

آشنایی با مهندسی برق

مقدمه:

دانش انسان در الکتریسیته مربوط به 600 سال قبل از میلاد مسیح است.

تالس دانشمند یونانی پی برد بر اثر مالش کهر با می توان خرده های سبک اجسام را جذب کرد.

طبقه بندی اجسام

اجسام موجود در طبیعت به سه دسته تقسیم می شوند

1. رسانا: دارای تعداد زیادی الکترون آزاد. مس، نقره
2. نارسانا: الکترون آزاد ندارند. میکا، چوب
3. نیمه رسانا: بین این دو دسته قرار میگیرند. ژرمانیوم، سیلیسیوم

کمیت های الکتریکی

V ولتاژ

I جریان

p توان

E انرژی

C بار الکتریکی

بار الکتریکی

بار الکتریکی برای تمامی اجسام یکسان و مقدار آن :

$$q=6.23 \times 10^{18}$$

اگر q الکترون به جسم بدهیم یک کولمب بار مثبت و اگر q الکترون از آن بگیریم یک کولمب بار منفی دارد.

ولتاژ: مقدار کار انجام شده نسبت به بار الکتریکی

$$V=W/q$$

بارها بصورت جریان از عناصر رسانا عبور داده میشود.
در زمین سطح پتانسیل صفر است در مدارات الکتریکی جهت مقایسه
سطح ولتاژ نقاط مختلف، یک نقطه را بعنوان مرجع پتانسیل در نظر
میگیرند و ولتاژ بقیه نقاط را نسبت به آن می سنجند.

جریان: مقدار بار جابجا شده در واحد زمان

$$I=q/t$$

اگر الکترونها در جهت ثابتی حرکت کنند به آن جریان مستقیم یا DC
میگویند.

بار الکتریکی برای ایجاد تعادل از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر حرکت می کند.

توان: مقدار کار انجام شده در واحد زمان

$$P=V.I$$

$$P=W/t$$

انرژی : توانایی انجام کار

$$W=V.I.t$$

سیگنالهای الکتریکی ولتاژ یا جریانی هستند که در مدار ایجاد می شوند. سیگنال ها (معمولا ولتاژ) انتقال دهنده ی اطلاعات هستند.

باتری: وسیله ایست که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند و در مدارات کم مصرف به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می گیرد.

باتریها به 2 دسته تقسیم می شوند:

قابل شارژ

یکبار مصرف

عناصر فعال: منبع ولتاژ، منبع جریان
هم می توانند انرژی الکتریکی تولید و هم مصرف کنند.

عناصر غیر فعال: مقاومت، سلف، خازن
فقط می توانند انرژی الکتریکی مصرف کنند.

مقاومت الکتریکی:

همه اجسام در برابر عبور جریان الکتریکی از خود مقاومت نشان می دهند.

الکترون ها در حین حرکت به اتمهای ساکن در جسم برخورد و مقدار زیادی از این انرژی به صورت حرارت از بین میروند.

چون ساختمان اتمها یکسان نیست میزان برخورد الکترونها با اتمها یکسان نبوده بنابراین مقاومت الکتریکی همه ی هادیها یکسان نیست.

مقاومت الکتریکی با طول جسم نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد.

جسم هادی دو سر که در برابر عبور جریان مقاومت میکند و ولتاژ دو سر آن متناسب با جریان عبوری از آن می باشد.

هرچه مقاومت بزرگتر جریان عبوری کمتر

$$V=R.I$$

قانون اهم:

واحد اندازه گیری R: اهم

$$R=k*10^{a+b\%}$$

رنگهای k و a : سیاه 0 قهوه ای 1 قرمز 2 نارنجی 3 زرد 4 سبز 5 آبی 6 بنفش 7 خاکستری 8 سفید 9

رنگهای b: نقره ای 10% طلایی 5% قرمز 2% قهوه ای 1%

اتصال عناصر:

اجزای یک مدار بسته به هدف طراحی بصورت سری، موازی یا ترکیبی

سری: هرگاه قطعات بدنبال هم بسته شوند.

