بسم الله الرحمن الرحیم

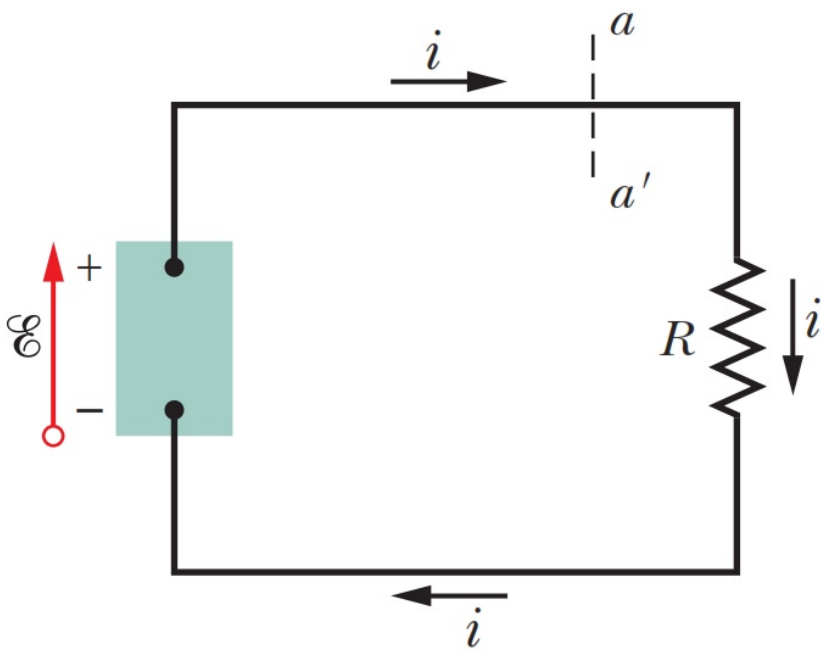
فصل هفتم

مدارهای الکتریکی

چشمه نیروی محرکه

جریان ناشی از حرکت بارها

برای حرکت بارها در مدار نیازمند نیروی محرکه ای می باشیم. این نیروی محرکه توسط یک چشمه خارجی (چشمه نیروی محرکه) تامین می گردد



چشمه نیروی محرکه

- باطری
- مولد برق
- سلولهای خورشیدی

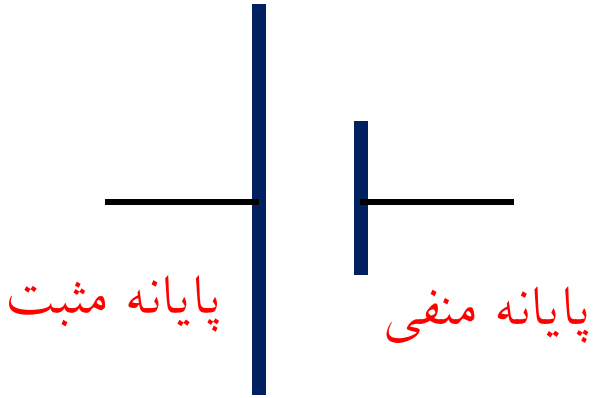
چشمه نیروی محرکه

این جایگاه، پایانه مثبت را در پتانسیل زیاد و پایانه منفی را در پتانسیل کم قرار می دهد بگونه ای که در مدار خارجی، حاملهای بار مثبت در جهت جریان i حرکت می کنند.

و حاملهای بار منفی در خلاف جهت جریان i حرکت می کنند.

چشمه یا جایگاه نیروی محرکه:

- تامین کننده انرژی حامل های بار
- با انجام کار روی حاملهای بار به حامل ها انرژی می دهد

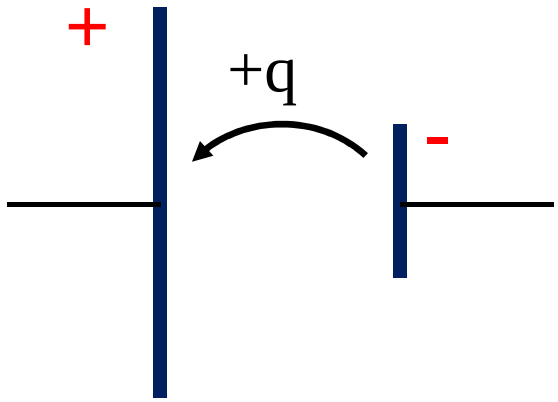


چشمه نیروی محرکه

در انتقال بار از یک پایانه به پایانه دیگر؛ چشمه بر روی بار کار انجام می دهد که این به صورت انرژی در آنها ذخیره می گردد.

$$\Delta U = q\Delta V$$

$$dW = dU = \varepsilon dq$$

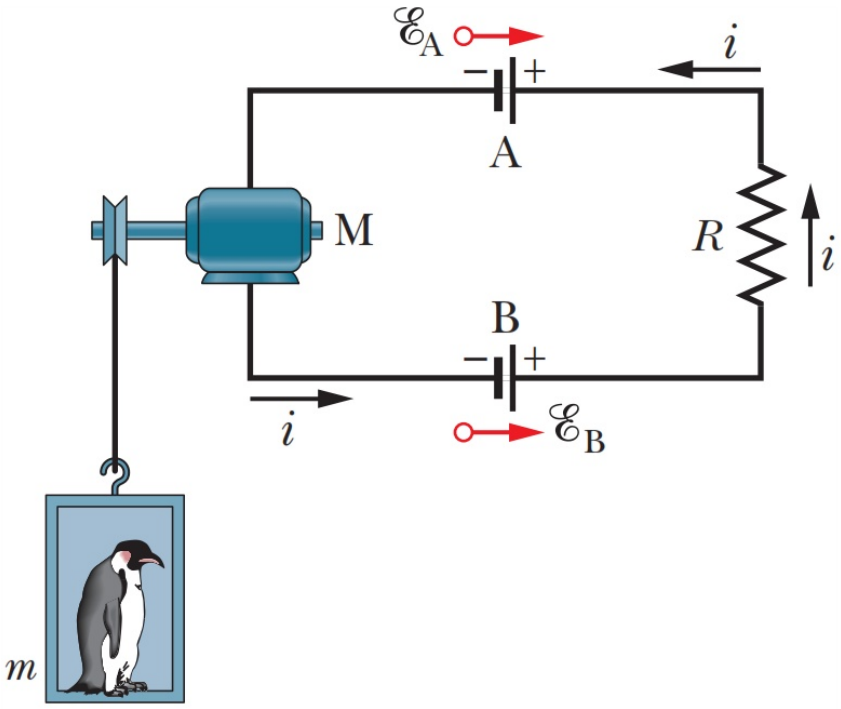


کار انجام شده توسط جایگاه بر روی بار dq در جابه جای بین دو پایانه با اختلاف پتانسیل ε

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq}$$

تبدیل انرژی در مدار

انرژی داده شده به حاملهای بار در مدار به صورت های مختلف دیگر انرژی مصرف می شود



انرژی داده شده به حاملهای بار در ε_B در

- مقاومت R تبدیل به گرما
- جایگاه A ($\varepsilon_A < \varepsilon_B$) تبدیل به انرژی شیمیایی
- موتور M تبدیل به کار مکانیکی

تحلیل مدارهای الکتریکی

- ✓ شناخت جریان در هر شاخه از مدار
- ✓ شناخت اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار

انواع مدارها

- ➢ مدار تک حلقه شامل یک جریان
- ➢ مدار چند حلقه شامل شاخه هایی با جریان های مختلف

مدار تک حلقه

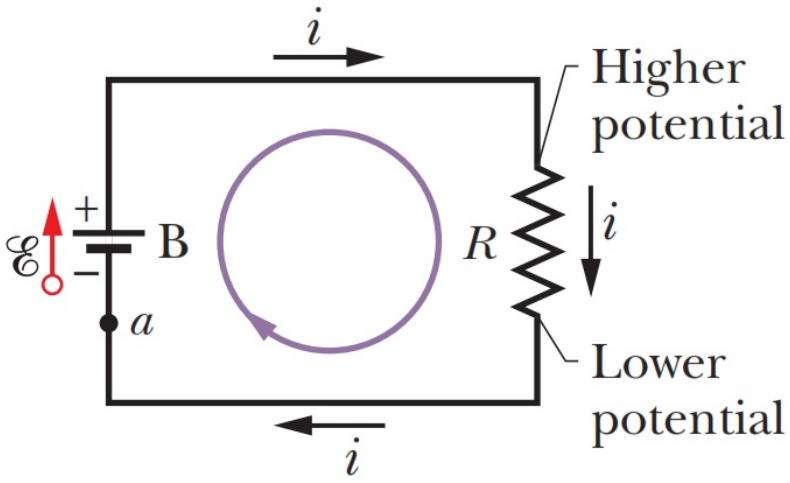
محاسبه جریان در یک حلقه

تحلیل به دو صورت

اصل پایستگی انرژی

مفهوم پتانسیل الکتریکی

The battery drives current through the resistor, from high potential to low potential.



۱– پایستگی انرژی

در یک مدار دارای جریان i در مدت زمان dt بار dq از جایگاه نیروی محرکه عبور کرده و انرژی دریافت می نماید.

$$dU = dW = \varepsilon dq = \varepsilon i dt \qquad (1)$$

با ورود بارها به داخل مدار و رفتن به مقاومت R این انرژی به صورت انرژی گرمایی مصرف می شود

$$dU = Pdt = Ri^2 dt \qquad (2)$$

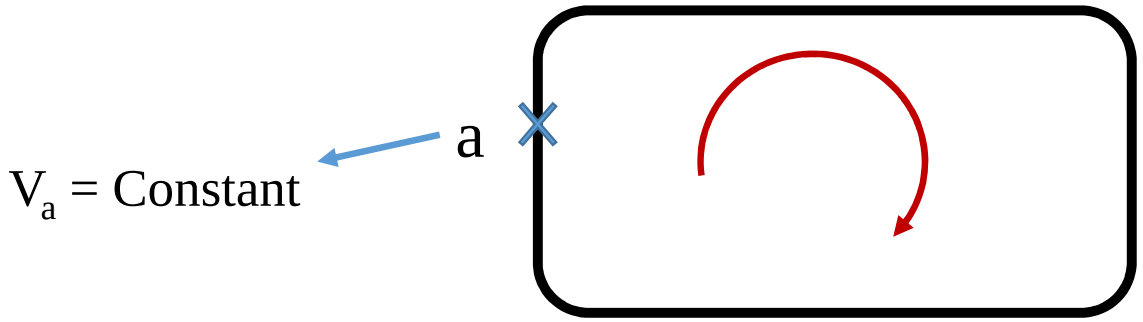
$$(1)\ (2) \quad \varepsilon i dt = Ri^2 dt \quad \rightarrow \quad \varepsilon = Ri \quad \rightarrow \quad i = \frac{\varepsilon}{R}$$

۲– مفهوم پتانسیل الکتریکی

قاعده: در یک مدار الکتریکی و در یک جریان ثابت، پتانسیل یک نقطه دارای تک مقدار ثابت خواهد بود.

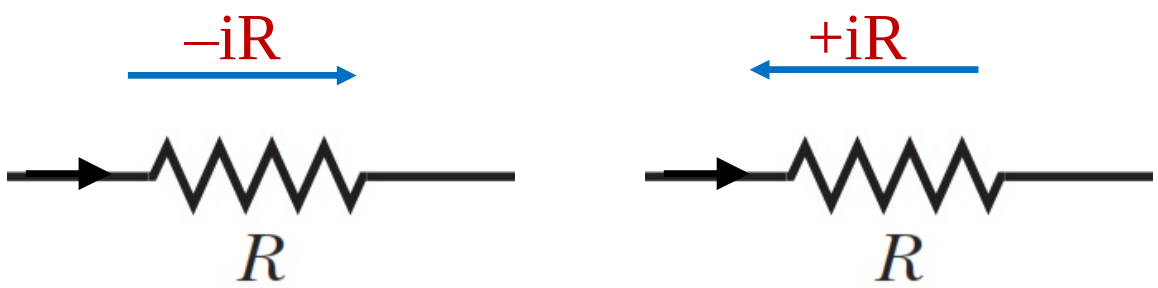
یا «جمع تغییرات پتانسیل که حامل بار در یک دور کامل در مدار مشاهده می نماید صفر است.»

