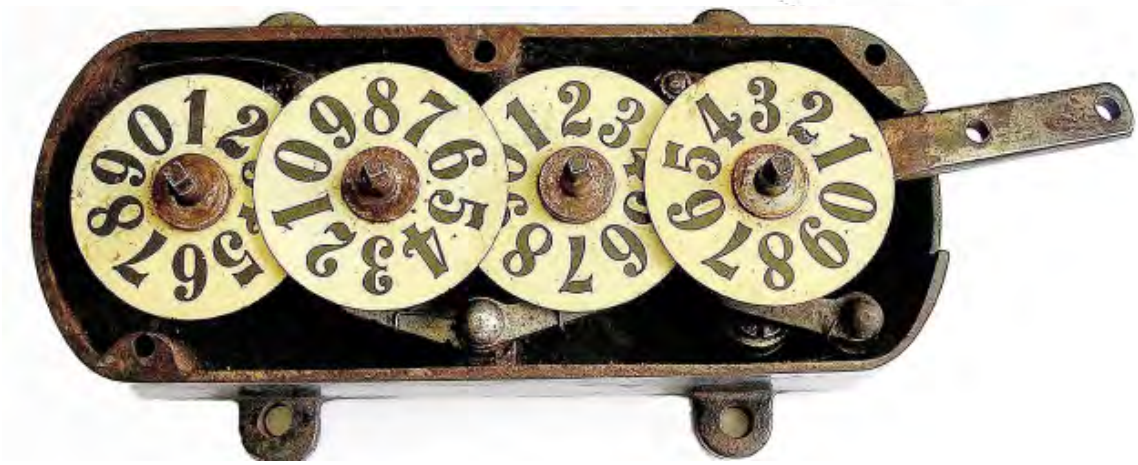
کمیت‌ها و مفاهیم الکتریکی

واحد یادگیری ۳ : شایستگی شناخت یکاهای مربوط به کمیت‌های الکتریکی و غیرالکتریکی مرتبط، چگونگی تبدیل آنها به یکدیگر و استفاده از آنها در محاسبات الکتریکی.

واحد یادگیری ۴ : شایستگی تعریف قوانین و روابط به‌کار رفته در الکتریسیته و چگونگی به‌کار گیری آنها.



واحد یادگیری ۳

کمیت‌ها و یکاها (واحدها)

در علوم مهندسی و پایه نقش اندازه‌گیری بسیار مهم و اثرگذار است. وقتی صحبت از پدیده قابل اندازه‌گیری می‌کنیم، تا زمانی که آن را با عدد مشخص نکرده‌ایم، شناختی از آن نخواهیم داشت. اما اگر آن را با عدد و رقم معرفی کنیم، می‌توانیم شناخت نسبتاً قابل قبولی از آن داشته باشیم. برای هر فرد فنی به‌خصوص فراگیری روش‌های اندازه‌گیری کمیت‌هایی که در علوم مهندسی نقش دارند، در زمینه الکترونیک اهمیت دارد. از جمله این کمیت‌ها می‌توانیم زمان، طول، جرم، دما، مقاومت، ولتاژ، جریان و توان‌الکتریکی را نام ببریم. در این واحد یادگیری یکاهای متداول را که برای توصیف کمیت‌های فیزیکی و الکتریکی به‌کار می‌روند، معرفی می‌کنیم.

فیلم

فیلم استاندارد یکاها و واحدها را ببینید.

۱ــ۳ــ استانداردها و یکاها

کمیت‌های فیزیکی پدیده‌هایی هستند که آنها را با مقادیر عددی توصیف می‌کنیم. مثلاً دو کمیت فیزیکی وزن و قد را با یکاهای مخصوص می‌سنجیم و آنها را از طریق مقایسه با یک استاندارد اندازه‌گیری می‌کنیم. «یکا» یا «واحد» نامی است که معیار و ارزش کمیت را مشخص می‌کند. مثلاً، ثانیه(S) یکا یا واحدی است که آن را برای اندازه‌گیری کمیت زمان به‌کار می‌بریم.

پرسش : *آیا می‌توانیم یک عدد معمولی و بدون واحد را برای اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی استفاده کنیم؟ آیا اصولاً توصیف یک کمیت بدون یکا معنایی دارد؟*

تعداد کمیت‌های فیزیکی به‌حدی زیاد است که سازمان‌دادن آنها در یک مجموعه بسیار دشوار و گاهی غیرممکن است. لذا ضرورت دارد با توجه به نیاز در هر موضوع یا مبحث،کمیت‌ها و یکاهای آن‌را بررسی کنیم. برای مثال زمان، طول و جرم بر اساس یک توافق بین‌المللی انتخاب شده و برای آنها استاندارد تعیین‌کرده‌اند. این کمیت‌ها، کمیت‌های اصلی نامیده می‌شوند. سایر کمیت‌های فیزیکی با توجه به این کمیت‌ها و استانداردهای مربوط به آنها تعریف می‌شود. این کمیت‌ها را کمیت‌های فرعی می‌نامند.

بحث‌گروهی

درباره انواع کمیت‌هایی که با آنها سروکار دارید بحث‌کنید و حداقل تعداد ۵ کمیت فرعی را بیابید و در کلاس به بحث بگذارید، نتیجه کاررا جمع‌بندی کنید.

۲ــ۳ــ یکاهای بین‌المللی استاندارد

اندازه‌گیری صحیح و قابل اطمینان یک کمیت زمانی میسر است که یکاهای اندازه‌گیری مورد نظر تغییر نکند و شرایط بازتولید را در موقعیت‌های متفاوت داشته باشد.دستگاه یکاهایی که به‌طور متداول در علوم مهندسی در جهان به‌کار می‌رود دستگاه متریک(metric) است. این دستگاه از سال ۱۹۶۰ میلادی به‌طور رسمی به‌نام دستگاه بین‌المللی یا SI (International Standard) معرفی شده است. در سال ۱۳۵۰ ه.ش (۱۹۷۱ میلادی) مجمع عمومی بین‌المللی

وزن‌ها و مقیاس‌ها، هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب کرد که اساس دستگاه بین‌المللی یکاها را تشکیل می‌دهند. در جدول ۱ــ۳ یکاهای سه کمیت اصلی زمان، طول و جرم را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱ــ۳ سه کمیت اصلی SI و یکاهای آن

کمیت	نام یکا	نماد یکا	کلمه به زبان اصلی
زمان	ثانیه	S	Second
طول	متر	m	meter
جرم	کیلوگرم	Kg	Kilogram

تعریف یکاهای اصلی در دستگاه متریک در گذر زمان دستخوش تحول‌های بسیار زیادی شده است. هنگامی که دستگاه متریک در سال ۱۷۹۱ میلادی توسط آکادمی علوم فرانسه تثبیت شد، متر را برابر با یک‌دهمیلیونیم فاصله بین قطب شمال تا استوا در نظر گرفتند. همچنین برای ثانیه نیز از زمان حرکت آونگی به طول یک متر استفاده نمودند.

بحث گروهی

در گروه‌های کار تیمی واحدهای کمیت‌های مندرج در شکل ۱ــ۳ را مشخص کنید و پس از مستندسازی، نتایج را در کلاس به بحث بگذارید.

شکل ۱ــ۳ــ یکاها و کمیت‌ها

زمان

زمان یکی از کمیت‌های پُرکاربرد است که همه افراد بشر با آن سروکار دارند. در فاصله سال‌های ۱۸۸۹ تا ۱۹۶۷ میلادی واحد(یکای) زمان را باکسری از روز تعریف می‌کردند. در سال ۱۹۶۷ تعریف جدیدی برای زمان بیان شده که بسیار دقیق‌تر است.

جست و جو کنید

با مراجعه به رسانه‌های مختلف آخرین تعریف زمان را بیابید و در کلاس به بحث بگذارید.

در بسیاری موارد علاوه بر دانستن لحظه شروع یا پایان یک رویداد لازم است مدت زمان آن رویداد را نیز اندازه بگیریم، مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد را بازه زمانی می‌نامند. در جدول ۲ــ۳ برخی بازه‌های زمانی نشان داده شده است.

جدول ۲ـ۳ـ برخی بازه‌های زمانی به طور تقریبی

اندازه	بازه زمانی(S)
عمر کیهان	۵×۱۰^{۱۷}
عمر زمین	$۱/۴\times۱۰^{۱۷}$
زمان متوسط بین دو تپش قلب انسان	۸×۱۰^{-۱}
زمان اجرای یک دستور توسط پردازنده فعلی	۳×۱۰^{-۹}

نکته

اعداد جدول ۲ـ۳ را نباید به‌خاطر بسپارید. هنگام طرح سؤال باید این جدول و اعداد فوق در اختیار هنرجویان قرار گیرد.

مثال ۱ : *با توجه به جدول ۲ـ۳ سن تقریبی زمین را برحسب سال محاسبه کنید. سن تقریبی زمین $۱/۴\times۱۰^{۱۷}$ ثانیه است.*

حل : با توجه به اینکه هر سال برابر $۳/۱\times۱۰^{۷}$ ثانیه است، داریم :

$$\text{سن تقریبی} \rightarrow \frac{۱/۴\times۱۰^{۱۷}}{۳/۱\times۱۰^{۷}} = ۴/۵\times۱۰^{۹} = ۴/۵ \text{ میلیارد سال}$$

محاسبه کنید

درصورتی‌که هر ساعت را معادل ۶۰ دقیقه و هر دقیقه را معادل ۶۰ ثانیه درنظر بگیریم، مدت زمان یک روز و یک سال را برحسب ثانیه حساب کنید.

