ElCoM
ELECTRICAL COMPUTER MECHATRONICS

تقدم لجنة ElCoM الاكاديمية

تلخيص لمختبر:

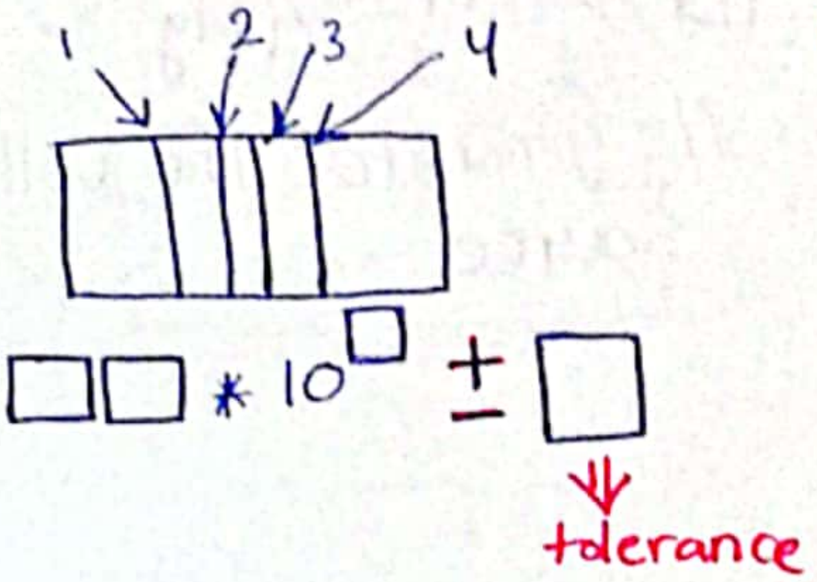
دوائر كهربائية

جزيل الشكر للطالبة:

سارة آبو سارة

Circuits Lab.

Exp.1



* كل مقاومة منها ٤ ألوان ترتيبها مهم جدًا عند حساب قيمة المقاومة

* نبدأ بقياس قيمتها من عند الخط "terminal" الأقرب لل ① وهو اتم

* اللون الرابع بيعبّر عن ال (error) المفقوع داخل المقاومة "Tolerance" ، error

Colors	
Black	0
Brown	1
Red	2
Orange	3
Yellow	4
Green	5
Blue	6
Violet	7
Gray	8
white	9

Gold 5% · Silver 10%

Ex ① green blue red gold

5 6 * 10^2 ± 5% → 5600Ω ± 5%

② red red red silver , which of these values is the real value for this resistor

2 2 * 10^2 ± 10%

* 2300Ω ✓

↳ $2200 + \left(2200 * \frac{10}{100}\right) = 2420$ * 2420Ω ✓

$2200 - \left(2200 * \frac{10}{100}\right) = 1980$ * 1980Ω ✓

← X [1980 − 2420] → X

↓ سؤال قيمتها خلال هاي الفترة

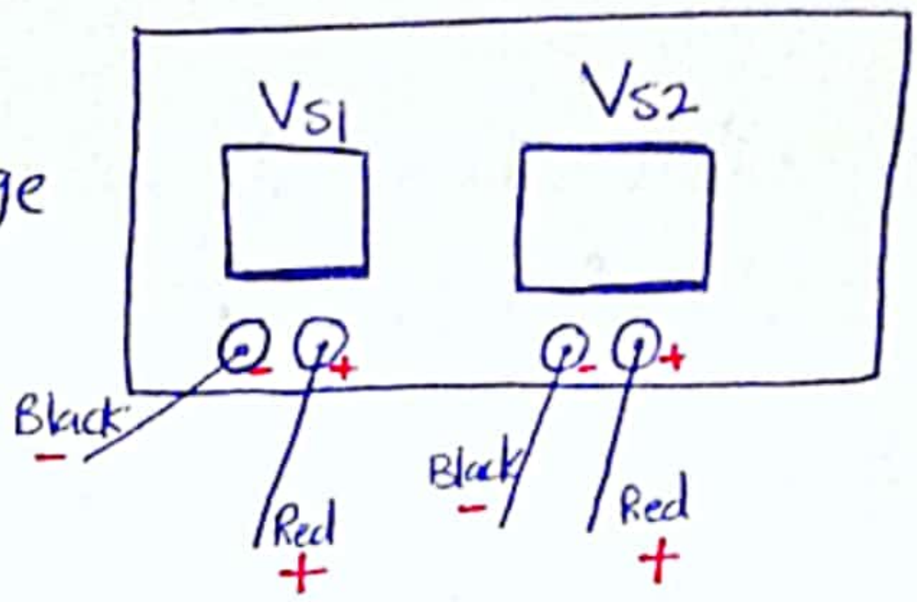
اهم يكونوا ضمن ال range

Scanned with CamScanner

#Lab_Equipment → power supply
→ Digital Multimeter

1 Power Supply :

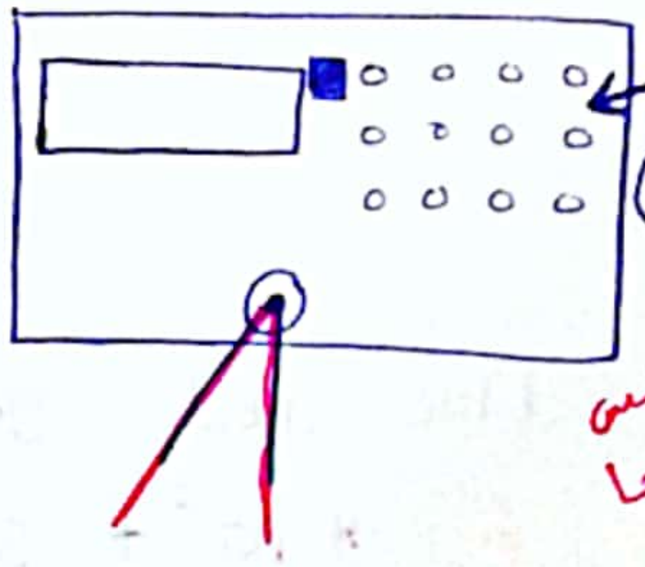
it generates the voltage source ..



ملاحظات
① إمكاني أولّد (2 voltages) من هذا الجهاز
② أو (1 voltage) بختار أي واحد منهم ← V_{s1} / V_{s2}
" ما بتفرق "
③ بدي أولّد (3 voltages) مثلاً، بجيب جهاز عاقد يولّد منو الجهد التالت
④ بغيّر على قيمة الجهد من خلال الـ (rollings) ← للأعشار ← للعدد الصحيح من قيمته

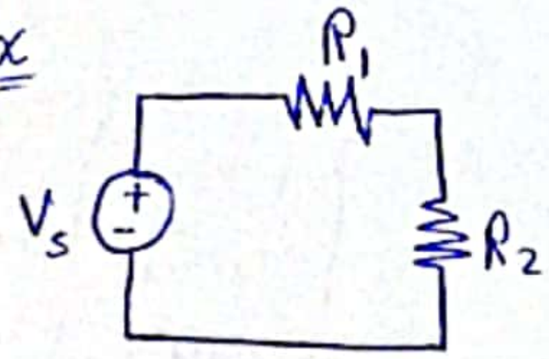
2 Digital Multimeter :

الجهاز الأزرق أو الأبيض



- يستخدم لقياس قيمة مقاومة لقياس جهد، تيار، ...إلخ
- عن طريق تحديد الشيء المراد قياسه (Ω / V / A ...) ثم تثبيت العنصر [المقاومة] على الـ (BreadBoard) ووضع السلكين على العنصر ← بداية ← نهاية

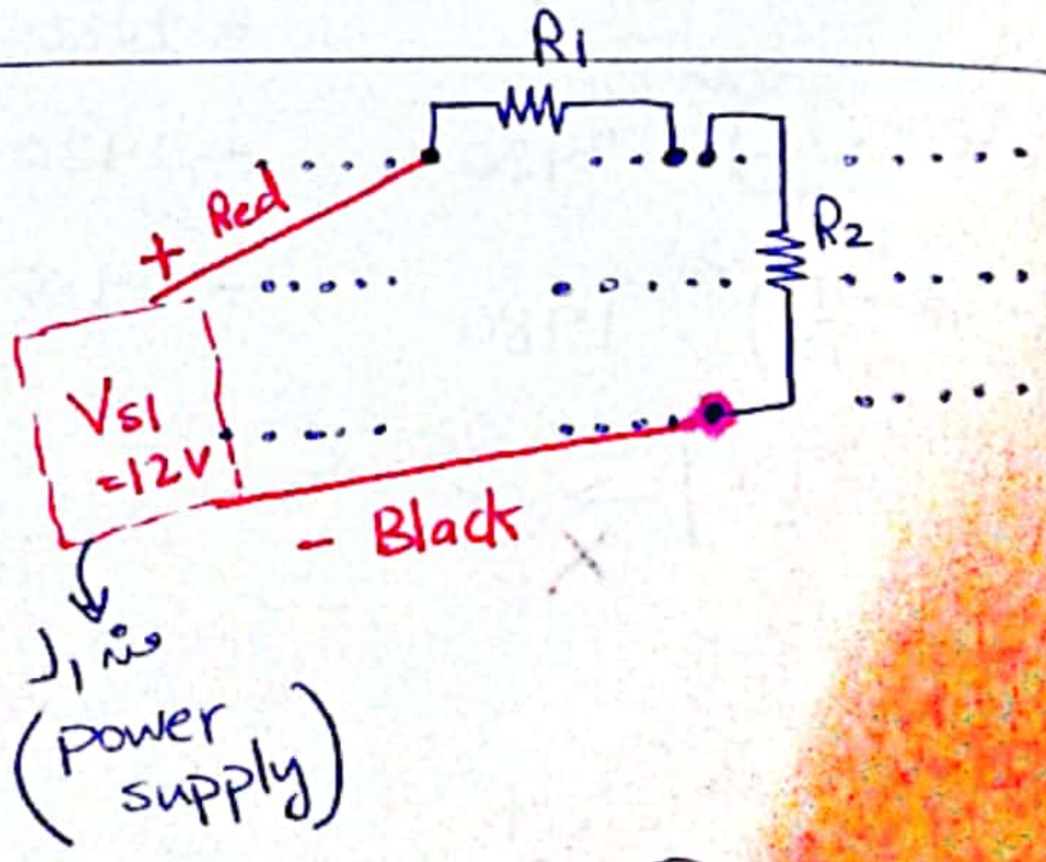
Ex



$V_s = 12\,V$

$R_1 = 4.7\,k\Omega$

$R_2 = 5.6\,k\Omega$



منه J_1 (power supply)

[كل 5 نقاط بيعبروا عن 1 node]
↓
النقطة اللي تتصل بين عنصرين وأكثر

* ازا شبكتي مقاومة عنصر اللود متماثلي "short CCT"

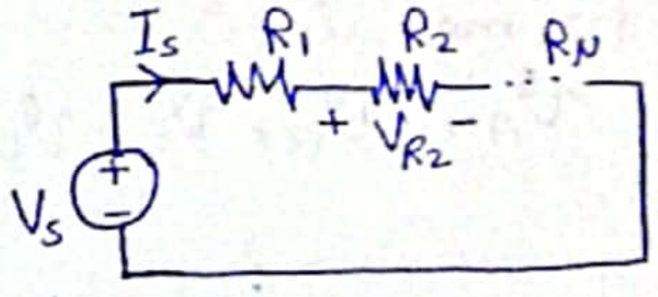
Scanned with CamScanner

Exp (2) " Measurements On DC - Circuits "

كيف نشبك العناصر توالي وتوازي ؟ حساب جهد العناصر الموصلة ؟ الأميتر والفولتميتر؟

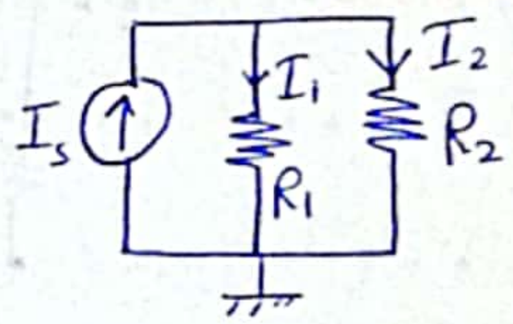
* We know that → ① series connection, we use voltage divider

$$V_{R_2} = \frac{V_s \; R_2}{R_{eq}}$$



② Parallel Connection, we use current divider

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

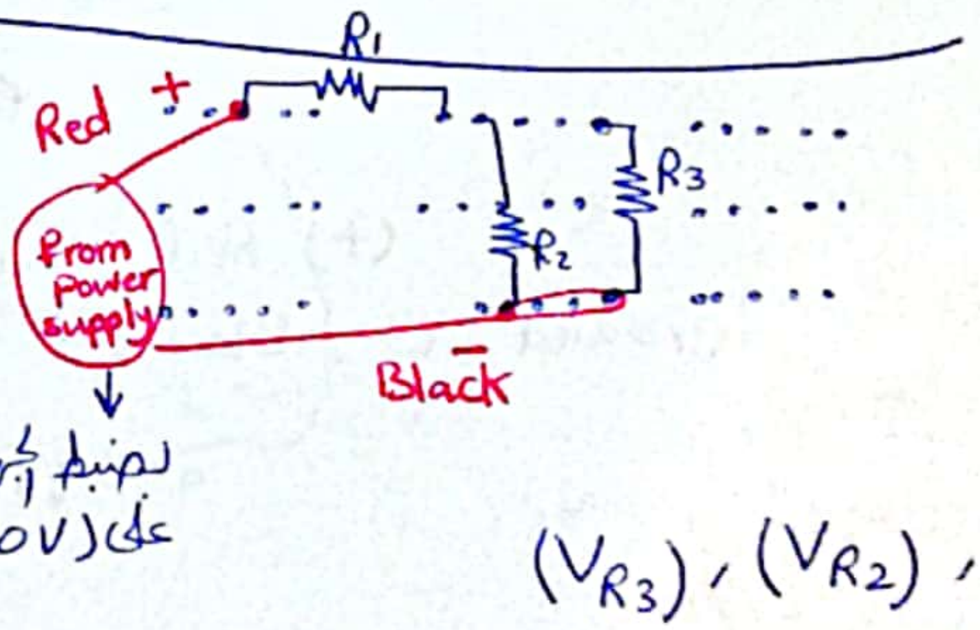


* Ameter -(A)- / voltmeter -(V)-

لازم نشبكه على التوالي مع العنصر المراد إيجاد قيمة التيار المار فيه وليستبدل الأميتر بشورت [short CCT] سيركت وبوجد التيار المار فيها

لازم نشبكه على التوازي مع العنصر المراد حساب الجهد عليه فليستبدله بـ [open CCT] للفولتميتر

In Practical →



لتضبط الجهد على (10V)

Ex

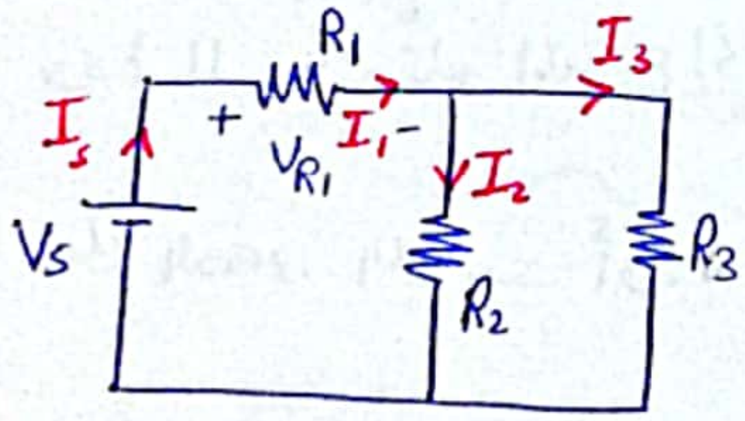
$I_s = I_1$

$V_s = 10V$

$R_1 = 3.3k\Omega$

$R_2 = 1.8k\Omega$

$R_3 = 4.7k\Omega$



عملياً :-

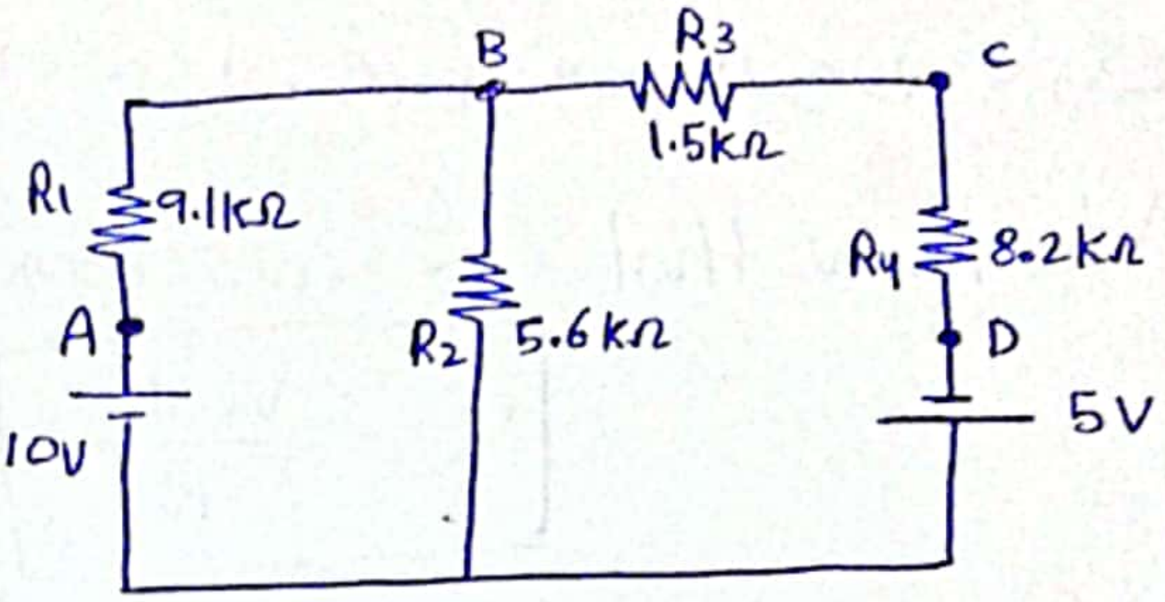
① حساب (V_{R_1}) ، (V_{R_2}) ، (V_{R_3}) من خلال جهاز الـ " DMM "

