ElCoM
ELECTRICAL COMPUTER MECHATRONICS

www.elcom-hu.com

دوسية إلكم

تم اعدادها بواسطة:

ميرا الحياصات

خط:

أسماء عرابي

دوسية شرح مادة:

دوائر كهربائية ١

شرح مفصل للمادة
مضافاً إليها أسئلة سنوات

إرادة
ثقة
تغيير

ElCoM ElCoM HU ElCoM

دوائر كهربائية 1

* Electrical Circuits "1" *

* مقدمة لمادة السيركت :-

أحنا رح نركز بهاد الكتاب على التحليل الخطي للسيركت « الدوائر الكهربائية » ، بس هدا لا يعني انه ما في دوائر كهربائية غير خطية مثل أجهزة التلفاز والراديو -- الخ.
ممكن رح تسأل حالك إذن ليش رح ندرس الخطية ؟ والجواب على هاد السؤال انه ما في نظام فيزيائي مثالي بالكون يعني ما بكون خطي بشكل مثالي بس بضل لفترة بسيطة من الزمن والي هي رح ندرسها . وزي ما كلنا بنعرف النظام الخطي اسهل النا بالتحليل والتعامل معه
في عندنا مثل الاقتران التالي : $f(x) = e^x$
بنقدر نقربه لـ : $f(x) \simeq 1 + x$
وأكيد بكون عندنا نسبة خطأ بسيطة ، بس عشان نقدر نفهم الأنظمة بشكل احسن بنخليه خطي.

* تحليل الدوائر الكهربائية الخطية بنقدر نقسمه لأربع أقسام :

1. dc analysis : والي هو رح نتعامل معه بكتاب سيركت "1" ، ويعني انه الطاقة المتولدة من مصدر التيار أو الجهد « current source / voltage source » ما بتتغير مع مرور الوقت .
2. transient analysis : وهون الأشياء بتتغير بشكل سريع.
3. sinosaidal analysis : رح نتعامل معه بمادة سيركت "2" والي بكون فيه (ac power & segnals) والي بنقدر نسميه متردد.
4. frequency responce : والي هو اكثر اشي عام وجامع بين الاربع اقسام بس غالبًا بكون فيه افتراض انه شيء بتغير مع مرور الوقت.

Scanned with CamScanner

دوائر كهربائية 1

رح نبدأ مشوارنا بالسيركت بالدارة اللي بتتكون من مقاومة (resistive ckt) ، عنا مثال عليها ضوء الفلاش أو ال toaster اللي بنحمص فيه الخبز -- الخ .

طبعًا هاد رح خلينا نتعلم عدد من طرق تحليل السيركت القوية مثل:-

1. nodal analysis , تحليل ال nodes « الأعقاد » لايجاد فرق الجهد .
2. mesh analysis , تحليل ال meshes « الشبكات » لايجاد التيار
3. super position
4. source transformation
5. thevinin theorem
6. norton theorem

من بتتعرف عليهم اكثر بعدين

وفي غيرهم متاب نبسط مجموعة عناصر موصولين مع بعض على التوازي « parallel » او على التوالي « series » .

اكثر اشي بميز ال resistive ckt السيركت اللي بكون فيها مقاومات انها dc , يعني اذا بطلب مجموعة مثاليب عند اكثر من زمن بس بنحلل الدارة مرة وحدة .

خلينا نحكي شوي عن الشباتر اللي رح تتغطى بهاي المادة :

- Chapter . 2 : Basic components & electric circuits → العناصر الاساسية بالدوائر الكهربائية
- Chapter . 3 : Voltage & Current laws → قوانين التيار والجهد
- Chapter . 4 : Basic Nodal & Mesh analysis → طرق لتحليل السيركت لتقليل عدد المعادلات

* بالعادة امتحان الفيزيست بكون بجدول ال ٣ شباتر *

Scanned with CamScanner

• Chapter.5: Handy circuit analysis techniques → برضو طرق لتحليل السيركت

* طبعًا لحد شابتر ٥ بنحكي عن الدارات اللي بتتكون من مقاومات.

• Chapter.7: Capacitors & inductors → الحث والمواسعة « وبدنا نعرف فيه العلاقة بين التيار والجهد »

* لحد هون مادة السكند *

• Chapter.8: Basic RL & RC circuits → الدارات اللي بتتكون من مقاومة ومواسع او مقاومة وحث

• Chapter.9: The RLC circuit → الدارات اللي بتتكون من مقاومة ومواسع وحث مع بعض

زي ما كلنا بنعرف ، السيركت او الدارة الكهربائية فيها مكونات أساسية اللي هي :-

١ الأسلاك

٢ مصدر التيار او الجهد اللي رح نتعامل معه بسيركت dc يعني « direct current » بضل ثابت مع مرور الزمن.

٣ العناصر ، واللي هم :

أ- مقاومات « resistors » ، وبرمزلهم R ، —/\/\/\—

ب- مواسعات « capacitors » ، وبرمزلهم C —||—

ج- الحث « inductor » ، وبرمزله L —ooo—

بنبدأ بالمقاومات فقط ، بعدين الدارات اللي بتحتوي على مقاومة ومواسع أو مقاومة وحث ، وآخر اشي مقاومة وحث ومواسع.

Scanned with CamScanner

Chapter.2 Basic Components and Electric Circuits

بتحليل السيركت رح نلاقي حالنا لازم نطلع تيار current أو جهد voltage او طاقة power معينين ، فخلينا نبدا بوصف بسيط لهاي الكميات الفيزيائية بالاضافة للعناصر اللي بنستخدمها عشان نبني سيركت.

رح نبلش نحكي عن المقاومة « resistor » وهو عنصر بسيط ، و رح نحكي عن مصادر الجهد المثالية (sources) إو كان الجهد او التيار .وبس نخلص لقدام شوي رح نضيف عناصر اكتر للدارة عشان نقدر نتعامل مع دوائر كهربائية معقدة اكتر و بنفس الوقت مفيدة اكتر

* نصيحة سريعة قبل ما نبلش:

- ركزوا على مكان اقطاب الجهد «+» و «−»
- وركزوا على اتجاه سهم التيار → ↑ ↓ ←

لانه صدول الشغلتين اكتر اشي بعملوا فرق بين الاجابات الصح و الغلط

Scanned with CamScanner

#(2.1): Units and Scales «الوحدات والمقاييس»

• عشان نقدر نحدد قيمة لازم يكون معنا رقم ووحدة مثل ٣ متر (3 meters)

الأرقام اللي بنستخدمها احنا كلنا بعرفها، بس عشان كلنا بستعمل نفس الوحدات. إذن عندنا نظام عالمي للوحدات international system of units (SI).

خلينا نعرف شوي عن الوحدات اللي فيه:

• length	→ الطول	, meter	m
• mass	→ الكتلة	, kilogram	kg
• time	→ الزمن	, second	s
• electric current	→ التيار الكهربائي	, ampere	A
• electric voltage	→ الجهد الكهربائي	, volt	V
• resistance	→ المقاومة	, ohm	Ω
• energy	→ الطاقة	, joule	J
• power	→ معدل الطاقة	, watt	W

* برضو خلينا نتعرف على بعض الاختصارات للأسس للأساس 10

* tera (T) ⇝ 10^{+12}
* giga (G) ⇝ 10^{9}
* mega (M) ⇝ 10^{6}
* kilo (k) ⇝ 10^{3}
* centi (c) ⇝ 10^{-2}
* milli (m) ⇝ 10^{-3}
* micro (μ) ⇝ 10^{-6}
* nano (n) ⇝ 10^{-9}
* pico (p) ⇝ 10^{-12}

* جدول الاختصارات ضروري نحفظهم لأنه هنشوفهم كتير.

Scanned with CamScanner

طبعاً في عندنا بعض الاختصارات غير المقبولة مثلاً نحكي milli micro second X غلط لانه ما بصير نحط اختصارين مع بعض .

الاختصارات بفيدونا بالسيركت نتعامل مع الأرقام ، خلينا نشوف بعض الأمثلة :

1 بنقدر نبسط (0.048W) ؟

$0.048W = 48\,mW = 4.8\,cW = 48000\,\mu W$

تذكير
* $m = 10^{-3}$, $c = 10^{-2}$, $\mu = 10^{-6}$

2 مين من الخيارات يساوي قيمة (248 nm) ؟

a) 0.0248Mm

b) 0.248Hm

c) 2.48Hm

الاجابة الصحيحة b ← b) $0.248 * 10^{-6}$

بنكبر العدد منصفر الاسس ← بصير؟ $248 * 10^{-9} m = 248\,nm$

3 مين من الخيارات يساوي القيمة (12 ps) ؟ ← $12 * 10^{-12} s$

a) 1.2 ns

b) 120 ns

c) 1200 ns

d) 12000 ns

e) 0.012 ns

* بنصفر العدد بنكبر الاسس
* بنكبر العدد بنصفر الاسس

الاجابة الصحيحة e ← $0.012 * 10^{-9} = 12 * 10^{-3} * 10^{-9} = 12 * 10^{-12} = 12\,ps$

Scanned with CamScanner

(2.2): Charge , Current , Voltage , and Power

الطاقة الجهد التيار الشحنة

خلينا نبلش نحكي عن الشحنة charge ، وهي اهم المفاهيم بتحليل السيركت مبدأ حفظ الشحنة (charge conservation)

وغ عنا نوعين من الشحنة؟

الموجبة « البروتون » والسالبة « الالكترون » ، اختراع ندرس انتقال الالكترون.

لكن عندنا أجهزة أو عناصر مثل البطاريات والاقطاب بكون فيها حركة الشحنة الموجبة مهم عشان نفهم العمليات الداخلية

بس غالبًا العمليات الخارجية بنركز على حركة الالكترون خلال الاسلاك

- الشحنات منتقلها من مكان الى اخر لكن ما بنغير مجموع الشحنات وهو بنسميه حفظ الشحنة.
وحركة الشحنات بنسميها تيار .

* وحدة الـ charge بالنظام العالمي للوحدات؟ coulomb (C)

وبنقدر نحدده من خلال الامبير عن طريق عد الشحنات اللي بتمر خلال مقطع معين خلال فترة زمنية تقدر بثانية واحدة

يعني الـ 1 coulomb بنقيسه عن طريق سلك بمر فيه تيار مقداره (1 أمبير) خلال زمن مقداره (1 ث)

Scanned with CamScanner

* بالنظام العالمي للوحدات SI شحنة الالكترون و البروتون:

1 electron charge = $-1.6 * 10^{-19}$ C

1 proton charge = $1.6 * 10^{-19}$ C

وكمية الشحنة الكلي ما بتتغير مع مرور الوقت بنرمزلها بـ Q .

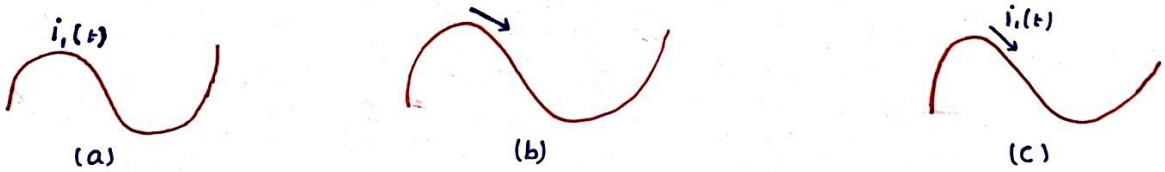
كمية الشحنة الكلي بتتغير مع الوقت (او الشحنة عند لحظة معينة مبدئيا) بنرمزلها بـ q(t) .

* تاني اشي رح نحكي عنه بهاد السكشن الكي هو التيار current , خلينا نتعرف عليه شوي؟

فكرة حركة الشحنات او انتقالها مهم بدراسة السيركت لانه حركة الشحنات من مكان لمكان اخر بولد تيار.

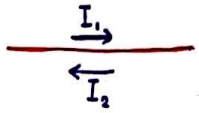
التيار الموجود ع مادة مثل سلك معدني له قيمة واتجاه وهو عبارة عن معدل حركة الشحنات عن نقطة مرجعية باتجاه معين. ويكون له اشارة سالبة اذا كانت الشحنة المتحركة باالاتجاه المرجعي سالبة او شحنة موجبة تتحرك عكس الاتجاه المرجعي.

• ضروري التيار الو مقدار واتجاه مثلاً بالشكل a ما الو معنى لانه محدد بمقدار فقط ، والشكل b برضو ما الو معنى لانه محدد باتجاه فقط ، أما الشكل c صحيح لانه الو مقدار واتجاه.



Scanned with CamScanner

* Example: In the wire shown below. electrons are moving left to right to create a current of 1mA. Determine I_1 & I_2



ans:

بحكيلك بهذا السؤال الإلكترونات بتتحرك من اليسار لليمين لهيك تيار مقداره 1 mA.

∴ إذن التيار اتجاهه ← ومقداره -1 mA ، إذن: $I_1 = \ominus 1\ mA$ & $I_2 = \oplus 1\ mA$

لانه بتحرك بنفس الاتجاه ↳ لانه بتحرك بعكس الاتجاه ↓

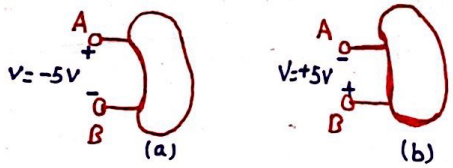
* ثالث اشي رح نحكي عنه بهاد السكشن هو الجهد voltage ، خلينا نتعرف عليه شوي:

هيسا بدنا نبلش نحكي عن العناصر بالسيركت. أحسن اشي نبلش نحكي عنه عشان نقدر نفهم المادة عندنا امثلة على هاي العناصر أو الادوات:

القاطع الكهربائي (Fuse) ، المقاومات (resistors) ، البطاريات (batteries) ، المواسعات (capaci-ors)، ومولدات الكهرباء (generators). بنقدر نمثلهم بدارة كهربائية بسيطة.

• بقاس فرق الجهد بوحدة فولت volt (V) ويعبر عنه برقم وقطب (إشارة)، وعن طريق الرسم يجب تمثيله بزوج من الاشارات الموجبة وسالبة، والاشارات تكون اشارات افتراضية او مرجعية.

خلينا نشوف مثال كيف نطلع اشارات الاقطاب:



من الشكل (a): بنطلع فرق الجهد: $V_a - V_b = -5\ V$

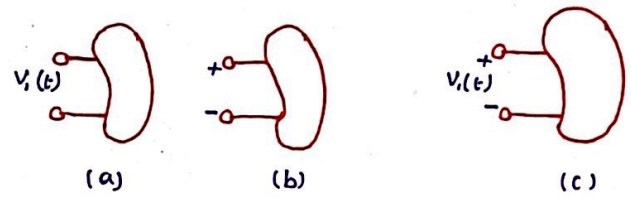
من الشكل (b): بنطلع فرق الجهد: $V_b - V_a = 5\ V$

إذن: بنلاحظ الرسمتين متكافئات وهذا دلالة على انه القطب اللي على الرسمة لا يدل على القطب الفعلي

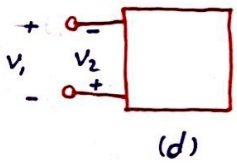
Scanned with CamScanner

* للتأكيد على انه الجهد لا يمثل بمقدار فقط او قطب فقط لاحظ الشكل a & b & c.

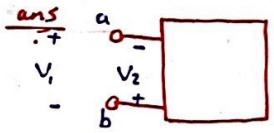
الشكل a غلط لانه ممثل بمقدار فقط ، والشكل b غلط لانه ممثل بأقطاب فقط ، والشكل c صحيح لانه ممثل بمقدار وأقطاب.



*Example: For the element in (d), $V_1 = 17\ V$. Determine V_2



ans



خلينا نسمي النودز عشان توصل الفكرة اكثر

* $V_1 = V_a - V_b = 17\ V$

$V_2 = V_b - V_a = -(V_a - V_b) = -V_1 = -17\ V$

* رابع اشي رح نحكي عنه بهذا السكشن اللي هو الطاقة power ، خلينا نتعرف عليها شوي:

رح نمثل الطاقة (power) بـ P. الطاقة الممتصة (absorbed power)

يجب ان تكون علاقة طردية مع فرق الجهد والتيار $P = VI$

* الطاقة الممتصة من عنصر = $-$ الطاقة المتولدة من العنصر * من مبدأ حفظ الطاقة

* power absorbed = - power generated

Scanned with CamScanner

* في عندنا اشي اسمه sign convention method هذا رح يدلك إذا رح نحط موجب أو سالب بالقانون ، و باختصار بنقدر نحكي بنحط إشارة القطب اللي بفوت فيه التيار . خلينا نفهم هو يعني بمثال .

بهاي الحالة القانون للطاقة المستهلكة فيه موجب ، لانه التيار داخل بالقطب الموجب

$P_{abs} = \oplus IV$

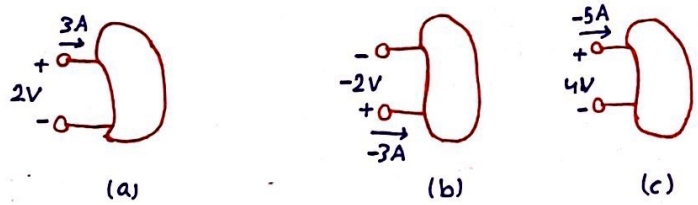
أما بهاي الحالة بنحط اشارة سالبة

$P_{abs} = \ominus IV$

وما ننسى انه الطاقة الناتجة = $\ominus$ الطاقة المستهلكة ☺

$P_{generated} = \ominus P_{absorbed}$

*Example 8 Compute the power (absorbed) by each part



بهذا المثال طالب نحسب الطاقة المستهلكة بكل شكل ans

• خلينا نبلش بـ (a) : تيار قيمته ٣ أمبير داخل بالقطب الموجب إذن رح نحط بقانون P_{abs} إشارة موجبة :

$P_{abs} = +IV = +3*2 = 6W$

Scanned with CamScanner

• نروح لشكل (b) ⇐ تيار قيمته -٣ أمبير داخل بالقطب الموجب إذن رح نحط بقانون P_{abs}

$P_{abs} = +-3 * -2 = 6\,W$

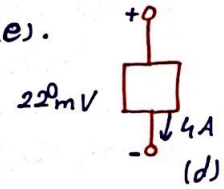
إشارة موجبة ⇐

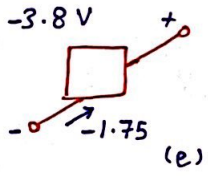
• اخر شي بهاد السؤال بشكل c تيار قيمته -٥ أمبير داخل بالقطب الموجب ⇐

$P_{abs} = +-5 * 4 = -20\,W$

مثال - كما

Determine the power absorbed by element (d) & power generated by element (e).





ans

نبلش بالشكل (d) ⇐ تيار قيمته ٤ أمبير داخل بالقطب الموجب ⇐

$P_{abs} = +IV = +4 * 220 * 10^{-3} = 880\,mW$

بشكل (e) بده الطاقة الناتجة ⇐ إذن رح نطلع P_{abs} وبعدين نوخذ معكوسها ⇐

$P_{abs} = -(-1.75) * -3.8 = -6.65\,W$

$P_{gen} = -P_{abs} = -(-6.65) = +6.65\,W$

Scanned with CamScanner

#(2.3): Voltage and Current Sources "مصادر الجهد والتيار الكهربائي"

* عندنا ٣ تصنيفات للسورسز:

1. حسب نوعه: مصدر التيار او الجهد (current or voltage source)
2. حسب اعتماده على غيره: معتمد على غيره أم غير معتمد على غيره
   independent dependent
3. حسب التيار ثابت مع الزمن أم متغير « (DC) direct current »
   او متغير (متردد) « (AC) alternating current »

وزي ما حكينا قبل رح ندرس الـ dc بالسيركت «١» . خلينا نوقف شو يعني الكلي الي فوق:

1. حسب نوعه: قد يكون مصدر تيار ويكون تمثيله بسهم ومقداره حيث يكون اتجاه السهم هو اتجاه التيار مثل: $i_1(t)$ ↑ $i_2(t)$ → $i_3(t)$ ← $i_4(t)$ ↓

   وقد يكون مصدر للجهد ويمكن تمثيله بالاقطاب — (+ -) $V_1(t)$ — (- +) $V_2(t)$

2. حسب اعتماده على غيره: قد يكون مستقل ويمكن تمثيله بشكل الدائرة —○— وهذا يعني ان قيمته ثابتة بغض النظر عن القيم الاخرى.
   وقد يكون معتمد على غيره ويمكن تمثيله بمعين —◇— ويكون قيمته بدلالة متغير آخر بالدارة.

3. حسب ثبات التيار مع الزمن أم تغيره: قد يكون dc ويمكن تمثيله بسورس عادي حسب التصنيفات السابقة. وقد يكون AC ويمكن تمثيله بسورس يوجد داخله اشارة موجية ~ وهذا يعني انه sinosoidal يتغير مع الزمن، سنتعرف عليه بسيركت "٣".

