ها را تعریف کند.

۶- باندهای انرژی هادی‌ها، نیمه هادی‌ها و عایق‌ها را توضیح دهد.

۷- تجربه‌ی ادیسون را تشریح کند.

۸- الکترودهای حباب خلاء را نام گذاری کند.

۹- ساختمان لامپ خلاء دیود را تشریح کند.

۱۰- کاربرد لامپ خلاء دیود را شرح دهد.

۱۱- ساختمان لامپ تریود را شرح دهد.

۱۲- لامپ خلاءِ را با ترانزیستور مقایسه کند.

۱۳- نیمه هادی راتعریف کند.

۱۴- انواع نیمه هادی را نام ببرد.

۱۵- باندهای انرژی نیمه هادی‌ها را تشریح کند.

۱۶- باندهای انرژی را در ژرمانیم و سیلیسیم توضیح دهد.

۱۷- ساختمان اتمی ژرمانیم و سیلیسیم را شرح دهد.

۱۸- ساختمان کریستالی ژرمانیم و سیلیسیم را تشریح کند.

۱۹- نحوه‌ی پیوند اتم‌های کریستال ژرمانیم و سیلیسیم را توضیح دهد.

۲۰- هدایت الکتریکی در سیلیسیم و ژرمانیم خالص را توضیح دهد.

۲۱- حفره را تعریف کند.

۲۲- چگونگی حرکت الکترون و حفره را در داخل کریستال توضیح دهد.

۲۳- چگونگی ناخالص کردن کریستال نیمه هادی برای تشکیل نیمه هادی نوع N را شرح دهد.

۲۴- چگونگی نا خالص کردن کریستال نیمه هادی برای تشکیل نیمه هادی نوع P را بیان کند.

۲۵- به الگوی پرسش پاسخ دهد.

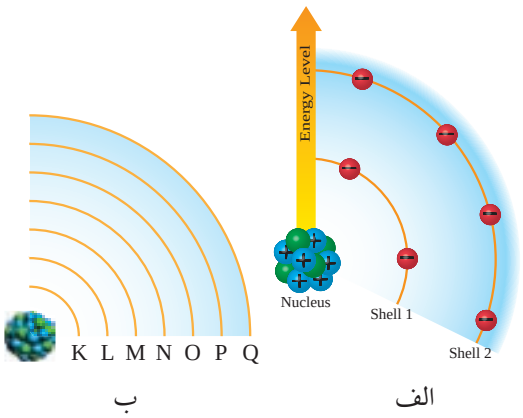
۲۶- هدف‌های مربوط به حیطه‌ی عاطفی که در فصل اوّل آمده است را اجرانماید.

۲-۱ پیش‌گفتار

عناصر نیمه هادی عناصری هستند که در صنایع الکترونیک کاربرد فراوانی دارند. در این فصل می‌خواهیم به ساختمان عناصر نیمه هادی از قبیل ژرمانیم و سیلیسیم بپردازیم، هم‌چنین نحوه‌ی تولید کریستال N و P نیز آموزش داده می‌شود، برای رسیدن به این اهداف ساختمان اتم، مدارهای الکترون و سطوح و باندهای انرژی را به اختصار مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۲-۲ مروری بر ساختمان اتمی عناصر

عناصر موجود در طبیعت از ذرات بسیار کوچکی به نام اتم تشکیل شده‌اند که دارای دو قسمت اصلی هسته و پوسته‌های الکترونی هستند. الکترون‌های هر اتم روی مدارهایی (پوسته orbit- shell) بیضی شکل دوران می‌کنند. در بسیاری از عناصر تعداد حداکثر الکترون‌های هر مدار از رابطه‌ی $2n^2$ تعیین می‌گردد. در این رابطه n شماره‌ی مدار مورد نظر است و با حروف K، L، M، N، O، P و Q مشخص می‌شود. در شکل ۱-۲- الف هسته و بخشی از دو مدار اتمی را ملاحظه می‌کنید. در شکل ۱-۲- ب مدارها با حروف مختلف نشان داده شده‌اند.



ب الف

شکل ۱-۲ ساختمان اتم و لایه‌های آن

در این قسمت ما مدار (Orbit) یا پوسته (Shell) را اصطلاحاً لایه می‌نامیم و کلمه‌ی لایه را مورد استفاده قرار می‌دهیم.

در شکل ۱-۲-ب k لایه‌ی شماره‌ی یک، L لایه‌ی شماره‌ی دو، M لایه‌ی شماره‌ی سه،... و Q لایه‌ی شماره‌ی هفت است. هر قدر فاصله‌ی الکترون از هسته‌ی اتم بیش‌تر باشد، انرژی بیش‌تری دارد. این الکترون‌ها به دلیل داشتن انرژی بیش‌تر راحت‌تر می‌توانند از قید نیروی جاذبه‌ی هسته رها شوند و از مدار فرار کنند. برای تعیین حداکثر الکترون‌هایی که هر لایه می‌پذیرد، در رابطه‌ی $2n^2$ به جای n، شماره‌ی لایه را قرار می‌دهیم و حداکثر الکترونی را، که در آن لایه قرار می‌گیرند به دست می‌آوریم.

مثال ۱-۲: تعداد حداکثر الکترون‌های لایه‌ی K چند تاست؟

حل: چون لایه‌ی K لایه‌ی شماره‌ی یک است، در رابطه‌ی $2n^2$، به جای n، عدد یک را قرار می‌دهیم.

$$2n^2 = 2\times1^2 = 2 \text{ الکترون}$$

یعنی لایه‌ی شماره‌ی ۱ (K) حد اکثر ۲ الکترون می‌پذیرد.

مثال ۲-۲: لایه‌های L، M، ... و Q به ترتیب حد اکثر با چند الکترون پر می‌شوند؟

حل:

$$L \text{ مدار} \rightarrow n = 2$$
$$L \Rightarrow 2n^2 = 2\times2^2 = 8 \text{ الکترون}$$

یعنی لایه ی دوم (L) با ۸ الکترون پر می‌شود.

لایه M $\rightarrow n = ۳$

الکترون ۱۸ $= ۲\times ۳^۲ = ۲n^۲ \Rightarrow$ M

لایــه‌ی ســوم (M) نیــز حداکثر بــا ۱۸ الکتــرون پر می‌شود.

لایه N $\rightarrow n = ۴$

الکترون ۳۲ $= ۲\times ۴^۲ = ۲n^۲ \Rightarrow$ N

لایه $\rightarrow n = ۵$ O

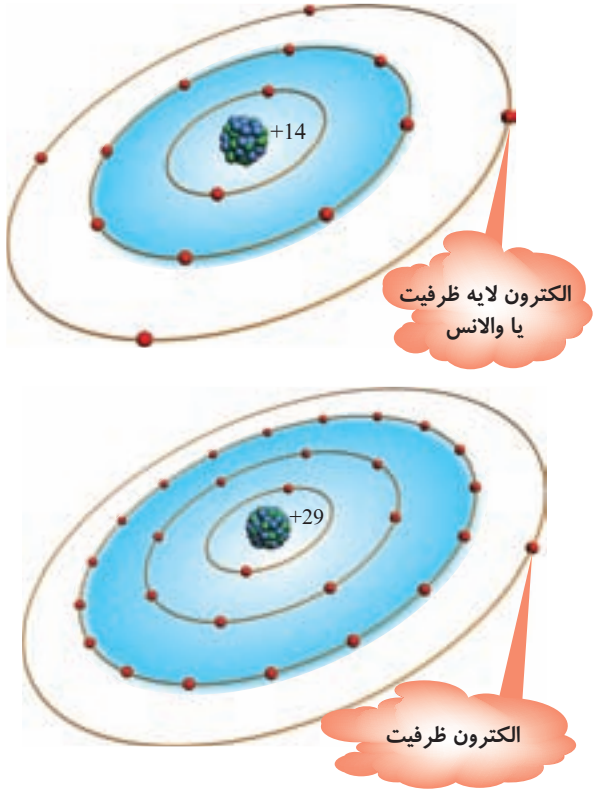
الکترون ۵۰ $= ۲\times ۵^۲ = ۲n^۲ \Rightarrow$ O

بــه همیــن ترتیب لایــه ی P با ۷۲ و لایــه‌ی Q با ۹۸ الکترون کامل می‌شــود. پس، به طور کلی می‌توان گفت لایــه‌ی K با ۲ الکتــرون، لایه‌ی L بــا ۸ الکترون، لایه‌ی M بــا ۱۸ الکتــرون، لایه‌ی N با ۳۲ الکتــرون و ... کامل می‌شوند.

۲-۳ نحوه‌ی توزیع الکترون‌ها روی لایه‌ها

به طوری که گفته شد، پذیرش الکترون‌ها در هر لایه محدودیت دارد. برای مثال، لایه ی اول (K) نمی‌تواندبیش از ۲ الکترون و لایه‌ی دوم (L) بیش از ۸ الکترون و لایه‌ی ســوم (M) بیش از ۱۸ الکترون را بپذیرند. این محدودیت بــرای تمام لایه ها وجــود دارد. از طرفی، با توجه به عدد اتمی عناصر، شرایطی پدید می‌آید که توزیع الکترون در لایه‌های آخر را با مشــکل مواجه می‌سازد. در این قسمت به تشریح این موضوع می‌پردازیم.