يكون على diode test "V" وحط السلكين على العنصر ← R_1 أو R_2 أو R_3 (اللي بدي أميتر جهده)

وبقرأ القيمة اللي على شاشة الـ DMM

Scanned with CamScanner

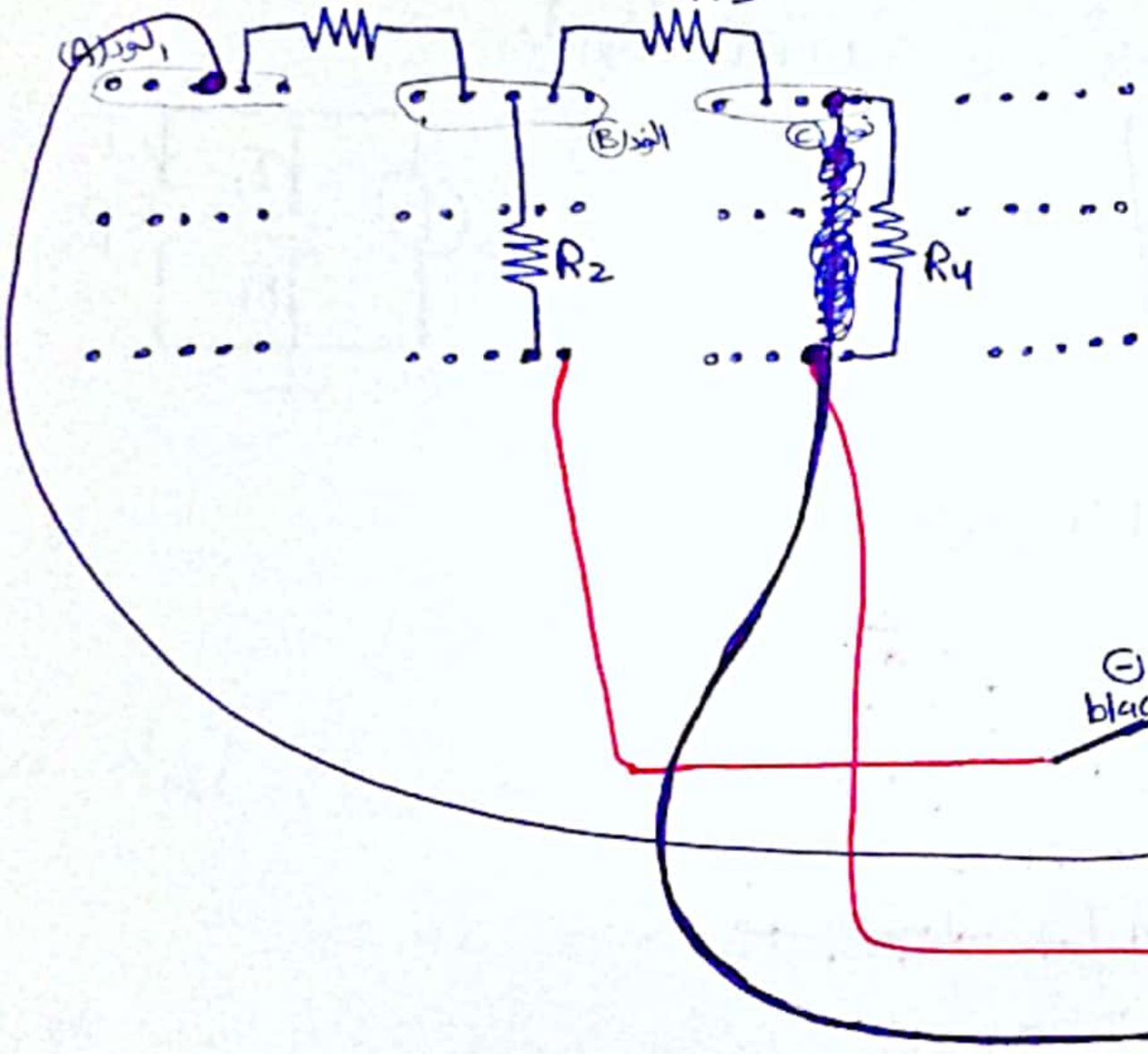
Exp (3) Nodal, Mesh and Superposition

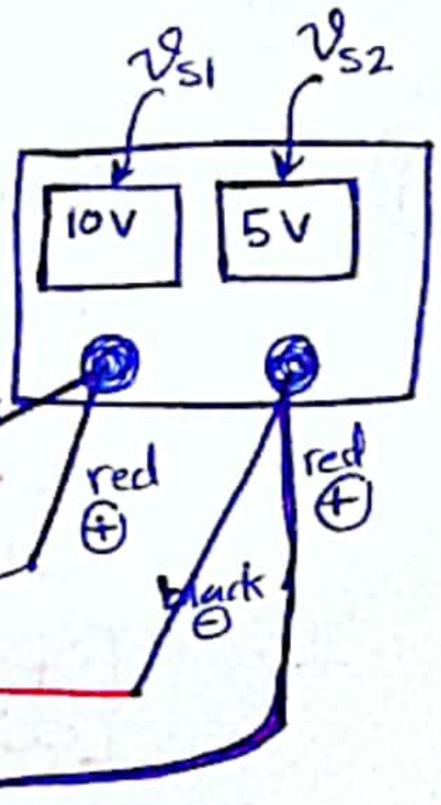


Ex If we have →

to measure

v_A, v_B, v_c, v_D





(Sources) أي شبك بدي أشبكه على السيركت، بشبكهم من (power supply)..

* ولقياس جهود النود المو جودة في الأعلى:
بشغل الـ digital multimeter"
وبحط السلك تاعو المنقسم إلى قرعين (+) Red ← ground، (-) Black ←

على الحض اللي بدي أوجد عندو الجهد ..

Exp (4) Thevenin, Norton and maximum power →

- to find $\underline{\underline{V_{th}}}$ :: (independent source) انا ماني ① ازا

$$V_{th} = 0$$

② ازا في (indep. source) ← بشيل اللود وكمان محلو (open ckt) ويوجد الجهد هناك $\underline{\underline{V_{th}}}$

- to find $\underline{\underline{I_N}}$ ::

① انا ما في (indep. source) ، $I_N = 0$

② ازا في (indep. source) ، بشيل اللود وكمان محلو (short ckt) ويوجد التيار المنتشي عليه $\underline{\underline{I_N}}$

- to find $\underline{\underline{R_{th}}}$ ::

① انا ماني (dep. source) ، بشيل اللود وبعمل (kill off) للسورس

وبطلع R_{eq} مواليين اللود (محل اللود) ← [Voltage source → S.C ; current → O.C]

② ازا في (dependent source) ، بشيل اللود وبعمل (kill off) للسورس "indep."

وكمان محل اللود ←

$$R_{th} = \frac{1}{I_{test}} \Leftarrow I_{test} \uparrow \; (+ \; - \; 1V)$$

حسب الأسهل

أو

$$R_{th} = \frac{V_{test}}{1} \Leftarrow V_{test} \; (+ \; - \; \uparrow \; 1A)$$

$$P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_L}$$

$R_L = R_{th}$

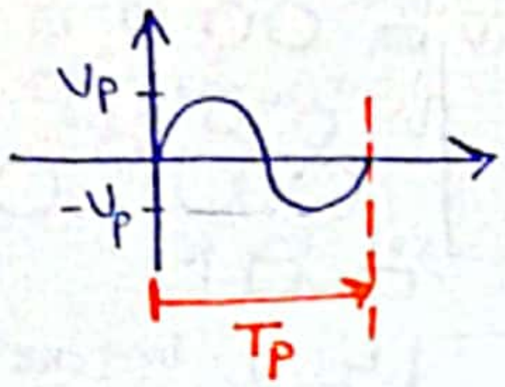
لو كان معطيني قيمة اللود أو ما أعطاني اياها بعوّض بالقانون قيمة R_{th}

Scanned with CamScanner

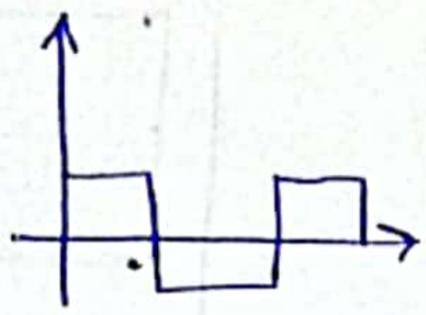
Exp (5) (Introduction to AC - Circuit)

* Types of AC signal :

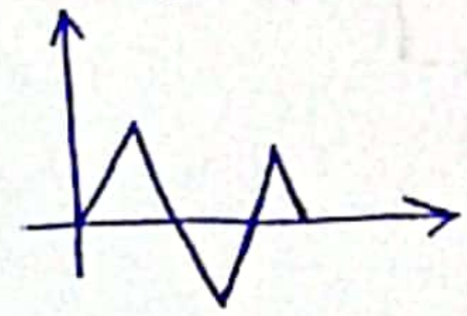
[1] Sinewave



[2] squared wave



[3] Triangle Wave



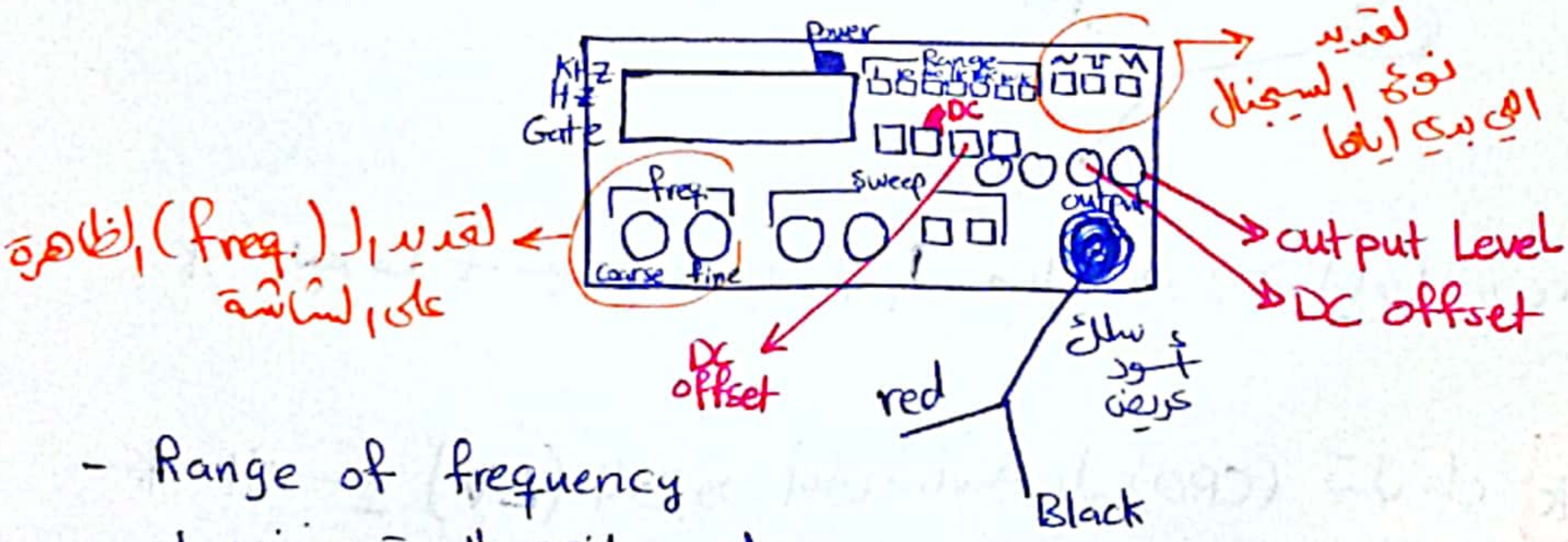
$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

كل (signal) لها فولتج و freq. خاص بها

$$f = \frac{1}{T_P}$$

* AC Devices :-

① Function Generator → „AC signals„ هو مولّد للإشارات



- Range of frequency

لتحديد الفترة اللي بقع ضمنها (freq.) بالسؤال

مثلاً، ازا كانت W=5k

بكبس على 10k < W=50k

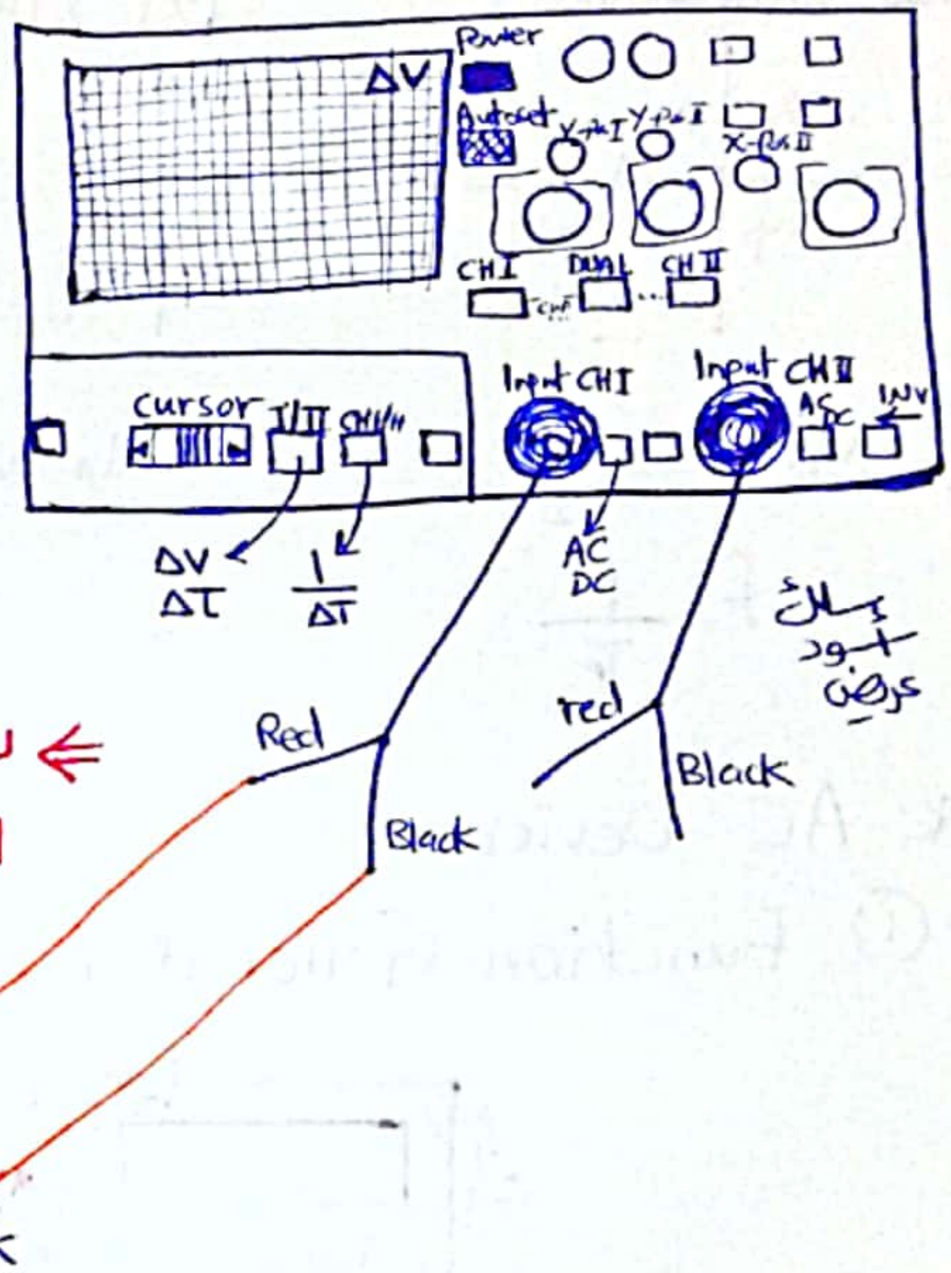
بروح لـ 100k

وهكذا (100k) بروح لـ 100k بدي.