قاعده دوم کیرشهف یا قاعده حلقه

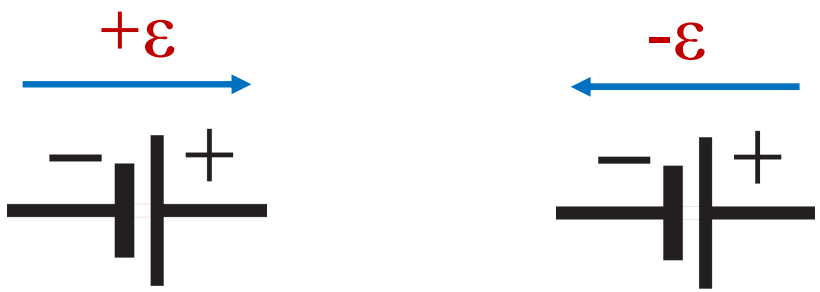


دستورالعمل استفاده از قاعده حلقه

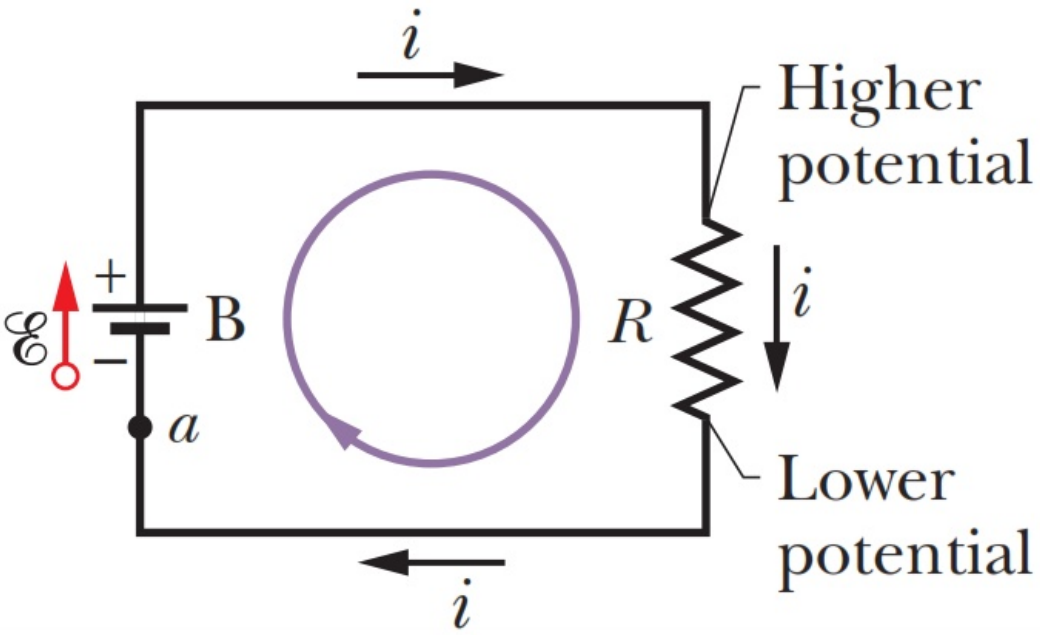
۱- در عبور از مقاومت R در جهت جریان، تغییر پتانسیل iR– و در جهت مخالف جریان به صورت iR+ است.



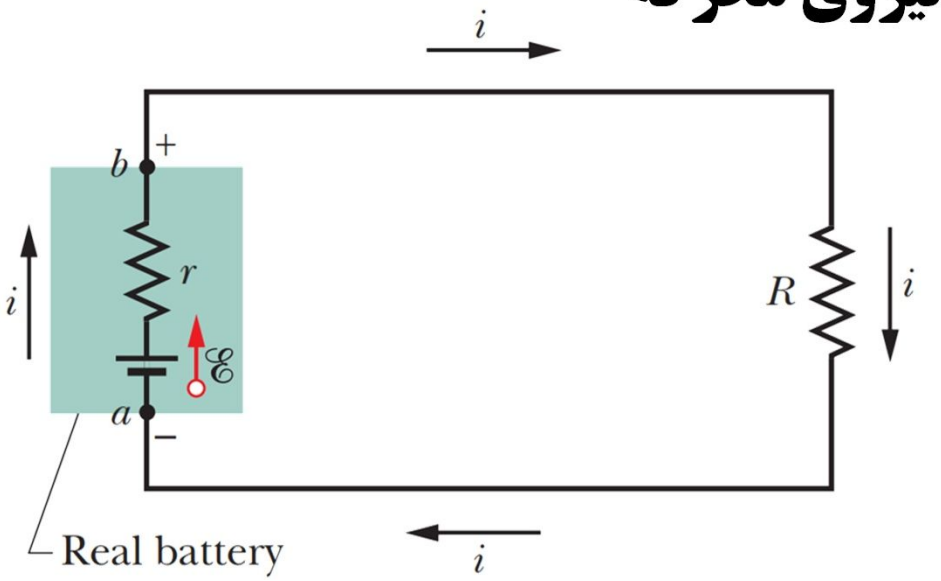
۲- در عبور از جایگاه نیروی محرکه در جهت نیرو (از پایانه – به پایانه +) تغییر پتانسیل ε+ و در جهت عکس ε– است



$$a: \quad +\varepsilon - iR = 0 \quad \rightarrow \quad i = \frac{\varepsilon}{R}$$

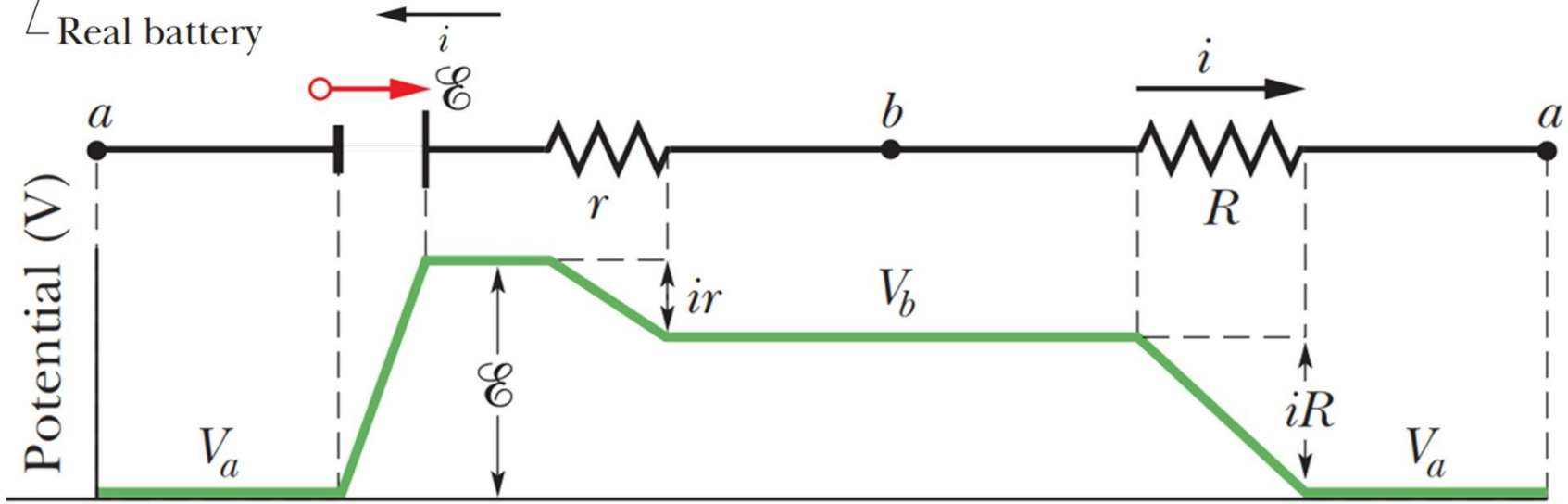


مدار تک حلقه با اصلاح مقاومت داخل جایگاه نیروی محرکه



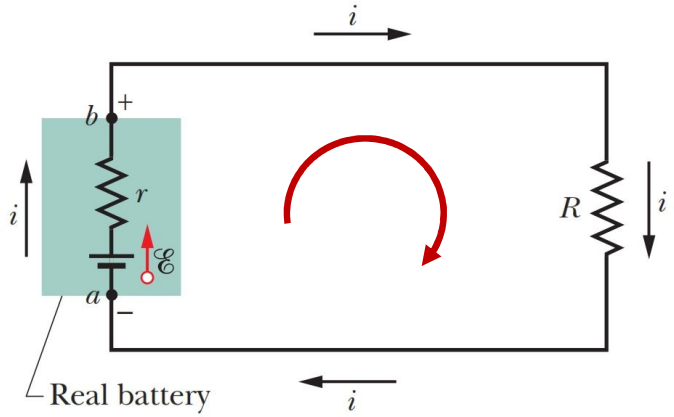
$$a: \quad +\varepsilon - ir - iR = 0$$

$$\rightarrow \quad i = \frac{\varepsilon}{R + r}$$



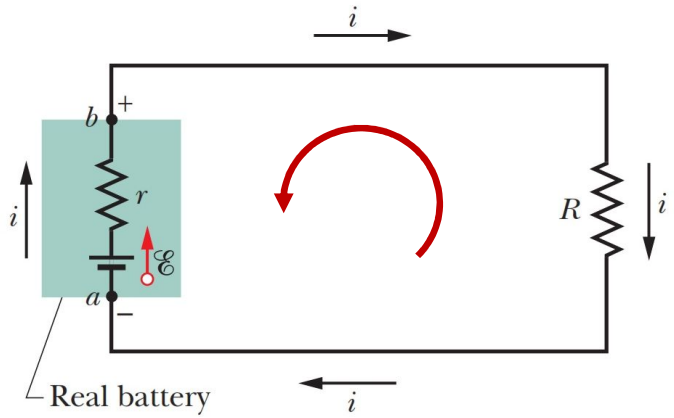
محاسبه اختلاف پتانسیل در مدار تک حلقه

برای محاسبه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار، قاعده حلقه را بین آن دو نقطه نوشته می شود



$$V_a + \varepsilon - ir = V_b \quad \rightarrow \quad V_a - V_b = -\varepsilon + ir$$