می‌دانیم در صورتی که عدداتمی عنصری ۱۰ باشــد، لایــه‌ی اول با ۲ الکترون و لایه دوم بــا ۸ الکترون کامل می‌شــود و چون این آخرین حد برای لایه‌ی دوم اســت، باید لایه‌ی ســوم شــروع شــود. برای عناصــری با عدد اتمــی ۱۱ تا ۱۸ لایه‌ی اول بــا ۲ الکترون، لایه‌ی دوم با ۸ الکترون و لایه‌ی ســوم با ۸ الکترون پر می‌شود و پس از آن لایه‌ی چهارم شــروع می‌شــود. برای عناصری با عدد اتمی ۱۹ تا ۲۹ پس از پر شــدن لایه‌ی اول و دوم، لایه‌ی ســوم با حداکثر ظرفیت یعنی ۱۸ الکترون پر می‌شــود و پس از آن لایه‌ی چهارم شروع می‌گردد. شکل ۲-۲ مدار لایه‌ای عناصر مس و سیلیســیم را با عدد اتمی آن‌ها نشان می‌دهد. به آخرین لایه‌ی اتم، که در آن تعداد الکترون‌ها پر نمی‌شوند، لایه‌ی ظرفیت یا لایه‌ی والانس (Valance) می‌گویند.

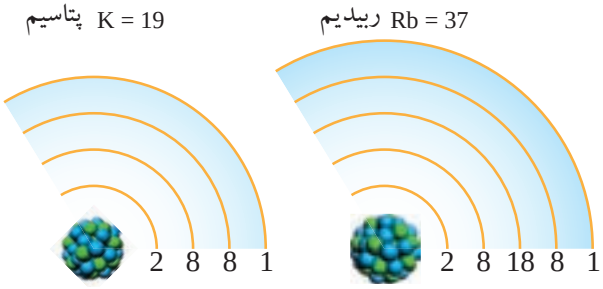


شکل ۲-۲ مدار لایه‌های اتم مس و اتم سیلیسیم

رابطه‌ی $۲n^۲$ عمومیت ندارد و برای برخی از عناصر صدق نمی‌کند.

۲-۴ لایه‌ی والانس و الکترون والانس

با توجه به مطالب فوق، اگر چه لایه‌ی سوم می‌تواند تا ۱۸ الکترون داشته باشد ولی هرگز قبل از این که لایه‌ی چهارم شروع شود بیش از ۸ الکترون نمی‌پذیرد. این مطلب در مورد لایه‌ی چهارم نیز، صادق است، یعنی با وجود این که لایه‌ی چهارم می‌تواند حد اکثر ۳۲ الکترون بپذیرد، اما هرگز قبل از شروع لایه‌ی پنجم بیش‌تر از ۸ الکترون را قبول نمی‌کند. این یک قانون کلّی است. شکل ۳-۲ این مطلب را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲ مدار لایه‌ای پتاسیم و ربیدیم

آخرین لایه‌ی هر اتم (لایه‌ی خارجی) نمی‌تواند بیش‌تر از ۸ الکترون داشته باشد. به آخرین لایه‌ی هراتم لایه‌ی والانس یا ظرفیت می‌گویند. هم چنین الکترون‌های لایه‌ی ظرفیت، الکترونی‌های والانس یا ظرفیت نامیده می‌شوند. این الکترون‌ها هستند که ماهیت هدایتی اجسام را شکل می‌دهند.

۲-۵ هدایت در اجسام

کلیه‌ی اجسام موجود در طبیعت، از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته‌ی کلّی هادی‌ها (Conductors)، نیمه هادی‌ها (Semiconductors) و عایق‌ها (Insulators) تقسیم می‌شوند.

۲-۵-۱ هادی‌ها: اجسامی می‌توانند جریان الکتریکی را از خود عبور دهند که دارای الکترون آزاد باشند. هادی‌ها، اجسامی هستند که اتم‌های آن‌ها به آسانی می‌توانند الکترون والانس خود را از دست بدهند و دارای بار الکتریکی مثبت شوند. لذا هادی‌ها به راحتی، جریان برق را از خود عبور می‌دهند. فلزّات یک تا سه ظرفیتی، مانند مس، نقره و آلومینیم، هادی‌های خوبی هستند زیرا الکترون‌های آزاد آن‌ها بسیار زیاد است. علاوه بر فلزّات، بعضی از اسیدها، قلیاها و نمک‌ها نیز جزء هادی‌ها به شمار می‌آیند.

۲-۵-۲ نیمه هادی‌ها: نیمه هادی‌ها، اجسامی هستند که در حد فاصل هادی‌ها و عایق‌ها قرار دارند و مدار آخر آن‌ها دارای ۴ الکترون است (گروه چهارم جدول مندلیف). این اجسام در صفر درجه‌ی مطلق، تقریباً عایق، ولی در درجه‌ی حرارت معمولی (۲۵ درجه سانتی گراد) تقریباً هادی هستند هدایت نیمه هادی‌ها به مراتب کم‌تر از هادی‌هاست. از انواع نیمه هادی‌ها می‌توان کربن، سیلیسیم و ژرمانیوم را نام برد. مهم‌ترین خاصیت نیمه هادی‌ها، قابلیت کنترل آن‌ها در دو طیف عایق و هادی توسط کاربر است.

۲-۵-۳ عایق‌ها: عایق‌ها، اجسامی هستند که در شرایط معمولی، جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند؛ زیرا الکترون آزاد آن‌ها بسیار کم است. از انواع عایق‌ها می‌توان: کائوچو، شیشه،هوا، روغن و پلاستیک را نام برد.

۲-۶ باندهای انرژی هادی‌ها، نیمه هادی‌ها و عایق‌ها

همان طور که می‌دانیم، در فعل و انفعالات شیمیایی

و ترکیبات اجسام با یکدیگر، فقط الکترون‌های مدار آخرِ هر اتم، شرکت می‌کنند. لذا، ظرفیت هر جسم به تعداد الکترون‌های مدار آخرِ هر اتم آن بستگی دارد. مثلاً، آلومینیم که سه ظرفیّتی است در مدار آخراتم آن، سه الکترون وجود دارد. اگر اتمی الکترون از دست بدهد، این الکترون از مدار آخر حذف می‌شود، اگر الکترون دریافت کند این الکترون در مدار آخرِ اتم جای می‌گیرد. ناگفته نماند که در مدارهای ما قبل آخر نیز، الکترون‌ها در سطوح مختلف به صورت رفت و برگشت جابه جا می‌شوندولی اغلب در ترکیبات شیمیایی شرکت نمی‌کنند.

الکترون‌های آخرین مدار هر اتم را، الکترون‌های ظرفیت می‌نامند.

همان طور که گفته شد، شرط برقراری جریان الکتریکی در یک جسم این است که جسم دارای الکترون آزاد باشد. انرژی لازم برای آزاد کردن الکترون‌های ظرفیت هادی‌ها، بسیار کم و مقدار آن در حدود ۰/۰۱ الکترون ولت (ev)[1] است.

در نیمه هادی‌ها، مقدار انرژی لازم برای آزاد کردن الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها، از هادی بیش‌تر و در حدود ۰/۵ تا ۱/۵ الکترون ولت است. مقدار دقیق این انرژی به نوع نیمه هادی بستگی دارد. در عایق‌ها مقدار انرژی لازم برای آزادسازی الکترون‌های ظرفیت زیاد است ولی مقدار آن برای تمامی عایق‌ها یکسان نیست و به نوع عایق بستگی دارد. الکترون‌های مدار آخر اتم‌های هادی‌ها، نیمه هادی‌ها وعایق‌ها زمانی آزاد می‌شوند که به آن‌ها انرژی خارجی داده شود. لذا، با توجه به انرژی مورد نیاز، برای عناصر مختلف باند انرژی ممنوع، ظرفیت و هدایت را تعریف می‌کنند.باند انرژی را نوار یا تراز انرژی نیز می‌نامند.

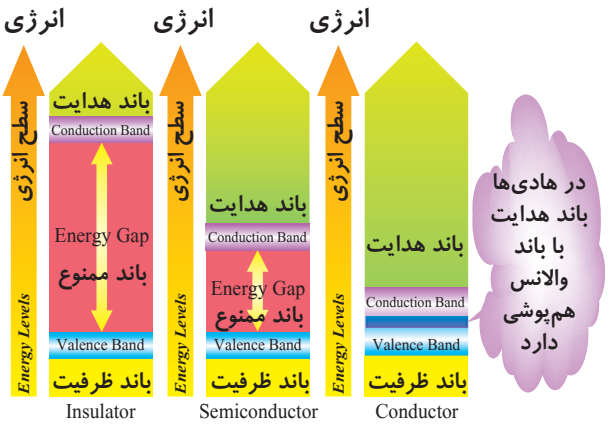
۲-۶-۱ باند ظرفیت (Valence Band): در این باند الکترون‌های لایه‌ی آخر هر اتم با تحریک انرژی خارجی از مدار جدا می‌شوند.