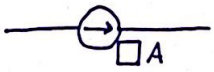
Scanned with CamScanner

* خلينا نشوف مثال عشان توضح الفكرة اكتر:

*Example: Drow the following sources:

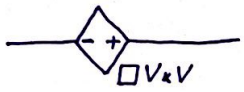
1) Current independent source:-

يحكيلك بالسؤال current يعني تيار منمثله بسهم و independent يعني مستقل بنمثله بدائرة



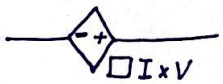
2) Voltage controlled voltage source:-

حسا بالسؤال حا كيلك voltage source يعني بنمثله بالاقطاب و voltage controlled يعني بعتمد على الجهد (depend on voltage) يعني قيمته بتعتمد على قيمة جهد آخر بالدارة و بنمثله بمعين



3) Current- controlled voltage source:- برضو بحكيلك voltage source

يعني مصدر جهد و بنمثله بالاقطاب و current controlled يعني بعتمد على قيمة تيار معين في السيركت و بنمثله بمعين



4) Voltage independent source:-

voltage source يعني مصدر للجهد و بنمثله بالاقطاب، و independent يعني مستقل و بنمثله بدائرة

Scanned with CamScanner

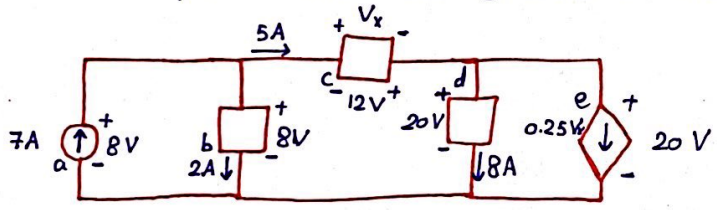
5) Voltage controlled current source :-

current source يعني مصدر تيار و بنمثله بسهم و voltage controlled يعني يعتمد (depend) على الجهد بتكون قيمته بدلالة جهد آخر بالدارة و بنمثله بمعين

6) Current controlled current source :-

current source يعني مصدر تيار بنمثله بسهم ، و current controlled يعني قيمته بتعتمد على قيمة تيار اخر بالدارة و بنمثله بمعين

*Example: Find the power absorbed by each element in the circuit:



ans

طالب منا بالسؤال لـ Pabs بكل عنصر ، خلينا نبدا بعنصر a

a تيار مقداره ٧ أمبير داخل بالقطب السالب إذن بنعوض بقانون لـ Pabs سالب

$P_{abs} = -IV = -7*8 = -56W$

b تيار مقداره ٢ أمبير داخل بالقطب الموجب إذن بنعوض موجب

$P_{abs} = +IV = +2*8 = 16W$

c تيار مقداره ٥ أمبير داخل بالقطب السالب إذن بنعوض سالب

$P_{abs} = -IV = -5*12 = -60W$

Scanned with CamScanner

d تيار مقداره ٨ أمبير داخل بالقطب الموجب إذن بنعوض موجب

$P_{abs} = +IV = +8*20 = 160W$

e تيار مقداره $0.25V_x$ داخل بالقطب الموجب اذن بنعوض موجب بس قبل خلينا نتنبه انه يعني يعتمد على V_x . خلينا نجيب قيمتها من شكل c voltage controlled current source

$P_{abs} = +0.25V_x * 20 = +0.25 * -12 * 20$ و بنعوض زي قبل & $V_x = -12V$

$= -60W$

• هيا معلومة مهمة عشان نتأكد من الحل &

لازم لما نجمع كل P_{abs} يطلع الجواب صفر من مبدأ حفظ الطاقة . خلينا نجرب؟

$P_a + P_b + P_c + P_d + P_e = -56 + 16 - 60 + 160 - 60 = zero$

إذن الحل صح ☺

Scanned with CamScanner

#(2.4): Ohm's law "قانون أوم"

تعرفنا على مصادر الجهد و التيار المعتمدة و غير المعتمدة وحسا بدنا نتعرف ع عنصر جديد بالدارة و اللي هو المقاومة «resistor» و هو ابسط اشي بنقدر ندرسه بالسيركت

طيب عمو أوم بحكيلنا انه الجهد خلال موصل بيتناسب طردياً مع التيار اللي بمشي فيه

$$V \propto I$$

و بس بدنا نحول التناسب لمساواة بطلع عندنا ثابت جديد و اللي بنسميه مقاومة(resistance) وحدتها «فولت/ أمبير» ← V\A ، واللي رح نسميها أوم و بنرمزلها ب Ω

$$*V = IR$$

☺ *طريقة عشان يرسخ القانون بعقلنا تذكروا كلمة fire

أوك عندنا ٣ حالات لقيمة المقاومة R خلينا نتعرف عليهم؟

١ انفتاحي ($R=\infty$) بكون عندنا دارة مفتوحة (open circuit) بنرسمها سلك مقطوع a ○—— ○ b

و بالسلك المقطوع ما بمشي تيار ؛ إذن بكون يساوي صفر ($I=0$) لكن في فرق جهد $V_{ab} = V_a - V_b$

بهاي الحالة ما بنقدر نستخدم قانون اوم عشان نحسب الجهد

٢ صفر ($R=0$) بكون عندنا دارة قصيرة (short circuit) بنرسمها سلك فاضي $\xrightarrow{I}$ a ——— a بالسلك الفاضي مافي فرق جهد $V_a - V_a = 0$ وفي عندنا تيار برضو بهاي الحالة ما بنستخدم قانون عشان نحسب التيار

٣ عدد موجب بين الصفر و لا نهاية ($0 < R < \infty$) بكون عندنا قيمة للمقاومة و بنرسمها بالدارة (—WW—) $\xrightarrow{I_R}$ +V_R− و بنستخدم قانون أوم إذا معطينا V,R عشان نطلع التيار أو معطينا V,I عشان نطلع R

Scanned with CamScanner

وعشان نحسب P_abs بالقيمة (resistor) في الـ 3 قوانين (بس نعوض اوم بالقانون اللي فيه P=IV)

1] $P_{abs} = IV$ 2] $P_{abs} = I^2R$ 3] $P_{abs} = \frac{V^2}{R}$

• كمان ملاحظة على قانون أوم في عندنا (passive sign convention method) يعني متى بنعوض بالقانون موجب ومتى سالب $V = \pm IR$

هنا إذا التيار دخل بالقطب الموجب بنعوض بالقانون موجب $V=IR$ ويكون عنا اللي بقدر نسميه هبوط بالجهد الكهربائي (voltage decrease/drope) زي الشكل (a).

اما إذا دخل بالقطب السالب بنعوض بالقانون سالب $V=-IR$ ويكون عندنا صعود بالجهد الكهربائي (voltage increase) زي الشكل (b)

(a) voltage decrease (b) voltage increase

*Example: The 560 Ω resistor is connected to a circuit which causes a current of 42.4 mA to flow through it. Calculate the voltage across the resistor and the power it is dissipating.

ans: R = 560 Ω

I = 42.4 mA

V = ?!

Pabs = ?!

① $V = IR = 23.7\ V$

تكملة الحل ←

Scanned with CamScanner

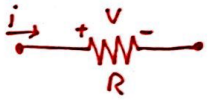
② الطاقة بنقدر نحسبها بـ ٣ طرق:

① $P_{abs} = I^2R = (42.4 * 10^{-3})^2 * 560 = 1.006\ W$

② $P_{abs} = IV = 42.4 * 10^{-3} * 23.7 = 1.004\ W$

③ $P_{abs} = \frac{V^2}{R} = \frac{(23.7)^2}{560} = 1.003\ W$

بنلاحظ انه طلع معنا ٣ اجوبة مختلفة. بالواقع احنا اخذنا ٣ منازل بعد الفاصلة وهاد بأثر على القيم الثانية اللي رح نوجع نحسبها. بهذا المنطق رح يكون في نسبة غلط (تقريبًا 1%)



*Example 8 With reference to a, compute the following:

I) R, if $i = -2\ MA$ & $V = -44\ V$

II) The power absorbed by resistor if $V = 1\ V$ & $R = 2k\Omega$

III) The power absorbed by the resistor if $i = 3\ nA$ & $R = 4.7\ M\Omega$

ans:

I) طالب منا بالفرع الأول المقاومة ومعطينا التيار والجهد، وبنلاحظ التيار داخل بالقطب الموجب بالرحمة إذن بنعوض بقانون أوم استارة موجبة.

$\rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{+-44}{-2} = 22\ M\Omega$

II) بالفرع الثاني بدو الطاقة المحتجة من المقاومة ومعطينا الجهد والمقاومة

$\rightarrow P_{abs} = \frac{V^2}{R} = 500\ MW$

III) بالفرع الأخير برضو بدو الطاقة المحتجة من المقاومة ومعطينا التيار والمقاومة

$\rightarrow P_{abs} = I^2R = 42.3\ PW$

Remember:

$M = 10^6$

$\mu = 10^{-6}$

$P = 10^{-12}$

Scanned with CamScanner

• اخر مفهوم عندنا بهاد الشابتر اللي هو الموصلية (conductance) وهي بتكون مقلوب المقاومة

بحيث انه النسبة بين التيار والجهد ثابتة وبنرمزلها بالرمز G ووحدتها siemens (S) سـ/سـ$^{-1}$ Ω

↓ mho

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

برضو بنقدر نستخدمها بقوانين الطاقة :

$$P = IV = V^2 G = \frac{I^2}{G}$$

Scanned with CamScanner

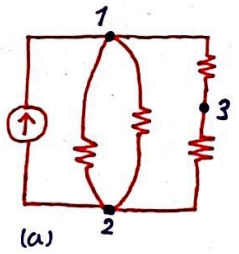
Chapter.3 Voltage and Current laws — قوانين الجهد و التيار

بهاد الشابتر رح نتعلم على قوانين كيرتشوف للجهد (kVL) وللتيار (KCL) و بنقدر نستعملهم لتبسيط السيركت. ورح نتعلم طرق جديدة برضو لتبسيط السيركت بالشابتر الجاي

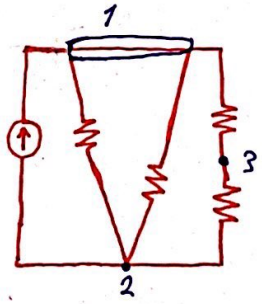
#(3.1): Nodes, Paths, loops, and branches
عُقد مسارات ملفات أفرع

صحيا بدنا نركز على العلاقات بين التيار والجهد الكهربائي بأنظمة بسيطة بتتكون من عنصرين أو ثلاث بالسيركت. العناصر بنربطهم مع بعض بأسلاك (مرات بنسميهم loads)

• النقطة اللي بتجمع بين عنصرين أو أكثر بنسميها عقدة (node) مثل الشكل (a) بحتوي على ٣ عقد (nodes)



• مرات برسموا الدارات بشكل مخربط الطالب ويفكر في أكثر من نود مثل الشكل (b) اللي برضو بتتكون من ٣ نودز.



Scanned with CamScanner

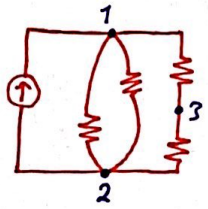
- المسار هو إنك تمشي بالسيركت بحيث انك تمر مرة وحدة عكل نود. «path»
- الحلقة هو إنك تمشي بالسيركت لحد ما ترجع للنود اللي بلشت فيها. «loop»

اذا ماافهمتوا هسا بتفهموا لقدام مع الأمثلة. ☺ هه

مثلاً لما تمشي من نود ١ الى نود ٢ عبر مصدر التيار (current source) بعدين لنود ٣ عبر المقاومة بنسميه path

لكن اذا كملنا (رجعنا) لنود ١ اللي هو بلشنا فيه هيك بصير عندنا loop

- اخر اشي بدنا نحكي عنه الفرع branch هو انك تو خذ عنصر بالسيركت و النودين اللي بنهاية العنصر



Scanned with CamScanner

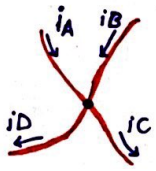
#(3.2): Kirchhoff's Current law «قانون كيرتشوف للتيار»

ينص قانون كيرتشوف للتيار والذي بنقدر نسميه (KCL) على:

"المجموع الجبري للتيارات الداخلة في النود تساوي صفر"

وهذا القانون بدل على انه النود ما بنقدر نحكي عنه عنصر بالدارة و بالتالي ما بقدر تخزن، يستهلك او يولد شحنة وبالتالي التيارات في النود تساوي صفر

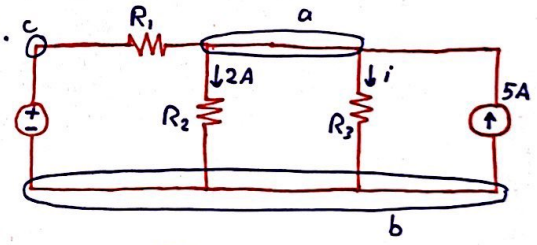
مثل الرسمة (a) بنقدر نحكي التيار فيها:



$$iA + iB = iC + iD$$

"التيارات الخارجة = التيارات الداخلة"

Example: For the current in (a), compute the current through the resistor R_3. if it is known that the voltage source supplies a current of 3A.



(a)

ans

طلب بالسؤال منا نطلع التيار (i) اللي بمر بـ R_3

و بحكيلنا انه التيار المتولد من مصدر الجهد الكهربائي voltage source

يساوي ٣ أمبير

قبل ما نطلع قيمة i خلينا نعرف كيف نحكم اتجاه التيار المتولد من السورس. بكل بساطة خطوا راس السهم مكان

الـ ⊕ والذيل مكان الـ ⊖ إذن اتجاهه بصير داخل بالنود

هيسا بدنا نطبق قانون كيرتشوف بنلاحظ انه الدارة فيها

٣ نودز بس احنا بنهتم بـ c اللي هيه A & B كانه النود

ما بنستفيد منها كتير د التيار اللي داخل فيها هو نفسه اللي خارج منها.

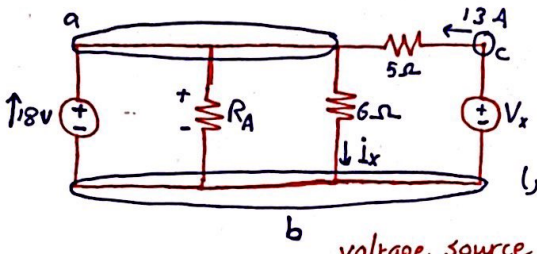
$$I_{in} = I_{out}$$

$$3 + 5 = i + 2$$

$$\boxed{i = 6\ A}$$

Scanned with CamScanner

Example: Count the number of branches and nodes in the circuit in (a). if $i_x = 3A$ and the 18V source delivers 8A of current. What is the value of R_A?



ans:

اول اشي طالبه السؤال نعد كم برانش ونود بالسيركت، منلاحظ انه السيركت فيها ٣ نودز و ٥ برانشز (نفس عدد العناصر) وطالب منا نطلع قيمة R_A ، بنلاحظ انه وهنا الجهد صار voltage source $V_{ab} = 18V = V_{RA}$ بضل علينا نطلع التيار عشان نطبق بقانون أوم.

بنطلع التيار عن طريق الـ KCL على نود a (بنقدر كمان نستعمل نود b كل الطرق تؤدي الى روما) نتذكر شو حكينا عن اتجاه التيار بالفولتج سورس ↑⊕

$I_{in} = I_{out}$

$8 + 13 = i_x + i_{RA}$ ⇝ $8 + 13 = 3 + i_{RA}$ ⇝ $\boxed{i_{RA} = 18A}$

• طبعاً اتجاه التيار بالـ resistor رح يكون عكس السورس لما يكونوا على توازي (نفس فرق الجهد) بحيث السورس بولد تيار اما الرزستور بمتص (بستهلك) تيار.

المهم نكمل صار معنا التيار والجهد بنقدر نطبق على قانون أوم.

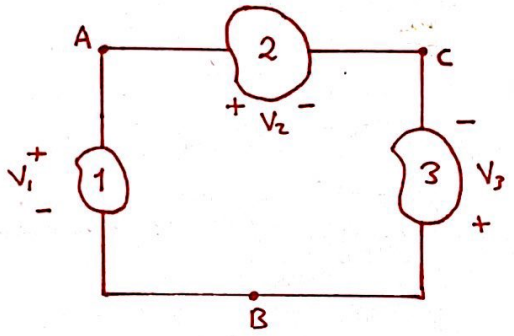
$R_A = \frac{V}{I} = \frac{18}{18} = 1\Omega$

Scanned with CamScanner

#(3.3): Kirchhoff's Voltage law "قانون كيرتشوف للجهد الكهربائي"

ينص قانون كيرتشوف للجهد الكهربائي والذي يسمى KVL على:

"المجموع الجبري للجهد الكهربائي خلال اي مسار مغلق يساوي صفر"



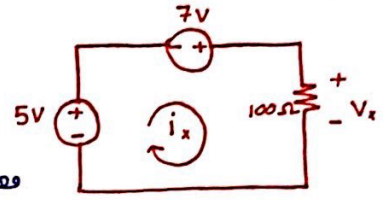
في الشكل أعلاه، إذا بنحمل شحنة مقدارها 1 كولوم من A الى B خلال عنصر "1" حيث يكون القطبية على طرفيه V_1 (فرق الجهد). حسب ما نختار مسار ثاني من A الى B مروراً بالنود C حيث بتكون القطبية او فرق الجهد بين طرفيه $(V_2 - V_3)$. لكن الشغل مستقل عن المسار في السيركت. يعني الشغل بالحالة بنقدر نكتب: $V_1 = V_2 - V_3$

وتطبيقاً على قانون كيرتشوف الذي ينص على: $\sum V = 0$

بنقدر نكتب: $-V_1 + V_2 - V_3 = 0$

Scanned with CamScanner

* Example: In the circuit of (a) find V_x & i_x



معطينا سركت بالسؤال وطالب منا V_x و i_x

خلينا نعمل KVL على اللوب:

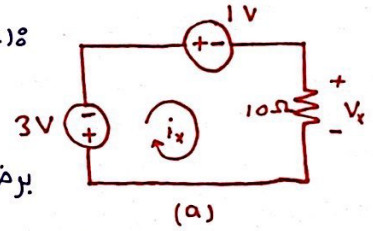
$$-5 - 7 + V_x = 0$$

$$\boxed{V_x = 12\ V}$$

اذ صيك صار معنا الفولتية والمقاومة بنقدر نحسب i_x على قانون أوم:

$$i_x = \frac{12}{100} = 120 * 10^{-3} = 120\ mA$$

* Example: Determine i_x and V_x in the circuit (a):



(a)

برضو معطينا سركت خلينا نحلها اول شي

بدنا نعمل KVL عشان نطلع V_x:

$$3 + 1 + V_x = 0$$

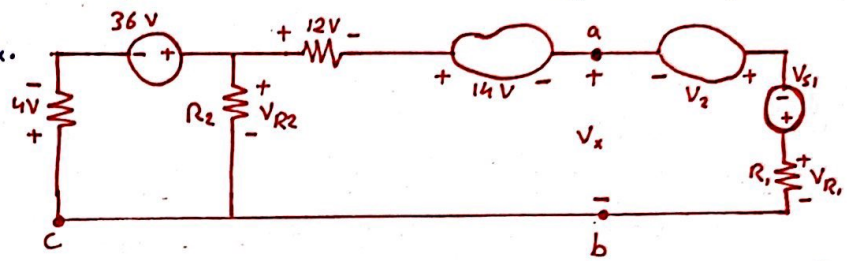
$$\boxed{V_x = -4\ V}$$

هيسا صار معنا فولتية و مقاومة منستعمل قانون اوم عشان نطلع i_x:

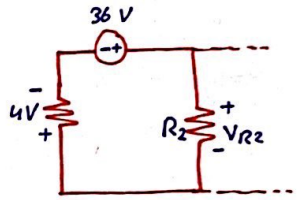
$$i_x = \frac{V_x}{R} = \frac{-4}{10} = -400 * 10^{-3} = -400\ mA$$

Scanned with CamScanner

*Example: In the circuit (d) there are eight circuit elements. Find V_{R_2} (the voltage across R_2) & the voltage labled V_x.



معطينا سيركت فيها ٨ عناصر وبده نطلع V_{R2} وبنقدر نطلعه من خلال الloop:

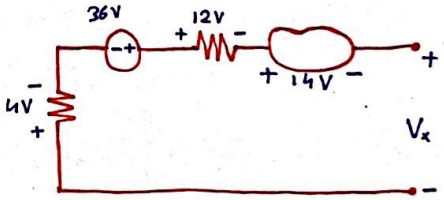


KVL \ loop: $4 - 36 + V_{R2} = 0$

$$V_{R2} = 32\,V$$

هيسا بنقدر نطلع V_x د، منعمل KVL عندنا خيارين (بس يفضل نستعمل فولتج العطية من السؤال)

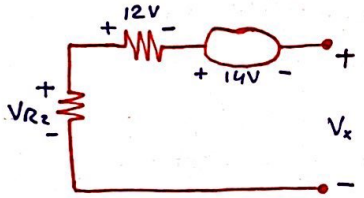
[1]



$4 - 36 + 12 + 14 + V_x = 0$

$V_x = 6\,V$

[2]

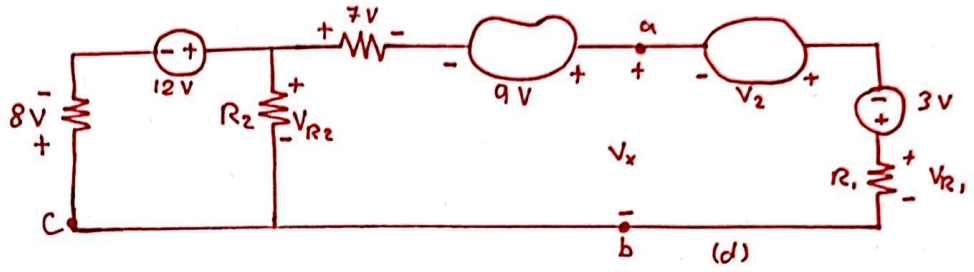


$-V_{R2} + 12 + 14 + V_x = 0$

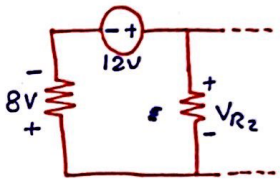
$-32 + 12 + 14 + V_x = 0 \rightarrow V_x = 6\,V$

Scanned with CamScanner

* Example: For the circuit (d), determine (a) V_{R2} , (b) V_2 . If $V_{R_1} = 1V$.



