

جزوه مدار الکتریکی

استاد گرامی سرکار خانم مسروری

نیمسال دوم ۹۱\_۱۳۹۰  
پیام نور مرکز شمیرانات  
<http://www.ab-rafiee.com>



(مدار الکتریکی)

Subject:

Year. Month. Date. ( )

(فصل ۱) (حلب اول)

سیستم معروف در مدار الکتریکی سیستم واحد است.  
 که MKS (طول) ثانیه (زمان) کیلوگرم (جرم)

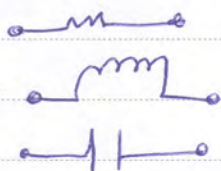
$10^{-3}$  m میلی  
 $10^{-6}$   $\mu$  میکرو  
 $10^{-9}$  n نانو  
 $10^{-12}$  p پیکو

$10^{+2}$  کیلو  
 $10^{+4}$  مگا

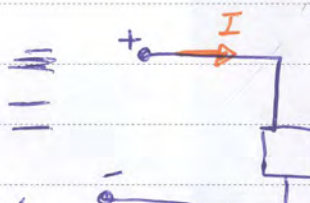
$0.10042 \text{ sec}$   
 $6.2 \times 10^{-3} \text{ sec}$   
 ۶.۲ میلی ثانیه

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

۱- جریان  $I$  ← واحدش آمپر A  
 ۲- ولتاژ  $V$  ← ولت V



(جهت قرار دادن برای عناصر الکتریکی در سر)



جهت قراردادی ولتاژ و جریان را متناظر با هم  
 می‌گویند اگر جریان مثبت از سری که علامت  
 مثبت برای ولتاژ آن در نظر گرفته شده وارد شده و از سری که علامت منفی برای ولتاژ آن  
 است از شاف خارج شده است.

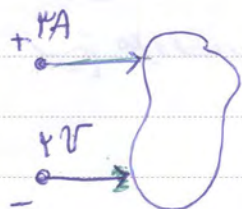
توان:  $P = VI$  واحدش وات (W)

اگر  $P > 0$  توان الکتریکی ← یعنی عنصر مربوط به P وات توان مصرف می‌کند - یا اصطلاحاً  
 جذب می‌کند مثل مقاومتها

اگر  $P < 0$  ← یعنی عنصر مربوط به یا الحاقی در سر P وات توان تولید می‌کند و به عناصر دیگر مثل  
 منابع الکتریکی تحویل دهد.

Subject:

Year: Month: Date: ( )

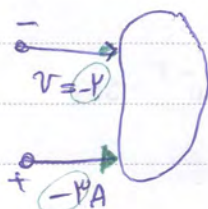


$$P = VI$$

$$P = 2 \times 3 = 6 \text{ (W)} > 0$$

مصرف کننده

مسئله ۱-۳) انتخابی نوره -  $P = ?$   
عنصر مصرف کننده بوده است یا تولید کننده؟



$$P = -2 \times 3 = -6 < 0$$

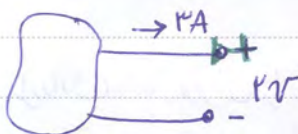
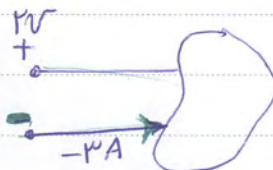
مصرف کننده

در سوال باید از سه مثبت وارد و از منفی خارج شود و چون عکس آن چیزی است که  
در سوال هم باید در یک منفی ضرب کنیم

$$P = VI$$

$$= 2 \times 3 = 6 > 0$$

مصرف کننده



$$P = 2 \times -3 = -6 < 0$$

تولید کننده

۱- خط

۲- تغییر ناپذیری با زمان

خواص عناصر مدارهای الکتریکی

۳-  $passive =$  در صورتیکه کل انرژی تهرتی به یک عنصر و یا توان آن  
عنصر منفی باشد نمی توان گفت که عنصر تولید کننده  
۴-  $passive$  است در غیر این صورت  $active$  می باشد  
مصرف کننده

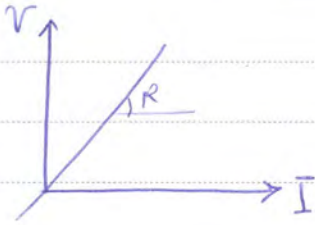
سوال بیشتر آید

فهره



Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_ ( )



✓ خطی

$$V = RI$$

$$y = mx$$

شیب خط منبسط مقاومت (R)

$$V = RI \quad \text{قانون اهم}$$

pasive

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau \geq 0$$

فشرده هنگامیکه اجزای فیزیکی یک عنصر در تحلیل آن با اهمیت باشد آن عنصر به عنوان یک عنصر فشرده در نظر گرفته می شود.

اما چنانچه در تحلیل یک عنصر، اجزای فیزیکی آن بی اهمیت باشد عنصر از نوع فشرده نخواهد بود.

KCL (قانون جریان)

KVL (قانون ولتاژ)

قوانین کیرشهف

مفاهیم ابتدایی:

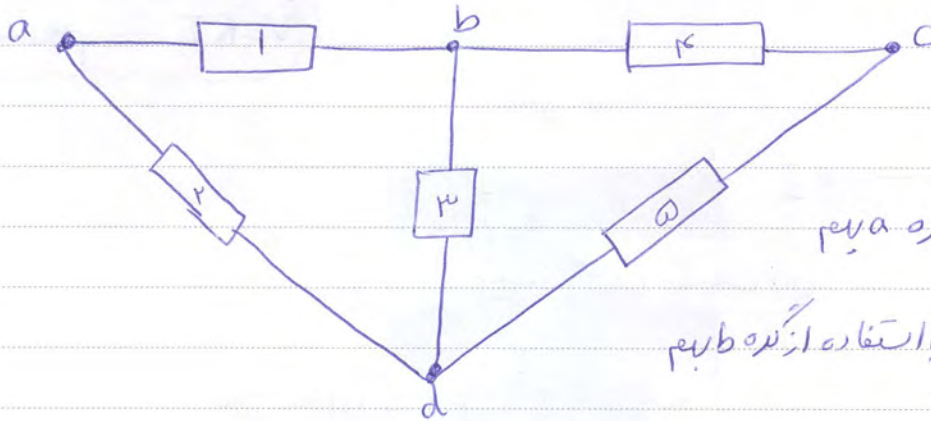
گروه: نقطه ای از مدار است که در آن نقطه، (ویا چند المان) عنصر بهم متصل می شود.

شاخه: به هر المان و هر در مدار یک شاخه گفته می شود.

حلقه: اگر دو یک مسیر از یک گره مورد نظر شروع کرده و با عبور از شاخه های مدار به همان گره مجدداً برگردیم اصطلاحاً گفته می شود که یک حلقه ایجاد شده است.

Subject:

Year. Month. Date. ( )



\* a یک گره است.

\* الحان ۱ و ۲ در گره a بهم

وصل شده اند.

\* الحان ۱ و ۳ و ۴ با استفاده از گره d بهم

وصل شده اند.

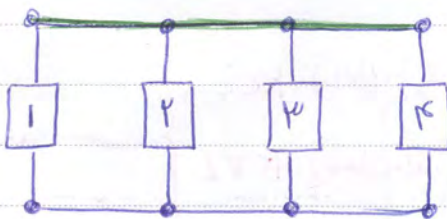
\*  $ab \leftarrow$  یک شاف

$abc \leftarrow$  یک شاف

$abda \leftarrow$  یک حلقه

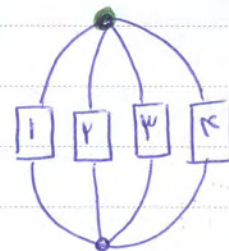
"  $abcd a$

"  $bcdb$



تبدیل شده است به یک  
خط مشترک

$\equiv$



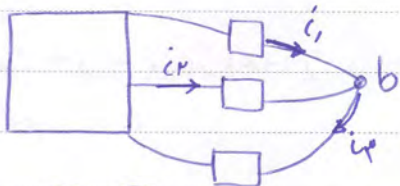
گره مشترک بین خط مشترک تبدیل شده است به یک گره داریم.

Subject:

Year:      Month:      Date:      ( )

## قانون جریان کیرشهف KCL :

(علامت نشانه)  
\* جمع جبری جریان های الکتریکی تمام شاخه های متصل شده به هر گره در هر لحظه از زمان، صفر می باشد.



$$KCL \text{ برای گره } b = I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

قرار داد :  
+ ورودی  
- خروجی

بیان متداول قانون KCL :

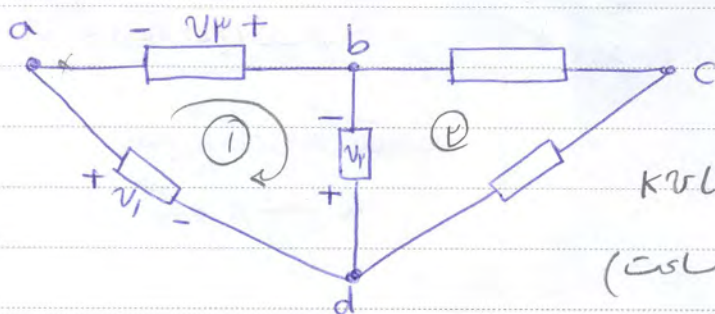
مجموع جریانهای ورودی به هر گره برابر با مجموع جریانهای خروجی از همان گره است.

در صورتی که در گره ها را درگیر علامت نمی کنیم

$$KCL \text{ } b = I_1 + I_2 = I_3$$

## قانون ولتاژ کیرشهف KVL :

\* جمع جبری ولتاژ تمام شاخه های در هر لحظه از زمان صفر می باشد.



برای حلقه ای ① : abda :

$$KVL \text{ } ① = -v_3 - v_2 - v_1 = 0$$

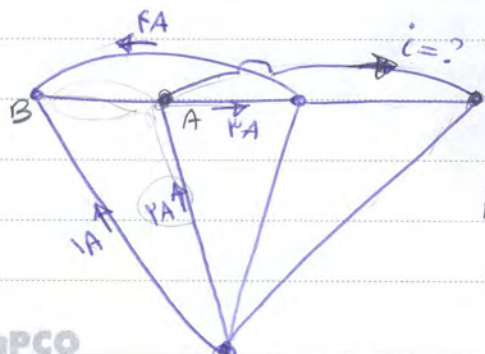
(جهت جریان در جهت عقربه های ساعت)

تمرین ۵، ص ۲۵

جریان  $i = ?$  جریان مربوط به کدام گره است ؟

به جریان A می خواهیم به این رابطه KCL بنویسیم

مشتاق بودم



$$KCL \text{ } B : i_1 + i_2 = i \rightarrow i = 5A$$

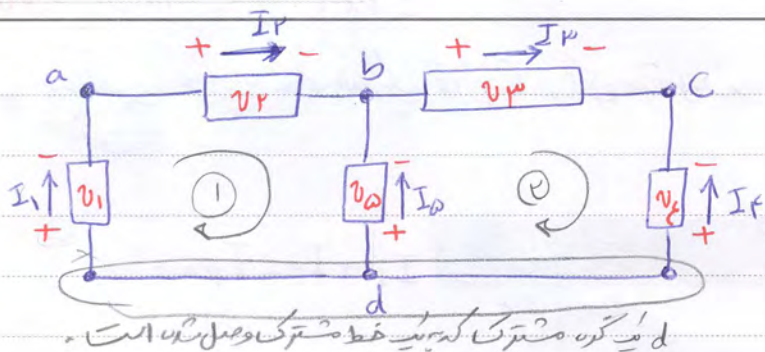
$$KCL \text{ } A : i_1 + i_2 = i_3 + i \rightarrow i = 4A \checkmark$$

P4PCO

جمع جریانهای ورودی = جمع جریانهای خروجی : KCL

Subject:

Year. Month. Date. ( )



تقریب ۲-۱-۲۲

برای جهت + و - ولتاژ باید به I نگاه کنیم.

هر رانیم به مقدار گره می توان KCL نوشت:

$$KCL \ a : I_1 = I_2$$

$$KCL \ b : I_2 + I_5 = I_3$$

$$KCL \ c : I_3 + I_4 = 0$$

$$KCL \ d : I_1 + I_4 + I_5 = 0$$

$$KVL \ ① : +v_1 + v_2 - v_5 = 0$$

$$KVL \ ② : -v_3 - v_5 + v_4 = 0$$

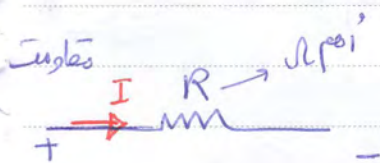
$$v_5 + v_3 - v_4 = 0$$

و به مقدار ولت می توان KVL نوشت:

$$KVL \ ③$$

(فصل دوم)

معرفی مقاومت ها و منابع الکتریکی  
المان خطی است ✓  
یعنی خطاً از مبدأ مختصات می گذرد با شیب R.



$$0 = -I = \frac{v_R}{R} = GV$$

$$G = \frac{1}{R}$$

رسانایی، عکس مقاومت است  
مدت = انترکس

$$V = RI$$

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



Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$P = VI \rightarrow V \times \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = (RI)I = RI^2$$

$$V = RI$$

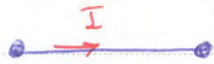
$$I = \frac{V}{R}$$

توان

$$\begin{cases} P = VI \\ P = RI^2 \\ P = \frac{V^2}{R} \end{cases}$$

نوع کاربرد از مقاومت های الکتریکی

عنصر مدار اتصال کوتاه (SC)  
short circuit

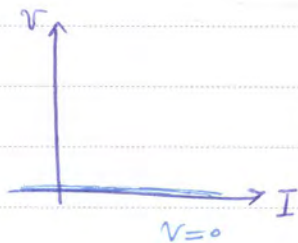


به ازای عبور جریان هیچ ولتاژی نداریم

$$V = 0$$

$$R = 0$$

$$G = \infty$$



$$V = RI$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0}{\text{جریان}} = 0$$

PAPCO

عنصر مدار باز (OS)  
open circuit



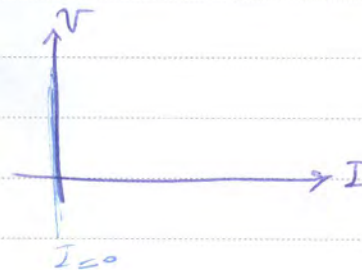
مدار باز است مقاومت نداریم

به ازای هر ولتاژی که این دو سر باشد جایش صاف است

$$I = 0$$

$$R = \infty$$

$$G = \frac{1}{R} = 0$$



$$V = RI$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{\text{ولتاژ}}{0} = \infty$$



Subject :

Year . Month . Date . ( )


(جله دوم)

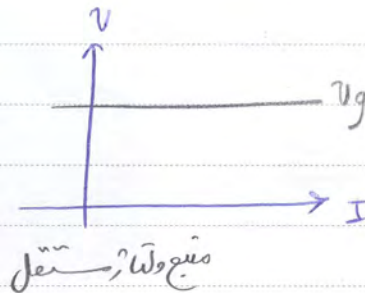
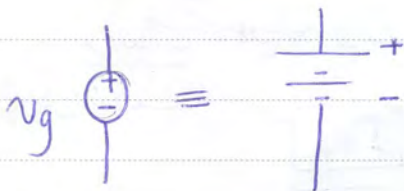
منابع الکتریکی مستقل  
 ← منبع ولتاژ  
 ← منبع جریان  
 منابع الکتریکی وابسته

منابع الکتریکی در مدارهای عناصری هستند که انرژی الکتریکی تولید می کنند تا در عناصر دیگر از جمله مقاومتها، مصرف شوند، تا اصل بقای انرژی برقرار شود.