طول

در اولین استاندارد بین‌المللی طولِ میله‌ای از جنس پلاتین ـ ایریدیوم که به لحاظ تاریخی یک‌دهمیلیونیم فاصله قطب شمال تا استوا در امتداد نصف‌النهار است را واحد طول یا متر در نظر گرفتند. این میله در موزه‌ای در فرانسه نگهداری می‌شود. کلمه متر (meter) به معنی اندازه‌گیر است. به همین جهت وقتی به انتهای کمیتی اضافه می شود، دستگاه اندازه‌گیری آن کمیت را معرفی می‌کند. مثلاً ولت‌متر به معنی دستگاهی است که ولتاژ را اندازه می‌گیرد.

پژوهش کنید

در مورد آخرین تعریف "متر" پژوهش کنید و نتایج آن را به کلاس ارائه دهید.

جدول ۳ـ۳ تعدادی از فاصله‌ها مانند شعاع خورشید، اندازه شعاع زمین و ابعاد اجسام بسیار ریز مانند شعاع پروتون را نشان می‌دهد.

جدول ۳ـ۳ برخی طول‌ها به طور تقریبی

اندازه	طول (m)
شعاع خورشید	۷×۱۰^{۸}
شعاع زمین	۶×۱۰^{۶}
ارتفاع برج میلاد	۴×۱۰^{۲}
ضخامت هر برگ این کتاب	۱×۱۰^{-۴}
اندازه یک ویروس	۱×۱۰^{-۶}
قطر ترانزیستور در ریزپردازنده‌های کنونی	۳×۱۰^{-۸}
شعاع پروتون	۱×۱۰^{-۱۵}

نکته

اعداد جدول ۳ـ۳ را نباید به‌خاطر بسپارید. هنگام طرح سؤال باید این جدول و اعداد فوق در اختیار هنرجویان قرار گیرد.

پژوهش کنید

در مورد ابعاد کوچک‌ترین ریزپردازنده‌های جدید پژوهش کنید و پس از مستندسازی، نتایج آن‌را به‌کلاس ارائه دهید.

مثال۲ : درصورتی‌که طول یک ترانزیستور در یک ریزپردازنده برابر ۳×۱۰^{-۸} متر باشد، چه‌تعداد ترانزیستور در یک ردیف تراشه‌ای با طول ۳ میلی‌متر جای می‌گیرد؟

حل : تعداد ترانزیستور در یک ردیف $= \frac{۳\times۱۰^{-۳}}{۳\times۱۰^{-۸}}$

تعداد ترانزیستور $= ۱۰۰۰۰۰$

تمرین : درصورتی‌که شعاع پروتون با توجه به جدول ۳ــ۳ برابر ۱×۱۰^{-۱۵} متر باشد، در فاصله ۰/۱ میلی‌متر چند پروتون جای می‌گیرد؟

جرم

برای جرم نیز مانند سایر کمیت‌ها از استاندارد SI استفاده می‌شود. در استاندارد SI جرم استوانه‌ای از جنس پلاتین ــ ایریدیوم را که به جرم ۱ کیلوگرم است به‌عنوان استاندارد در نظر گرفته‌اند. جدول ۴ــ۳ جرم برخی از اجسام را به کیلوگرم نشان می‌دهد.

جدول ۴ــ۳ بعضی جرم‌های تقریبی

جسم	جرم (Kg)
زمین	۶×۱۰^{۲۴}
فیل	۵×۱۰^{۳}
حبه انگور	۳×۱۰^{-۳}
اتم اورانیوم	۴×۱۰^{-۲۵}
الکترون	۹×۱۰^{-۳۱}

مثال ۳ : با توجه به جدول ۴ــ۳، جرم یک حبه‌انگور چند برابر جرم یک الکترون است؟

حل :

$$\frac{\text{جرم حبه انگور}}{\text{جرم الکترون}} = \frac{۳\times۱۰^{-۳}}{۹\times۱۰^{-۳۱}} = \frac{۱}{۳}\times۱۰^{۲۸} = ۳/۳۳\times۱۰^{۲۷}$$

پژوهش کنید

درباره جرم تراشه ریزپردازنده Intel پژوهش کنید و پس از مستندسازی نتیجه را در کلاس به بحث بگذارید.

۳ــ۳ــ تبدیل یکاها (واحدها)

تاکنون با تعدادی از واحدها (یکاهای) اصلی در استاندارد SI آشنا شدید. از آنجا که کمیت‌های مورد استفاده در رشته الکترونیک متفاوت بوده و با توجه به نیاز ممکن است به مقادیر زیاد (اعداد بزرگ) یا مقادیر کم (اعداد کوچک) برخورد کنیم، از این‌رو لازم است برای واحدها، پیشوندهایی (Prefix) را تعریف کنیم. در استاندارد SI این یکاها را با نماد علمی با پایه ۱۰ مانند $۱۰^{۳}$ یا $۱۰^{-۶}$ مشخص می‌کنیم و برای هر ضریب پیشوندی را تعریف می‌کنیم. برای مثال یک کیلومتر (۱Km) برابر ۱۰۰۰ متر یا $۱۰^{۳}$ متر و یک سانتی‌متر (۱Cm) برابر $\frac{۱}{۱۰۰}$ متر یا $۱۰^{-۲}$ متر است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود برای کیلومتر از پیشوند K و برای سانتی‌متر از پیشوند C استفاده می‌کنیم. به این ترتیب می‌توانیم بنویسیم :

یک کیلومتر = ۱Km = $۱۰^{۳}$ متر = $۱۰^{۳}$ m

یک سانتی‌متر = ۱cm = $۱۰^{-۲}$ متر = $۱۰^{-۲}$ m

به این ترتیب نماد k نشان‌دهنده کیلو (۱۰۰۰ برابر) یعنی عدد بزرگ‌تر و نماد c نشان‌دهندهٔ سانتی یا اعداد کوچک‌تر (یک‌صدم) است. این پیشوندها را می‌توانیم برای سایر کمیت‌ها نیز به‌کار ببریم، مثلاً ولت را برحسب کیلوولت و آمپر را برحسب میلی‌آمپر بیان کنیم. بنابراین، برای راحتی کار، هنگامی‌که با اندازه‌های بسیار بزرگ یا بسیار کوچک سروکار داریم، از پیشوندهایی که در جدول ۵ــ۳ آمده است استفاده می‌کنیم. همان‌طور که می‌بینید، هر پیشوند نشانه نماد علمی (توان) مشخصی از ۱۰ است که به عنوان ضریب در نظر گرفته می‌شود. استفاده از هر پیشوند در استاندارد SI به عنوان ضریبی برای واحد مورد نظر است. مثلاً اگر پیشوند میلی را داشته باشیم باید آن یکا را در عدد $۱۰^{-۳}$ یا $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ ضرب کنیم.

مثال ۴ : درصورتی‌که با توجه به جدول ۳ــ۳ ضخامت یک برگ کتاب $۱۰^{-۴}$ متر باشد، با توجه به جدول ۵ــ۳ ضخامت یک برگ کتاب برحسب میکرومتر چقدر است؟

حل :

یک متر = ۱m = $۱۰^{۶}$ میکرومتر = $۱۰^{۶}$ μm

ضخامت یک برگ = $۱۰^{-۴}$ متر $\times$ $۱۰^{۶}$ = ۱۰۰ μm

جدول ۵ــ ۳ تبدیل واحدهای اصلی الکتریکی

چگونگی تبدیل ضرایب		حرف اختصاری	نام ضریب	ضریب به زبان اصلی	نماد علمی ضریب	مقدار ضریب
در تبدیل واحد کوچک‌تر به واحد بزرگ‌تر در ضرایب دارای توان منفی ضرب یا بر ضرایب دارای توان مثبت تقسیم می‌کنیم	در تبدیل واحد بزرگ‌تر به واحد کوچک‌تر در ضرایب دارای توان مثبت ضرب یا بر ضرایب دارای توان منفی تقسیم می‌کنیم	T	ترا	Tera	$۱۰^{۱۲}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
		G	گیگا	Giga	$۱۰^{۹}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰
		M	مگا	Mega	$۱۰^{۶}$	۱۰۰۰۰۰۰
		K	کیلو	Kilo	$۱۰^{۳}$	۱۰۰۰
		H	هگتو	Hegto	$۱۰^{۲}$	۱۰۰
		da	دکا	Deka	$۱۰^{۱}$	۱۰
		واحد اصلی		Main Unit	$۱۰^{۰}$	۱
		D	دسی	Deci	$۱۰^{-۱}$	۰/۱
		C	سانتی	Centi	$۱۰^{-۲}$	۰/۰۱
		m	میلی	Mili	$۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۱
		μ	میکرو	Micro	$۱۰^{-۶}$	۰/۰۰۰۰۰۱
		n	نانو	Nano	$۱۰^{-۹}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱
		p	پیکو	Pico	$۱۰^{-۱۲}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

در جدول ۵ــ۳ ضرایب پیشوند واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر را با نام ضریب، نماد، نمادعلمی و مقدار ضریب مشاهده می‌کنید. در کنار جدول پیکانی وجود دارد که چگونگی تبدیل ضریب‌ها را نشان می‌دهد.

فعالیت

با مراجعه به سایت رشد و اینترنت، بررسی کنید آیا موتور محاسبه‌گر برای تبدیل واحدها وجود دارد. در صورتی که نمونه‌ای از آن را یافتید، با آن تمرین کنید و گزارشی را مستندسازی کنید و نتایج را به کلاس ارائه دهید.

۴ــ۳ــ روش تبدیل یکاها (واحدها)

اغلب لازم است واحد (یکا) مربوط به یک کمیت را به واحد بزرگ‌تر یا کوچک‌تر همان یکا تبدیل کنیم. در این حالت کافی است واحد مورد نظر را در ضریب تبدیل ضرب کنیم.