(a) معطينا سيركت اول شي بنستعمل KVL عشان نطلع V_{R2} خلال اللوب:

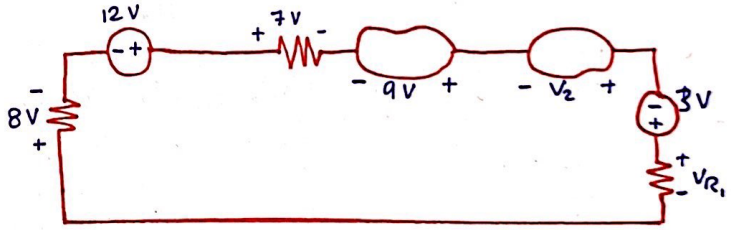


KVL\ loop:

$$8 - 12 + V_{R2} = 0$$

$$\boxed{V_{R2} = 4\,V}$$

(b) عشان نطلع V_{R2} عندنا خيارين ، عكس نوخذ اللوب الكبيرة



KVL\ loop:

$$8 - 12 + 7 - 9 - V_2 - 3 + V_{R_1} = 0$$

$$8 - 12 + 7 - 9 - V_2 - 3 + 1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_2 = -8\,V}$$

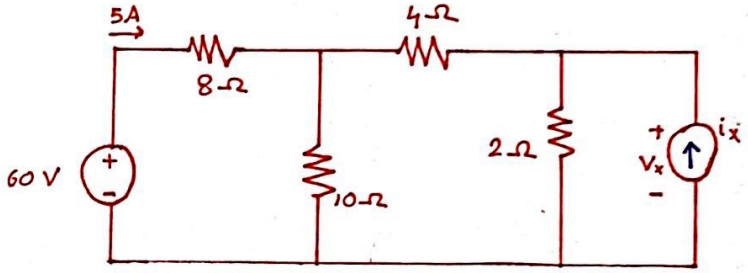
و بنقدر نستعمل اللوب اللي فيه V_{R2} (بس كمان مرة يفضل ما نستعمل اشي حسبناه بالامتحان عشان اذا غلط شي غلط كل)

و عكس هالأ نحسب V_x ونوخذ اللوب الصغيرة « بس صيك بنطول بالحل »

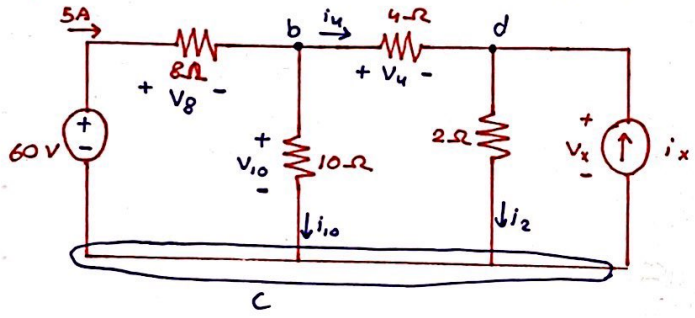
وبس كونوا اذكياء باختيار اللوب.

Scanned with CamScanner

* Examples Determine V_x in the circuit of (a)



ans خلينا اول اشي نحل السيركت ونحط تيارات وفو لتجز عالعناصر عشان نعرف نتعامل معها



هيدا اول اشي ممكن نحطه ع بالنا نعمل kCL عالجهة اليمين من السيركت

$$i_{in} = i_{out}$$

$$i_4 + i_x = i_2$$

بس هيك عنا كلشي مجاهيل إذن بنبدا الشغل من جهة المجاهيل المعلومة (الجهة اليسار)

إذن بنعمل kVL عشان نطلع V_{10} :

$$-60 + 8*5 + V_{10} = 0 \quad \rightsquigarrow \quad \boxed{V_{10} = 20\ V}$$

هيدا منطلع i_{10} على قانون أوم:

$$i_{10} = \frac{V_{10}}{R} = \frac{20}{10} = 2A$$

بعدين بنعمل kCL على نود c عشان نطلع i_4 ومنه بنطلع V_4 عقانون اوم.

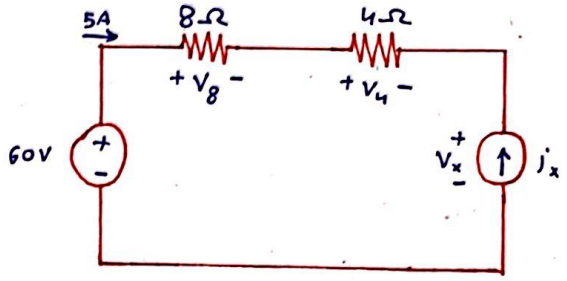
kCL\b : $i_{in} = i_{out}$

$$5 = 2 + i_4 \quad \rightsquigarrow \quad \boxed{i_4 = 3\ A}$$

$$V_4 = i_4 * R = 3*4 = 12\ V\ *$$

Scanned with CamScanner

هسا بنعمل KVL عشان نطلع V_x على السوبة:

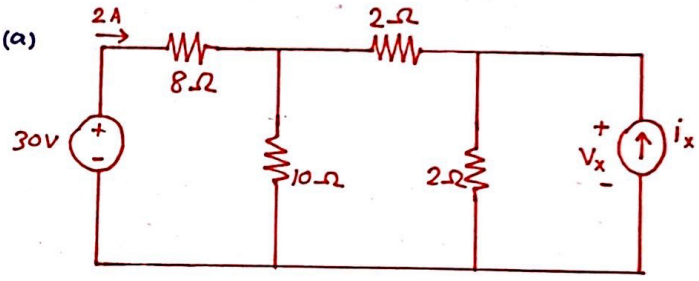


$$-60 + V_8 + V_4 + V_x = 0$$

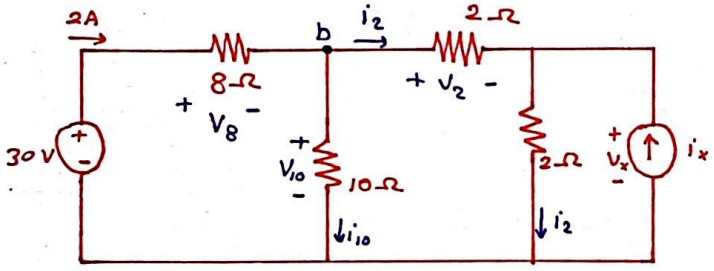
$$-60 + 8*5 + 12 + V_x = 0$$

$$\boxed{V_x = 8\ V}$$

* Example: Determine V_x in the circuit (a)



١) خلينا نحدد الفولتجز و التيارات ع السيركت:



٢) برضو بهالسؤال رح نبلش بالدارة من اليسار لانه اليمين كله مجاهيل

نعمل KVL:

$$-30 + 8*2 + V_{10} = 0$$

$$\boxed{V_{10} = 14\ V}$$

٣) بقانون اوم بنطلع i_{10}:

$$i_{10} = \frac{V_{10}}{R} = \frac{14}{10} \Rightarrow \boxed{i_{10} = 1.4\ A}$$

٤) هسا بنعمل KCL على النود b لنطلع i_2:

$$i_{in} = i_{out}$$

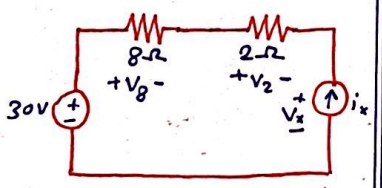
$$2 = i_2 + 1.4$$

$$\boxed{i_2 = 0.6\ A}$$

٥) قانون اوم عشان نطلع V_2:

$$V_2 = i_2 * R = 0.6 * 2 \Rightarrow \boxed{V_2 = 1.2\ V}$$

٦) اخر شي عشان نطلع V_x نعمل KVL ع السوبة:



$$-30 + V_8 + V_2 + V_x = 0$$

$$-30 + 8*2 + 1.2 + V_x = 0$$

$$\boxed{V_x = 12.8\ V}$$

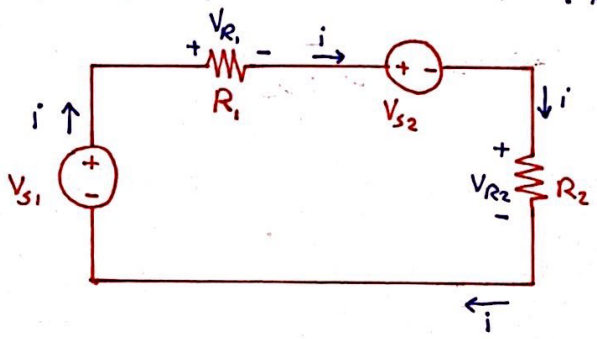
#

Scanned with CamScanner

#(3.4): The Single loop Circuit "سيركت الحلقة الواحدة"

شو يعني السيركت حلقة واحدة؟ يعني انه ما فيها تفرعات و بمشي بكل عناصرها نفس التيار، واسهل طريقة لتحليلها KVL.

خلينا نشوف مثال عليها.



خلينا نعمل KVL عليها:

$$-V_{S1} + V_{R_1} + V_{S2} + V_{R_2} = 0$$

نعوض قانون اوم على المقاومات:

$$-V_{S1} + R_1 i + V_{S2} + R_2 i = 0$$

نحل لـ "i" موضع القانون:

$$i = \frac{V_{S1} - V_{S2}}{R_1 + R_2}$$

و بس هون تعلموا تحللوا السيركت، تحفظوش اشي السيركت فهم وطبعاً اي عنصر بالسيركت بنقدر نحسبله الطاقة المستهلكة بالقوانين اللي بتعرفها.

① $P = IV$

② $P = I^2 R$

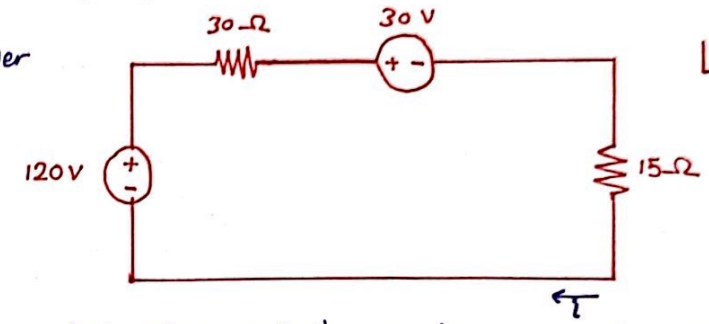
③ $P = \frac{V^2}{R}$

بس القانون ② و ③ ما تنسى انه ما بتطبقوا غير على المقاومات.

Scanned with CamScanner

مثال

In the circuit, complete the power absorbed by each element.



ans

معطينا سيركت وبده نحسب الطاقة المستهلكة بالعناصر

هسا عشان نقدر نطلعهم لازم نحسب "i" عن طريق منعمل kVL على اللوب :

$$-120 + 30i + 30 + 15i = 0 \quad \rightsquigarrow \boxed{i = 2A}$$

طبعاً ركزوا بالاشارات لما نعمل kVL لانه اذا اشارة غلط بتعمل عجايب.

اوك طلعنا التيار خلينا نحسب الطاقة المستهلكة :

$$P_{120} = -IV = -120 * 2 = -240\ W$$

$$P_{30\Omega} = +I^2R = (2)^2 * 30 = 120\ W$$

$$P_{30V} = +IV = +2 * 30 = 60\ W$$

$$P_{15} = +I^2R = 4 * 15 = 60\ W$$

عشان نتأكد من اجوبتنا بنحسب مجموع الطاقة المستهلكة . المفروض

يطلع صفر.

$$P_{120} + P_{30\Omega} + P_{30V} + P_{15} \stackrel{?}{=} 0$$

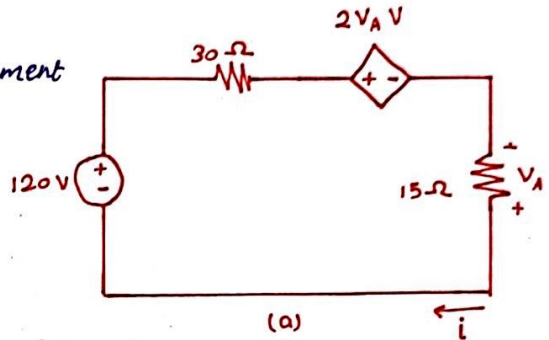
$$-240 + 120 + 60 + 60 = 0 \checkmark$$

اذن الحل صحيح

Scanned with CamScanner

مثال

Compute the power absorbed in each element for the circuit (a).



ans

عشان نحسب الطاقة المستهلكة من العناصر لازم نحسب التيار عن طريق KVL:

$$-120 + 30i + 2V_A + 15i = 0$$

بنلاحظ في مجهولين لأنه الفولتج سورس بعتمد على قيمة V_A ، وبنقدر نحسبه من خلال قانون أوم:

$V_A = -i * 15$ بنعوضها فوق من

$$\rightsquigarrow -120 + 30i - 2*15i + 15i = 0 \rightsquigarrow \boxed{i = 8A}$$

هسا بنحسب الطاقة المستهلكة زي ما تعودنا:

$$P_{120} = -IV = -8*120 = -960\ W$$

$$P_{30} = +I^2R = +8^2*30 = +1920W$$

$$P_{2V_A} = +2*-15*8*8 = -1920\ W$$

$$P_{15} = +I^2R = 8^2*15 = 960W$$

نتأكد من الحل:

$$P_{120} + P_{30} + P_{2V_A} + P_{15} \overset{?}{=} 0$$

$$-960 + 1920 - 1920 + 960 = 0$$

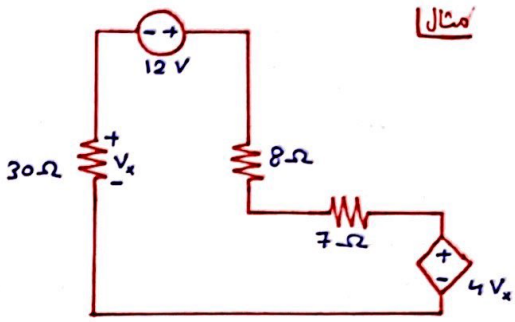
$$\rightsquigarrow 0 = 0$$

اذن الحل صحيح

Scanned with CamScanner

مثال

In the circuit (a), find the power absorbed by each of the five elements in the circuit?



معطينا سيركت و بده نحسب الطاقة المستهلكة . لازمنا تيار (افرضوه اي اتجاه ما بتفرق) إذا طلع موجب إذن الاتجاه صح إذا طلع سالب يعني نفس المقدار بس عكس الاتجاه .

مثلاً نفترض انه مع عقارب الساعة خلينا نعمل KVL :

KVL\loop: $30i - 12 + 8i + 7i + 4V_x = 0$

برضو قيمة V_x بنطلعها من قانون اوم:

$V_x = -30i$

بنعوضها فوق:

$30i - 12 + 8i + 7i + -4*30i = 0$

$i = -0.16\ A$ اذن عكس الاتجاه.

و هسا بنحسب الطاقة المستهلكة:

$P_{30} = +(-0.16)^2 * 30 = 0.768\ W$

$P_{12} = -(-0.16) * 12 = 1.92\ W$

$P_8 = (-0.16)^2 * 8 = 0.2048\ W$

$P_7 = (0.16)^2 * 7 = 0.1792\ W$

$P_{4V_x} = (-0.16)(4)(-30)(-0.16) = -3.072\ W$

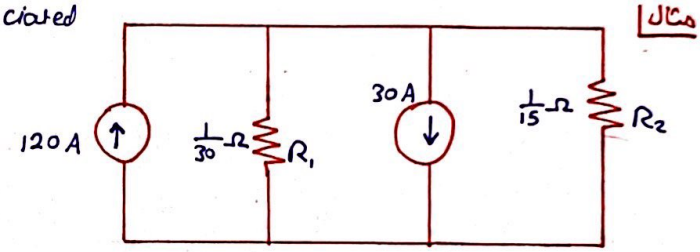
Scanned with CamScanner

#(3.5): The Single node-pair Circuit "سيركت زوج واحد من النودز"

خلينا نشوف كيف نتعامل لما كل العناصر متوازيين «parallel»

مثال

Find the voltage, current, and power associated with each element in the circuit (a).

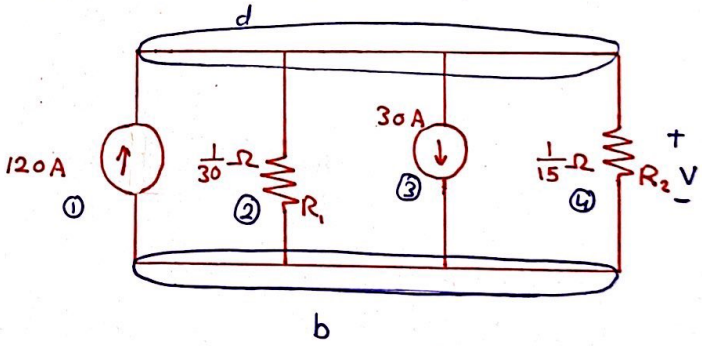


ans

اول اشي منفترض اقطاب فولتج بالسيركت، وخلينا نرقم العناصر عشان نتعامل معها

واذا بتلاحظوا بهاي السيركت كل العناصر بارالل يعني كلهم نفس فرق الجهد

بعدين بنعمل KCL ع نود b لنطلع الفولتج:



KCL\d:

$I_{in} = I_{out} \longrightarrow 120 = 30v + 30 + 15\,V$

$V = 2\ V$

اوك هسا خلينا نفصل كل عنصر. نبلش بـ ①:

$I_1 = 120\ A,\ V_1 = +2\ V \rightsquigarrow P_1 = -IV = -120 * 2 = -240\ W$

عنصر ②:

$V_2 = 2\ V,\ I_2 = \frac{+V}{R} = 30 * 2 = 60\ A$

$P_2 = +I_2 V_2 = 60 * 2 = 120\ W$

Scanned with CamScanner

عنصر ③ :

$V_3 = 2V$, $I_3 = 30A$ ⇝ $P_3 = +I_3V_3 = 30*2 = 60\ W$

عنصر ④ :

$V_4 = 2V$, $I_4 = +\frac{V}{R} = 15*2 = 30A$

$P_4 = +I_4V_4 = 2*30 = 60\ W$

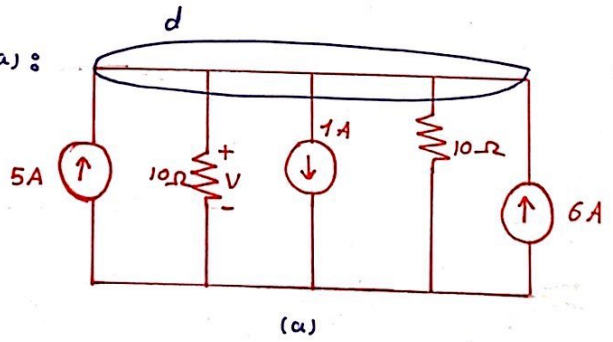
خلينا نحسب مجموع الـ P_{abs} :

$\sum P_{abs} \stackrel{?}{=} 0$ ⇝ $-240 + 120 + 60 + 60 \stackrel{?}{=} 0$ $\quad 0 = 0$ ✓

بس معلومة قبل ما نكمل خلينا نفكر بشغلة . شو يعني لما نحكي الطاقة المستهلكة سالبة ؟ ($P_{abs} = -\square W$) ؟

يعني ينتج طاقة . اما لما تكون الطاقة المستهلكة قيمتها موجبة إذن بستهلك طاقة.

Determine V in the circuit (a) : كمان مثال



(a)

خلينا نعمل KCL على النود d :

$I_{in} = I_{out}$

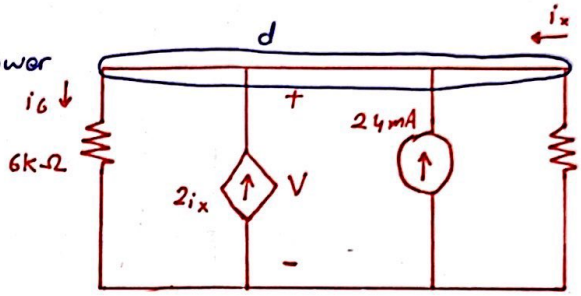
$5 + 6 = 1 + \frac{V}{10} + \frac{V}{10}$

$V = 50\ V$

Scanned with CamScanner

مثال

Determine the value of V and the power generated by the independent current source in (a) ؟



ans

معطينا سيركت وطالب نحسب V والطاقة المنتجة بمصدر التيار غير المعتمد.

بداية لاحظوا انها زوج واحد من النودز إذن كلهم نفس فرق الجهد إذن منعمل KCL على النود d.

$$I_{in} = I_{out} \quad \rightsquigarrow \quad 2i_x + 24 = \frac{V}{6} + \frac{V}{2}$$

عندنا معادلة بمجهولين لازم نلاقي قانون ثاني عشان نحل، بنطلع قيمة i_x على قانون أوم؟

$$i_x = -\frac{V}{2k}$$

وبنعوضها فوق ؟

$$-2*\frac{V}{2} + 24 = \frac{V}{6} + \frac{V}{2}$$

$$-V + 24 = \frac{V}{6} + \frac{V}{2}$$

$$\rightsquigarrow \boxed{V = 14.4\ V}$$

هسة المطلوب الثاني بالسؤال الطاقة المنتجة للـ 24mA ؟

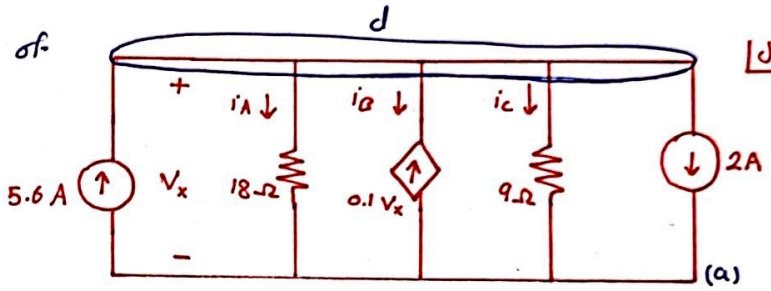
$$P_{abs} = -14.4 * 24m = -345.6\ mW$$

$$P_{gen} = -P_{abs} = 345.6\ mW$$

Scanned with CamScanner

مثال

For the single-node-pair circuit of (a), find i_A, i_B, and i_c.



