

## فصل چهارم

### قوانین تونن و نورتن

**هدف کلی:** آشنایی با منبع ولتاژ و منبع جریان و قوانین تونن و نورتن و به کارگیری آنها در مدارها

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



- ۱- منبع جریان را تعریف کند.
- ۲- انواع منبع جریان را نام ببرد.
- ۳- منبع ولتاژ را تعریف کند.
- ۴- انواع منابع ولتاژ را نام ببرد.
- ۵- منابع ولتاژ و منابع جریان را به یکدیگر تبدیل کند.
- ۶- مدار معادل تونن مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را به دست آورد.
- ۷- مدار معادل نورتن مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را به دست آورد.
- ۸- کلیه هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول بخش اول به آنها اشاره شده است را اجرا کند.

ساعت آموزش			توانایی
جمع	عملی	نظری	
۸	۴	۴	شماره ۴



## پیش آزمون فصل (۴)

۱- عناصر فعال به عناصری گفته می‌شود که انرژی مدار را ..... می‌کنند.

الف) مصرف      ب) تامین

۲- منبع ولتاژ حقیقی را می‌توان منبع ولتاژ ایده‌آلی دانست که یک مقاومت اهمی.....، با آن ..... شده باشد.

الف) کوچک- سری      ب) کوچک- موازی

ج) بزرگ- سری      د) بزرگ- موازی

۳- منابع جریان واقعی، منابع جریان ایده‌آلی هستند که با یک مقاومت اهمی بزرگ به صورت موازی قرار گرفته‌اند.

صحیح       غلط

۴- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست؟

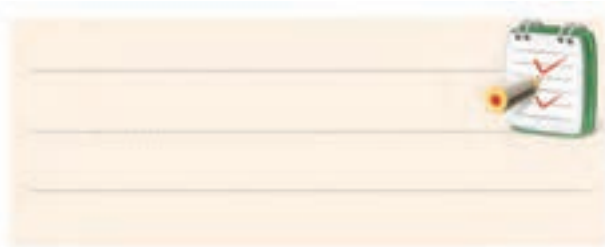
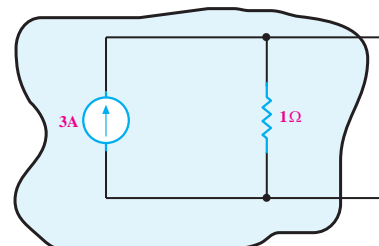
الف) منابع جریان ایده‌آل، در بارهای مختلف، جریان ثابتی به مدار می‌دهند.

ب) منبع ولتاژ حقیقی منبعی است که با افزایش بار، ولتاژ خروجی آن کاهش می‌یابد.

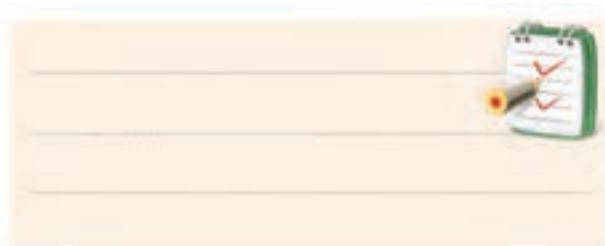
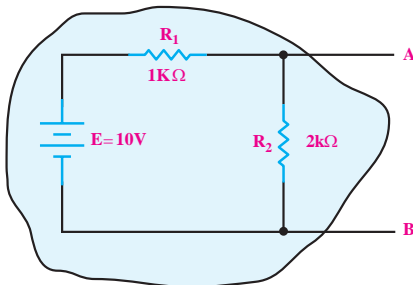
ج) منابع ایده‌آل را می‌توان به یکدیگر تبدیل کرد و توان آن را افزایش داد.

د) برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان، مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

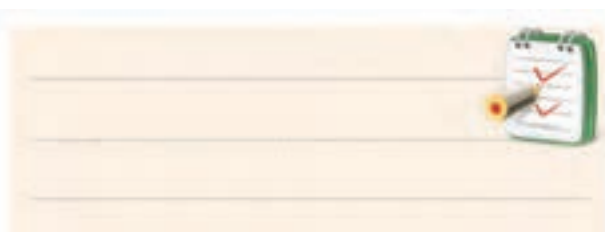
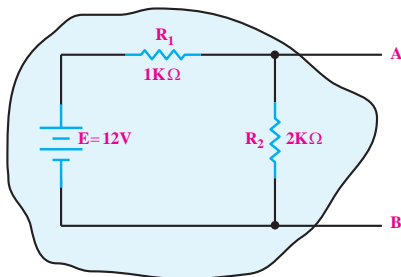
۵- منبع ولتاژ معادل منبع جریان شکل زیر را به دست آورید.



۶- مدار معادل نورتن شکل زیر را از دو نقطه‌ی A و B به دست آورید.

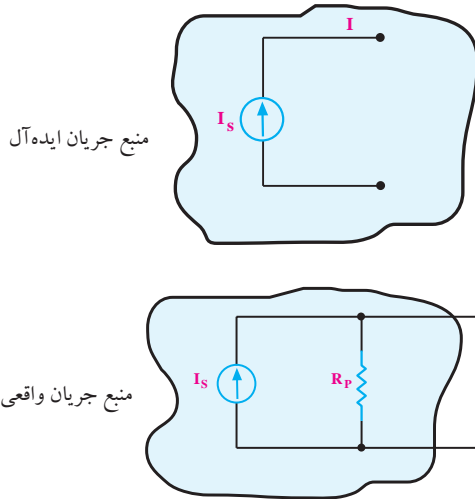


۷- مدار معادل تونن مدار زیر را از دو نقطه‌ی A و B به دست آورید.