② Oscilloscope (CRO) ≡ Scope Displaying Waveforms

جهاز يترجم السيجنال اللي دخلت مواصفاته بجهاز الـ (Function Generator) مع وجود من قناتين

CH I ←
CH II ←



⇐ لبكة وصلة منهم مع السلك الأسود العريض الآخر الموجود في جهاز الـ (Fundion Generator)

[output f.g] ⇐ كيبل

* لجوما أشيكم ، بزبط السيجنال اللي بدي اياها " AC input source " Voltage

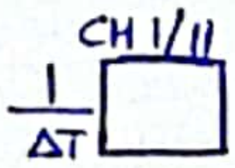
* الاشي (ΔV) الموجود أعلى شاشة الـ (CRO) تدل على $V_{peak-peak}$ لجدد قيمتها (ما لبكة السلكين السود مع بعض من الجهازين تاعون الـ AC) من الـ " Function Generator " عن طريق الـ " output level " وكل تغيير (لفة) بكبس على Autoset من الجهاز الثاني اللي هو CRO

ΔV ⇒ DC تتحول منه ← [DC - Voltage]

* لإعطاء قراءة للـ " Function Generator " من جهاز الـ (DC offset)

① منكبس على

② من جهاز CRO ← بنضغط طول على



③ بغير قيمتها من الـ rolling

" Function Generator " بالـ (DC offset) صفر

Scanned with CamScanner

* ازا كبسنا على $\frac{\Delta V}{\Delta T}$ اللي بجهاز الـ CRO

متحول $\Delta V \Rightarrow \Delta T$

Ex

$6\,v_{p-p}$

$f = 5\,kHz$

$DC = 3V$

؟

① بربط جهاز (CRO + f.g) كهذه الطريقة

الكيبل الأسود .

② بختار 10K بـ "range of freq." من جهاز f.g

③ بغيّر (output level) من اللمة اللي بجهاز f.g

وكل تغيير بعملوا على اللمة بكبس Autoset من جهاز CRO وبقرأ التغيير طالما أوصل

للـ 6V

④ بكبس من f.g ← DC offset

وبغير بالقيمة من الـ rolling اللي بالـ f.g

$\frac{1}{\Delta T}$ بعدين بحوّل من ΔV إلى DC عن طريق

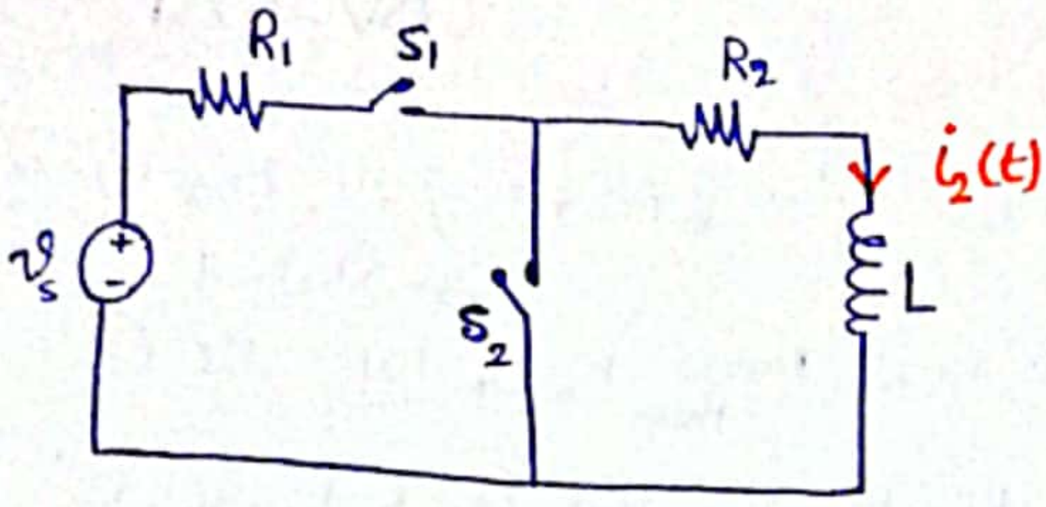
* بعدين برجعها لـ ΔV * (DC offset) باسم f.g

[AC - source] ↓ كل هاد الحكي بس لتوضيح عملية كيف بدي أضبط الـ

Scanned with CamScanner

Exp (6) Step Response of AC Circuits

شرح نظري



If (S_1 close , S_2 open), Find :-
$i_2(t)$?

① Forced response → يأخذ [Voltage source / current source] يكون متى لا

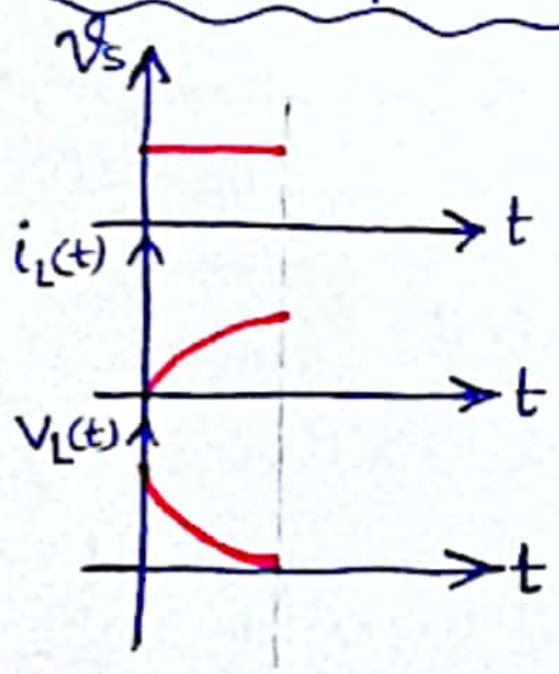
$$i_L(t) = i_{L_{forced}} + i_{L_{natural}}$$

$$= \frac{v_s}{R_{eq}} + Ae^{-t\tau} \quad , \left[\tau = \frac{L}{R_{eq}}\right]$$

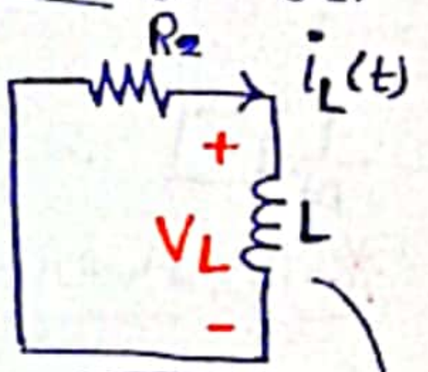
$i_L(t=0) = 0$ يكون عندما

$$= \frac{v_s}{R_{eq}} + A$$

$$i_L(t) = \frac{v_s}{R_{eq}}\left[1 - e^{-t/\tau}\right]$$



② Free response → Source متى يكون



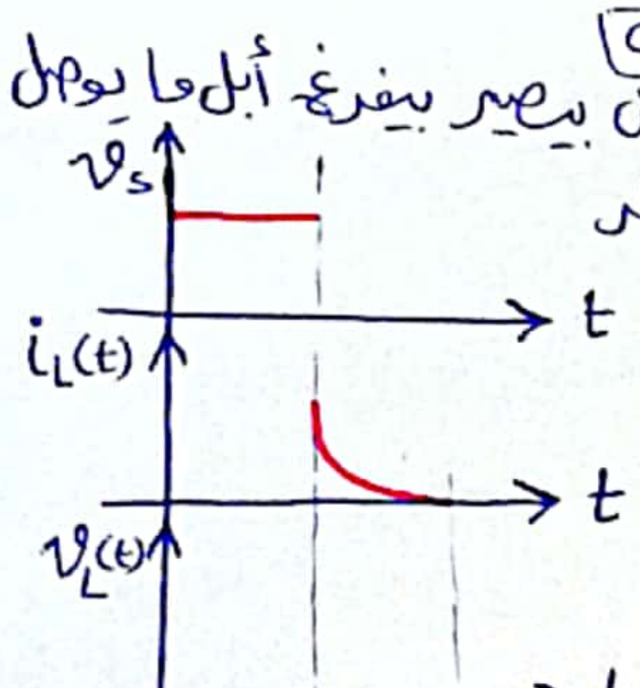
$$i_L(t) = i_{L_{natural}} = Ae^{-t/\tau}$$

$$i_L(t=0) = i_{L_{max}} = A = \frac{v_s}{R_2}$$

$$i_L(t) = \frac{v_s}{R_{eq}} e^{-t/\tau}$$

$$\tau = \frac{L}{R_2}$$

بالبداية يكون
open
بعدين بيصير بيفرغ أبل ما يوصل للصفر (I_{max})

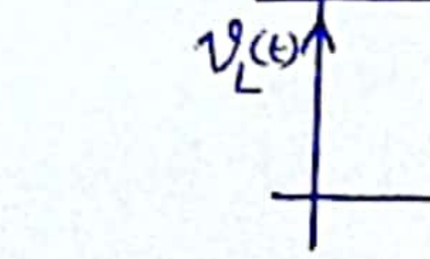


Ex

$$I_{max} = \frac{v_s}{R_1 + R_3}$$

(S_1) has been closed for along time, at ($t=0$), S_1 open & S_2 close.
Find v_{R_3} at [t = 10ms] ?

→ At $t>0$, free response (natural)



$$i_L(t) = Ae^{-t/\tau}$$

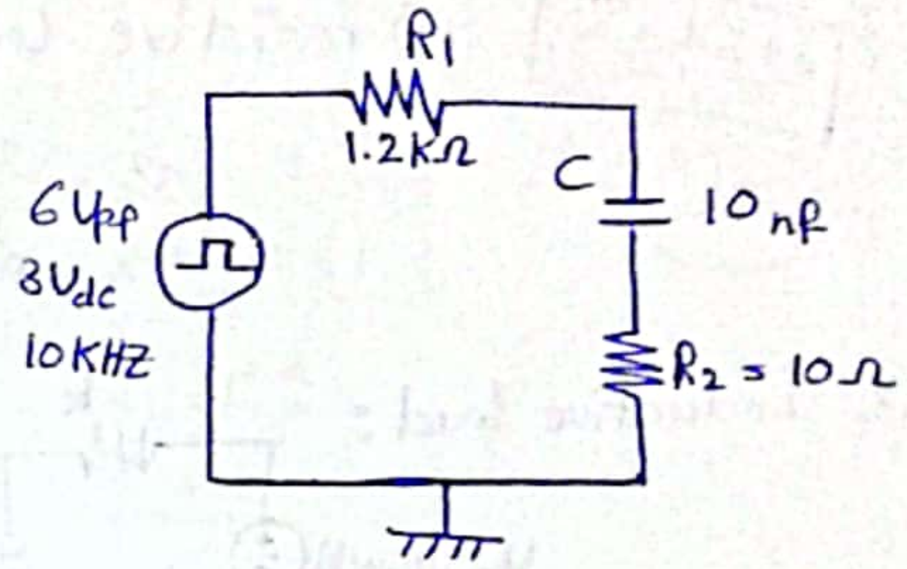
$$= \frac{v_s}{R_1 + R_3} e^{-t/\frac{L}{R_1+R_3}}$$

(10)

Scanned with CamScanner

ايكانيك العملي

* Transient RC Circuit →



الطلوب

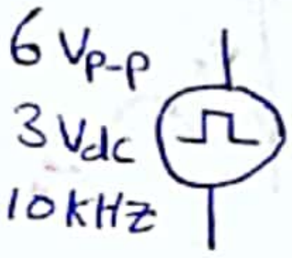
- Calculate the time constant?

$$\tau = RC = 112\,ms$$

- Draw the Capacitor voltage & evaluate it at $t = \tau, 3\tau, 5\tau$
- Draw the capacitor current ?

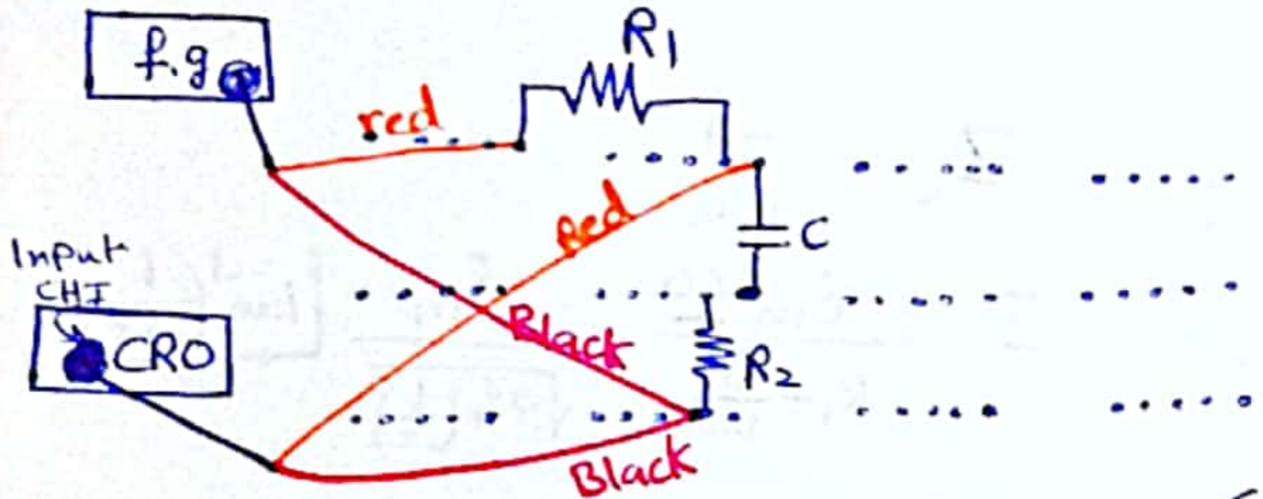
الطريقة

① بضبط السورس

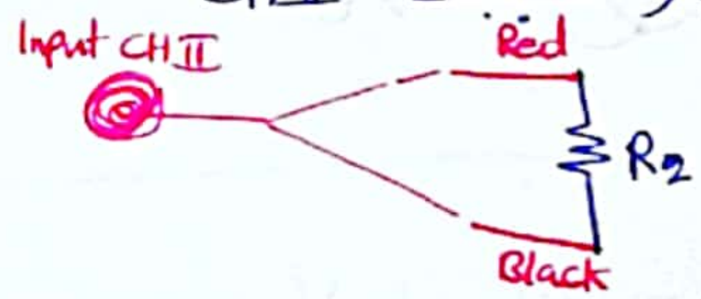


② طريقة شبك السيركت ←

وعالـ (bread board) شبك السيركت زي ماهي



③ ازا بدي أحسب التيار لشبك CH II



وأسلاكها على R_2

* كيف أبدّل بين رسمة وأخرى على CRO؟

* كيف أطلّع الرسمتين سوا؟

CH I, Autoset

CH II, Autoset

DUAL

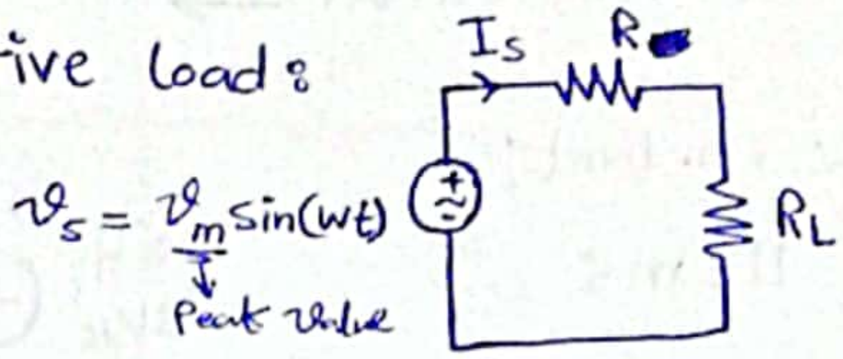
* لأبدّل بين قراءة فولتية CHI لـ CHII ، بكبس على dual وبعدين الـ CH التي تحمل الفولتية المطلوبة.