الحل

بنلاحظ هاي السيركت زوج واحد . اول اشي بنطبق عليها KCL :

KCL|d: $5.6 + 0.1\,V_x = 2 + \frac{V_x}{18} + \frac{V_x}{9}$ ⇝ $\boxed{V_x = 54\ V}$

طلعنا فرق الجهد ، نعوض طالبين السؤال :

i_A ⇝ $i_A = +\frac{V_x}{R} = \frac{54}{18} = 3A$

i_B ⇝ $i_B = -0.1 * V_x = -0.1 * 54 = -5.4\ A$

i_c ⇝ $i_c = +\frac{V_x}{9} = \frac{54}{9} = 6\ A$

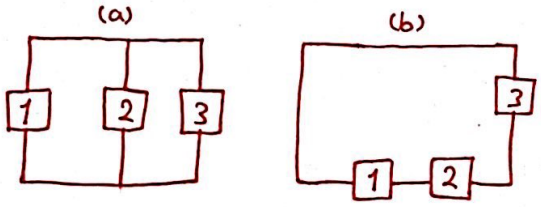
Scanned with CamScanner

#(3.6): Series and Parallel connected Sources

السورسز الموصولات على التوالي والتوازي

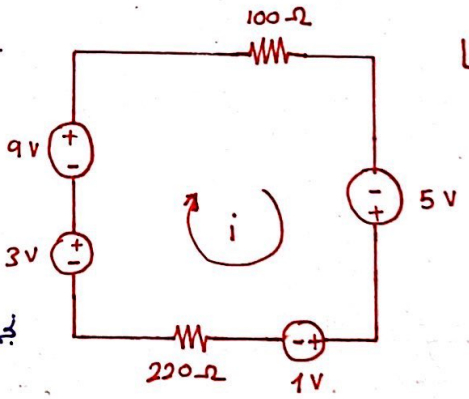
التوازي « parallel » يعني فيهم نفس الفولتج ومثال عليه السيركت لما يكون زوج واحد من النودز مثل سيركت (a)

التوالي « series » يعني بمر فيهم نفس التيار ومثال عليه السيركت اللي بتكون من حلقة (loop) وحدة مثل السيركت (b)



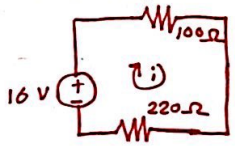
مثال

Determine the current i in the circuit (a) by first combining the sources into a single equivalent voltage source.



بالسؤال بده نحول السورسز لسورس واحد ونحسب i بس

نجمع الفولتج ونفترض اي قطب من عندنا وعليه رح يكون الاتجاه



$$\sum V = 9 + 3 + 5 - 1 = 16\ V$$

هيسا بنعمل KVL على اللوب؟

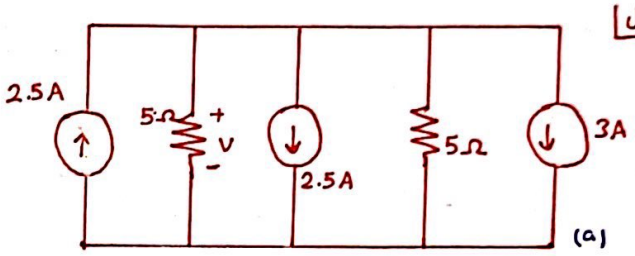
$$-16 + 100\,i + 220\,i = 0$$

$$\boxed{i = 50\ mA}$$

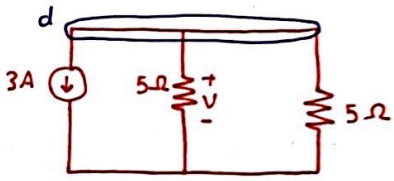
Scanned with CamScanner

مثال محلول

Determine the voltage V in the circuit (a) by first combining the sources into a single equivalent current source.



بدنا الكرنت سورس تخليهم واحد، اول اشي بنفترض اتجاه وعليه بنجمع التيارات.

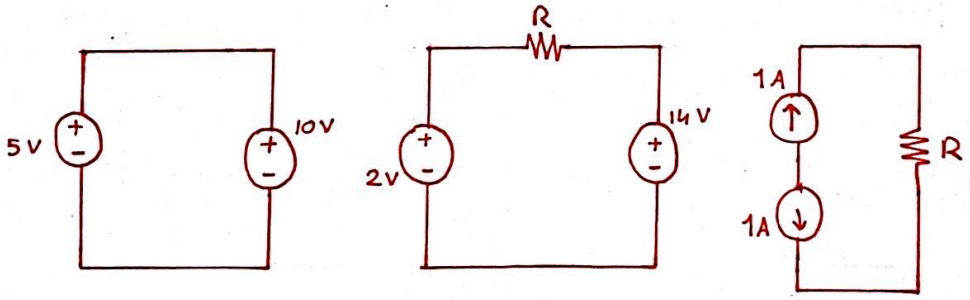


هسة عشان نطلع "V" بنعمل KCL على نود (d):

$i_{in} = i_{out}$ ⇒ $0 = 3 + \frac{V}{5} + \frac{V}{5}$ ⇒ $V = -7.5V$

مثال

Determine which of the circuits are valid:



بسألنا السؤال اي سيركت منه اللي فوق صحيحة. نبلش بـ (a)، منقدر نحكي انه خطأ لانه عندنا 2 فولتج سورسز متوازيين فالمفروض يكونوا نفس الفولتج، اذن غلط لانه واحد (10V) وواحد (5V).

نشوف (b)، منقدر نحكي عنها صحيحة العناصر على التوالي الفولتج بتوزع وبكونوا نفس التيار، بنقدر نحسبه نعمل KVL على اللوب. اخر شي سيركت (c) مش صحيحة لانه مش واضح شو التيار اللي بمر بالمقاومة R.

Scanned with CamScanner

#(3.7): Resistors in series & parallel. « المقاومات على التوالي والتوازي »

غالباً بنقدر نبسط المقاومات الى مقاومة مكافئة واحدة . خلينا نشوف كيف .

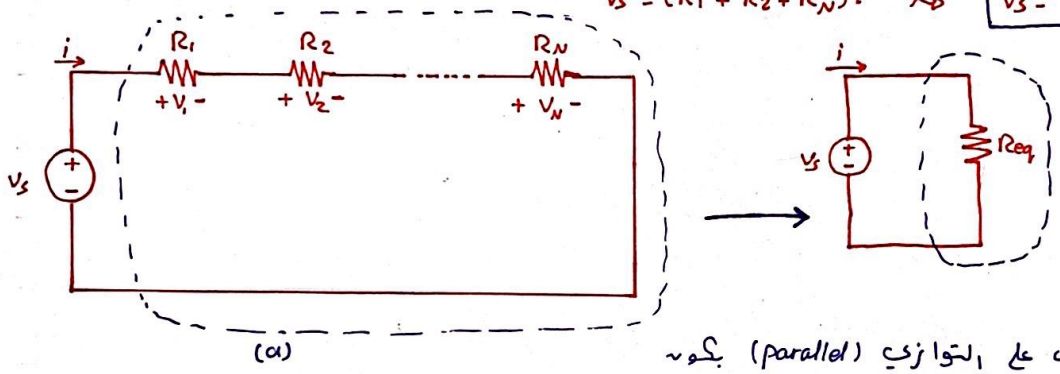
حصة لما يكون عندنا مقاومات على التوالي بتكون المكافئة مجموعهم زي سيركت (a) وبنقدر

نثبته خلال KVL: $V_s = V_1 + V_2 + V_N$

هسا بنعوض أوم: $V_s = R_1 i + R_2 i + R_3 i$

بنطلع i عامل مشترك لانه كلهم نفس التيار

$V_s = (R_1 + R_2 + R_N) i$ ⇝ $\boxed{V_s = R_{eq}\, i}$



لما يكونوا مقاومات على التوازي (parallel) بكون

مقلوب المقاومة المكافئة سيساوي مجموع مقلوب المقاومات وبنثبت الموضوع بنعمل KCL على

السيركت (b): $i_s = i_1 + i_2 + \cdots + i_N$

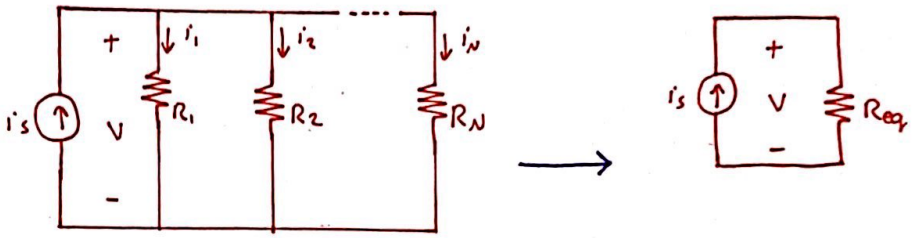
بنعوض اوم: $i_s = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \cdots + \frac{V}{R_N}$

بنحسب V عامل مشترك لانه كلهم نفس فرق الجهد

$$i_s = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_N}\right)$$

$$\boxed{i_s = \frac{V}{R_{eq}}}$$

Scanned with CamScanner

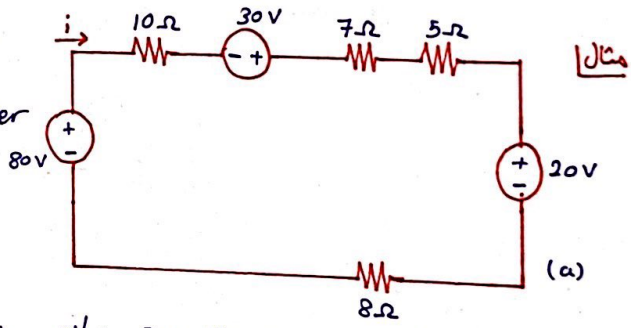


هسة عشان نسهل الطريقة اللي ندخله على الآلة الحاسبة بحالة الباراليل

$$R_{eq} = (R_1^{-1} + R_2^{-1} + \dots + R_N^{-1})^{-1}$$

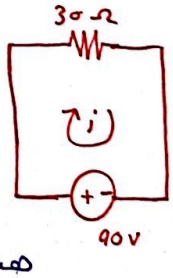
مثال

Use resistance & source combinations to determine the current i in (a) & the power generated by the 80 V source.



بالسؤال بده نطلع المقاومة المكافئة ونطلع السورس المكافئ, ونفترضله اتجاه وعلى الاتجاه اللي بنفترضه بنجمع عليه الفولتيج.

$$\sum V = 80 + 30 - 20 = 90\ V$$



المقاومات على التوالي اذ بنجمعهم 8

$$R_{eq} = 10 + 7 + 5 + 8 = 30\ \Omega$$

هسة بنعمل KVL على الدوبة

$$-90 + 30i = 0 \Rightarrow \boxed{i = 3A}$$

اوك طلعنا التيار هسه مطلوب نحسب اد P_{gen} بالفولتيج سورس (80V)

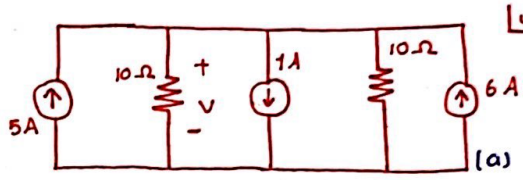
$$P_{abs} = -IV = -3 * 80 = -240\ W$$

$$P_{gen} = -P_{abs} = 240\ W$$

Scanned with CamScanner

مثال

Determine V in the circuit (a) by first combining the three current sources & then the two 10Ω resistors.



ans

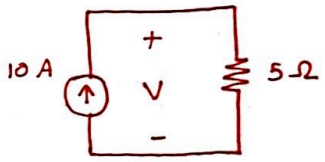
بالسؤال طالب نحسب المقاومة المكافئة والكرنت سورس المكافئ

منفترض اتجاه وبنحسب التيارات بناءً عليه:

$$\sum I = 5 + 6 - 1 = 10\ A$$

$$R_{eq} = (R_1^{-1} + R_2^{-1})^{-1}$$

$$= (10^{-1} + 10^{-1})^{-1} = 5\ \Omega$$

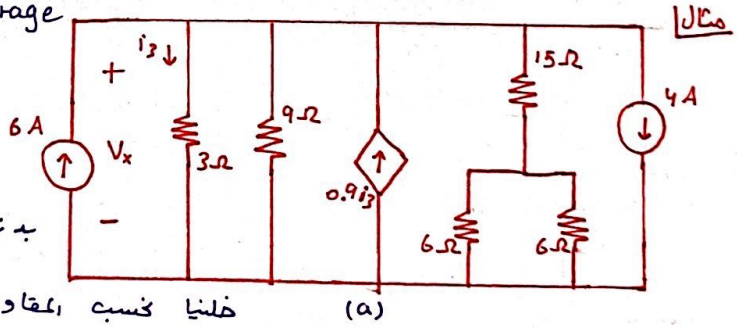


هسة بنستعمل قانون اوم عشان نحسب V:

$$V = IR = 10 * 5 = 50\ V$$

مثال

Calculate the power generated by a voltage of the dependent source in (a)



بدنا نحسب الفولتج والبور عالدبندنت كرنت سورس

خلينا نحسب المقاومة المكافئة اول اشي

$$R_{eq} = 3 // 9 // (15 + (6^{-1} + 6^{-1})^{-1}) = 3 // 9 // 2 = (3^{-1} + 9^{-1} + 18^{-1})^{-1} = 2\ \Omega$$

عشان نطلع V_x بنعمل KCL على نود d:

$$0.9\, i_3 + 2 = \frac{V_x}{2}$$

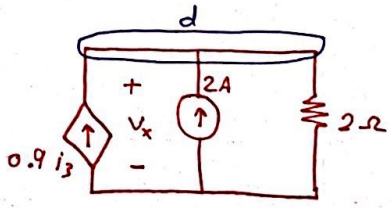
وعشان نطلع i_3 بنستعمل قانون اوم:

$$i_3 = \frac{V_x}{3}$$

وبنعوضها فوق

$$\frac{0.9\, V_x}{3} + 2 = \frac{V_x}{2}$$

$$\boxed{V_x = 10\ V}$$



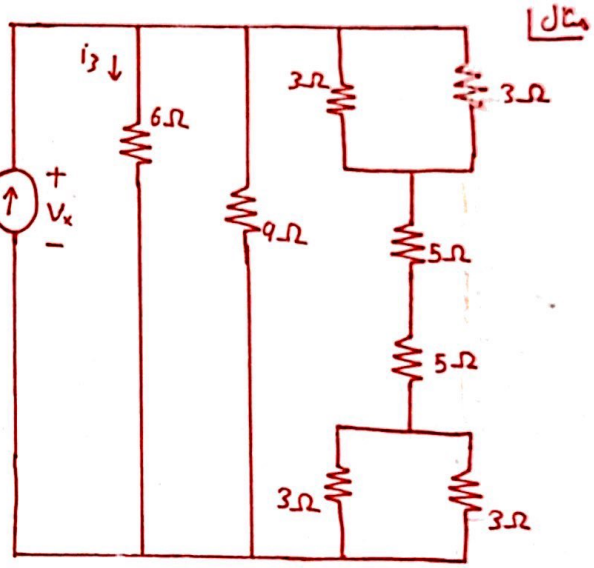
Scanned with CamScanner

$P_{abs} = -IV = -10 * \frac{0.9 * 10}{3} \Rightarrow P_{abs} = -30\,W$ هيسة بدنا نحسب الباور

$P_{gen} = -P_{abs} = -(-30) \Rightarrow \boxed{P_{gen} = 30\,W}$

مثال

For the circuit (a), calculate the voltage V_x.



(a)

بدنا نحسب الفولتج V_x ، اول اشي بنطلع المقاومة المكافئة:

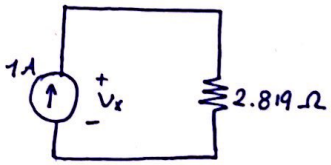
$R_{eq} = 6 // 9 // (5+5+(3^{-1}+3^{-1})^{-1}+(3^{-1}+3^{-1})^{-1})$

$= 6 // 9 // 13$

$R_{eq} = 2.819\,\Omega$

$V_x = IR = 1 * 2.819$

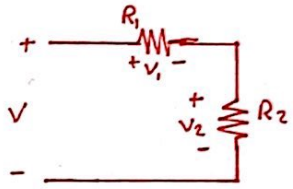
$\boxed{V_x = 2.819\,V}$



Scanned with CamScanner

#(3.8): Voltage & Current Division. "توزيع فرق الجهد والتيار"

• توزيع الفولتج والكرنت طريقة لتبسيط السيركت .



هنا بدنا نطلع V_1 بنستعمل القانون :

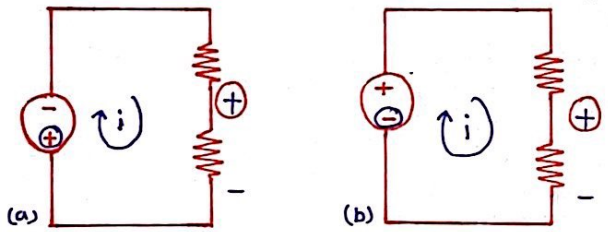
$$V_1 = \frac{V R_1}{R_1 + R_2}$$

القانون بشكل عام :

$$V_k = \frac{\pm R_k V_{known}}{R_1 + R_2 + \cdots + R_N}$$

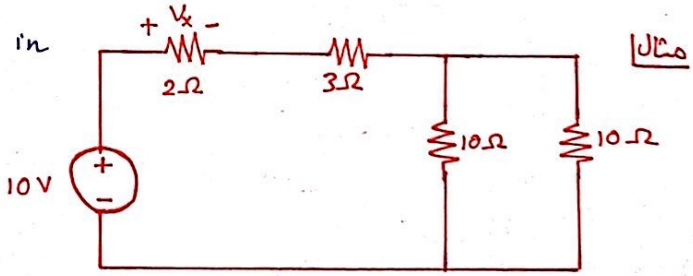
هسة عشان نعرف خط موجب او سالب في قانون الفولتج د فيه (توزيع فرق الجهد) :

- اذا التيار داخل على نفس الاقطاب فخط سالب زي شكل (a)
- اذا التيار داخل على عكس الاقطاب فخط موجب زي شكل (b)



مثال

Use voltage division to determine V_x in the circuit (c):

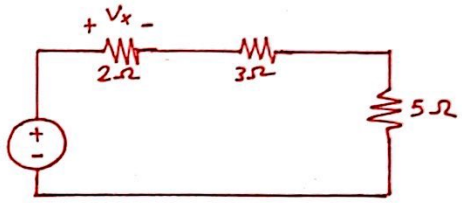


(c)

Scanned with CamScanner

طالب باستخدام توزيع الجهد نحسب V_x . اول اشي بنطلع مكافئة المقاومتين اللي ans
على التوازي:

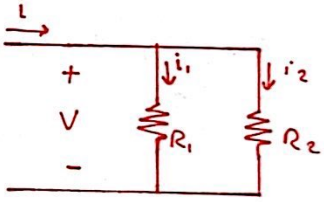
$$R_{eq} = (10^{-1} + 10^{-1})^{-1} = 5\,\Omega$$



هسة بنستعمل قانون الفولتج دفجه :
بنلاحظ التيار داخل على اقطاب مختلفة , اذن بنعوض موجب بالقانون

$$V_x = \frac{10 * 2}{2+3+5} = 2\,V \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_x = 2\,V}$$

هسا نتعرف على قانون جديد اللي هو توزيع التيار الكهربائي « current division »



مثلاً بدنا نطلع i_1 بنستعمل القانون :

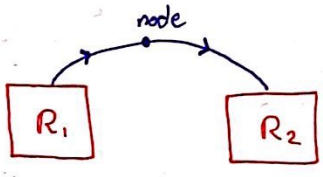
$$\boxed{i_1 = \frac{i * R_1^{-1}}{R_1^{-1} + R_2^{-1}}}$$

القانون بشكل عام :

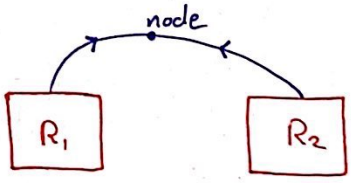
$$\boxed{i_k = \frac{\pm\, i * R_k^{-1}}{R_1^{-1} + R_2^{-1} + \dots + R_N^{-1}}}$$

برضو عشان نعرف نعوض موجب أو سالب بالقانون منتطلع على النود اذا :

- تيار داخل و تيار طالع منها بنعوض (موجب) زي بالشكل (a)
- تيارين داخلين او طالعين بنعوض (سالب) زي بالشكل (b)



(a)

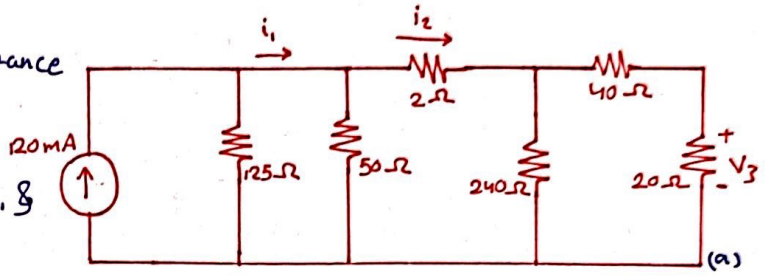


(b)

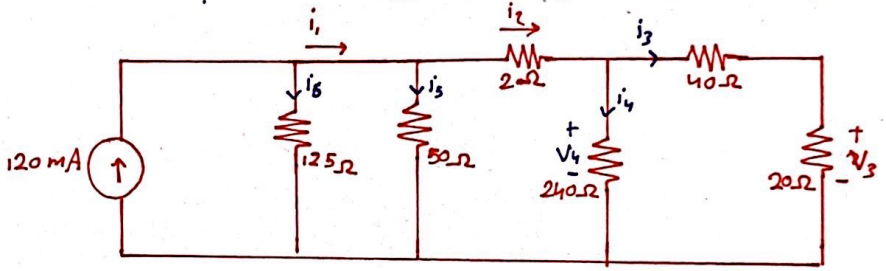
Scanned with CamScanner

مثال

In the circuit (a), use resistance combination methods and current division to find i_1 & i_2 & V_3.