۲-۶-۲ باند ممنوع (Forbidden Band) یا شکاف انرژی (Energy Gap): این باند نشان می‌دهد که چه مقدار انرژی لازم است تا الکترون‌ها از مدار آخر آزاد شوند.

۲-۶-۳ باند هدایت (Conduction Band): در این باند الکترون‌های آزاد با تحریک خارجی از جمله میدان الکتریکی می‌توانند به راحتی در داخل اجسام به حرکت در آیند.

در هر یک از عناصر برای اینکه الکترونی بتواند از لایه‌ی ظرفیت خارج شود و به صورت الکترون آزاد در آید، باید انرژی لازم (در حد انتقال از باند ظرفیت به باند هدایت) به آن داده شود. هم چنین، اگر الکترونی بخواهد از باند هدایت به باند ظرفیت انتقال یابد انرژی کسب شده را به محیط پس می‌دهد. در شکل ۴-۲ باندهای انرژی برای هادی‌ها، نیمه هادی‌ها و عایق‌ها نشان داده شده است.

۱- الکترون- ولت واحد انرژی است و آن، مقدار انرژیی است که یک الکترون هنگام انتقال از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر، با اختلاف پتانسیل یک ولت، کسب می‌کند. چون بار الکترون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ کولن است، پس: ژول $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۱\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$ = ۱ev



شکل ۴-۲ باندهای انرژی تقریبی هادی‌ها، نیمه هادی‌ها و عایق‌ها

همان طور که مشاهده می‌شود، شکاف انرژی یا باند ممنوع (Energy Gap) برای عایق‌ها بسیار زیاد و برای نیمه هادی‌ها کم‌تر از عایق‌هاست. برای اجسام هادی، اصولاً شکاف انرژی وجود ندارد و باند هدایت و باند ظرفیت دارای هم پوشی (Over Lap) هستند. لذا در هادی‌ها با کم‌ترین انرژی الکترون های لایه‌ی ظرفیت می توانند به الکترون آزاد تبدیل شوند و در برقراری جریان الکتریکی مشارکت نمایند.

۲-۷ اشاره‌ای به لامپ‌های خلأ

۲-۷-۱ تجربه‌ای از ادیسون: آیا می‌دانید مخترع لامپ روشنایی چه کسی است؟ توماس ادیسون در یک تحقیق و تجربه‌ی طولانی موفق شد لامپ روشنایی را اختراع کند و به جهان روشنایی بخشد. وی دریافت که در اثر عبور جریان الکتریکی از یک سیم مقاومت‌دار (رشته‌ی حرارتی) سیم گرم شده و در اثر افزایش جریان، سرخ می‌شود. چنان چه افزایش جریان ادامه یابد در اثر گرمای زیاد سیم ملتهب می‌شود و از خود نور می تاباند. نکته‌ی مهم این است که به علت ترکیب رشته‌ی حرارتی با اکسیژن هوا، تابش نور تداوم نمی‌یابد و رشته‌ی حرارتی می‌سوزد. ادیسون برای جلوگیری از اکسیداسیون رشته‌ی حرارتی، سعی کرد آن را در محیطی قرار دهد تا اکسیژن نباشد. لذا تجربه خود را در یک حباب خلأ انجام داد و مشاهده کرد که رشته‌ی حرارتی می‌تواند از خود نور زرد تولید کند. به این ترتیب اولین لامپ روشنایی ساخته شد. بعدها با استفاده از فلز تنگستن در نقش رشته‌ی حرارتی، لامپ روشنایی تکامل یافت و به صورت لامپ روشنایی فعلی به جامعه عرضه شد.

۲-۷-۲ سحر و جادو در تجربه‌ی ادیسون: ادیسون در ادامه‌ی تحقیقات خود با مسئله‌ی عجیبی روبه‌رو شد که ابتدا آن را سحر و جادو نامید. او در یکی از تجربه‌های خود طبق شکل ۵-۲ مشاهده کرد که با وجود خلأ در داخل لامپ، جریان الکتریکی در مدار خارجی برقرار است. با توجه به این که خلأ از نظر الکتریکی عایق است، ابتدا این مسئله غیر ممکن به نظر می‌رسید.

شکل ۵-۲ عبور جریان از حباب خلأ

۲-۷-۳ علت عبور جریان از حباب خلأ چیست؟

ادیسون بعدها دریافت که علت برقراری جریان

الکتریکی در مدار، انتشـار الکترون از رشـته‌ی حرارتی اسـت. این الکترون‌ها که دارای بار منفی هسـتند پس از عبـور از خلأ به صفحه‌ای که بـار الکتریکی مثبت دارد، جذب می‌شـوند و جریان الکتریکی را در مدار خارجی برقـرار می‌نماینـد. ایـن پدیـده را انتشـار ترمویونیک (Thermoionic) یا انتشار الکترون در اثر گرما می‌نامند.

۲-۷-۴ تعویض قطب‌های باتری: تحقیقات ادیسون ادامه یافت تـا این که روزی تصادفـی جهت قطب منبع تغذیـه‌ی متصل به صفحه را (طبق شـکل ۶-۲) تغییر داد و بـا کمال تعجب مشـاهده کـرد که جریانـی در مدار برقرارنمی‌شود. مجدداً مدار را به حالت اول (شکل ۵-۲) در آورد. مشـاهده کرد جریان الکتریکی در مدار جاری شـد، از این تجربیات نتیجه‌گیری کرد که حباب خلأ در یک جهت، جریان الکتریکی را عبور می‌دهد و در جهت دیگر جریان الکتریکی را متوقف می‌سـازد. دلیل برقرار نشدن جریان الکتریکی نیروی دافعه موجود بین صفحه و الکترون‌ها است، که هر دو دارای بار منفی هستند.

شکل ۶-۲ تعویض قطبین باتری منفی به آند و مثبت به کاتد

۲-۷-۵ نام‌گـذاری حبـاب خـلأ: پـس از تجربیـات فـوق، ادیسـون، حبـاب خـلأ را لامپ خلأ (Vacuum Tube) نامیـد و نظر به ایـن که دراین لامپ از دو الکترود یا دو قطب اسـتفاده شـده بـود. نام لامپ دیود (دو قطبی diode) را برای آن انتخاب کرد. رشته‌ی حرارتی را کـه الکترون پخش می‌کند کاتد (Cathode) و صفحـه‌ای را که الکترون جذب می‌کند آند (Anode) می‌نامند. علامت اختصاری لامپ دیود و شـکل ظاهری آن در شکل ۷-۲ نشان داده شده است.

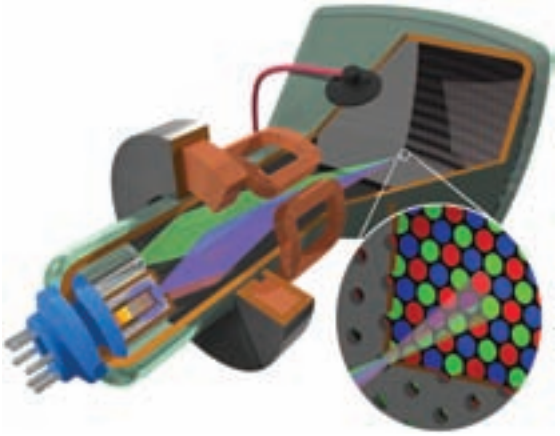
الف- علامت اختصاری ب- شکل ظاهری لامپ

شکل ۷-۲ علامت اختصاری لامپ دیود و شکل ظاهری لامپ دیود

۲-۷-۶ کاربـرد لامپ دیـود و تکامل لامپ‌های خلأ: در گذشـته از لامپ‌های دیود به عنوان یک سوساز در تبدیـل ولتـاژ متنـاوب (AC) به ولتاژ مسـتقیم (DC) استفاده می‌شـد. به تدریج لامپ‌های خلأ تکامل یافتند و لامپ‌های تریود (سه قطبی Triode) تترود (چهار قطبی Tetrode)، پنتد (پنج قطبی pentode) و ... سـاخته شـد کـه با توجه به علم روز تحول شـگفت‌آوری در زمینه‌ی علم الکترونیک محسوب می‌گردید. با ساخت لامپ‌های مزبـور مدارهای مختلـف الکترونیکـی، از قبیل تقویت کننده و رادیو نیز شکل گرفت.

۷-۷-۲ جای گزینی نیمه هادی‌ها به جای لامپ‌های خلأ

خلأ: با توجه به کشف نیمه هادی‌ها، لامپ‌های خلأ نتوانستند به مدت طولانی دوام پیدا کنند و در دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار گیرند، زیرا به تدریج قطعات نیمه هادی، از قبیل دیود و ترانزیستور جایگزین لامپ‌ها شدند. در نتیجه طولی نکشید که استفاده از لامپ‌ها در دستگاه‌های الکترونیکی معمولی کنار گذاشته شد. در عین حال به دلیل خاصیت‌های ویژه‌ای که لامپ‌های خلأ در قدرت‌های بالا و فرکانس‌های بالا دارند کاملاً از رده خارج نشدند. امروزه از لامپ‌های خلأ در اسیلوسکوپ، لامپ تصویر تلویزیون، رادار، صفحه‌ی نمایش کامپیوتر، دستگاه مولد اشعه‌ی x، طبقات خروجی فرستنده‌های پر قدرت و سیستم‌های مایکروویو استفاده می‌شود. در شکل ۸-۲ یک نمونه لامپ خلأ را که در تلویزیون‌های قدیمی به کار می‌رود، ملاحظه می‌کنید. یادآور می‌شود که در فناوری‌های جدید، به دلیل قدرت مصرفی بالا، حجم زیاد و دوام کم لامپ‌های قدیمی، این قطعات الکترونیکی نیز به تدریج از دور خارج می‌شوند و جای خود را به قطعات جدید می‌دهند.