$P < 0$  ← تولید کننده انرژی = مثل منابع الکتریکی

منابع الکتریکی مستقل = منابعی هستند که ولتاژ یا جریان تولید می آنها مستقل است، با اتصال یافته بین عناصری باشند.

منبع ولتاژ مستقل =  نشان می دهیم.

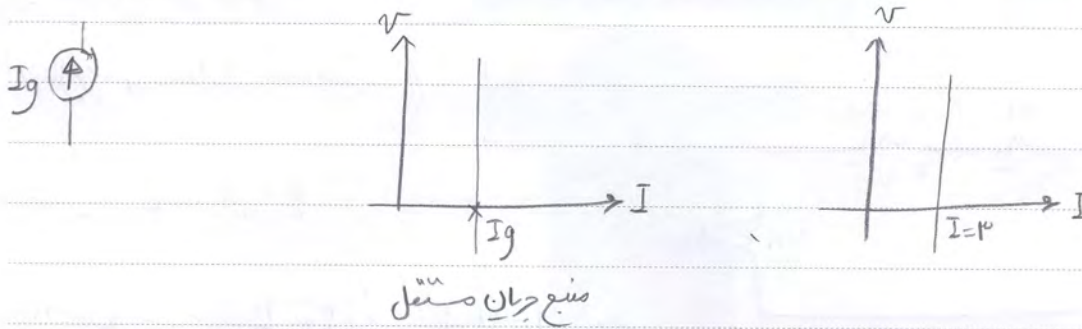


Subject :

Year . Month . Date . ( )

منبع جریان مستقل را هم با  $\bigcirc$  نشان می دهند که داخل آن جهت جریان ( $\uparrow$  یا  $\downarrow$ ) است.

در مدار که قرار گیرد مقدار ولتاژ یا جریان آن مستقل از بار یا مدار به آن وصل است.

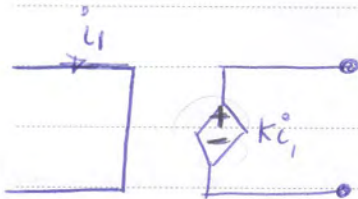


منابع الکتریکی وابسته به منابعی گفته می شود که ولتاژ یا جریان تولیدی آنها به ولتاژ یا جریان عنصر دیگری از مدار وابسته می باشد.

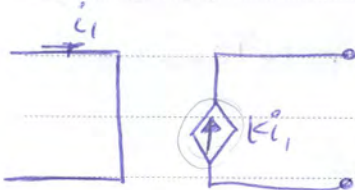
یعنی ولتاژ یا جریان در آن وابسته به چند دیگر است.

ما ۳ نوع منبع وابسته داریم

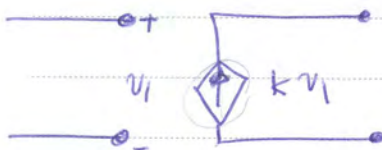
۱- وابسته به ولتاژ



« منبع ولتاژ وابسته به جریان (رانجی  $i_1$ ) »



« منبع جریان وابسته به جریان »

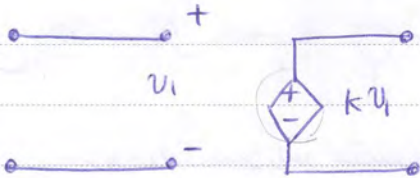


« منبع جریان وابسته به ولتاژ »



Subject :

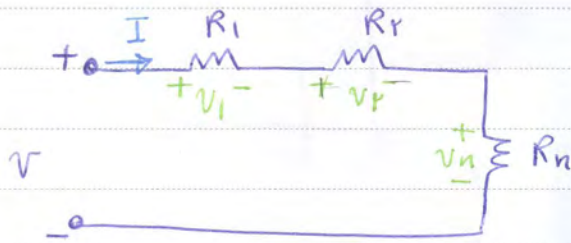
Year . Month . Date . ( )



((منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ))

که سوال تستی مهم

((اتصال سری موازی مقاومتهای))



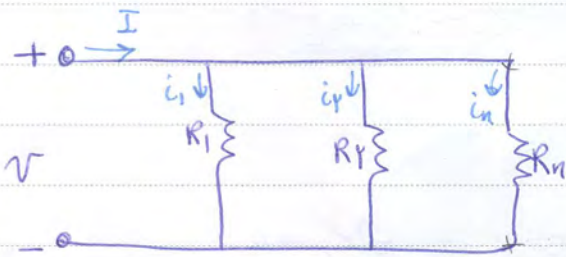
اتصال سری (متوالی) %

روایحان سری فقط توی یک نقطه با هم اشتراک داشته باشند

$$I_{\text{ج}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$\text{KVL } V_{\text{ج}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$R_{\text{eq}} = R_T = R_{\text{ج}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



اتصال موازی %

روایحان در هر دو نقطه با هم اشتراک داشته باشند، آنها با هم موازی هستند

ولتاژ در

$$V_{\text{ج}} = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

$$\text{KCL } I_{\text{ج}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

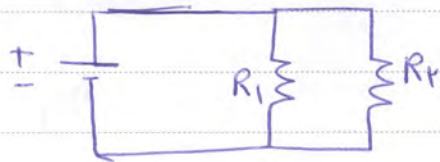
به جواب نهایی را باید عکس

کنیم چون  $R_{\text{eq}}$  می خواهیم



Subject:

Year. Month. Date. ( )

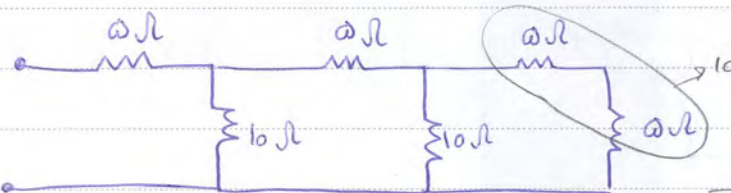


\* (حالت خاص)  
مقاومت موازی

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

حال اگر دو مقاومت علاوه بر اینکه با هم موازی هستند، مقدارشان هم با هم برابر باشد:

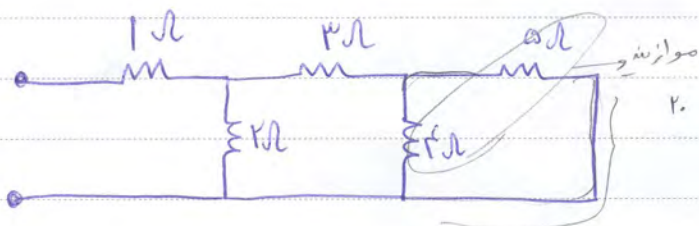
$$R_{eq} = \frac{R_1}{2}$$



مثال ۲-۲، ص ۲۷  
مقاومت معادل؟

$$R_{eq} = 10 \Omega$$

برای ساده سازی مدار از انتهای مدار شروع میکنیم، مقاومتها را ساده میکنیم.



مثال ۲-۱، ص ۳۸

$$R_{eq} = 2$$

$$\frac{20}{9} \parallel 5 = \frac{20}{9}$$

$$\frac{20}{9} \parallel 3 = \frac{20}{9} + 3 = \frac{47}{9}$$

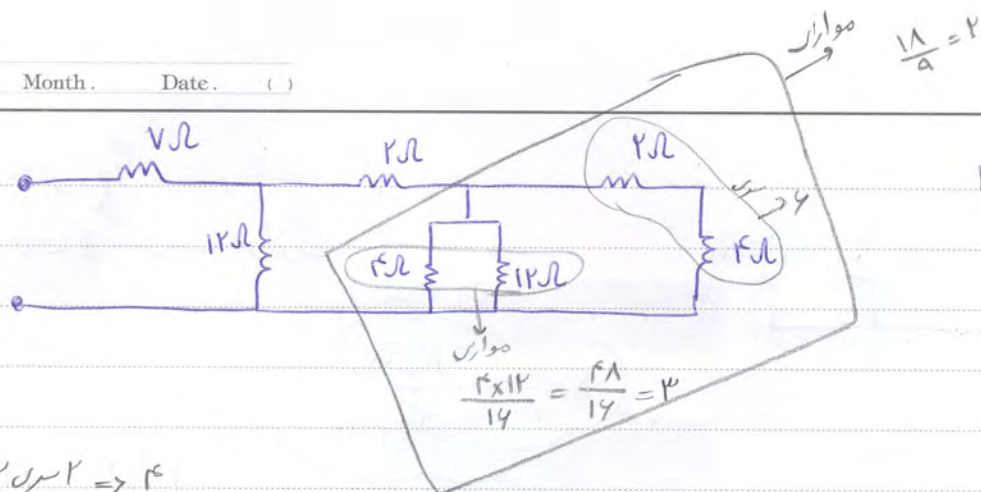
$$\frac{47}{9} \parallel 2 = 1,44$$

$$1,44 \parallel 2 = 2,44 \Omega$$



Subject:

Year. Month. Date. ( )



مقاومت معادل ۲، ۴، ۱۲

$R_{eq} = ?$  اصل

۲ و ۴  $\Rightarrow 3$

$$3 \parallel 12 = \frac{3 \times 12}{3 + 12} = 2$$

$$2 \text{ و } 7 = \text{مقاومت معادل } R_{eq}$$

خیال اول ۹۰-۸۹

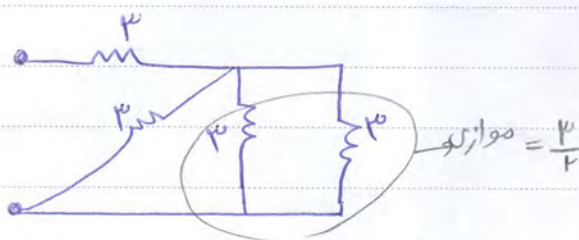
$R_{eq} = ?$

۳ (۱)

۴ (۲)

۳ (۳)

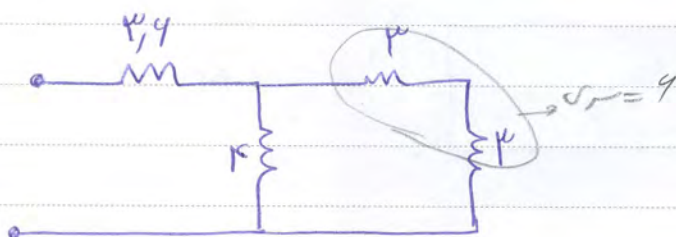
۳ (۴)



$$3 \parallel 6 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2$$

$$1 \text{ و } 3 = 4 \rightarrow 2$$

$R_{eq} = ?$  (مقاومت معادل)



$$4 \parallel 2 = \frac{4 \times 2}{4 + 2} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$$

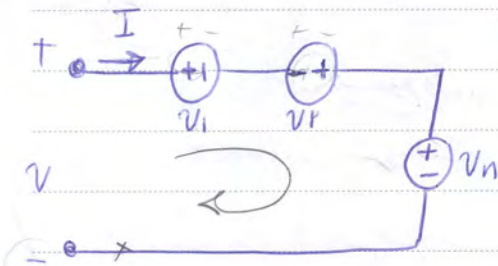
$$\frac{4}{3} \text{ و } \frac{3}{4} = 2 \rightarrow 2$$



Subject :

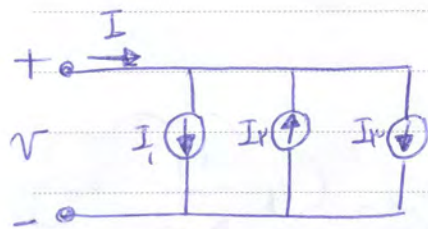
Year . Month . Date . ( )

(ص ۲۸ - ۲۹) اتصال سری - موازی منابع الکتریکی :



$$KVL : -v + v_1 - v_2 + \dots + v_n = 0$$

$$v = v_1 - v_2 + \dots + v_n$$



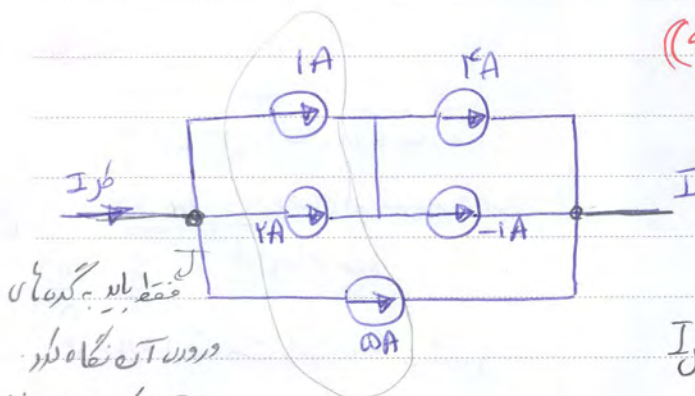
$$KCL : I + I_2 = I_1 + I_n$$

$$I = I_1 - I_2 + \dots + I_n$$

مثال ۲-۲ و ب / ص ۴۵ (۲ بار امتحانی بوده)

منبع جریاب معادل ؟

$$KCL = ?$$

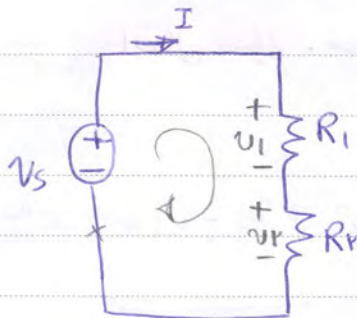


$$I = 1 + 2 + 5 = 8 \quad 4 + -1 + 5 = 8A$$

فقط باید به گره های ورودی آن نگاه کرد  
هر مقدار که اول و خطوط  
جریان باشد اشکالی ندارد  
فقط باید به ورودی نگاه کرد

Subject:

Year:      Month:      Date: ( )



## قانون تقسیم ولتاژ

ساخت مدار برای پایداری منبع ولتاژ و  
۲ تا مقاومت سری هستند.

