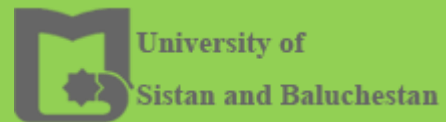


Basic Electrical Engineering

By: M. Shahraki



University of Sistan & Baluchestan
Faculty of Electrical and Computer Engineering
Department of Electrical & Electronics Engineering

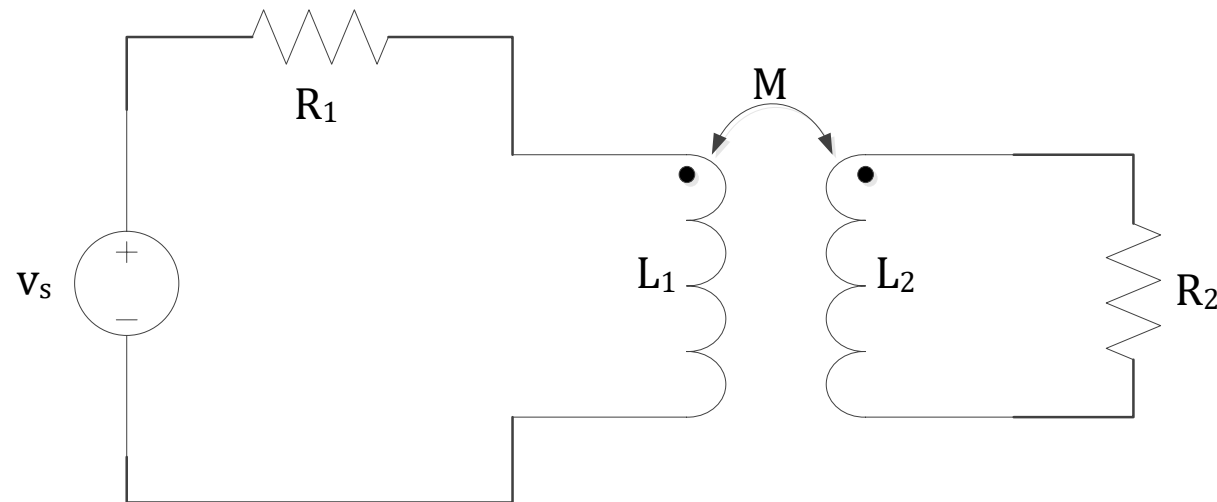
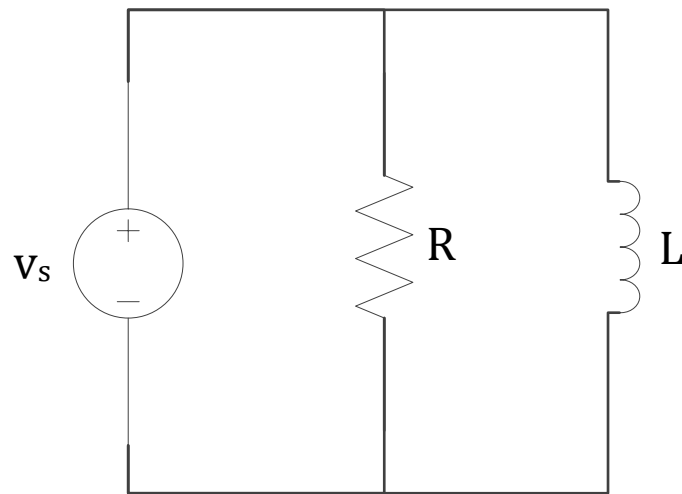
Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

مدار الکتریکی:

مجموعه ای از قطعات الکتریکی که توسط سیم های رابط ایده آل، مسیر (مسیرهای) بسته ای را تشکیل داده اند و امکان جاری شدن جریان الکتریکی در آن ها وجود دارد.

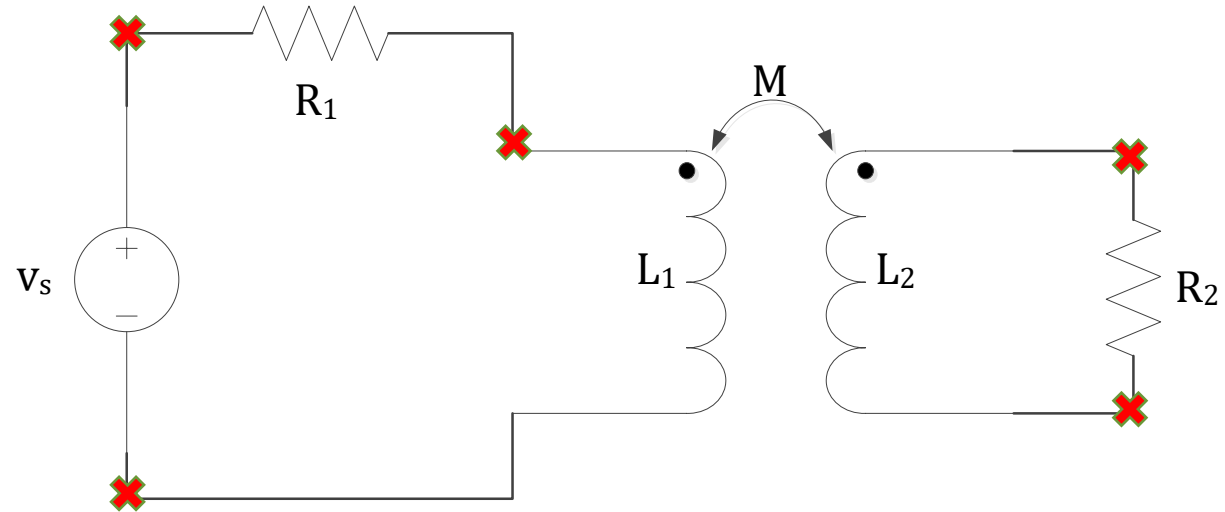
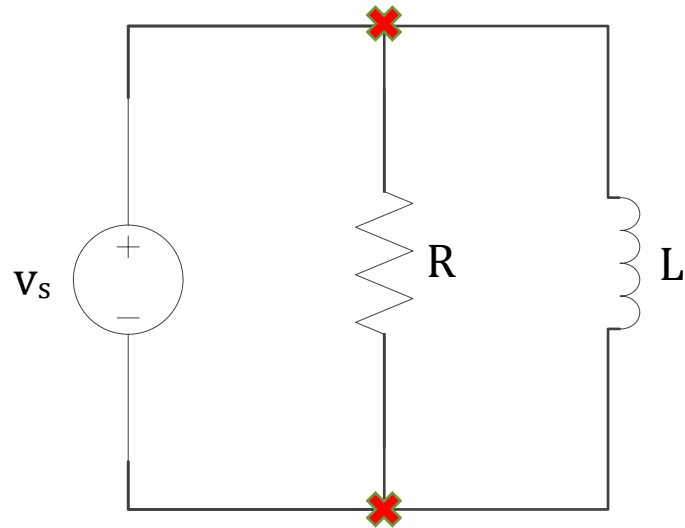
سیم های رابط ایده آل هیچ توانی مصرف نکرده و افت ولتاژ دو سر آنها صفر است.