## ۴-۱ عناصر فعال مدارهای الکتریکی

در این منابع به دلیل ثابت بودن جریان منبع، در صورت تغییر بار، جریان عبوری در مصرف کننده قدری تغییر می کند. در شکل ۴-۲ دو نمونه منبع جریان ایده آل و واقعی را مشاهده می کنید.



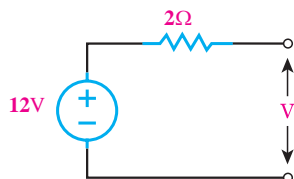
شکل ۴-۲ دو نمونه منبع جریان

### ۴-۱-۳ تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر

در تحلیل مدارهای الکتریکی مواردی پیش می آید که اگر به جای منبع ولتاژ، یک منبع جریان در مدار قرار گیرد، تحلیل مدار ساده تر می شود. برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان کافی است، ولتاژ منبع را بر مقاومت داخلی آن تقسیم کنیم تا مقدار جریان منبع جریان معادل به دست آید. مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

**مثال ۱:** منبع جریان معادل منبع ولتاژ شکل ۴-۳ را به دست

آورید.



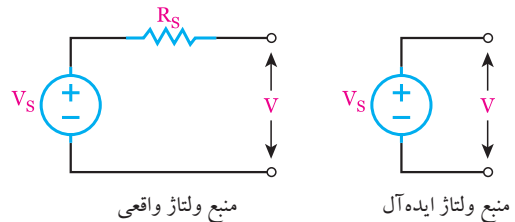
شکل ۴-۳

عناصر فعال به عناصری گفته می شود که انرژی مدار را تأمین می کنند. این عناصر منابع ولتاژ و منبع جریان هستند. هر یک از این دو منبع به دو گروه منابع ایده آل و منابع حقیقی تقسیم می شوند.

### ۴-۱-۱ منابع ولتاژ

منبع ولتاژ ایده آل منبعی است که بتواند در بارهای مختلف، ولتاژ ثابتی را به مدار بدهد. منبع ولتاژ حقیقی، منبعی است که با افزایش بار (کاهش مقاومت مدار)، ولتاژ خروجی آن کاهش می یابد.

منبع ولتاژ حقیقی را می توان منبع ولتاژ ایده آلی دانست که یک مقاومت اهمی کوچک با آن سری شده است. منابع تغذیه در صنعت، منابع ولتاژ حقیقی هستند و منابع ولتاژ ایده آل وجود خارجی ندارند ولی با تقریب می توان منابع ولتاژ با انرژی بسیار بزرگ را ایده آل فرض کرد. شکل ۴-۱ یک نمونه منبع ولتاژ ایده آل و یک نمونه منبع ولتاژ واقعی را نشان می دهد.



شکل ۴-۱ دو نمونه منبع ولتاژ

### ۴-۱-۲ منابع جریان

منابع جریان ایده آل منبعی هستند که در بارهای مختلف، جریان ثابتی به مدار می دهند. به عبارت دیگر، اگر مقاومت بار در مدار تغییر کند، ولتاژ آن تغییر می کند ولی جریان آن ثابت است. منابع جریان بیش تر در مدارهای الکترونیکی دیده می شوند و به صورت ایده آل وجود ندارند. منابع جریان واقعی، منابع جریان ایده آلی هستند که با یک مقاومت بزرگ اهمی به صورت موازی قرار گرفته اند.

**حل:**

مقدار ولتاژ معادل منبع ولتاژ از حاصل ضرب جریان کل

در  $R_p$  به دست می آید:

$$V_s = 12 \times 3 = 36 \text{ (V)}$$

$$R_s = R_p = 3 \Omega$$

مقاومت داخلی منبع جریان و منبع ولتاژ با هم برابر است:

$$R_s = R_p = 2 \Omega$$

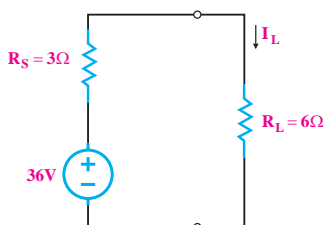
مقدار جریان منبع را از تقسیم ولتاژ منبع ولتاژ بر

مقاومت سری با آن به دست می آوریم:

$$I_s = \frac{V_s}{R_s} = \frac{12 \text{ (V)}}{2 \text{ (\Omega)}} = 6 \text{ A}$$

منبع ولتاژ معادل منبع جریان این مثال را در شکل ۴-۶

مشاهده می کنید.



$$I_L = \frac{36 \text{ (V)}}{3 + 6} = 4 \text{ (A)}$$

شکل ۴-۶ مدار معادل منبع جریان

همان طور که ملاحظه می کنید جریان مصرف کننده در

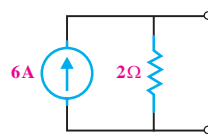
حالتی که منبع جریان در مدار است برابر با زمانی است که

در مدار منبع ولتاژ معادل قرار دارد. بدیهی است که ولتاژ دو

سر مقاومت بار و توان مصرفی آن نیز در هر دو حالت، ثابت

است.

پس منبع جریان معادل به صورت شکل ۴-۴ در می آید.



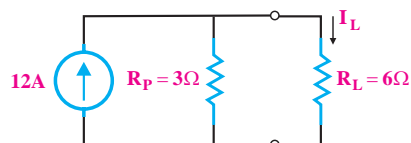
شکل ۴-۴ منبع جریان معادل

**مثال ۲:** در شکل ۴-۵ منبع ولتاژ معادل منبع جریان مدار

را محاسبه کنید و شکل مدار را رسم کنید. جریان مصرف

کننده  $R_L$  را در مدار منبع جریان و در مدار منبع ولتاژ

محاسبه کنید.