چون در اینجا مقاومت با هم سری هستند

و I با هم برابر هستند

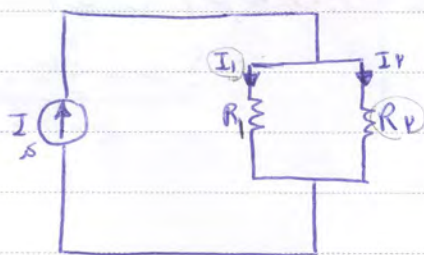
قانون اهم  $V = RI$  ثابت  
رابطه مستقیم

$$KVL: -V_s + R_1 I + R_2 I = 0$$

$$V_s = (R_1 + R_2) I$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s \quad \text{و ولتاژ در مقاومت } R_1$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$



## قانون تقسیم جریان

ساخت منبع جریان و دو تا مقاومت

صفاً موازی (چون اگر سری بود در اینجا  
با هم برابر بودند)

ثابت

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

(جریان با مقاومت رابطه عکس دارند)

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_s$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_s$$

اگر در قانون تقسیم جریان بجای مقاومتها، رسانایی قرار دهیم:

$$G = \frac{1}{R} \quad \text{رسانایی}$$

$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I_s$$

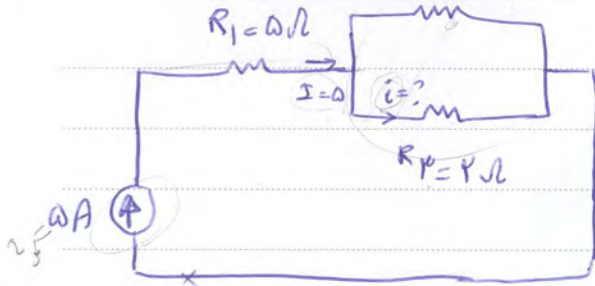
$$I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I_s$$

رسانایی است چنانچه  $R_1$  رابطه عکس



Subject:

Year. Month. Date. ( $R_p = 3\Omega$ )



مسئله اول ۹۰-۸۹  
جریان که کلام است؟

$$i_1 = \frac{R_p}{R_1 + R_p} \times I_s = 1$$

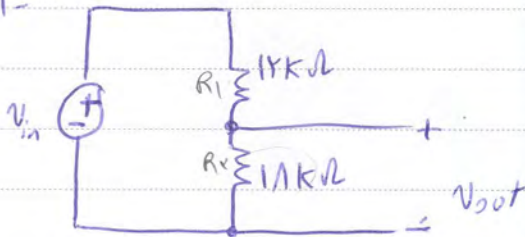
۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۱ (۴)

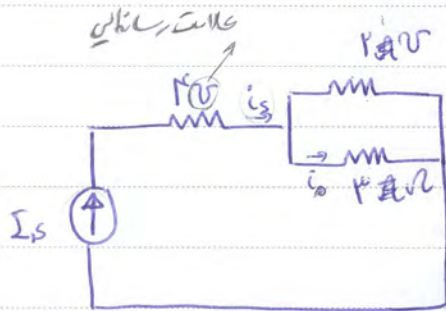
مسئله دوم ۹۰-۸۹



مسئله دوم ۹۰-۸۹  
نسبت  $\frac{V_{out}}{V_{in}}$  را پیدا کنید؟

$$V_{out} = \frac{1}{1+1} \times V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{2}$$



مسئله ۳-۲  
(تشریحی - انتخابی)

جواب AC است (متناوب) است

$$I_s = 3 \cos 4t$$

$$i_o = ?$$

$$i_o = \frac{3}{1+1} \times 3 \cos 4t$$

$$i_o = \frac{9}{2} \cos 4t$$

$$i_o = \frac{9}{2} \cos 4t$$

از قانون تقسیم جریان  
چون ۱:۱

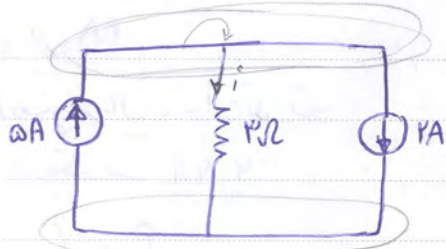
P4PCO

فرمول و - ضریب



Subject:

Year. Month. Date. ( )



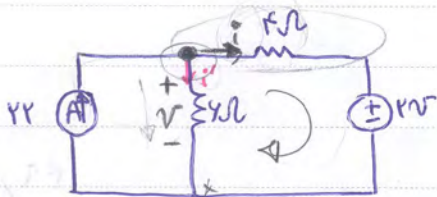
$$P = RI^2 = \frac{V^2}{R} = VI$$

3Ω 2A 2A

$P_{3\Omega} = ?$

KCL:  $2 = i + 2 \rightarrow i = 2A$

$P = RI^2 = 3 \times 2^2 = 12W$



$V = ? \quad i = ?$

2V 3Ω

$V = RI \rightarrow I = \frac{V}{R}$

KCL:  $2 = i + \frac{V}{2}$

$9 \times (2 = i + \frac{V}{2}) \Rightarrow 18 = 4i + V$

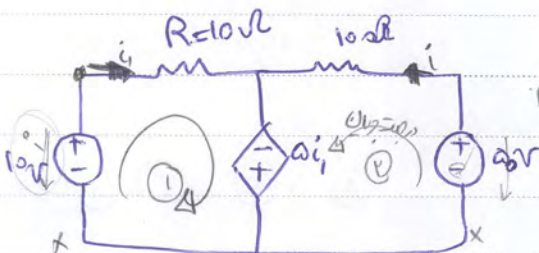
KVL:  $-V + 3i + 2 = 0$

$$\begin{cases} 18 = 4i + V \\ -V + 3i + 2 = 0 \end{cases}$$

$18 = 10i$

$i = 1.8A$

$V = 0.2V$



$i_1 i_2 = ?$

① KVL:

$-10 + 10i - 10i_1 = 0$

$10i_1 = 10$

$i_1 = 1A$

② KVL:

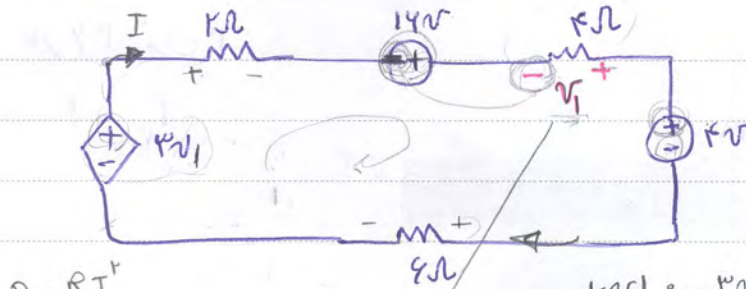
$-10 + 10i - 10i_1 = 0$

$-10 + 10i - 10 = 0 \rightarrow i = 2A$

PAPCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )



۱۰ ص ۴۸  
معرفی = جذر شد  
با تعیین جریان، توان تلفات  
در مقاومت ۴Ω ؟

$$P = RI^2$$

$$= 4 \times (I_p)^2 \quad \text{با } I_p = 1 \text{ و } W = 6 > 0$$

چون در مقاومت است

\* قانون اهم

$$V = RI$$

$$V_1 = 4(-I)$$

$$V_1 = -4I$$

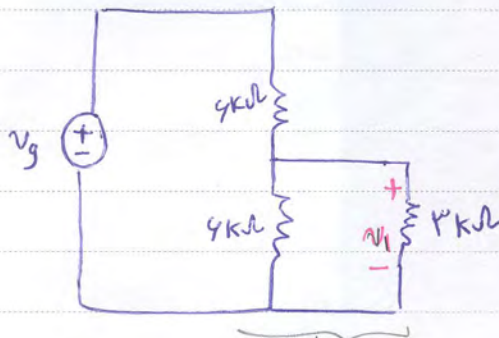
$$KVL: -3V_1 + 14 + 4I + 4I = 0$$

$$12I - 3V_1 = 14$$

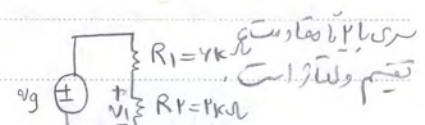
$$12I = 14$$

$$I = \frac{1}{4} A$$

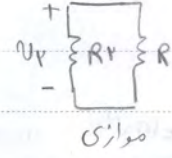
$$P_{4\Omega} = ?$$



۱۱ ص ۴۹  
ولتاژ V1 بر حسب Vg ؟



$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_g$$



$$3 \parallel 4 = \frac{3 \times 4}{3 + 4} = 2k\Omega$$

$$V_1 = \frac{3}{3 + 4} \times V_g = \frac{3}{7} V_g$$

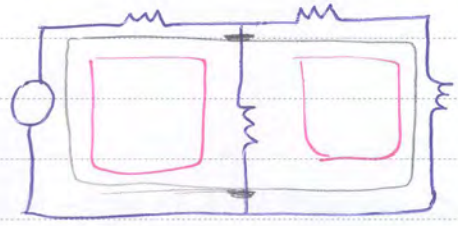
پس از حل کردن (تقریباً) ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱

Subject (شرحی می آید)  
Year. Month. Date. ( )

## فصل سوم :

- (۱) روش تحلیل مش (به اقل ۱ سوال)  
(۲) روش تحلیل گره ( )  
(۳) روش تحلیل با استفاده از اصل جیج آثار  
(۴) روش حل با استفاده از قضایای توشن و نورتن (خالی نمید)
- روشهای تحلیل مدارهای مقاومتی  
مدارهای شامل جریان ، ولتاژ ، توان و ...  
بار ، خازن و سلف نیست.

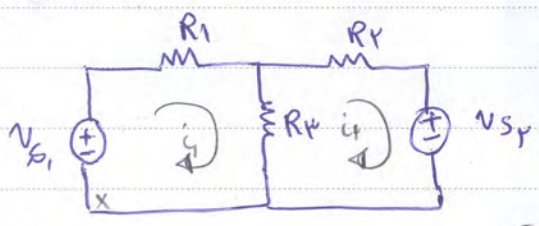
### (الف) روش تحلیل مش :



این مدار را لحاظ است که مشی چوله الحان واقع می آید مش نیست .

مش : نوع خاص از حلقه که هیچ الحانه نباید قطع شود

مفهوم مش : مش حلقه ای است که آن حلقه هیچ شاخه ای را محصور نکرده باشد .  
از هیچ شاخه ای بدنبسته باشد .



چندتا مش ؟ ۲

KVL 1 :

$$-V_{S1} + R_1 i_1 + R_3 (i_1 - i_2) = 0$$

جمله  $R_3$  در این مش مشترک است .

برای روش جریان نسبت معکوس است  
در نظر می گیریم .  
به مقدار مش روابط KVL باید بنویسیم در روش مش

KVL 2 :

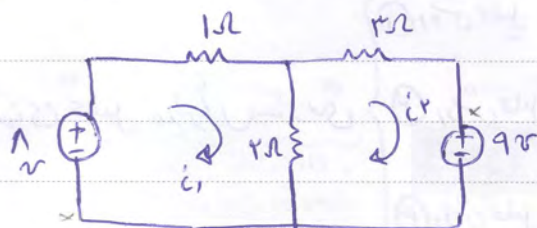
$$R_2 i_2 + V_{S2} + R_3 (i_2 - i_1) = 0$$

در روش تحلیل مش ابتدا مشها را مدار را

مستفاد می کنیم و برای هر مش ، یک جریان در جهت معکوس آن است در نظر می گیریم .  
به مقدار مش آن مدار ، روابط KVL را نوشته و در بنایای مطلوب را با حل دستگاه بدست می آوریم .

Subject:

Year. Month. Date. ( )



مسئله ۱-۳-۱: حساب جریان

$$i_1 = i_2 = ?$$

$$i_3 = ?$$

$$\begin{cases} KVL1: -1 + 1i_1 + 2(i_1 - i_2) = 0 \\ KVL2: 9 + 2(i_2 - i_1) + 3i_2 = 0 \end{cases}$$

$$3i_1 - 2i_2 = 1$$

$$-2i_1 + 5i_2 = -9$$

$$\begin{cases} i_1 = 2A \\ i_2 = 1A \end{cases}$$

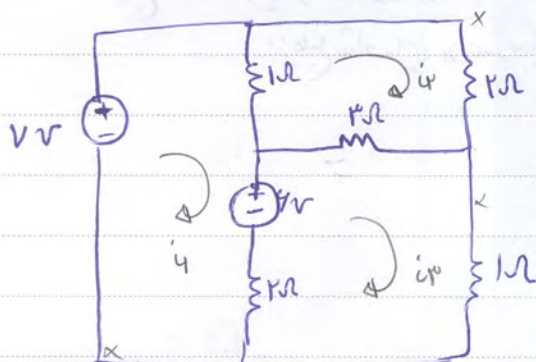
جستجو بکنیم و جواب را بنویسیم ✓

$$i_{KVL} = 2$$

$$i = i_1 = i_2$$

$$2 - (-1) = 3A$$

از مدار ۱-۳-۱: حساب جریان (در صورت فرضی)



مسئله ۲-۳-۱

جواب به من؟

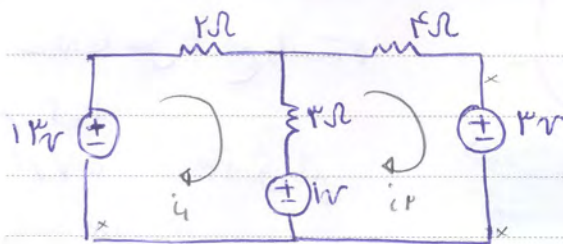
$$KVL1: -7 + 1(i_1 - i_2) + 2 + 2(i_1 - i_3) = 0$$

$$KVL2: 2i_2 + 3(i_2 - i_3) + 1(i_2 - i_1) = 0$$

$$KVL3: 1i_3 + 2(i_3 - i_1) - 2 + 3(i_3 - i_2) = 0$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )



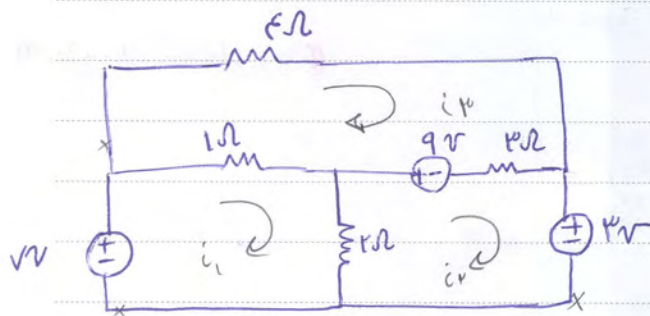
مربع 1-3

$$\text{KVL I: } -1 + 2i_1 + 3(i_1 - i_2) + 1 = 0$$

$$-1 + 5i_1 - 3i_2 = 0$$

$$\text{KVL II: } -1 + 3(i_2 - i_1) + 2i_2 + 3 = 0$$

$$-1 + 5i_2 - 3i_1 = 0$$



مربع 2-3

3Ω, 4Ω, 2Ω

$$i_1 - i_2$$

$$1 - (-1) = 2A$$

$$i_2 = -1A$$

$$i_3 = 1A$$

$$\text{KVL I: } -7 + 1(i_1 - i_2) + 2(i_1 - i_2) = 0$$

$$\text{KVL II: } 2(i_2 - i_1) + 9 + 2(i_2 - i_3) + 3 = 0$$

$$\text{KVL III: } 2i_3 + 3(i_3 - i_2) - 9 + 1(i_3 - i_1) = 0$$

مربع

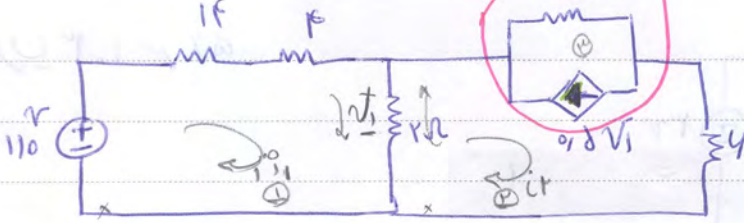
Subject (تسمه)  
Year. Month. Date. ( )

مقطع ( )

معا دلس

مقاومت / معادلت / ولتاژ

صفت هاتون ا هم



مقاومات مش با منابع وابسته

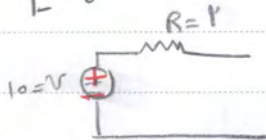
ص ۳-۳

س-۳-۳

ص ۷-۷

$$P = I_p I_p$$

در راس



ولتاژ سر با  
مقاومت

$$V = RI$$

$$10 = 2I$$

$$I = 5$$

تقرین

مقاومت



تقرین موازی با  
مقاومت

$$V = RI$$

$$2 \times 5 = 10V$$

تقرین

(جریان + از سر + وارد شد)

هواس به بیت یات

مال هاتون برش لا تقویت

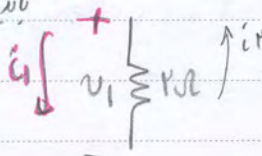
$$KVL 1: -110 + 14i_1 + 2i_1 + 2(i_1 - i_2) = 0$$

$$KVL 2: 2(i_2 - i_1) + 10i_2 + 5V_1 + 4i_2 = 0$$

(چون وابسته است منبع مال ۵ ولت از تقرین)

۲ هاتون ۲۰ مجهول

با به معادله مکمل تقرین



$$V_1 = 2(i_1 - i_2)$$

لا لجا تقرین شده

دور مقاومت ۲ اهم تقرین  
۱۰

$$i_1 = 5$$

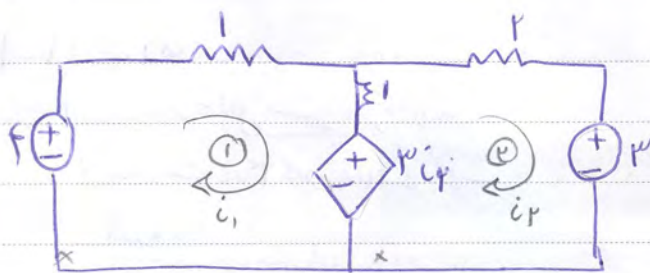
$$i_2 = -5$$

$$V_1 = 20$$



Subject:

Year: Month: Date: ( )



ت ۳-۴ ص ۲

با استفاده از تحلیل مش

جریان ها  $i_1$ ،  $i_2$  و  $i_3$

بقیادش  $KVL$

۲ جهت چپان

در جهت عقربه های ساعت

$$KVL I: -4 + 1i_1 + 1(i_1 - i_2) + 3i_2 = 0$$

$$KVL II: -3i_2 + 1(i_2 - i_1) + 2i_2 + 3 = 0$$

$$i_1 = 3A$$

$$i_2 = -1A$$

اگر منبع واسطه داشته باشیم نیاز به معادله مگن است

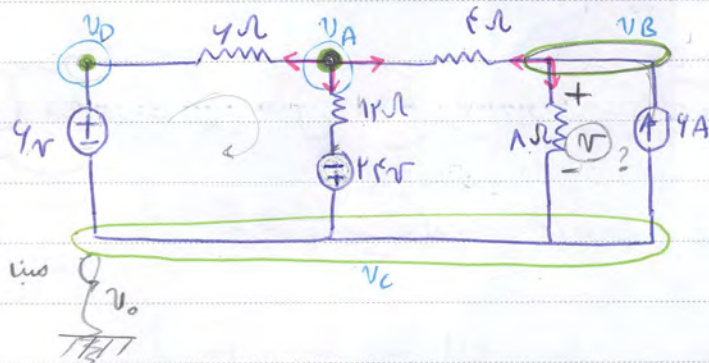
جول محمول جدید ایجاد شده، ولی در این معادله چون

دقیقاً برعکس از جریان مش گفته شده محمول جدید

اشاره شده ((دو معادله، دو مجهول))

ن روش تحلیل گره

نوعی که متصل



با استفاده از روش تحلیل گره

ولتاژ  $V_c$

اگر روش گفته باشد به تحلیل مش

آنها این روش گره را مشخص می کند.

ن برای هر گره یک ولتاژ در نظر می گیریم

و یک اسم برای آن در نظر می گیریم

بعد از آن اگر از گره  $V_c$  به گره  $V_d$  می رویم، گره  $V_d$  میانه را در نظر گرفته می شود

$$V_D = 4V$$

$$V_o = V_c = 0$$

در این روش دنبال ولتاژ نمی گشیم

اگر یک گره را داشته باشیم که به سرش زمین و سر دیگرش ولتاژ

در روش گره،  $KCL$  می نویسیم. (به تعداد گره، رابطه  $KCL$  می نویسیم)



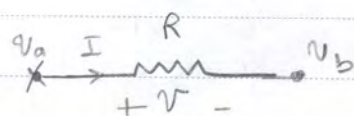
Subject :

Year . Month . Date . ( )

نکات روش تحلیل گره : ابتدا گره‌های مدار را مشخص می‌کنیم . ولای از گره‌ها را به عنوان گره‌ی مبدا ( صفر ولت ) در نظر می‌گیریم ، به هر گره ، یک ولتاژ نسبت داده و روابط KCL را برای گره‌های مورد نظر می‌نویسیم .

با حل معادلات مربوط ولتاژ مجهول گره‌ها بدست می‌آید .

نکته : اگر در یک گره ، منبع ولتاژی بین آن گره و گره‌ی مبدا وجود داشته باشد ، شیر برای آن گره لازم نیست که معادله KCL بنویسیم چون هدف از روش گره‌ها آن است که ولتاژ گره‌ها را بیابیم که در این وضعیت ، ولتاژ گره‌ها مورد نظر توسط منبع ولتاژ مشخص شده است .



$$V = RI$$

$$V_a - V_b = RI$$

$$I = \frac{V_a - V_b}{R}$$

در شکل اصل هیچ جریان نداریم ← از  $\frac{V_a - V_b}{R}$  استفاده می‌کنیم .

طبق قرارداد جهت جریان‌ها را مربوط به گره به صورت خروجی در نظر گرفته می‌شود

جریان از ولتاژ مثبت به سمت ولتاژ کمتر می‌آید

KCL :

جمع جریان‌ها که به آن = جمع جریان‌های ورودی به گره گره وارد می‌شود

$$KCL A : \left( \frac{V_A - 0}{6} + \frac{V_A - V_B}{4} + \frac{V_A - (-24)}{12} \right) = 0$$

$$KCL B : \left( \frac{V_B - V_A}{4} + \frac{V_B - 0}{8} \right) \times 1 = 9$$

P4PCO

$$V = V_B = 22$$

$$\begin{matrix} V_A = 9V \\ V_B = 22V \end{matrix}$$

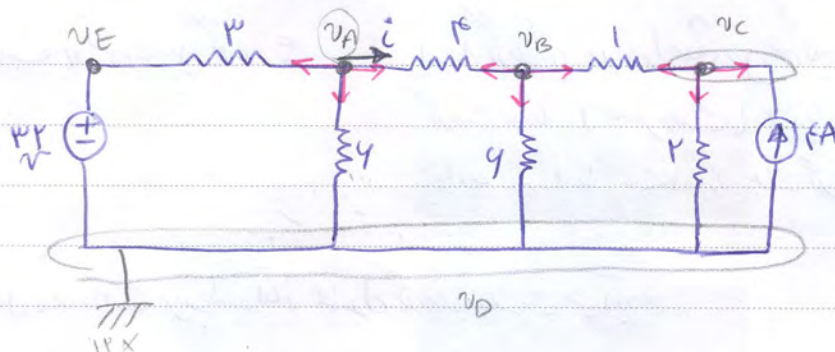
Subject:

Year:

Month:

Date:

از درس اولی چهل و سه



تمرین ۳-۴  
۶۵ ص  
با استفاده از روش تحلیل گره  
 $i = ?$

$$V_E = 32V$$

$$V_C = 4V$$

$$V_D = 0 = V_{\text{ref}}$$

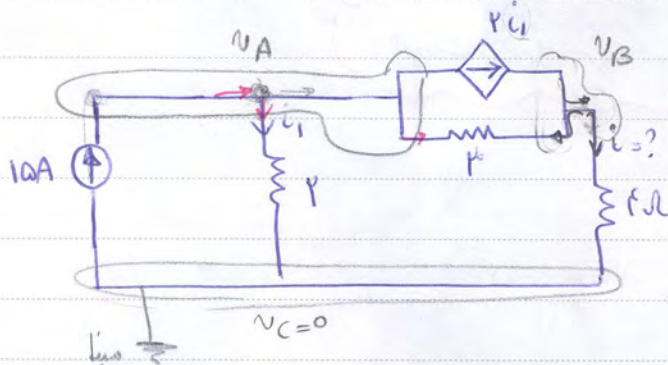
$$\text{KCL A: } \left( \frac{V_A - 32}{3} + \frac{V_A - V_B}{4} + \frac{V_A - 0}{4} = 0 \right)$$

$$\text{KCL B: } \left( \frac{V_B - V_A}{4} + \frac{V_B - 0}{4} + \frac{V_B - V_C}{1} = 0 \right)$$

$$\text{KCL C: } \left( \frac{V_C - V_B}{1} + \frac{V_C - 0}{2} = 4 \right)$$

$$\begin{aligned} V_A &= 14V \\ V_B &= 10.4V \\ V_C &= 4V \end{aligned}$$

$$\frac{V_A - V_B}{4 = R} = i \Rightarrow 1.1A \approx 2A$$



۷ ص ۷۹ فصل پنجم  
با استفاده از روش تحلیل گره  
 $i = ?$

$$\text{KCL A: } \frac{V_A - V_B}{4} + \frac{V_A - 0}{2} + 2i_1 = 10$$

$$\text{KCL B: } \frac{V_B - V_A}{4} + \frac{V_B - 0}{2} = 2i_1$$

$$i_1 = \frac{V_A - 0}{2} = \frac{V_A}{2} = V_A$$

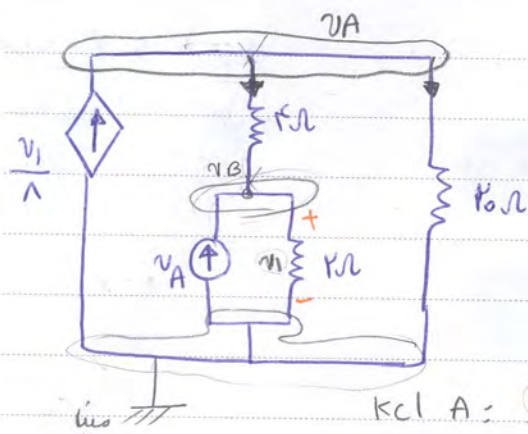
$$V_A = 14V$$

$$V_B = 32V$$

$$i = \frac{V_B - 0}{2} = 16A$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )



تمرین ۹ ص ۷۹

با استفاده از روشی تکمیل کرد

$P_{2\Omega} = ?$

توجه داشته باشید

به هرگونه ولتاژی در رسم

به مقدار آنکه روابط KCL

$$KCL A: \frac{v_1}{4} = \frac{v_A - v_B}{2} + \frac{v_A - 0}{10}$$

$$KCL B: \frac{v_A}{2} = \frac{v_B - 0}{2} + \frac{v_B - v_A}{2}$$

$$v_1 = RI = \frac{v_B - 0}{2}$$

معادله تکمیل

$$\Rightarrow v_1 = v_B - 0 = v_B$$

آنگاه چون ولتاژ آن هستی را می نویسم

و این ولتاژ است به ولتاژ است

$$v_A = 20$$

$$v_B = 14$$

$$P = RI^2 = \frac{v^2}{R}$$

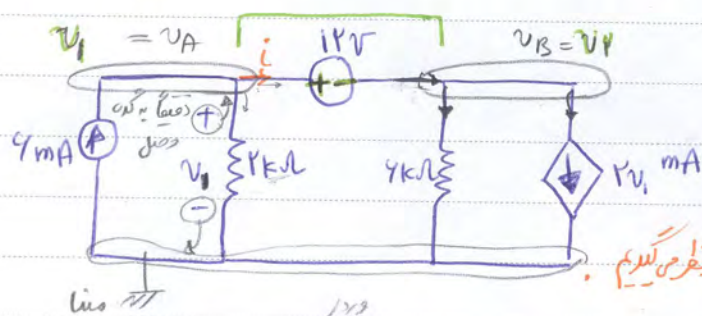
$$\frac{(v_A - v_B)^2}{R} = \frac{(20 - 14)^2}{2} = 18W$$

نتیجه

آنگاه منبع ولتاژی به عنوان یک شاخه بین دو گره اصلی مدار (اختیار گزینی می باشد) لازم است که برای آن شاخه یک جریان فرض شود و قانون KCL را برای هر دو گره بنویسیم.