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

گره در مدار:
به محلی گفته می شود که ۲ یا چند قطعه الکتریکی در آن نقطه به یکدیگر متصل شده باشند.

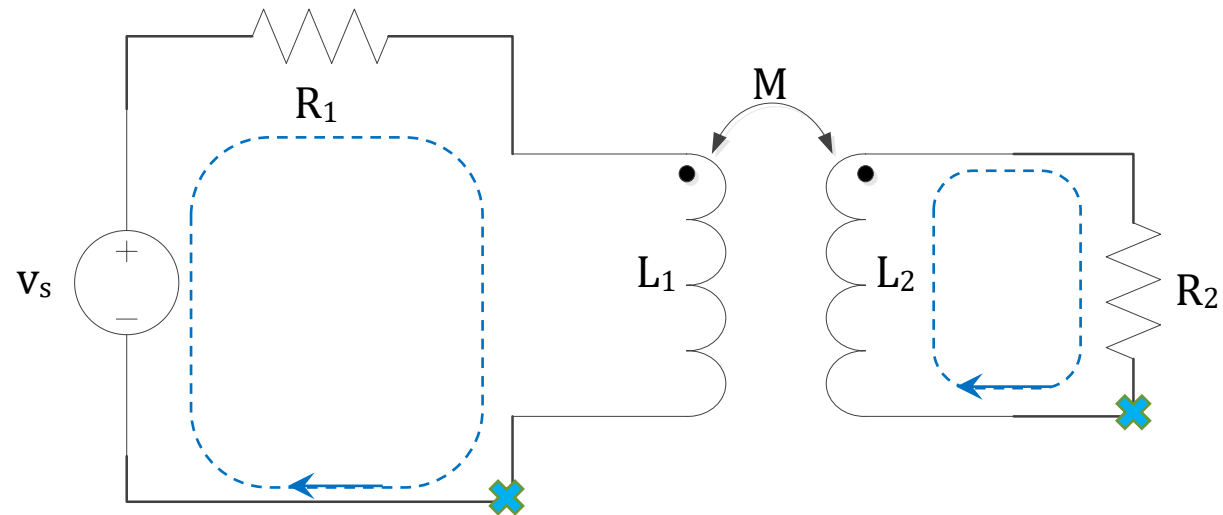
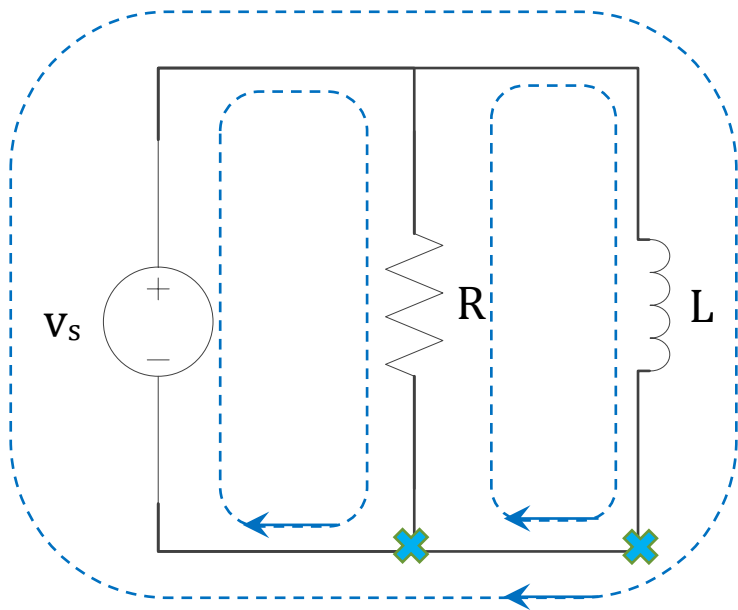


Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

حلقه در مدار:

هر مسیر بسته در یک مدار را حلقه می نامند (گره مبدا و مقصد یکی است و از هیچ گره دیگری بیش از یک بار عبور نمی کند).



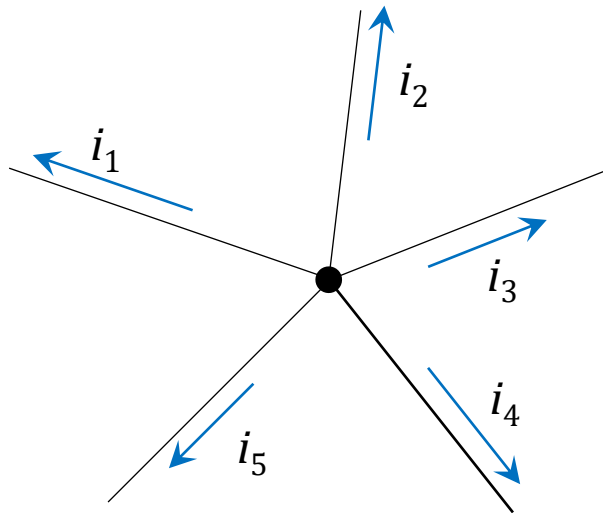
Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

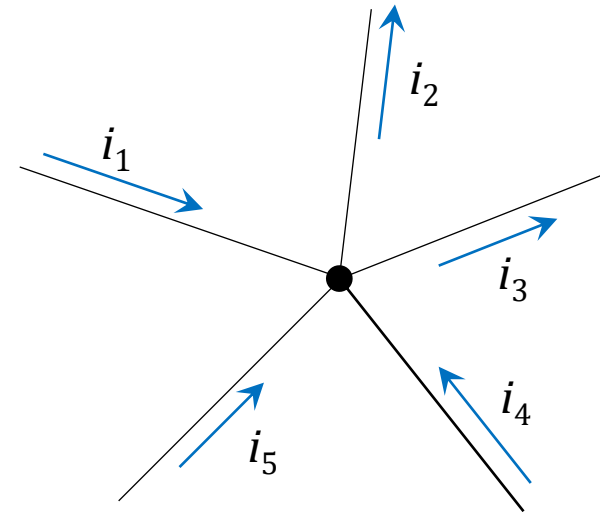
قوانین حاکم بر مدارهای الکتریکی

KCL (Kirchhoff's Current Law):