در مدارات سری جریان در همه ی نقاط مدار با هم برابر است.

مقاومت معادل : $R=R1+R2+R3...$

$$I=I1=I2=I3...$$

جهت ولتاژ ها در مدار سری وارون جهت ولتاژ منبع تغذیه است.

$$V=V1+V2+V3...$$

موازی: هرگاه دو یا چند قطعه به دو سر یک منبع ولتاژ وصل شوند.
ولتاژ دو سر همه ی قطعات موازی شده با هم برابر است.

$$V=V_1=V_2=V_3\dots$$

مقاومت معادل:

$$R=1/R_1+1/R_2+1/R_3\dots$$

$$I=I_1+I_2+I_3\dots$$

رسانایی عکس مقاومت است:

$$G=1/R$$

واحد G = زیمنس S

پالس: به شکل موجی که در یک زمان کوتاه از سطح صفر به یک سطح ولتاژ مشخص می رسد و برای مدتی در این سطح ولتاژ باقی مانده و سپس به سطح صفر باز می گردد.

قطار پالس: از تکرار پالسهای مشابه قطار پالس ساخته می شود.

خازن: از دو صفحه فلزی که با یک عایق (دی الکتریک) از هم جدا شده، تشکیل شده است.

ظرفیت خازن معیاری برای اندازه گیری توانایی نگهداری انرژی الکتریکی است.

خازن انرژی الکتریکی را ذخیره می کند و پس می دهد.
واحد آن فاراد F

$F1$ واحد بزرگی است.

در خازن ها با ظرفیت کم ، ظرفیت روی آنها نوشته می شود.

دیود: یک عنصر نیمه هادی دو سر که جریان الکتریکی را یکسو میکند.

قطب مثبت: آند a

قطب منفی: کاتد k

انواع دیود ها:

- دیود زener
- دیود نوری
- دیود نورانی LED

دیود زنر

نوعی دیود که بصورت معکوس بایاس می شود. (جریان وقتی از سمت مثبت وارد شود بایاس مستقیم گویند.)

این دیود برای تهیه یک ولتاژ ثابت (معمولاً مقدار آن روی دیود نوشته می شود) استفاده می شود.

دیود نورانی LED: هنگام روشن بودن نور متصاعد می کند.

دیود نوری: نوع خاصی از دیود که با قرار گرفتن در معرض نور روشن می شود. بعنوان حسگر برای تشخیص نور کاربرد دارد.

مدل ایده ال دیود:

اتصال کوتاه

مدار باز

D:ON بایاس مستقیم

D:Off بایاس معکوس

مدل تقریبی:

V_d

مدار باز

D:ON بایاس مستقیم

D:Off بایاس معکوس

مدل دقیق:

$$V_D = V_d + I_d R_f$$

مدار باز

D:ON بایاس مستقیم

D:Off بایاس معکوس

سیگنال متناوب (AC)

این سیگنال در یک مسیر منتشر می شوند و سپس تغییر مسیر می دهند و این عمل را دائماً تکرار می کنند.

به هر تغییر بین مثبت و منفی یک سیکل می گویند که واحد آن هرتز است.

در ایران وسایل الکتریکی با فرکانس 50 هرتز کار میکند.

سیگنال های متناوب برای راه اندازی وسایلی از قبیل لامپ ها و گرم کننده ها بکار میروند اما اکثر مدارات الکتریکی برای کار نیاز به یک ولتاژ مستقیم دارند.

سیگنال مستقیم (DC)

جریان مستقیم همیشه در یک مسیر جاری می شود (همیشه مثبت یا همیشه منفی است) ولی ممکن است میزان آن کاهش یا افزایش یابد.

باتریها و رگولاتور ها ولتاژ مستقیم می دهند و این ولتاژ برای راه اندازی مدارات الکتریکی مناسب است.

مدار برش:

مدار برش را مدار محدود کننده نیز می گویند، این مدار ها برای انتخاب بخشی از یک سیگنال که بالاتر یا پایین تر از مقدار معینی باشد به کار می رود.