Scanned with CamScanner

Exp(7) Basic AC Laws →

نظري

① resistive load:

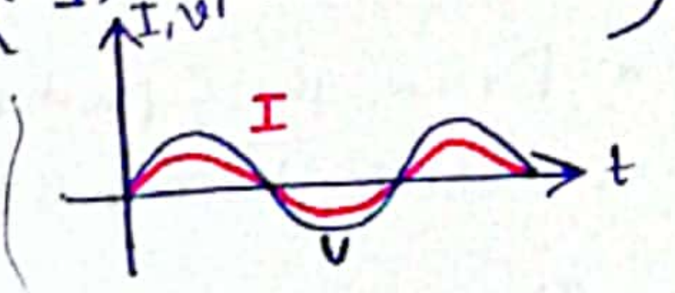


$v_s = v_m \sin(wt)$

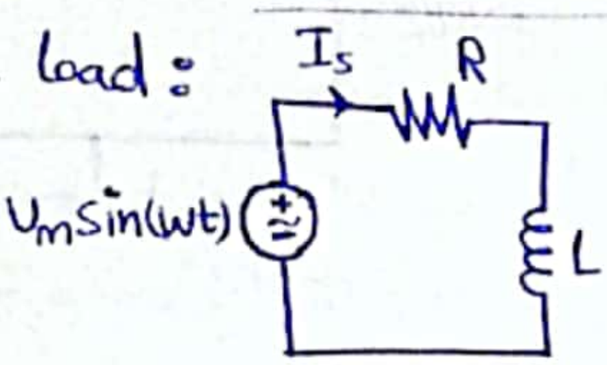
v_m ↓ Peak value

$$I_s = \frac{V_m \angle 0}{R + R_L}$$

(I_s) in phase with (V_s)

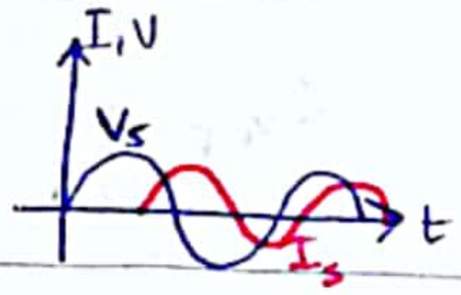


② Inductive load:



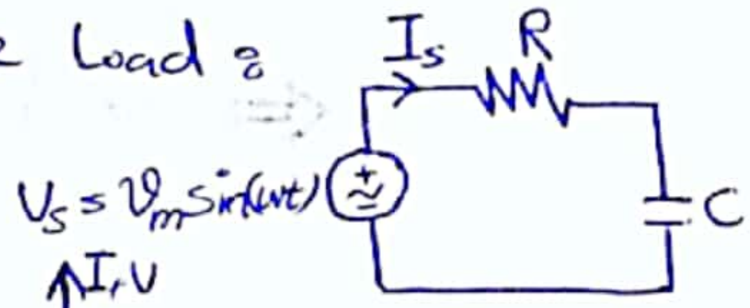
$$I_s = \frac{v_m}{R + jwL} \angle 0$$

(V_s lead I_s / I_s lagg V_s)



$$= \frac{v_m}{\sqrt{R^2 + (WL)^2}} \left| \tan^{-1}\left(\frac{WL}{R}\right) \right.$$

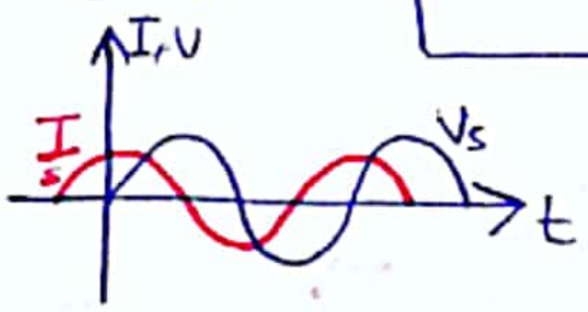
③ Capacitive load:



$$Z_c = \frac{-j}{WC}$$

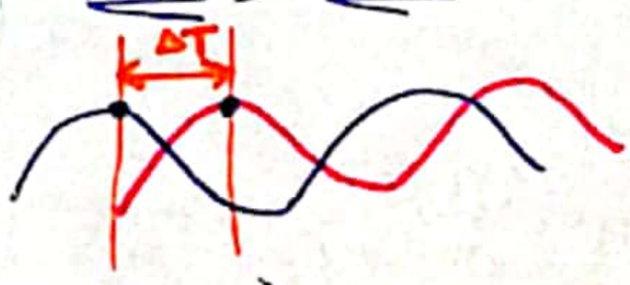
$$I_s = \frac{v_m \angle 0}{R_1 - \frac{j}{wc}} = \frac{v_m}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{wc}\right)^2}} \left| \tan^{-1}\left(\frac{1}{WRc}\right) \right.$$

(I_s lead V_s / V_s lagg I_s)



$\therefore \quad V = V_L + V_R$

"phase shift" $\theta = 360 f (\Delta T)$ ، $\Delta T \equiv$ المسافة الأفقية بين $\begin{pmatrix} CHI \\ CHII \end{pmatrix}$ بين كل Peak و Peak



* لإيجاد الـ (phase shift) بيلزمني أعرف بس قيمة (ΔT)

من CRO

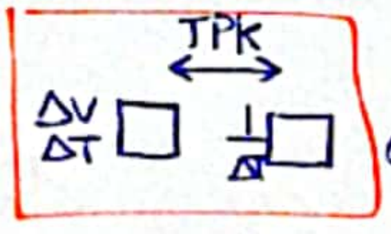
بحوّل من $\Delta V \Leftarrow \Delta T$ عن طريق الضغط لطول على

- بس تتغير بحرك الـ cursors الموجودة أسفل شاشة عرض السيجنال

وحدة من المؤشرين هتكون ثابتة

(بحرّكهم لأوصل عند الـ Peak بالزبط)

⊛ لحد أضلّي المؤشرين يتحركوا ⇐ بكبس مع بعض



[مناضد قراءة مباشرة (ΔT)]

(وظيفة المقاومة انها تقلل من الـ phase shift) #

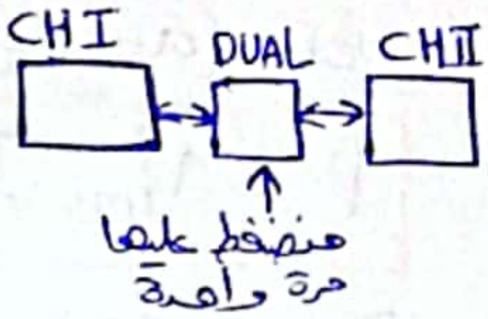
Scanned with CamScanner

$\begin{pmatrix} CHI : V_L + V_R \\ CHII : V_R \end{pmatrix}$

* اذا بدّي أقيس (V_R) بستخدم CH II مع R2

* لتطلع صورة منه فوق وصورة منه تحت ؟

للتبديل



اذا أعطانا V_{peak} بضربها بـ $(\frac{2}{\sqrt{2}})$

Scanned with CamScanner

Exp (8) Complex power and power factor Correction

(نظري، شرح)

عند: القدرة، لحمل، لتصحيح

PF = 1

① Active power (average), (real) →

$$P = V_{rms} I_{rms} \cos\theta \quad [W]$$

② Reactive power (Q) →

$$Q = V_{rms} I_{rms} \sin\theta \quad [VAR]$$

③ Appearent Power (S) →

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad [VA] \Rightarrow P = S\cos\theta$$

$$S = \frac{P}{PF}$$

④ Complex power ($\vec{S}$) →

$$\vec{S} = P + jQ$$

(معامل القدرة) $PF = \cos\theta$

Ex If ① $P = 1MW$, $PF = 0.5 \rightarrow S = 2M\ VA$

② $P = 1MW$, $PF = 1 \rightarrow S = 1M\ VA$

الأفضل هي الحالة الثانية لأن الـ (losses) فيها أقل
ولما البور بيكون أقل صيقل التيار فتقل الـ (losses)
وكذلك بالنسبة للتكلفة
فكلما ازداد الـ PF للـ ① قلت التكلفة

* البور اللي بتطلع من المولّد هي (apparent) والموتورات بتستهلك reactive وعالمقاومة بس في apparent بدون (reactive) لأنو بالمقاومة التيار in phase مع الجهد..

* لحمل (PF=1) :: ① نبلّك عنصر على التوازي مع البور اللي ولّدها (مواسعة)
بحيث انا صارت مشكلة بالمواسعة أسوء شي ممكن يصير انو يرجع الـ PF زي ما كان، بدون صدوث مشكلة بالسيركت كاملة ويتروح البور اللي ولّدتها كلها للجراوند (انا وصلت المواسعة توالي مثلاً)

المقاومة بصيغتها توالي مع اللود بعكس المواسعة

② ← ازا ما كانت (L) معروفة (أ) $Q_L = Q_C$

$$|Z| = \frac{V_{eff}}{I_{eff}}, \quad X_L = R_L \sin\theta \quad ; \quad R_{eq} = |Z|\cos\theta$$

$$Q_C = \frac{V_{eff}^2}{X_C}, \quad X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{wC}$$

ب) ← ازا كانت معروفة (L) وهو معروفة قيمة المواسعة (C)

$$Q_L = I^2 X_L \quad / X_L = Z\sin\theta$$

$$Q_L = Q_C = \frac{V_{eff}^2}{X_L}??$$

$$\Rightarrow X_C = \frac{1}{wC} \quad , \quad C = \frac{1}{X_C w} \#$$

(14)

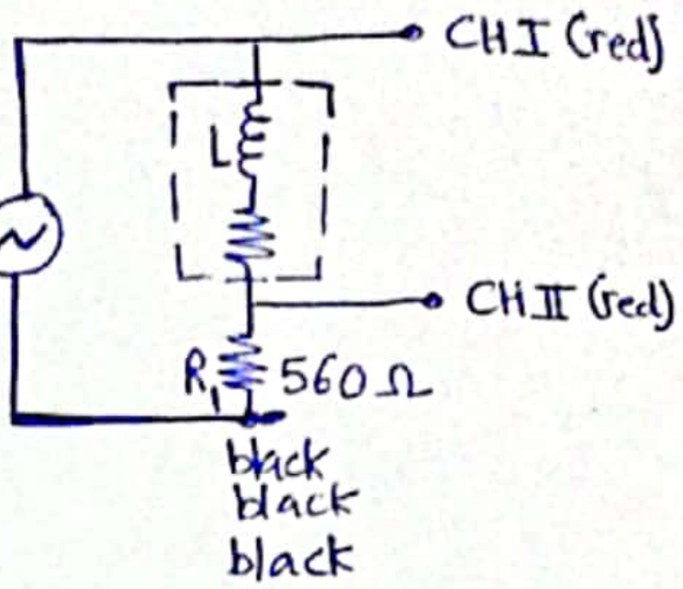
Scanned with CamScanner

إيجاد الحمل

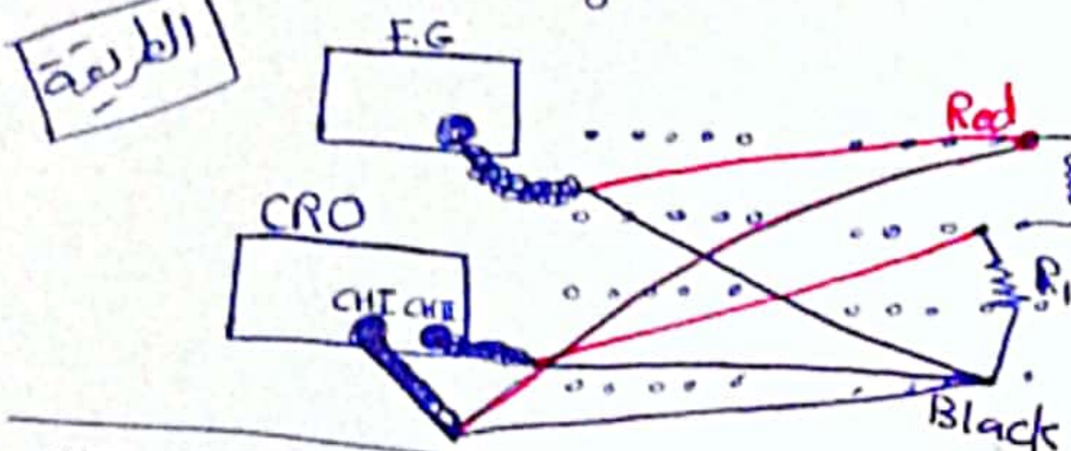
Ex

في هاي التجربة مطلوب منا كشف $v_{R_1 P-P}$ ، $v_{R_1 P}$ ، $v_{R_1 eff}$ ، $I_{R_1 eff}$ ، θ_{source} ، $PF = \cos\theta$

& display v_s ، v_{R_1} on the same screen then find θ ?



الطريقة



CHI → بداية ونهاية الكل

CHII → بداية ونهاية R_2

- نبلش f.g + CRO الأحمر الأحمر، الأسود مع الأسود
حتى أضبط السورس بالمواصفات السابقة
(انتبهي انو لازم تضربي v_{p-p} بـ 2)

$v_{p-p} = 4v$

* بيكون طالع ع شاشة الـ CRO قراءة ΔV_1 واللي هي $4v$ تبعت السورس

فإذا بدي أطلع قيمة (v_{R_1}) عبر CHII ⇐ بكبس على $\begin{pmatrix} CHII \\ Autoset \end{pmatrix}$ فبتنقل القراءة من ΔV_1 إلى ΔV_2 بالـ p-p وهاي هي $v_{R_1 p-p}$

$$\left[v_{R_1 (rms)}^{eff} = \frac{V_{R_1 P}}{\sqrt{2}} \right] , \left[v_{R_1 P} = \frac{v_{R_1 p-p}}{2} \right]$$

$$\left[I_{R_1 eff} = \frac{V_{R_1 eff}}{R_1} \right] , \left[\theta = 360 f (\Delta T) \right]$$

80 KHz

بحوّل قراءة منه (ΔV_1) إلى (ΔT) بالضغط مطوّل على $\frac{\Delta V}{\Delta T}$ ، ازا كانت القراءة شغالة على ΔV_2 بكبس على $\begin{pmatrix} CHI \\ Autoset \end{pmatrix}$ لأنها ΔV_1

* لحتى أعرض (v_s) و (v_{R_1}) لتنين على الشاشة ؟
CHI, Autoset, CHII, Autoset, DUAL

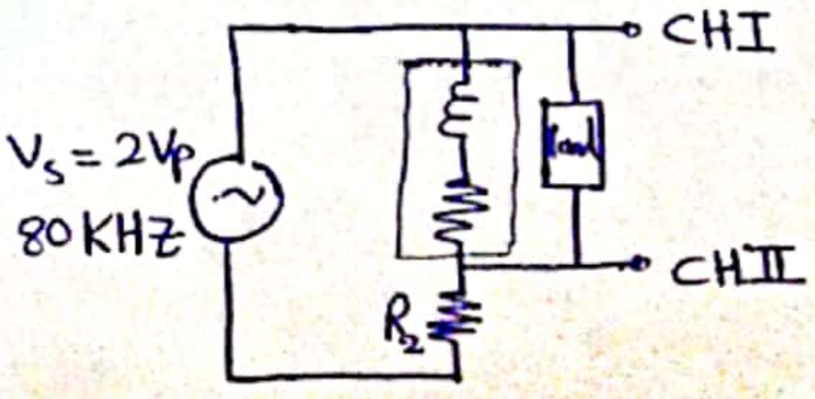
---

* ولحل ($PF = 1$) بهيك المواصفة ، قيمتها مش معروفة بس بقدر أعرف قيمتها من خلال العوامل والآلية من الصفحة السابقة هو ($\theta = 0$)

كمان بنفس الطريقة أعلاه بكشف (v_{R_2})

قوانين نظرية

- $I_{R_2, rms} = \frac{v_{R_2, rms}}{R_2}$ [A]
- $P_{R_2} = I_{R_2 (rms)} v_{R_2 (rms)}$ [W]
- $Q_{R_2} = 0$
- $S_{source} = I_{rms} v_{rms} = I_{R_2 rms} \left(\frac{v_{sp}}{\sqrt{2}} \right)$ [VA]
- $P_L = 0$
- $Q_L = I_{L eff}^2 X_L$



- $Z = \frac{V_{rms}}{I_{rms}} = \frac{V_{s_{peak}}/\sqrt{2}}{I_{Re_{rms}}}$ [Ω]
- $R = Z \cos\theta$
- $X_L = Z \sin\theta$

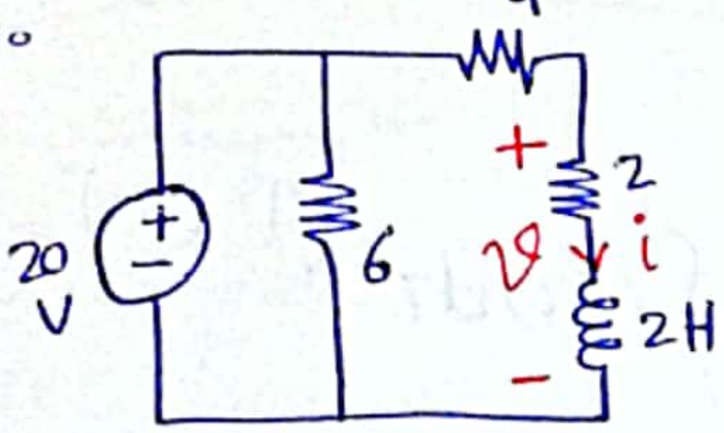
Scanned with CamScanner

Part I

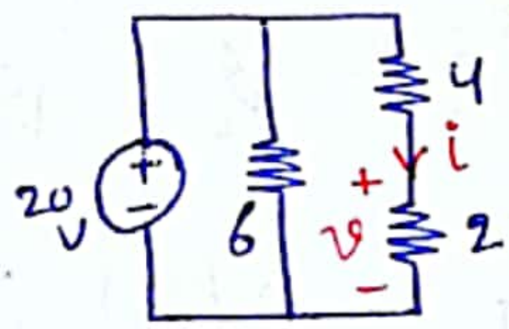
Circuit Lab (Final)

* لما يكون عنّا L أو C مسبوكين مع [DC-source] سيتبدل ويوجد الطالب (L : short CCT, C : open CCT)

Ex :

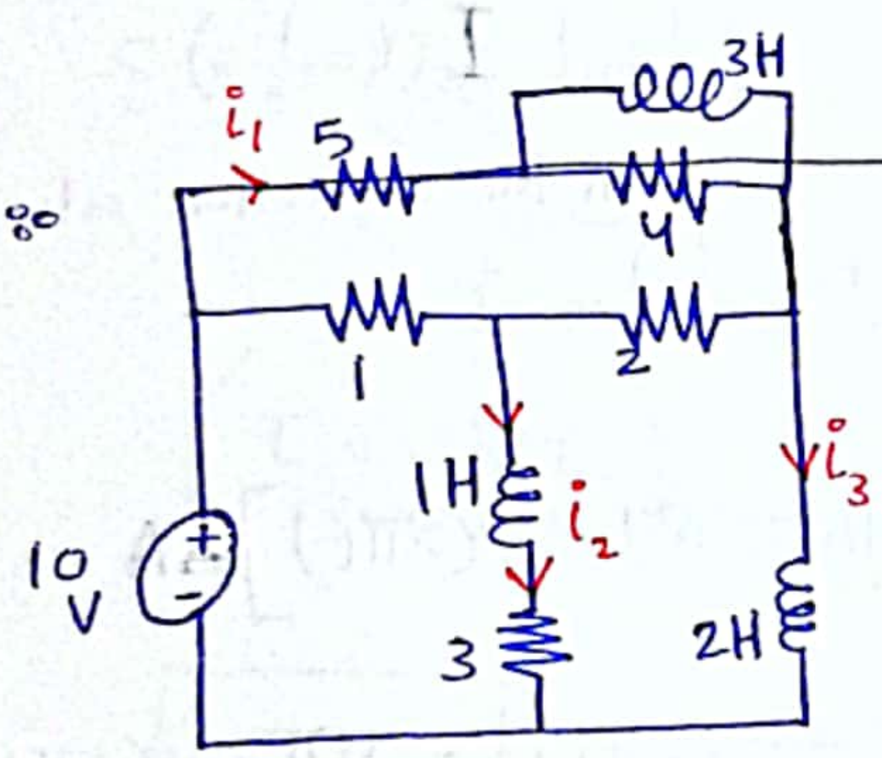


Find (i) and (v) ?