مثال۵ : ۲۰ دقیقه برابر با چند ثانیه است؟

حل : چون یک دقیقه برابر با ۶۰s (شصت ثانیه) است، پس عدد بیست را در عدد ۶۰ ضرب می‌کنیم.

$$S = ۲۰ \times ۶۰ = ۱۲۰۰ \quad \text{دقیقه} = ۲۰$$

تمرین : *یک شبانه‌روز (۲۴ ساعت) معادل چند دقیقه و چند ثانیه است؟*

مثال۶ : قطار سریع‌السیری دارای سرعت ۵۸۰ Km/h (کیلومتر بر ساعت) است، این سرعت را بر حسب متربرثانیه محاسبه کنید.

حل : باید واحد سرعت کیلومتر بر ساعت (Km/h) را به متربرثانیه (m/s) تبدیل کنیم. هرکیلومتر برابر ۱۰۰۰ متر است (پیشوند k کیلو). کافی‌است عدد ۵۸۰ را در عدد ۱۰۰۰ ضرب کنیم. به عبارت دیگر با توجه به جدول ۵ــ۳ در تبدیل عدد بزرگ‌تر به عدد کوچک‌تر باید از نماد علمی مثبت استفاده کنیم. از طرف دیگر چون ساعت (h) در مخرج کسر قرار دارد و هر ساعت برابر ۳۶۰۰ ثانیه است، باید عدد ۳۶۰۰ در مخرج کسر ضرب شود.

$$۵۸۰ \frac{km}{h} = ۵۸۰ \times \frac{۱۰۰۰}{۳۶۰۰} = ۱۶۱ m/s$$ کیلومتر بر ساعت

مثال ۷ : تراشه CPU قطعه‌ای است که پردازش اطلاعات را در رایانه برعهده دارد. این تراشه متناسب با نوع رایانه می‌تواند شامل میلیون‌ها تا میلیاردها ترانزیستور بسیار کوچک و ظریف باشد که در یک بسته سرامیکی پلمب‌شده قرار می‌گیرد. شکل ۲ــ۳ تصویر داخلی یکی از پردازنده‌های سریع و هوشمند را نشان می‌دهد که در آن حدود ۲/۵ میلیارد ترانزیستور وجود دارد. این پردازنده می‌تواند در حالت مطلوب ۳/۵ میلیارد دستور را در یک ثانیه اجرا کند. در صورتی که ترانزیستور به صورت مربع شکل باشد و طول آن حدود ۳۰ نانومتر در نظر گرفته شود، هر ترانزیستور حداکثر چه سطحی را روی تراشه اشغال می‌کند؟ پاسخ خود را برحسب سانتی‌مترمربع بیان کنید.

حل : باتوجه به اینکه طول هر ضلع مربع برای هر ترانزیستور برابر ۳۰nm است، مساحت هر ترانزیستور برابر است با :

$$S = ۳۰ nm \times ۳۰ nm$$

از طرفی هر نانومتر برابر $۱۰^{-۷}$ سانتی‌متر است، بنابراین

$$S = ۳۰ \times ۱۰^{-۷} cm \times ۳۰ \times ۱۰^{-۷} cm = ۹ \times ۱۰^{-۱۲} cm^۲$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود عدد به دست‌آمده بسیار کوچک است، یعنی به راحتی می‌توانیم با فنّاوری‌های جدید میلیاردها ترانزیستور را در یک یا چند سانتی‌متر مربع جای دهیم.

پژوهش

با مراجعه به منوی Control panel رایانه خود مشخصات سیستم را بیابید و نوع ریز پردازنده آن را تعیین کنید. سپس با مراجعه به فضای مجازی تعداد ترانزیستورهای ریز پردازنده رایانه خود را مشخص کنید.

شکل۲ــ۳ــ تصویر پردازنده Corei۷

یک ریزپردازنده سوخته شده را بازکنید و ابعاد آن را بیابید. در صورت امکان با استفاده از ذره‌بین یا میکروسکوپ داخل آن را مشاهده کنید.

در درس ریاضی درباره واحدهای (یکاهای) انگلیسی بحث شده است. معمولاً ابعاد محفظه(کیس)های کامپیوتر مانند شکل۳ــ ۳ بر حسب اینچ است. با توجه به این‌که یک اینچ برابر ۲/۵۴ سانتی‌متر و یک فوت برابر ۱۲ اینچ است، فعالیت زیر را انجام دهید.

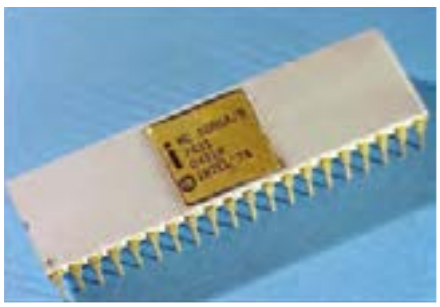
شکل ۳ــ۳ــ تصویری از CD درایو

فعالیت

ابعاد یک CD درایو را با استفاده از خط‌کش به سانتی‌متر اندازه بگیرید و آن‌را به اینچ و فوت تبدیل کنید.

الگوی پرسش(ارزشیابی واحد یادگیری ۳ از فصل اول) :

۱ اولین پردازنده ساخته شده برای رایانه خانگی Intel ۸۰۸۰ است، (شکل الف ۴ــ۳) که در سال ۱۹۷۴ تولید شد و شامل ۴۵۰۰ ترانزیستور بود. درسال ۲۰۰۶ پردازنده دیگری با نام تجاری Core ۲ Duo توسط شرکت اینتل تولید شد (شکل ب ۴ــ۳) که از ۵۹۱ میلیون ترانزیستور تشکیل شده است. تعداد ترانزیستورهای این پردازنده چند برابر تعداد ترانزیستورهای پردازنده ۸۰۸۰ Intel است؟

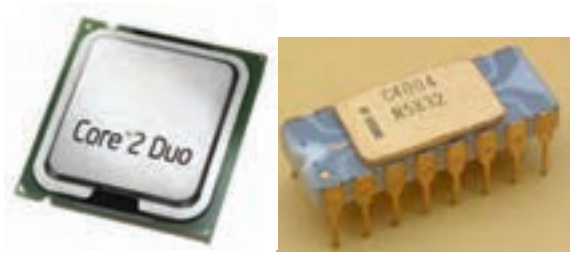


(الف)

(ب)

شکل ۴ــ۳ــ دو نوع پردازنده

۲ فنّاوری ساخت ترانزیستورهای اولین پردازنده که در سال ۱۹۷۱ و با نام تجاری Intel ۴۰۰۴ معرفی شد، ۱۰ میکرون و فنّاوری ساخت ترانزیستورهای پردازنده سریع و هوشمندی که در سال ۲۰۱۰ با نام تجاری Core i۷ـ۹۸۰X توسط شرکت اینتل عرضه شد، برابر ۳۲ نانومتر است. این دو پردازنده را در شکل الف و ب ۵ـ۳ مشاهده می‌کنید. نسبت ابعاد ترانزیستورهای به‌کاررفته در این دو پردازنده چقدر است؟



(ب) (الف)

شکل ۵ـ۳ دو نوع پردازنده

۳ اگر ابعاد یک تراشه آی‌سی ۷۸۰۵ برابر 5 mm × 5 mm باشد و در آن ۵۰ ترانزیستور مربع شکل قرار گیرد، طول ضلع مربع هر ترانزیستور چند نانومتر است؟ (شکل۶ـ۳).

شکل ۶ـ۳ـ آی‌سی ۷۸۰۵

۴ اگر قطر نمایشگر رایانه‌ای برابر با Inch ۱۷ باشد (شکل ۷ـ۳). قطر آن را برحسب میلی‌متر، کیلومتر، میکرومتر و سانتی‌متر محاسبه کنید. به نظر شما کدام اعداد از نظر کاربرد برای معرفی قطر نمایشگر مناسب‌تر است؟

شکل ۷ـ۳ـ نمایشگر رایانه

۵ با توجه به جدول ۵ـ۳، اگر بخواهیم یک کمیت که عدد بزرگی است را تبدیل به کمیتی با عدد کوچک‌تر کنیم، از کدام پیشوندها و ضرایب استفاده می‌کنیم؟

واحد یادگیری ۴

قوانین الکتریسیته

به منظور تعمیق آموزش، قسمت‌هایی از این واحد یادگیری، یادآوری مفاهیم اساسی الکتریسیته است. در صورت تسلط هنرجویان بر محتوا می‌توانید از آموزش این قسمت صرف نظر کنید.

فیلم

فیلم قوانین اهم، مدارهای سری و موازی را مشاهده کنید.

۱ــ۴ــ مدار الکتریکی

مسیر عبور جریان الکتریکی را « **مدار الکتریکی** » می‌نامند. اجزای اصلی یک مدار الکتریکی ساده عبارت‌اند از :

- منبع تغذیه
- سیم‌های رابط
- مصرف کننده

در شکل ۱ــ۴ــ یک مدارالکتریکی ساده نشان داده شده است.

شکل ۱ــ ۴ــ یک مدار الکتریکی ساده

نکته مهم

توجه داشته باشید زمانی در یک مدار جریان برقرار می‌شود که مدار بسته باشد. اگر با وجود منبع انرژی در مدار جریان برقرار نباشد، می‌گوییم مدار باز است.

۲ــ۴ــ قانون اهم

رابطه بین مقاومت، شدت جریان و اختلاف پتانسیل را نخستین بار فیزیک‌دان آلمانی به نام اهم بیان کرد. بر اساس قانون اهم، مقدار مقاومت نسبت مستقیم با ولتاژ و نسبت معکوس با جریان دارد.

$$\text{مقاومت} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{جریان}} \Rightarrow R=\frac{V}{I}$$

در رابطه قانون اهم، مقدار ولتاژ برحسب ولت، جریان برحسب آمپر و مقاومت برحسب اهم است. به عبارت دیگر در یک مدار اگر ولتاژ ثابت باشد، هرقدر مقدار مقاومت بیشتر شود، مقدار جریان عبوری از آن کمتر می‌شود.