شکل ۴-۵

**حل:**

از قانون تقسیم جریان بین دو مقاومت برای به دست

آوردن  $I_L$  استفاده می کنیم:

$$I_L = I_{\text{کل}} \times \frac{3 \Omega}{3 + 6} = 12 \times \frac{3}{9} = 4 \text{ (A)}$$

به طور خلاصه برای تبدیل منبع جریان به منبع ولتاژ باید به

طریق صفحه بعد عمل کنید:

**تذکره:** منابع ایده آل را نمی توان به یکدیگر تبدیل

کرد.

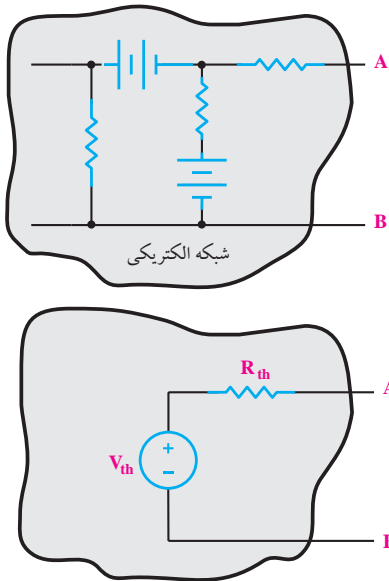
آیا می‌دانید:

یک لامپ کم مصرف ۲۰ وات با بازدهی انرژی  $A$  در طول عمر خود معادل یک بشکه نفت خام صرفه‌جویی می‌کند.

## ۲-۴ قضایای تونن و نورتن

### ۱-۲-۴ قضیه‌ی تونن

طبق قضیه‌ی تونن، هر شبکه‌ی الکتریکی از دو نقطه‌ی مشخص را می‌توان به صورت یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری شده با آن معادل نمود، شکل ۸-۴.



شکل ۸-۴ مدار معادل یک شبکه از دو نقطه‌ی  $A$  و  $B$

ولتاژ مدار معادل شده از دو نقطه‌ی  $A$  و  $B$  با ولتاژ شبکه‌ی اصلی دقیقاً برابر است. هم‌چنین مقاومت اهمی شبکه‌ی اصلی با شبکه‌ی معادل شده نیز یکی است.

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل تونن می‌توانیم مقاومت معادل از دو نقطه‌ی  $A$  و  $B$  را به کمک روابط محاسبه کنیم یا به کمک اهم‌متر مستقیماً اندازه‌بگیریم، شکل ۹-۴.

به طور خلاصه



- همیشه مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

$$R_s = R_p$$

- ولتاژ منبع ولتاژ از حاصل ضرب جریان در مقاومت

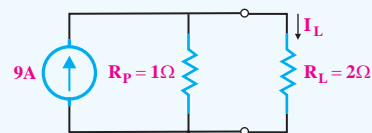
داخلی منبع جریان به دست می‌آید.

$$V_s = R_p \times I_s$$

**تمرین کلاسی ۱:** در مدار شکل ۷-۴، منبع



ولتاژ معادل منبع جریان مدار را محاسبه کنید و مدار جدید را رسم کنید. هم‌چنین جریان مصرف کننده‌ی  $R_L$  را در مدار منبع جریان و در مدار منبع ولتاژ محاسبه کنید.

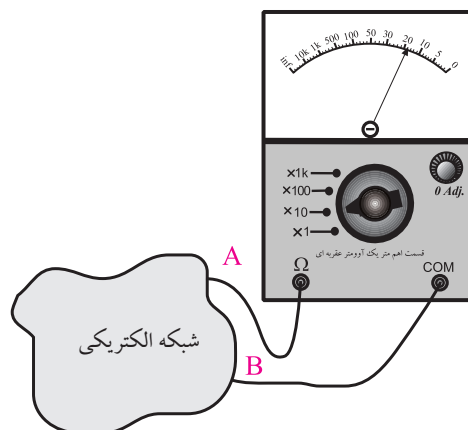


شکل ۷-۴

### توجه



هنگام اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن با مولتی‌متر، باید منبع ولتاژ را از مدار خارج کنیم و به جای آن مقاومت معادل داخلی آن را قرار دهیم.



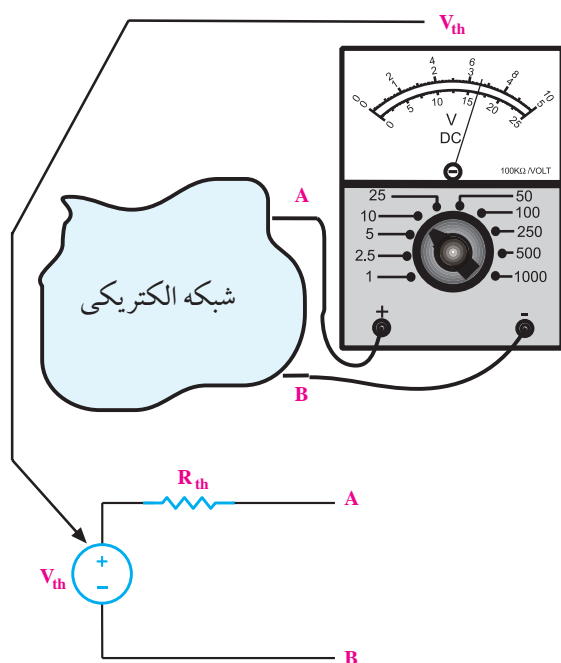
شکل ۹-۴- اهم‌متر مقاومت  $R_{th}$  را نشان می‌دهد.

برای به دست آوردن  $R_{th}$  به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

الف- بار را بر می‌داریم.