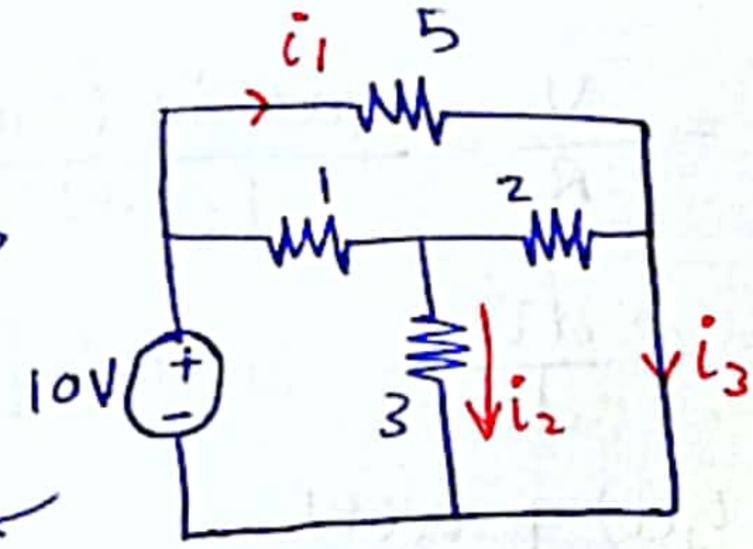


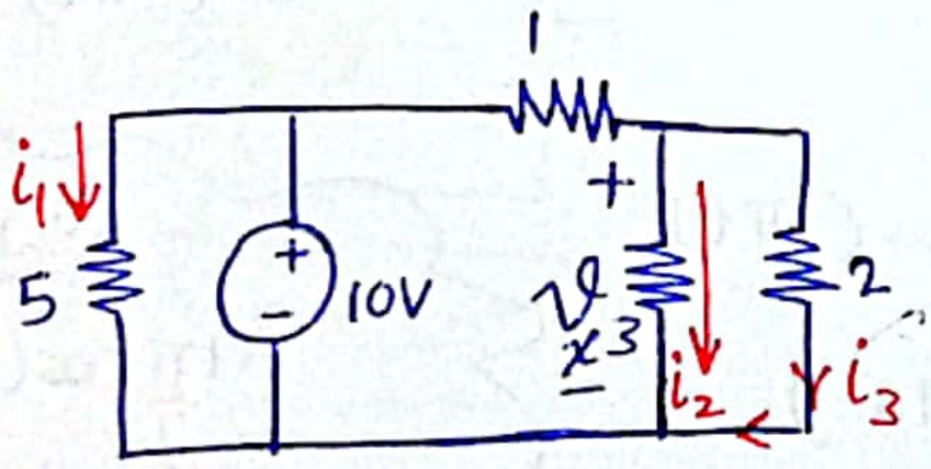
- $v = \frac{(20)(2)}{2+4}$
- $= \frac{40}{6}$
- $i = \frac{20}{z_1} = \frac{40/6}{1} = \frac{20}{6}$

Ex :



Find (i_1) , (i_2) , (i_3) ?





- $i_1 = \frac{10}{5} = 2A$
- $v_x = \frac{10(2//3)}{1+(2//3)} = 5.45\ V$
- $i_2 = \frac{5.45}{3} = 1.82A$
- $i_3 = \frac{5.45}{2} = 2.73A$

Scanned with CamScanner

* L يكون عندي (L) أو (C) موجود مع [AC-Source] بدون switch ←

(*) Inductor (L):

$$i_L = i_L(t_0) + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} V_L(\tau)\,d\tau$$

$$V_L = L\frac{di_L}{dt}$$

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

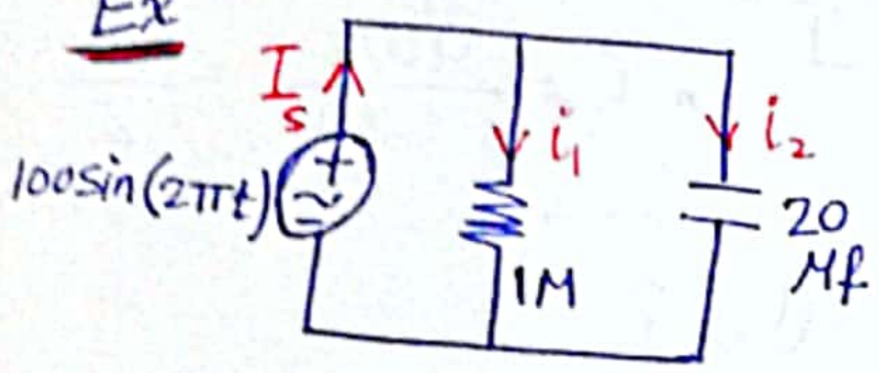
(*) Capacitor (C):

$$i_c = C\frac{dv_c}{dt}$$

$$v_c = v_c(t_0) + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i_c(\tau)\,d\tau$$

$$v_c(t^-) = v_c(t^+)$$

Ex



a) find i_1 , i_2 ? b) find $I_s(t=\frac{1}{3}s)$?

c) energy stored in the capacitor at $(t=\frac{1}{12})$ sec. ?

a) $\Rightarrow i_1 = \frac{V}{R} = \frac{100\sin(2\pi t)}{1(10^6)} = [100(10^{-6})\sin(2\pi t)]$ A

$i_2 = C\frac{dv_c}{dt} = 20(10^{-6})[200\pi\cos(2\pi t)] = 4\pi\cos(2\pi t)$ mA

b) $I_s(t) = i_1(t) + i_2(t)$

$= 10^{-4}\sin(2\pi t) + 4\pi(10^{-3})\cos(2\pi t)$

$I_s(\frac{1}{3}) = 8.66(10^{-5}) + -6.28(10^{-3})$

$= -6.193$ mA

c) $W = \frac{1}{2}Cv_c^2(\frac{1}{12}) = \frac{1}{2}(20\times10^{-6})(100\sin(\frac{2\pi}{12}))^2$

$W = 25$ mJ #

ملاحظة

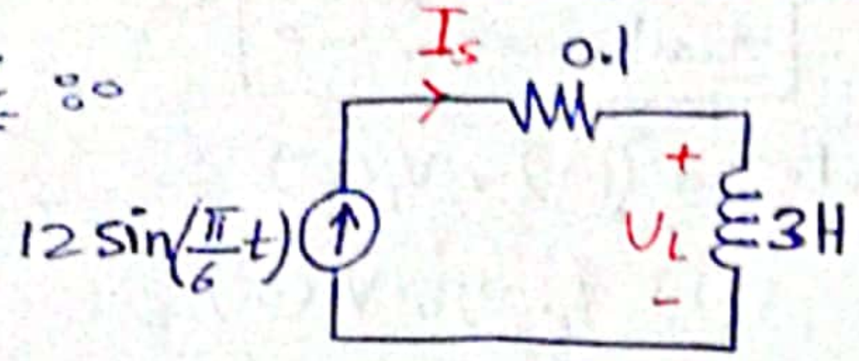
$4\pi\cos(2\pi t)$

بعوض هلها 3.14

180

Scanned with CamScanner

Ex :



Find (v_L) ?

$$\rightarrow v_L = L\frac{di_L}{dt}$$

$$= 3\frac{d[12\sin(\pi/6\, t)]}{dt}$$

$$v_L = \frac{1}{3}\left(\frac{6}{12}\frac{12\pi}{6}\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)\right) = \left[6\pi\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)\right] V$$

Response of RL & RC Circuits ⇒ (L) أو (C) لما تكون مع مصدر ثابت (dc-source) مع سويتش with switch

For $t>0$ (ما بعد سورس)،

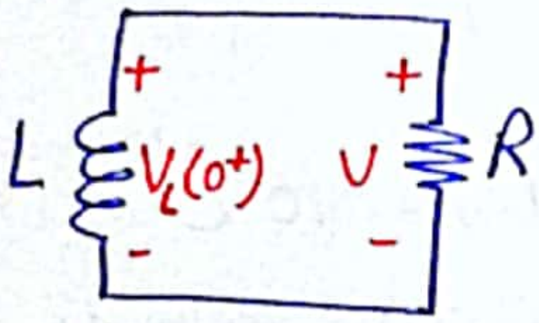
① Free Source ⇝

(RL)

$$x(t) = x(0^+)\, e^{\frac{-1}{\tau}dt}$$

(v ← , I ←)

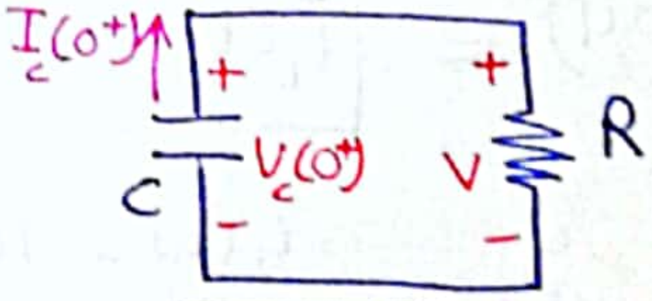
$$\left(\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}}\right)$$



$$V = V_L(0^+)$$

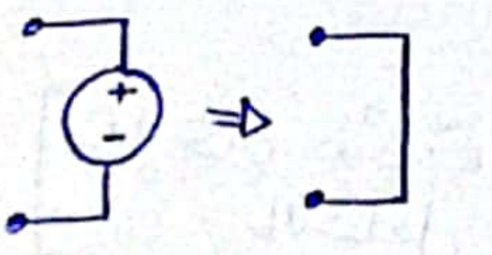
(RC)

$$\left(\tau = R_{eq}C_{eq}\right)$$

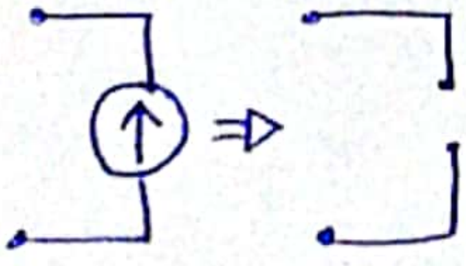


$$v = v_c(0^+)$$

$$I_c(0^+) = \frac{V_c(0^+)}{R}$$



⇐ Kill off بجعل الـ (indep. source) ⇐ R_{eq} منطلع لـ •



1V-test لـ بطبّق (dependent source) ⇐

$$R_{th} = \frac{1}{I_{test}} \equiv R_{eq}$$

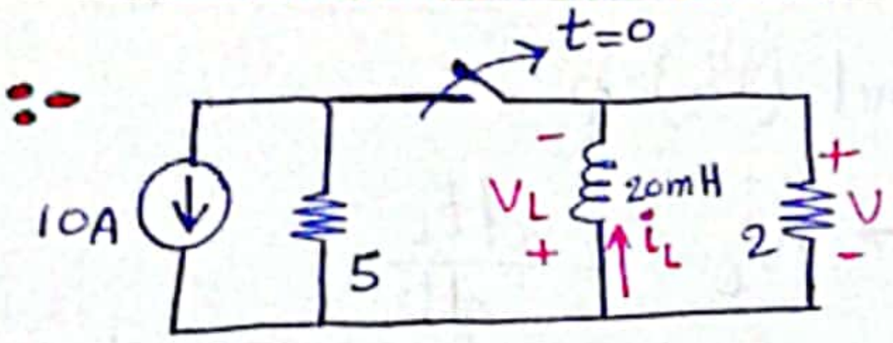
↳ بعد الـ indep

* مع الـ (dep + indep.)

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

Scanned with CamScanner

Ex :-



a) For $t<0$ (المفتاح مسكّر)

[الحث أو المواسعة بشيلهم لأنهم بيكونوا انشحنوا بالكامل لبب ال (DC-Source) المبوكين]

∴

مسكّر بعدين انفتح

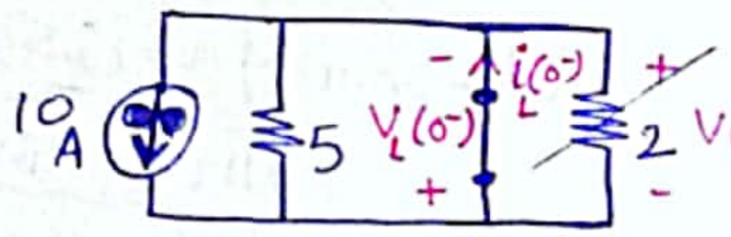
Find: a) $i_L(0^-)$, $V_L(0^-)$?

b) $i_L(0^+)$, $V_L(0^+)$?

c) $V(0^-)$, $V(0^+)$?

d) $i_L(300\mu)$, $V(300\mu)$?

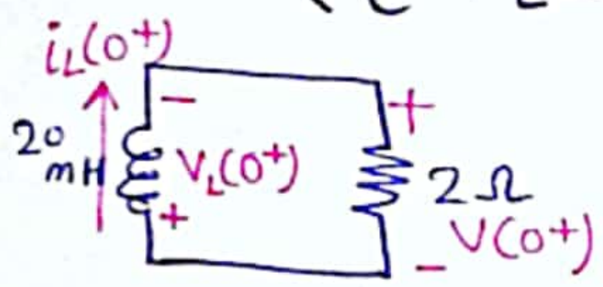
e) the max. energy stored in the inductor ?



$\rightarrow$ $V(0^-) = V_L(0^-) = 0$

$\boxed{i_L(0^-) = i_L(0^+) = 10\,A}$

b) For $t>0$ (المفتاح انفتح)



$V_o(0^+) = i_L(0^+) R \Rightarrow (10)(2) = 20\,V$

$V_L(0^+) = -20\,V$

d) $i_L(300\mu)$ ⇒ $\boxed{i_L(t) = i_L(0^+)\, e^{\frac{-1}{\tau}t}}$, $\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}} = \frac{20(10^{-3})}{2} = 10\,ms$

مسبب ال response لأنو طلب قيمة التيار عند لحظة أعلى من لحظة ال switch وهي $t=0$

$i_L(t) = 10\, e^{-100t}$ $\rightarrow$ $i_L(300\times10^{-6}) = 10\, e^{-100\times300\times10^{-6}}$

$\underline{i_L(300\mu) = 9.704\,A}$

$V(300\mu)$ ⇒ $V(t) = V(0^+)\, e^{-100t}$

$V(t) = 20\, e^{-100t}$ $\rightarrow$ $V(300\mu) = 19.41\,V$

e) $W_{max} = \frac{1}{2} L\, i_L^2(t)$, $t=0$

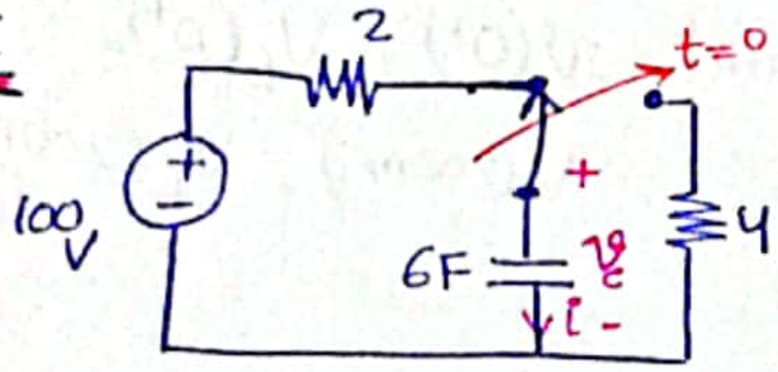
[max. Energy $\rightarrow$ لما كان مشحون بالكامل]

$= \frac{1}{2}(20\times10^{-3})(10)^2$

$= 1\,J$ #

Scanned with CamScanner

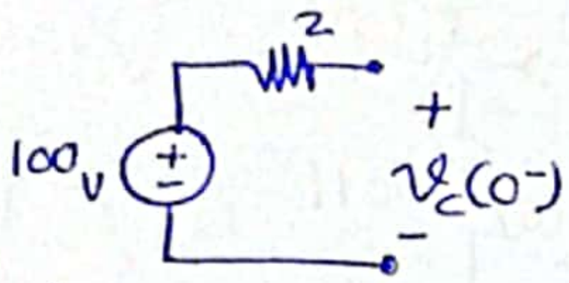
Ex



* Find : $V_c(0^-)$, $V_c(0^+)$, $i_c(0^-)$, $i_c(0^+)$

$V_c(10m)$, $i_c(10m)$?