شکل ۸-۲ یک نمونه لامپ خلأ که در تلویزیون به کار می‌رود

تحقیق کنید:

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی مواردی را بیابید که امروزه هنوز در آن‌ها از لامپ‌های خلأ استفاده می‌شود.

توماس آلوا ادیسون

Tomas Alva Edison

تولد ۱۸۴۷
وفات ۱۹۳۱

از او اختراعات زیادی به جا مانده است. لامپ خلأ، لامپ روشنایی، نیروگاه برق، دستگاه تلفن ساده، دستگاه تلگراف ساده و ... از جمله اختراعات او است. ادیسون زندگی بسیار سختی را گذرانده و با کار و تلاش توانسته است به اهداف خود برسد.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد زندگی‌نامه و فعالیت‌های این دانشمند می‌توانید از طریق درج نام وی در یکی از موتورهای جستجو مانند Yahoo یا google اقدام کنید.

اولین لامپ ساخته شده توسط ادیسون

۲-۸ الگوی پرسش

۲-۸-۱ اتم را تعریف کنید.

۲-۸-۲ قسمت‌های اصلی اتم را نام ببرید.

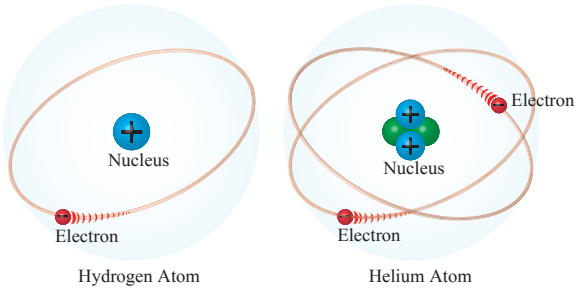
۲-۸-۳ تعدادالکترون‌های لایه سوم و پنجم را به دست آورید.

۲-۸-۴ لایه والانس را تعریف کنید.

۲-۸-۵ الکترون والانس راتعریف کنید.

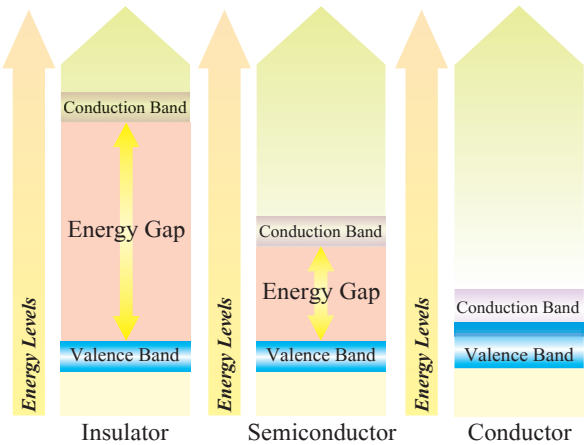
۲-۸-۶ اجسام از نظر هدایت به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.

۲-۸-۷ مفاهیم هر یک اصطلاحات و لغات انگلیسی به کار رفته در شکل ۲-۹ را بنویسید.



شکل ۲-۹ ساختمان اتمی هیدروژن و هلیم

۲-۸-۸ الف) هر یک از لغات به کار رفته در شکل ۲-۱۰ را معنی کنید.



شکل ۲-۱۰ تراز انرژی هادی، نیمه هادی و عایق

ب) هر نمودار از نظر هدایت الکتریکی در کدام گروه قرار دارد؟

۲-۸-۹ هادی را تعریف کنید و توضیح دهید هادی‌های خوب چه خصوصیاتی دارند؟

۲-۸-۱۰ لایه‌های اتم ربیدیم (Rb =۳۷) را رسم کنید و تعداد الکترون‌های هر لایه را مشخص کنید.

۲-۸-۱۱ نیمه هادی راتعریف کنید و چند نوع آن را نام ببرید.

۲-۸-۱۲ عایق را تعریف کنید.

۲-۸-۱۳ در مورد باندهای انرژی هادی‌ها، نیمه هادی‌ها و عایق‌ها توضیح دهید.

۲-۸-۱۴ دلیل استفاده از حباب خلأ در تجربه‌ی ادیسون را شرح دهید.

۲-۸-۱۵ پدیده‌ی ترمویونیک را توضیح دهید.

۲-۸-۱۶ در شکل ۲-۶ به چه دلیل جریان الکتریکی در مدار برقرار نمی‌شود؟

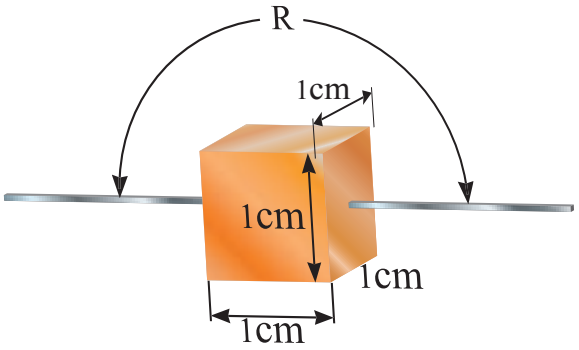
۲-۹ انواع نیمه هادی‌ها

هدایت الکتریکی نیمه هادی‌ها از فلزّات کم‌تر ولی از عایق‌ها بیش‌تر است. مدار آخر نیمه هادی‌ها، دارای ۴ الکترون است. جدول ۲-۱ چند نوع نیمه هادی را، که کاربرد بیش‌تری دارند، نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱ انواع نیمه هادی‌ها

نام عنصر	علامت شیمیایی	عدد اتمی
کربن	C	6
سیلیسیم	Si	14
ژرمانیوم	Ge	32
توریم	Tm	90
زیرکونیم	Zr	40
هافنیوم	Hf	72

برای مقایسه‌ی گروه نیمه هادی‌ها با اجسام هادی و عایق، که قبلاً نیز به آن اشاره شد، از مقاومت مخصوص آن‌ها استفاده می‌شود. مقاومت مخصوص به وسیله‌ی قطعه‌ای از ماده به طول یک سانتی متر و سطح مقطع یک سانتی متر مربع، (مطابق شکل ۱۱-۲) نشان داده می‌شود. مقاومت مخصوص را با ρ نمایش می‌دهند. واحد ρ اهم سانتی متر است که از رابطه‌ی $p = \frac{RA}{L} = \frac{\Omega.cm^2}{cm} = \Omega.cm$ حاصل می‌شود.



شکل ۱۱-۲ نمایش یک اهم سانتی‌متر

اگر مقدار طول بر حسب متر و سطح مقطع بر حسب میلی متر مربع باشد مقاومت مخصوص بر حسب اهم میلی متر مربع بر متر $\left(\frac{\Omega mm^2}{m}\right)$ خواهد بود.

جدول ۲-۲ مقاومت مخصوص برای سه نوع مواد مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲ مقاومت مخصوص مواد مختلف

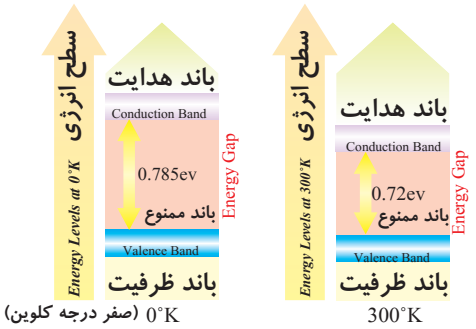
در دمای ۳۰۰°K

عایق	نیمه‌هادی		هادی
میکا	سیلیسیم	ژرمانیم	مس
$\rho = 10^{12}\Omega.cm$	$\rho = 50\times10^{3}\Omega.cm$	$\rho = 50\ \Omega.cm$	$\rho = 1.78\times10^{-6}\Omega.cm$

۲-۱۰ باندهای انرژی نیمه هادی‌ها

نیمه هادی‌های ژرمانیم (Germanium) و سیلیکن (Silicon) با توجه به کاربردشان در ساخت قطعات الکترونیکی، نسبت به بقیه از اهمیت زیادتری برخوردارند. در این جا فقط باندهای انرژی ژرمانیم و سیلیسیم را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

شکل ۱۲-۲ باندهای انرژی ژرمانیم را، در دو درجه‌ی حرارت صفر و ۳۰۰°K نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۲ باندهای انرژی اتم ژرمانیم

انرژی لازم برای عبور الکترون از منطقه‌ی ممنوعه در اتم ژرمانیم،حدود ۰/۷ الکترون ولت است.

شکل ۱۳-۲ باندهای انرژی سیلیسیم را در دو درجه‌ی حرارت صفر و ۳۰۰°K نشان می‌دهد.