جمع جبری جریانهای خارج شونده (وارد شونده) از یک گره برابر صفر است



$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 + i_5 = 0$$



$$-i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$



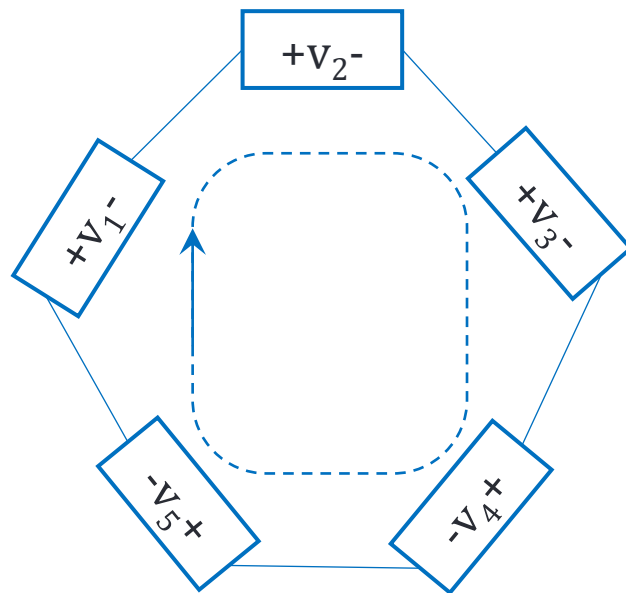
Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

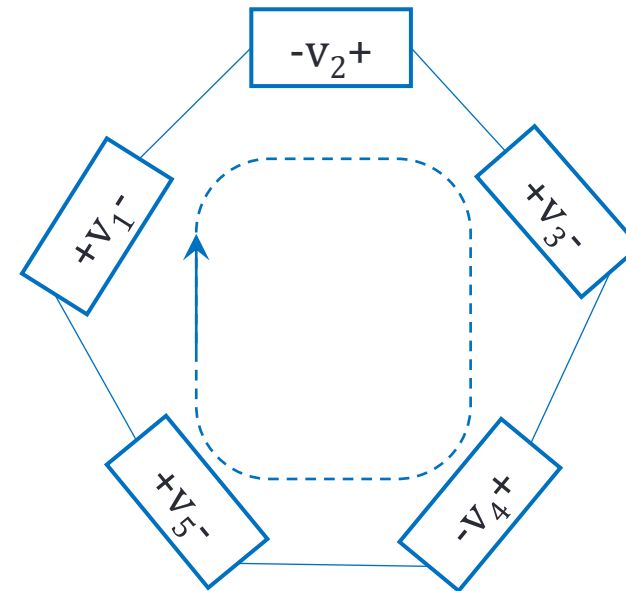
قوانین حاکم بر مدارهای الکتریکی

KVL (Kirchhoff's Voltage Law):

جمع جبری افت ولتاژها در یک حلقه و در یک مسیر مشخص برابر صفر است



$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 = 0$$



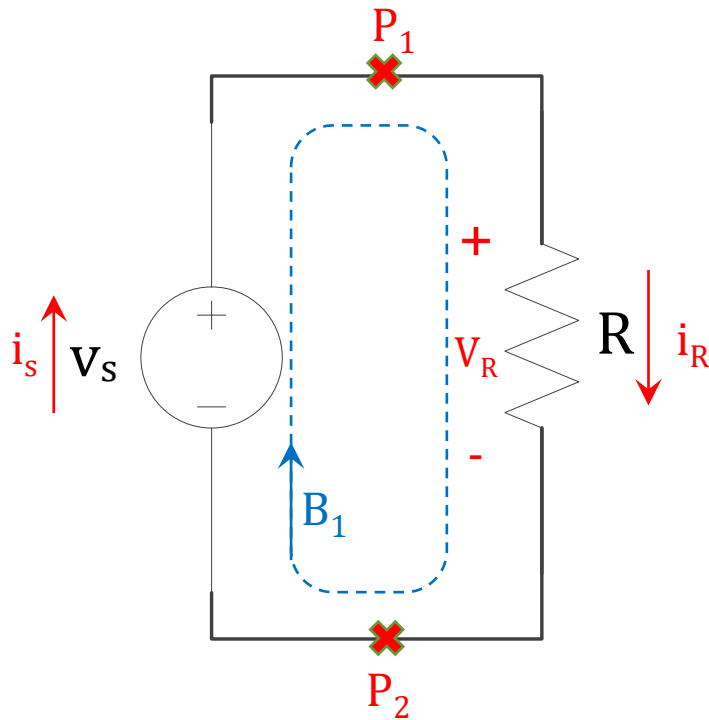
$$v_1 - v_2 + v_3 + v_4 - v_5 = 0$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

مثال هایی از KVL و KCL



KCL:

$$\left. \begin{array}{l} P_1: -i_S + i_R = 0 \\ P_2: +i_S - i_R = 0 \end{array} \right\} i_S = i_R$$

KVL:

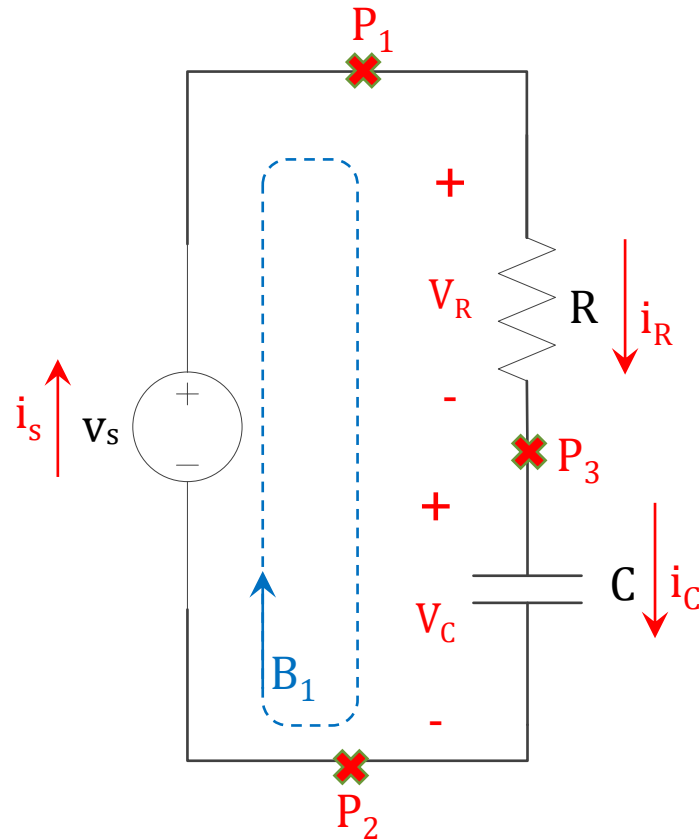
$$B_1: -v_S + v_R = 0 \longrightarrow v_S = v_R$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