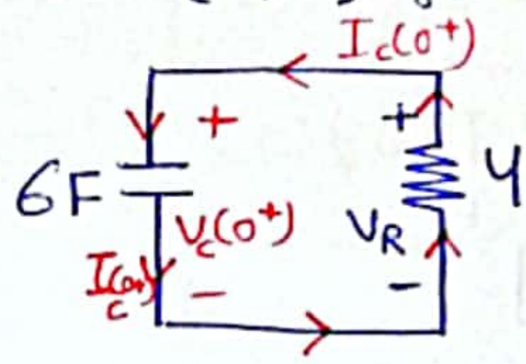
→ for $(t<0)$:



$i_c(0^-) = 0$

$$\boxed{v_c(0^-) = v_c(0^+) = 100\ V}$$

→ For $(t>0)$ ...



$V_R = 100\ V$

$$I_c(0^+) = \frac{-100}{4} = -25\ A$$

to find $v_c(t>0)$, $I_c(t>0)$? We need to find the response, so

* $v_c = v_c(0^+)\, e^{\frac{-1}{\tau}t}$, $(\tau = R_{eq} C_{eq} = 24\ sec.)$

$v_c(t) = 100\, e^{\frac{-1}{24}t}$ → $v_c(10m) \cong 100\ V$

* $I_c(t) = I_c(0^+)\, e^{\frac{-1}{\tau}t}$

$I_c(t) = -25\, e^{\frac{-1}{24}t}$ → $I_c(10m) \cong -25\ A$

⇒ Find the max. energy dissipated in 4Ω resistor?

for $t<0$

$$W_{max} = \frac{1}{2} C v_c^2(0^+)$$

$$= \frac{1}{2}(6)(100)^2$$

$$= 3(10^4)\ J$$

(4Ω: ... max. energy in the capacitor)

⇒ Find the energy dissipated in 4Ω at $(t=10m)$?

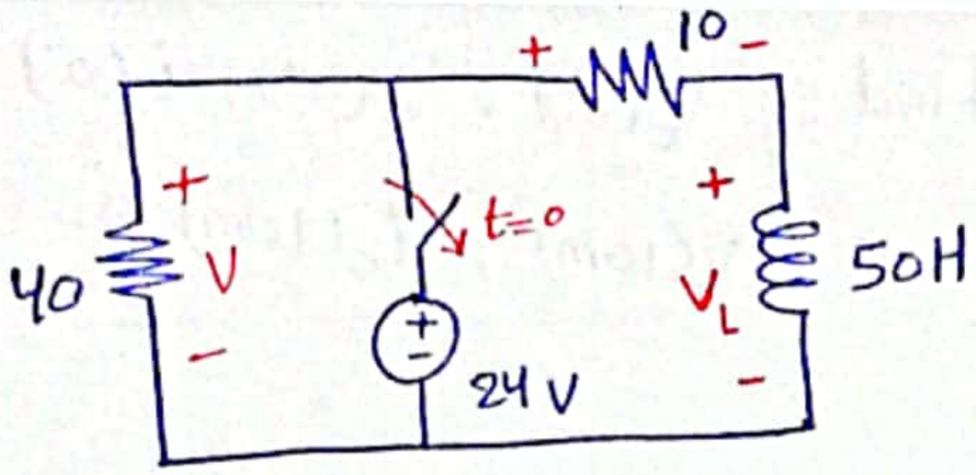
$$W = \frac{1}{2} C v_c^2(10m)$$

$$= \frac{1}{2}(6)(100)^2$$

$$= 3(10^4)\ J$$

Scanned with CamScanner

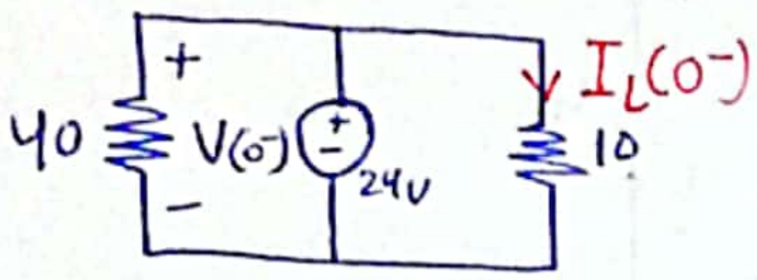
Ex



Find $v(0^+)$, $V_L(0^+)$

$V(200ms)$, $V_L(200ms)$

* For $(t<0)$ ::

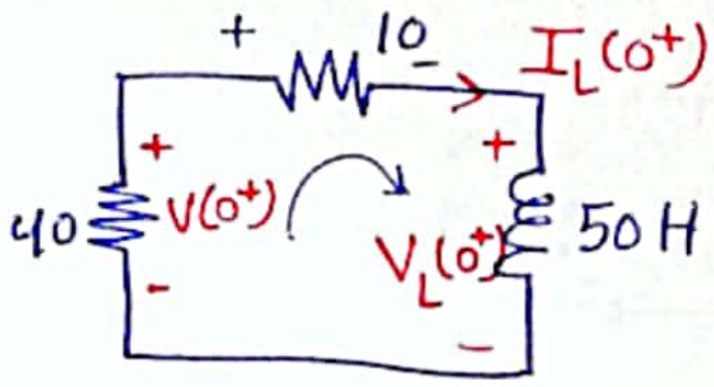


$V_L(0^-) = 0$

$V = 24\,V$

$\boxed{I_L(0^-) = I_L(0^+) = 2.4A}$

* For $(t>0)$ ::



$V(0^+) = (-2.4)(40) = -96\,V$

(KVL) $V_L(0^+) = -(2.4)(10+40)$

$= -120\,V$

* $V(200ms) = -96\,e^{\frac{-1}{\tau}t}$, $\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}} = \frac{50}{50} = 1s$

$= -96\,e^{-200(10^{-3})}$

$= -78.59\,V$

* $V_L(200ms) = -120\,e^{-200(10^{-3})}$

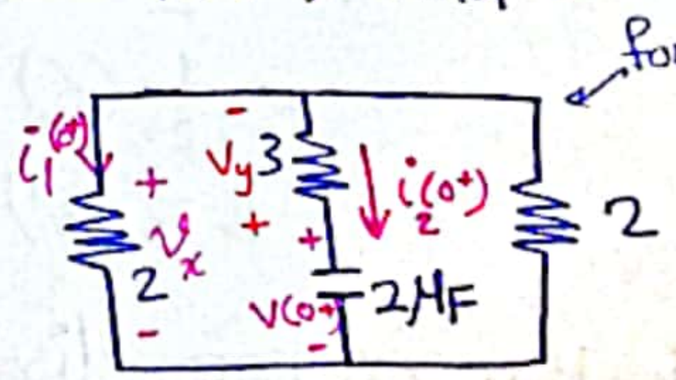
$= -98.25\,V$

Ex The CCT shown below was connected to a DC-Source for a long time. If $v(0^-) = 10V$, find ::

a) $i_1(0^+)$, $i_2(0^+)$?

b) V (for $t>0$) ?

c) i_1 (for $t>0$) ?



$2 \| 2 = 1$

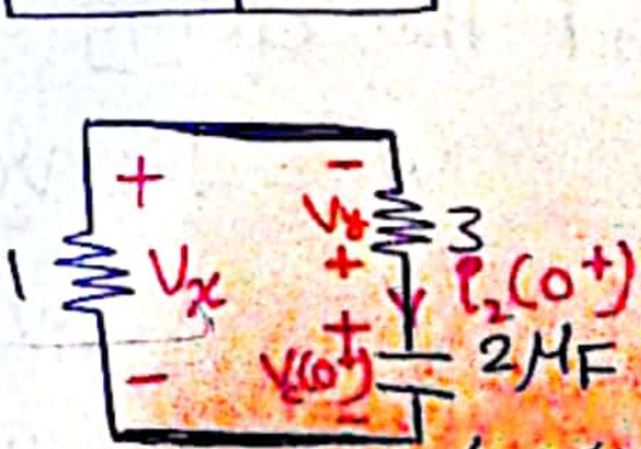
$v(0^+) = V(0^-) = 1$

→ a) $v_x = \frac{(10)(1)}{1+3} = 2.5\,V$

$\boxed{i_1(0^+) = \frac{2.5}{2} = 1.25\,A}$

$\Rightarrow V_y = \frac{-10(3)}{4} = -7.5V$

$i_2(0^+) = \frac{-(-7.5)}{3} = 2.5A$



$\tau = (4)(2*10^{-6})$

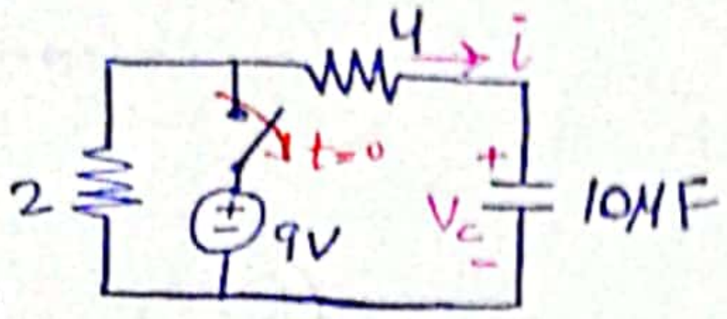
$= 8(10^{-6})s$

b) $V(t) = 10\,e^{(1/8*10^{-6})t} = 10\,e^{-125(10^3)t}$

$i(t) = 1.25\,e^{-125(10^3)t}$

Scanned with CamScanner

Ex :-



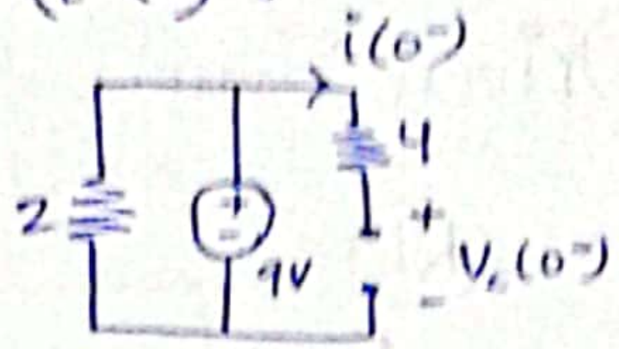
find :

a) $V_c(0^-)$, $i(0^-)$

b) $V_c(0^+)$, $i(0^+)$

c) $V_c(200\mu s)$, $i(200\mu s)$?

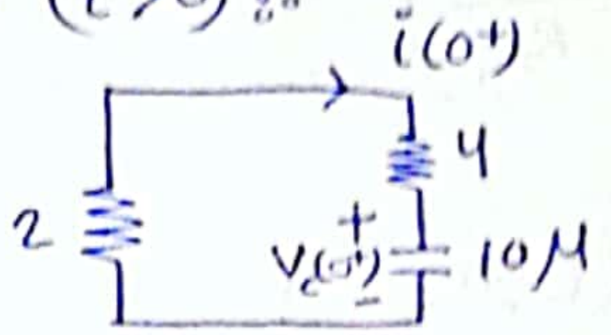
a) * For $(t<0)$:-



$i(0^-) = 0$

$v_c(0^-) = v_c(0^+) = 9V$

b) * For $(t>0)$:-



$v_c(0^+) = 9V$

$i(0^+) = \frac{-9}{6}$

$= -1.5A$

$\tau = 60\mu s$

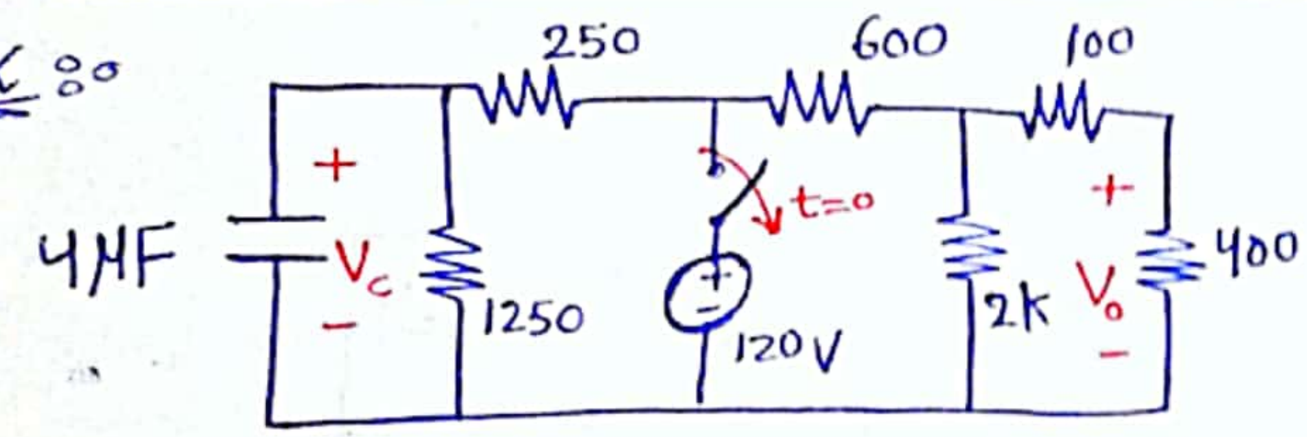
c) $V_c(t) = 9\, e^{\frac{-1}{60\mu} t}$

$v_c(200\mu s) = 0.32V$

$i(200\mu s) = -1.5\, e^{\frac{-1}{60\mu}(200\mu)}$

$\leq -0.05A$

Ex :-

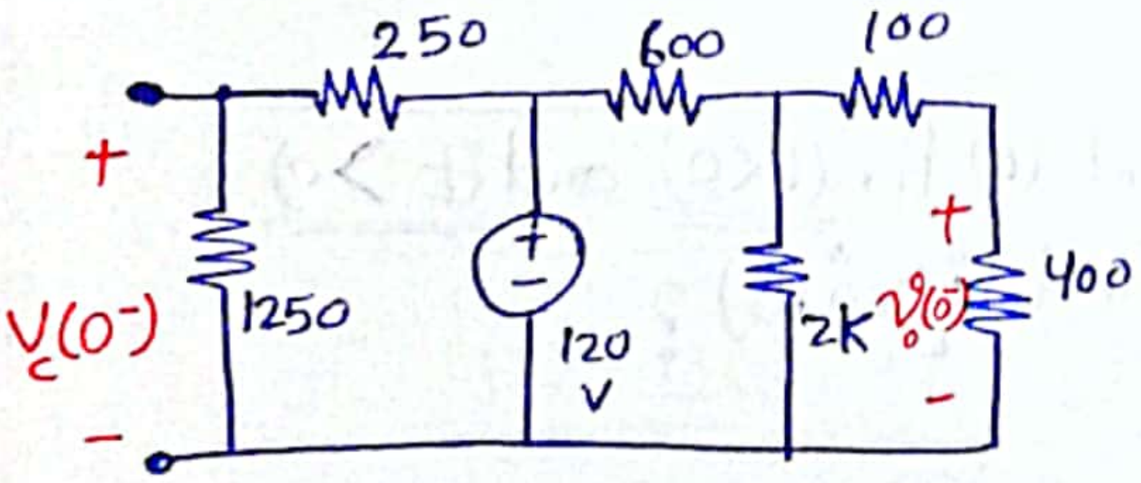


Find :

(v_c) and (v_o) at $(t=0^-)$, $(t=0^+)$

$(t = 1.3\ ms)$?

* For $(t<0)$:-



$100 + 400 = 500$

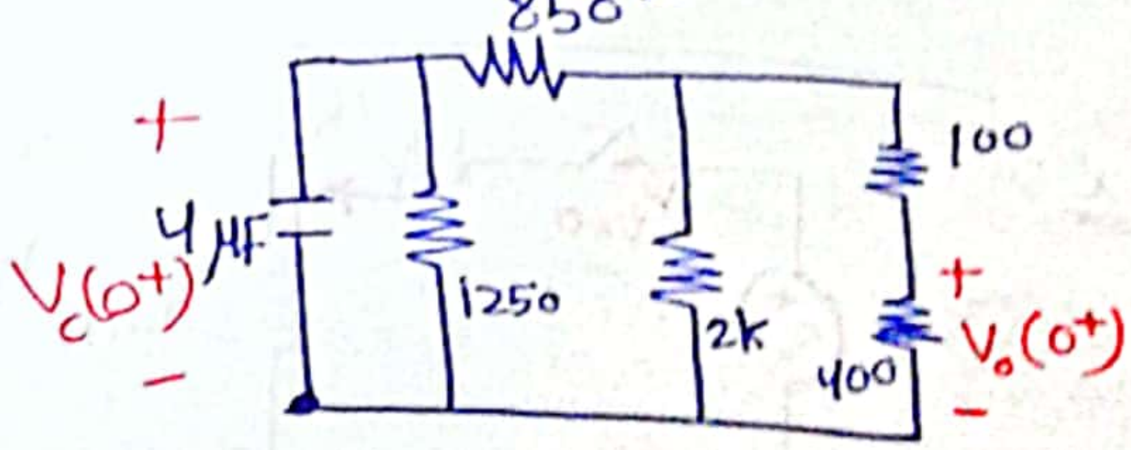
$500 // 2k = 400$

$V_{400\Omega} = \frac{(120)(400)}{400+600} = 48V$

- $v_o(0^-) = \frac{(48)(400)}{100+400} = 38.4V$
- $v_c(0^-) = \frac{(120)(1250)}{1250+250} = 100V$

$v_c(0^-) = v_c(0^+) = 100V$

* For $(t>0)$:-



$400 + 100 = 500$

$500 // 2k = 400$

$v_{400} = \frac{(100)(400)}{400+850} = 32V$

$v_o(0^+) = \frac{(32)(400)}{500} = 25.6V$

* $\tau = R_{eq} C_{eq}$

$= [(400+850) // 1250] \times 4(10^{-6})$

$\tau = 2.5\ ms$ #

Scanned with CamScanner

(2) Driven Source ⟶

(RL) ↳ $x(t) = [x(0^+) - x(\infty)]\, e^{\frac{-1}{\tau}t} + x(\infty)$ ↲ (RC)

$\left(\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}}\right)$ $\left(\tau = R_{eq}C_{eq}\right)$

* For $(t>0)$, ما عندي الحث أو المواسعة لأنو لسه ما انشحنو بالكامل ..