مدار کلمپ (Clamp):

این مدار سطح DC سیگنال را تغییر می دهد و یا به عبارتی دیگر مقدار DC به سیگنال اضافه یا کم می شود.

این مدارات حداقل دارای سه عنصر هستند:

مقاومت ، خازن، دیود

و گاهی برای تکمیل مدار یک منبع تغذیه DC نیز به آن اضافه می شود. خازن در لحظه های اولیه اتصال کوتاه شده سپس شارژ می شود.

ترانزیستور

یک عنصر نیمه هادی سه پایه که در مدارها بعنوان تقویت کننده جریان و کلید قطع و وصل مورد استفاده قرار می گیرد، در اصطلاح به معنای انتقال جریان از مداری با مقاومت کم به مداری با مقاومت زیاد است.

دو نوع اصلی ترانزیستور های پیوندی:

- NPN

- PNP

دو نوع پیوند N,P داریم ،حال با توجه به این دو پیوند چهار حالت مختلف برای بایاس ترانزیستور در نظر می گیرند:

1. حالت فعال:دیود BE بایاس مستقیم، دیود BC بایاس معکوس
2. حالت فعال:دیود BE بایاس معکوس، دیود BC بایاس معکوس
3. حالت فعال:دیود BE بایاس مستقیم، دیود BC بایاس مستقیم
4. حالت فعال معکوس:دیود BE بایاس معکوس، دیود BC بایاس مستقیم

عملکرد ترانزیستور:

- پیوند Base Emitter: این حالت مشابه حالتی است که دیود با تغذیه مستقیم بایاس گردیده است.
- پیوند Base Collector: این حالت مشابه دیود با تغذیه معکوس است.

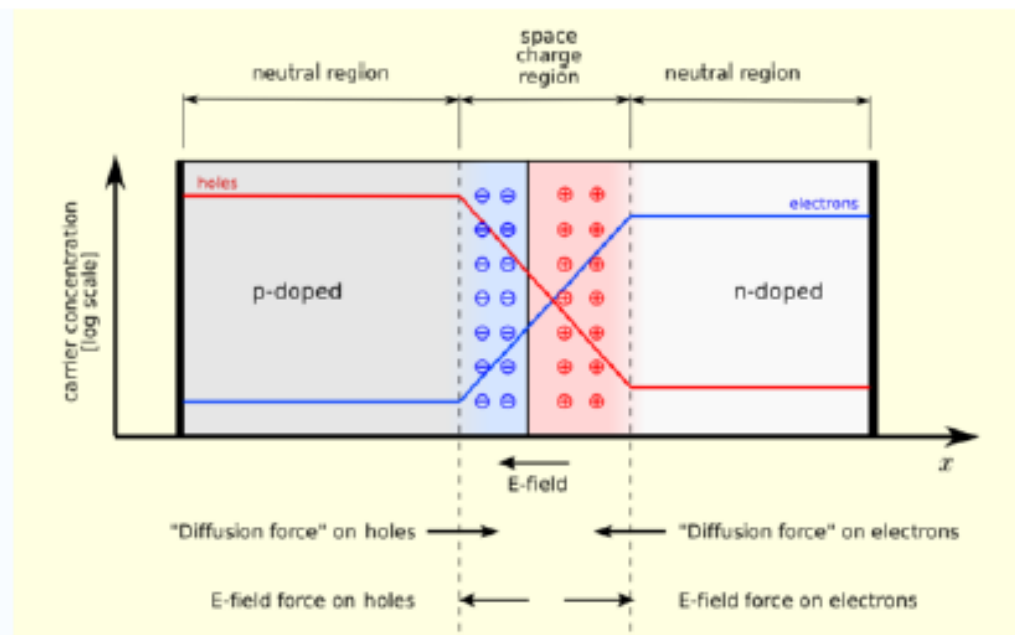
در حالیکه ترانزیستور مثل یک کلید عمل می کند اگر به پایه Base جریانی وارد شود، پایه کلکتور به امیتر اتصال کوتاه میشود و اگر ولتاژ بیس صفر یا منفی باشد، کلکتور از امیتر قطع میشود.