مثال هایی از KVL و KCL



KCL:

$$P_1: -i_S + i_R = 0$$

$$P_2: +i_S - i_C = 0$$

$$P_3: -i_R + i_C = 0$$

$$i_S = i_R = i_C$$

KVL:

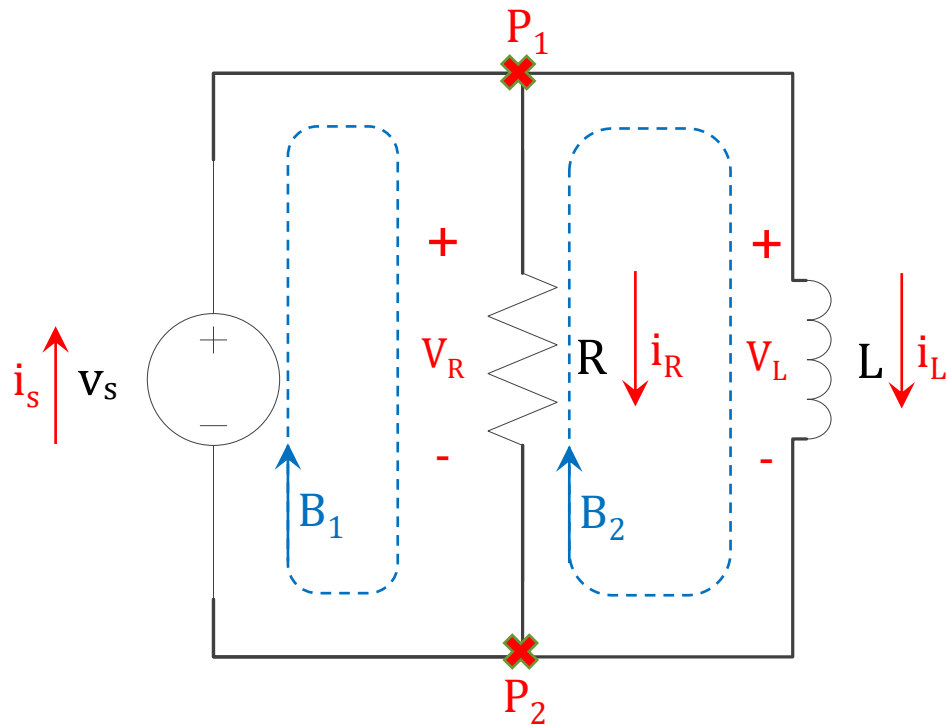
$$B_1: -v_S + v_R + v_C = 0 \longrightarrow v_S = v_R + v_C$$

در چنین حالتی R و C با یکدیگر سری هستند



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات



مثال هایی از KVL و KCL

KCL:

$$\begin{aligned} P_1: & -i_S + i_R + i_L = 0 \\ P_2: & +i_S - i_R - i_L = 0 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} P_1: \\ P_2: \end{aligned}} \right\} i_S = i_R + i_L$$

KVL:

$$\begin{aligned} B_1: & -v_S + v_R = 0 \\ B_2: & -v_R + v_L = 0 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} B_1: \\ B_2: \end{aligned}} \right\} v_S = v_R = v_L$$

در چنین حالتی R و L با یکدیگر موازی هستند

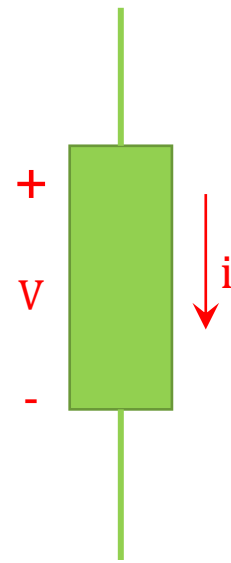
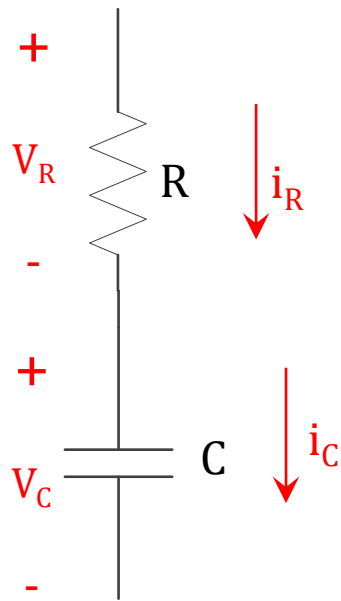


Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

نتایج قوانین KCL و KVL
سری کردن عناصر با یکدیگر:

چنانچه در یک گره فقط دو قطعه به یکدیگر متصل شده باشند، آن دو قطعه با یکدیگر سری هستند.



جریان های گذرنده از قطعات یکسان است.

$$i = i_R = i_C$$

ولتاژ دوسر آنها برابر با جمع جبری ولتاژهای دوسر هر یک از آنها است

$$V = V_R + V_C$$

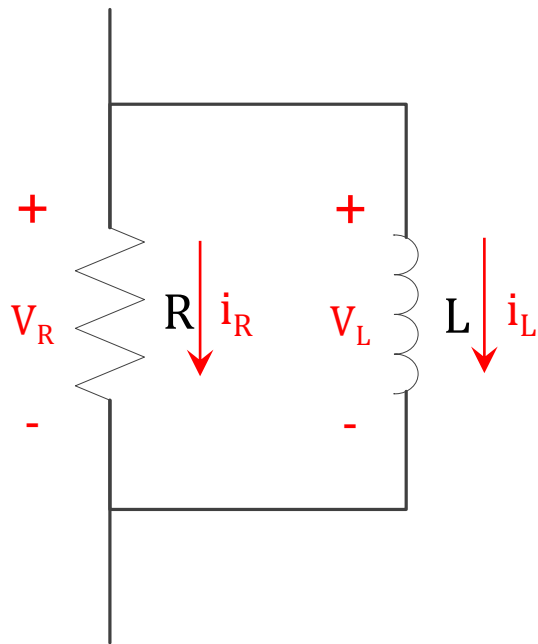


Electrical Equations

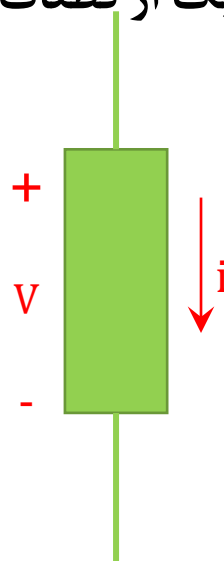
معادلات مربوط به قطعات

نتایج قوانین KCL و KVL
موازی کردن عناصر با یکدیگر:

چنانچه دو قطعه هر رو سر آنها به یکدیگر متصل شده باشند، آن دو قطعه با یکدیگر موازی هستند.