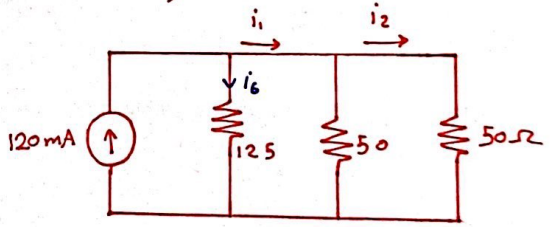
خلينا نسمي الفولتجز و الكرنتس بالسيركت عشان نعرف نتعامل معها :-



اول اشي خلينا نبسط الدارة شوي فنبسط المقاومات :

$$R_{eq} = 125 // 50 // \left(2 + (240^{-1} + (40+20)^{-1})^{-1}\right)^{-1}$$

$$= 125 // 50 // 50$$



هسة بنعمل KCL :

$$120m = i_6 + i_1$$

$$i_6 = \frac{120m * 125^{-1}}{125^{-1}+50^{-1}+50^{-1}} = 20mA \rightsquigarrow \boxed{i_1 = 120 - 20 = 100mA}$$

$$i_2 = \frac{120m * 50^{-1}}{50^{-1}+50^{-1}+125^{-1}} = 50mA$$

هسة بنحسب (i_4) على قانون الكرنت و فجيه

$$i_4 = \frac{50m * 240^{-1}}{240^{-1}+(40+20)^{-1}} = 10mA$$

و التيار المعلوم هو (i_2) واللي حسبناه فوق :

هسة بنحسب V_4 على قانون اوم :

$$V_4 = 10m * 240 = 2.4\ V$$

اخر اشي بنحسب V_3 على الفولتج و فجيه :

$$V_3 = \frac{2.4 * 20}{20+40} \rightsquigarrow \boxed{V_3 = 0.8\ V}$$

Scanned with CamScanner

∞ Chapter • 4 ∞ Basic Nodal & Mesh Analysis

تحليل العُقَد والحلقات

بناءً على قانون أوم وكيرتشوف ، تحليل دارة بسيطة منقدر نطلع منه تيار أو فرق جهد أو الطاقة خلال عنصر معين في الدارة . لكن في هذه اللحظة كل سيركت بتكون نادرة وبتعامل وهيا بشكل مختلف عشان هيك لازم نحل اسئلة كتير ولازم عشان تعرف بشو تبلش يكون عندك ابداع عشان تعرف بشو تبلش.

بالتشابتر هاد رح نتعلم طريقتين أساسيات لتحليل السيركت الي همه تحليل العقد «Nodal analysis» وتحليل الحلقات « Mesh analysis » . هدول الطريقتين بسهولنا نتعامل مع السيركت بطريقة منهجية او نظامية . الحلو فيهم بتكون نسبة الخطأ فيهم اقل و الاهم اشي رح نصير نسمع " فا عرف كيف ابلش " بشكل اقل.

Scanned with CamScanner

#(4.1): Nodal analysis "التحليل العقدي"

النودال انالسس بعتمد اكتر اشي على الـ KCL وفي اله اسم ثاني بنقدر نحكيله voltage analysis خلينا نشوف كيف لازم نتعامل مع السيركت بالنودال؟

1. لازم اول اشي نحدد النودز، ويفضل نسميها بأحرف مش ارقام عشان ما نتخربط بالحل
2. كل نود بنخطله جهد "voltage"
   مثلاً سمينا النود a بنخطلها جهد V_a ، b ← V_b ، c ← V_c ، ...
3. لازم نعين نود مرجعي "reference node" يعني بنوصله مع الارض بكون الجهد عليه صفر

قبل ما نحكي كيف نختار النود المرجعي بدي احكي معلومة؟

عدد المعادلات اللي بنطلعها بالنودال = عدد العقد (nodes) - 1

يعني يساوي عدد النودز بدون النود المرجعي (عشان صيك بنقص واحد)

* كيف نختار النود المرجعي؟

1. افرض عنا كرتت سورس زي الشكل (a) مع مقاومات، ما بتفرق وين بنخط النود. (a)
2. برضو اذا عندنا مقاومات ما بتفرق زي شكل (b) (b)
3. أما اذا كان عندنا فولتج سورس يفضل نخط النود المرجعي عالقطب السالب زي شكل (c). (c)

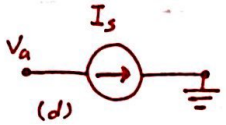
لكن يفضل نختار النود المرجعي بالنود اللي فيه اكتر تفرع.

وبرضو خلال الحل رح نتعرف عالموضوع اكتر لانه زي ما حكينا كل سيركت نادرة.

Scanned with CamScanner

* حالات العناصر:

1- كرنت سورس بغض النظر عن نوعه معتمد او غير معتمد بين نود والنود المرجعية زي شكل (d)



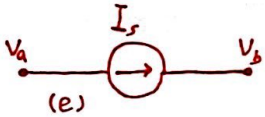
بهاي الحالة بنعمل KCL على كل نود , وحسب الشكل فوق بنعمل KCL\d :

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

واذا بنلاحظ التيار I_s خارج من النود d , إذن بنعوضه عند I_{out}

$$\text{---} = I_s + \text{---}$$

2- كرنت سورس معتمد أم غير معتمد بين نودين زي شكل (e)



برضو بنعمل KCL على كل نود :

KCL\a:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

التيار خارج من a اذن بنعوضه عند I_{out}

$$\text{---} = I_s + \text{---}$$

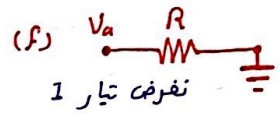
KCL\b:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

التيار داخل في b اذن بنعوضه عند I_{in}

$$I_s + \text{---} = \text{---}$$

3- مقاومة بين نود والنود المرجعية زي شكل (f)



وحسب قانون أوم: $V_a = IR$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{V_a}{R}}$$

ومعلومة عن المقاومات: دايماً لما يكون في فرع فيه بس مقاومة بنفترض تيار طالع من النود اللي بنشتغل عليها

برضو بتوضح مع الحل

هسة بدنا نعمل KCL على النود , وحالتنا KCL\a :

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$\text{---} = \frac{V_a}{R} + \text{---}$$

Scanned with CamScanner

٤) مقاومة بين نودين زي شكل (g)

اوك زي ما حكينا لما يكون فرع فيه بين مقاومة ، كل نود بنفترض التيار طالع منها (زي الشمس)

خلينا نعمل KCL على كل نود:

KCL la:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

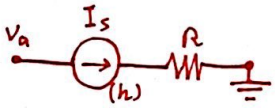
$$\text{---} = \frac{V_a - V_b}{R} + \text{---}$$

KCL lb:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$\text{---} = \frac{V_b - V_a}{R} + \text{---}$$

٥) مقاومة على التوالي مع كرنت سورس معتمد او غير معتمد زي شكل (h) بين نود و النود المرجعية



زي ما بنتذكر قبل لما يكون عندنا عنصرين على التوالي يكون بمر فيهم نفس التيار ، إذن بهاي الحالة التيار اللي بمر بـ h هو نفسه I_s

وبلاحظ اذا بدنا نعمل KCL على النود a بكون خارج منه, بنعوض في I_{out} :

KCL la: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$\text{---} = I_s + \text{---}$$

٦) مقاومة على التوالي مع كرنت سورس معتمد اوغير معتمد زي شكل (J) بين نودين

اذا بنعمل KCL la بلاحظ I_s خارج منها اما KCL lb بلاحظ I_s داخل فيها

KCL la:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

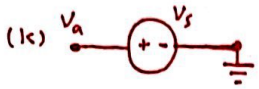
$$\text{---} = I_s + \text{---}$$

KCL lb:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

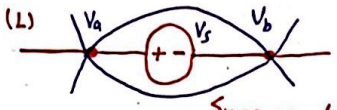
$$I_s + \text{---} = \text{---}$$

Scanned with CamScanner

(K) 

$V_a = V_s$

٧- مصدر جهد معتمد او غير معتمد بين نود والنود المرجعية زي شكل (K) ما بنستعمل KCL لـ V_a عشان نطلع V_a (لأن يكون V_s معطى) الا اذا انطلب التيار بالفرع

(L) 

٨- مصدر جهد معتمد او غير معتمد بين نودين زي شكل (L) اسم هاي الـ case سوبر نود « supernode » او النود العلاقة.

* عنا معادلتين بهاي الحالة

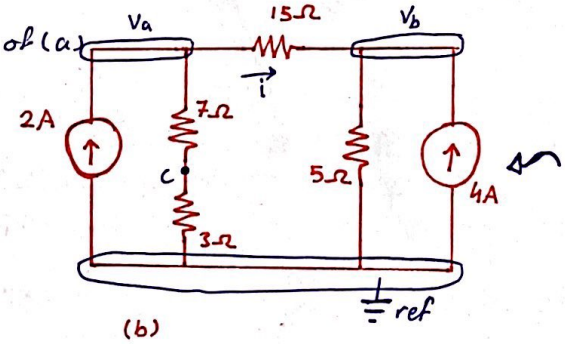
١- بدك تعامل الفرع زي الملبسة وبتشوف التيارات الداخلة والخارجة منه

KCL | supernode: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

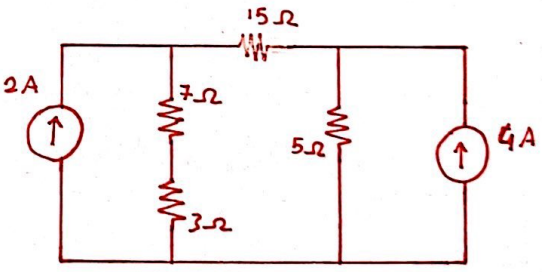
٢- معادلة فرق الجهد: $V_s = V_b - V_a$

ما بصير نستعمل KCL لـ a, KCL لـ b عشان نطلع V_a, V_b

Example: Determine the current flowing left to right through the 15Ω resistor of (a)



(b)



(a)

Scanned with CamScanner

ans c

معطينا سيركت وطالبه منا نطلع التيار اللي بالمقاومة (10 أوم)

اول خطوة خلينا نعين النودز ، وعشان نحله عالنودال زي شكل (b)

بنلاحظ السؤال فيه ٤ نودز بس عنا النود c مش مهم لانه التيار اللي داخل فيه هو نفسه اللي طالع منه. ولازم نعين النود المرجعية واللي هي النود اللي طالع منه اكثر افرع ، وبهاد السؤال اللي خارج منه ٤ افرع.

KCL\a: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$2 = \frac{V_a}{7+3} + \frac{V_a - V_b}{15} \quad \text{---- معادلة "١"}$$

KCL\b: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$4 = \frac{V_b}{5} + \frac{V_b - V_a}{15} \quad \text{---- معادلة "٢"}$$

هسا صار عنا معادلتين بمجهولين بندخلها عالالة الحاسبة عشان نطلع قيم V_a & V_b

$$\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{15}\right) V_a + \left(\frac{-1}{15}\right) V_b = 2$$
$$\left(\frac{-1}{15}\right) V_a + \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{15}\right) V_b = 4$$

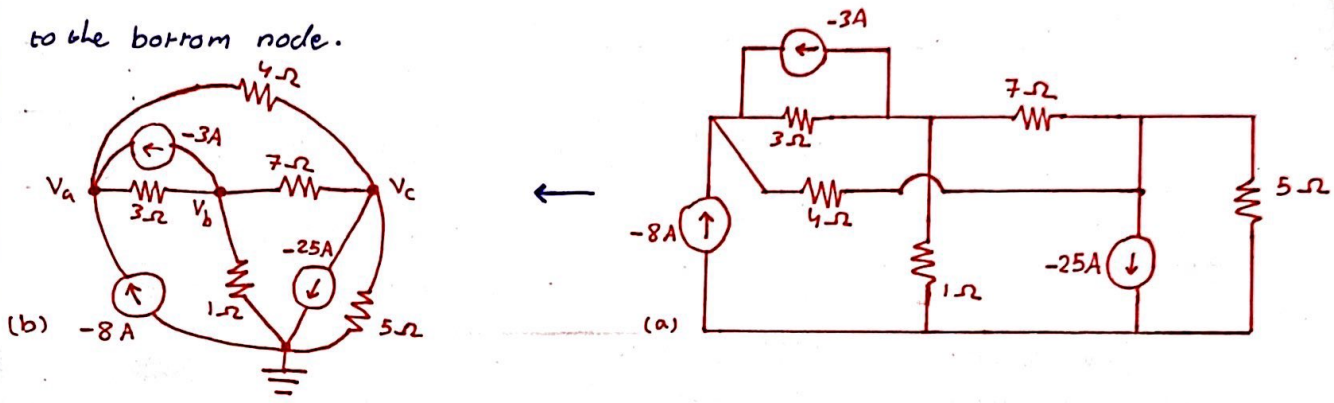
$\Rightarrow$ $\boxed{V_a = 20\,V}$ & $\boxed{V_b = 20\,V}$

بنطلع قيمة i عل قانون أوم:

$$i = \frac{V_a - V_b}{15} = \frac{20-20}{15} = 0A$$

Scanned with CamScanner

*Example: Determine the nodal voltages for the circuit of (a), as referenced to the bottom node.



ans طالب بالسؤال نطلع بجهد على النودز، خلينا اول شي نبسط شكل الدارة ونعين النودز. زي شكل (b) . بنلاحظ السؤال فيه ٣ نودز بالاضافة للنود المرجعية

KCL\a: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$-8 - 3 = \frac{V_a - V_b}{3} + \frac{V_b}{1} + \frac{V_a - V_c}{4} \quad \text{---- ①}$$

KCL\b: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$0 = -3 + \frac{V_b - V_a}{3} + \frac{V_b}{1} + \frac{V_b - V_c}{7} \quad \text{----- ②}$$

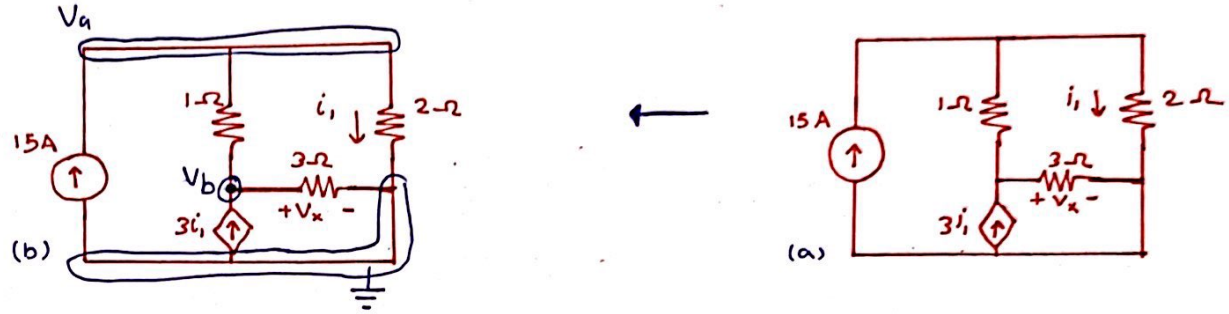
KCL\c: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$0 = \frac{V_c}{5} - 25 + \frac{V_c - V_b}{7} + \frac{V_c - V_a}{4} \quad \text{---- ③}$$

$\therefore$ $V_a = 5.412\ V$ $V_b = 7.736\ V$ $V_c = 46.32\ V$

Scanned with CamScanner

*Example: Determine the power generated by the dependent source of (a)



طالب بالسؤال الطاقة المنتجة بعنصر التيار المعتمد، خلينا نحلله بالنودال اول اشي بنحدد النودز زي شكل (b)

KCL@a: $\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$

$$15 = \frac{V_a - V_b}{1} + \frac{V_a}{2} \quad \text{---} \ ①$$

KCL@b:

$$3i_1 = \frac{V_b - V_a}{1} + \frac{V_b}{3} \longrightarrow$$

هسا بنطلع قيمة i_1 عن طريق قانون أوم:

$$i_1 = \frac{V_a}{2}$$

هسة بنعوضه فوق: $\frac{-3V_a}{2} + \frac{V_b - V_a}{1} + \frac{V_b}{3} = 0$ — ②

$\boxed{V_a = -40\ V}$ & $\boxed{V_b = -75\ V}$

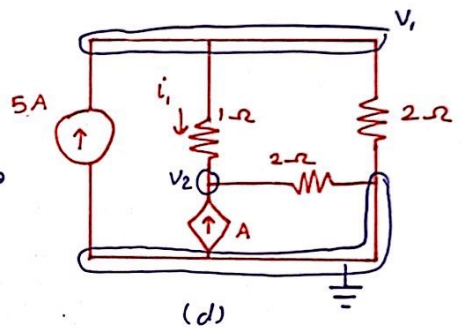
اخر اشي بدنا نحسب P_{abs} عشان نطلع منها P_{gen}:

$$P_{abs} = -IV = -\frac{-3*-40}{2} * -75 = -4500\ W$$

$$* \ P_{gen} = 4500\ W \ \#$$

Scanned with CamScanner

*Example: For the circuit (d) determine the nodal voltage V_1 if A is (a) $2i_1$, (b) $2V_1$.



(d)

معطينا سيركت (d) وبده نحسب V_1 بالحالتين. نبلش بالفرع الاول:

(a) $2i_1 = A$

KCL \ V_1: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$5 = \frac{V_1 - V_2}{1} + \frac{V_1}{2} \quad \text{---- ①}$$

KCL \ V_2:

$$A = \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{1}$$

$$0 = \frac{V_2}{2} - 2i_1 + \frac{V_2 - V_1}{2}$$

هسا بنحسب (i_1) على قانون أوم $i_1 = \frac{V_1 - V_2}{1}$

$$0 = -2(V_1 - V_2) + \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{1} \quad \text{---- ②}$$

$V_1 = +70/9\ V$

(b) $2V_1 = A$

هسه بنعوض مكان $2V_1 = A$

KCL \ V_1: $5 = \frac{V_1 - V_2}{1} + \frac{V_1}{2}$ ---- ①

KCL \ V_2: $2V_1 = \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{1}$ ⇝ $0 = -2V_1 + \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{1}$ ---- ②

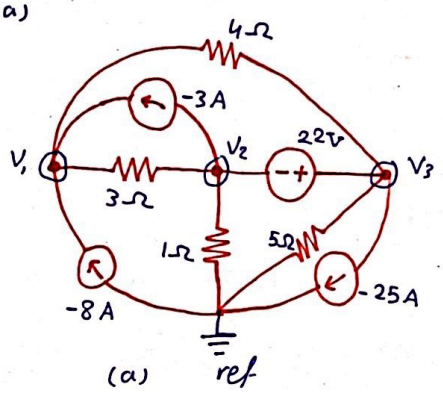
$V_1 = -10\ V$

Scanned with CamScanner

#(4.2) The Supernode "العقدة العلاقة"

حكينا عن السوبر نود من قبل بس بهاد السكشن بدنا نشوف كيف نحل عليها امثلة.
وبنحكي عنا سوبر نود لما بنلاقي فصر جهد بين نودين.

*Example: Determine the value of the unknown node voltage V_1 in the circuit of (a)



(a)

الحل: معطينا سيركت بالسؤال وطالب V_1، وبلاحظ في فصر جهد بين نودين، اذن بنعمل عليها سوبر نود.

KCL\ V_1: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$-8-3 = \frac{V_1 - V_2}{3} + \frac{V_1 - V_3}{4} \quad \text{---} \ ①$$

KCL\ supernode: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$0 = -25 + \frac{V_3}{5} + \frac{V_3 - V_1}{4} - 3 + \frac{V_2 - V_1}{3} + \frac{V_2}{1} \quad \text{---} \ ②$$

المعادلة الثانية على السوبر نود ③ ---

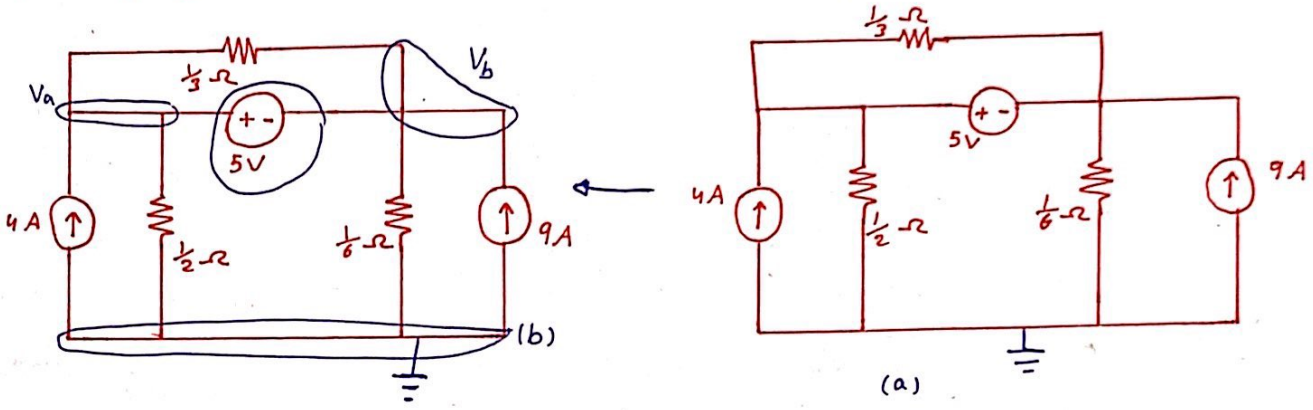
$$V_3 - V_2 = 22$$

$V_1 = 1.07$ V & $V_2 = 10.5$ V & $V_3 = 32.5$ V

#

Scanned with CamScanner

*Example: For the circuit (a), compute the voltage across each current source.