بشيلهم ليس ما أحسب $x(\infty)$ حيث يكون مضى فترة زمنية على الشحن

وحسب ← $i(\infty)$ ← $v(\infty)$

C / L عندي بدونه

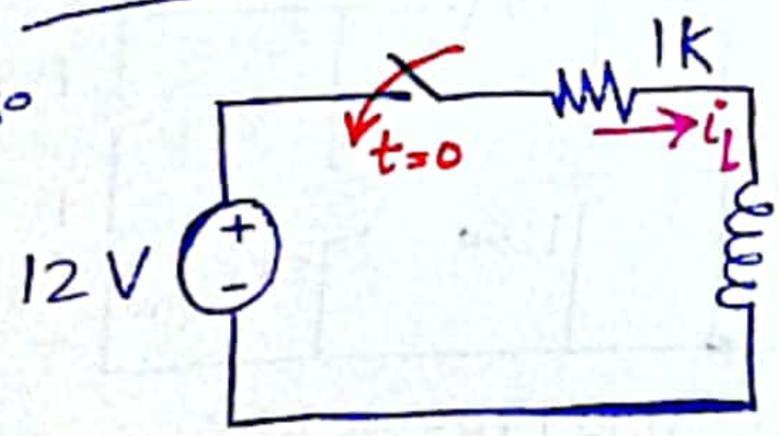
capacitor ↑ ↑ inductor

الفرق بينه ← $t>0$ ، سيركت فيها سورس مع ← المواسعة / الحث

لفتح بعض ↕ بين

$t>\infty$ ← ، سيركت فيها سورس بدونه ← المواسعة / الحث

Ex :



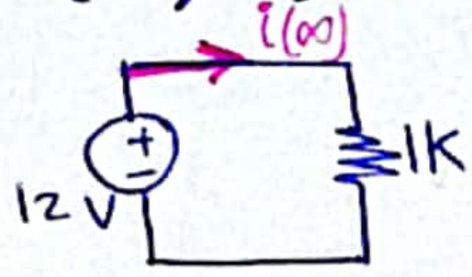
a) * Find (i_L) for $(t<0)$ and $(t>0)$?

b) * Find $i_L(100\mu s)$?

a) for $(t<0)$:

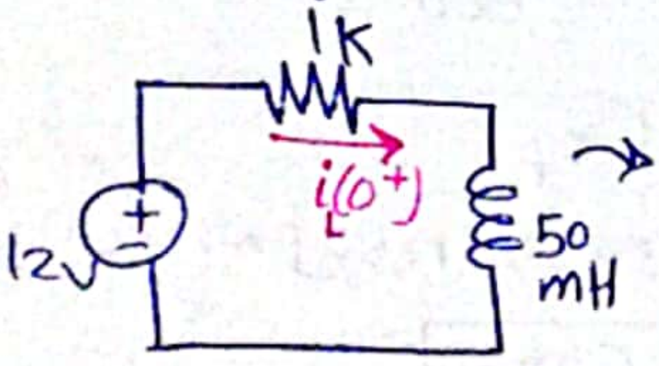
$i_L(0^-) = 0$

* for $(t>\infty)$: ← $x(\infty)$



$i_L(\infty) = \frac{12}{1K} = 12(10^{-3})\ A$

for $(t>0)$:



$\tau = \frac{50(10^{-3})}{10^3}$

$\tau = 50\mu s$

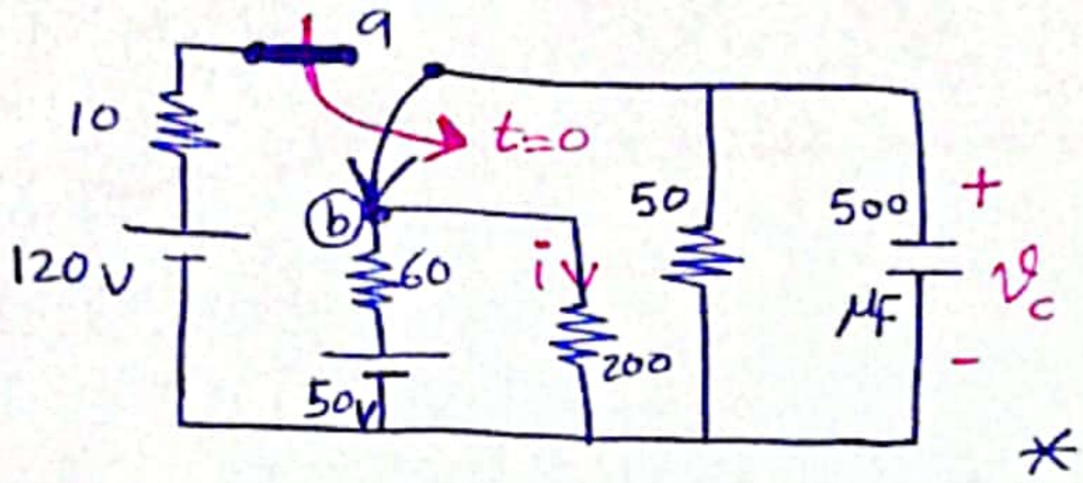
$i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0$

b) $i_L(t) = [i_L(0^+) - i_L(\infty)]\, e^{(-1/\tau)t} + i_L(\infty)$

$i_L(100\mu s) = 10.38\ mA$

Scanned with CamScanner

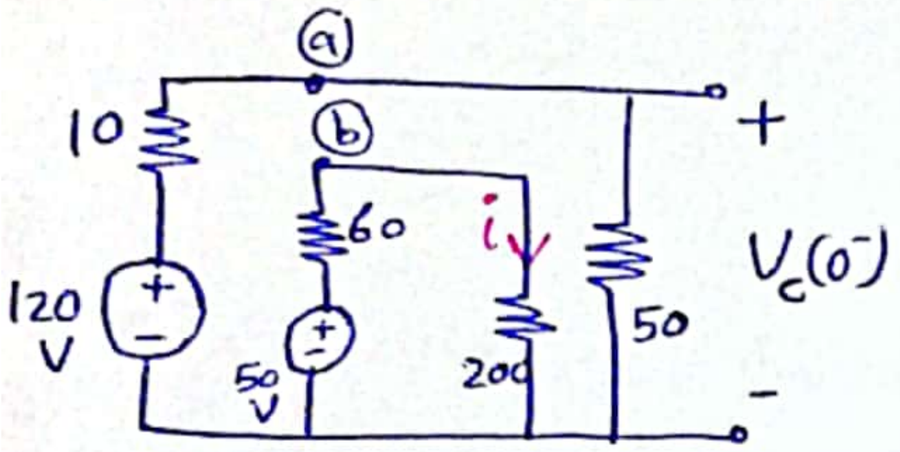
Ex



the switch was connected to the position ⓐ for along time, at t=0 the switch moved to ⓑ.

* Find $[v_c(0^-), v_c(0^+), i(0^-), i(0^+), i_c(0^+), i_c(0^-), v_c(1s), i(1sec)]$?

* For $(t<0) \rightarrow$



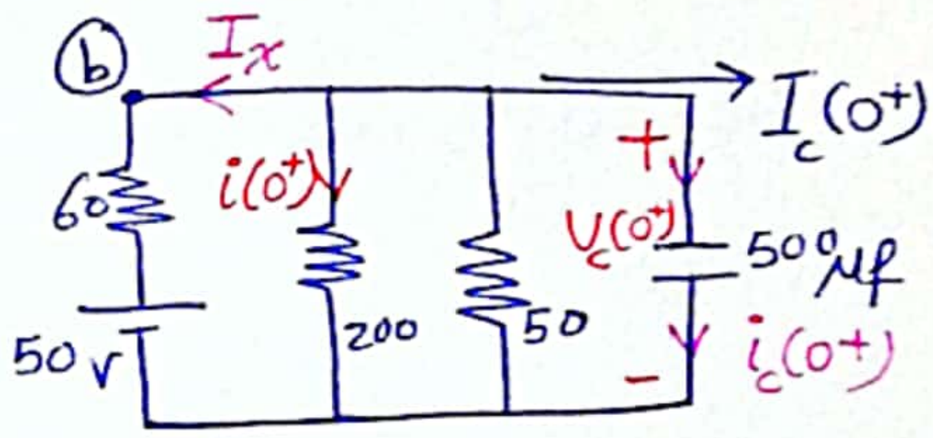
- $v_c(0^-) = \frac{120(50)}{50+10} = 100\,V$

$v_c(0^-) = v_c(0^+) = 100\,V$

- $i(0^-) = \frac{50}{260} = 192.3\,mA$

- $i_c(0^-) = 0$

* For $(t>0) \rightarrow$



$i(0^+) = \frac{100}{200} = 0.5\,A$

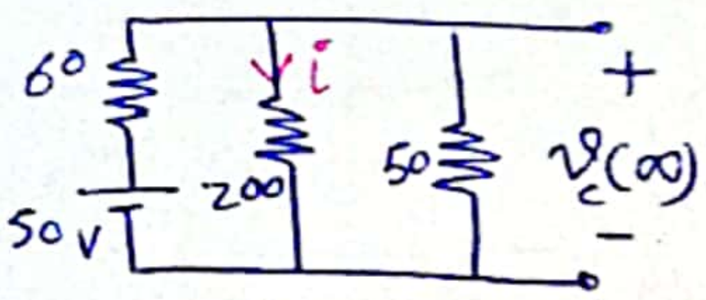
$i_c(0^+) = \frac{100-50}{60} = \frac{5}{6}\,A = I_x$

$\tau = (60//200//50)(500\mu)$

$\tau = 12\,ms$

* For $(t>\infty) \Rightarrow$

$i_c(\infty) = 0$



$50//200 = 40$

$v_c(\infty) = \frac{50(40)}{40+60} = 20\,V$

$i(\infty) = \frac{20}{200} = 0.1\,A$

$v_c(t) = [v_c(0^+) - v_c(\infty)]\, e^{(-1/\tau)t} + v_c(\infty)$

$v_c(1s) = 20\,V$

$i(t) = [i(0^+) - i(\infty)]\, e^{\frac{-1}{\tau}t} + i(\infty)$

$i(1s) = 0.1\,A$

Scanned with CamScanner

Part II — Circuit Lab. (Final)

Basics

- $W = 2\pi f$ [rad/s]

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]}$$

- $\cos(wt) = \sin(wt+90)$ → للتحويل من cos إلى sin

$$\sin(wt) = \cos(wt-90)$$

$$-\sin(wt) = \sin(wt \pm 180)$$

$$-\cos(wt) = \cos(wt \pm 180)$$

$$\mp \sin(wt) = \cos(wt \pm 90)$$

$$\pm \cos(wt) = \cos(wt \pm 90)$$

- لحتى أحدد (lead) و(lag) لازم أوحّد الإشارتين

-ve ← sin ← أو

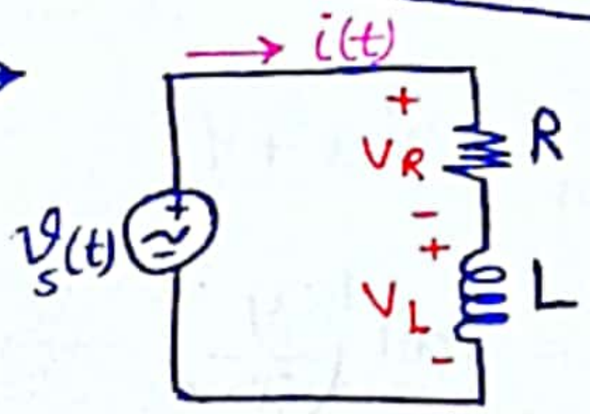
+ve ← cos ← لما لتنين يكونوا

و إلهم نفس الـ(frequency)

Note

بالسيركت اللي بدي أحوّل عناصرها لـ phasor لازم أحوّل صيغة $\underline{V}$ و $\underline{I}$ بدلالة الـ cos(wt) ثم نحول للفيزر

① (RL) Circuit →



$$v_s(t) = v_m \cos(wt)$$

Response

- when (w=0), DC source

$$i = \frac{v_m}{R}$$

$$v(t) = v_m$$

inductor ⇒ Short CCT

"forced Response" لأنوع بدرس الـ

- (v_s) lead (i) by $\theta < 90°$ بسبب وجود الـ R

- when (R=0), pure inductive

(v) lead (I) by $\underline{90°}$

- when (L=0), pure resistive

(v_s) in phase with (i)

$$i = \frac{V_m}{R}\cos(wt)$$

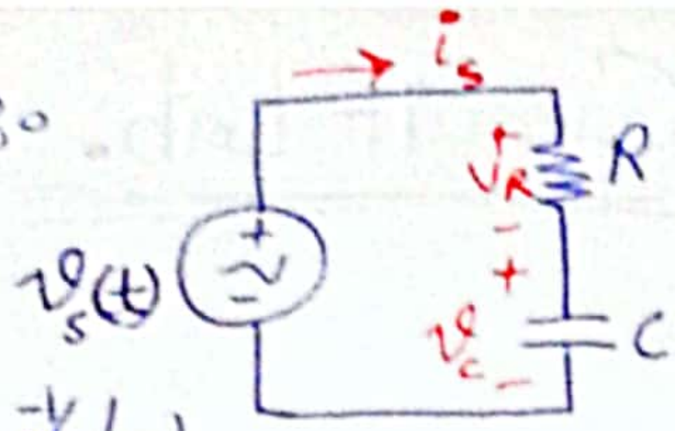
$$= \frac{v_m}{R} \angle 0°$$

$$\Rightarrow i = \frac{v_m}{\sqrt{R^2+(WL)^2}} \boxed{\tan^{-1}\left(\frac{WL}{R}\right)}$$

$$Z_{eq} = R + jWL$$

Scanned with CamScanner

② for (RC) circuit :-



$$i_s = \frac{V_m}{\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{WC}\right)^2}} \Big\lfloor \tan^{-1}\left(\frac{1}{WRC}\right)$$

- $v_s(t) = V_m \cos(wt)$
- (v_s) Lagg (i_s) by $\left(\tan^{-1}\frac{1}{WRC}\right)$
- R=0 , Pure capacitive
  v_s lagg i_s by (90°)

Phasor Relations :-

$$\boxed{Z = \frac{V_s}{I_s}} \Rightarrow \text{Impedence}$$

$$Z_R = R \ (\Omega)$$

$$Z_C = \frac{-J}{WC} \ (\Omega)$$

$$Z_L = JWL \ (\Omega)$$

$$\Rightarrow \left(Z_{eq} = R_{eq} \pm J X_{\substack{L \\ C}}\right)$$

reactance

* pure inductive → V lead I by 90°

inductive Reactance → $X_L = WL$

* pure capacitive → V lagg I by 90°

Capacitive reactance → $X_C = \frac{1}{WC}$

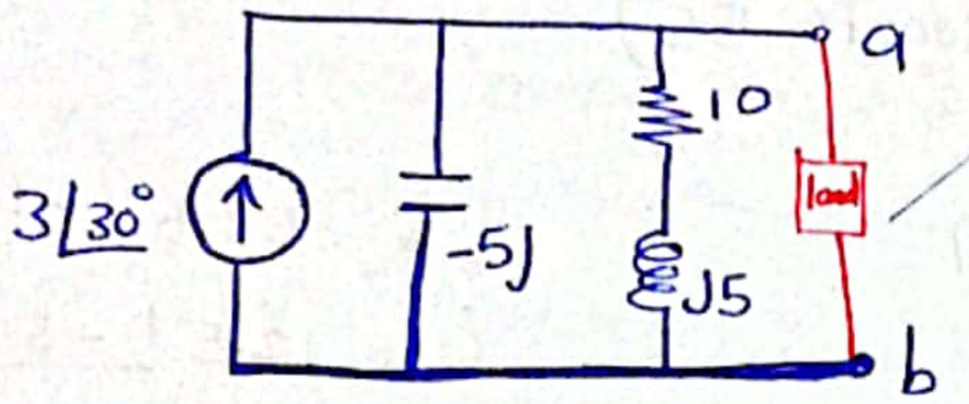
---

* Amplitude → $\frac{V_m}{I_m} = \sqrt{x^2+y^2}$

* phase Angle → $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$

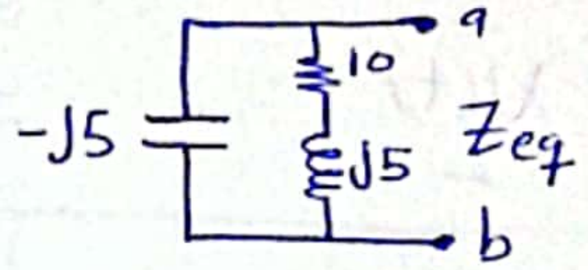
Scanned with CamScanner

Ex Find (Z_{th}) , (V_{th}) , (I_N) ?