ب- منابع ولتاژ را بی‌اثر می‌کنیم. برای این منظور منابع ولتاژ ایده‌آل را اتصال کوتاه می‌کنیم. در شکل ۱۰-۴ به جای منابع ولتاژ واقعی، مقاومت داخلی آن را در مدار قرار داده‌ایم.

پ- از دو نقطه‌ای که بار قرار می‌گیرد (A و B) مقاومت معادل مدار را به دست می‌آوریم.



شکل ۱۱-۴- نحوه‌ی به دست آوردن ولتاژ معادل تونن

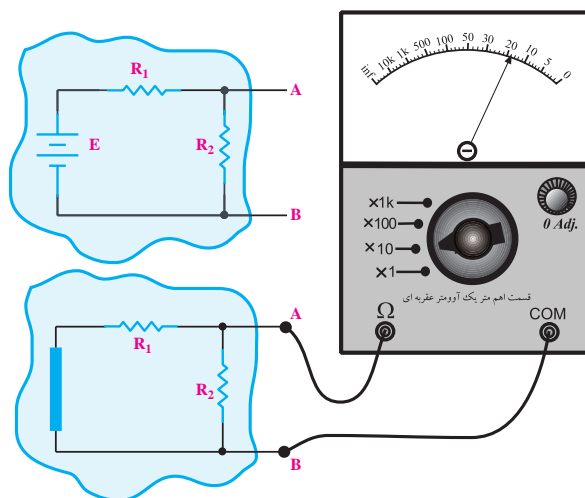
**مثال ۳:** مدار معادل تونن شکل ۱۲-۴ را از دو نقطه‌ی A

و B به دست آورید.

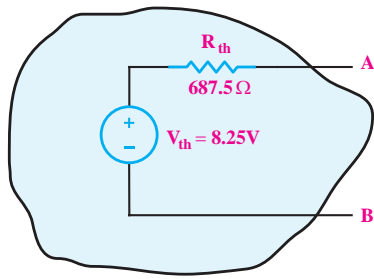
**حل:**

ولتاژ معادل تونن یا ولتاژ بین نقاط A و B در مدار شکل

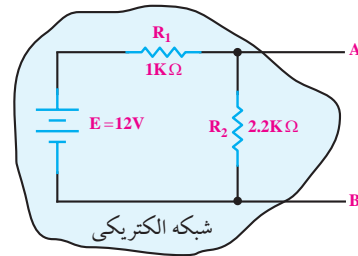
۱۲-۴، همان ولتاژ دو سر مقاومت  $R_p$  است.



شکل ۱۰-۴ اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن با مولتی‌متر



شکل ۴-۱۴ مدار معادل تونن



شکل ۴-۱۲

$$V_{AB} = V_{th} = R_{\gamma} I$$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_{\gamma}} = \frac{12}{1000 + 2200} = \frac{12}{3200} = 0.00375 \text{ A}$$

$$V_{th} = 2200 \times 0.00375 = 8.25 \text{ V}$$

با داشتن آرامش می‌توانید از تمام توانایی‌های خود استفاده کنید. پس سعی کنید در هنگام بروز اضطراب از تکنیک‌های کسب آرامش استفاده کنید.

### ۴-۲-۲ قضیه نورتن

بر اساس قضیه نورتن، می‌توانیم هر شبکه‌ی الکتریکی را از دو نقطه‌ی مشخص به صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل کنیم.

منبع جریان عنصری است که می‌تواند جریان ثابتی را به مدار تزریق کند. این جریان کاملاً ثابت بوده و به ولتاژ دو سر آن، یعنی به منبع بستگی ندارد. منبع جریان را با عناصر الکترونیکی و با استفاده از منبع ولتاژ می‌سازند و با علامت قرار دادی شکل ۴-۱۵ نشان می‌دهند.

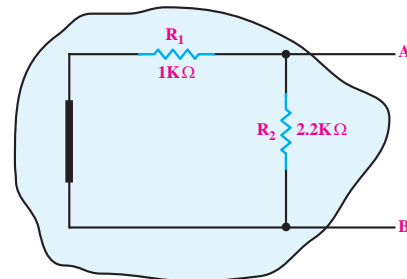


شکل ۴-۱۵ علامت قرار دادی منبع جریان

شکل ۴-۱۶ مدار معادل نورتن یک شبکه‌ی الکتریکی را

نشان می‌دهد.

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن ابتدا منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا کنید، سپس به جای آن اتصال کوتاه بگذارید، سپس از دو نقطه‌ی A و B، مقاومت معادل مدار را محاسبه کنید، شکل ۴-۱۳.



شکل ۴-۱۳ محاسبه‌ی مقاومت معادل تونن

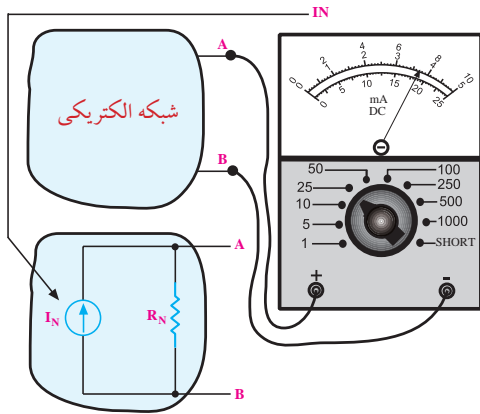
همان‌طور که مشاهده می‌شود از دو نقطه‌ی A و B مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_{\gamma}$  با یکدیگر موازی هستند. لذا داریم:

$$R_{AB} = R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_{\gamma}}{R_1 + R_{\gamma}}$$

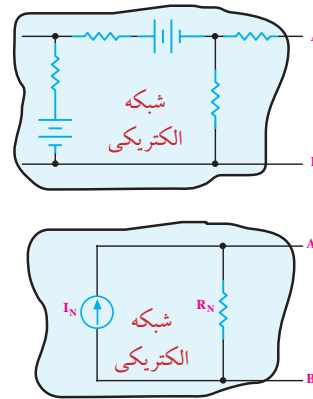
$$R_{th} = \frac{1000 \times 2200}{1000 + 2200} = 687.5 \Omega$$

مدار معادل تونن مدار شکل ۴-۱۱ به صورت شکل ۴-۱۴

در می‌آید.