معطينا سيركت بالسؤال وطالب فرق الجهد على مصادر التيار . اول شي لازم نحدد النودز زي شكل (b)

KCL \ supernode:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$4 + 9 = \frac{V_a}{0.5} + \frac{V_b}{1/6} \quad \text{——} \ ①$$

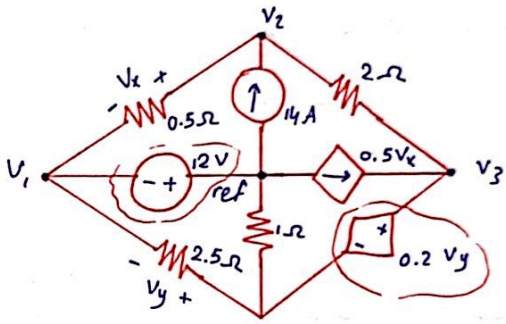
$$V_a - V_b = 5 \quad \text{——} \ ②$$

$$\rightsquigarrow V_a = 5.375 \ V$$

$$\rightsquigarrow V_b = 0.375 = 375 \ mV$$

Scanned with CamScanner

*Example: Determine the node-to-reference voltages in the circuit (a)



طالب بالـؤ ال نطلع فرق الجهد بين النودز والنود المرجعية

$V_1 = -12\ V$

KCL | V_2: $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

$$14 = \frac{V_2 - V_1}{0.5} + \frac{V_2 - V_3}{2} \quad \text{---- ①}$$

KCL | supernode:

$$0.5\,V_x = \frac{V_3 - V_2}{2} + \frac{V_4}{1} + \frac{V_4 - V_1}{2.5}$$

بنعوض $V_x = V_2 - V_1$ ←

$$\rightsquigarrow 0 = \frac{V_3 - V_2}{2} + \frac{V_4}{1} + \frac{V_4 - V_1}{2.5} + 0.5(V_3 - V_2)$$

$V_3 - V_4 = 0.2\,V_y$

$V_y = V_4 - V_1$ بنعوض فوق

$$V_3 - V_4 + 0.2(V_1 - V_4) = 0 \quad \text{---- ③}$$

$$\left(\frac{1}{0.5} + \frac{1}{2}\right) V_2 + \left(\frac{-1}{2}\right) V_3 + (0)\, V_4 = 14 + \frac{-12}{0.5}$$

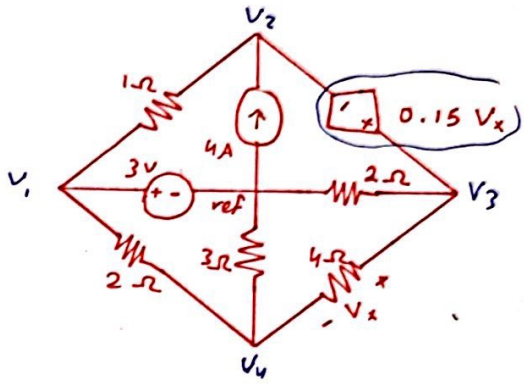
$$\left(\frac{-1}{2} - 0.5\right) V_2 + \left(\frac{1}{2}\right) V_3 + \left(1 + \frac{1}{2.5}\right) V_4 = 0.5 * 12 - \frac{12}{0.5}$$

$$(0)\, V_2 + (1)\, V_3 + (-1 - 0.2)\, V_4 = 0.2 * 12$$

$V_1 = -12\ V$, $V_2 = -4\ V$, $V_3 = 0\ V$, $V_4 = -2\ V$

Scanned with CamScanner

* Example: Determine the nodal voltages in the circuit (a)



طالب جهود النودز ، ماخل على النودال ؟

$V_1 = 3\ V$

KCL | V_4 :

$$0 = \frac{V_4}{3} + \frac{V_4 - V_3}{4} + \frac{V_4 - V_1}{2} \quad \text{---- ①}$$

KCL | supernode :

$$4 = \frac{V_2 - V_1}{1} + \frac{V_3}{2} + \frac{V_3 - V_4}{4} \quad \text{---- ②}$$

$V_3 - V_2 = 0.15\ V_x$

$\rightsquigarrow V_x = V_3 - V_4$ بنعوض فوق

$V_3 - V_2 + 0.15(V_4 - V_3) = 0$ ---- ③

- $(0)\ V_2 + (-\frac{1}{4})V_3 + (\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2})V_4 = \frac{3}{2}$
- $(1)\ V_2 + (\frac{1}{2} + \frac{1}{4})V_3 + (-\frac{1}{4})V_4 = 4 + 3$
- $(-1)\ V_2 + (1 - 0.15)V_3 + (0.15)V_4 = 0$

$V_1 = 3\ V$, $V_2 = 4.2\ V$, $V_3 = 4.5\ V$, $V_4 = 2.4\ V$

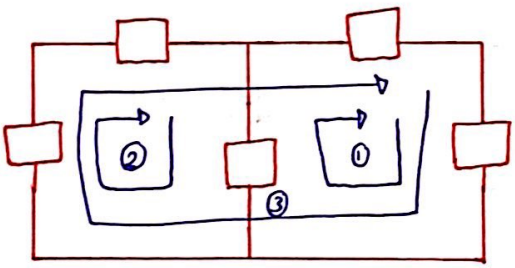
Scanned with CamScanner

#(4.3): Mesh analysis "تحليل الحلقات"

قبل ما شفنا قبل الـ nodal analysis طريقة تحليل مباشرة لما يكون في مصادر تيار كهربائي فقط موجودة ومصادر الجهد الكهربائي يكون سهل تحليلها عن طريقة الـ supernode . إذن تحليل العقد يعتمد على KCL . فممكن نحل بيالك إذا في طريقة مماثلة بتعتمد على KVL والجواب على الاشيا هاد نعم. موجودة طريقة تسمى بتحليل الحلقات mesh analysis . خلينا نشوف هيك عشان نعرف طريقة التحليل.

بس قبل خلينا نشوف كيف لازم نفكر باستخدام الـ mesh؟

1] assign the meshes in the ccl.



نحدد الحلقات بالدائرة الكهربائية.

① و ② بنسميهم حلقات (meshes) لكن ③ بنسميها loop

« الغرفة الصغيرة اسمها mesh اما الكبيرة اسمها loop »

- كل mesh = loop ولكن ليس كل loop = mesh

2] We solve KVL on mesh

منعمل على الحلقات meshes لكن بتحتاج يكون فروق جهود الاشياء الموجودة فيهم.

so we assign a current for every mesh يعني mesh على كل منفترض تيار يمر

- وعدد المعادلات المستخدمة في تحليل الـ mesh = عدد الحلقات meshes

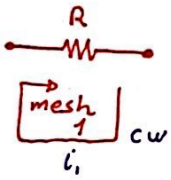
no number of equations = number of meshes

Scanned with CamScanner

* Cases of meshes:

حالات الحلقات:

١) رزستر جنبه mesh واحد.

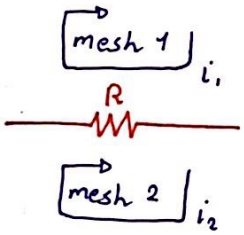


بقانون اوم بنحل هاي الحالة و ما بنهتم للموجب والسالب بال mesh بس احشي باتجاه التيار المفروض

KVL \ mesh 1:

$$\sum V = 0 \quad \rightsquigarrow \quad i_1 R + \sim\!\!-\!\!- = 0$$

٢) رزستر بين 2meshes (حلقات)



كل mesh بعتبر اتجاه تيارها موجب , مثلاً لوانك ماشي باتجاه mesh 1 بكون التيار المارفيه R هو $(i_1 - i_2)$. بالمقابل لوانك ماشي باتجاه mesh 2 بكون التيار المار في R هو $(i_2 - i_1)$. وزي ما حكينا قبل عدد المعادلات = عدد الـ meshes.

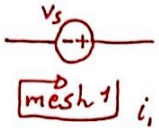
KVL \ mesh 1:

$$\sum V = 0 \quad \rightsquigarrow \quad (i_1 - i_2) R + \sim\!\!-\!\!- = 0$$

KVL \ mesh 2:

$$\sum V = 0 \quad \rightsquigarrow \quad (i_2 - i_1) R + \sim\!\!-\!\!- = 0$$

Scanned with CamScanner

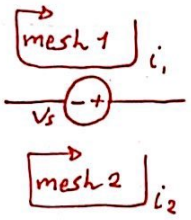


٣) مصدر جهد كهربائي (ind/dep voltage source) جنبه mesh

KVL\mesh 1:

$\Sigma V = 0 \rightsquigarrow -V_s + \cdots = 0$

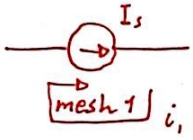
٤) مصدر جهد كهربائي (ind/dep voltage source) بين حلقتين (2meshes)



KVL\mesh 1: $\Sigma V = 0 \longrightarrow V_s + \cdots = 0$

KVL\mesh 2: $\Sigma V = 0 \longrightarrow -V_s + \cdots = 0$

٥) مصدر تيار كهربائي (ind/dep current source) جنبه mesh



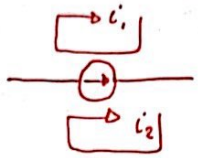
* المعادلة اللي بتعبر عن التيار الخارج mesh1 : $i_1 = I_s$

• Don't use KVL\mesh to find i_1. you can only use KVL\mesh to find the voltage (or power) accross the current source.

هنستخدم KVL على الـ mesh عشان نطلع i_1. بتقدر تطلع فرق الجهد طرفين مصدر التيار او الطاقة الصادرة او المتصة من مصدر التيار الكهربائي باستخدام KVL على mesh 1.

Scanned with CamScanner

٦ مصدر تيار كهربائي (ind/dep current source) بين حلقتين (2 meshes)



بنسمي حالي الحلقة العلاقة supermesh

• Don't use KVL\mesh 1 & don't use KVL\mesh 2 to find i_1 & i_2

ما تستخدم KVL على الحلقات لايجاد التيار في حالة الـsupermesh

• You can use KVL\mesh 1 or KVL\mesh 2 to find the voltage (or power) of I_s.

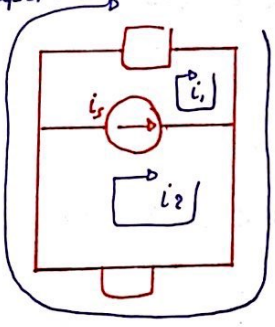
منستعمل KVL على الحلقات لايجاد فرق الجهد حولين مصدر التيار أو الطاقة المنتجة او الصادرة عن مصدر التيار الكهربائي.

طيب هسا ممكن يخطرلك سؤال "إذن كيف نطلع التيار؟"

والجواب هو بالـsupermesh او الحلقة العلاقة وتكون باستخدام معادلتين:

١ متعتبر مصدر التيار الكهربائي غير موجود وفعمل KVL على supermesh

supermesh

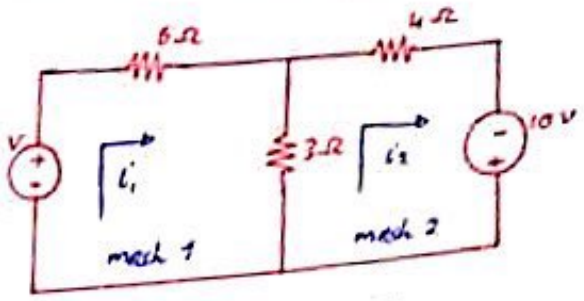


٢ المعادلة الثانية تكون عم التيار المار في مصدر التيار الكهربائي

$$i_s = i_2 - i_1$$

Scanned with CamScanner

*Example: In circuit (a), consisting of two voltage sources whose values are 42 V & 10 V and three resistors whose values are 6Ω & 3Ω & 4Ω, based on this information find the currents passing i_1 & i_2?



(a)

نلاحظ بالسؤال العادي بتتكون من حلقتين (2 meshes) خلينا KVL على كل حلقة.

KVL\mesh 1:

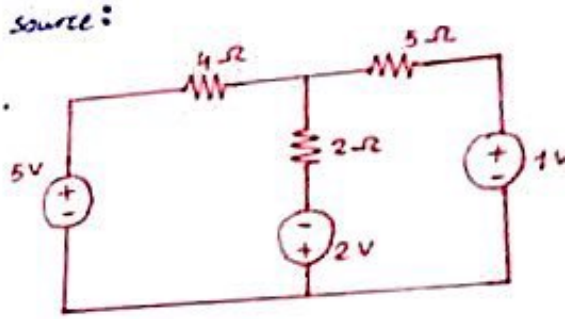
$$-42 + 6i_1 + 3(i_1 - i_2) = 0$$

KVL\mesh 2:

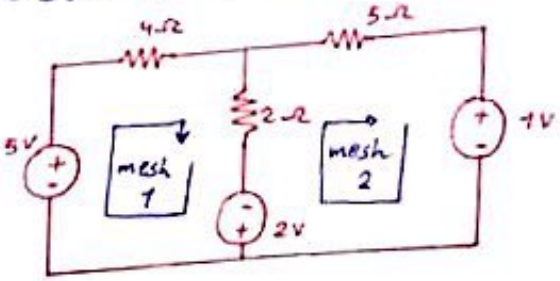
$$-10 + 3(i_2 - i_1) + 4i_2 = 0$$

بعد الحل: $\boxed{i_1 = 6\,A \;\&\; i_2 = 4\,A}$

*Example: Determine the power supplied by 2V source:



نلاحظ هاد السؤال فيكون من حلقتين خلينا نشوفهم



Scanned with CamScanner

KVL\mesh 1:

$$-5 + 4i_1 + 2(i_1 - i_2) - 2 = 0$$

KVL\mesh 2:

$$2 + 2(i_2 - i_1) + 5i_2 + 1 = 0$$

عن طريق حلهم: $\boxed{i_1 = \frac{43}{38} A \ \& \ i_2 = \frac{-2}{19} A}$

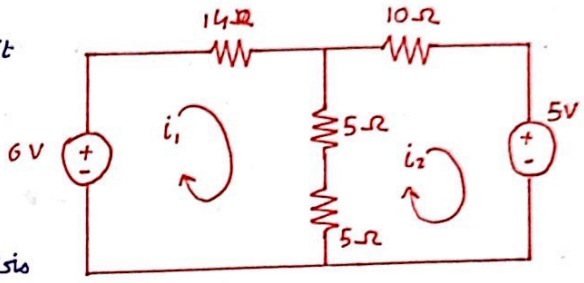
الآن بدنا نطلع الطاقة المتولدة في مصدر الجهد 2V:

$$P_{abs} = (i_2 - i_1) * V = \left(\frac{-2}{19} - \frac{43}{38}\right) * 2 = -2.4736 \ W$$

$$P_{gen} = -P_{abs} = -(-2.4736) = 2.4736 \ W$$

Scanned with CamScanner

* Example: Determine i_1 & i_2 in the circuit



نطبق KVL على الحلقات (meshes) :

• KVL\mesh 1:

$$-6 + 14i_1 + 5(i_1 - i_2) + 5(i_1 - i_2) = 0$$

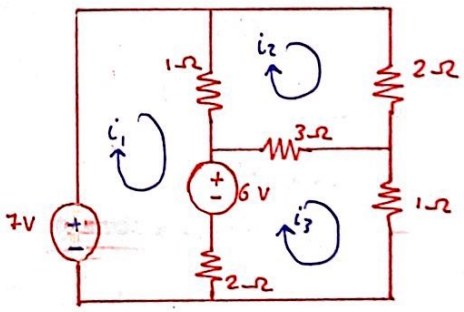
• KVL\mesh 2:

$$5 + 5(i_2 - i_1) + 5(i_2 - i_1) + 10i_2 = 0$$

بحل المعادلات:

$$i_1 = \frac{7}{38} = 184.2\ mA \quad \& \quad i_2 = \frac{-3}{19} = -157.9\ mA$$

* Example: Use mesh analysis to determine the mesh currents in the circuit



KVL\mesh 1: $-7 + 1(i_1 - i_2) + 6 + 2(i_1 - i_3) = 0$

KVL\mesh 2: $1(i_2 - i_1) + 2i_2 + 3(i_2 - i_3) = 0$

KVL\mesh 3: $2(i_3 - i_1) - 6 + 3(i_3 - i_2) = 0$

بحل المعادلات:

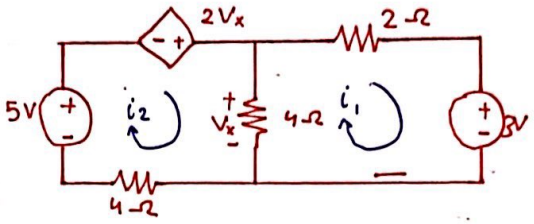
$i_1 = 3A$

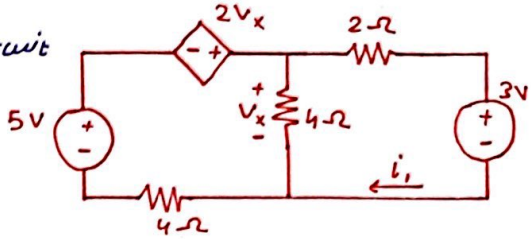
$i_2 = 2A$

$i_3 = 3A$

Scanned with CamScanner

* Example: Determine the current i_1 in the circuit





KVL\mesh 1: $3 + 4(i_1 - i_2) + 2i_1 = 0$

KVL\mesh 2: $-5 + 2V_x + 4(i_2 - i_1) + 4i_2 = 0$

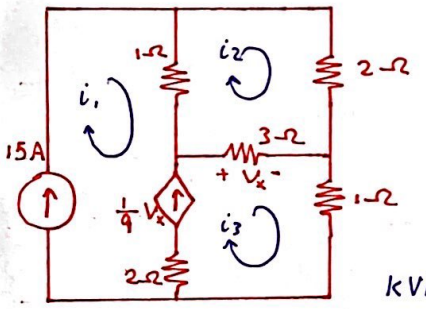
وعن طريق قانون اوم نطلع معادلة V_x:

$$V_x = (i_2 - i_1)R = 4(i_2 - i_1)$$

وعن طريق حل المعادلات:

$$i_1 = \frac{5}{4} = 1.25\ A \quad \& \quad i_2 = \frac{21}{8} = 2.625A \quad \& \quad i_3 = \frac{11}{2} = 5.5\ A \ \#$$

* Example: Evaluate the three unknown currents in the circuit.



بنطلع i_1 من مصدر التيار الكهربائي: $i_1 = 15\ A$

هنا بنعمل سوبر ميش

من قانون اوم: $V_x = 3(i_3 - i_2)$

من معادلة مصدر التيار: $\frac{1}{9}V_x = i_3 - i_1$

KVL\mesh 2:

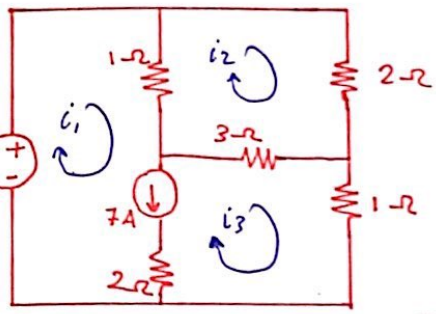
$$(i_2 - i_1) + 2i_2 + 3(i_2 - i_3) = 0$$

بنحل المعادلات:

$$i_2 = 11\ A \quad \& \quad i_3 = 17\ A \quad \& \quad V_x = 18\ V \ \#$$

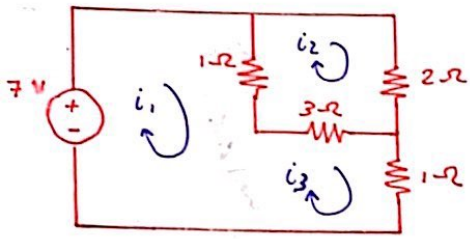
Scanned with CamScanner

* Example: Determine the three mesh currents



(2 meshes) بناء حظ في مصدر تيار كهربائي بين حلقتين

اذن بنعمل supermesh.



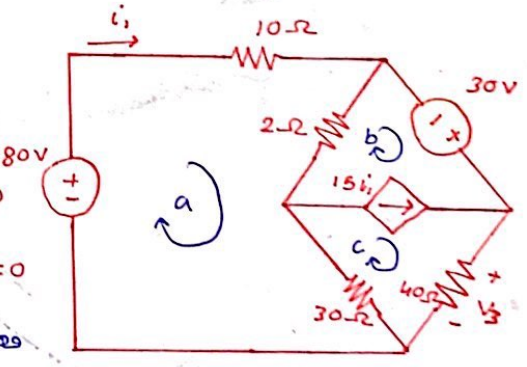
supermesh
KVL\~~mesh~~: $1*i_3 - 7 + 1*(i_1 - i_2) + 3(i_3 - i_2) = 0$

KVL\mesh 2: $1*(i_2 - i_1) + 2i_2 + 3(i_2 - i_3) = 0$

معادلة مصدر التيار: $7 = i_1 - i_3$

بحل المعادلات: $i_1 = 9\,A$ ، $i_2 = \frac{5}{2} = 2.5\,A$ ، $i_3 = 2\,A$

* Example: Determine V_3 in the circuit



$i_a = i_1$

KVL\mesh a: $-80 + 10\,i_a + 20(i_a - i_b) + 30(i_a - i_c) = 0$

KVL\supermesh: $30(i_c - i_1) + 20(i_b - i_a) + 30 + 40\,i_c = 0$

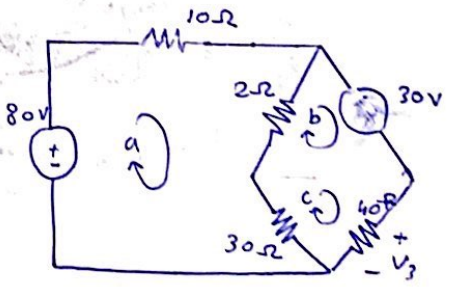
معادلة مصدر التيار: $15\,i_1 = 15\,i_a = i_c - i_b$

بحل المعادلات:

$i_a = \frac{87}{149} = 583.8\,mA$

$i_b = \frac{-917}{149} = -6.15\,A$

$i_c = \frac{388}{149} = 2.6\,A$



ومن هنا نوجد V_3 من the super mesh.