جریان گذرنده از آنها برابر با جمع جبری جریان گذرنده از هر یک از قطعات است.



$$i = i_R + i_L$$

ولتاژ دوسر آنها برابر با یکدیگر است

$$V = V_R = V_L$$

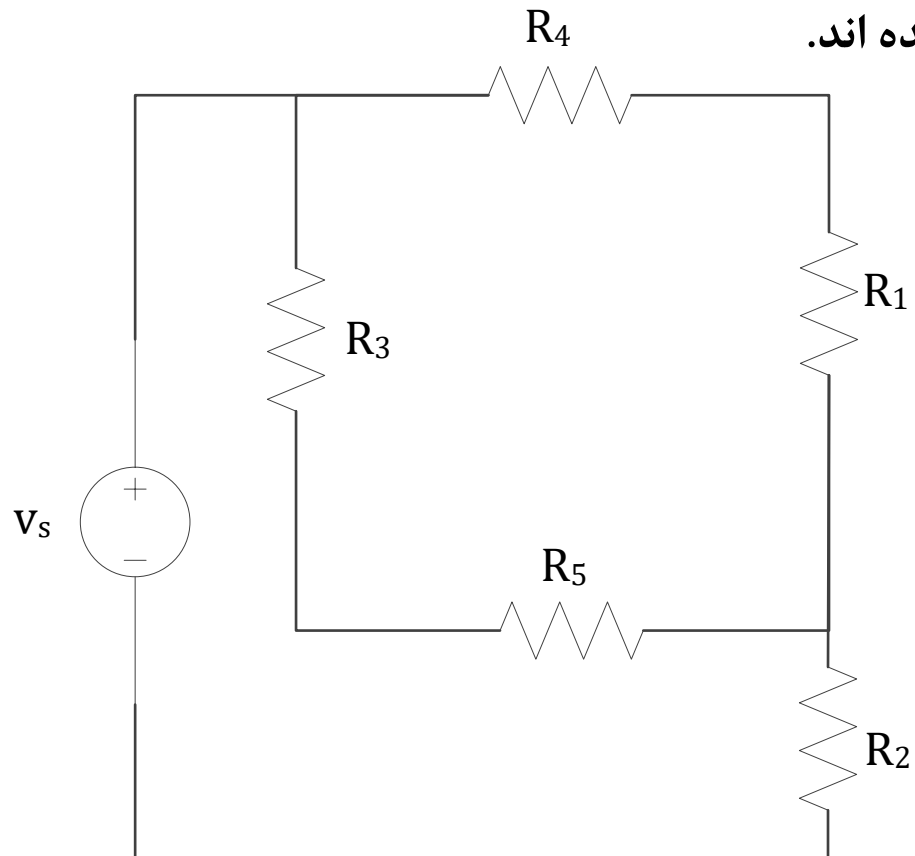


Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

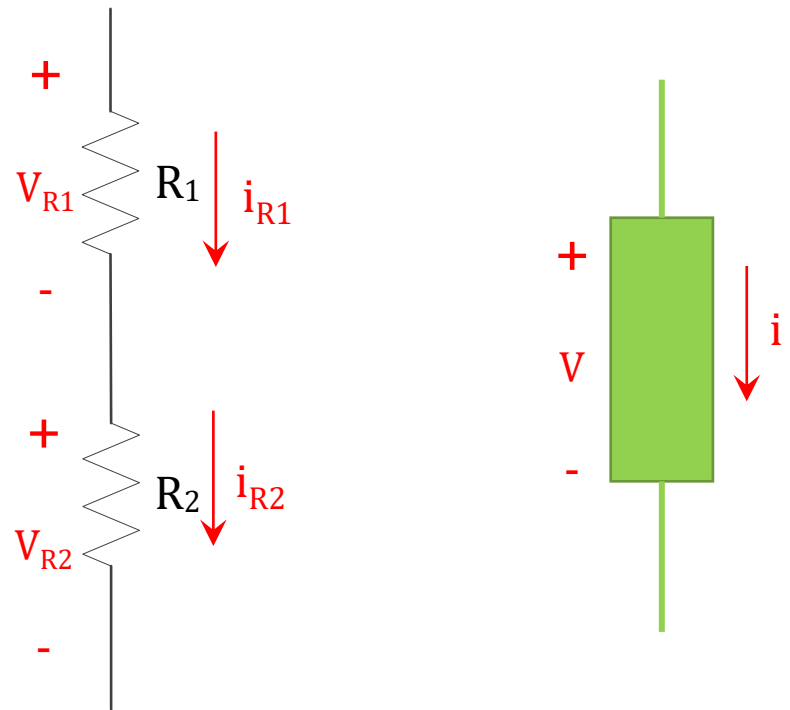
مدارهای الکتریکی خطی مقاومتی

مدارهایی که تنها از منابع مستقل و وابسته و مقاومت‌های خطی تشکیل شده اند.



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات



مقاومت های سری

$$i = i_{R1} = i_{R2}$$

$$V = V_{R1} + V_{R2}$$

از اتصال دو مقاومت خطی، یک مقاومت خطی دیگر تشکیل خواهد شد.

$$R = \frac{V}{i} = \frac{V_{R1} + V_{R2}}{i} = \frac{V_{R1}}{i} + \frac{V_{R2}}{i}$$

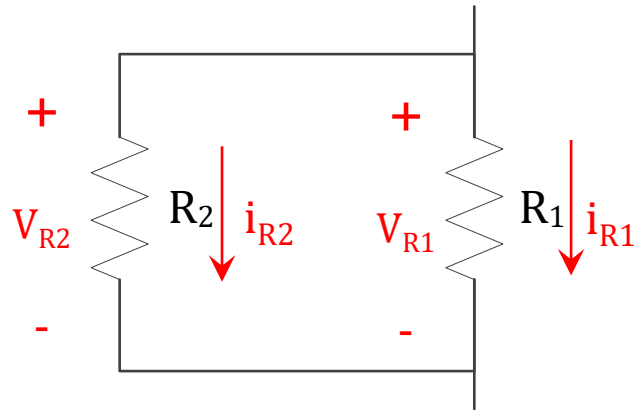
$$R = \frac{V_{R1}}{i_{R1}} + \frac{V_{R2}}{i_{R2}} = R_1 + R_2$$

مقاومت معادل دو مقاومت سری، برابر با مجموع آنهاست



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات



مقاومت های موازی

$$i = i_{R1} + i_{R2}$$

$$V = V_{R1} = V_{R2}$$

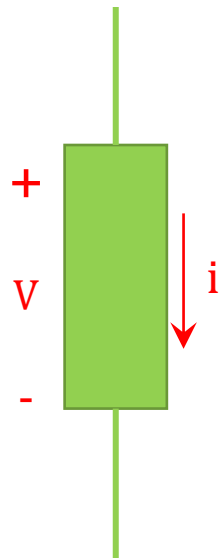
از اتصال دو مقاومت خطی، یک مقاومت خطی دیگر تشکیل خواهد شد.