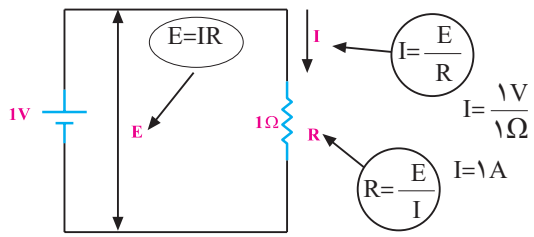
در شکل ۲ــ۴، برای محاسبه هر یک از کمیت‌ها، انگشت را روی کمیت مجهول می‌گذاریم. آنچه که باقی می‌ماند، رابطه کمیت مجهول است.

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

شکل ۲ــ ۴ــ نمودار دایره‌ای قانون اهم در حالت‌های مختلف

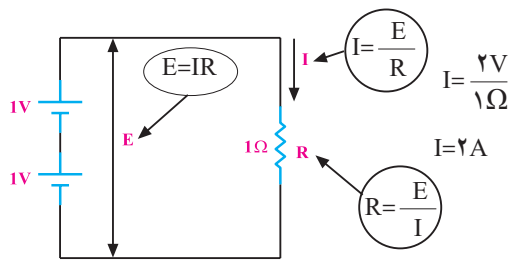
در کتاب‌های مختلف نماد اختلاف سطح را با علائم متفاوت نشان می‌دهند. در این کتاب اختلاف سطح منبع ولتاژ و منبع تغذیه را با V_{BB} ,V_{CC} ,V_S یا E و افت ولتاژ دو سر عناصر مختلف را با V_1 ,V_2 یا V_n نشان داده‌ایم.

مطابق شکل ۳ــ۴، در مداری که اختلاف پتانسیل یک ولت بین دو سر مقاومت یک اهمی برقرار باشد، جریانی به شدت یک آمپر از مدار می‌گذرد.



شکل ۳ــ۴ــ نمایش قانون اهم

مطابق شکل ۴ــ۴ با ۲ برابر شدن ولتاژ (اختلاف پتانسیل) و ثابت ماندن مقاومت، شدت جریان ۲ برابر می‌شود.

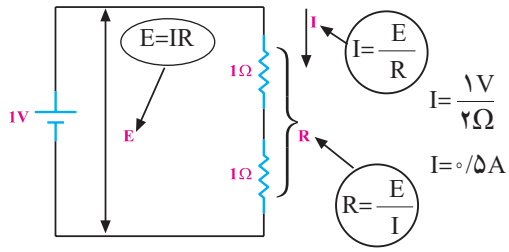


$$I=\frac{V}{R}=\frac{2V}{1\Omega}=2A$$

شکل ۴ــ۴ــ دو برابر شدن ولتاژ و ثابت ماندن مقاومت

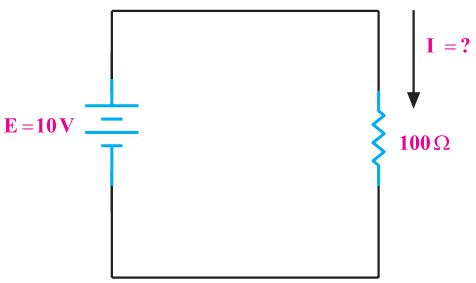
اگر اختلاف پتانسیل دو سر مدار را نصف کنیم مقدار جریان نصف می‌شود.

مطابق شکل ۵ــ۴، با دوبرابر شدن مقاومت، جریان نصف می‌شود.



شکل ۵ــ۴ــ دو برابر شدن مقاومت در مدار

مثال ۱ : به دو سر یک مقاومت ۱۰۰ Ω، ولتاژی برابر با ۱۰ ولت مطابق شکل ۶ــ۴ اعمال می‌کنیم، جریان گذرنده از مدار چند میلی‌آمپر است؟



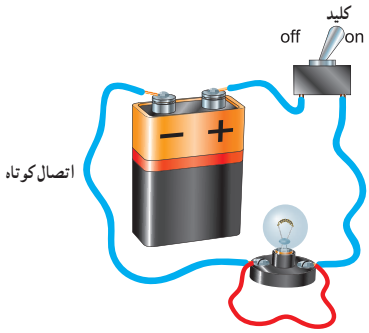
شکل ۶ــ۴ــ مدار مثال ۱

راه‌حل :

$$I=\frac{E}{R}=\frac{10}{100}=0/1A=100\ mA$$

تمرین : به دو سر یک مقاومت ۵۰۰ Ω، ولتاژی برابر با ۲۰ ولت می‌دهیم، جریان گذرنده از مدار چند آمپر است؟

مطابق شکل۷ــ۴ اگر سیمی را به دو سر لامپ وصل کنیم، آیا لامپ روشن می‌شود؟ با بستن کلید چه اتفاق‌هایی ممکن است، رخ دهد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.



شکل ۷ــ۴ــ مدار در حالت اتصال کوتاه

نکته مهم

یکی از حالات خطرناکی که ممکن است در مدار الکتریکی به وجود آید، حالت «اتصال کوتاه» است. حالت اتصال کوتاه در مدار به شرایطی گفته می‌شود که مقاومت مصرف‌کننده (بار) به صفر برسد. در صورت وقوع چنین حالتی جریان بسیار زیادی از مدار خواهد گذشت.

الگوی پرسش (ارزشیابی واحد یادگیری ۴ از فصل اول) :

۱ اگر در مداری مقاومت ثابت باشد، چنانچه ولتاژ منبع دو برابر شود، جریان مدار نصف□ دوبرابر□ می‌شود.

۲ اگر در مداری مقاومت ۲ برابر و جریان مدار نصف شود، ولتاژ چه تغییری می‌کند؟

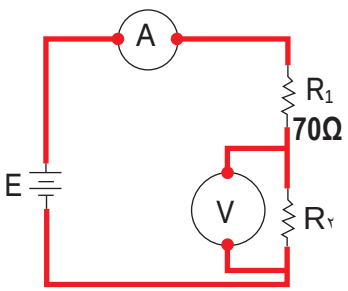
۳ در مدار شکل ۸ــ۴ ولت‌متر ۶ ولت و آمپرمتر مقدار ۵۰۰ میلی‌آمپر را نمایش می‌دهد.

مطلوبست :

۱) مقدار ولتاژ دو سر R_1

۲) مقدار E

۳) مقدار مقاومت R_2



شکل ۸ــ۴ شکل سؤال ۳

۳ــ۴ــ یادآوری اتصال سری مقاومت اهمی[1]

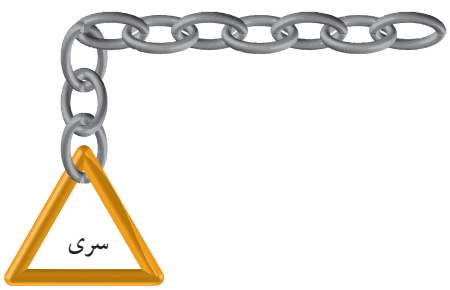
قبلاً با اتصال سری مقاومت‌ها آشنا شدید. مدار سری را می‌توان مشابه واگن‌های قطار دانست. گنجایش و حجم واگن‌ها نسبت به یکدیگر ممکن است مشابه، بزرگ یا کوچک باشند. در صورت نامساوی بودن واگن‌ها، گنجایش حمل بار یا مسافر برای هر واگن متفاوت است.

اتصال واگن‌ها به صورت پشت سرهم (سری) است، یعنی ابتدای یک واگن به انتهای واگن دیگر وصل است. مطابق شکل ۹ــ۴، هنگام حرکت، سرعت در همه واگن‌ها یکسان است.

شکل ۹ــ۴ــ در قطار، واگن‌ها به طور سری بسته می‌شوند.

پاسخ دهید

آیا حلقه‌های زنجیر در شکل ۱۰ــ۴ با هم به صورت سری بسته شده‌اند؟ چه تشابهی بین این زنجیر با مدارهای سری وجود دارد ؟ توضیح دهید.

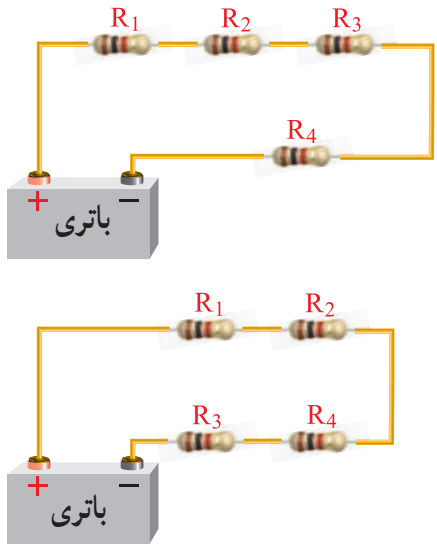


شکل ۱۰ــ۴ــ نمایش سری بودن حلقه‌های زنجیر

مقاومت را با حرف R حرف اول Resistor نشان می‌دهند و آنها را با اندیس‌های ۱ تا n مشخص می‌کنند.

۱ــ Serial (سری) در زبان انگلیسی به معنی اشیا یا وقایع پشت سرهم و پی‌درپی است و کلمه series به معنی مجموعه، دوره، ردیف، سلسله، سری، زنجیره و متوالی آمده است.