یا توصیه آنکه یک مجبور به عنوان متغیر جریان به معادلات گره اضافه شده است. لذا به یک معادله دیگر نیاز داریم. این معادله از تفاضل ولتاژ دو گره و مساوی قرار دادن آن با مقدار منبع ولتاژ مورد نظر بدست می آید.

$v_1 = ?$



با استفاده از روش تکمیل کرد

منبع ولتاژ و جریان دو گره است باید یک

جریان (جهت) مسیر فرض در نظر می گیریم

در سمت هم نشیت

$$KCL 1: 4 \times 10^{-3} = \frac{v_1 - 0}{2 \times 10^3} + i$$

$$v_1 = v_2 + 12$$

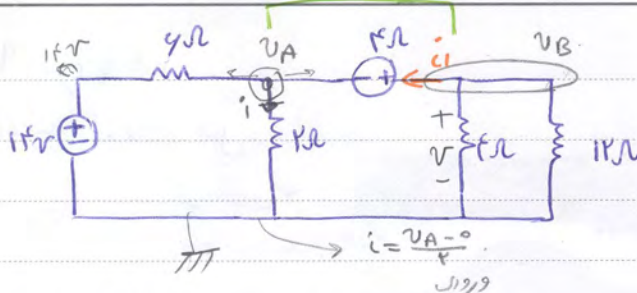
$$KCL 2: i = \frac{v_2 - 0}{2 \times 10^3} + 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{معادله تکمیل: } v_1 - v_2 = 12V$$



Subject:

Year . Month . Date . ( )



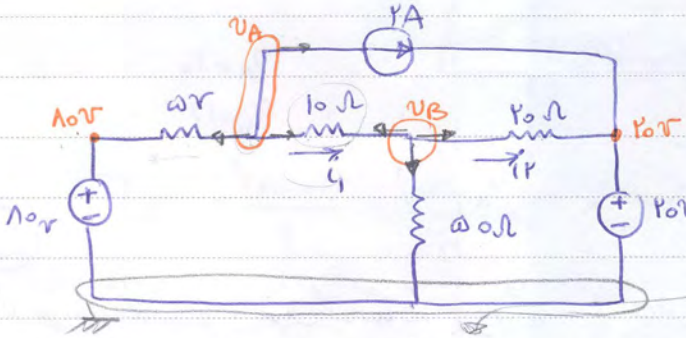
تمرین ۳-۷ ص ۶۷  
با استفاده از روش تحلیل گره  
ولتاژ  $V$  و  $i_1$  ؟

$$\text{KCL A: } \frac{V_A - 12}{4} + \frac{V_A - 0}{4} = i_1$$

$$\text{KCL B: } \frac{V_B}{12} + \frac{V_B}{4} + i_1 = 0$$

$$* V_B - V_A = 4$$

$$V = V_B - 0 = V_B$$



تمرین ۳-۸ ص ۶۸  
با استفاده از روش تحلیل گره  
 $i_1$  و  $i_2$  ؟  
ولتاژ  $V$  و ولتاژ  $V_2$  بیشتر به ولتاژ  $V_2$  ؟

$$\text{KCL A: } \frac{V_A - 100}{20} + \frac{V_A - V_B}{10} + i_1 = 0$$

$$i_1 = \frac{V_A - V_B}{10} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

$$\text{KCL B: } \frac{V_B - V_A}{10} + \frac{V_B - 0}{50} + \frac{V_B - V_{20}}{20} = 0$$

$$i_2 = \frac{V_B - V_{20}}{20} = \frac{20}{20} = 1 \text{ A}$$

$I =$

Subject :

Year . Month . Date . ( )

صه اقل منبع مستقل باید داشته باشیم

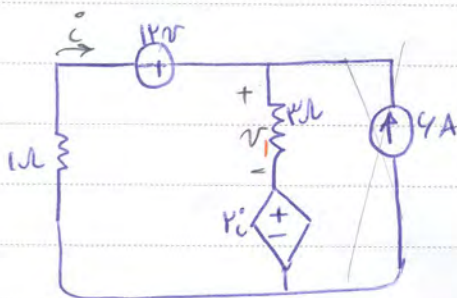
(ج) روش تحلیل جمع آمده

این روش در مدارهای بی کار می آید که شامل چندین منبع مستقل باشند، روال حل به این صورت است که ابتدا، یک منبع مستقل مدار را بتوان منبع ورودی در نظر گرفته و دیگر منابع مستقل را حذف می کنیم، گاهی پس از حل این مدار، مقدار متغیر مجهول را به دست می آوریم پس این کار را برای منابع مستقل حساب می کنیم.

در نهایت جوابهای بدست آمده  
برای متغیر مجهول با هم جمع میبریم

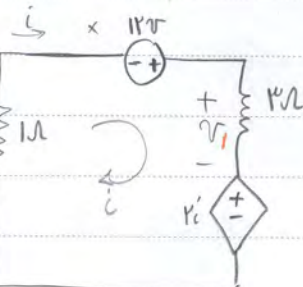
در صورتی که اگر نخواهیم منبع ولتاژی را حذف کنیم باید دو سر آن را اتصال کوتاه کنیم، یعنی بی اثر کردن منبع ولتاژ یا صفر شدن مقدار آن تقریباً می شود. اگر نخواهیم، منبع جریان را حذف کنیم باید مقدار جریان تولید آن منبع صفر شود، این کار را با باز کردن منبع جریان امکان پذیر است. یعنی مدار باز.

اگر منبع وابسته ای در مدار وجود داشته باشد، در بابت این منبع باید یک مدار معادل در نظر گرفت (مدار وابسته را نباید حذف کرد)



مثال 9-3 روش حذف منابع مستقل

1- منبع تک می داریم به عنوان ورودی  
2- دیگر منابع مستقل را حذف



$$KVL = -12 + 3i + 2i + i = 0$$

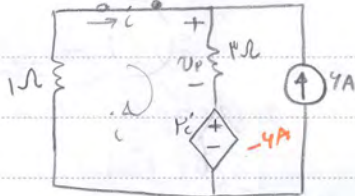
$$i = 2A$$

$$v = 3 \times 2 = 6$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

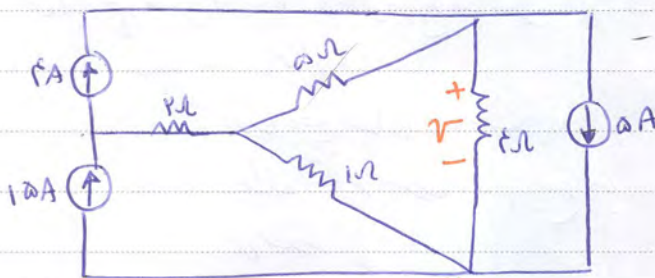
حالا اون یکی منبع  
را حذف میکنم



$$KVL: 3(i - (-4)) + 2i + i = 0$$

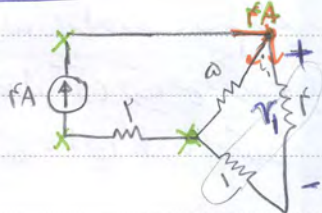
$$i = -4A$$

$$v_p = 3(i - (-4)) = 9V$$



ت ۱۲ ص ۸۵  
با استفاده از روش جمع آثار  
 $v = ?$

اثر ۴ آمپر  
۵A, ۱۵A  
حذف  
منبع مدار باز

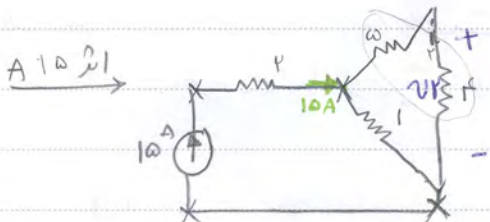


$$i_1 = \frac{4}{\omega + (2+1)} \times 2 = 2A$$

قانون تقسیم جریان

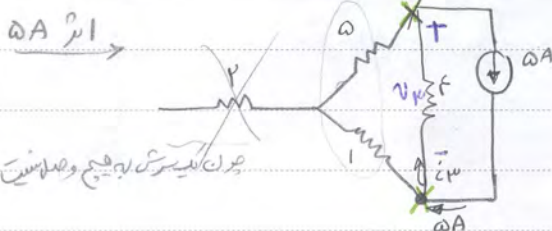
$$v_1 = 2 \times 2 = 4V$$

تأثیر منبع ۴A



$$i_2 = \frac{1}{1 + (\omega + 2)} \times 1\omega = 1.5A$$

$$v_2 = 2 \times 1.5 = 3V$$



$$i_3 = \frac{\omega + 1}{(\omega + 1) + 2} \times \omega = 2A$$

$$v_3 = 2 \times (-3) = -6V$$

چون با توجه به شکل از روی علامت منفی داریم  
حرکت می کنیم

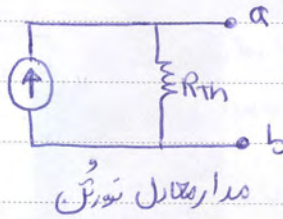
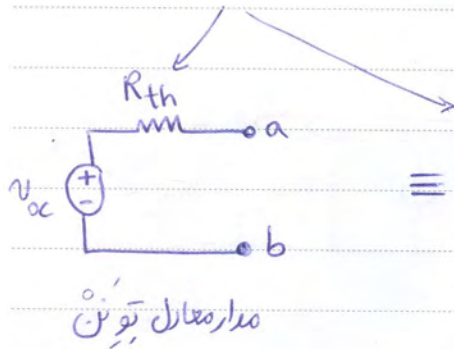
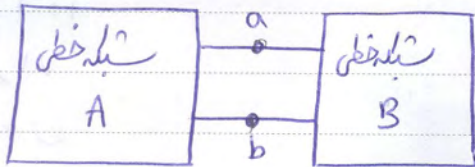
$$v = v_1 + v_2 + v_3 = 4 + 3 - 6 = 1V \rightarrow 2$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

> : روش ترفین و نورتن

(تستی - تفریحی) ۴م



$V_{oc} = ?$  → آزمایش مدار باز  
→ روش گره

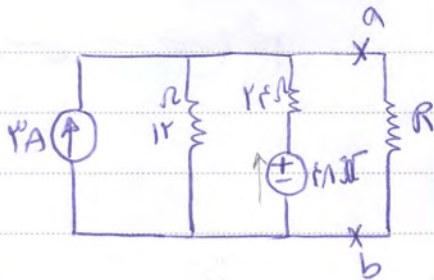
$i_{sc} = ?$  → آزمایش مدار اتصال کوتاه  
→ روش مش

$R_{Th} = ?$

$$R_{Th} = \frac{V_{oc}}{i_{sc}}$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )



$$V_{oc} =$$

$$I_{sc} =$$

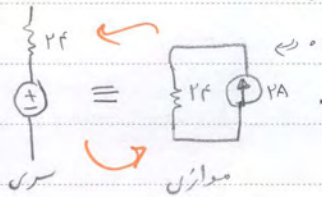
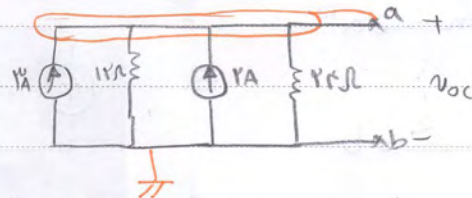
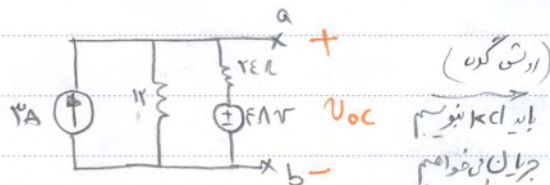
$$R_{th} =$$

مسئله ۱۰-۲

۷۳ ص

الف) تونین

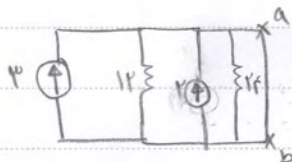
$V_{oc}$



$$V = 4V, R = 2\Omega$$

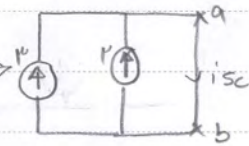
$$KCL: 3 + 2 = \frac{V_{oc}}{1} + \frac{V_{oc}}{2} \rightarrow V_{oc} = 4V$$

$I_{sc}$



چون اتصال کوتاه وصل شد  
جریان

مقاومت موازی با هم ← ۱Ω



$$I = 3A$$

$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{4}{3} = 1.33\Omega$$



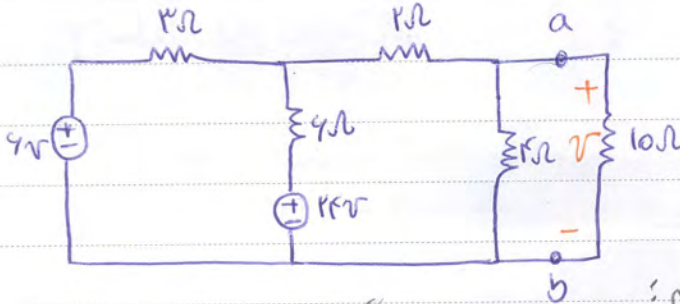
Subject:

Year. Month. Date. ( )



حل مسأله

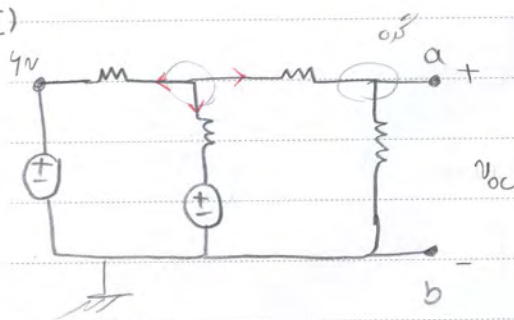
مسئله ۱۲ (۲۰۱۷)



از دسترس a و b ابتدا مدار معادل

یابیم؟

جواب (I)



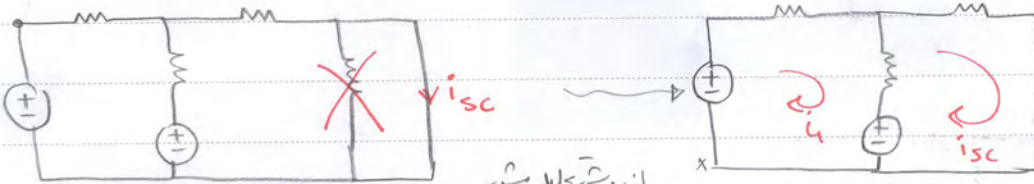
معادله KCL در گره a:  $V_A - 4 + \frac{V_A - 2}{4} + \frac{V_A - V_{oc}}{2} = 0$

$$\left. \begin{aligned} \text{KCL 1: } \frac{V_A - 4}{3} + \frac{V_A - 2}{4} + \frac{V_A - V_{oc}}{2} &= 0 \\ \text{KCL 2: } \frac{V_{oc} - V_A}{2} + \frac{V_{oc} - 0}{4} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned} V_A &= 9V \\ V_B &= 4V \end{aligned}$$

از دسترس a و b ابتدا مدار معادل

جواب (II)



از دسترس کلید سلفی استفاده می‌کنیم.

$$\left. \begin{aligned} \text{KVL 1: } -4 + 3i_1 + 4(i_1 - i_{sc}) + 2i_1 &= 0 \\ \text{KVL 2: } -2 + 4(i_{sc} - i_1) + 2i_{sc} &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow i_{sc} = 1A$$

از طریق قانون تقسیم جریان

$$V = \frac{10}{10+2} \times 4 = 5V$$

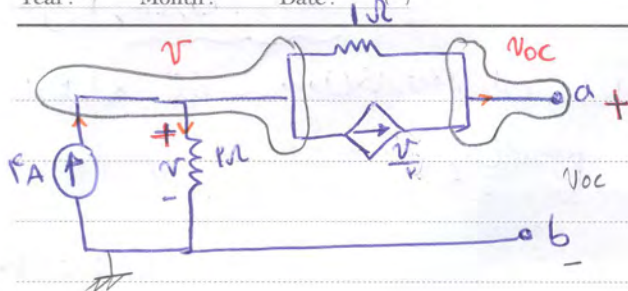
$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{i_{sc}} = \frac{4}{1} = 4\Omega$$





Subject :

Year . Month . Date .