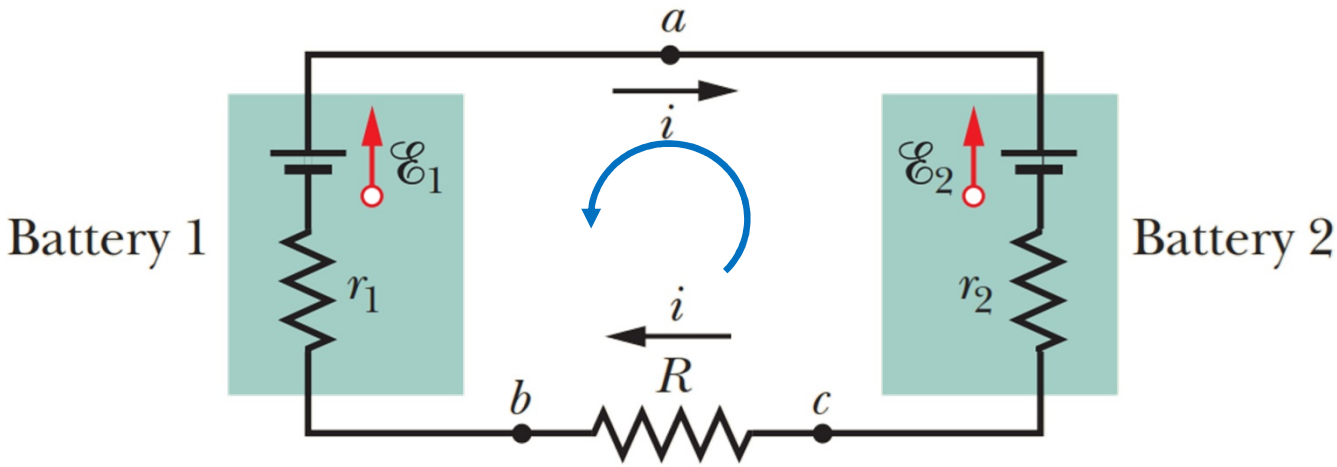
$$i = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad \rightarrow \quad V_a - V_b = \frac{-\varepsilon}{R+r} R$$



$$V_a + iR = V_b \quad \rightarrow \quad V_a - V_b = -iR$$

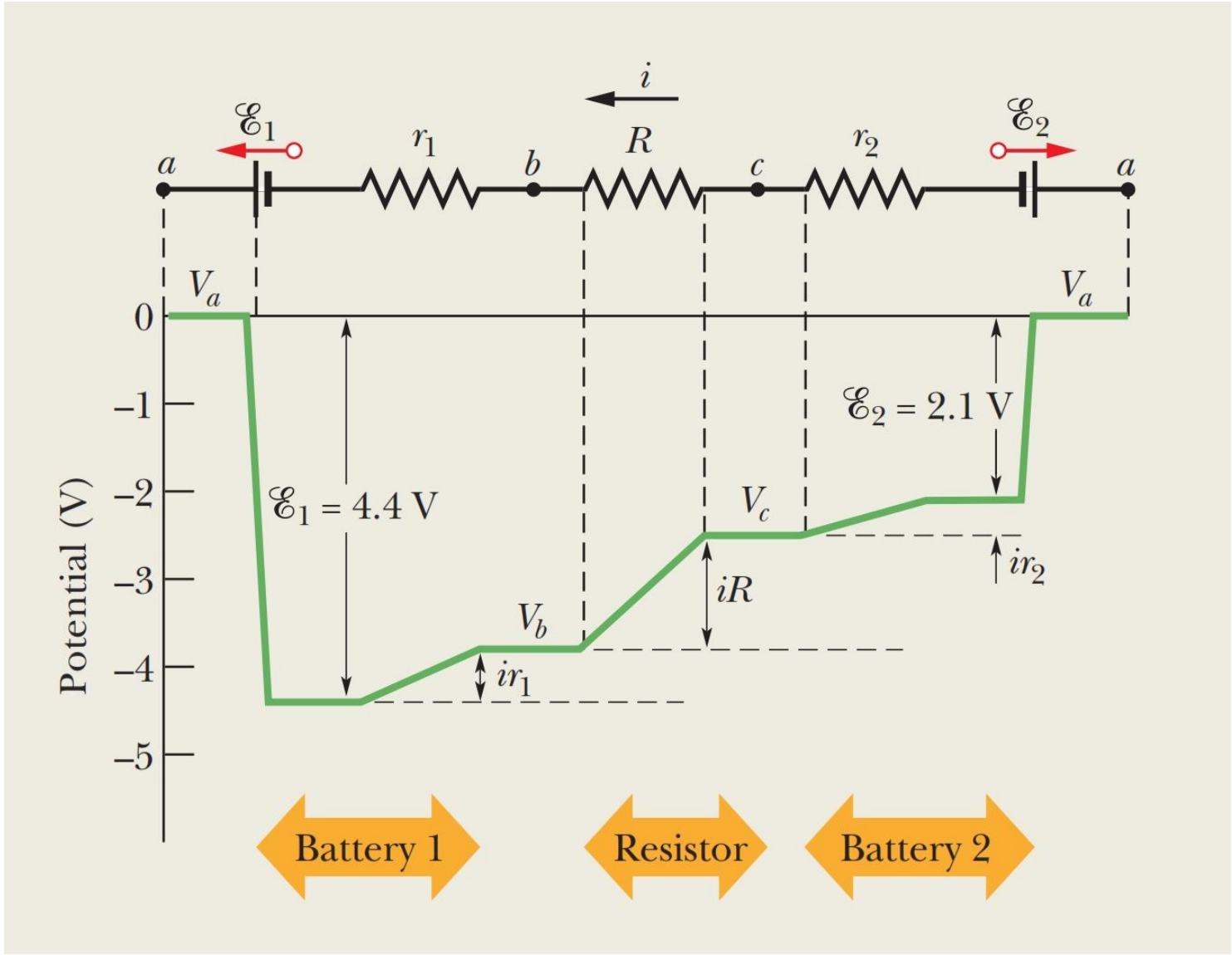
$$V_a - V_b = \frac{-\varepsilon}{R+r} R$$

مثال) مدار الکتریکی زیر را تحلیل نمایید

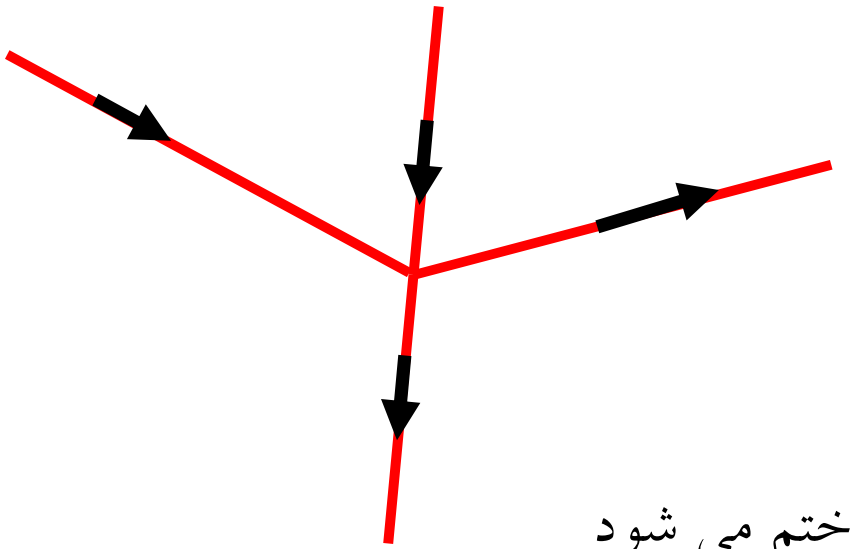


$$-\mathscr{E}_1 + ir_1 + iR + ir_2 + \mathscr{E}_2 = 0.$$

$$i = \frac{\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2}{R + r_1 + r_2}$$


i
$\mathscr{E}_1$
r_1
R
r_2
$\mathscr{E}_2$
a
b
c
a
V_a
V_a
0
−1
−2
−3
−4
−5
Potential (V)
$\mathscr{E}_1 = 4.4$ V
$\mathscr{E}_2 = 2.1$ V
V_c
V_b
ir_2
iR
ir_1
Battery 1
Resistor
Battery 2

تحلیل مدارهای الکتریکی چند حلقه (دستورالعمل)



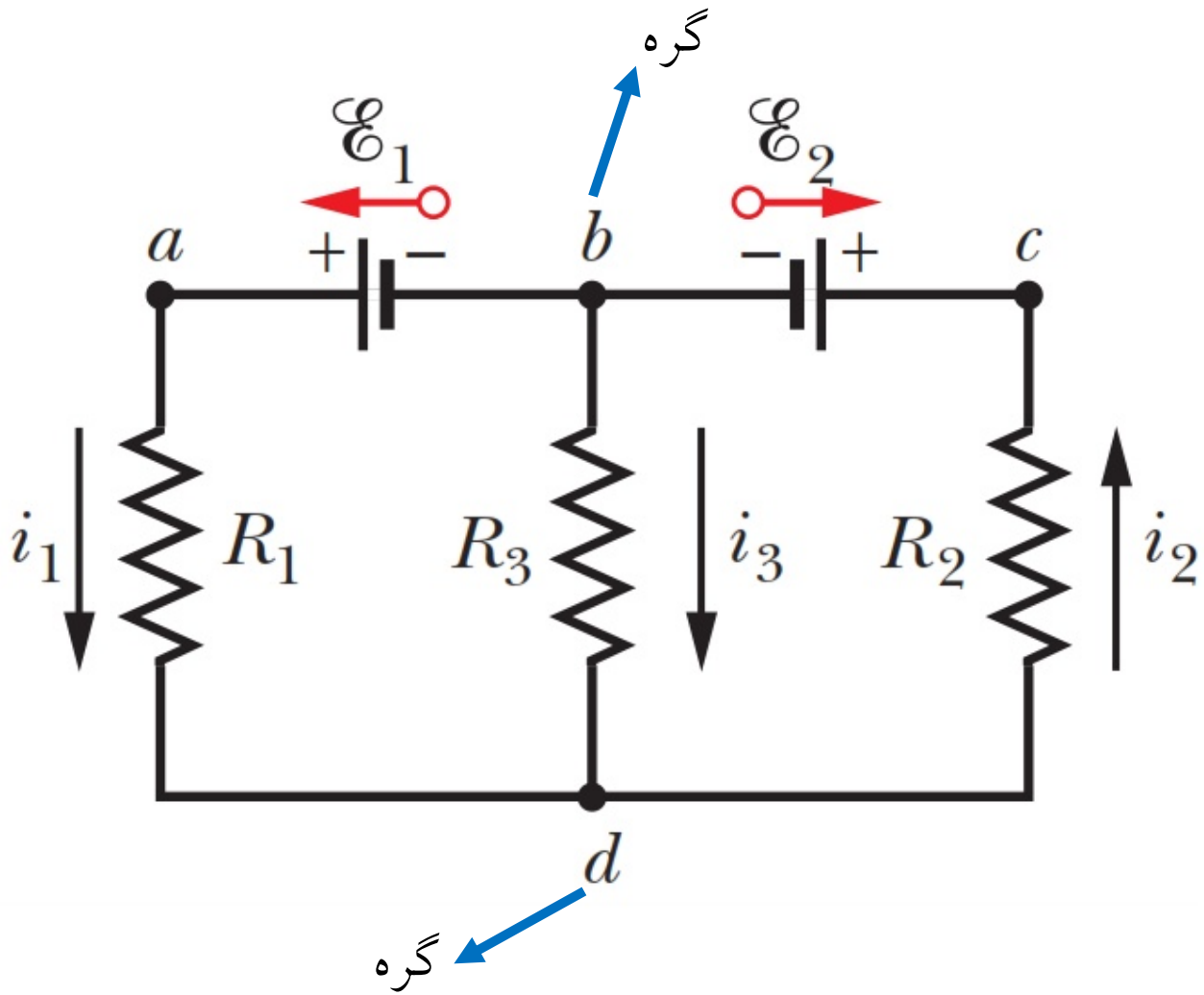
۱- شناسایی گره و شاخه ها در مدار

گره: محل همرسی سه رشته سیم و بیشتر

محل ورود و خروج جریان (توزیع جریان)