ترتیب قرار گرفتن مقاومت‌ها در مدار سری، تأثیری در مقدار مقاومت کل (معادل) مدار ندارد. شکل ۱۱ــ۴ جابه‌جایی مقاومت‌ها در مدار سری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ــ۴ــ جابه‌جایی مقاومت‌ها در اتصال سری

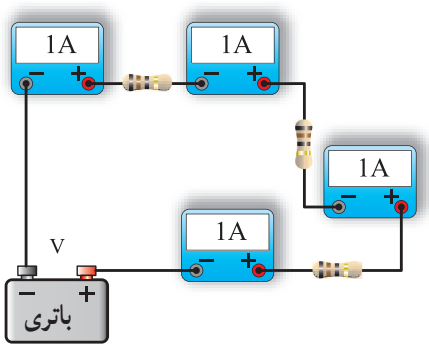
نرم افزار

با استفاده از یکی از نرم‌افزارهایی که در اختیار دارید، قوانین اهم و مدارهای سری را به‌صورت گام به گام تمرین کنید.

۴ــ۴ جریان، ولتاژ و مقاومت معادل در مدار سری

بحث‌گروهی

با توجه به آموخته‌های خود در باره مدار سری، مدار موجود در شکل ۱۲ــ۴ را بررسی و در باره آن بحث کنید.



شکل ۱۲ــ۴ــ مدار سری

۵ــ۴ اثبات مقاومت معادل در مدار سری

به جای چند مقاومت سری می‌توان مقاومتی را انتخاب کرد که مقدار آن با مجموع چند مقاومت سری برابر باشد.

مقاومتی که به جای چند مقاومت سری قرار می‌گیرد، مقاومت کل یا مقاومت معادل آن چند مقاومت نامیده می‌شود و آن را با R_T نمایش می‌دهند. چنانچه مقاومت معادل جایگزین مقاومت‌های مدار شود، جریان مدار تغییری نخواهد کرد.

بارش فکری

حرف T مخفف چه کلمه‌ای است؟ از طریق بارش فکری و مراجعه به فرهنگ لغت فارسی ــ انگلیسی پاسخ را بیابید.

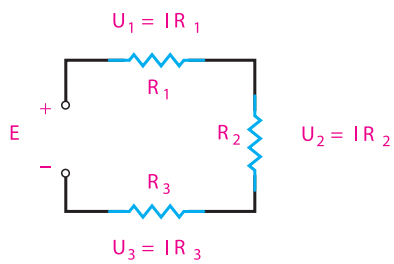
در مدار سری اگر یک یا چند مقاومت را به مدار اضافه کنیم، شدت جریان مدار کم می‌شود. لذا برای ثابت نگه‌داشتن جریان، درحد قبلی باید مقدار نیروی محرکه مدار را افزایش دهیم.

بنابراین در مدار سری با اضافه کردن تعداد مقاومت‌ها و ثابت بودن ولتاژ منبع، شدت جریان کم می‌شود و این نشان می‌دهد که مقاومت معادل یا مقاومت کل مدار، افزایش یافته‌است.

برای محاسبه مقاومت معادل، یعنی مقاومتی که می‌توان آن را جایگزین مجموعه مقاومت‌ها کرد، به طوری که در شدت جریان مدار تغییری ایجاد نشود، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

مدار شکل ۱۳ــ۴ را با سه مقاومت R_1 , R_2 و R_3 در نظر می‌گیریم.

در مدار سری شدت جریان در تمام نقاط مدار یکسان است.



شکل ۱۳ــ۴ــ مدار سری با سه مقاومت

در مدار شکل ۱۳ــ۴ ولتاژ منبع با جمع افت ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها برابر است.

بنابراین می‌توانیم بنویسیم :

$$E=U_1+U_2+U_3 \qquad (1)$$

با توجه به قانون اهم داریم :

$$E=I.R_T \ , \ U_1=IR_1 \ , \ U_2=IR_2 \ , \ U_3=IR_3 \qquad (2)$$

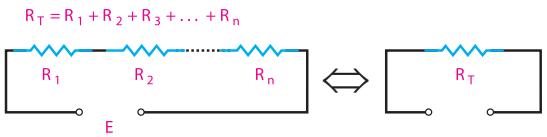
مقادیر روابط ۲ را در رابطه‌ی ۱ قرار می‌دهیم.

$$IR_T=IR_1+IR_2+IR_3$$

با حذف جریان‌ها از طرفین تساوی به رابطه مقاومت معادل می‌رسیم.

$$\not{I}(R_T)=\not{I}(R_1+R_2+R_3) \quad R_T=R_1+R_2+R_3$$

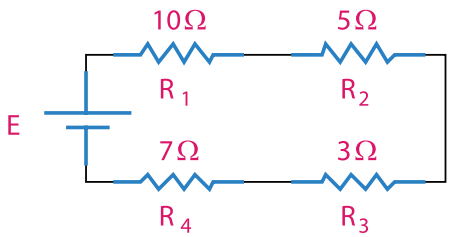
با توجه به اثبات رابطه ذکر شده، مقاومت معادل در یک مدار سری از جمع مقاومت‌های تشکیل دهنده آن مدار به دست می‌آید. شکل ۱۴ــ۴ حالت کلی رابطه فوق را برای n مقاومت نشان می‌دهد.



شکل ۱۴ــ۴ ــ مدار سری با n مقاومت

تمرین تعاملی : با توجه به تجربه آموخته‌های خود، تمرین‌های زیر را حل کنید و نتایج را در کلاس به بحث بگذارید.

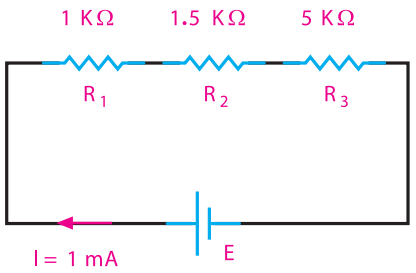
تمرین ۱ : مقاومت معادل مدار شکل ۱۵ــ۴ را به دست آورید.



شکل ۱۵ــ۴ ــ مدار تمرین ۱

پاسخ : ۲۵ اهم

تمرین ۲ : در مدار شکل ۱۶ــ۴ ولتاژ منبع تغذیه (E) و افت ولتاژ دوسر مقاومت‌ها را به دست آورید.

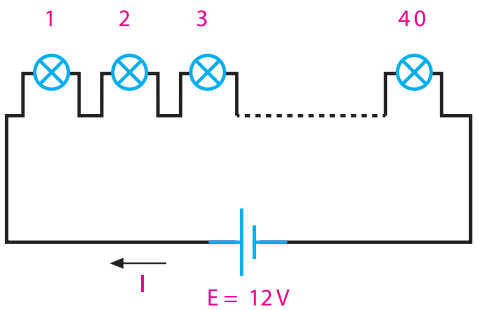


شکل ۱۶ــ۴ ــ مدار تمرین ۲

پاسخ : $E=۷/۵\ V$

فکر کنید

تعداد ۴۰ لامپ مشابه ۶ ولت ۰/۳ آمپری را مطابق شکل ۱۷ــ۴ به طور سری به منبع ولتاژ ۱۲ ولتی اتصال داده‌ایم. لامپ‌ها روشن نمی‌شوند. با توجه به اینکه همه آنها سالم و اتصالات نیز سالم هستند، علت را شرح دهید.

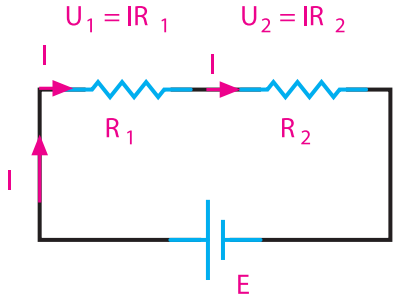


شکل ۱۷ــ۴ ــ مدار لامپ‌های سری

۶ــ۴ــ تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری

می‌دانیم که در یک مدار سری، ولتاژ کل به نسبت مستقیم بین مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود، یعنی، هرچه مقدار مقاومت کمتر باشد، افت ولتاژ دوسر آن کمتر و هرچه مقدار مقاومت زیادتر باشد، افت ولتاژ دوسر آن بیشتر

است. برای محاسبه افت ولتاژ در مقاومت‌های یک مدار سری، مدار شکل ۱۸ــ۴ را در نظر می‌گیریم



شکل ۱۸ــ۴ ــ مدار سری

ولتاژ دوسر R_1 برابر است با مقدار جریان ضربدر مقدار مقاومت R_1.

$$U_1 = IR_1 \qquad (۱)$$

جریان کل مدار برابر است با :

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} \qquad (۲)$$

رابطه ۲ را در رابطه ۱ قرار می‌دهیم.

$$U_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} \times R_1$$

اکنون U_1 را می‌توان به صورت رابطه ۳ نوشت :

$$U_1 = E\frac{R_1}{R_1 + R_2} \qquad (۳)$$

رابطه ۳ ولتاژ دوسر مقاومت R_1 را نسبت به ولتاژ کل در مدار سری مشخص می‌کند.

همچنین، به روش مشابه مقدار ولتاژ دوسر R_2 برابر است با :

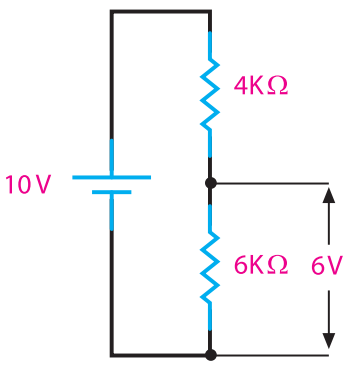
$$U_2 = E\frac{R_2}{R_1 + R_2} \qquad (۴)$$

از مشاهده روابط ۳ و ۴ معلوم می‌شود که تقسیم ولتاژ روی مقاومت‌ها با مقادیر آنها نسبت مستقیم دارد.

۷ــ۴ــ کاربرد بستن مقاومت‌ها به صورت سری

با توجه به مطالبی که تاکنون فراگرفته‌اید، می‌توانیم نتیجه بگیریم که در اتصال سری مقاومت‌های اهمی، زمینه‌هایی مانند ساختن مقاومت معادل، کاهش جریان مدار و تقسیم ولتاژ فراهم می‌شود.