شکل ۱۳-۲ باندهای انرژی اتم سیلیسیم

انرژی لازم جهت عبور الکترون از منطقه‌ی ممنوعه در اتم سیلیسیم حدود ۱/۲ الکترون ولت است.

۲-۱۱ ساختمان اتمی ژرمانیم و سیلیسیم

ژرمانیم دارای عدد اتمی ۳۲ است.الکترون‌های

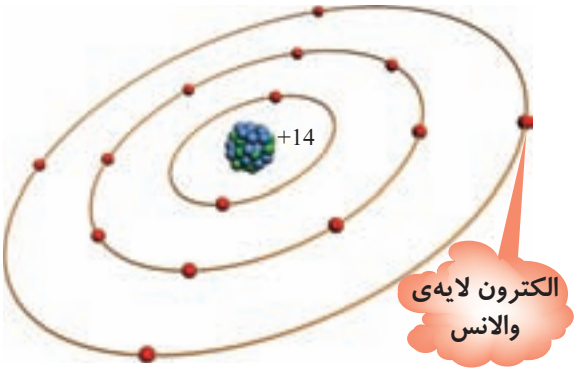
لایه‌های آن به ترتیب عبارت‌اند از:

$K = ۲, L = ۸, M = ۱۸, N = ۴$، که تصویر آن‌ها را در شکل ۱۴-۲ مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۴-۲ اتم ژرمانیم

این نیمه هادی، در سال ۱۸۸۶ توسط وینکلر (Winkler) کشف شد. ژرمانیم، دارای چگالی ۵/۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است و در حرارت ۹۳۷/۴ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود.

سیلیسیم، دارای عدد اتمی ۱۴ است و الکترون‌های لایه‌های آن به ترتیب عبارت‌اند از ۲-۸-۴، که نمای اتمی آن در شکل ۱۵-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۲ اتم سیلیسیم

این نیمه هادی، در سال ۱۸۱۰ توسط گیلوساک (Gilosake) و تنارد (Tanard) کشف شد. سیلیسیم در حرارت ۱۴۱۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود و دارای چگالی ۲/۳۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

معرفی سایت

به سیلیکن در فارسی سیلیسیم می‌گویند. برای کسب اطلاعات بیش‌تر می‌توانید به سایت:

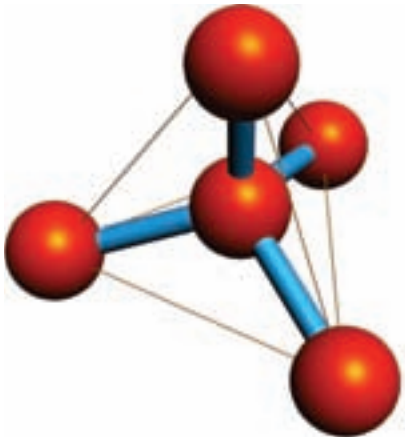
hemical Elements.com- Silicons (si)

http:// wikipedia.org/ wiki

مراجعه کنید.

۲-۱۲ ساختمان کریستالی ژرمانیم و سیلیسیم

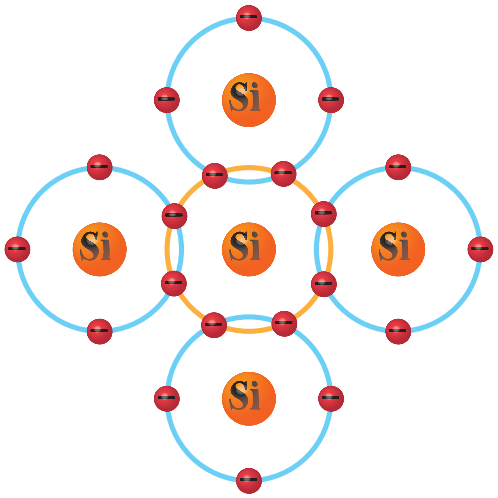
اتم‌های نیمه هادی ژرمانیم و سیلیسیم، به صورت یک بلور سه بُعدی (مطابق شکل ۱۶-۲) هستند، که با کنار هم قرار گرفتن بلورها، شبکه‌ی کریستالی آن‌ها پدید می‌آید.



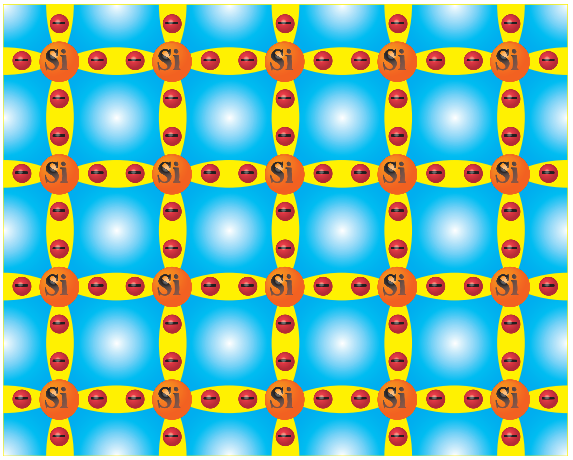
شکل ۱۶-۲ ساختمان تک کریستالی ژرمانیم

اتم ژرمانیم، ۳۲ الکترون و اتم سیلیسیم، ۱۴ الکترون دارد. در هر حال، تعداد الکترون‌های مدار آخر هر دوی

آن‌ها ۴ اســت. لذا مدار آن‌ها کامل[1] نیســت و می‌توانند تعدادی الکتــرون بگیرند. با کنار هم قرار گرفتن اتم‌های ژرمانیــم یــا سیلیســیم، الکترون‌های مدار آخــر خود را بــه اشــتراک می‌گذارند تا مدار آخرشــان کامل شــود. شــکل‌های ۱۷-۲ و ۱۸-۲ تعدادی از اتم‌های سیلیسیم را، که با هم پیوند اشــتراکی تشــکیل داده‌اند،نشان می‌دهند. مشابه آن‌ها در مورد ژرمانیم نیز صدق می‌کند.

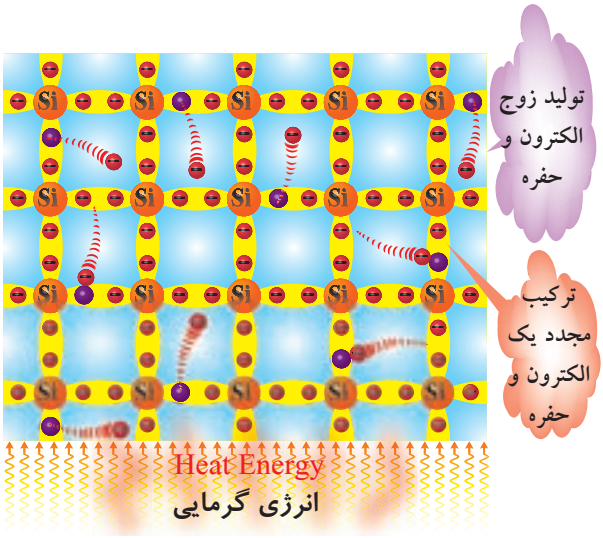


شکل ۱۷-۲ پیوند ۵ اتم سیلیسیم



شکل ۱۸-۲ پیوند اشتراکی در سیلیسیم

همــان طوری که در شــکل‌های ۱۷-۲ و ۱۸-۲ دیده می‌شود، هر اتم، چهار الکترون را از اتم‌های مجاور خود، به صورت اشتراکی دریافت نموده و مدار آخر خود را با هشت الکترون تکمیل کرده است. به این ترتیب، اتم‌های سیلیسیم و یا ژرمانیم شبکه‌ی کریستالی تشکیل می‌دهند، (شــبکه‌ی کریســتالی به معنی شــبکه منظم اســت). لذا کریستال سیلیســیم یا ژرمانیم یک عایق خوب محسوب می‌شــوند، زیرا فاقد الکتــرون آزادند. یادآور می‌شــود در درجه‌ی حــرارت معمولی، به ســبب انرژی حرارتی، تعدادی از پیوندهای اشتراکی شکسته می‌شود و سیلیسیم و یا ژرمانیم دارای الکترون آزاد می‌گردند. شــکل ۱۹-۲ الکترون‌های آزاد شــده توســط انــرژی حرارتی و جای خالی الکترون (حفره = Hole) را در کریستال "SI" نشان می‌دهد.