$V_3 = 40\left(\frac{388}{149}\right) = 104.16\,V$ #

Scanned with CamScanner

Chapter . 5 Handy circuit analysis techniques

«تقنيات تحليل الدوائر عملياً»

هسا بدنا نتعلم ٤ طُرق مهمة بتستخدم لتقليل عدد العناصر في الدوائر الكهربائية

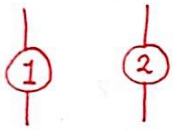
#(5.1): Linearity & Superposition

مبدأ السوبر بوزيشن بدك تشغل مصدر تيار او جهد واحد على حدى بشرط انه يكون معتمد (dependent). خلينا نشوف شو يعني هاد الكلي.

- مثلاً عنا مصدرين جهد أو تيار(dependent), وبدنا نطلع التيار i:

i': ① on & ② off

i'': ① off & ② on



$i = i' + i''$

* معلومة: لما تشوفوا بالسؤال due to only بتفكروا بالsuperposition

- ونفس المبدأ لو عنا ٣ مصادر بشغل كل واحد على حدى

i': ① on & ② off & ③ off

i'': ① off & ② on & ③ off

i''': ① off & ② off & ③ on

$i = i' + i'' + i'''$

Scanned with CamScanner

وهاد المبدأ بنسميه superposition , طيب خلينا نشوف كيف بدنا نطفي مصادر الجهد الكهربائي والتيار الكهربائي.

أولاً : إطفاء مصدر التيار الكهربائي « turning off current »

منعمل دارة مفتوحة open circuit حولين الكرنت سورس

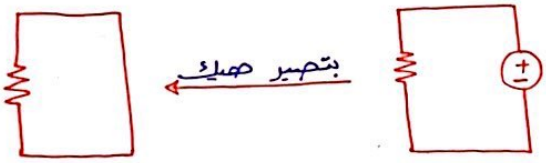
« زي كأنك جبت مقص وقصيت الاسلاك هوالية »

مثلاً هاي الدارة :

ثانياً : إطفاء مصدر الجهد الكهربائي « turning off voltage »

منعمل short circuit حولين الفولتج سورس. يعني بنحط سلك فاضي مكان الفولتج سورس.

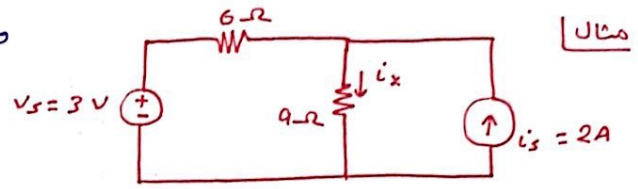
مثلاً هاي الدارة:



Scanned with CamScanner

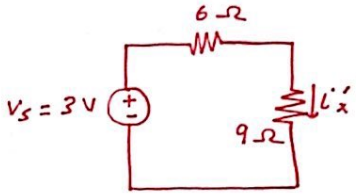
مثال

For the circuit shown, use superposition to determine the unknown current i_x.



بنلاحظ بالسيركت المعطية فيها dependent voltage source و dependent current source

فمثلاً خلينا نطفي اول شي الكرنت سورس « منعمل اوبن سيركت »

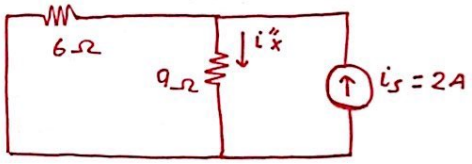


KVL \ loop: $-3 + 6i'_x + 9i'_x = 0$

$i'_x = 0.2A$

هسا بدنا نطفي الفولتج سورس « منعمل شورت سيركت »

هسا بدنا نطلع i''_x عن طريق current division



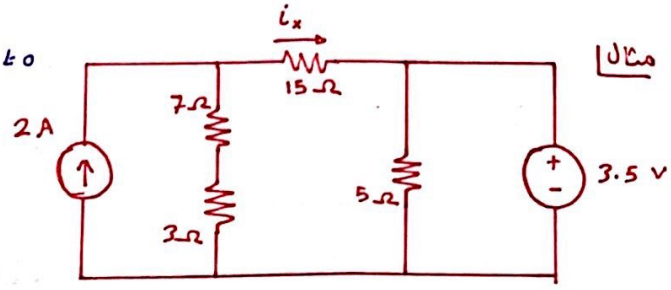
$$i''_x = \frac{2 * 9^{-1}}{9^{-1} + 6^{-1}} = 0.8\ A$$

$$\therefore i_x = i'_x + i''_x = 0.2 + 0.8 = 1\ A$$

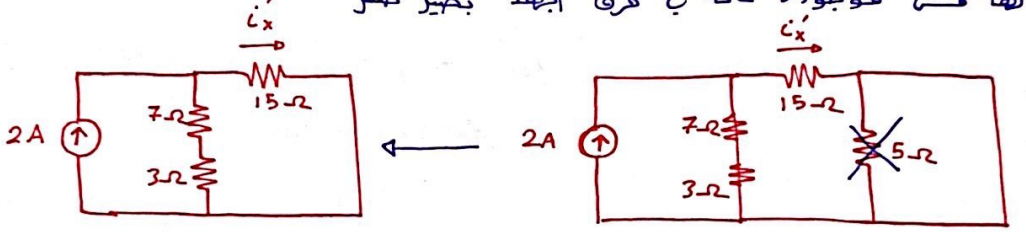
Scanned with CamScanner

مثال

For the circuit shown, use superposition to compute the current i_x.



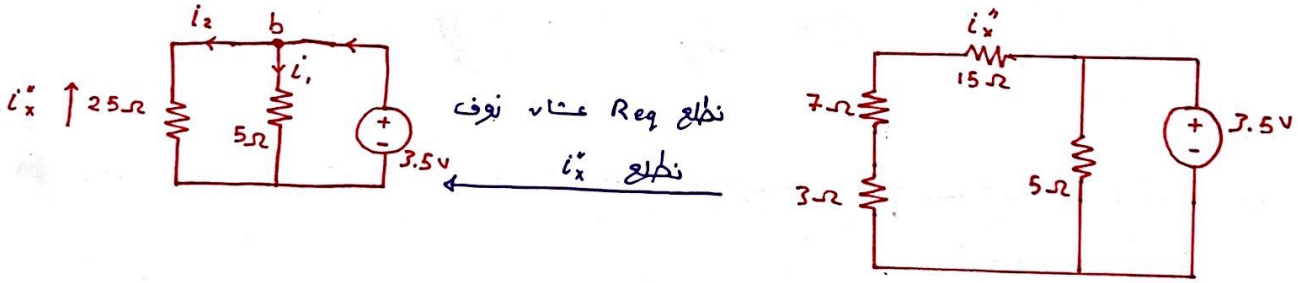
* خلينا اول شي نطفي الفولتج سورس « سورت سيركت », وطبعاً المقاومة اللي قيمتها 5Ω بتصير كأنها مش موجودة لأنه في فرق الجهد بصير صفر



: current division فنعمل

$$i'_x = \frac{2 * 15^{-1}}{15^{-1}+(7+3)^{-1}} = \frac{2 * 15^{-1}}{15^{-1}+10^{-1}} = 0.8\ A$$

* هسا بدنا نطفي الكرنت سورس « اوبن سيركت



نطلع Req عشان نوف i''_x نطلع

طبعاً التيار اللي طالع من الفولتج سورس داخل في النود b. إذن رح يكون i_1 & i_2 خارجين من النود b, بناء على KCL « اذن رح نحط اشارة سالبة لـ i''_x لانهم بعكس الاتجاه

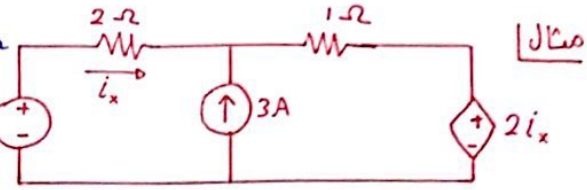
$$i''_x = \frac{-V}{R_{eq}} = \frac{-3.5}{25} = -0.14\ A$$

$$i_x = i'_x + i''_x = 0.8 + (-0.14) = 0.66\ A = 660\ mA$$

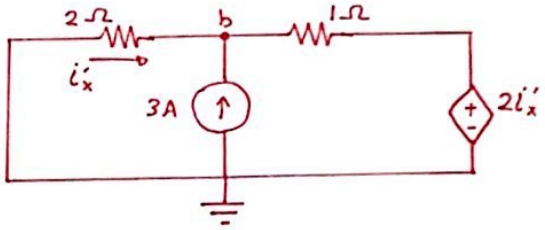
Scanned with CamScanner

مثال

In the circuit shown, use the superposition principle to determine the value of i_x.



طبعاً قبل ما نعمل اشي انتبهوا احنا بس بنطفي المصادر المعتمدة (dep.sources) قام نبلش نطفي الفولتج سورس « شورت سيركت »



طبعاً بتقدروا تحلوا بأي طريقة تحليل اخدناها قبل , مثلاً نحلها nodal analysis

$$I_{in} = I_{out} \rightsquigarrow 3 = \frac{V_b}{2} + \frac{V_b - 2i'_x}{1}$$

و بنطلع قيمة i'_x عن طريق قانون اوم

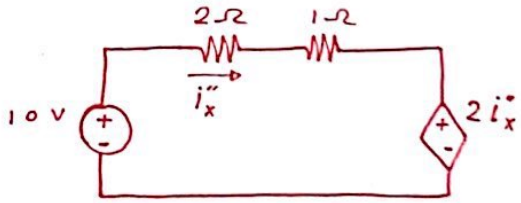
$$i'_x = \frac{V}{R} = \frac{0 - V_b}{2}$$

بنحل المعادلات :

$$i'_x = -0.6\,A$$

$$V_b = 1.2\,V$$

بعدين بنطفي الكرنت سورس بتصير دارة مكونة من حلقة وحدة , بكل بساطة بنعمل KVL



KVL \ loop : $-10 + 2i''_x + 1i''_x + 2i''_x = 0$

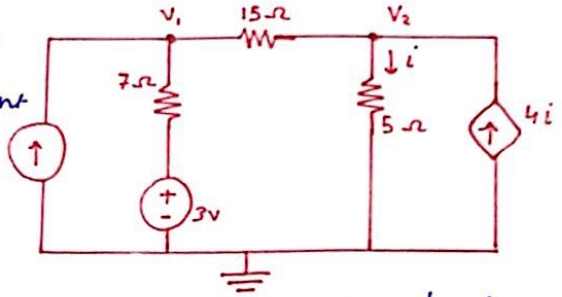
$$i''_x = 2A$$

$$i_x = i'_x + i''_x = -0.6 + 2 = 1.4\,A$$

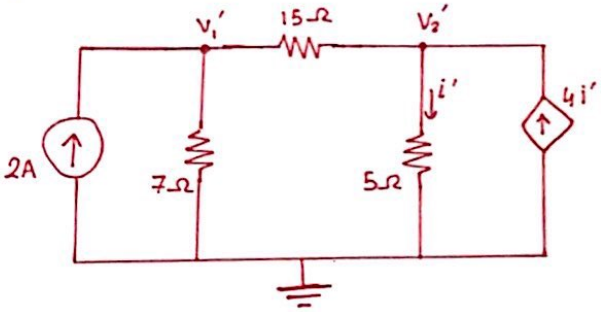
Scanned with CamScanner

مثال

For the circuit shown, use superposition to obtain the voltage across each current source.



* اول اشي نطفي الفولتج سورس «شورت سيركت»:



أسهل طريقة تفكروا بهيك دارة تعلموا nodal analysis:

KCL\ V_1':

$$I_{in} = I_{out} \rightsquigarrow 2 = \frac{V_1'}{7} + \frac{V_1' - V_2'}{15}$$

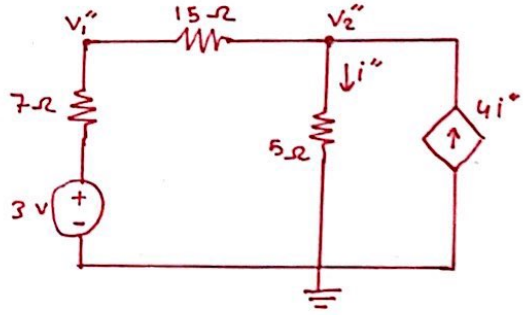
KCL\ V_2': $4i' = \frac{V_2'}{5} + \frac{V_2' - V_1'}{15}$

ومنطلع i من أوم: $i' = \frac{V_2'}{5}$

هاي المعادلات:

$$i' = \frac{-14}{61} = -229.5\,mA,\quad V_1' = \frac{560}{61} = 9.18\,V,\quad V_2' = \frac{-70}{61} = -1.148\,V$$

هسة بنطفي الكرنت سورس «اوبن سيركت»:



برضو مطلوب جهود، اذن بنحل nodal analysis

KCL\ V_1'': $I_{in} = I_{out} \rightsquigarrow 0 = \frac{V_1'' - 3}{7} + \frac{V_1'' - V_2''}{15}$

KCL\ V_2'': $4i'' = \frac{V_2''}{5} + \frac{V_2'' - V_1''}{15}$

منطلع i'' من أوم: $i'' = \frac{V_2''}{5}$

هاي المعادلات:

$$V_1'' = \frac{120}{61} = 1.967\,V,\quad V_2'' = \frac{-15}{61} = -0.246\,V,\quad i'' = \frac{-3}{61} = -49.18\,mA$$

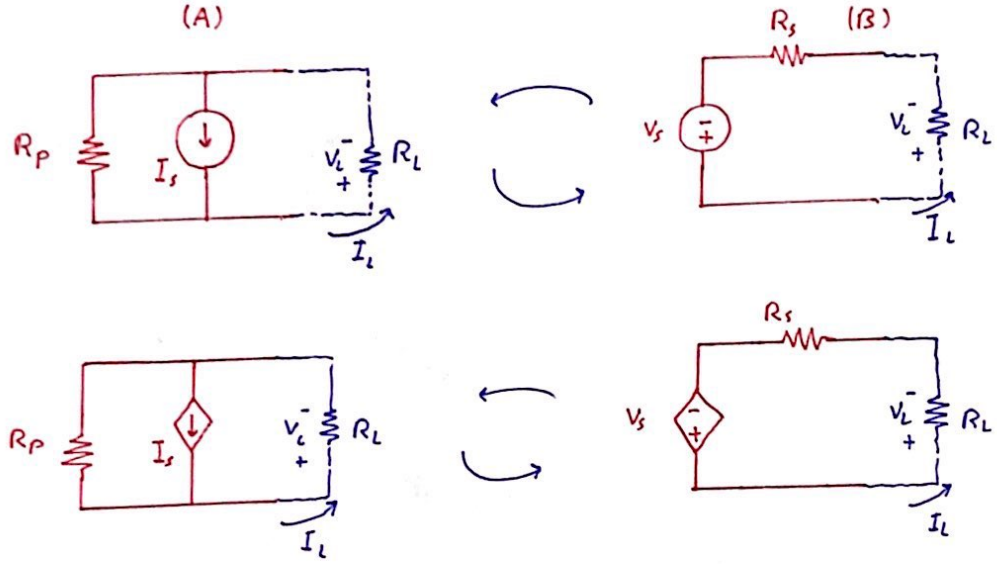
* $V_1 = 9.18 + 1.967 = 11.147\,V$ & $V_2 = -1.148 + -0.246 = -1.394\,V$

Scanned with CamScanner

#(5.2): Source Transformation «تحويل المصادر»

ثاني طريقة رح نحكي عنها لتحليل الدوائر الكهربائية وهي تحويل المصادر بغض النظر معتمدة أو غير معتمدة . وهي بكل بساطة بتحول السورس من مصدر للجهد لمصدر تيار أو العكس.

وبنعملها لما نشوف مصدر تيار متوازي مع مقاومة بنحوله لمصدر جهد على التوالي مع المقاومة وبالعكس كمان قاعدة لازم تضل ببالنا



when:
- R_s: series resistor
- V_s: voltage source
- R_L: load resistor
- V_L: load voltage
- I_s: source current
- R_P: parallel resistor
- I_L: load current

* condition for source translation: شروط تحويل المصادر

① $R_P = R_s$ من نفس القيمة على التوازي = لازم المقاومة اللي على التوالي

② $V_s = R_P (I_s)$

الإثبات:

* نطلع V_L من الشكل "A" من قانون اوم و I_L بنعمل current division:

$$V_L = I_L R_L = \frac{R_P (I_s)}{R_P + R_L} * R_L$$

* نطلع V_L من الشكل "B" منعمل voltage division: $V_L = \frac{R_L (V_s)}{R_L + R_s}$

يتبع ←

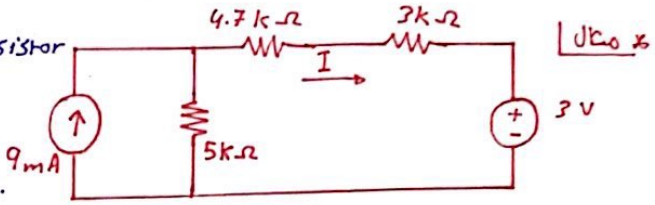
Scanned with CamScanner

* التقام = التقام ← $R_L + R_s = R_p + R_L$ ← $R_s = R_p$

* التبسط = التبسط ← $V_s R_L = R_p I_s R_L$ ← $V_s = R_p I_s$

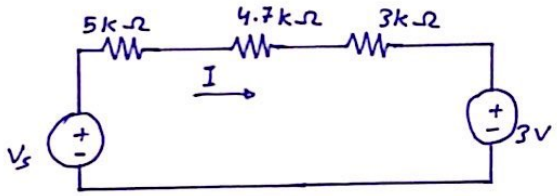
* مثال

Compute the current through the 4.7 kΩ resistor in the circuit shown after transforming the 9mA source into an equivalent voltage source.



ans

في عندنا كرنت سورس توازي مع المقاومة (5kΩ) بنحوله لفولتج سورس . طبعاً قيمته بنحسبها زي القوانين اللي اتفقنا عليها . طبيب الاتجاه؟؟ بكل بساطة الاتجاه الموجب تبعت الفولتج سورس بنفس مكان رأس السهم.



$V_s = I_s R_p = 9m * 5k = 45\ V$

عشان نطلع التيار بنعمل KVL :

KVL \ loop:

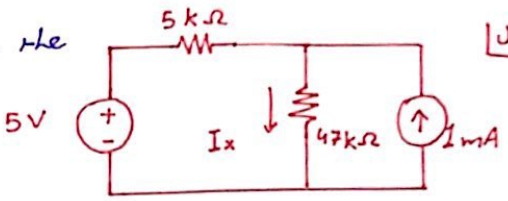
$5kI - 45 + 4.7kI + 3kI + 3 = 0$

$I = 3.307\ mA$

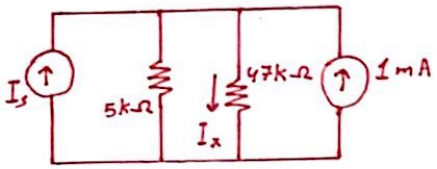
Scanned with CamScanner

مثال

for the circuit compute the current I_x through the 47kΩ resistor after performing a source transformation on the voltage source



الحل: طلب بالسؤال تحول الفولتج سورس لكرنت سورس

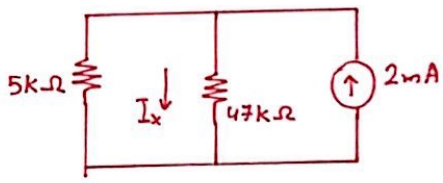


$$I_s = \frac{V}{R} = \frac{5}{5k} = 1mA$$

* هيسة بدنا نطلع الكرنت سورس المكافئ, منفترض اتجاه صح عنا وقيمته بتكون مجموع قيم الرحمة اذا بنفس الاتجاه المفروض بتكون الاشارة موجبة واذا عكس الاتجاه المفروض بتكون الاشارة سالبة

هيسة بنطلع I_x عن طريق current division

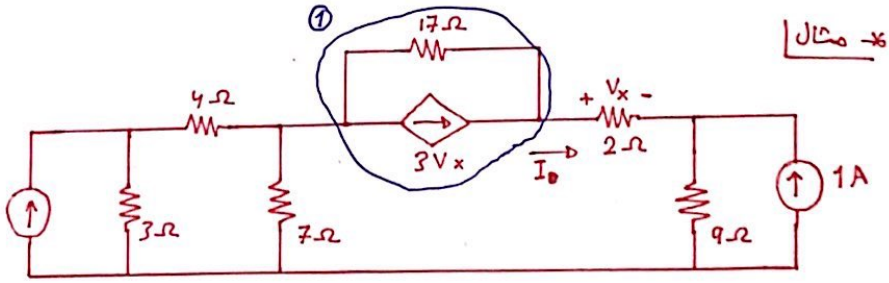
$$I_x = \frac{2m * (47k)^{-1}}{(47k)^{-1}+(5k)^{-1}} = 192\,\mu A$$



---

* مثال

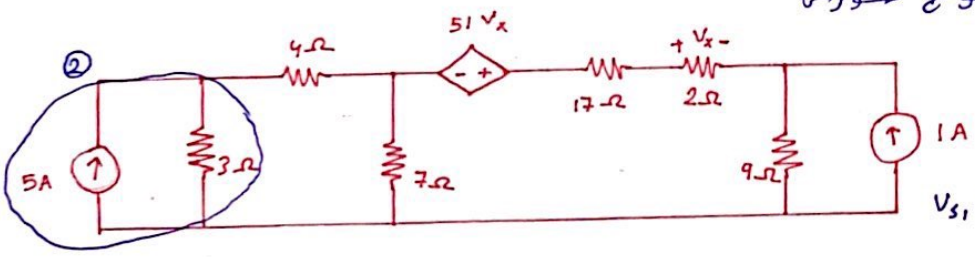
Calculate the current through the 2Ω resistor in circuit by making use of source transformations to first simplify the circuit.