اگر بخواهیم از یک ولتاژ مشخص ولتاژ کمتری داشته باشیم، راه عملی آن است که با استفاده از دو مقاومت، افت ولتاژ لازم را تهیه کنیم و مورد استفاده قرار دهیم، مثلاً از ولتاژ ۱۰ ولت، ۶ ولت آن مورد نیاز است. برای تأمین این ولتاژ، مطابق شکل ۱۹ــ۴ منبع ۱۰ ولتی را با دو مقاومت ۴ و ۶ کیلو اهمی سری می‌کنیم. سپس از افت ولتاژ روی مقاومت ۶ کیلو اهمی که ۶ ولت است، می‌توانیم استفاده نماییم.



شکل ۱۹ــ۴ – تقسیم ولتاژ

کار گروهی

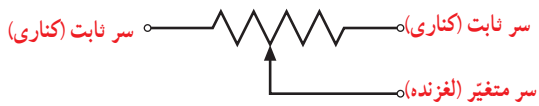
در مدار شکل ۱۹ــ۴ اگر در دو سر مقاومت ۶ کیلو اهمی مقاومت ۱۰ اهمی قرار دهیم، آیا مقدار ولتاژ خروجی همان ۶ ولت است؟ پاسخ دهید.

فیلم

فیلم کاربرد رئوستا و پتانسیومتر را ببینید.

۸ــ۴ــ رئوستا و پتانسیومتر

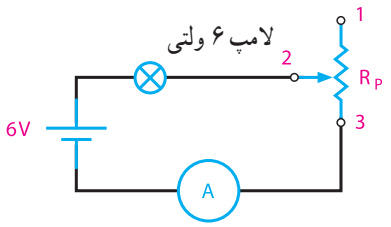
همان‌طور که اشاره شد، برای تقسیم ولتاژ و به دست آوردن ولتاژ دلخواه می‌توانیم از مقاومت‌های ثابت استفاده کنیم. در عمل، بیشتر از مقاومت‌های متغیر استفاده می‌شود، که به‌وسیلهٔ این مقاومت‌های متغیر می‌توان ولتاژهای متغیری از حداقل تا حداکثر ولتاژ منبع به دست آورد. مقاومت‌های متغیر به صورت رئوستا و پتانسیومتر در مدار بسته می‌شود. شکل ۲۰ــ۴ نمای فنی یک مقاومت متغیر را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰ــ۴ــ نماد الکتریکی مقاومت متغیر

سر لغزنده یا متغیر سری است که می‌تواند روی سطح خارجی مقاومت حرکت کند و مقدار مقاومت را نسبت به سرهای ثابت تغییر دهد. اگر از دوسر مقاومت متغیر (یک سر ثابت و یک سر لغزنده) در مدار استفاده شود، در این حالت مقاومت متغیر به صورت رئوستا در مدار قرار می‌گیرد. با حرکت سر لغزنده، مقدار مقاومت رئوستا (مقاومت مدار) تغییر می‌کند. با تغییر مقاومت مدار، می‌توانیم شدت جریان مدار را تغییر دهیم.

رئوستا برای کنترل شدت جریان مدار به کار می‌رود و در مدار به صورت سری بسته می‌شود. شکل ۲۱ــ۴ اتصال رئوستا را در مدار نشان می‌دهد.



شکل ۲۱ــ۴ــ اتصال رئوستا در مدار

با تغییر سر لغزنده از شماره ۲ به ۳ مقدار مقاومت مدار کاهش می‌یابد. با کاهش مقاومت مدار جریان آن افزایش می‌یابد و روشنایی لامپ بیشتر می‌شود. در نقطه ۳ مقاومت R_P حداقل می‌شود و شدت جریان به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

بارش فکری

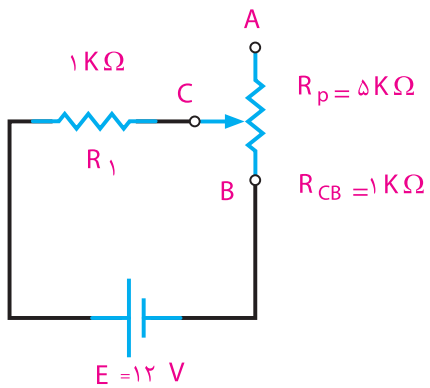
در صورتی که سر لغزنده شماره ۲ را به پایه یک نزدیک کنیم، چه اتفاقی در مدار می‌افتد؟ از طریق بارش فکری بحث را جمع‌بندی کنید.

مثال ۲ : شدت جریان مدار شکل ۲۲ــ۴ را در حالت‌های زیر به دست آورید.

۱ــ سر لغزنده C در نقطه A قرار دارد.

۲ــ سر لغزنده C در نزدیکی نقطه B قرار دارد، به‌طوری که $R_{CB}=1k\Omega$ می‌شود.

۳ــ سر لغزنده بین A و B قرار دارد و آن را دو قسمت می‌کند.



شکل ۲۲ــ۴ــ مدار مثال ۲

راه‌حل :

حالت ۱ : $R_T = R_۱ + R_P = ۱k\Omega + ۵k\Omega = ۶k\Omega$

$$I = \frac{۱۲V}{۶\times ۱۰^{۳}} = ۲mA$$

حالت ۲ : $R_T = R_۱ + R_{CB} = ۱k\Omega + ۱k\Omega = ۲k\Omega$

$$I = \frac{۱۲V}{۲\times ۱۰^{۳}} = ۶mA$$

حالت ۳ :

$$R_T = R_1 + \frac{R_p}{2} = 1 + 2/5 = 3/5\,k\Omega$$

$$I = \frac{12}{3/5} = 3/4\,mA$$

از مثال فوق مشخص می‌شود که مقاومت مدار در حالت ۱ برابر $6k\Omega$ و شدت جریان ۲ m A است. در حالت ۲ مقاومت مدار کاهش یافته و به $2k\Omega$ رسیده‌است، در نتیجه، شدت جریان افزایش می‌یابد و به ۶ mA می‌رسد. در حالت ۳ مقدار مقاومت بین حالت ۱ و ۲ قرار دارد و جریان مدار ۳/۴ میلی‌آمپر است.

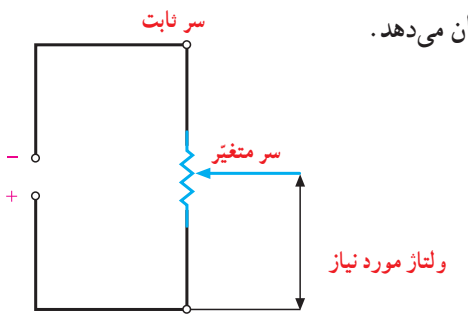
بنابراین، با قرار گرفتن یک رئوستا به طور سری در مدار، شدت جریان کنترل می‌شود.

بحث کنید

در مدار شکل ۲۲ــ۴ اگر پایه C را به A اتصال کوتاه کنیم، چه تغییری در کار مدار ایجاد می‌شود؟ نتایج را به کلاس ارائه کنید.

اگر از هر سه سر مقاومت متغیر(دوسر ثابت و یک سر لغزنده) در مدار استفاده شود، مقاومت متغیر به صورت پتانسیومتر در مدار قرار می‌گیرد. با حرکت سر لغزنده، مقدار مقاومت آن نسبت به سرهای ثابت تغییر می‌کند. با قرار دادن ولتاژی به دو سر ثابت می‌توان از سر لغزنده و یکی از سرهای کناری، ولتاژهای متغیر مورد نیاز را دریافت کرد.

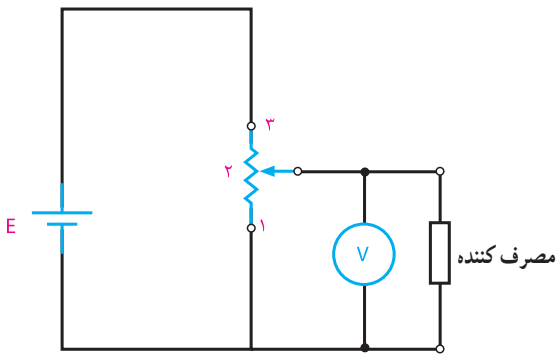
پتانسیومتر را برای دریافت ولتاژهای کمتر از ولتاژ منبع به کار می‌برند. شکل ۲۳ــ۴ اتصال پتانسیومتر را به مدار نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۴ ــ اتصال پتانسیومتر در مدار

با وصل کردن ولتاژ منبع به دو سر مقاومت متغیر (پتانسیومتر)، و تنظیم سر لغزنده، ولتاژ مورد نیاز را از سر ثابت و سر لغزنده دریافت می‌کنیم.

پتانسیومتر در مدار به صورت موازی بسته می‌شود و مقدار ولتاژ مورد نیاز به مصرف‌کننده را تأمین می‌کند.



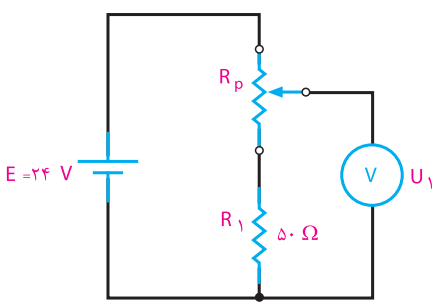
شکل ۲۴ــ۴ــ دریافت ولتاژ متغیر

طبق شکل ۲۴ــ۴ هر قدر سر لغزنده شماره ۲ به پایهٔ شماره ۳ نزدیک‌تر شود، ولت‌متر ولتاژ بیشتری را نشان می‌دهد. بنابراین متناسب با ولتاژ مورد نیاز مصرف‌کننده، می‌توان سر لغزنده شماره ۲ را در محل مناسب قرار داد.