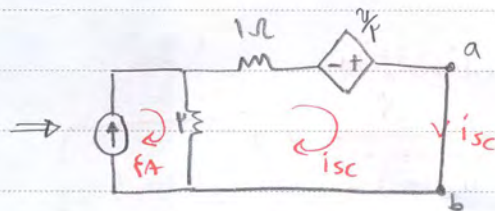
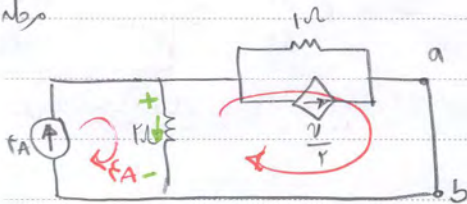


۱۲ ص مدار هم از نوین از دوسر a و b :

۱ نب

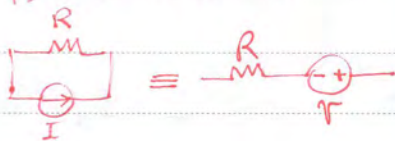
$$\left. \begin{aligned} \text{KCL 1: } \frac{v-0}{2} + \frac{v-V_{oc}}{1} + \frac{v}{v} &= 0 \\ \text{KCL 2: } \frac{V_{oc}-v}{1} &= \frac{v}{v} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} v &= 12v \\ V_{oc} &= 12v \end{aligned}$$

۲ نب



از روش

\* می توان گفت در این مدار ۴A، چون مدار را قطع می کند  
از شبکه قبلی استفاده می کنیم.



$$\text{KVL: } 1 \times i_{sc} - \frac{v}{v} + 2(i_{sc} - 4) = 0$$

در معادله و محمول چون در این رابطه داریم

معادله می شود

$$\text{قانون اهم: } v = RI$$

$$v = 2(f - i_{sc})$$

$$i_{sc} = 4A$$

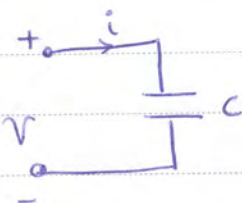
$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{i_{sc}} = \frac{12}{3} = 4\Omega$$

Subject :

Year . Month . Date . ( )

## فصل ۲: خازن و سلف

حافظه دار هستند. درون خازن می توان مقدار ولتاژی را قرار داد که اصطلاحاً خازن را شارژ شده است و به سلف هم جریان می دهیم.



واحدش: (فاراد) F

خازن:  $q = C V$   
ولتاژ (ولت)  
بار الکتریکی  
بجای گزین  
ظرفیت خازن (F)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CV)}{dt} = C \frac{dv}{dt} \Rightarrow i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

برای بدست آوردن جریان، باید از ولتاژ مشتق بگیریم.

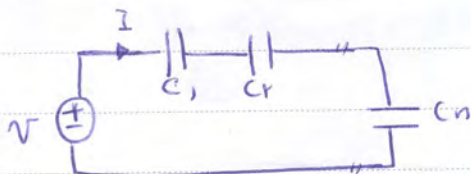
ولتاژ اولیه خازن

$$v_c(t) = v_c(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_c(\tau) d\tau$$

برای بدست آوردن ولتاژ خازن از انتگرال جریان + ولتاژ اولیه خازن

## اتصال سری - موازی خازن

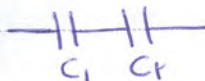
خازن سری



در یک مدار بسته:  $I = I_1 = I_2 = I_n$

KVL:  $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



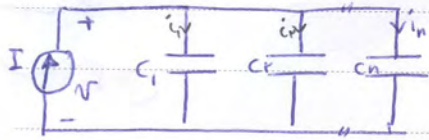
$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_1 = C_2 \rightarrow C_{eq} = \frac{C_1}{2}$$



Subject:

Year. Month. Date. ( )

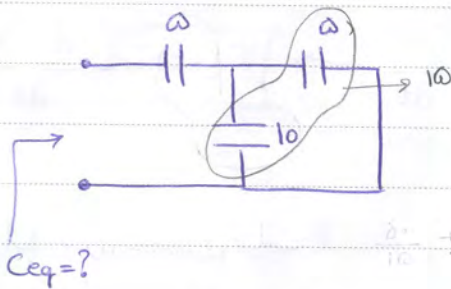


$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

خازن موازی

$$I = i_1 + i_2 + \dots + i_n$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



مسئله 10 خازن معادل کدام است؟

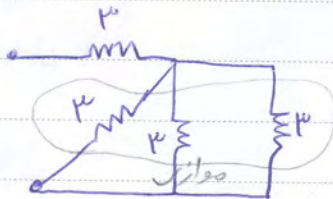
10 (1)

5 (2)

20 (3)

5 (4)

$$C_{eq} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5 \checkmark$$



مسئله 11 مقاومت معادل؟

1 (1)

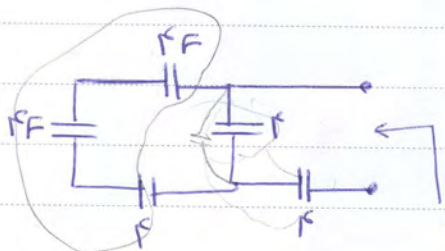
2 (2)

1/2 (3)

1/2 (4)

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

$$1 + 1 = 2$$



مسئله 12 خازن معادل؟

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = \frac{3}{1} \Rightarrow C_{eq} = \frac{1}{3}$$

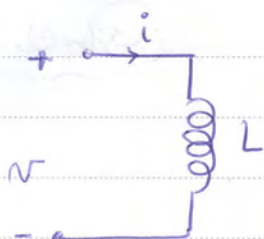
$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1}} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{14} + \frac{1}{1} = \frac{1 + 14}{14} = \frac{15}{14} \Rightarrow \frac{14}{15} \checkmark$$

P4PCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )



$$\phi = Li$$

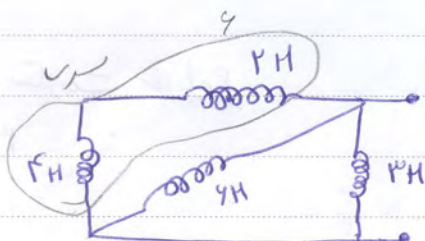
$\frac{1}{2} Li$  (Wb)  
 $\frac{1}{2} Li$  (H)  
 $i$  (A)

سلف ها  
نویسم

$$v = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d(Li)}{dt} = L \frac{di}{dt} \rightarrow v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$i_L(t) = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t v_L(\tau) d\tau$$

» روابط سری - موازی سلف  
« عن مقاومت است



شکل سلف معادل

$$\frac{3}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{3}} \rightarrow 3$$

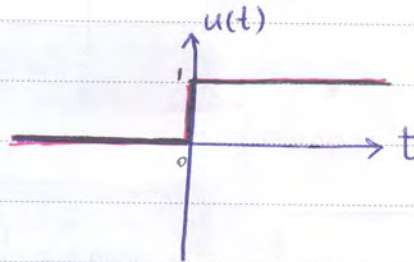
Subject :

Year . Month . Date . ( )

محلہ بھجمن

توابع زمانی قسم

$$u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$

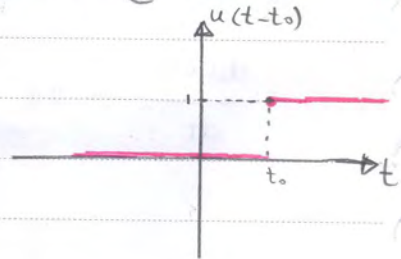


۱- تابع پله :

تابع پله با تاخیر زمانی  $t_0$

مثلاً اگر همان تابع  $u(t)$  را به اندازه  $t_0$  شیفت کنیم می شود :

$$u(t-t_0) = \begin{cases} 0 & t-t_0 < 0 \\ 1 & t-t_0 \geq 0 \end{cases} = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ 1 & t \geq t_0 \end{cases}$$

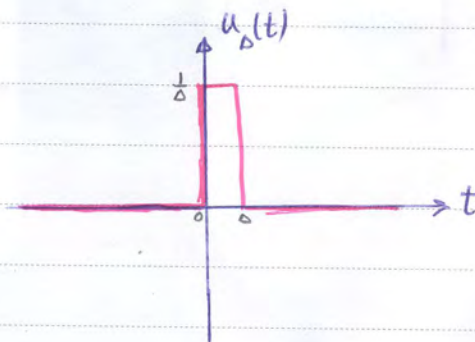


\*

۲- تابع پالسی

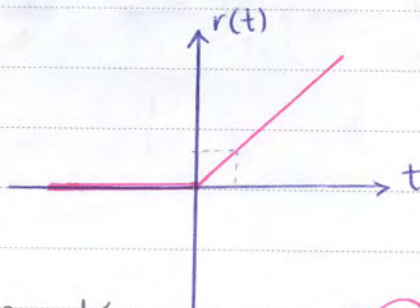
$$u_{\Delta}(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ \frac{1}{\Delta} & 0 < t < \Delta \\ 0 & t \geq \Delta \end{cases}$$

رنگاری استیپار کوچک



۳- تابع سیب

$$r(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & t \geq 0 \end{cases}$$

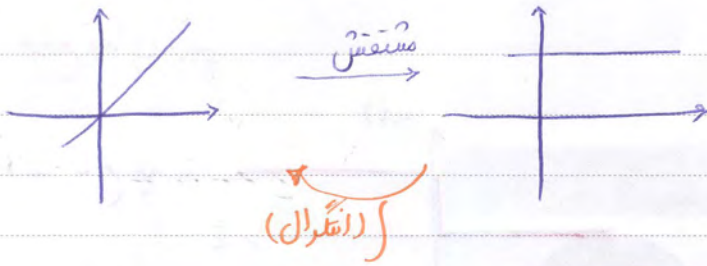


$$\Rightarrow t_u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow r(t) = t u(t)$$

Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. \_\_\_\_\_ ( )

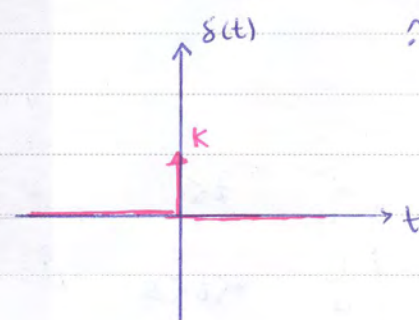


(نکته)

$$\boxed{\frac{dr(t)}{dt} = u(t)} \rightarrow \boxed{r(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} u(\tau) d\tau}$$

$$\frac{du(t)}{dt} = r(t)$$

$$\delta(t) = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \text{مقادیر بی نهایت} & t = 0 \end{cases}$$



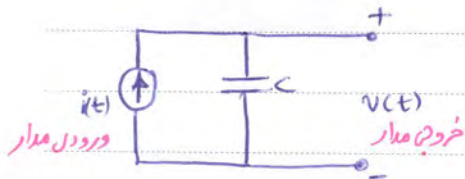
۴- تابع ضرب

$$s(t) \xrightarrow{\text{مشتق}} u(t) \xrightarrow{\text{مشتق}} r(t) \xrightarrow{\text{مشتق}} s(t)$$

Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. \_\_\_\_\_ ( )

شکل موج های ولتاژ و جریان در یک خازن الکتریکی :



اگر  $i(t)$  را ورودی در نظر بگیریم ، ولتاژ در سرخازن  $v(t)$

مقدار خروجی :

ولتاژ  $v(t)$  ؟

ولتاژ اولیه هم ضرورت .

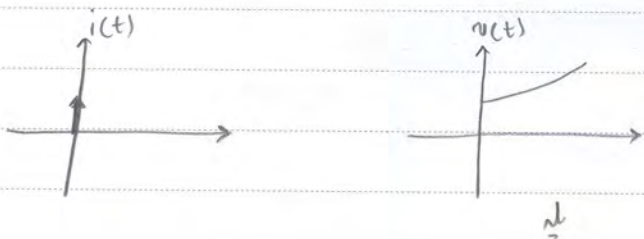
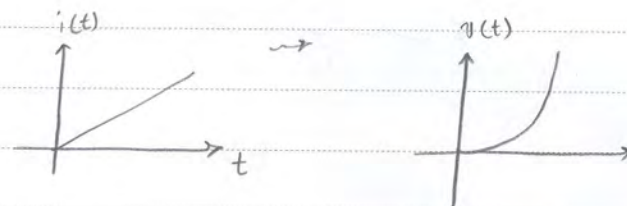
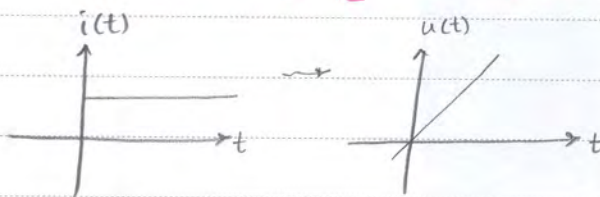
معادلات :

$$\begin{cases} \text{I} & i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} \\ \text{II} & v_c(t) = v_c(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_c(\tau) d\tau \end{cases}$$

توجه

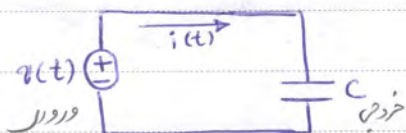
از رابطه II برای بدست آوردن ولتاژ استفاده می کنیم .