بتا: ضریب تقویت جریان ترانزیستور ست که برای هر ترانزیستور یک عدد ثابت است.

این عدد معمولاً بین 50 تا 200 است.

در حالت تقویت کنندگی بتا برابر جریان عبوری از بیس، از کلکتور و امیتر عبور میکند.

روابط:



شکل ۱-۱ دیود اتصال pn در تعادل ترمودینامیکی: جمعیت الکترون ها در نوع n (خط آبی) و جمعیت حفره ها (خط قرمز) در نوع p بیشتر

است، بدین ترتیب شاهد بوجود آمدن ناحیه تخلیه یا ناحیه بار فضائی خواهیم بود.^{۳۹}

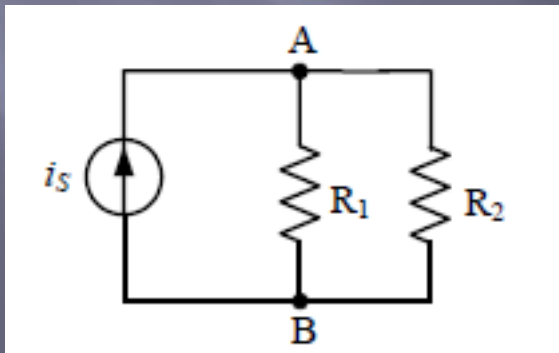
اصول مدارهاي الكتريكي

يك مدار الكتريكي متشكل از تركيبی از ادوات الكتريكي و يا المانهاي مداري مي باشد. با توجه به ماهيت و تعداد المانهاي مداري موجود در تركيب مزبور پيچيدگي قابل ملاحظه اي مي تواند در مدار ايجاد شود كه در اينصورت به مدار الكتريكي اصطلاحاً يك شبکه الكتريكي گوئيم. وقتي تركيبی از المانها را در يك مدار شاهد هستيم مشخصه هاي جريان و ولتاژ المانها هر مقداري را نمي تواند به خود بگيرد و با توجه به محدوديت هائي كه به آنها اصول حاكم بر مدار گوئيم تعيين مي شود. اين اصول در حالت كلي منجر به قضايائي در شبکه هاي الكتريكي مي گردد كه برخي از اين قضايا به منظور ساد هسازي شبکه هاي پيچيده است و برخي ديگر در ارتباط با شناخت رفتار شبکه مي باشد

معرفي يك مدار ساده و بيان قوانين KCL,KVL

يك گره محل اتصال دو يا بيشتر المان ها ميباشد. شكل زير 2 گره دارد.

همچنين به بخشي از يك مدار كه شامل دو پايانه جهت اتصال به بخ حلقه يك مسير بسته است كه از تعدادي شاخه هاي متصل به هم تشكيل يافته است، به طوري كه در اين مسير بسته هيچ گره اي بيش از يك بار مرور نشود شاخه گفته مي شود.



قانون جریان کیرشف KCL

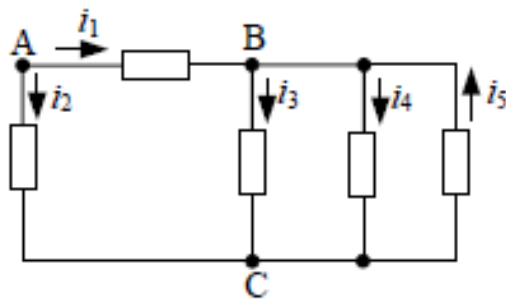
مجموع جبري جريانهاي واردشونده به هر گره در هر لحظه از زمان برابر با صفر است.

قانون ولتاژ کیرشف KVL

مجموعه جبري ولتاژهاي شاخه هاي موجود در يك حلقه در هر لحظه برابر با صفر است.