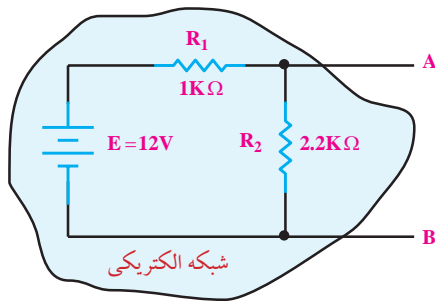
شکل ۴-۱۸ چگونگی به دست آوردن جریان معادل نورتن



شکل ۴-۱۶ مدار معادل نورتن یک شبکه‌ی الکتریکی

**مثال ۴:** مدار معادل نورتن شکل ۴-۱۹ را از دو نقطه‌ی A

و B به دست آورید.



شکل ۴-۱۹

**حل:**

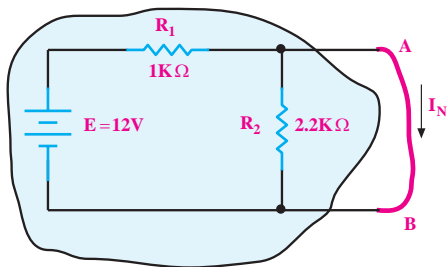
برای به دست آوردن جریان نورتن، نقطه‌ی A و B را

اتصال کوتاه می‌کنیم و جریان گذرنده از آن را از طریق

محاسبه به دست می‌آوریم. در شکل ۴-۲۰ بین نقاط A و

B اتصال کوتاه شده است، لذا از مقاومت  $R_2$  جریانی عبور

نمی‌کند.



شکل ۴-۲۰ - محاسبه‌ی جریان معادل نورتن

برای به دست آوردن مقاومت معادل نورتن می‌توانیم

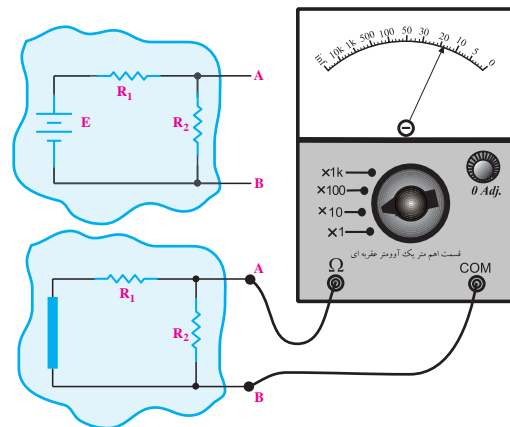
مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B را به کمک روابط

محاسبه کنیم یا به کمک اهم‌متر مستقیم اندازه بگیریم. در هر

دو حالت، اگر در مدار منبع ولتاژ وجود داشته باشد باید منبع

را از مدار جدا کنید و در محل اتصال منبع به مدار یک اتصال

کوتاه قرار دهید، شکل ۴-۱۷.



شکل ۴-۱۷ - نحوه‌ی به دست آوردن مقاومت معادل نورتن

برای به دست آوردن جریان معادل نورتن مدار، باید بین دو

نقطه‌ی A و B در شکل ۴-۱۸ را اتصال کوتاه کنید. این جریان

اتصال کوتاه، که همان جریان نورتن است را می‌توانید به کمک

روابط محاسبه کنید یا با یک آمپر متر که بین دو نقطه‌ی A و B قرار

می‌دهید، جریان را اندازه بگیرید، شکل ۴-۱۸. توجه داشته باشید

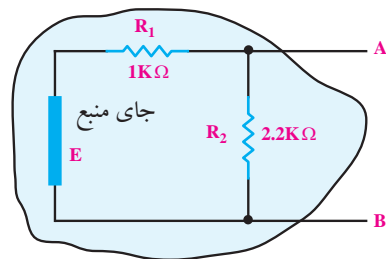
که آمپر متر بین دو نقطه‌ی A و B را اتصال کوتاه می‌کند.



از طرفی، چون دو سر مقاومت  $R_p$  اتصال کوتاه شده است، جریان  $I_N$  از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{12}{1K} = 0.012A = 12mA$$

برای به دست آوردن مقاومت معادل نورتن، منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا می‌کنیم و به جای آن، اتصال کوتاه قرار می‌دهیم، شکل ۲۱-۴. سپس از دو نقطه‌ی A و B مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم.

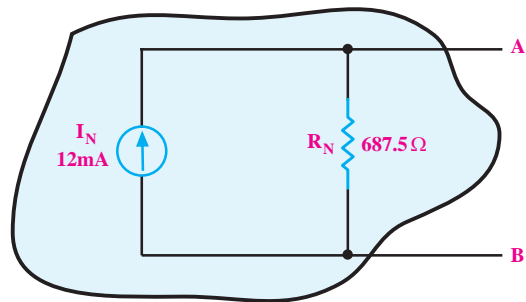


شکل ۲۱-۴ اتصال کوتاه منبع

با نگاه از دو نقطه‌ی A و B، مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_p$  با هم موازی هستند لذا داریم:

$$R_N = R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_p}{R_1 + R_p} = \frac{1000 \times 2200}{1000 + 2200} = 687.5 \Omega$$

مدار معادل نورتن شکل ۱۹-۴ به صورت شکل ۲۲-۴ در می‌آید.