شاخه: هر مسیری که از یک گره آغاز و به گره دیگر ختم می شود

هر شاخه دارای جریان خاص خود می باشد که باید محاسبه شود


گره
$\mathscr{E}_1$
$\mathscr{E}_2$
a
b
c
+
−
−
+
i_1
R_1
R_3
i_3
R_2
i_2
d
گره

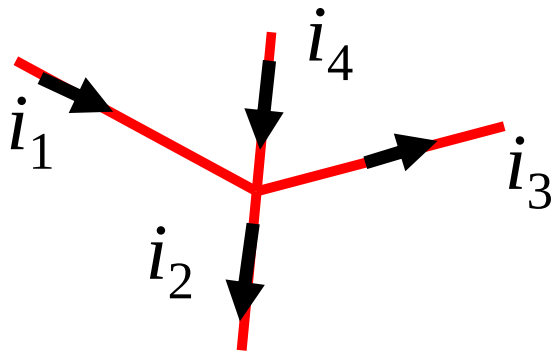
۲- انتخاب جهت جریان در هر شاخه ها به صورت دلخواه

اگر جهت جریان را درست حدس زده باشیم در تحلیل مقدار آن مثبت بدست می آید

اگر جهت جریان را درست حدس نزده باشیم در تحلیل مقدار آن منفی بدست می آید

۳- نوشتن رابطه جریان در گره های مستقل

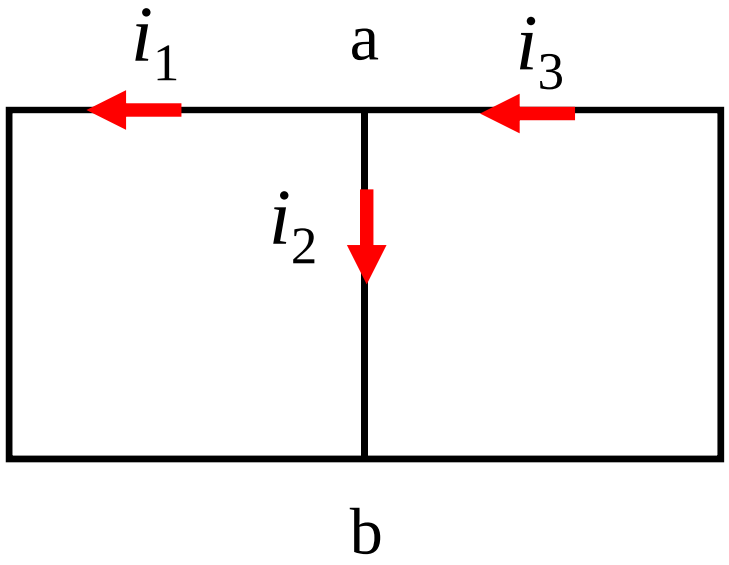
قاعده اول کیرشهف یا قاعده جریان: مجموع جریان های ورودی به هر گره با جریان خروجی از آن برابر است (در گره باری تولید یا گم نمی شود)



$$i_1 + i_4 = i_2 + i_3$$

٤- در مداری با n گره، n-1 گره آن مستقل و یک گره آن وابسته است.

قاعده جریان برای گره های مستقل نوشته می شود



at a point : $i_1 + i_2 = i_3$

at b point : $i_3 = i_1 + i_2$

یک گره مستقل است

۵- نوشتن قاعده حلقه در حلقه های انتخابی

در دور زدن در یک حلقه، جریان گذرنده از شاخه های مختلف ممکن است یکسان نباشد

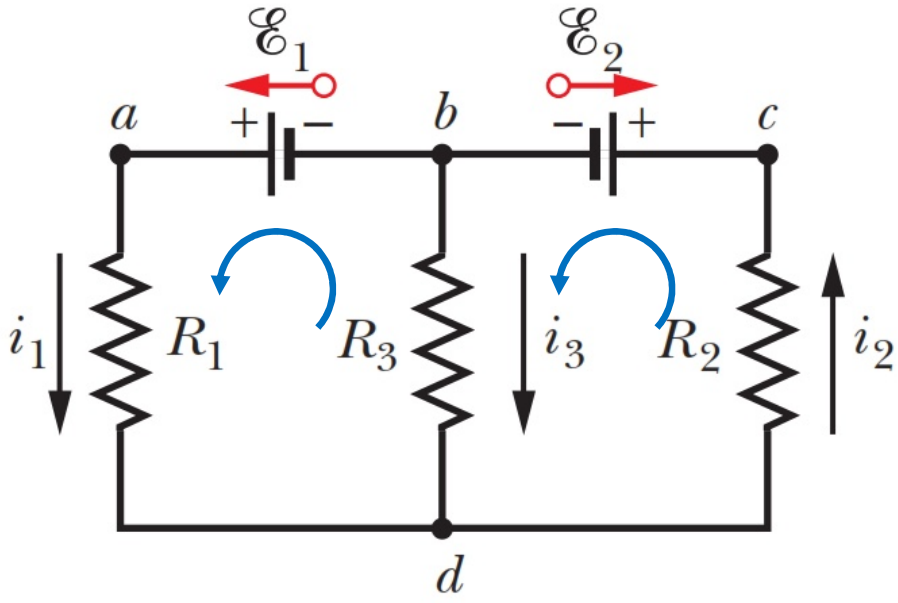
٦- با توجه به آنکه غایت مسئله یافتن جریان در شاخه ها می باشد بنابراین تعداد مجهول ها برابر تعداد شاخه ها باید باشد.

تعداد معادلات = تعداد مجهول (جریان در شاخه ها) = تعداد شاخه

۷- اگر m تعداد شاخه ها باشد و n تعداد گره ها:

تعداد معادلات لازم = m = (n-1) معادله جریان + (m-(n-1)) معادله حلقه

مثال) مدار زیر را تحلیل کنید



$$\begin{cases} i_1 + i_3 = i_2 \\ \mathscr{E}_1 - i_1 R_1 + i_3 R_3 = 0 \\ -i_3 R_3 - i_2 R_2 - \mathscr{E}_2 = 0 \end{cases}$$

ترکیب مقاومت ها

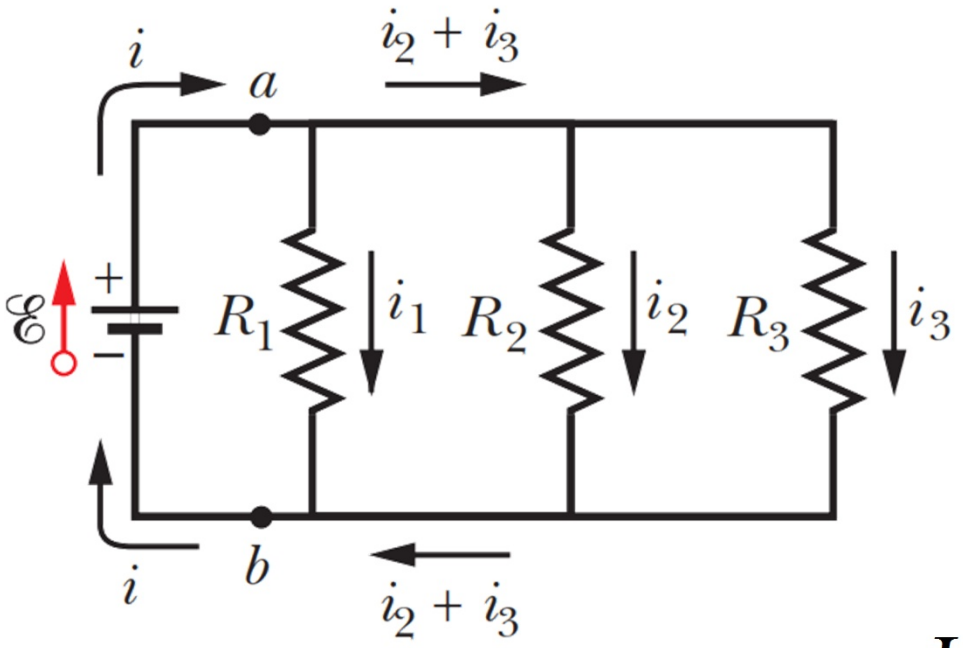
اتصال موازی مقاومت ها

۱- شرط موازی بودن مقاومت ها:

❖ در رفتن از یک پایانه به پایانه دیگر در هر مسیرفقط از یک مقاومت بگذریم

❖ همه مقاومت ها در دو سر مشترک می باشند

اختلاف پتانسیل دو سر همه خازنها یکسان



$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

❖ جریان i بین شاخه های موازی به صورت عکس مقاومت توزیع می گردد.

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$i_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V}{R_1}$$

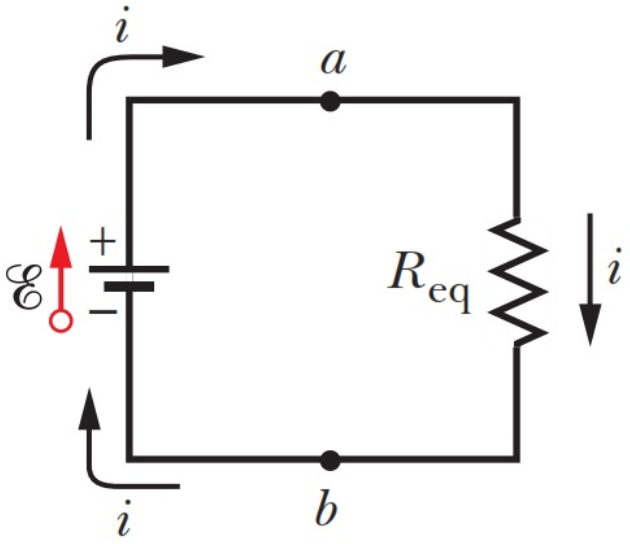
$$i_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{V}{R_3}$$

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



نکته: مقاومت معادل کوچکتر از همه مقاومت ها در شاخه های موازی است

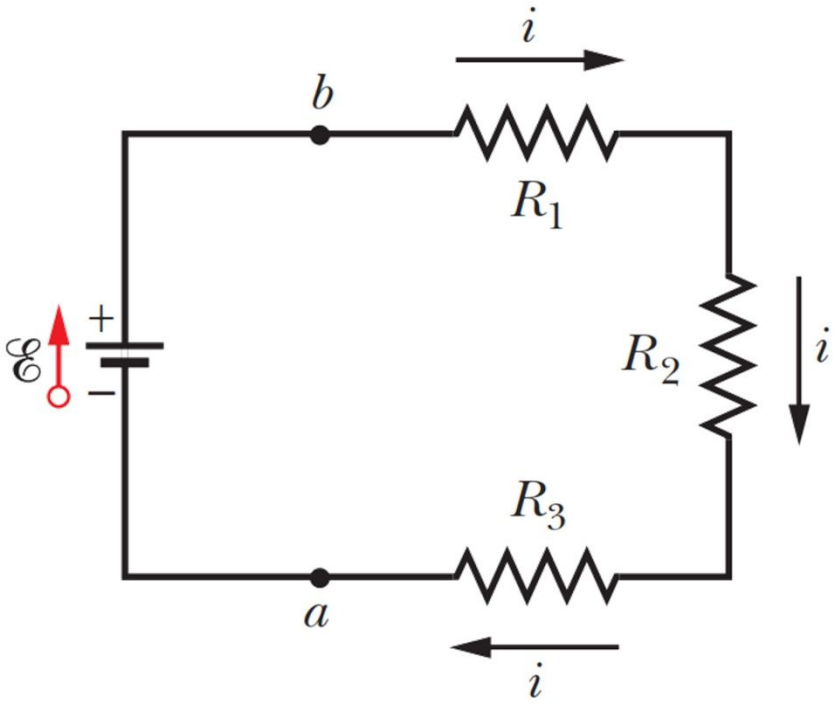
ترکیب مقاومت ها

اتصال سری یا متوالی مقاومت ها

۱- شرط سری بودن مقاومت ها:

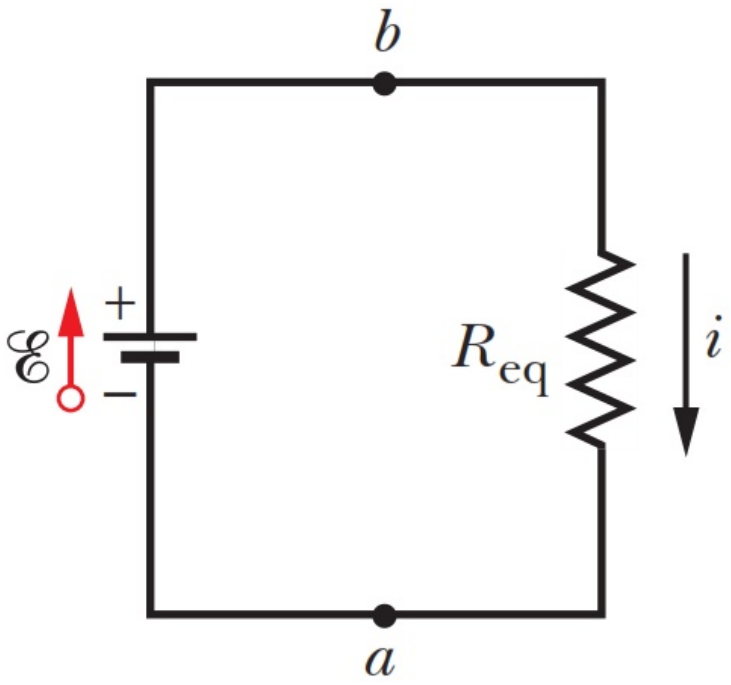
❖ در رفتن از یک پایانه به پایانه دیگر در هر مسیر از همه مقاومت ها بگذریم

❖ جریان عبوری از همه مقاومت ها یکسان باشد



$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

۲- اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ها



$$V_b - iR_1 - iR_2 - iR_3 = V_a$$

$$V_b - V_a = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$iR_{eq} = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

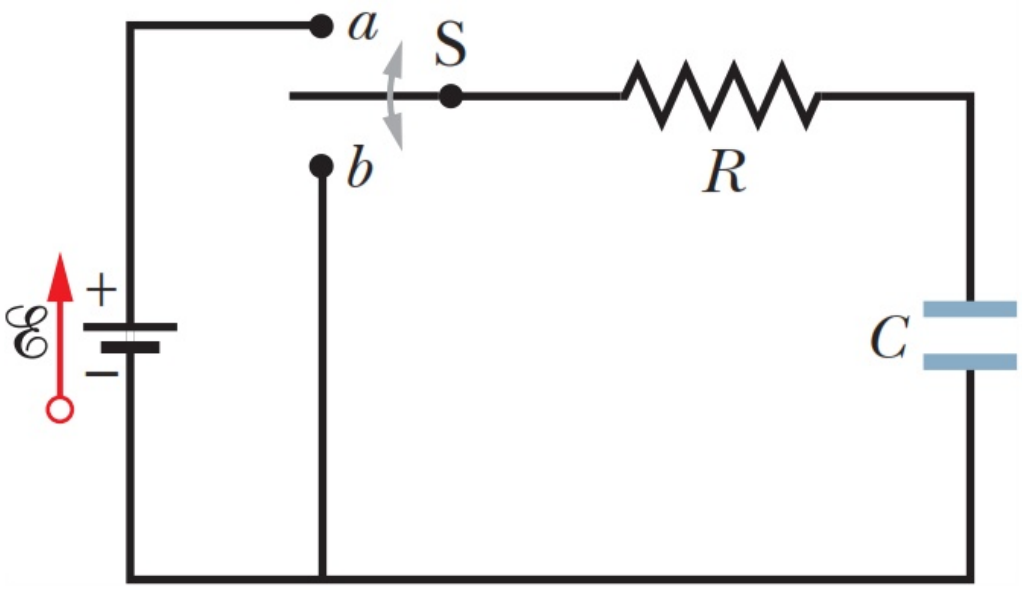
نکته: مقاومت معادل بزرگتر از بزرگترین مقاومت موجود در مدار است

مدارهای RC

بررسی دو حالت:

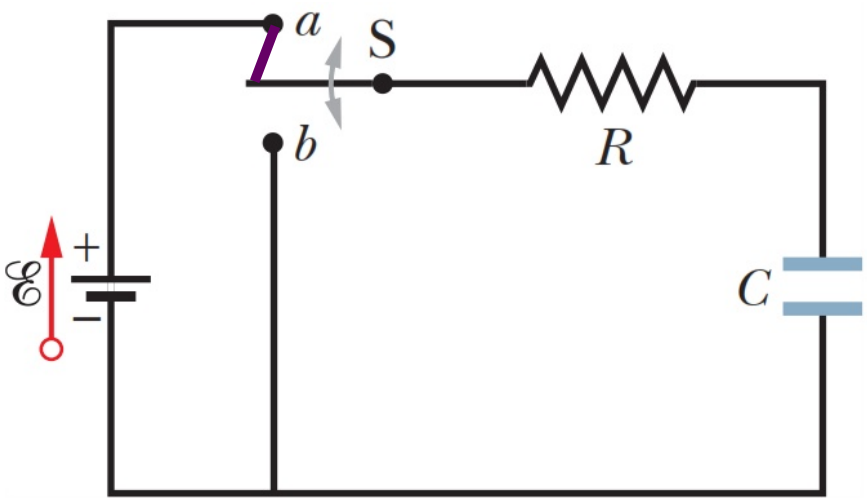
الف) باردار شدن یا شارژ خازن

ب) تخلیه یا دشارژ خازن



الف) شارژ شدن خازن:

قبل از بسته شدن کلید خازن خالی $q = 0$ و جریان صفر $i_0 = 0$



کلید s متصل به a می شود:

- با پرشدن خازن، بار خازن از صفر به یک مقدار بیشینه q_{max} افزایش می یابد
- در فرآیند پرشدن خازن، جریان از یک مقدار بیشینه به مقدار صفر می رود $i(t)$

تحلیل مدار در قاعده حلقه:

خازن با ذخیره بار به عنوان یک مصرف کننده عمل می نماید

$$\varepsilon - V_R - V_C = 0$$

$$\varepsilon - iR - \frac{q}{C} = 0$$

در یک لحظه t که بار ذخیره شده در خازن q است نرخ تغییر بار $i = \frac{dq}{dt}$ خواهد بود

$$\varepsilon = iR + \frac{q}{C} = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \quad \rightarrow \quad \varepsilon - \frac{q}{C} = R\frac{dq}{dt}$$

معادله دیفرانسیلی که جواب آن تغییرات بار ذخیره شده در خازن را نشان می دهد

$$\varepsilon - \frac{q}{C} = R\frac{dq}{dt} \quad \rightarrow \quad \varepsilon C - q = RC\frac{dq}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{dq}{q - \varepsilon C} = -\frac{dt}{RC}$$

$$\int_0^{q_{\max}} \frac{dq}{q - \varepsilon C} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt \quad \rightarrow \quad \ln(q - \varepsilon C)\Big|_0^{q_{\max}} = -\frac{t}{RC}$$

$$\rightarrow \quad \ln\frac{q(t) - \varepsilon C}{-\varepsilon C} = -\frac{t}{RC} \quad \rightarrow \quad \frac{q(t) - \varepsilon C}{-\varepsilon C} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q(t) = \varepsilon C\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

رابطه تغییرات بار ذخیره شده روی خازن نسبت به زمان

$$q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$i = -\varepsilon C \times \frac{-1}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \quad \rightarrow$$

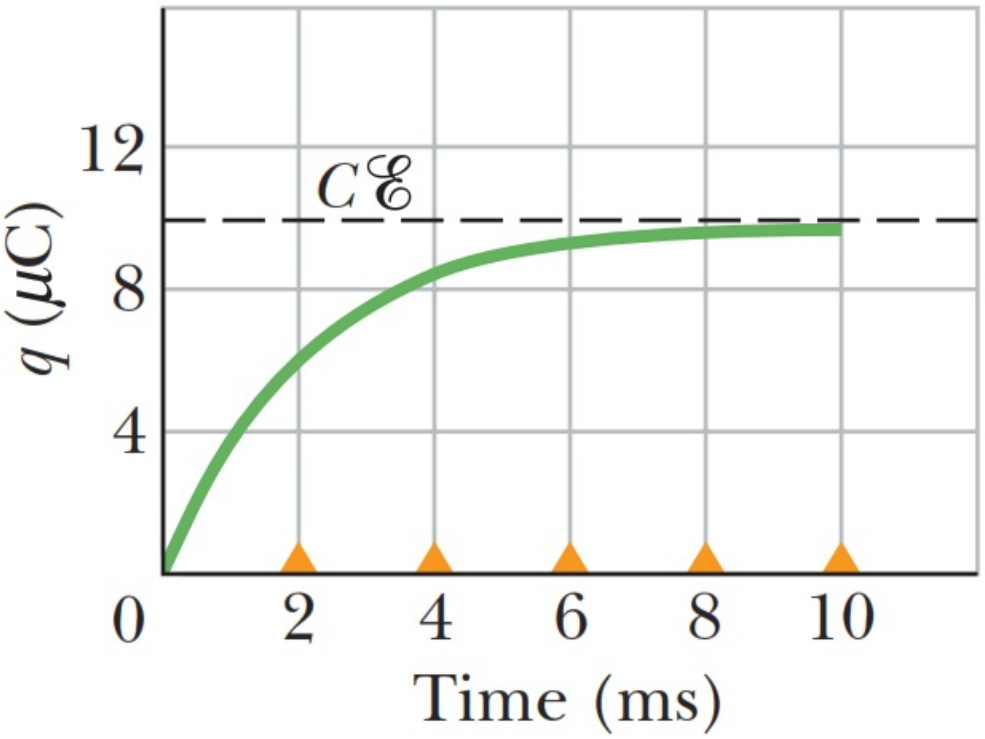
$$\boxed{i = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}}$$

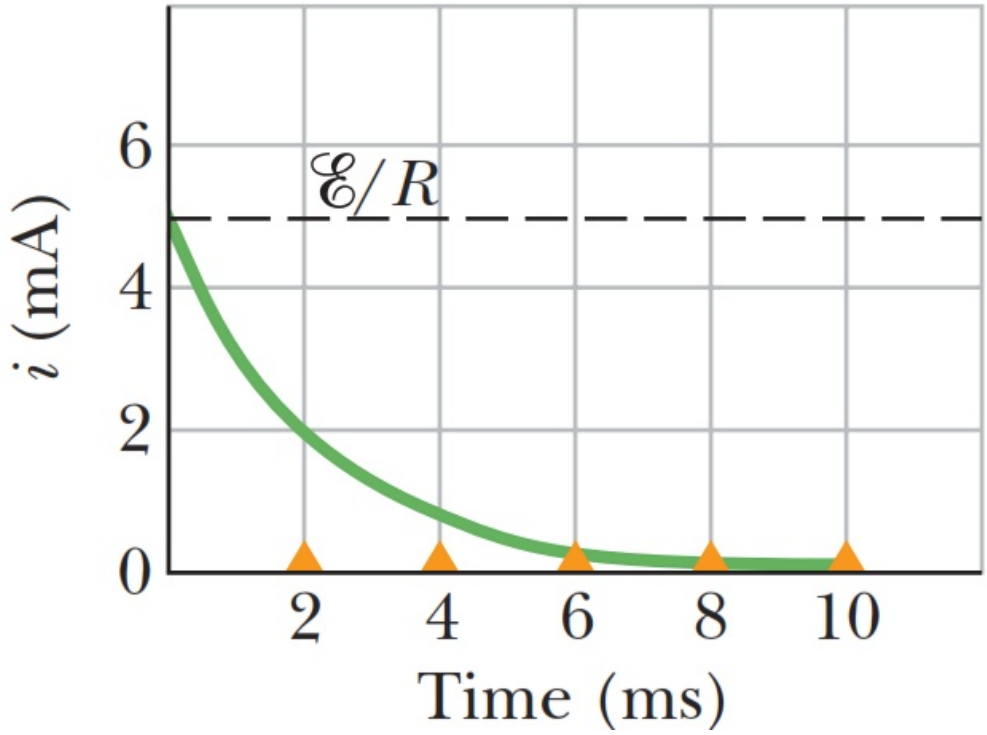
بررسی حدی:

$$t = 0 \quad \rightarrow \quad q = \varepsilon C(1-1) = 0 \quad , \quad i = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$t \to \infty \quad \rightarrow \quad q = q_{\max} = \varepsilon C(1-0) = \varepsilon C \quad , \quad i = \frac{\varepsilon}{R} \times 0 = 0$$