«طبق نکته ، از پایه انتگرال بگیریم تابع می شود سینوس»



Subject:

Year. Month. Date. ( )

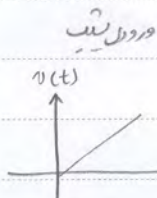


مثال) جریان را می‌خواهد؟ ورودی چیست است.

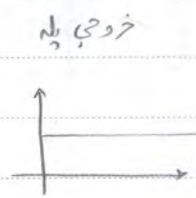
چون جریان خازن خروجی است باید نزول آن را بنویسیم. و در هر جا باشد باید از آن مشتق بگیریم

$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

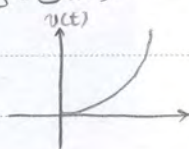
↓  
خروجی



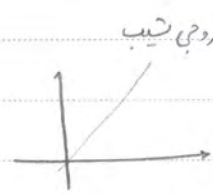
مشتق



اگر ورودی سی باشد



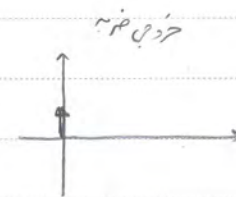
مشتق



اگر ورودی پله باشد



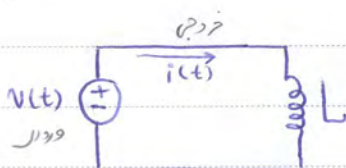
مشتق



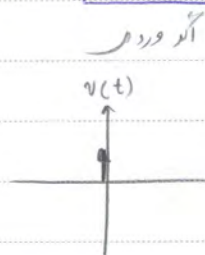
مثل موجهای ولتاژ و جریان در یک سلف:

جریان سلف؟

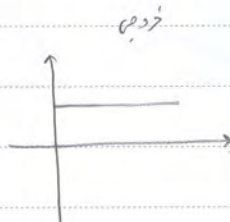
ورودی ولتاژ است و خروجی جریان



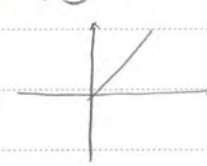
$$i_L(t) = i_L(0) + \frac{1}{L} \int v(t) dt$$



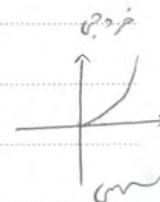
مشتق



اگر ورودی چیست



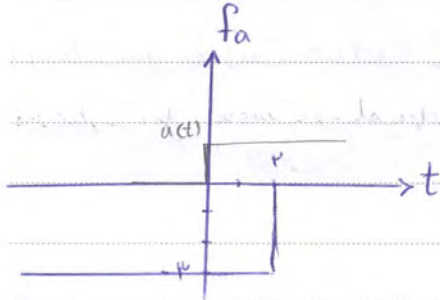
مشتق



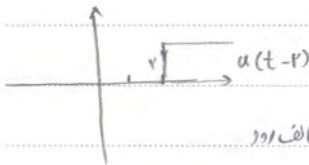
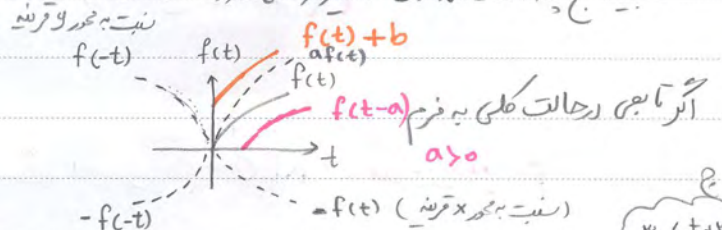
Subject:

Year. Month. Date. ( )

قرن ۲، ۱۴۰۳، ۹۳ (هرترم سوال)

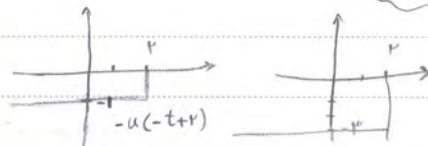
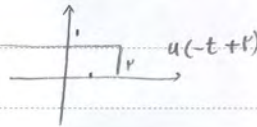


بیان ریاضی شکل موجهای زیر را بنویسید:  
شبه تابع پله است که در آن تا آخر زمانی دارد.



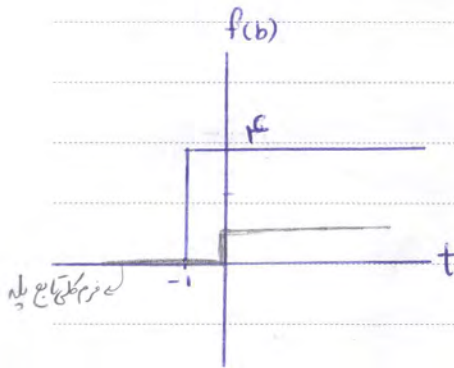
میرا را کشید

شکل اصلی به سمت مخالف دور

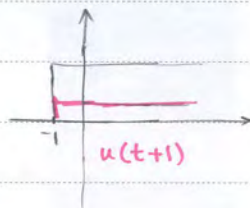


$-ru(-t+r)$

فرم کلی تابع پله را با این شکل بررسی می کنیم:

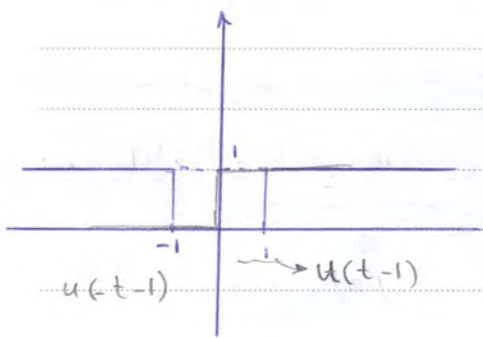


فرم کلی تابع پله



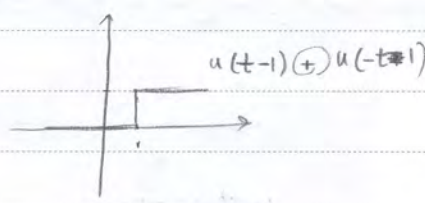
برای تبدیل به تابع  
صورت مسا

$$\Rightarrow ru(t+1)$$



$u(t-1)$

$u(t-1)$



$u(t-1) + u(-t-1)$

ص ۱۵۹ و ۱۱۸ خود مان بخونم

Subject :

Year . Month . Date . ( )

فصل ۵ مدارهای مرتبه اول  $v_C(t)$

انرژی در مدارهای مقاوم و خازن یا  $RC$  (مقاومتی - خازنی)  $i_L(t)$   
 انرژی در مدارهای مقاوم و سلف یا  $RL$  (مقاومتی - سلفی)

انرژی در مدارهای مقاوم و خازن و سلف یا  $RLC$  (فصل ۶) مدارهای مرتبه دوم

بدرج:

منابع الکتریکی  $\leftarrow$  ولتاژ  $\leftarrow$  و جریان  $\leftarrow$  ورودی مدار

شرط اولیه  $\leftarrow$   $v_C(t)$   $\leftarrow$   $i_L(t)$   $\leftarrow$  حالت مدار

پاسخ ورودی صفر  $\equiv$  یعنی هیچ منبع الکتریکی در مدار نداریم  $\leftarrow$  مدار با استفاده از شرایط اولیه شروع به کار می کند. تحرک مدار با استفاده از شرایط اولیه

« در این حالت منابع الکتریکی در مدار وجود ندارد و تحرک مدار توسط شرایط اولیه خازن  $v_C(t)$  و سلف  $i_L(t)$  می باشد. »  
 پاسخ حالت صفر  $\equiv$  حالت مدار (شرایط مدار) نداریم  $\leftarrow$  با استفاده از منابع الکتریکی به دست می آوریم.

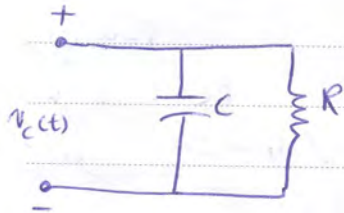
« در این حالت شرایط اولیه در مدار وجود ندارد و تحرک مدار توسط منابع الکتریکی موجود در مدار می باشد. »

پاسخ کامل = پاسخ حالت صفر + پاسخ ورودی صفر  
 $\downarrow$   $\downarrow$   
 (منبع) ورودی شرایط اولیه

« در این حالت ، هم شرایط اولیه برای سلف یا خازن و هم منابع الکتریکی در مدار وجود دارد. »

Subject:

Year. Month. Date. ( )



پاسخ ورودی صفر:

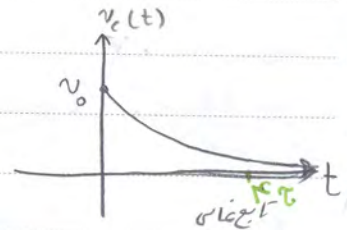
برای مدار RC:

$$v_c(0^-) = v_0$$

بدین پاسخ ورودی صفر بدست می آید (شرط اولیه)   
 منبع الکتریکی X

$$v_c(t) = v_c(0^-) e^{-\frac{t}{RC}}$$

ولتاژ در مدار RC



تایم ثابت زمانی  $\tau = RC$

ج:  $v_c(0^-) e^{-\frac{t}{\tau}}$

تمرین ۵-۱ ص ۱۲۹



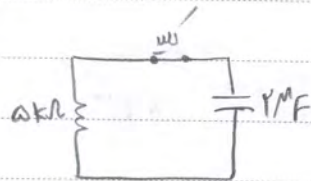
خازن دارای شرط اولیه  $v_c(0^-) = 100$  V

در لحظه  $t=0$  کلید را می بندیم.

پس از وصل کلید، ولتاژ و جریان؟  $v_c(t) = ?$

$i(t) = ?$

بدین پاسخ ورودی صفر  $\Rightarrow$  (شرط اولیه)   
 منبع الکتریکی X



$$v_c(t) = 100 e^{-\frac{t}{\frac{5 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-6}}{1}}}$$

$$v_c = 100 e^{-100t}$$

میدانیم

$$y = e^{at}$$

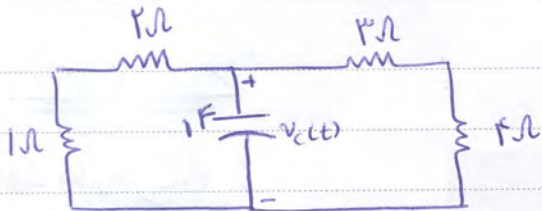
$$y' = ae^{at}$$

$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} = 2 \times 10^{-6} (-100 \times 100 e^{-100t}) =$$

$$i_c = -0.2 e^{-100t}$$

Subject:

Year: Month: Date: ( )



تمرین ۳-۵

نوع مدار: RC

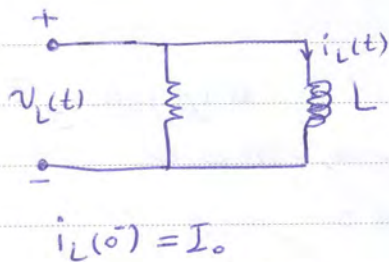
باغ ورودی منفر → شرایط اولیه ✓  
منبع الکتریکی X

$$v_C(0^-) = 4V$$

$$v_C(t) = ? \quad t \geq 0$$

$$v_C(t) = v_C(0^-) e^{-\frac{t}{R_{eq}C}} = 4 e^{-\frac{t}{\frac{21}{10} \times 1}} = 4 e^{-\frac{10t}{21}}$$

$$R_{eq} = (2 \parallel 1) + 3 = \frac{21}{10} = 2.1$$



مدار: RL

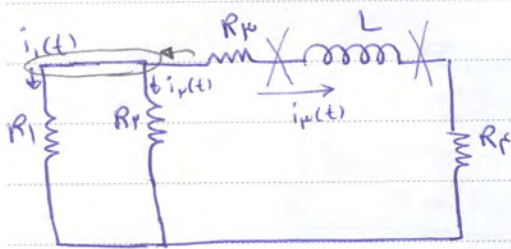
باغ ورودی منفر → شرایط اولیه ✓  
منبع X

$$i_L(t) = i_L(0^-) e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$i_L(0^-) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

ص ۱۲۹



مدار: RL

باغ ورودی منفر → شرایط اولیه ✓  
منبع X

$$i_L(0^-) = I_0$$

$$R_{eq} = (R_1 \parallel R_2) + R_3 + R_4$$

$$i_1(t) = \frac{-R_2}{R_1 + R_2} i_L(t)$$

$$i_L(t) = I_0 e^{-\frac{R_{eq}}{L}t}$$

$$i_2(t) = \frac{-R_1}{R_1 + R_2} i_L(t)$$

Subject :

Year . Month . Date . ( )

جلسه سیم

$$v_c(t) = v_c(0) e^{-\frac{t}{RC}}$$

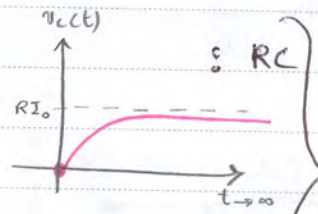
: RC

$$i_L(t) = i_L(0) e^{-\frac{R}{L}t}$$

: RL

یا منبع ورودی  
صفر

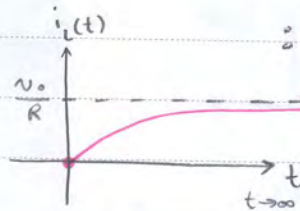
$$v_c(t) = RI_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$



: RC

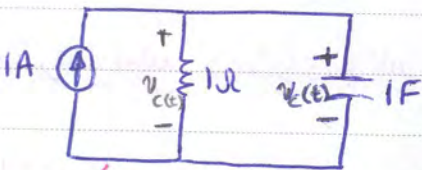
یا منبع حالت  
صفر

$$i_L(t) = \frac{V_0}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

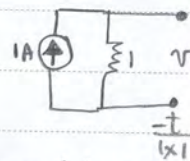


: RL

منابع الکتریکی  
در مدار وجود دارد.