$$R = \frac{V}{i} = \frac{V}{i_{R1} + i_{R2}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{i_{R1} + i_{R2}}{V}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{i_{R1}}{V_{R1}} + \frac{i_{R2}}{V_{R2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

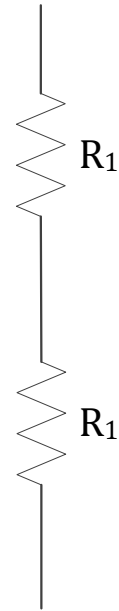


معکوس مقاومت معادل دو مقاومت موازی، برابر با مجموع معکوس مقاومت آنهاست



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

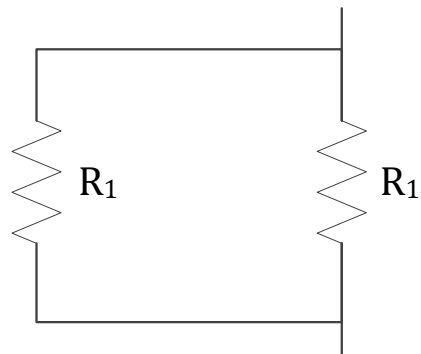


نکات مفید در سری و موازی کردن مقاومت ها:

معادل دو مقاومت سری، همواره بزرگتر از اندازه هر یک از مقاومت ها است.

معادل دو مقاومت سری R_1 ، برابر با $2R_1$ می باشد.

$$R = R_1 + R_1 = 2R_1$$



معادل دو مقاومت موازی، همواره کوچکتر از اندازه هر یک از مقاومت ها است.

معادل دو مقاومت موازی R_1 ، برابر با $\frac{R_1}{2}$ می باشد.

$$R = \frac{R_1 R_1}{R_1 + R_1} = \frac{R_1^2}{2R_1} = \frac{R_1}{2}$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

سری کردن خازن ها

$$v = \frac{1}{C} \int i dt$$

$$\frac{1}{C} = \frac{v_{R1}}{\int i_{R1} dt} + \frac{v_{R2}}{\int i_{R2} dt} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

سری کردن سلف ها

$$v = L \frac{di}{dt}$$

$$L = \frac{v_{R1}}{di_{R1}/dt} + \frac{v_{R2}}{di_{R2}/dt} = L_1 + L_2$$

$$L = L_1 + L_2$$

Exercise



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

موازی کردن خازن ها

$$v = \frac{1}{C} \int i dt$$

$$C = \frac{\int i_{C1} dt}{v_{R1}} + \frac{\int i_{C2} dt}{v_{R2}} = C_1 + C_2$$

$$C = C_1 + C_2$$

موازی کردن سلف ها

$$v = L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{1}{L} = \frac{di_{R1}/dt}{v_{R1}} + \frac{di_{R2}/dt}{v_{R2}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

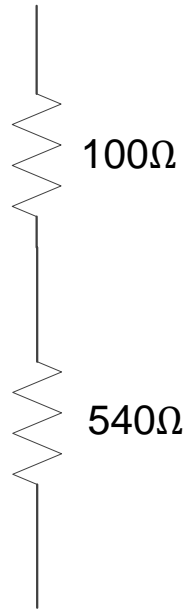
$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Exercise



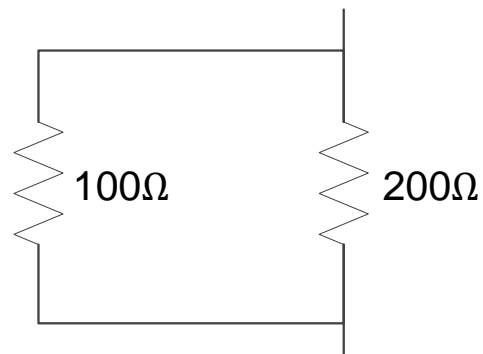
Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات



$$R = 100\Omega + 540\Omega = 640\Omega$$

مثال:



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{200\Omega} = \frac{200 + 100}{200 \times 100} = \frac{3}{200\Omega}$$

$$R = \frac{200}{3} \Omega$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

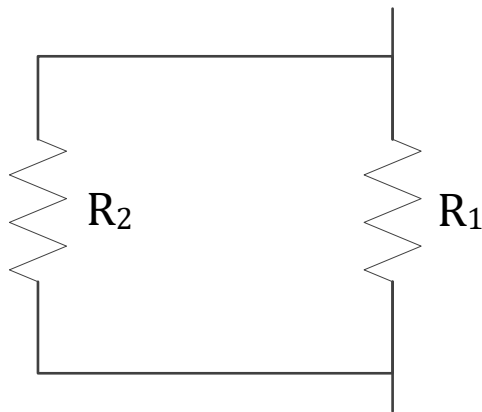
مقاومت معادل چند مقاومت:



$$R_{Eq} = R_1 + R_2$$

مقاومت های سری

معادل چند مقاومت سری، مجموع مقاومت ها می باشد.



مقاومت های موازی

معکوس معادل چند مقاومت موازی، مجموع معکوس مقاومت ها می باشد.

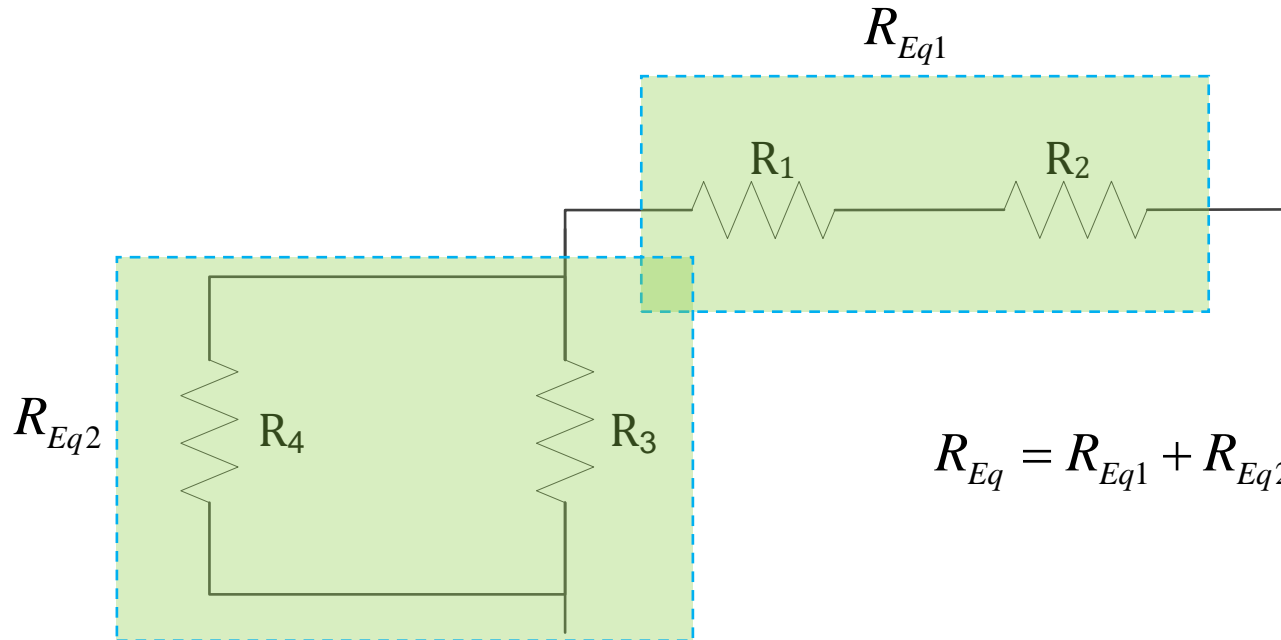
$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R_{Eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