شکل ۲۲-۴ مدار معادل نورتن

توجه: همیشه  $R_{th}$  و  $R_N$  با یکدیگر برابرند و نحوه‌ی

محاسبه و یا اندازه‌گیری آن‌ها نیز مشابه است.

در مدار معادل نورتن و تونن روابط زیر همیشه برقرار

است:

$$V_{th} = I_N \cdot R_N$$

یا:

$$I_N = \frac{V_{th}}{R_{th}}$$

بنابراین مدار معادل تونن و نورتن می‌توانند به هم تبدیل

شوند.

### ۳-۴ آزمایش شماره‌ی (۱):

مدار تونن زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

#### ۱-۳-۴ هدف آزمایش:

به دست آوردن ولتاژ و مقاومت معادل تونن در یک مدار

الکتریکی

#### ۲-۳-۴ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

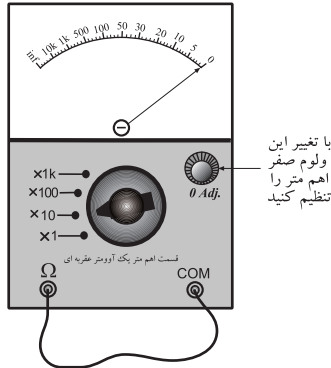
ردیف	نام و مشخصات دستگاه و قطعات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	مولتی متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد	یک قطعه
۴	مقاومت ۲/۲KΩ	یک عدد
۵	مقاومت ۱KΩ	دو عدد
۶	سیم دو سرگیره‌دار	چهار رشته
۷	سیم یک سرگیره‌دار	چهار رشته
۸	سیم رابط	به مقدار کافی

#### ۳-۳-۴ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۲۳-۴ را روی بردبرد ببندید.

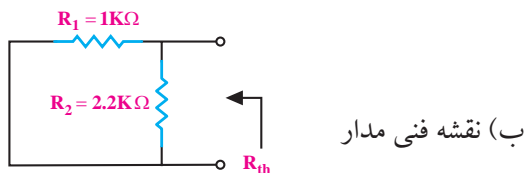
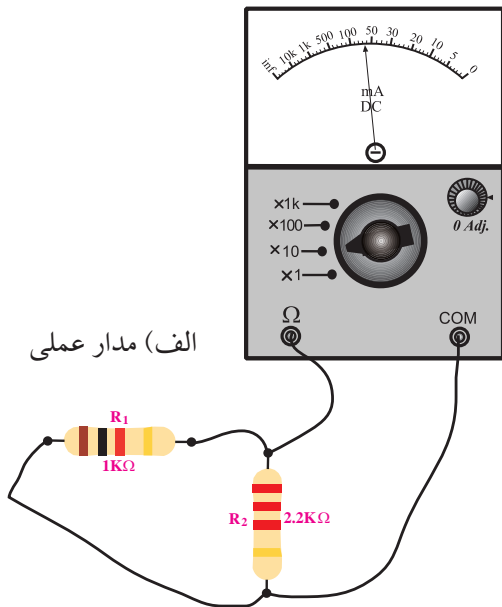
دهید.

■ اگر اهم متر شما عقربه‌ای است، حتماً صفر آن را تنظیم کنید. برای این کار دو ترمینال اهم متر که مقاومت به آن‌ها وصل می‌شود را اتصال کوتاه و با ولوم روی آن صفر را تنظیم کنید. اهم متر دیجیتالی نیاز به تنظیم صفر ندارد، شکل ۲۴-۴.



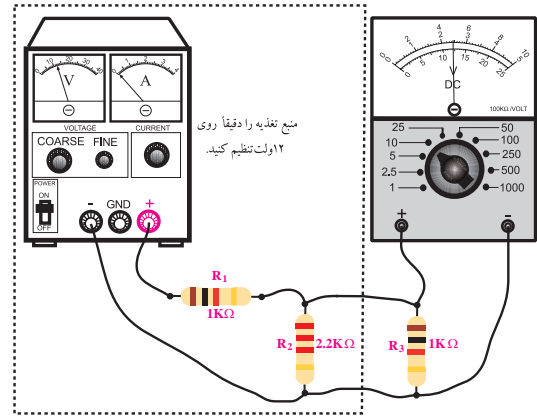
شکل ۲۴-۴- نحوه‌ی تنظیم صفر اهم متر عقربه‌ای

■ مدار شکل ۲۵-۴ را روی بردبرد ببندید.

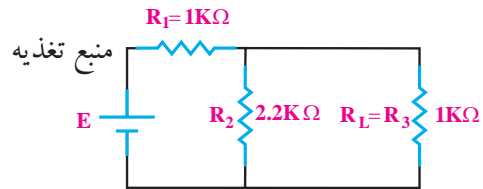


شکل ۲۵-۴

■ مقاومتی را که اهم متر اندازه می‌گیرد، مقاومت معادل



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۲۳-۴

■ ابتدا در حالی که مدار به صورت کامل روی بردبرد بسته شده است، ولتاژ دو سر مقاومت بار را اندازه می‌گیریم. ■ ولت متر DC را به دو سر مقاومت بار  $1K\Omega$  وصل کنید و ولتاژ دو سر مقاومت بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{O_1} = V_{R_p} = \dots\dots\dots (V)$$

■ برای به دست آوردن مقاومت تونن مدار، ابتدا منبع تغذیه را از مدار جدا کنید. ■ به جای منبع ولتاژ، یک سیم اتصال کوتاه قرار دهید.