(مدار مقسم جریان):

$$\begin{cases} i_{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i_S \\ i_{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i_S \end{cases}$$



شکل ۵-۲ مدار مربوط به مثال ۱-۲

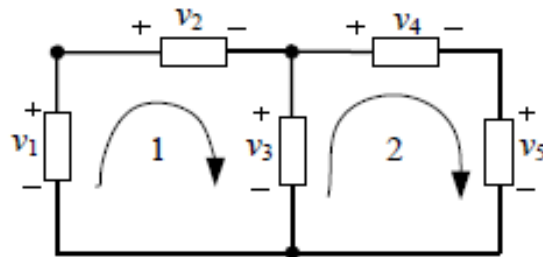
مثال ۱-۲ در مدار شکل ۵-۲ اگر $i_1 = 4A$ ، $i_3 = 1A$ و $i_4 = 2A$ مطلوب است i_2 ، i_5 .

حل - کافی است که معادلات KCL را برای گره‌های A، B بنویسیم:

$$\begin{aligned} \Rightarrow i_2 = -4A, i_5 = -1A \quad & \text{KCL at Node A: } -i_1 - i_2 = 0; \\ & \text{KCL at Node B: } i_1 - i_3 - i_4 + i_5 = 0; \end{aligned}$$

(مدار مقسم ولتاژ):

$$\begin{cases} v_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_S \\ v_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_S \end{cases}$$



شکل ۸-۲ مدار مربوط به مثال ۲-۲

مثال ۲-۲ در مدار شکل ۸-۲ اگر

$v_1 = 5v$, $v_2 = -3v$, $v_4 = 10v$ باشد v_3 , v_5 را بیابید.

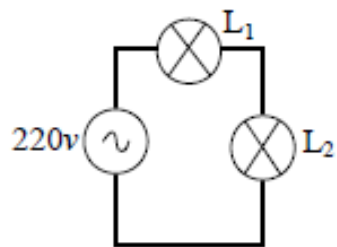
حل- با نوشتن KVL برای حلقه (۱) داریم:

$$-v_1 + v_2 + v_3 = 0 \Rightarrow v_3 = 8v$$

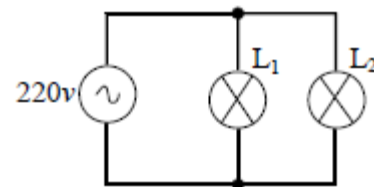
$$-v_3 + v_4 + v_5 = 0 \Rightarrow v_5 = -2v$$

با نوشتن KVL در حلقه (۲) داریم:

اتصال سري و موازی: دو نوع اتصالي که در مدارات الکتریکي زياد اتفاق مي افتد، اتصال سري و موازي است. اگر دو المان به گونه اي به يکديگر متصل شده باشند که بدون لحاظ کردن هيچ شاخه ديگري تشکيل يك حلقه بدهند و يا به عبارت ديگر پايانه هاي دو المان مزبور به هم متصل باشند به طوري که اختلاف پتانسيل هاي دو سر هر المان برابر با ديگري باشد آنها را دو المان موازي مي گوييم.



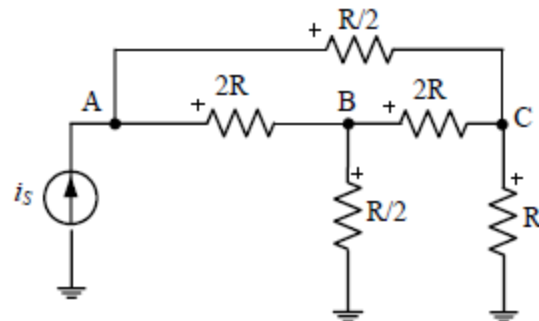
شکل ۲-۱۰ اتصال سري دو لامپ



شکل ۲-۹ اتصال موازی دو لامپ

روش تجزیه و تحلیل گره (ولتاژ گره)