پاسخ دهید

آیا مشکلی که در ارتباط با تقسیم ولتاژ با مقاومت ثابت مطرح کردیم، با استفاده از پتانسیومتر برطرف شده است؟ چرا؟

مثال ۳ : در شکل ۲۵ــ۴ برای دریافت ولتاژ از ۶ تا ۲۴ ولت، چه پتانسیومتری را در مدار قرار می‌دهید؟



شکل ۲۵ــ۴ ــ مدار مثال ۳

راه حل :

$$U_۱ = E\frac{R_۱}{R_۱ + R_P}$$

$$U_۱(R_۱ + R_P) = ER_۱ \Rightarrow U_۱R_۱ + U_۱R_P = ER_۱$$

$$U_۱R_P = ER_۱ - U_۱R_۱$$

$$R_P = \frac{R_۱(E - U_۱)}{U_۱}$$

$$R_P = ۵۰ \times \frac{(۲۴ - ۶)}{۶} = \frac{۵۰ \times ۱۸}{۶} = ۱۵۰\Omega$$

بارش فکری

آیا روش ساده‌تری برای حل مثال ۳ وجود دارد؟ از طریق بارش فکری پاسخ دهید.

۹ــ۴ــ کاربرد مقاومت‌های متغیر

شدت صدای رادیو و فرستنده‌ها و گیرنده‌های دیگر و نیز روشنایی تصویر تلویزیون به کمک ولوم‌هایی که در جلوی دستگاه تعبیه شده‌است، کم و زیاد می‌شود.

این ولوم‌ها چیزی جز مقاومت‌های متغیر نیستند که به صورت رئوستا و پتانسیومتر در مدار قرار گرفته‌اند.

نرم افزار

با استفاده از نرم‌افزاری که در اختیار دارید، مدارهای رئوستا و پتانسیومتر را تمرین کنید.

فعالیت

ویژگی‌های مدارهای سری را بنویسید و در کلاس به بحث بگذارید.

بارش فکری

مفهوم کلمه ولوم (volume) را با استفاده از فرهنگ لغت بیابید و از طریق بارش فکری مفهوم آن را نهادینه کنید.

الگوی پرسش (ارزشیابی و احدیادگیری ۴ از فصل اول) :

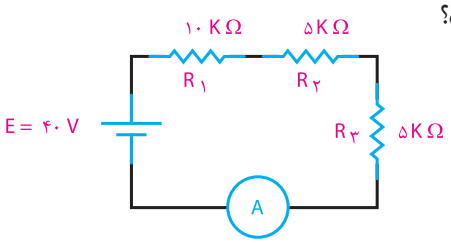
۱ یک مدار سری مقاومتی چگونه شکل می‌گیرد؟

۲ ویژگی‌های مدار سری را نام ببرید.

۳ ولتاژ کل در مدار سری با توجه به مقدار مقاومت‌ها به چه نسبتی بین آنها تقسیم می‌شود؟

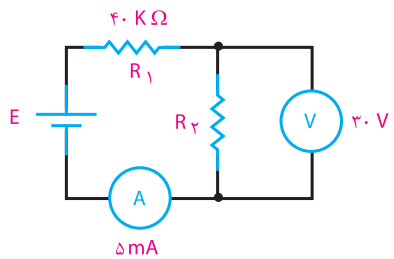
۴ چگونگی استفاده از رئوستا و پتانسیومتر را در مدار با رسم شکل شرح دهید.

۵ در مدار ۲۶ــ۴ مقدار مقاومت کل و جریان مدار چقدر است؟



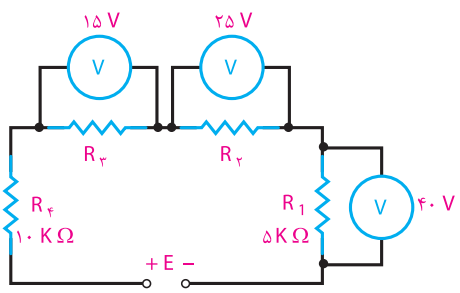
شکل ۲۶ــ۴ــ مدار سؤال ۵

۶ در مدار شکل ۲۷ــ۴ مقدار $R_۲$ و E چقدر است؟



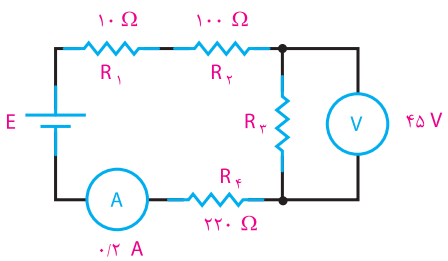
شکل ۲۷ــ۴ــ مدار سؤال ۶

۷ در مدار شکل ۲۸ــ۴ مقدار E چقدر است؟



شکل ۲۸ــ۴ــ مدار سؤال ۷

۸ مقاومت معادل مدار شکل ۲۹ــ۴ چقدر است؟



شکل ۲۹ــ۴ــ مدار سؤال ۸

فیلم

فیلم مدارهای موازی را ببینید.

۱۰ــ۴ــ اتصال مقاومت‌ها به طور موازی

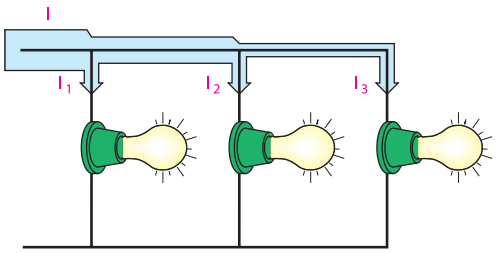
اگر بخواهند چند مصرف‌کننده با ولتاژ مساوی را هم‌زمان به یک منبع ولتاژ اتصال دهند، آنها را به صورت موازی به دو سر منبع ولتاژ متصل می‌کنند.

در مدار موازی شکل ۳۰ــ۴ یک طرف همه مصرف‌کننده‌ها به یک قطب منبع و طرف دیگر همه آنها به قطب دیگر منبع وصل شده است.

شکل ۳۰ــ۴ــ اتصال لامپ‌ها به طور موازی

۱۱ــ۴ــ ولتاژها در مدار موازی

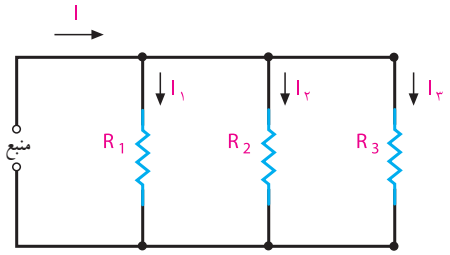
مقدار ولتاژها در دو سر همه مصرف‌کننده‌ها در اتصال موازی، یکسان و برابر با ولتاژ منبع تغذیه است. بدیهی است در صورت متفاوت بودن مقدار مقاومت مصرف‌کننده جریان عبوری از آنها متفاوت خواهد بود. (شکل ۳۱ــ۴)



شکل ۳۱ــ۴ ــ مسیرهای جریان و اندازه آن در مدار موازی

۱۲ــ۴ــ جریان در مدار موازی

در مدار موازی، بیش از یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد. هریک از مسیرهای موازی را **شاخه** می‌گویند. در شکل ۳۲ــ۴ مسیرهای موازی را مشاهده می‌کنید که نقشه فنی آنها در شکل ۳۲ــ۴ رسم شده‌است.



شکل ۳۲ــ۴ــ مدار موازی با چند شاخه

در مدار شکل ۳۲ــ۴، شدت جریان کل، با مجموع شدت جریان‌های شاخه‌های موازی برابر است، در صورتی که ولتاژ دو سر هر شاخه با ولتاژ دو سر شاخه‌های دیگر مساوی و برابر با ولتاژ دو سر منبع است. از این‌رو با استفاده از روابط قانون اهم، شدت جریان هر شاخه و شدت جریان کل را می‌توان به دست آورد.

شدّت جریان شاخهٔ nام $I_n = \frac{E}{R_n}$

شدّت جریان کل مدار $I_t = I_1 + I_2 + I_3$

در صورت مساوی بودن مقاومت‌های هر شاخه در مدار، جریان عبوری از شاخه‌ها با هم برابر است. در صورت نامساوی بودن مقاومت‌ها، جریان عبوری از هر شاخه به نسبت مقدار مقاومت آن شاخه تغییر خواهد کرد.

نکته

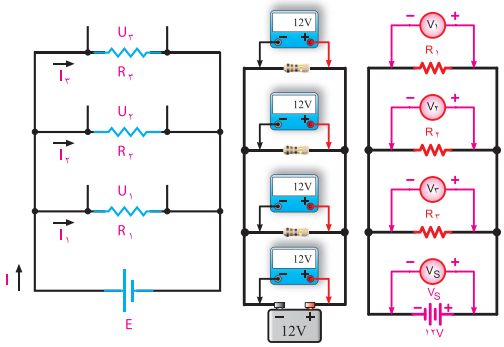
مقدار جریان عبوری از هر شاخه در مدار موازی نسبت عکس با مقدار مقاومت آن شاخه دارد. زیرا :

$$I^{\uparrow} = \frac{E}{R_{\downarrow}} \quad \text{یا} \quad I_{\downarrow} = \frac{E}{R^{\uparrow}}$$

۱۳ــ۴ــ مقاومت در مدار موازی

مقاومت معادل : مقاومت کل(معادل) در مدار موازی، مقاومتی است که به جای مقاومت‌های موازی قرار می‌گیرد و شدت جریان کل مدار را تغییر نمی‌دهد. در مدار موازی، با افزایش شاخه‌های مدار تعداد مسیرهای جریان زیادتر می‌شود و شدت جریان کل افزایش می‌یابد. در شکل ۳۲ــ۴ جریان کل و جریان شاخه‌ها مشخص شده‌است.

مدار شکل ۳۳ــ۴ را با سه مقاومت $R_۱$ ، $R_۲$ و $R_۳$ در نظر می‌گیریم.