مقاومت معادل چند مقاومت:



$$R_{Eq} = R_{Eq1} + R_{Eq2}$$

$$R_{Eq1} = R_1 + R_2$$

$$R_{Eq2} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

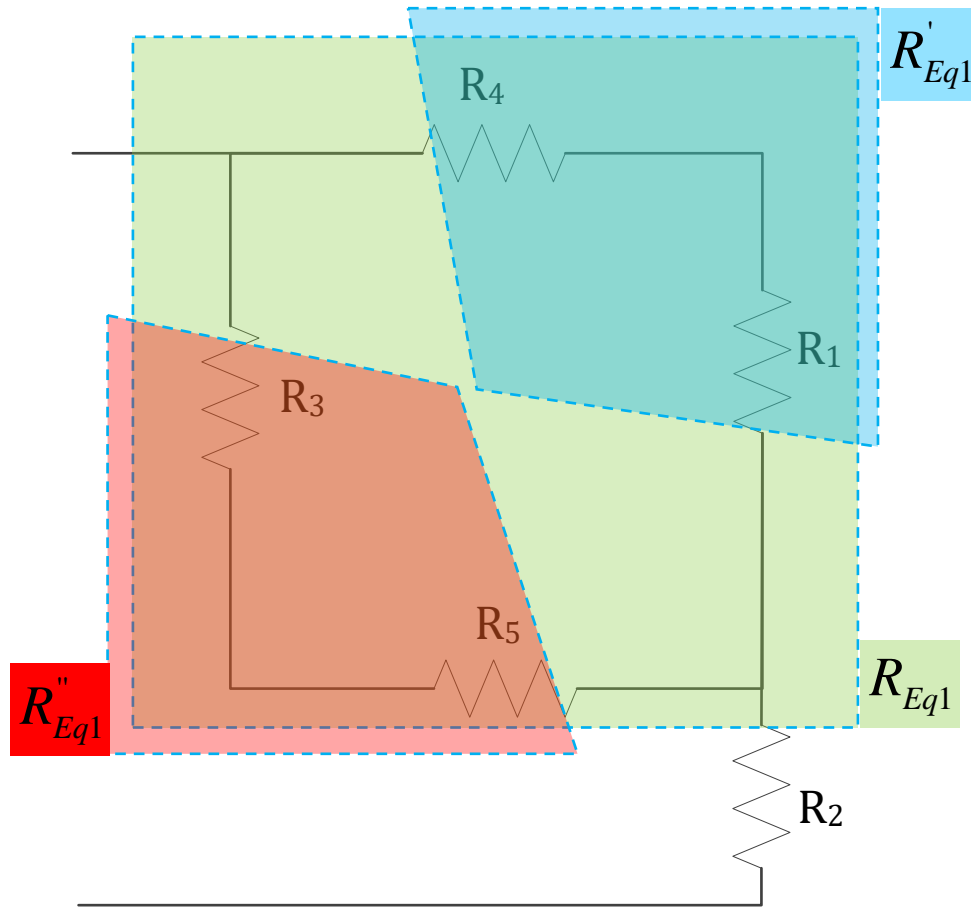
$$R_{Eq} = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

مقاومت معادل چند مقاومت:



$$R_{Eq} = R_{Eq1} + R_2$$

$$R_{Eq1} = R'_{Eq1} \parallel R''_{Eq1}$$

$$R_{Eq} = R'_{Eq1} \parallel R''_{Eq1} + R_2$$

$$R'_{Eq1} = R_1 + R_4$$

$$R''_{Eq1} = R_3 + R_5$$

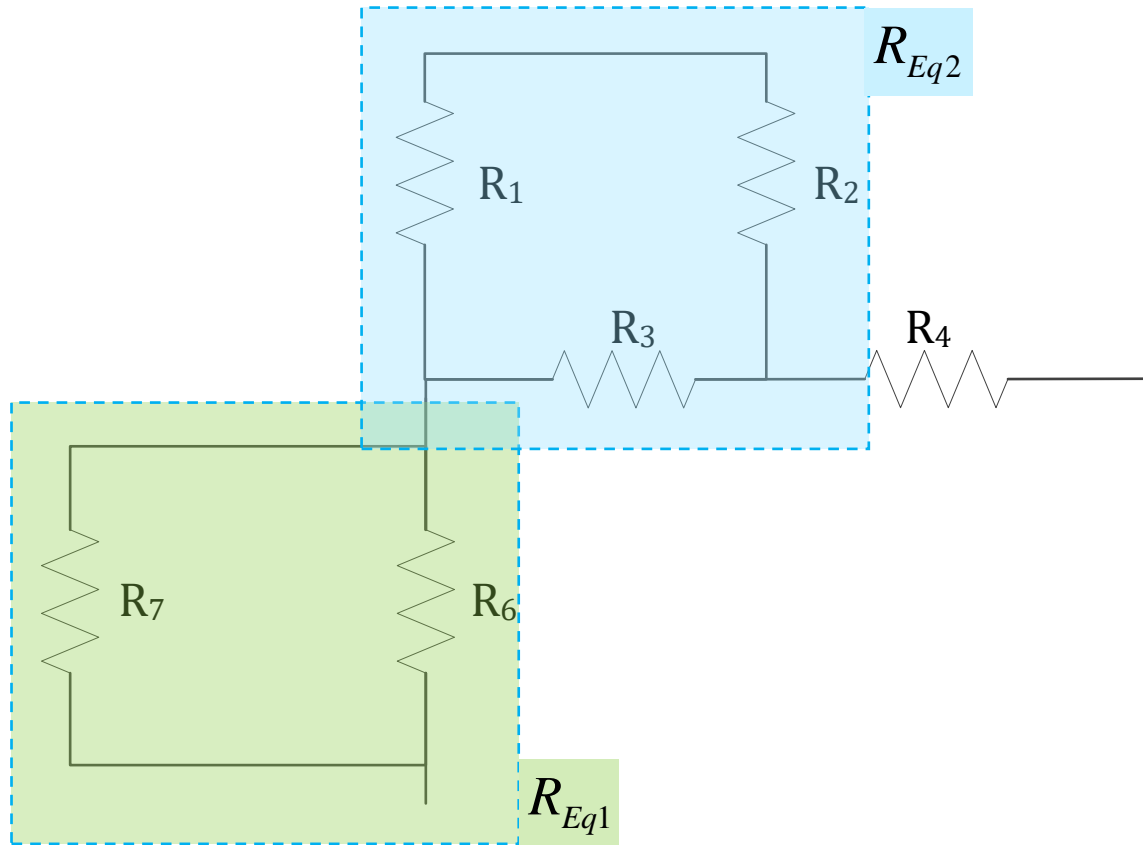
$$R_{Eq} = \frac{(R_1 + R_4)(R_3 + R_5)}{(R_1 + R_4) + (R_3 + R_5)} + R_2$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