شکل ۱۹-۲ الکترون‌های آزاد شده و جای خالی آن‌ها

بــا بالا رفتــن درجه‌ی حــرارت، انــرژی گرمایی در الکترون‌هــای آخرین مدار جذب می‌شــود و آن‌ها را به ارتعاش در می‌آورد. با ازدیاد درجه‌ی حرارت، ارتعاشات زیاد می‌شــود تا جایی که پیوند می‌شکند و الکترون آزاد

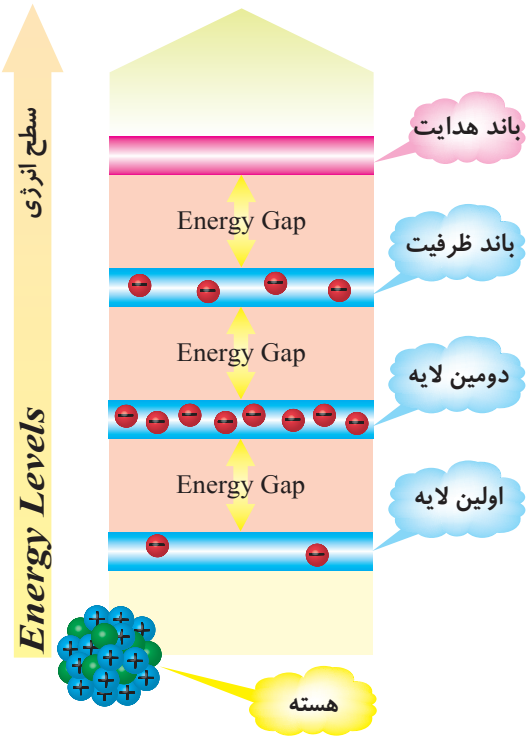
۱- مدار کامل به مداری گفته می‌شود که تعداد الکترون‌های آن مدار به ۸ یا حد نصاب مدار برسد.

می‌گردد. هر چه درجه‌ی حرارت بالاتر رود، تعداد بیش‌تری از پیوندها می‌شکنند و جریان در مدار افزایش می‌یابد.

الکترونی که از شکسته شدن پیوند، آزاد می‌شود و به هیچ اتمی وابسته نیست الکترون آزاد نام دارد.

۲-۱۳ هدایت الکتریکی در سیلیسیم و ژرمانیم خالص

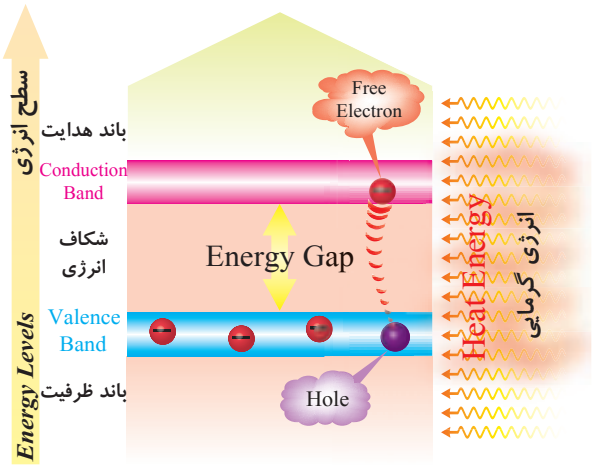
یک قطعه‌ی کریستال نیمه هادی سیلیسیم یا ژرمانیم تا چه حد می‌تواند جریان الکتریکی را از خود عبور دهد؟ برای پاسخ به این سؤال به الکترون‌های لایه‌های اتم سیلیسیم در شکل ۲۰-۲ توجه کنید.



شکل ۲۰-۲ الکترون‌های اتم سیلیسیم

الکترون ها در باندهای انرژی تعریف شده قرار دارند و در باند هدایت هیچ الکترون آزادی وجود ندارد. این شرایط در درجه‌ی حرارت صفر مطلق (۲۷۳- درجه‌ی سانتی‌گراد) رخ می‌دهد. در این دما تمام الکترون‌ها شدیداً به اتم‌های کریستال متّصل‌اند و هیچ گونه انرژی خارجی از جمله گرما وجود ندارد تا پیوندها را بشکند و الکترون آزاد تولید کند. بنابراین، در صفر درجه‌ی مطلق، ژرمانیم و سیلیسیم، عایق به شمار می‌آیند.

اگر به کریستال انرژی داده شود مثلاً کریستال در دمای محیط ($۲۷^{\circ}C = ۳۰۰^{\circ}K$) قرار گیرد، انرژی گرمایی محیط الکترون‌ها را (مطابق شکل ۲۱-۲) به باند هدایت انتقال می‌دهد و آن را به الکترون آزاد تبدیل می‌کند. این الکترون‌های آزاد، هدایت الکتریکی را در نیمه هادی بالا می‌برند. این هدایت را هدایت ذاتی کریستال می‌نامند. هدایت ذاتی فقط در اثر حرارت ایجاد می‌شود.



شکل ۲۱-۲ انتقال الکترون به باند هدایت

هدایت ذاتی الکتریکی ژرمانیم از سیلیسیم بیش‌تر است، زیرا در یک درجه‌ی حرارت معین، پهنای باند ممنوع در کریستال ژرمانیم، از سیلیسیم کم‌تر است. لذا اگر به کریستال حرارت دهیم در کریستال ژرمانیم پیوندهای بیش‌تری نسبت به سیلیسیم شکسته می‌شود و جریان بیش‌تری را می‌تواند درمدار جاری کند. بنابراین

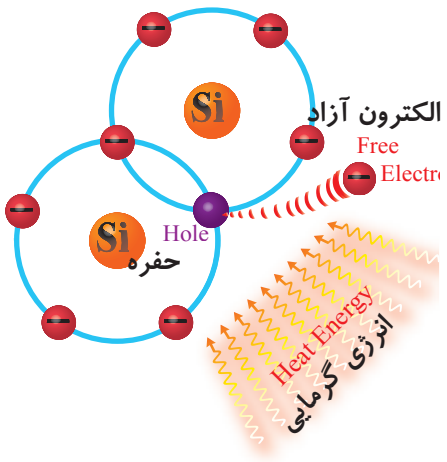
لازم است نکته زیر را دقیقاً به خاطر بسپارید:

در یک درجه حرارت معین، تعداد الکترون‌های آزاد در کریستال ژرمانیم از تعداد الکترون‌های آزاد در کریستال سیلیسیم بیش‌تر است.

۲-۱۴ تئوری حفره‌ها

همان طوری که گفته شد، در اثر انرژی خارجی (مثلاً گرما) پیوندها شکسته می‌شود و در نتیجه الکترون از اتم خود جدا می‌شود. بدین ترتیب در اتم نیمه هادی، کمبود الکترون حاصل می‌شود. جای خالی الکترون در اتم را حفره می‌نامند.

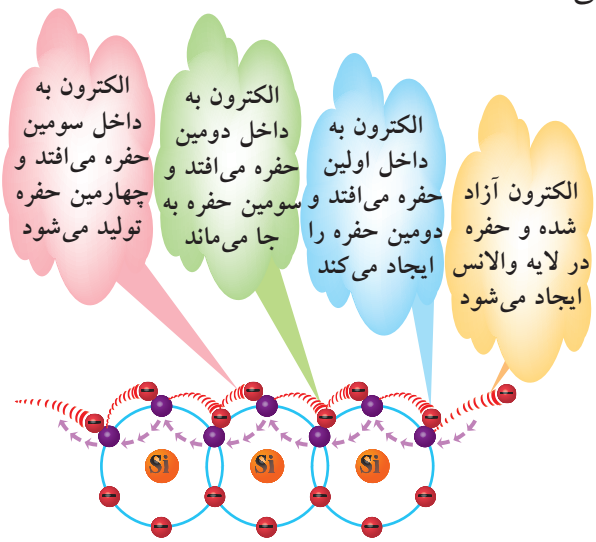
یک حفره به منزله‌ی یک بار مثبت است، زیرا می‌تواند الکترونی را که از دست داده دوباره پس بگیرد. در یک کریستال ژرمانیم یا سیلیسیم خالص، تعداد الکترون‌های آزاد و حفره‌ها با هم برابرند. الکترون های آزاد به طور نامنظّم، درون کریستال در حال حرکت‌اند. شکل ۲-۲۲ یک الکترون آزاد و یک حفره را که بر اثر شکسته شدن پیوند، در یک کریستال نیمه هادی به وجود آمده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۲ نمایش حفره و الکترون آزاد

۲-۱۵ حرکت الکترون‌ها و حفره‌ها داخل کریستال نیمه هادی

بعد از شکستن پیوندها و ایجاد الکترون‌ها و حفره‌ها، الکترون‌ها مرتب جذب حفره‌ها می‌شوند و از حالت آزاد بودن خارج می‌گردند. بنابراین هنگامی که الکترون‌ها در داخل کریستال نیمه هادی حرکت می‌کنند، وقتی از کنار حفره که بار مثبت دارد می‌گذرند جذب حفره می‌شوند. در شرایط معمولی، یعنی در صورت وجود انرژی گرمایی، شکست پیوندها ادامه می‌یابد. حرکت فرضی حفره‌ها عکس جهت حرکت الکترون‌هاست. البته حفره‌ها حرکت نمی‌کنند و همان طور که گفته شد، حفره‌ها فقط جای خالی الکترون‌ها هستند. شکل ۲-۲۳ تصویری از جهت حرکت الکترون‌ها و حفره‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۳ حرکت الکترون و حرکت فرضی حفره در جهت عکس یکدیگر است

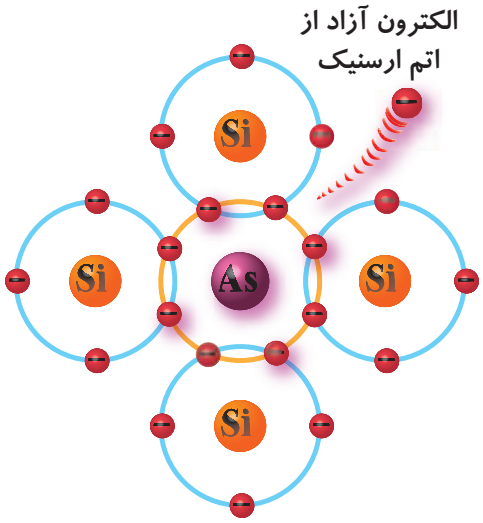
هنگامی که نیروی خارجی اعمال نمی‌شود حرکت الکترون‌ها و جذب شدن آن‌ها توسّط حفره‌ها، به طور نامنظم در کریستال ادامه دارد.