نمودارهای تغییرات بار ذخیره شده در خازن و جریان عبوری از مدار:





بررسی اختلاف پتانسیل دو سر خازن و مقاومت در حال شارژ شدن:

$$q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \qquad i = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_C = \frac{q}{C} \rightarrow V_C = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$V_R = iR \rightarrow V_R = \varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_t = V_C + V_R = \varepsilon$$

بررسی کمیت $\tau = RC$

τ ثابت زمانی خازن یا زمان واهلش مدار RC است (دارای بعد زمان)

$$q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad \rightarrow \quad q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$t = 1\tau \quad \rightarrow \quad q = q_{\max}(1 - e^{-1}) \quad \rightarrow \quad q = q_{\max} \times 0.63$$

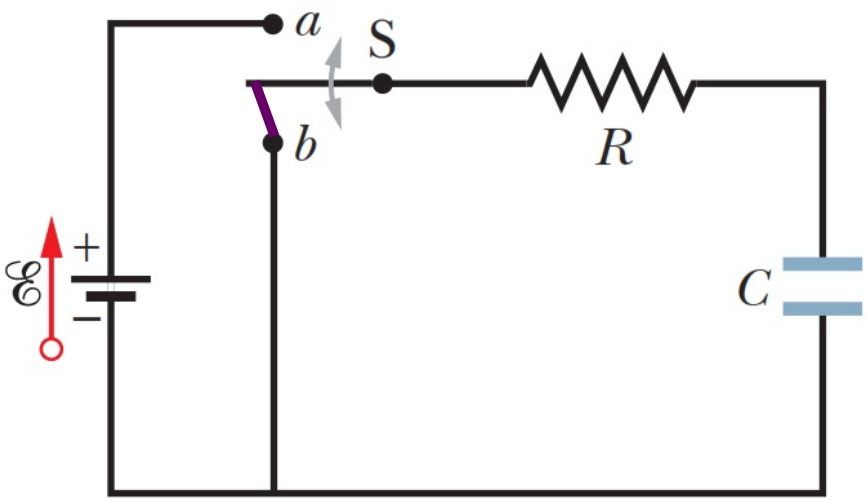
یک τ مدت زمان واهلش است که طول می کشد تا ۰/۶۳ بار کل خازن در آن ذخیره شده باشد.

$$\tau\downarrow \rightarrow \text{faster charging}$$

بنابراین به نحوی τ سرعت پر شدن ازن را بیان می کند. استفاده از مقاومت بزرگ سرعت پر شدن خازن را کاهش می دهد.

الف) تخلیه خازن:

خازنی که قبل پر شده است را به یک مقاومت متصل نموده و آن را تخلیه می نمایند



کلید s متصل به b می شود:

- بار اولیه خازن، بیشینه $q_{max} = \varepsilon C$
- در فرآیند تخلیه شدن خازن، جریان از یک مقدار بیشینه به مقدار صفر می رود $i(t)$

تحلیل مدار در قاعده حلقه:

جریان در خلاف جهت چرخش در مدار شارش دارد

$$V_R + V_C = 0$$

$$iR + \frac{q}{C} = 0$$

در یک لحظه t که بار موجود در خازن q است نرخ تغییر بار $i = \frac{dq}{dt}$ خواهد بود

$$iR + \frac{q}{C} = 0 \quad \rightarrow \quad R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dq}{q} = \frac{-dt}{RC}$$

معادله دیفرانسیلی که جواب آن تغییرات بار ذخیره شده در خازن را نشان می دهد

$$\frac{dq}{q} = \frac{-dt}{RC} \rightarrow \int_{q_{max}}^{q(t)} \frac{dq}{q} = \frac{-1}{RC}\int_{0}^{t} dt$$

$$\ln q(t)\Big|_{q_{max}}^{q(t)} = \frac{-t}{RC} \rightarrow \ln \frac{q(t)}{q_{max}} = \frac{-t}{RC}$$

$$q(t) = q_{max} e^{-\frac{t}{RC}} = q_{max} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i = -\frac{q_{max}}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \xrightarrow{q_{max} = \varepsilon C} i = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

بررسی حدی:

$$t = 0 \quad \rightarrow \quad q = q_{\max} \quad , \quad i = -\frac{\varepsilon}{R}$$

$$t \rightarrow \infty \quad \rightarrow \quad q = 0 \quad , \quad i = 0$$

اختلاف پتانسیل:

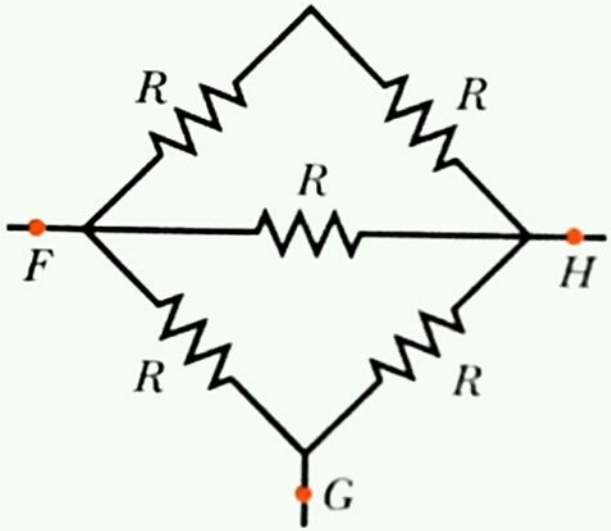
$$V_C = \frac{q}{C} \quad \rightarrow \quad V_C = \varepsilon\, e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_R = iR \quad \rightarrow \quad V_R = -\varepsilon\, e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_t = V_C + V_R = 0$$

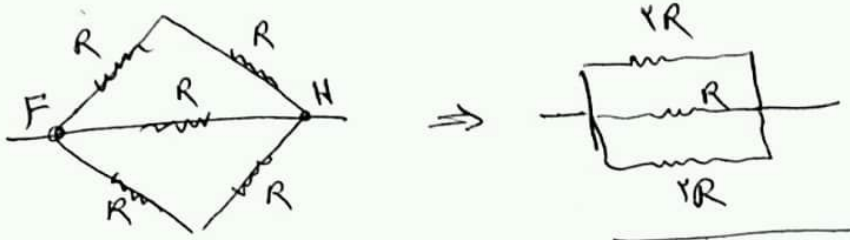
حل تعدادی از مسائل آخر فصل هفتم

● ۲۲ شکل ۲۷-۳۴ پنج مقاومت ۵٫۰۰ اهمی را نشان می‌دهد. مقاومت معادل بین نقطه‌های (الف) F و H، و (ب) F و G را بیابید. (*راهنمایی:* برای هر جفت نقطه، یک باتری را تصور کنید که به دو سر آن جفت بسته شده است.)

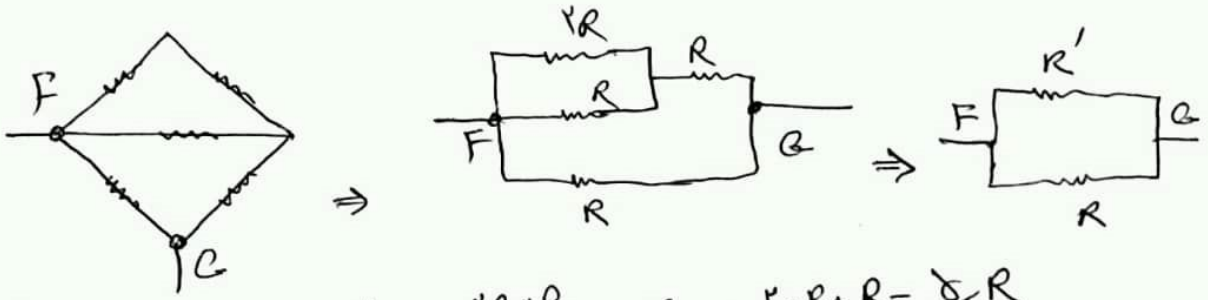


شکل ۲۷-۳٤ مسئله‌ی ۲۲

سوال ۲۲



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = \frac{R}{2}}$$

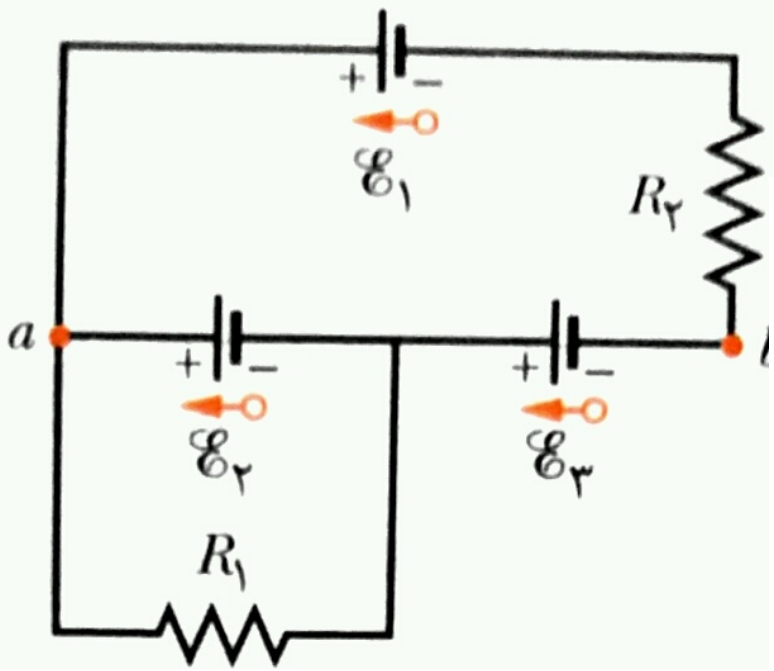


$$R' = \frac{2R \times R}{2R} + R = \frac{2}{4}R + R = \frac{6}{2}R$$

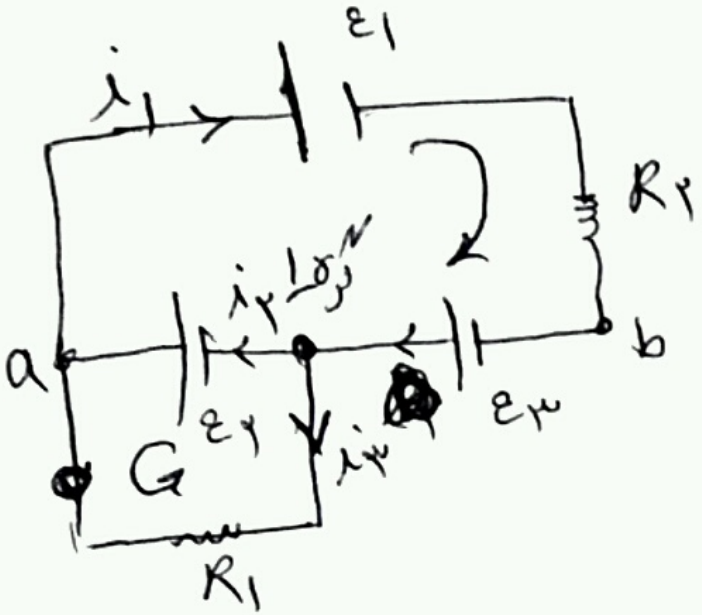
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{6}{2}R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{R}\left(\frac{2}{6} + 1\right)$$

$$\boxed{R_{eq} = \frac{6}{7}R}$$

۲۳• در شکل ۲۷-۳۵، $R_1 = 100\,\Omega$ و $R_2 = 50\,\Omega$ و emf باتری‌های آرمانی $\mathscr{E}_1 = 6{,}0\,V$، $\mathscr{E}_2 = 5{,}0\,V$، و $\mathscr{E}_3 = 4{,}0\,V$ است. (الف) جریان در مقاومت ۱، (ب) جریان در مقاومت ۲ و (پ) اختلاف پتانسیل بین نقطه‌های a و b را پیدا کنید.