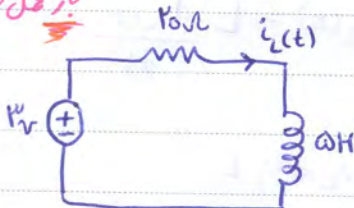
$$v_c(t) = ? \quad t \geq 0$$



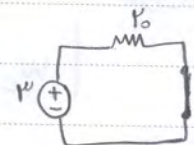
$$v_c(t) = 1 \times 1 (1 - e^{-t}) = v_c(t) 1 - e^{-t}$$

تمرین ۴.۵ ص ۱۳۴

خازن در لحظه  $t=0$  که  $t \rightarrow \infty$  می کند به صورت مدار باز عمل می کند.



$$i_L(t) = \frac{3}{10} (1 - e^{-\frac{t}{\omega}})$$



باقی به خود امان

P4PCO  $i_L(t) = ?$

وقتی  $t \rightarrow \infty$  می کند، جریان می شود  $\frac{V_0}{R}$  (در RL)

و ولتاژ می شود  $RI_0$  (در RC) زیرا برای اینکه  $t \rightarrow \infty$  می کند و سلف اتصال کوتاه می شود (۲۵)



Subject:

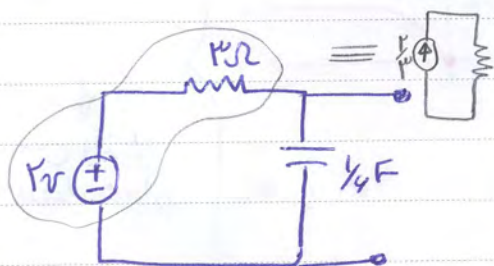
Year. Month. Date. ( )

پاسخ و ردی صفر + پاسخ حالت صفر = پاسخ کامل

$$RC: v_c(t) = RI_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) + v_c(0) e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$RL: i_L(t) = \frac{V_0}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) + i_L(0) e^{-\frac{R}{L}t}$$

عین ۵-۵ ص ۱۳۷



$$v_c(0) = 1V$$

$$v_c(t) = ? \quad t \geq 0$$

$$v_c(t) = 1 e^{-\frac{t}{1/4 \times 1/4}} + 3 \times \frac{1}{4} I_0 (1 - e^{-\frac{t}{1/4 \times 1/4}}) \quad \Leftrightarrow \text{ج}$$

شرایط اولیه در مدارهای با الیدزنی:

$$\text{خازن} \begin{cases} i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} \\ W_c = \frac{1}{2} C v^2 \end{cases}$$

$$\text{سلف} \begin{cases} v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \\ W_L = \frac{1}{2} L i^2 \end{cases}$$



Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. \_\_\_\_\_

و صبر ۱۳۷ و ۱۳۸ کتاب درس ۴

کلیدزنی در لحظه  $t=0$  به اتفاق می افتد ← در لحظه قبل از کلیدزنی  $t=0^-$  و در لحظه بعد از کلیدزنی  $t=0^+$  هر مورد.

★ ولتاژ فازن به طور ناگهانی افزایش پیدا کند → جریانی (رابطه میثم)  
اما در عمل جریان بی نهایت وجود ندارد  
به ازاول فرض که ولتاژ به طور ناگهانی می رود بالا وجود ندارد.

خازن:  $i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$

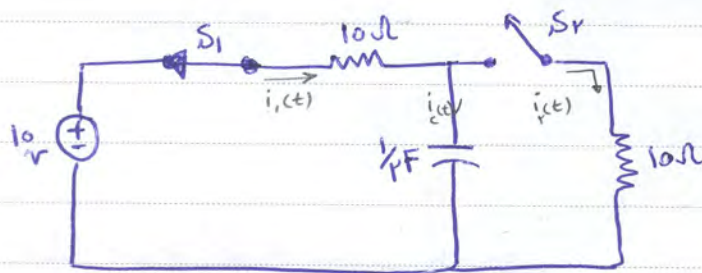
فرض اول استیلا است  $v_c(0^-) = v_c(0^+)$

ولتاژ فازن در لحظه کلیدزنی تغییر نمی دهد و ناگهانی ندارد.

★ مدار رابطی سلف هم همین فرضیات بالا را در نظر می گیریم و به همین نکته می رسم که:

$i_L(0^-) = i_L(0^+)$

جریان سلف در لحظه کلیدزنی تغییر ناگهانی ندارد.

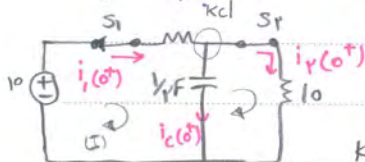


مثال ۵-۶ ص ۱۳۸

$v_c(0^+) = ?$

$i_c(0^+) = ?$

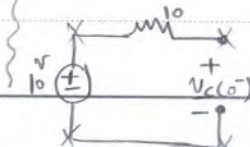
در مدار شکل فرض می شود که S1 به مدت طولانی بسته باشد، در لحظه  $t=0$  S2 بسته می شود، محسولات؟



KCL:  $i_1(0^+) = i_c(0^+) + i_2(0^+)$

یعنی در  $t \rightarrow \infty$

S2 باز است و مقاومت ۱۰ اهم نداریم



$i_c(0^-) = 0$

$v_c(0^-) = 10V \Rightarrow v_c(0^+) = 10V$

PAPCO

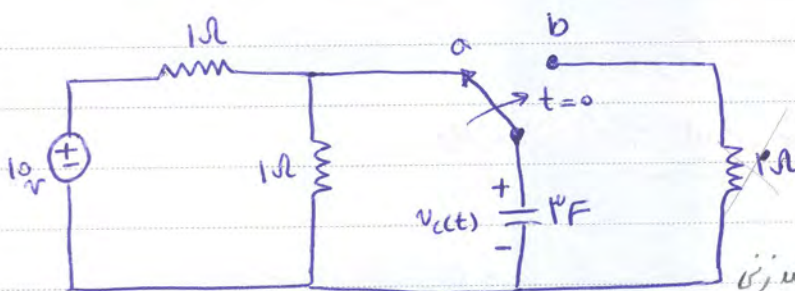


Year.      Month.      Date.      ( )

$$KVL(I): -10 + 10i_1(0^+) + \cancel{2i_1(0^+)} = 0 \rightarrow i_1(0^+) = \boxed{0A}$$

$$\text{KVL (II)}: -v_c(i^+) + 10 i_r(i^+) = 0 \quad \longrightarrow \quad i_r(i^+) = 1 \text{ A}$$

۱۱) ایتاقی



و بعد از آنکه : یعنی آنکه  
باید مدار امتیاز از کلیه زمین و بعد از آنکه زمین  
تخلیص گردد.

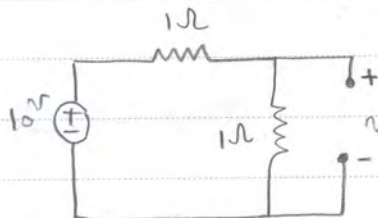
$$u_c(t) = ? \quad t \geq 0$$

کلیه  $\alpha$  به طور طولانی در این حالت قرار دارد.

خازن در مدار به صورت باز (مدار باز) و مقاومت ۲۸ کیلو اهم در صورت

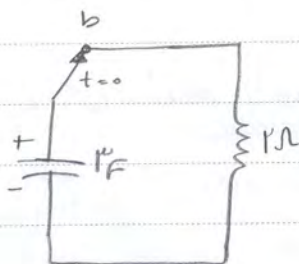
☆☆

باید شرط اولیہ را قبل از کلمہ زنی بدست آورد.



$$n_{c(0^-)} = \frac{1}{1+1} \times 10 = \frac{10}{2} = \underline{\underline{5V}}$$

در لحظه  $t=0$ ، الیاریه وضعیت طایع بدیم .  
 لایه مداریه خرم زرمی شور



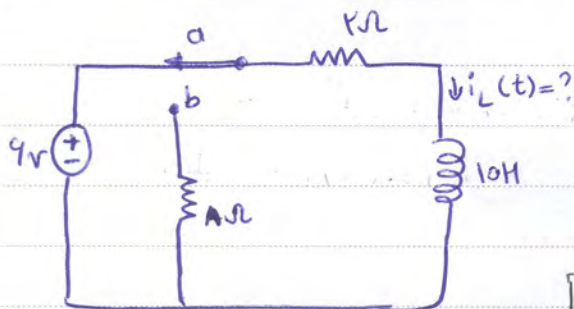
$$v_c(t) = v_c(0^-) e^{-\frac{t}{RC}}$$

بالنسبة لـ  $v_c(t) = \omega e^{\frac{t}{\tau_{\text{خ}}}}$



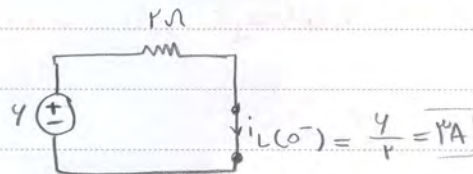
Subject:

Year. Month. Date. ( )



ت ۶ ص ۱۴۳

۱- شرط اولیة امکان منفی را باید بدست آوریم  
کلید را به طور طولانی بقدر حالت a بپوشانیم  
آب



وضعیت a:

وضعیت b:

پایه و بروری منفی

$$i_L(t) = i_L(0^-) e^{-\frac{R_{eq}}{L} t}$$

$$i_L(t) = 4 e^{-\frac{10}{10} t} = 4 e^{-t}$$

حال کلید را از حالت a به طایفه b می‌زنیم:

مدارهای RLC (فصل ۶):

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = \frac{R}{2L} \quad \text{RLC سری} \\ \alpha = \frac{1}{2RC} \quad \text{RLC موازی} \end{array} \right.$$

مثال  
۱- ریزش حقیقی منفی  
میرایی شدید / غرق میرا

① مدارهای RLC:

۲- ریزش حقیقی صاف  
میرایی بحرانی

②

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

۳- ریزش مختلط  
میرایی ضعیف (زیر میرا)

③

$$f(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

در حالت کلی حالت مدار به صورت  $f(t)$  نشان می‌دهیم.

$$s_1, s_2 = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

P4PCO



Subject:

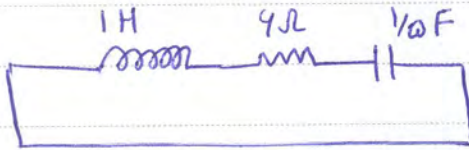
Year. Month. Date. ( )

$$(2) f(t) = e^{-\alpha t} [A_1 t + A_2]$$

$$(3) f(t) = e^{-\alpha t} [A_1 \cos \omega_d t + A_2 \sin \omega_d t]$$

$$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$$

- حل:  $\alpha$  و  $\omega_0$  را با استفاده از فرمول بدست می آوریم.  
 (1) طبق جدول مقابل مقایسه کنیم.  
 (2) طبق هر کدام از موارد، جواب آن را بدست می آوریم.



قرین 4 (1-2) ص 153

جریان سلف را برای  $t \geq 0$  بدست می آوریم.

$$i_L(0) = 1A$$

$$\frac{di_L(0)}{dt} = 0$$

$$i_L(t) = ? \quad t \geq 0$$

$$(1) \text{ سری مستقیم} \quad \alpha = \frac{R}{L} = \frac{4}{1 \times 1} = 4$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{1 \times 5}} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \sqrt{5} \approx 2.236$$

$$4 > \sqrt{5} \Rightarrow$$

$\alpha > \omega_0$   $\rightarrow$  میرا 3  
 2، 1 حقیقی منفی

$$s_1, s_2 = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

$$s_{1,2} = -4 \pm \sqrt{16 - 5} = \begin{cases} s_1 = -1 \\ s_2 = -3 \end{cases}$$

$$i_L(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

$$i_L(t) = A_1 e^{-t} + A_2 e^{-3t}$$

حساب  $A_1$  و  $A_2$  را

2 مجهول است  $\leftarrow$  نیاز به 2 معادله داریم

P4PCO

دری از صورت مسئله می گیریم (اگر صورت سوال ندارد، خود باید حساب می کنیم)



Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$i_L(0) = 1 \rightarrow t=0 \quad 1 = A_1 e^{-\omega \times 0} + A_2 e^{-\omega \times 0}$$

$$1 = A_1 + A_2 \quad (1)$$

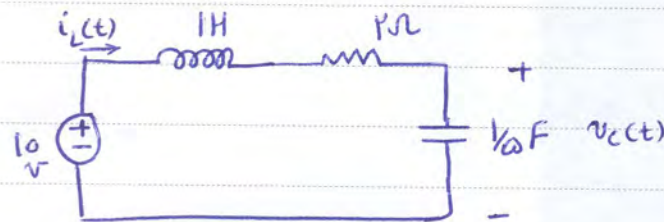
$$\frac{di_L(0)}{dt} = -\omega A_1 e^{-\omega t} - A_2 e^{-\omega t}$$

$$t=0 \rightarrow 0 = -\omega A_1 - A_2 \quad (2)$$

نکات  
مهم

$$A_1 = -\frac{1}{\omega}$$

$$A_2 = \frac{\omega}{\omega^2}$$



$$\alpha = \frac{R}{L} = \frac{2}{1 \times 1} = 1 \quad (1)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{1 \times \frac{1}{5}}} = \sqrt{5} = 2.236$$

$$v_c(0) = 4V$$

$$v_c(t) = ?$$

$$i_L(0) = 2A$$

$$\omega_0 > \alpha$$

میرای ضعیف  
(زیر میرای)

$$f(t) = e^{-\alpha t} [A_1 \cos \omega_d t + A_2 \sin \omega_d t]$$

$$\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} = \sqrt{5 - 1} = 2$$

$$v_c(t) = e^{-t} [A_1 \cos 2t + A_2 \sin 2t]$$

حالت بیجان  $A_1, A_2$  را بیابان

$$A_1 \rightarrow v_c(0) = 4 = e^0 [A_1 \cos 0 + A_2 \sin 0] \Rightarrow A_1 = 4$$

$$A_2 \rightarrow \frac{dv_c(0)}{dt} = ? \rightarrow i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} \rightarrow i_c(0) = C \frac{dv_c(0)}{dt}$$

حالت بیجان  $i_c(0) = i_c(0)$

$$\frac{dv_c(0)}{dt} = \frac{i_c(0)}{C} = \frac{2}{\frac{1}{5}} = 10$$

حالت بیجان اولی برابر  $A_2$  را بدست آوریم از این استفاده می کنیم برای  $A_2$



Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. \_\_\_\_\_ ( )

$$v_c(t) = e^{-t} [A_1 \cos \pi t + A_2 \sin \pi t]$$

$$\frac{dv_c(t)}{dt} \Rightarrow -e^{-t} [A_1 \cos \pi t + A_2 \sin \pi t] + [-\pi A_1 \sin \pi t + \pi A_2 \cos \pi t] \times e^{-t}$$

$$t=0 \text{ (at } t=0) \Rightarrow 1.0 = -4 + 2A_2 \rightarrow A_2 = 1$$