۲-۱۶ نیمه هادی نوع N و P

تعداد الکترون‌ها و حفره‌های ایجاد شده در نیمه هادی‌ها، بر اثر انرژی گرمایی، آن قدر کم‌اند که نمی‌توانند جریان زیادی را از خود عبور دهند (مقاومت اهمی آن‌ها زیاد است). در ضمن یک کریستال نیمه هادی خالص، به صورت یک مقاومت اهمی معمولی عمل می‌کند. برای این که بتوانیم از یک نیمه هادی در کاربردهای ویژه‌ای (مثلاً ساخت دیود، ترانزیستور و ...) استفاده نماییم، باید آن را ناخالص کنیم. برای ناخالص کردن کریستال نیمه هادی، عناصر با اتم‌های پنج یا سه ظرفیّتی را به آن می‌افزاییم. این عناصر را عناصر ناخالصی (Impurity) می‌نامند.

۲-۱۶-۱ ناخالص کردن کریستال نیمه هادی با اتم پنج ظرفیّتی:

اگر یک جسم پنج ظرفیّتی مانند آرسنیک یا آنتیموان را به سیلیسیم یا ژرمانیم بیفزاییم، چهار الکترون مدار آخر آرسنیک با چهار اتم مجاور سیلیسیم یا ژرمانیم تشکیل پیوند اشتراکی می‌دهد و الکترون پنجم آن، به صورت الکترون آزاد باقی می‌ماند. (شکل ۲-۲۴)

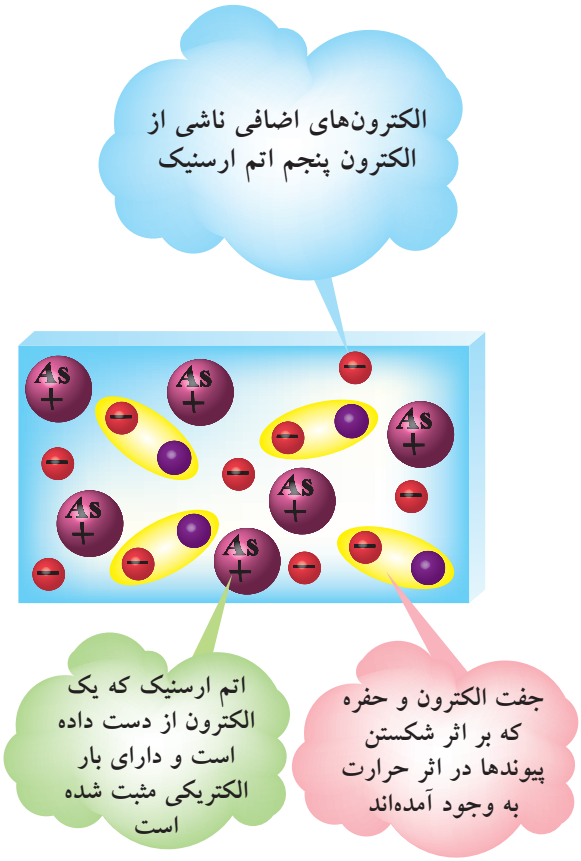


شکل ۲-۲۴ ناخالص کردن با اتم ۵ ظرفیتی

بنابراین، هر اتم آرسنیک، یک الکترون اضافی تولید می‌کند، بدون این که حفره‌ای ایجاد شده باشد. لذا می‌توان با تنظیم مقدار ناخالصی، تعداد الکترون‌های آزاد را کنترل نمود. در این نیمه هادی ناخالص شده، تعداد الکترون‌های آزاد به مراتب از حفره‌ها بیش‌ترند و حفره‌ها فقط بر اثر شکستن پیوندها به وجود می‌آیند.

نیمه هادی‌هایی که ناخالصی آن از اتم‌های پنج ظرفیّتی باشد، نیمه هادی نوع منفی یا N (Negative) نام دارد. علامت N، به دلیل وجود بار منفی ناشی از وجود الکترون‌های آزاد، انتخاب شده است.

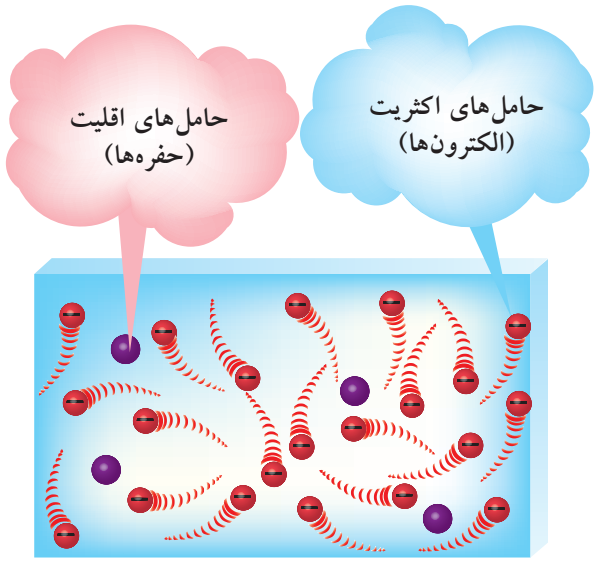
به طور خلاصه و ساده، نیمه هادی نوع N را می‌توان مانند شکل ۲-۲۵ نشان داد.



شکل ۲-۲۵ نیمه هادی نوع N

در این نیمه هادی (نوع N)، تعداد الکترون‌ها از تعداد حفره‌ها بسیار بیش‌تر است؛ و الکترون‌ها عمل هدایت جریان را نیز انجام می‌دهند. به الکترون‌ها حامل‌های اکثریت و به حفره‌ها حامل‌های اقلیت می‌گویند. یادآوری می‌شود که تعداد حامل‌های اکثریت، حدود یک میلیون برابر تعداد حامل‌های اقلیت است.

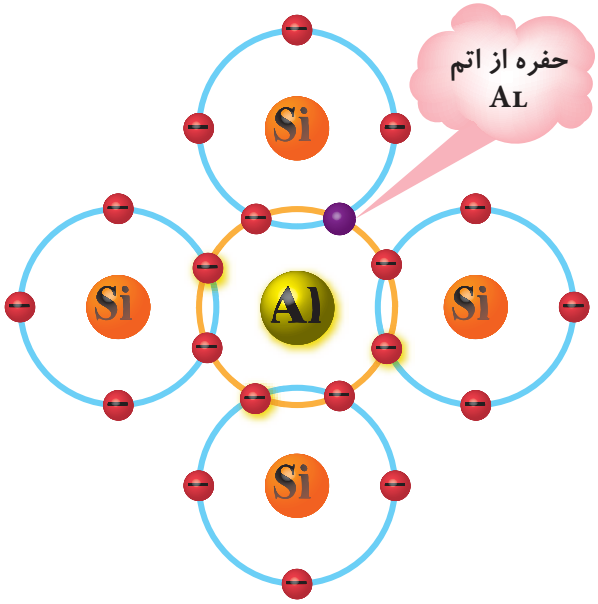
شکل ۲-۲۶ مقایسه‌ی حامل‌های اکثریت در مقابل حامل‌های اقلیت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۶ مقایسه‌ی حامل‌های اکثریت (الکترون‌ها) در مقابل حامل‌های اقلیت (حفره‌ها) در کریستال N

۲-۱۶-۲ ناخالص کردن کریستال نیمه هادی

با اتم سه ظرفیتی: اگر یک عنصر سه ظرفیّتی، مانند آلومینیوم یا گالیم را به سیلیسیم یا ژرمانیم خالص اضافه کنیم سه الکترون مدار آخر آلومینیوم با سه الکترون سه اتم سیلیسیم یا ژرمانیم مجاور، پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند و پیوند چهارم در شرایط کمبود الکترون باقی می‌ماند. به این ترتیب می‌توان گفت که یک حفره ایجاد شده است. (شکل ۲-۲۷)



شکل ۲-۲۷ ناخالص کردن با اتم سه ظرفیتی

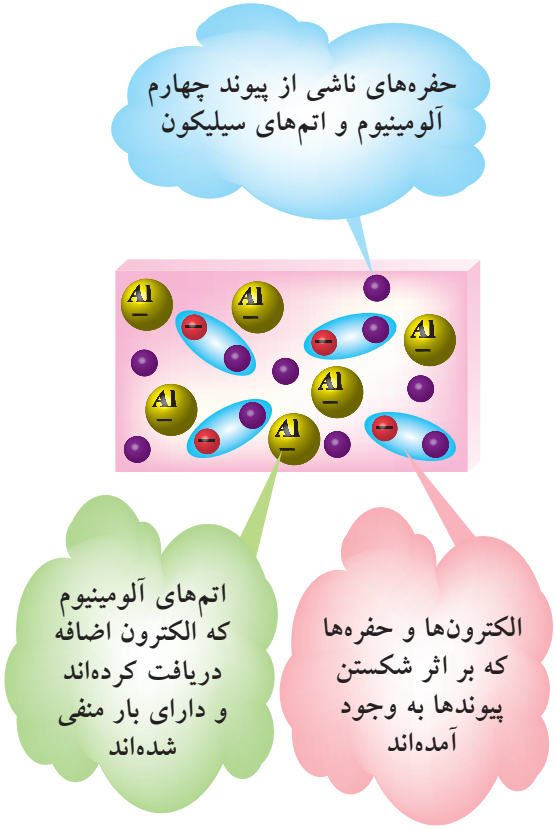
هر اتم سه ظرفیتی، باعث ایجاد یک حفره می‌شود؛ بدون این که الکترون آزاد ایجاد شده باشد. در این نیمه هادی ناخالص شده، الکترون‌ها فقط در اثر شکسته شدن پیوندها به وجود می‌آیند.