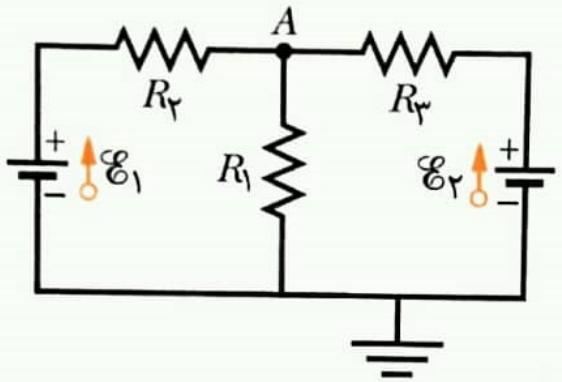
۲۳-



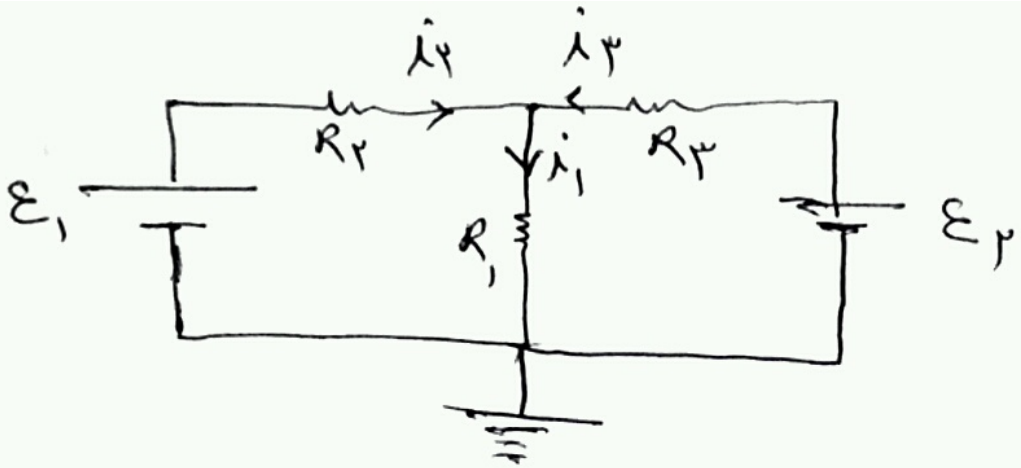
$$\text{در حلقه}\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ -\varepsilon_1 - i_1 R_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_2 = 0 \\ +\varepsilon_2 + 3 i_3 = 0 \end{cases}$$

$$V_b + \varepsilon_3 + \varepsilon_2 = V_a \Rightarrow V_a - V_b = \varepsilon_3 + \varepsilon_2$$

۳۶●● GO در شکل ۲۷-۴۷، $\mathscr{E}_1 = ۸٫۰۰\,V$، $\mathscr{E}_2 = ۱۲٫۰\,V$، $R_1 = ۱۰۰\,\Omega$، $R_2 = ۲۰۰\,\Omega$، و $R_3 = ۳۰۰\,\Omega$ است. یک نقطه‌ی مدار، اتصال به زمین شده است ($V = ۰$). (الف) اندازه و (ب) جهت (رو به بالا یا رو به پایین) جریان عبوری از مقاومت ۱، (پ) اندازه و (ت) جهت (رو به سمت چپ یا رو به سمت راست) جریان عبوری از مقاومت ۲، (ث) اندازه و (ج) جهت جریان عبوری از مقاومت ۳ چیست؟ (چ) پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ی A چقدر است؟



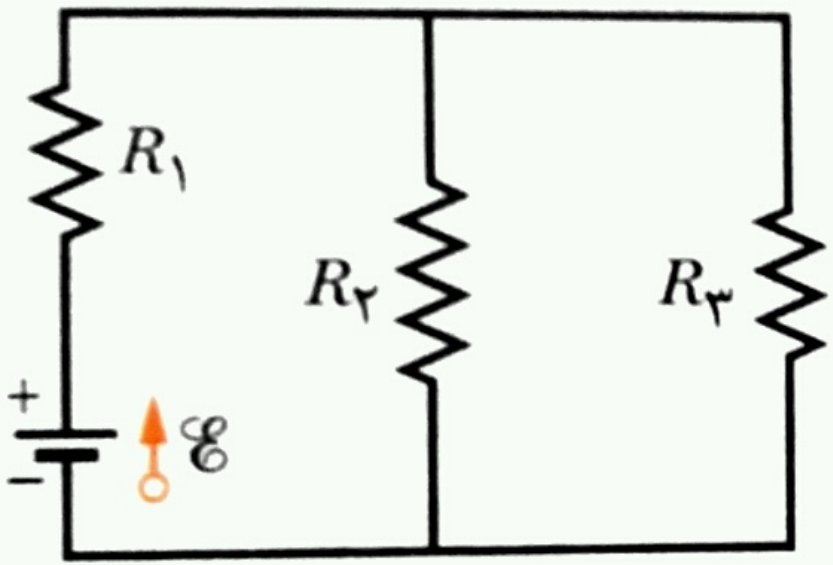
شکل ۲۷-۴۷ مسئله‌ی ۳۶



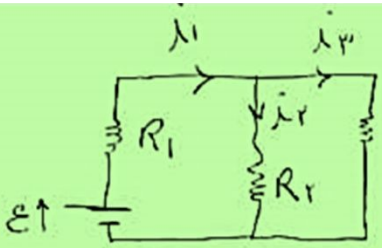
$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ -\mathcal{E}_1 + i_1 R_1 + i_2 R_2 = 0 \\ \mathcal{E}_2 - i_3 R_3 - i_1 R_1 = 0 \end{cases}$$

$$0 + i_1 R_1 = V_A \rightarrow V_A = i_1 R_1$$

●● ۳۷ در شـــــــکل ۲۷-۴۸،
$R_1 = ۲٫۰۰\Omega$ ، $R_2 = ۵٫۰۰\Omega$
و باتری آرمانی است. به‌ازای چه مقداری از R_3 آهنگ اتلاف در مقاومت ۳ بیشینه می‌شود؟



شکل ۲۷-۴۸ مسئله‌ی ۳۷



$R_1 = 2\,\Omega$, $R_2 = 5\,\Omega$

$$\left.\frac{dP}{dR}\right|_{R_c} = 0 \quad \rightarrow P(R_2) = \max$$

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$\varepsilon - i_1 R_1 - i_1 R_{23} = 0$$

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_{23}}$$

$$V_2 = V_3 \Rightarrow i_2 R_2 = i_3 R_3 \rightarrow i_2 = \frac{R_3}{R_2} i_3$$

$$i_1 = i_2 + i_3 \Rightarrow \frac{\varepsilon}{R_1 + R_{23}} = \frac{R_3}{R_2} i_3 + i_3$$

$$i_3 = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_{23}} \times \frac{1}{\left(\frac{R_2}{R_2} + 1\right)}$$

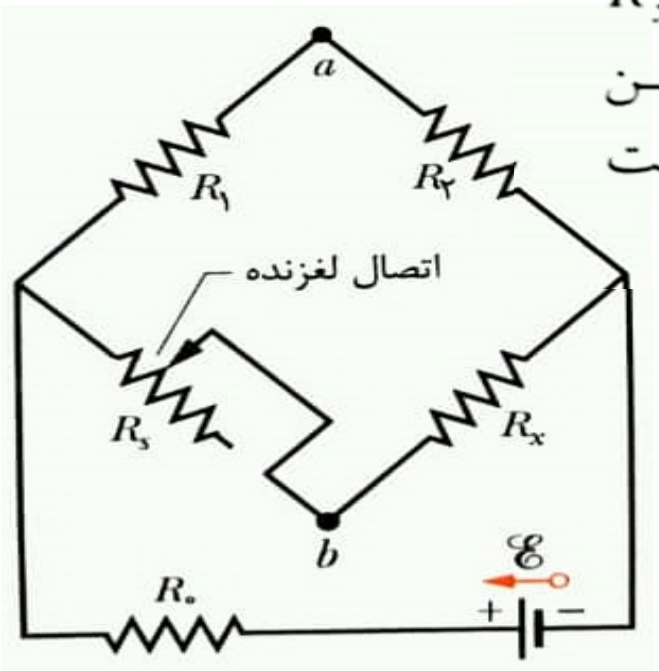
$$P_2 = R_2 i_2^2 = R_2 \times \frac{\varepsilon}{R_1 + R_{23}} \times \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

$$= R_2 \frac{\varepsilon}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \times \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

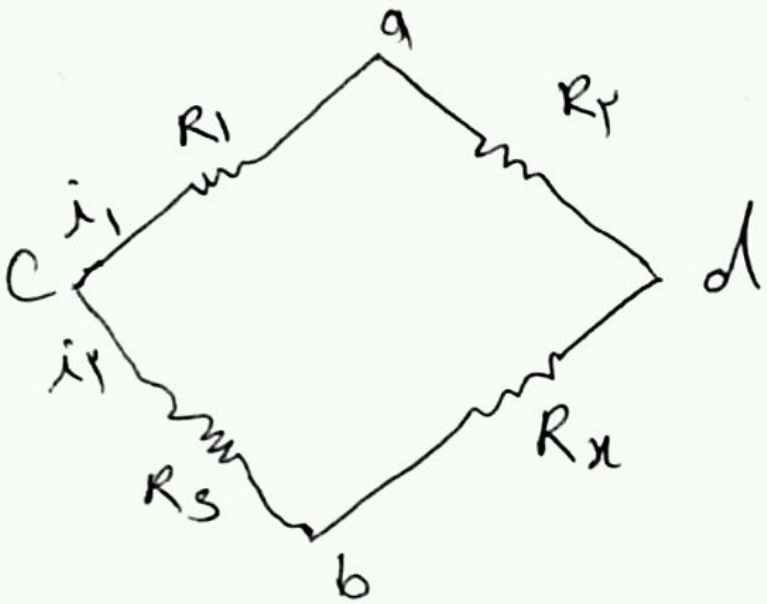
$$P_2 = \frac{\varepsilon R_2 R_3}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3}$$

$$\frac{dP_2}{dR_3} = 0 \quad \rightarrow \quad R_3 = 0$$

●●۵۵ در شکل ۲۷-۶۱ ، مقدار R_s باید طوری تنظیم شود که با حرکت دادن اتصال لغزنده روی آن، سرانجام پتانسیل نقطه‌های a و b یکسان شود. (یک روش برای تحقیق این شرط آن است که برای لحظه‌ای آمپرسنج حساسی را بین نقطه‌های a و b ببندیم؛ اگر این دو نقطه در پتانسیل یکسانی باشند، آمپرسنج منحرف نخواهد شد.) نشان دهید هرگاه این تنظیم ایجاد شود، رابطه‌ی $R_x = R_s R_2 / R_1$ برقرار است. یک مقاومت مجهول (R_x) را می‌توان با استفاده از این وسیله، که *پل وتستون*[1] خوانده می‌شود، برحسب یک مقاومت استاندارد (R_s) اندازه‌گیری کرد.