در این روش ابتدا ولتاژ یکی از گره ها را صفر می گیریم (گره مرجع یا گره زمین) و ولتاژ گره های دیگر را نسبت به این گره در نظر می گیریم. واضح است که هر شاخه را که در نظر بگیریم یا یکی از دو پایانه آن به گره مرجع وصل شده است و یا هیچ ارتباطی با آن ندارد که واضح است در هر دو مورد با داشتن $i-v$ ولتاژ گره ها، ولتاژ شاخه بدست می آید و با داشتن ولتاژ شاخه با استفاده از محدودیت مشخصه برای المان واقع روی آن شاخه، جریان شاخه مزبور نیز بدست می آید. گره غیر مرجع $(N-1)$ را برای KCL می نویسیم و در هر مرحله جریان هر شاخه را با توجه به رابطه اهم یعنی حاصل ضرب رسانایی المان واقع در این شاخه در ولتاژ شاخه (که با توجه به مرحله قابل نوشتن به صورت ترکیب خطی از ولتاژهای گره ها می باشد) نوشته می شود



شکل ۱۱-۲ مدار مربوط به مثال ۳-۲

مثال ۳-۲ مطلوب است معادلات حاکم بر مدار شکل ۱۱-۲ به روش تجزیه و تحلیل گره.

$$KCL \text{ at Node } A: \frac{1}{2R}(v_A - v_B) + \frac{1}{R/2}(v_A - v_C) = i_S,$$

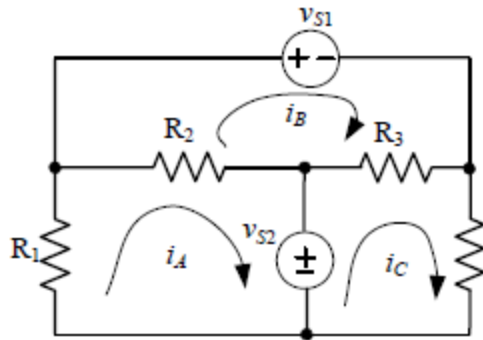
$$KCL \text{ at Node } B: \frac{1}{R/2}v_B + \frac{1}{2R}(v_B - v_A) + \frac{1}{2R}(v_B - v_C) = 0, \quad \text{حل -}$$

$$KCL \text{ at Node } C: \frac{1}{R}v_C + \frac{1}{2R}(v_C - v_B) + \frac{1}{R/2}(v_C - v_A) = 0,$$

در نتیجه پس از مرتب کردن معادلات خواهیم داشت:

$$\begin{cases} 2.5Gv_A - 0.5Gv_B - 2Gv_C = i_S \\ -0.5Gv_A + 3Gv_B - 0.5Gv_C = 0 \\ -2.5Gv_A - 0.5Gv_B + 3.5Gv_C = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 2.5G & -0.5G & -2G \\ -0.5G & 3G & -0.5G \\ -2G & -0.5G & 3.5G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_A \\ v_B \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_S \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \equiv AX = B$$

روش تجزیه و تحلیل مش (جریان مش)



شکل ۱۲-۲ مدار مربوط به مثال ۴-۲

مثال ۴-۲ در مدار شکل ۱۲-۲ معادلات تجزیه و تحلیل مش را بنویسید.

$$R_1 = R_4 = 2k\Omega, R_2 = R_3 = 4k\Omega$$

حل -

$$KVL \text{ at Mesh } A : (R_1 + R_2)i_A - R_2i_C + v_{S2} = 0,$$

$$KVL \text{ at Mesh } B : (R_3 + R_4)i_B - R_3i_C - v_{S2} = 0,$$

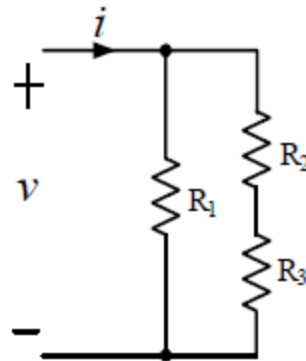
$$KVL \text{ at Mesh } C : (R_2 + R_3)i_C - R_2i_A - R_3i_B + v_{S1} = 0,$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\begin{bmatrix} 6000 & 0 & -4000 \\ 0 & 6000 & -4000 \\ -4000 & -4000 & 8000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -v_{S2} \\ v_{S2} \\ -v_{S1} \end{bmatrix} \equiv AX = B$$