■ مقاومت بار  $R_p$  را از مدار جدا کنید.

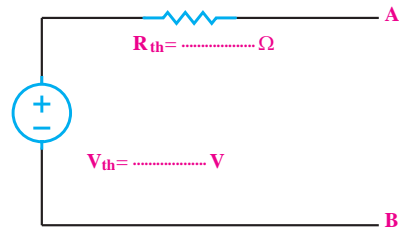
■ مولتی متر را روی رنج اهم متر تنظیم کنید.

■ ولت متر را از مدار جدا کنید و به جای آن اهم متر قرار

تونن مدار شکل ۴-۲۵ است. مقدار آن را بخوانید و یادداشت کنید.

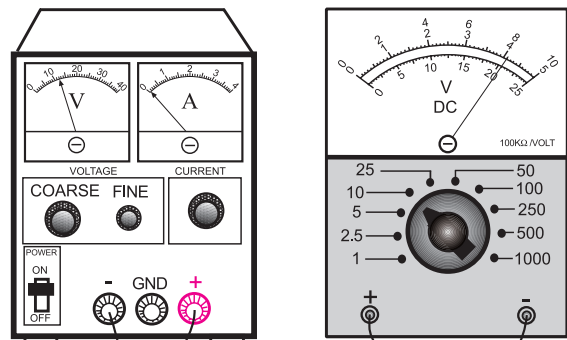
$$R_{th} = \dots\dots\dots \Omega$$

معادل تونن مدار شکل ۴-۲۳ به صورت شکل ۴-۲۶ درمی آید.

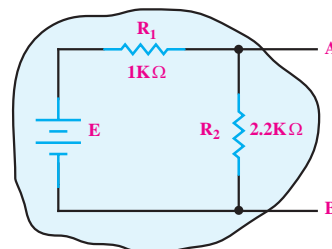


شکل ۴-۲۶ مدار معادل تونن شکل ۴-۲۳

برای به دست آوردن ولتاژ تونن، باید مجدداً منبع تغذیه را به دو سر مقاومت های  $R_1$  و  $R_p$  وصل کنید. هم چنان مقاومت بار  $R_p$  را در مدار قرار ندهید. مدار شکل ۴-۲۷ را روی بردبرد ببندید.



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۴-۲۷

رنج کلید ولت متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.

منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

مقدار ولتاژی را که ولت متر نشان می دهد بخوانید و

یادداشت کنید. این همان ولتاژ معادل تونن مدار مورد نظر است.

$$V_{th} = \dots\dots\dots V$$

منبع تغذیه را دقیقاً روی مقدار  $V_{th}$  که در مرحله ی

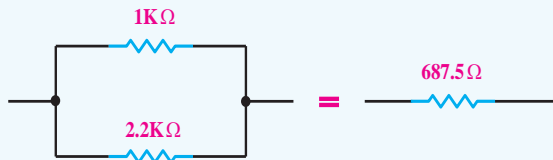
قبل به دست آورده اید، تنظیم کنید.

به جای مقاومت های  $R_1$  و  $R_p$  مقاومت معادل تونن

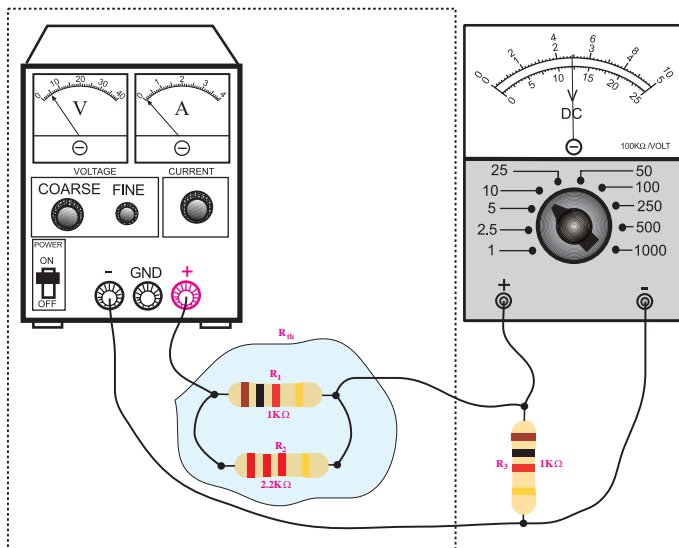
( $R_{th}$ ) را در مدار شکل ۴-۲۶ قرار دهید.

به جای  $R_{th} = 687.5 \Omega$  می توانید از دو مقاومت

$1K\Omega$  و  $2/2K\Omega$  که با یکدیگر موازی شده اند استفاده کنید.



مدار شکل ۴-۲۸ را روی بردبرد ببندید.

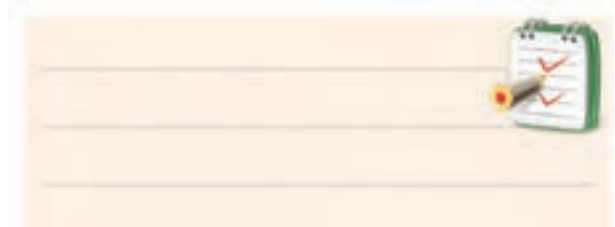


شکل ۴-۲۸

■ ولتاژ دو سر مقاومت  $R_p$  ( $1K\Omega$ ) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{O_p} = V_{R_p} = \dots\dots\dots (V)$$

**سوال ۱:** آیا مقدار  $V_{O_1}$  (خروجی مدار واقعی) با  $V_{O_p}$  (خروجی معادل تونن) دقیقاً برابرند؟ چرا؟ توضیح دهید.



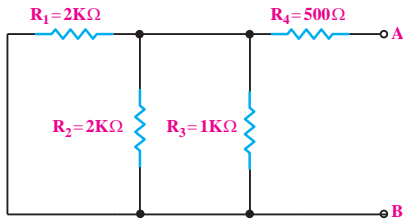
**۴-۳-۴ نتایج آزمایش:**

آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.