سوال ۵۵



$$V_c - V_a = V_c - V_b$$

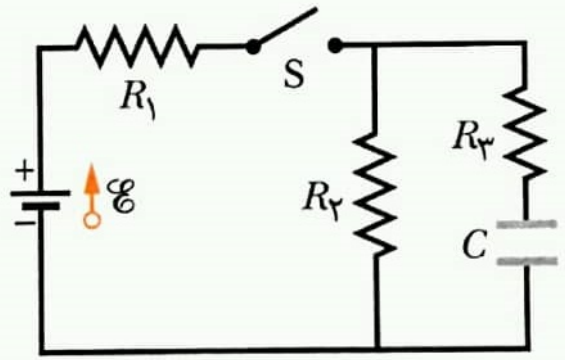
$$i_1 R_1 = i_2 R_s \quad (1)$$

$$V_a - V_d = V_b - V_d$$

$$i_1 R_2 = i_2 R_x \quad (2)$$

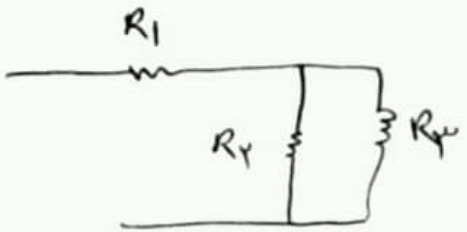
$$\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{i_1 R_1}{i_1 R_2} = \frac{i_2 R_s}{i_2 R_x} \Rightarrow \boxed{R_x = \frac{R_2 R_s}{R_1}}$$

۶۳•• WWW در مدار شکل ۲۷-۶۵، $\mathscr{E} = ۱٫۲\,\text{kV}$، $C = ۶٫۵\,\mu\text{F}$ و $R_۱ = R_۲ = R_۳ = ۰٫۷۳\,\text{M}\Omega$ است. وقتی C کاملاً بدون بار است، کلید S ناگهان زده می‌شود (لحظه‌ی $t = ۰$). در $t = ۰$، (الف) جریان $i_۱$ مقاومت ۱، (ب) جریان $i_۲$ مقاومت ۲، (پ) جریان $i_۳$ مقاومت ۳ چقدر است؟ در $t = \infty$ (یعنی، پس از گذشت چندین ثابت زمانی)، (ت) $i_۱$، (ث) $i_۲$ و (ج) $i_۳$ چقدر می‌شود؟ اختلاف پتانسیل $V_۲$ی دو سر مقاومت ۲ در (چ) $t = ۰$ و (ح) $t = \infty$ چقدر است؟ (خ) $V_۲$ را بر حسب زمان tی بین این دو زمان حدّی رسم کنید.



۶۳ :

در $t=0$ هیچ باری در خازن ذخیره نشده پس هیچ اختلاف پتانسیلی دو سر آن هست

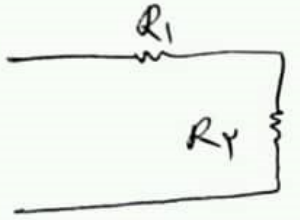


$$R_{eq} = R_1 + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$$

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} =$$

$$i_2 = i_3 = \frac{1}{2} i_1$$

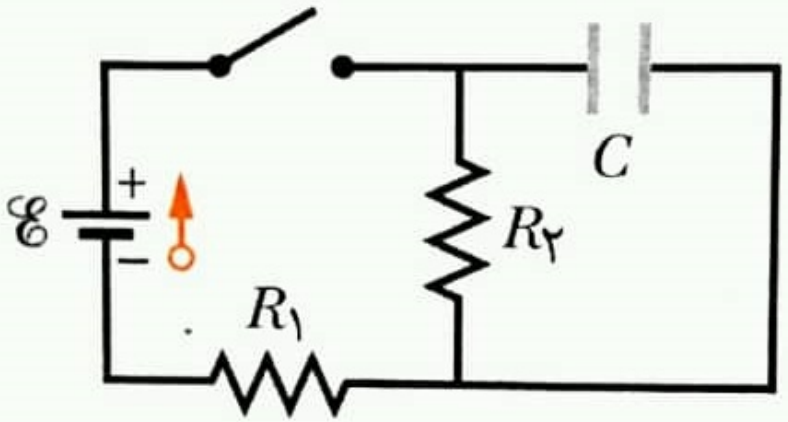
در $t=\infty$ خازن پر می باشد و جریانی از آن عبور نمی کند پس آن مانند



$$R_{eq} = 2R$$

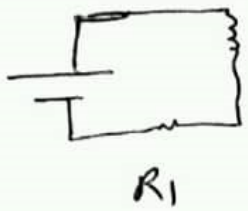
$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} \qquad i_2 = i_1 \qquad i_3 = 0$$

۶۵●● GO در شکل ۲۷-۶۶، $R_1 = ۱۰٫۰\,\text{k}\Omega$، $R_2 = ۱۵٫۰\,\text{k}\Omega$، $C = ۰٫۴۰۰\,\mu\text{F}$، و emf باتری آرمانی $\mathscr{E} = ۲۰٫۰\,\text{V}$ است. نخست کلید برای مدتی طولانی بسته می‌شود تا اینکه حالت پایا برقرار شود. سپس کلید در زمان $t = ۰$ باز می‌شود. جریان در مقاومت ۲ در $t = ۴٫۰۰\,\text{ms}$ چقدر است؟



: ۹۵

با پر شدن کامل خازن جریان عبوری از شاخه‌ای که شامل خازن می‌باشد صفر می‌گردد



$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} \qquad V_2 = i R_2 = \frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2}$$

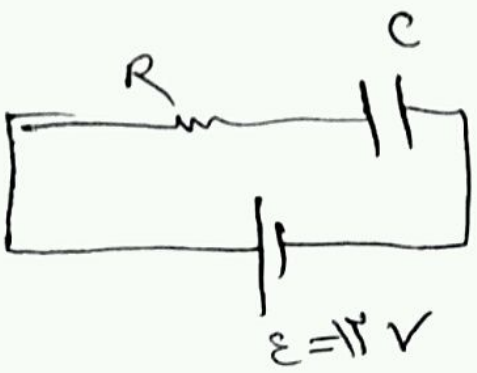
$$V_2 = V_c \Rightarrow q_{max} = C V_2 = \frac{C \mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2}$$

با باز شدن کلید منبع نیروی محرکه از مدار حذف می‌شود و خازن شروع به تخلیه شدن می‌نماید بنابراین جریان از مقاومت R_2 خواهد گذشت

$$i_2 = \frac{-q_{max}}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

• ۶۱ ILW یک مقاومت $15/0\,k\Omega$ و یک خازن به‌طور متوالی به هم بسته می‌شوند و سپس اختلاف پتانسیل $12/0\,V$ به‌طور ناگهانی به دو سر آنها اعمال می‌گردد. اختلاف پتانسیل دو سر خازن در عرض $1/30\,\mu s$ به $5/00\,V$ افزایش می‌یابد. (الف) ثابت زمانی مدار را محاسبه کنید. (ب) ظرفیت این خازن را به‌دست آورید.

۹۱ :



$$V_C = \varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$۵ = ۱۲\left(1 - e^{-\frac{۱٫۳\times۱۰^{-۹}}{۱۵\times۱۰^{۳}\times C}}\right)$$

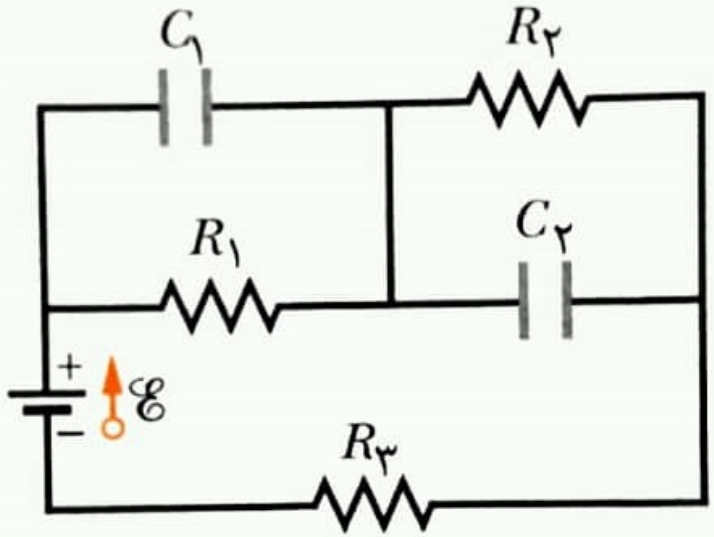
$$\Rightarrow e^{-\frac{۱٫۳\times۱۰^{-۹}}{۱۵\times۱۰^{۳}C}} = 1 - \frac{۵}{۱۲} = \frac{۷}{۱۲}$$

از دو طرف ln میگیریم $\Rightarrow -\frac{۱٫۳\times۱۰}{۱۵\times۱۰^{۳}C} = \ln\frac{۷}{۱۲}$

$$\Rightarrow C =$$

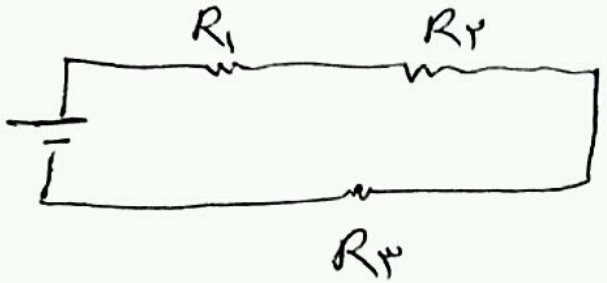
$$\tau = RC$$

۸۰ در شکل ۲۷-۷۳، $R_1 = ۵٫۰۰\,\Omega$ ، $R_2 = ۱۰٫۰\,\Omega$ ، $R_3 = ۱۵٫۰\,\Omega$ ، $C_1 = ۵٫۰۰\,\mu F$ ، $C_2 = ۱۰٫۰\,\mu F$ و emf باتری آرمانی $\mathscr{E} = ۲۴٫۰\,V$ است. با فرض آنکه مدار در حالت پایا باشد، انرژی کلّ ذخیره شده در دو خازن چقدر است؟



شکل ۲۷-۷۳ مسئله‌ی ۸۰

در حالت پایا خازن‌ها پر شده و جریانی از شاخه‌های آنها نمی‌گذرد



$$i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_1 = V_{C_1} = R_1 i = \frac{R_1 \varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_2 = V_{C_2} = \frac{R_2 \varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 \qquad U_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2$$

●●● ۴۳ به شما تعدادی مقاومت $10\,\Omega$ داده شده است که هر کدام می‌توانند بی‌آنکه بسوزند، فقط $1{,}0\,W$ تلف کنند. کمترین تعداد چنین مقاومت‌هایی باید چقدر باشد تا ترکیب آنها به‌طور متوالی یا موازی، مقاومتی $10\,\Omega$ را ایجاد کند که بتواند دست‌کم $5{,}0\,W$ تلف کند؟

۴۸ ●●● GO در شکل ۲۷-۵۳، $R_1 = ۷٫۰۰\,\Omega$، $R_2 = ۱۲٫۰\,\Omega$، $R_3 = ۴٫۰۰\,\Omega$ و emf باتری آرمانی $\mathscr{E} = ۲۴٫۰\,V$ است. به‌ازای چه مقداری از R_4 آهنگ انتقال انرژی از باتری به مقاومت‌ها برابر با (الف) $۶۰٫۰\,W$، (ب) بیشترین آهنگ انتقال ممکن P_{max} و (پ) کمترین آهنگ ممکن P_{min} است؟ (ت) P_{max} و (ث) P_{min} چقدر است؟