تعداد حفره‌های ایجاد شده توسط ناخالصی سه ظرفیتی را می‌توانیم با تغییر درصد ترکیب ناخالصی، به هر مقدار که بخواهیم، به وجود آوریم.

نیمه هادی‌هایی که ناخالصی آن‌ها از اتم‌های سه ظرفیتی باشد نوع مثبت یا P (Positive) نام دارد.

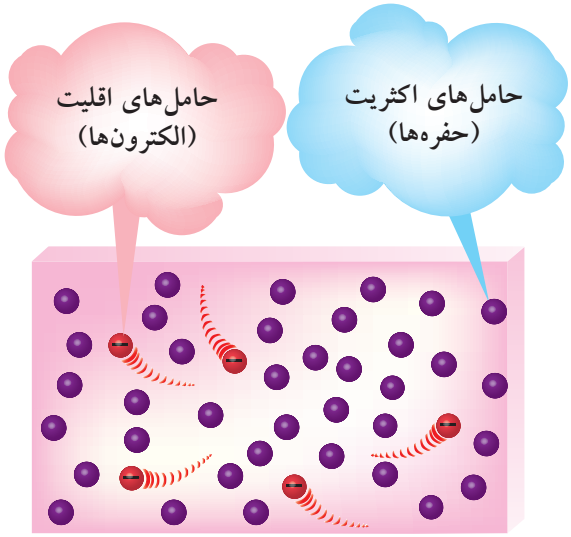
علامت P به دلیل وجود بارهای مثبت حفره‌ها انتخاب شده است.

به طور ساده و خلاصه می‌توان نیمه هادی نوع P را به صورت شکل ۲-۲۸ نشان داد.



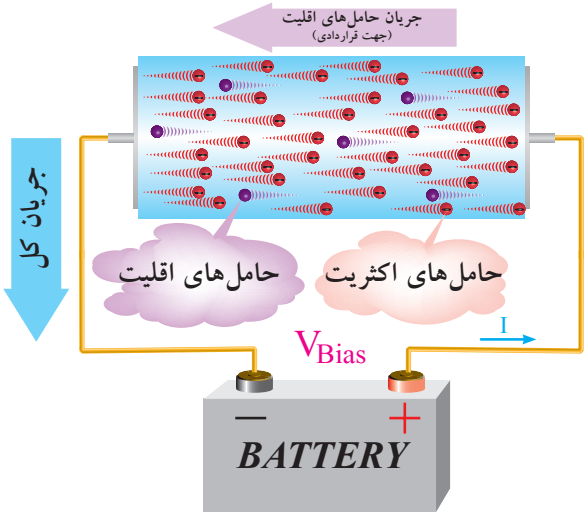
شکل ۲-۲۸ نیمه هادی نوع P

حفره‌ها در این نیمه هادی حامل‌های اکثریت و الکترون‌ها حامل‌های اقلیت نامیده می‌شوند. (شکل ۲-۲۹)

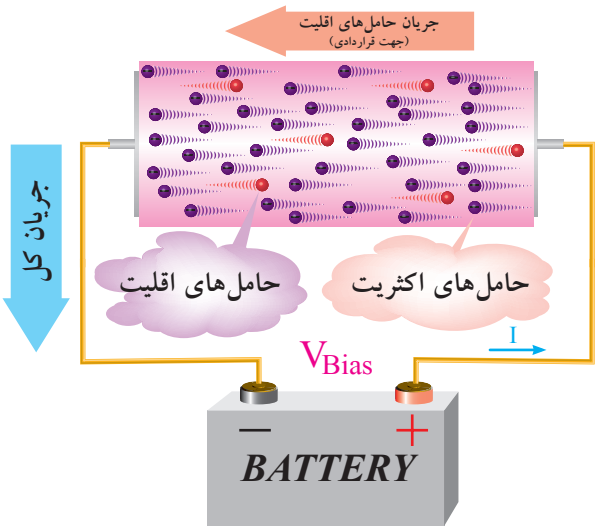


شکل ۲-۲۹ مقایسه حامل‌های اکثریت (حفره‌ها) در مقابل حامل‌های اقلیت (الکترون‌ها) در کریستال P

اگر کریستال‌ها به باتری اتصال داده شوند. جریان‌های ناشی از حامل‌های اقلیّت (حفره‌ها) و حامل‌های اکثریت (الکترون‌ها) عملاً در کریستال نوع N با هم جمع می‌شوند و جریان کل را تشکیل می‌دهند. این موضوع برای کریستال نوع P نیز صدق می‌کند. (شکل ۲-۳۰ الف وب)



شکل ۲-۳۰- الف جریان در کریستال نوع N



شکل ۲-۳۰- ب جریان در کریستال نوع P

نیروی تازه: وقتی اجازه می‌دهم فکری خوب در ذهن و اندیشه‌ام جای بگیرد، نیروی تازه‌ای می‌یابم.

لازم است یادآوری شود که مقدار ناخالصی بسیار کم است (حدود تقریبی یک اتم ناخالصی در مقابل 10^7 اتم ژرمانیم یا سیلیسیم). باز هم به طور تقریب می‌توان گفت که این مقدار ناخالصی، مقاومت نیمه هادی را حدود ۱۶ برابر کم می‌کند. اگر به 10^7 اتم ژرمانیم یا سیلیسیم تعداد دو اتم ناخالصی اضافه شود، مقاومت نیمه هادی حدود ۱۶۰ برابر کم‌تر خواهد شد به عبارت دیگر، هدایت آن ۱۶۰ برابر افزایش می‌یابد.

۲-۱۷ دلایل استفاده‌ی بیش‌تر از نیمه هادی سیلیسیم در مقایسه با ژرمانیم

در حال حاضر در کلیه‌ی موارد، به جز چند مورد خاص (مثلاً در دیودهای آشکارساز)، از نیمه هادی سیلیسیم استفاده می‌شود، زیرا:

- سیلیسیم به مقدار زیاد و به صورت سیلیس (SiO_2) در طبیعت یافت می‌شود.
- خالص کردن سیلیسیم به مراتب ساده‌تر از ژرمانیم است.
- تکنولوژی ساخت دیود، ترانزیستور و مدارات مجتمع (IC) با سیلیسیم ساده‌تر است.
- تحمل درجه‌ی حرارت سیلیسیم از ژرمانیم بیش‌تر است.
- باند ممنوعه‌ی سیلیسیم پهن‌تر است، لذا جریان ناشی از هدایت ذاتی سیلیسیم کم‌تر است.
- چگالی جریان Si از Ge بیش‌تر است، چگالی جریان برای سیلیسیم در حدود ۲۰۰ آمپر بر میلی متر مربع $(\frac{200A}{mm^2})$ و برای ژرمانیم در حدود ۱۵۰ آمپر بر میلی متر مربع $(\frac{150A}{mm^2})$ است.

از این رو، امروزه تقریباً بیش از ۹۰ درصد قطعات نیمه هادی، از سیلیسیم ساخته می‌شود.

۲-۱۸ الگوی پرسش

۲-۱۸-۱ مقاومت مخصوص را تعریف کنید.

۲-۱۸-۲ باندهای انرژی ژرمانیم و سیلیسیم را توضیح دهید.

۲-۱۸-۳ ساختمان اتمی ژرمانیم و سیلیسیم را تشریح کنید.

۲-۱۸-۴ ساختمان کریستالی ژرمانیم و چگونگی اتصال اتم‌ها را تشریح کنید.

۲-۱۸-۵ الکترون آزاد را تعریف کنید.

۲-۱۸-۶ تئوری حفره‌ها را توضیح دهید.

۲-۱۸-۷ چگونگی حرکت حفره و الکترون را مقایسه کنید.

۲-۱۸-۸ چگونگی تشکیل نیمه هادی نوع P را شرح دهید.

۲-۱۸-۹ چگونگی تشکیل نیمه هادی نوع N را شرح دهید.

۲-۱۸-۱۰ مزیت استفاده‌ی نیمه هادی سیلیسیم نسبت به ژرمانیم راتوضیح دهید.