**حل:**

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن، ابتدا منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا می‌کنیم و جای آن را اتصال کوتاه می‌گذاریم.



شکل ۴-۳۰

همان‌طور که در شکل ۴-۳۰ مشاهده می‌شود، از دو نقطه‌ی A و B، مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  موازی هستند، لذا داریم:

$$R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 \parallel R_2 = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = \frac{4}{4} = 1K\Omega$$

$$R_3 \parallel (R_1 \parallel R_2) = \frac{R_3 \times (R_1 \parallel R_2)}{R_3 + (R_1 \parallel R_2)} = \frac{1 \times 1}{1 + 1} = \frac{1}{2} K\Omega$$

مقاومت معادل تونن از دو نقطه‌ی A و B، از سری شدن  $R_4$  با معادل موازی  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  به دست می‌آید:

$$R_{th} = R_{1,2,3} + R_4$$

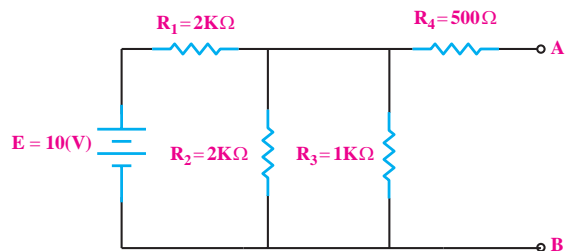
$$R_{th} = 0.5K\Omega + 500\Omega$$

$$R_{th} = (0.5 \times 10^3)\Omega + 500\Omega$$

$$R_{th} = 500\Omega + 500\Omega = 1000\Omega$$

$$R_{th} = 1000\Omega = 1000 \times 10^{-3} = 1K\Omega$$

**مثال ۵:** مقاومت معادل تونن در شکل ۴-۲۹ از دو نقطه‌ی A و B را به دست آورید.



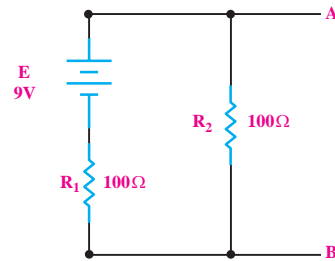
شکل ۴-۲۹

## آزمون پایانی فصل (۴)



۱- مدار معادل تونن از دو نقطه‌ی A و B مدار شکل

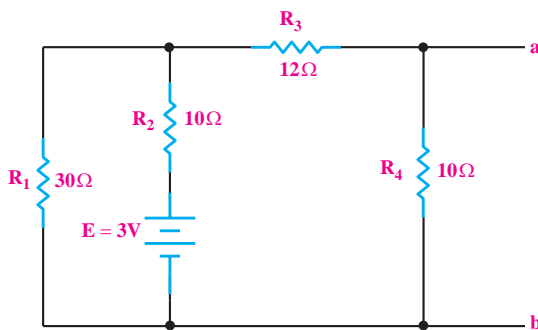
۴-۳۱ را به دست آورید.



شکل ۴-۳۱

۳- مدار معادل نورتن از دو نقطه‌ی a و b مدار شکل

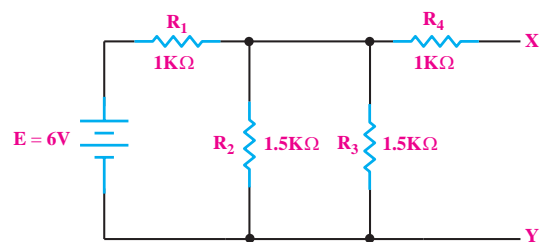
۴-۳۳ را به دست آورید.



شکل ۴-۳۳

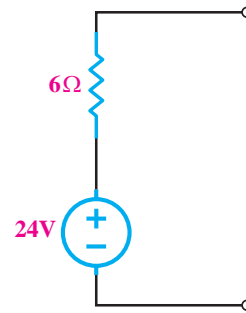
۲- مقاومت معادل تونن در شکل ۴-۳۲ از دو نقطه‌ی X و

Y را به دست آورید.



شکل ۴-۳۲

۴- منبع جریان معادل ولتاژ شکل ۳۴-۴ را به دست آورید.



شکل ۳۴-۴

۵- منبع ولتاژ ایده آل منبعی است که در بارهای مختلف ..... ثابتی به مدار می دهد.

۶- برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان، مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

صحیح  غلط

۷- منابع ولتاژ و منابع جریان ایده آل را می توان به یکدیگر تبدیل کرد.

صحیح  غلط

۸- منابع جریان ایده آل با یک مقاومت اهمی ..... به صورت ..... قرار گرفته اند.

الف) کوچک- سری

ب) کوچک- موازی

ج) بزرگ- سری

د) بزرگ- موازی

۹- طبق قضیه ی نورتن، هر شبکه ی الکتریکی را می توان به صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل نمود.

صحیح  غلط



این کتاب برای استاندارد الکترونیک کار صنعتی تنظیم شده است. برای آموزش سایر استانداردها نیز می توانید از این کتاب استفاده کنید. برای این منظور لازم است محتوای استاندارد مورد آموزش را دقیقاً مطالعه نمایید و موارد اضافی را آموزش ندهید. همچنین موارد اضافی مربوط به سایر استانداردها در این کتاب مشخص شده است.