مقاومت معادل چند مقاومت:



$$R_{Eq} = R_{Eq1} + R_{Eq2} + R_4$$

$$R_{Eq1} = \frac{R_6 R_7}{R_6 + R_7}$$

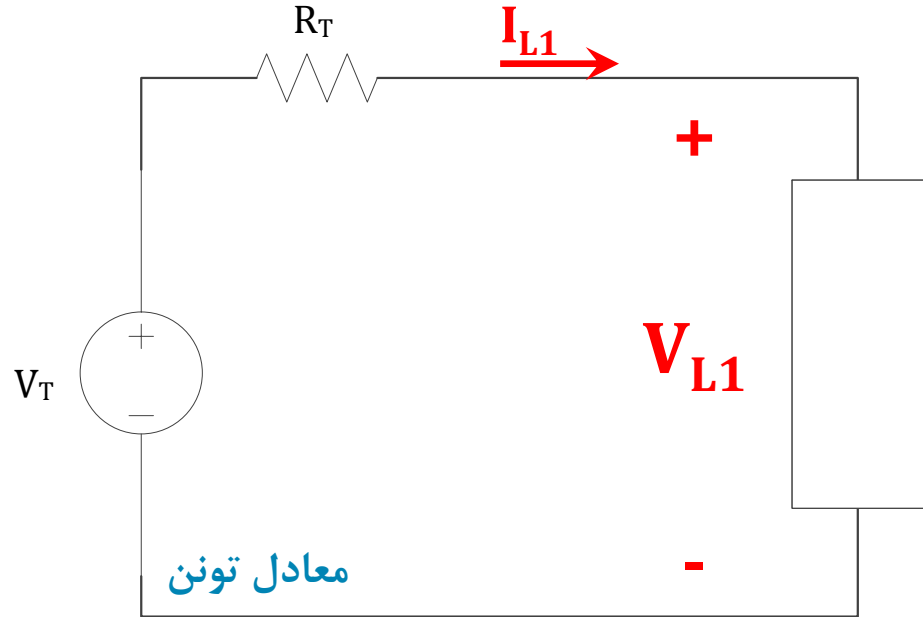
$$R_{Eq2} = (R_1 + R_2) \parallel R_3 = \frac{(R_1 + R_2) R_3}{(R_1 + R_2) + R_3}$$

$$R_{Eq} = \frac{(R_1 + R_2) R_3}{(R_1 + R_2) + R_3} + \frac{R_6 R_7}{R_6 + R_7} + R_4$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات



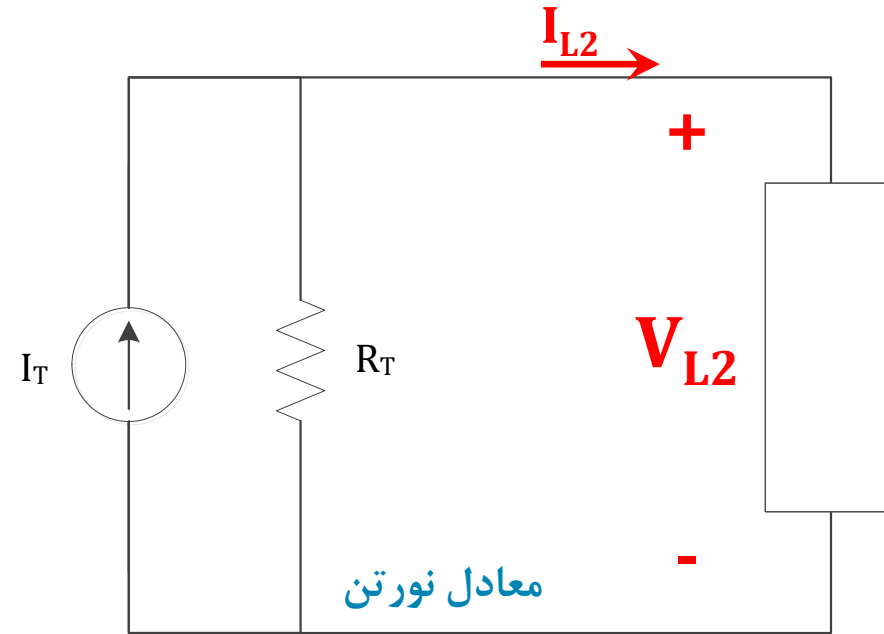
$$-V_T + R_T I_{L1} + V_{L1} = 0$$

$$I_{L1} = I_{L2} = I_L$$

$$V_{L1} = V_{L2} = V_L$$

$$-V_T + R_T I_L + V_L = 0$$

$$I_L = I_T - \frac{V_L}{R_T}$$



$$I_{L2} = I_T - \frac{V_{L2}}{R_T}$$

$$V_L = V_T - R_T I_L$$

$$V_L = I_T R_T - R_T I_L$$

منابع هم ارز

شرط هم ارز بودن

$$V_T = R_T I_T$$



Electrical Equations

معادلات مربوط به قطعات

Important Units in Electrical Engineering

Symbol	Unit	Value	Example
f	Femto	10^{-15}	fF
p	Pico	10^{-12}	pF, pH
n	Nano	10^{-9}	nF, nH, nA,
μ	Micro	10^{-6}	μ F, μ H, μ A
m	Milli	10^{-3}	mA, mV
k	Kilo	10^3	k Ω , kHz
M	Mega	10^6	M Ω , MHz
G	Giga	10^9	GHz
T	Tera	10^{12}	THz