① $Z_{th} = Z_{ab} = Z_{eq}$

kill off sources



$Z_{th} = (10+J5) \,//\, -J5$

$= 5.6\angle -63.43^\circ\ \Omega$

$= 2.5 - 5J\ \Omega$

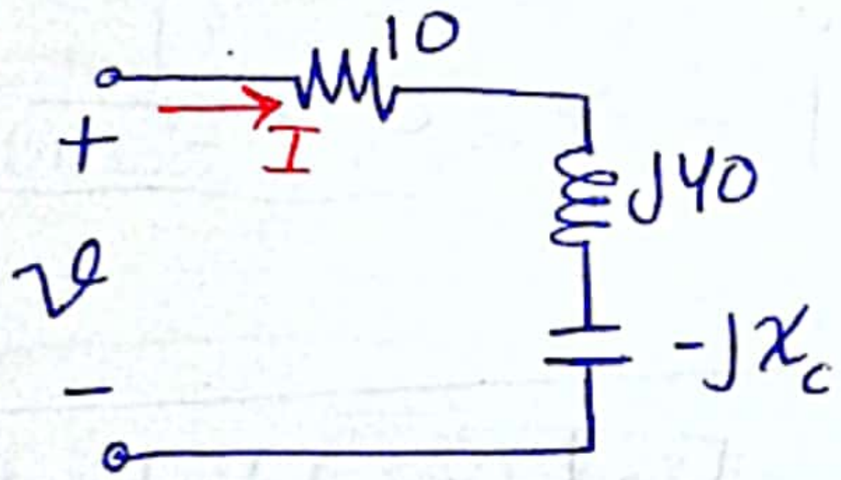
② to find (V_{th}) ∴

$V_{th} = (3\angle 30)(5.6\angle -63.43^\circ)$

$= 16.8\angle -33.43^\circ\ V$

③ $I_N = \dfrac{V_{th}}{Z_{th}} = 3\angle 30^\circ\ A$

Ex If $v = V_m\angle -25$, $I = I_m\angle -70$, find (X_c) ?



$Z_{eq} = \dfrac{V_m}{I_m} = 10 + 40J - JX_c$

$Z_{eq} = \dfrac{V_m}{I_m}\angle 45^\circ = 10 + J(40 - X_c)$

$45 = \tan^{-1}\dfrac{40 - X_c}{10}$

$1 \overset{s}{\cancel{=}} \dfrac{40 - X_c}{10}$

$40 - X_c = 10$

$X_c = 30\ \Omega$

* Find (C) ?

$X_c = \cancel{\omega}\dfrac{1}{\omega C}$

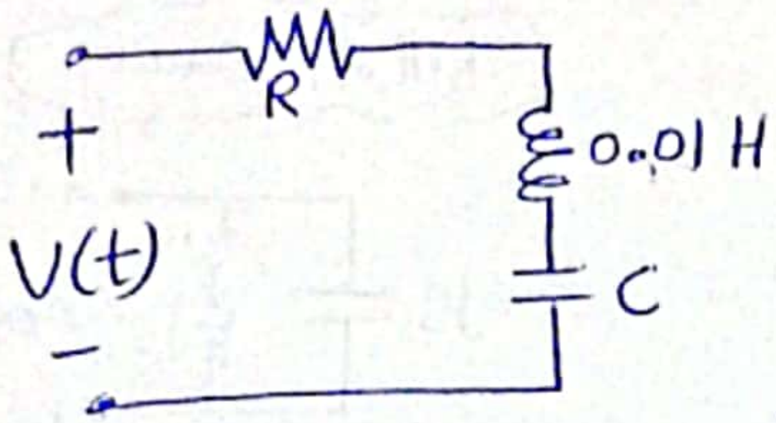
$C = \dfrac{1}{\omega X_c}$

$C = \dfrac{1}{30\omega}$

Scanned with CamScanner

Ex If $v(t) = 353.5 \cos(3000t - 10)$

$i(t) = 12.5 \cos(3000t - 55°)$ find R, C?



$$v_s = 353.5 \angle -10° \text{ V}$$

$$i_s = 12.5 \angle -55° \text{ A}$$

$$Z_{eq} = \frac{353.5 \angle -10}{12.5 \angle -55} = 28.3 \angle 45°$$

$$= 20 + 20j$$

inductive

$(X_L - X_C)$

$X_C - X_L$

$$R = 20\ \Omega$$

$$Z_L = j\omega L = j(3000)(0.01)$$

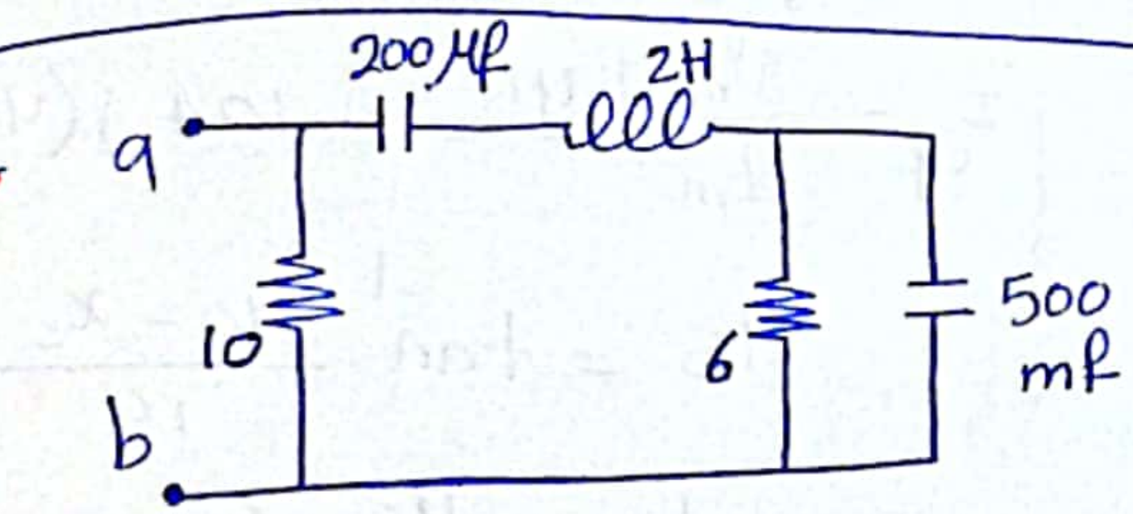
$$Z_L = 30j$$

$$20 + 20j = 20 + (30 - X_C)j$$

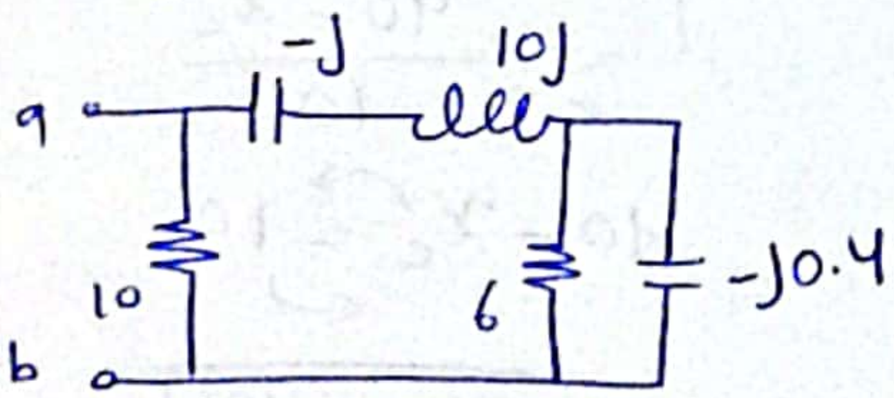
$$30 - X_C = 20$$

$$X_C = 10 \longrightarrow C = \frac{1}{3000(10)} = 33.3\ \mu F$$

Ex



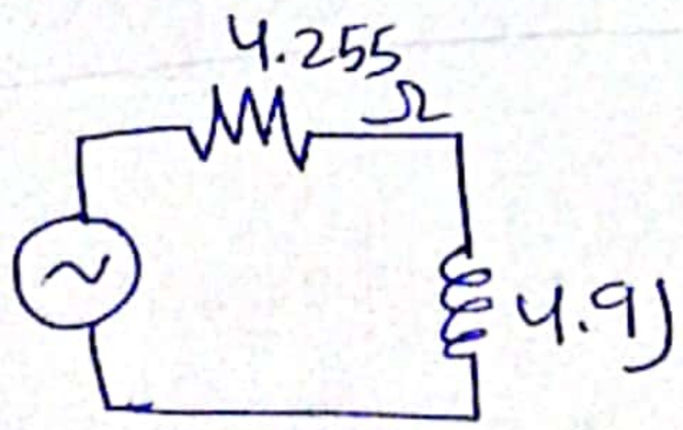
Find (Z_{eq}) between a and b if $\omega = 5$ rad/s ?



$$\left(\left[-0.4j \,//\, 6\right] + 10j - j\right) // \ 10 = Z_{eq}$$

$$Z_{eq} = 6.5 \angle 49.2\ \Omega$$

$$Y = \frac{1}{Z}\ (S)$$



$R_{eq} = 4.255$

$X_{eq} = 4.9$ (inductive reactance)

$\therefore$ V lead I $(\theta < 90°)$

Scanned with CamScanner

Power Analysis →

$$P(t) \equiv \text{Instantaneous power} = \frac{V_m I_m}{2}\cos(\theta-\phi) + \frac{V_m I_m}{2}\cos(2\omega t+\theta+\phi)$$

- Active power (average), (real) →

$$P_{avg} = V_{rms} I_{rms} \cos\theta \quad [W]$$

$\cos\theta = PF$

زاوية الـ impedence (Z_{eq})

$\theta = \beta - \alpha$

- Appearent power →

(P_{app}) $S = V_{rms} I_{rms}$ [VA]

- Reactive power →

$Q = V_{rms} I_{rms} \sin\theta$ [VAR]

$$PF = \frac{P_{avg}}{P_{app}}$$

- Complex power →

$$\vec{S} = P_{app} + jQ$$

---

① For (R) → $PF = 1$ $(P_{avg} = P_{app})$

② For (L) → $PF = 0$, $(\theta - \phi = 90^\circ)$

$P_{avg} = 0$

③ For (C) → $PF = 0$, $(\theta - \phi = -90^\circ)$

$P_{avg} = 0$

[θ : زاوية الفولتج
ϕ : زاوية التيار]

⇒ For RLC , $PF = \cos(\theta - \phi)$ ∴ Z_{eq} (inductive) , lagging PF ← الزاوية موجبة

(capacitive) , leading PF

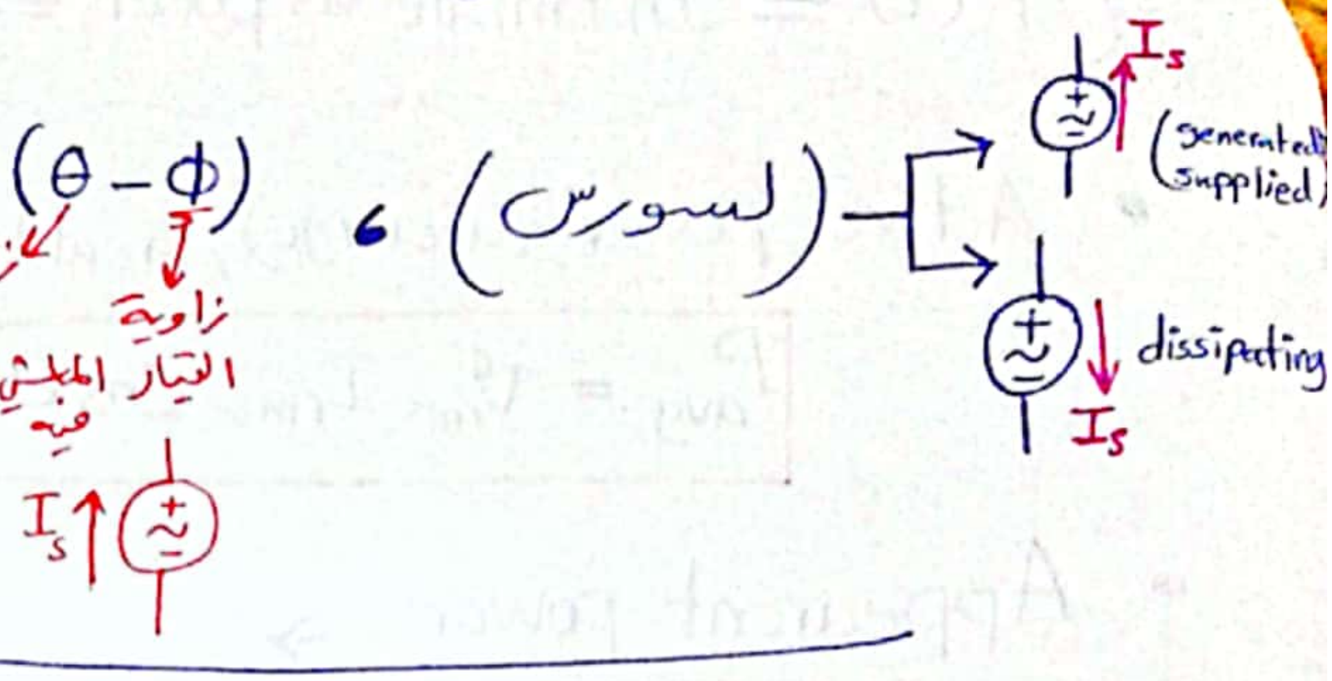
الزاوية سالبة

Scanned with CamScanner

* $P_{avg} = I_{rms}^2 R = \frac{V_{rms}^2}{R}$ (للمقاومة فقط باخذ جهدها لحالها أو التيار المار فيها)

* $P_{avg} = V_{rms} I_{rms} \cos(\theta - \phi)$ ، (للسورس)

زاوية جهد السورس — زاوية التيار المار فيه



⇒ When we using thevenin to find (P_{max}) or (Z_L) :o

$$I_{th} = \frac{V_{th}}{2R_{th}}$$ (Z_{th} بدل R_{th})

$$P_{max} = \frac{V_{th,rms}^2}{4R_{th}} = I_{rms}^2 R_{th}$$

(V_{th}^2 Peak value) (R_{th} بدل Z_{th})

$$\boxed{Z_L = Z_{th}^*}$$ conjugate

---

* لجعل (PF=1) لضيف مواسعة على التوازي مع البور اللي ولّدتها بحيث ستكون عندها :o

$$\boxed{Q_L = Q_C}$$

البور اللي تطلع من المولّد هي (appearent) والموتورات بتستهلك reactive وعالمقاومة بس في (appearent) بدون reactive لأنو بالمقاومة التيار in phase مع الجهد

بينما المقاومة بضيفها على التوالي اللود بحيث الحواس

① ازا ماكانت قيمة L معروفة ←

$$|Z| = \frac{V_{rms}}{I_{rms}} \quad , \quad X_L = R_L \sin\theta$$

$$Req = |Z| \cos\theta$$

$$Q_C = \frac{V_{rms}^2}{X_C} \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

② ازا كانت (L) معروفة بنفس قيمة المواسعة يعني إ

$$\boxed{Q_L = I_{rms}^2 X_L} \quad , X_L = |Z| \sin\theta$$

$$= Q_C = \frac{V_{eff_C}^2}{(X_C)}$$ ؟؟

$$\rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C}$$ ؟؟

Scanned with CamScanner

Ex: a) If ($w = 2000$ rad/s). find the instantaneous value of current at ($t = 1ms$) ?

$$\boxed{I = 20 + j10 \text{ A}}$$

$$I = 22.36 \angle 26.57^\circ \Rightarrow i(t) = 22.36 \cos(2000t + 26.57^\circ)$$

$$I(1m) = -17.42A$$

b) If $v(t) = 2 + 3\cos 100t + 4\cos(100t - 120)$

find $v_{avg} = ?$, $v_{rms} = ?$ $\Rightarrow$ $\boxed{v_{avg} = 2V}$

v_{rms} لكي أطلع
↳ W يجمع إلى بعض نفس
بعد ما أصولهم لـ (phasor)

$$V = 3\angle 0 + 4\angle -120 = 3.6 \angle -73.89^\circ$$

$$v(t) = 2 + 3.6\cos(100t - 73.89)$$

$$\Rightarrow v_{rms} = \sqrt{2^2 + \left(\frac{3.6}{\sqrt{2}}\right)^2} = 3.24\ V_{rms}$$

c) If $v(t) = 6\cos(25t) + 5\sin(30t) + 4$

$$v_{avg} = 4\ V$$

$$v_{rms} = \sqrt{4^2 + \left(\frac{6}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2} = 6.8\ V_{rms}$$

اذا W متشابهة بجمعهم بالبنر بعدين كل وحدة كال تربعها وبعدين بجمعهم وبعدين بكتب الجذر

اذا W مختلفة كل وحدة بتعبيها $\sqrt{2}$ وتربعها وبجمعهم وبكتب الجذر

d) If $v(t) = 6\cos(25t) + 5\sin^2(25t)$

$$v(t) = 6\cos(25t) + \frac{5}{2}(1 - \cos 50t)$$

$$v_{avg} = \frac{5}{2}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\left(\frac{6}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{5}{2}\right)^2 + \left(\frac{5/2}{\sqrt{2}}\right)^2} = 5.23\ V_{rms}$$

e) If $v(t) = 6\cos(25t) + 4\sin(25t + 30)$

$$v(t) = 6\cos(25t) + 4\cos(25t + 30 - 90)$$

$$= 6\angle 0 + 4\angle -60 = 8.717 \angle -9.23$$

v_{avg} so

$$v_{rms} = \sqrt{\left(\frac{8.717}{\sqrt{2}}\right)^2} = 6.17\ V_{rms}$$

Scanned with CamScanner