شکل ۳۳ــ۴ــ مدار با سه مقاومت موازی

در مدار موازی ولتاژ منبع با ولتاژ دو سر شاخه‌ها برابر است و جریان کل از مجموع جریان‌های شاخه‌ها به دست می‌آید. با توجه به این نکات می‌توانیم رابطه مربوط به مقدار مقاومت معادل را به دست آوریم.

$$E = U_۱ = U_۲ = U_۳ \qquad (۱)$$

$$I = I_۱ + I_۲ + I_۳ \qquad (۲)$$

طبق قانون اهم می‌توان نوشت :

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

مقادیر معادل جریان‌ها را در رابطه ۲ می‌گذاریم :

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

با فاکتورگیری و حذف E از طرفین تساوی، به رابطه ۳ می‌رسیم.

$$\frac{E}{R_t} = E\left(\frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳}\right)$$

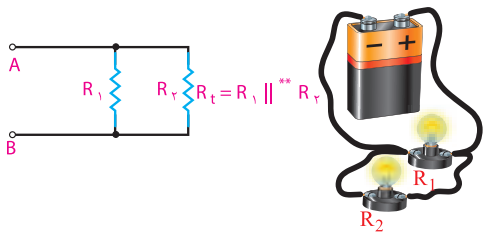
$$\frac{۱}{R_t} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} \qquad (۳)$$

حالات خاص

الف) رابطه مقاومت معادل بین دو مقاومت موازی شکل ۳۴ــ۴ به صورت زیر محاسبه می‌شود.[۱ و ۲]

$$\frac{۱}{R_{AB}} = \frac{۱}{R_t} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲}$$

$$\frac{۱}{R_t} = \frac{R_۲ + R_۱}{R_۱ R_۲} \Rightarrow R_t = \frac{R_۱ R_۲}{R_۲ + R_۱}$$



شکل ۳۴ــ۴ــ مدار موازی با دو مقاومت

ب) در صورتی که مقاومت‌های موازی شده باهم مساوی باشند، مقاومت معادل به صورت زیر بدست می‌آید :

$$\frac{۱}{R_t} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \cdots + \frac{۱}{R}$$

تا n

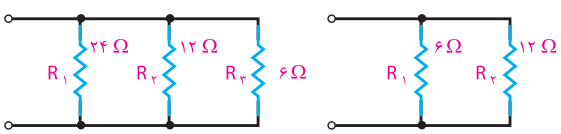
$$\frac{۱}{R_t} = \frac{۱}{R}(۱ + ۱ + \cdots + ۱)$$

$$\frac{۱}{R_t} = \frac{۱}{R} \times n = \frac{n}{R}$$

$$R_t = \frac{R}{n}$$

n تعداد مقاومت‌های موازی شده و R یکی از مقاومت‌هاست.

مثال ۴ : مقاومت معادل مدارهای شکل ۳۵ــ۴ را به‌دست آورید :



شکل ۳۵ــ۴ــ مدار مثال ۴

۱ــ معمولاً مقاومت معادل در مدار موازی را به R_{eq} نشان می‌دهند. eq مخفف کلمه equivalent به معنای معادل است ولی در این کتاب جهت سادگی، مقاومت معادل در مدار موازی نیز با R_t نمایش داده شده‌است.

۲ــ علامت دو خط موازی را برای اختصار در به کار بردن کلمه موازی به کار می‌برند، مثلاً $R_۱ \| R_۲$ یعنی $R_۱$ موازی $R_۲$ است.

مقاومت معادل مدار الف برابر است با :

$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = \frac{72}{18} = 4\Omega$$

همچنین در مدار ب مقاومت معادل برابر است با :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} + \frac{1}{6}$$

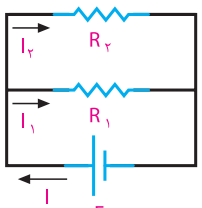
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1+2+4}{24} = \frac{7}{24} \quad , \quad R_t = \frac{24}{7} = 3/43\Omega$$

پ ــ با توجه به مدار ۳۶ــ۴ و به کارگیری قانون اهم برای هر شاخه، به این نتیجه می‌رسیم :

رابطه (۱) $E = I_1 R_1$

رابطه (۲) $E = I_2 R_2$

رابطه (۳) برای مقاومت کل $E = IR_t$



شکل ۳۶ــ۴

مقاومت معادل مدار فوق برابر است با

(۴) $$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

از رابطه ۱ جریان I_1 را به دست می‌آوریم.

(۵) $$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

رابطه ۴ را در رابطه ۳ قرار می‌دهیم :

$$E = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

حال اگر مقدار E را در رابطه ۵ جایگزین کنیم، خواهیم داشت :

$$I_1 = \frac{I \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R_1}$$

$$I_1 = I \frac{R_1 R_2}{R_1 (R_1 + R_2)} \Rightarrow I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

نتیجه

جریان کل در شاخه‌های موازی با توجه به مقدار مقاومت‌های هر شاخه تقسیم می‌شود (مقاومت کمتر ــ جریان بیشتر).

I_2 نیز به ترتیب زیر به‌دست می‌آید.

$$I_2 = \frac{E}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{I \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R_2} = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

با حذف R_2 از صورت و مخرج داریم :

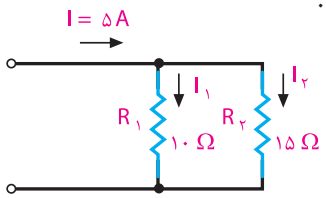
$$I_2 = I \frac{R_1}{(R_1 + R_2)}$$

کارگروهی

با توجه به روش به دست آوردن جریان I_1 بر حسب I و مقادیر مقاومت R_1 و R_2، اثبات کنید که :

$$I_1 = I \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

مثال ۵ : شدت جریان هر شاخه در مدار شکل ۳۷ــ۴ را به دست آورید.



شکل ۳۷ــ۴ــ مدار مثال ۵

توجه :

رابطه جریان شاخه R_1 :

$$I_1 = I \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

$$I_1 = \frac{5 \times 15}{15 + 10}$$

جریان شاخه R_1 :

$$I_1 = \frac{75}{25} = 3A$$

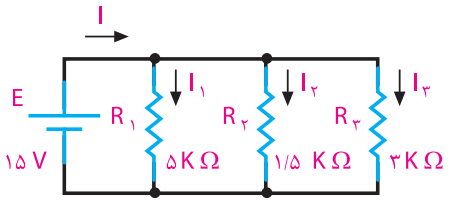
جریان شاخه R_2 :

$$I_2 = I - I_1 = 5 - 3 = 2A$$

یا

$$I_2 = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 5 \frac{10}{25} = 2A$$

مثال ۶ : در مدار شکل ۳۸ــ۴ شدت جریان هر شاخه و شدت جریان کل را به‌دست آورید.



شکل ۳۸ــ۴ــ مدار مثال ۶

راه‌حل :

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

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

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

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

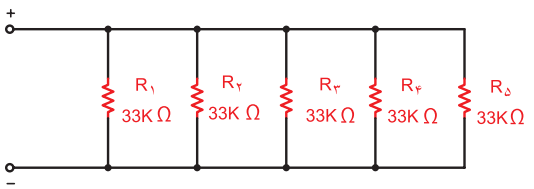
$$I = 3 + 10 + 5 \qquad I = 18mA$$

فعالیت

ویژگی‌های مدارهای موازی را بنویسید و در کلاس به بحث بگذارید.

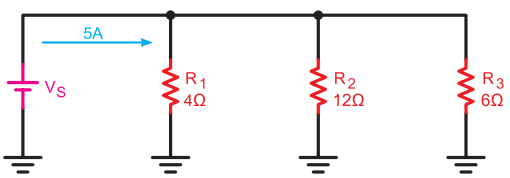
الگوی پرسش (ارزشیابی واحد یادگیری ۴ از فصل اول) :

۱ مقاومت معادل را در شکل ۳۹ــ۴ به دست آورید.



شکل ۳۹ــ۴ــ مدار سؤال ۱ الگوی پرسش

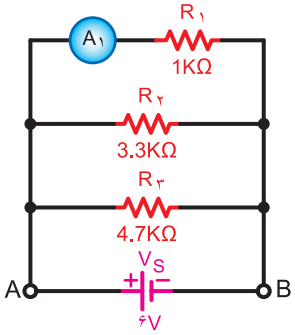
۲ با توجه به مدار شکل ۴۰ــ۴ مقدار ولتاژ منبع تغذیه را محاسبه کنید.



شکل ۴۰ــ۴ــ مدار سؤال ۲ الگوی پرسش

۳ ولتاژ هر یک از مقاومت‌های شکل ۴۰ــ۴ را به‌دست آورید.

۴ جریان هر یک از مقاومت‌های شکل ۴۱ــ۴ را به دست آورید.



شکل ۴۱ــ۴ــ مدار سؤال ۴ الگوی پرسش

۵ دو لامپ با مقاومت داخلی ۴ اهم مطابق شکل ۴۲ــ۴ با هم موازی شده‌اند و به باتری ۱/۵ ولتی اتصال می‌یابند. جریان کل عبوری از مدار و جریان هر یک از لامپ‌ها چقدر است؟

شکل ۴۲ــ۴ــ مدار سؤال ۵ الگوی پرسش

۶ در مداری با چهار مقاومت مساوی ۱۰ کیلو اهم که به صورت موازی بسته شده‌اند، مقاومت معادل از رابطه ..... به دست می‌آید و مقدار مقاومت معادل برابر با ..... است.

۷ در مدار موازی، مقاومت کل از کوچک‌ترین مقاومت بزرگ‌تر است.

درست ☐ نادرست ☐

۸ در مدار موازی، جریان مقاومت کوچک‌تر از جریان بقیه مقاومت‌ها بزرگ‌تر است.

درست ☐ نادرست ☐