مدار معادل

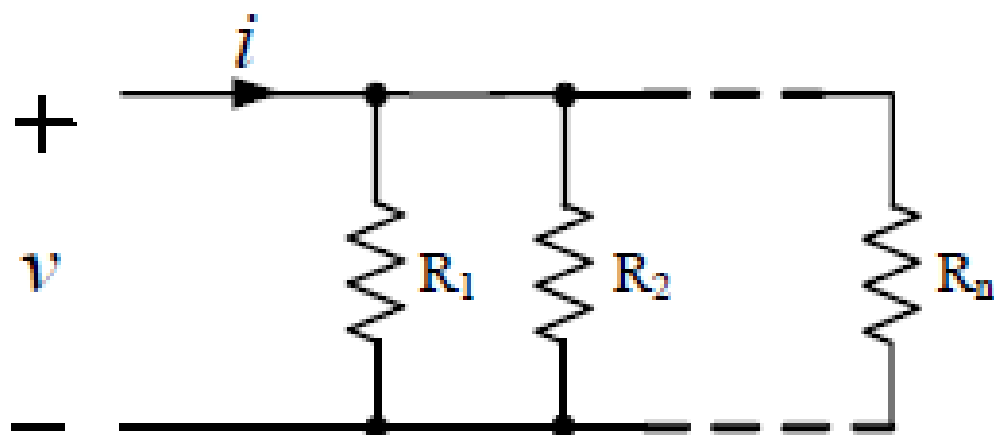
دو مدار با يك دهنه مشخص شده (يك دهنه شامل دو سر مي باشد كه جريان ورودی از يك سر با جريان خروجی از سر دیگر برابر است) يكساني در آن دو سر داشته باشند $i-v$ معادل هستند اگر مشخصه



شكل ۲-۱۳ يك مدار مقاومتی برای بیان مفهوم مدار معادل

$$v = v_{R1} + v_{R2} + \cdots + v_{Rn} = i(R_1 + R_2 + \cdots + R_n) = iR_{eq}$$

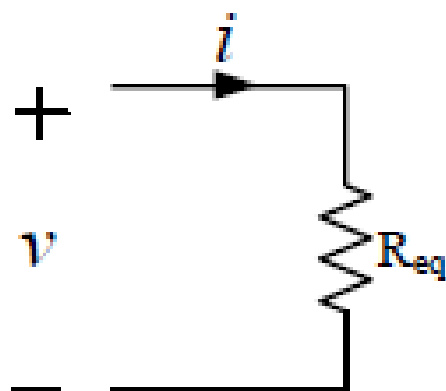
$$\Rightarrow R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i$$



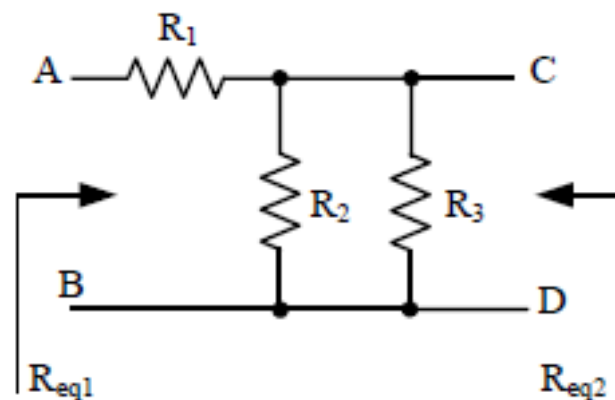
شکل ۲-۱۵- مجموعهای از مقاومتهای موازی

$$i = i_{R1} + i_{R2} + \dots + i_{Rn} = v \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) = \frac{v}{R_{eq}}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$



شکل ۲-۱۶- مدار معادل برای مقاومتهای سری و موازی



شکل ۱۷-۲ مدار مربوط به مثال ۵-۲

مثال ۵-۲ در شکل ۱۷-۲ مقاومت معادل را از دید سرهای A,B و بار دیگر سرهای D,C بدست آورید.

حل - با عنایت به مطالب گفته شده خواهیم داشت:

$$R_{eq1} = R_1 + R_2 \parallel R_3 = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_{eq2} = R_2 \parallel R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