Scanned with CamScanner

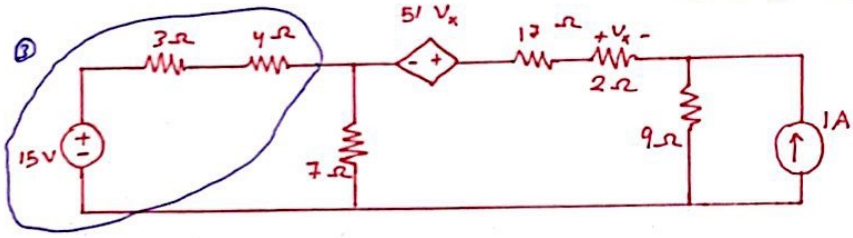
Sol. الهدف بحلي الدائرة، إما single node أو single loop مثلاً خلينا نحل السؤال على أساس حلقة عشان طالب التيار:

← اول اشي نحول ① لفولتج سورس توالي مع مقاومة:



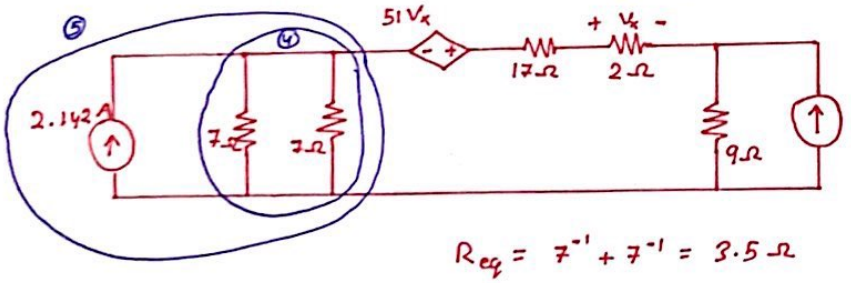
$V_{s1} = 17 * 3\ V_x = 51\ V_x$ V

← ثاني اشي نحول ② لفولتج سورس توالي مع مقاومة



$V_{s2} = 5 * 3 = 15\ V$

← ثالث اشي بحول ③ لكرنت سورس توازي مع مقاومة:



$I_s = \frac{15}{7} = 2.142A$

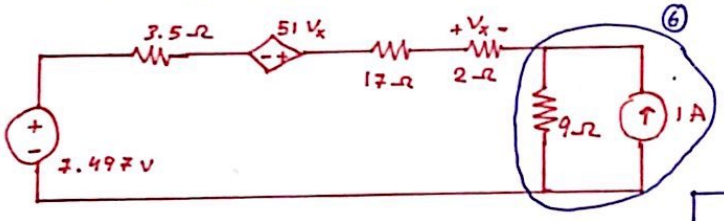
← رابع اشي بنطلع Req ④: $R_{eq} = 7^{-1} + 7^{-1} = 3.5\ \Omega$

وبعدين بنطلع ⑤ بحوله لفولتج سورس توالي مع Req

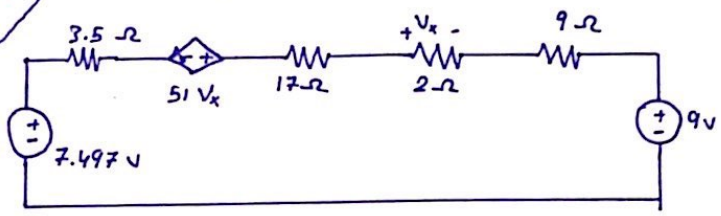
$V_{s3} = 2.142 * 3.5 = 7.497\ V$

Scanned with CamScanner

← اخر اشي عشان نحولها لـ single loop بنحول ⑥ لمولج سورس تواكي مع مقاومة



$V_s = 1 * 9 = 9\ V$



هسة عشان نطلع بتيار عن طريق KVL :

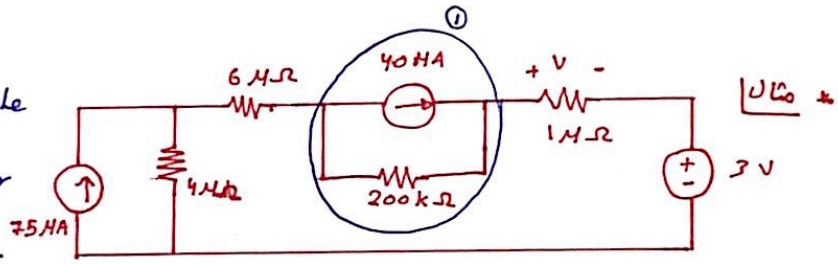
KVL \ loop: $-7.497 + 3.5I - 51V_x + 17I + 2I + 9I + 9 = 0$

بنطلع V_x من قانون اوم $V_x = I * 2$

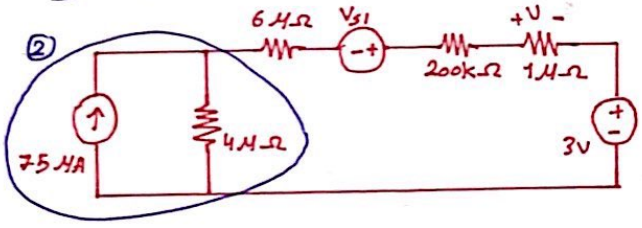
عن طريق حل المعادلات : $I = 21.31\ mA$ $V_x = 42.63\ mV$

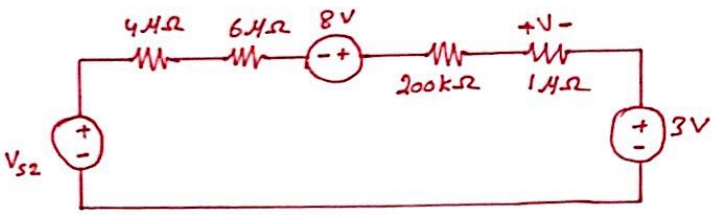
* مثال

for the circuit shown, compute the voltage V across the 1 MΩ resistor using repeated source transformation.



بهاد السؤال طالب جهده 1M , منبلش ب ① بنحوله لمولج سورس تواكي مع مقاومة $V_{s1} = 40M * 200k = 8V$





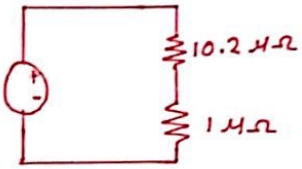
$V_{s2} = 75M * 4M = 300\ V$

Scanned with CamScanner

اخر اشي بنطلع مكافئة المقاومات ما عدا المطلوب جهدها $R_{eq} = 4\Omega + 6\Omega + 200k = 10.2\ k\Omega$

وبنطلع فولتج سورس مكافئ بنفس مبدأ مكافئة المقاومات سورس اللي حكيناه من قبل بنفترض اقطاب الفولتج، واذا الرسمة بنفس الاتجاه بنحطه اشارة موجبة واذا عكس الاتجاه سالب

$V_{eq} = 300 + 8 - 3 = 305\ V$



وبنطلع V على الفولتج د فجده

$$V = \frac{305 * 1M}{1M + 10.2M} = 27.2\ V$$

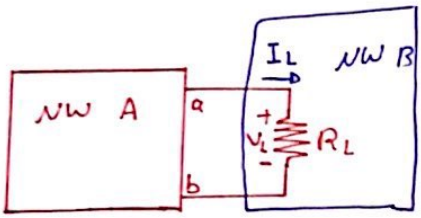
#(5.3): Thevenin & Norton equivalent circuits

هسا بما انه تعرفنا على طرق التحليل source transformation & super position بدنا نتطور لطريقتين تحليل جداد ببسطوا شكل الدارة الكهربائية كثير

اول طريقة بنسميها نسبة للعالم الفيزيائي ثفنن Thevenin والطريقة الثانية نتيجة الاولى واسمها نسبة للعالم نورتن Norton

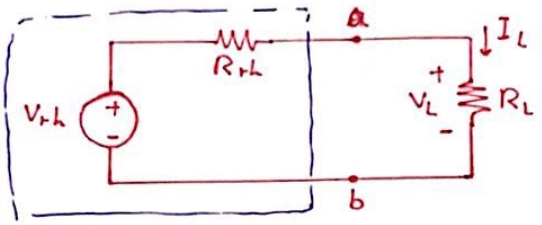
مثلاً نبلش بمبدأ العالم ثفنن، نعتبر امامنا دارة كهربائية بدنا نطلع جزء منها دارة مكافئة طبعاً هاد الجزء من الدارة بنسميه Network (NW) رح يتكون من مصدر جهد كهربائي قيمته V_{TH} وعم على التوالي مقاومة قيمتها R_{TH}

Scanned with CamScanner



مثلاً هاي الدارة بدنا نطلع الـ Thevenin equivalent لنتورك A
رح يكون شكلها؟

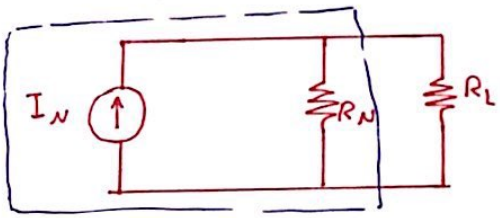
Thevenin eq ckt



طبعاً بناءً على السكشن اللي قبل source transformation بنقدر نطلع الـ Norton equivalent
لنتورك A رح يكون شكلها؟

- NW : Network
- R_{Th} : Thevenin resistance
- V_{Th} : Thevenin voltage
- I_N : Norton current
- R_N : Norton resistance

Norton eq ckt



* بناءً على السورس ترانسفورميشن بنطلع العلاقة بين الثفنن و النورتن؟

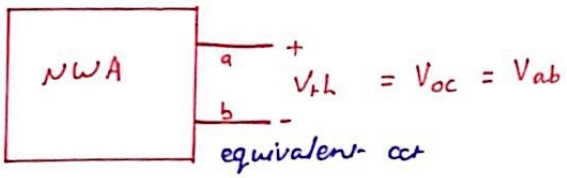
$$R_{Th} = R_N \quad \& \quad V_{Th} = I_N R_N$$

* طبعاً عشان نحسب V_{Th} و R_{Th} في حالات لشكل الجزء اللي بدنا نحوله « اللي حنياه NWA »
خلينا نتعرف عليهم؟ cases of NWA (component-s)

الحالة الأولى: نتورك A بتحتوي على فقط « مقاومات + مصادر غير معتمدة »
(ind. sources + resistors)

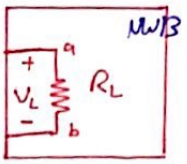
عشان نطلع الـ V_{Th} بنعمل دارة مفتوحة « open circuit » بعد ما نفصله عن الـ (NWB)
ونحطه على جنب

Scanned with CamScanner



$V_{th} = V_{oc} = V_{ab}$

equivalent circuit



* هدفنا نطلع المقاومة المكافئة للثفنن :

to find R_{th} :

- disconnected NWB
- kill the ind. sources « turn off » المعتمدة بنطفي المصادر غير

← اذا كان مصدر تيار بنعمله دارة مفتوحة (o.c)

← اذا كان مصدر جهد بنعمله شورت سيركت (s.c)

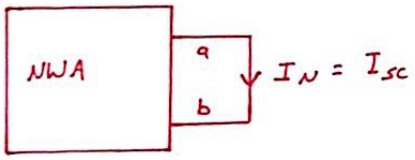
والمقاومة الثفنن بتكون نفسها المقاومة المكافئة بعد ما نطفي المصادر غير المعتمدة

$R_{th} = R_{eq}$ « after killing the ind. sources »

وبنقدر نطلع التيار النورتن من قانون اوم

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

* او تيار النورتن هو نفسه تيار الشورت سيركت بعد فصل NWB « $I_N = I_{sc}$ »



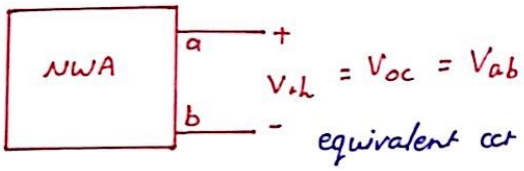
يعني ممكن نحل المثال اللي فوق بـ طريقتين نطلع تيار النورتن :

* من قانون اوم
* من الشورت سيركت

Scanned with CamScanner

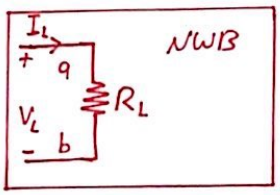
الحالة الثانية: نتورك A بتحتوي على « مقاومات + مصادر غير معتمدة + مصادر معتمدة »
(dep. sources + ind. sources + resistors)

* حساب نطلع V_{th} أو V_{oc} بنعمل دارة مفتوحة « open circuit » بعد ما نفصله عن الـ NWB



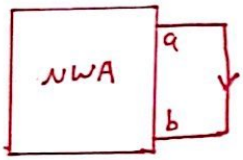
$V_{th} = V_{oc} = V_{ab}$

equivalent ckt



* في طريقتين نطلع R_{th} بهاي الحالة:

1/ قانون اوم: بنفصل NWB و بنطلع $I_N = I_{sc}$



$I_N = I_{sc}$ ← $R_{th} = \frac{V_{th}}{I_N}$

2/ نطفي المصادر غير المعتمدة « kill the ind. sources » (turn off)

~~no of the~~ current sources (O.C) « open circuit »

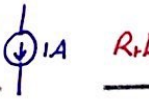
no voltage sources (S.C) « short circuit »

بضل عندك بالدارة مصادر معتمدة + مقاومات

* كيف بدنا نتعامل مع السيركت؟ بنطفي مصدر غير معتمد خارجي « مو عندك »

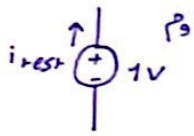
طريقة عيد ميلاد: اطفي السمع ونجيب شمعة مو عندنا current or voltage source

← طبعاً بتطفيف « current source » و بنحط عليه اي قيمة مو عندك بس الأسهل نخلي default تكون قيمته (1A) وبكون حوله فرق جهد نسميه V_{test} ومنها بنطلع R_{th} على قانون اوم $R_{th} = V_{test}$



Scanned with CamScanner

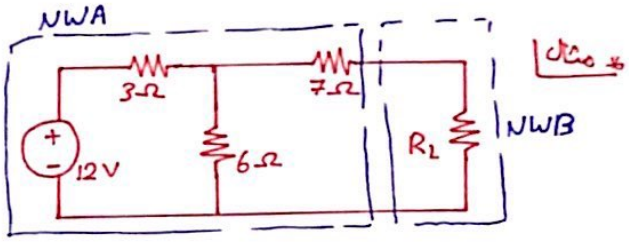
أو بتطفيء « voltage source » وبتحط عليه اي قيمة من عندك و برضو تخلي الـdefault تكون قيمته (1V) وبمر فيه تيار نسميه i_{test} ومنها بنطلع R_{TH} على قانون اوم



$$R_{TH} = \frac{1}{i_{test}}$$

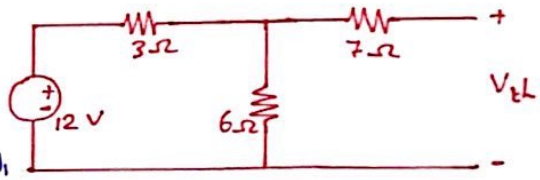
* مثال

Consider the circuit shown, Determine the Thevenin equivalent of Network A, and compute the power delivered to the load resistor R_L



sol: منفصل اوين سيركت حولين R_L عشان نطلع اد V_{TH}

عشان نطلع V_{TH} اول اشي اد 7Ω خارج بمر فيه تيار فخارج تكون فقاوفتها صفر كأنها مش موجودة فبتصفي الدارة single loop circuit بمر فيها تيار واحد بنحسبه عن طريق KVL

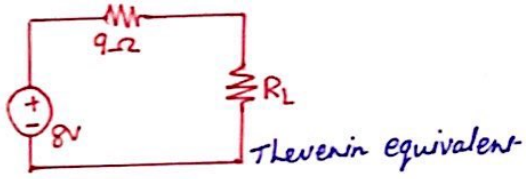


KVL \ loop:

$$-12 + 3i + 6i = 0 \rightarrow (i = 1.3A)$$

ومنها V_{TH} من قانون اوم

$$V_{TH} = 6i = 8\,V$$



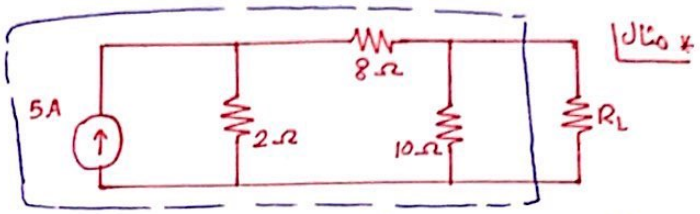
و بنطلع R_{TH} بتكون 7Ω توالي مع (6Ω//3Ω)

$$R_{TH} = 7 + (6^{-1} + 3^{-1}) = 9\,\Omega$$

Scanned with CamScanner

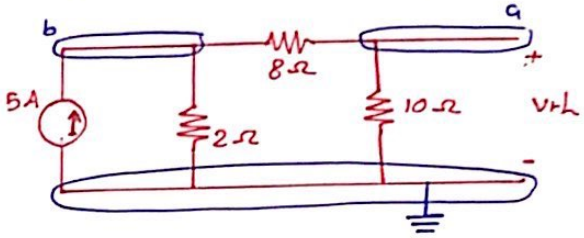
* مثال

Determine the Norton equivalent of the highlighted network in the circuit shown.



بدنا نطلع V_{th} & R_{th} وبعدين على قانون اوم

بنطلع V_{th} بـ nodal analysis :



KCL \ node a: $I_{in} = I_{out}$

$$0 = \frac{V_a}{10} + \frac{V_a - V_b}{8}$$

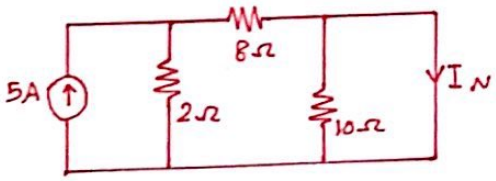
KCL \ node b: $$5 = \frac{V_b - V_a}{2} + \frac{V_b}{2}$$

$$\boxed{V_{th} = V_a = 5\,V} \quad , \quad \boxed{V_b = 9\,V}$$

$$R_{th} = 10 // (8+2) = (10^{-1} + 10^{-1})^{-1} = 5\,\Omega$$

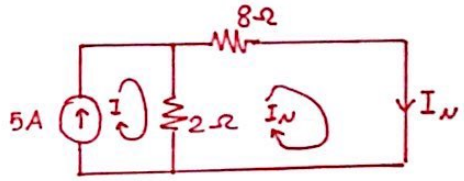
$$I_N = \frac{V_{th}}{R_{th}} = \frac{5}{5} = 1\,A$$

حله بطريقه ثانية : $I_N = I_{s.c}$



طبعاً الـ 10Ω رح يصير كانه مش موجود لانه فرق الجهد حواليها صفر

وهسا بنطلع الـ I_N بـ mesh analysis

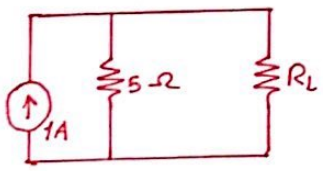


$I = 5A$

KVL / Norton loop :

$$2(I_N - I) + 8\,I_N = 0$$

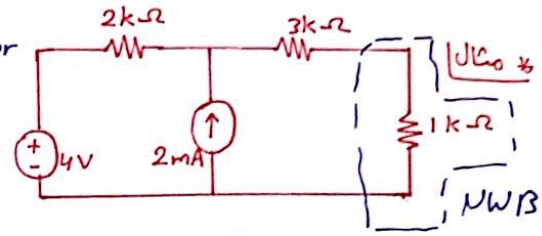
$$\therefore I_N = 1A$$



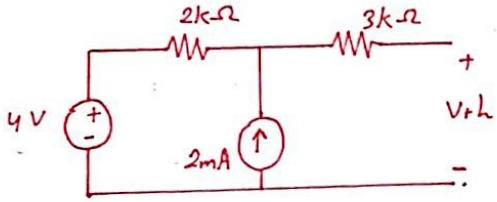
Norton equivalent

Scanned with CamScanner

Find the Thevenin & Norton equivalent circuits for the network faced by the 1kΩ resistor.



مثال

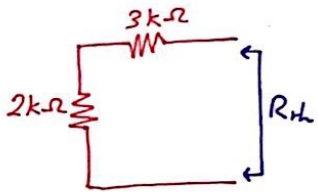


∴ التيار الكلي يمر بـ (3kΩ) صفر، إذن كأنها غير موجودة

والتيار الكلي يمر بـ (2kΩ) هو (2mA) من مصدر التيار.

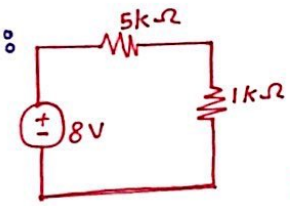
بتعمل KVL عشان نطلع V_{Th} :

$$-V_{Th} + 2k * 2m + 4 = 0 \rightarrow \boxed{V_{Th} = 8\ V}$$



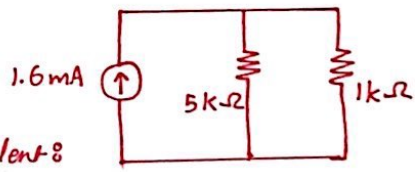
$$R_{Th} = 3k + 2k = 5k\Omega$$

Thevenin equivalent:



من قانون أوم:

$$I_N = \frac{V_{Th}}{R_{Th}} = \frac{8}{5k} = 1.6\ mA$$

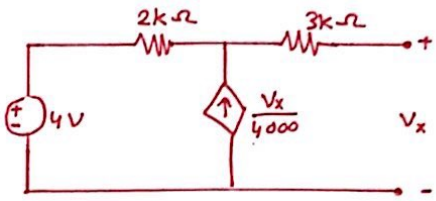


Norton equivalent:

Scanned with CamScanner

* مثال

Determine the thevenin equivalent of the circuit:



sol: حساب نظرية V_{th} بتكون الدارة عبارة عن (one loop)

KVL \ big loop:

$$-V_x + 2ki + 4 = 0$$

التيار الي بمر بـ (2kΩ) هو نفسه الخارج من الـ current source

$$i = \frac{V_x}{4000}$$

حل المعادلات: $\boxed{V_x = 8V}$ & $\boxed{i = 2mA}$

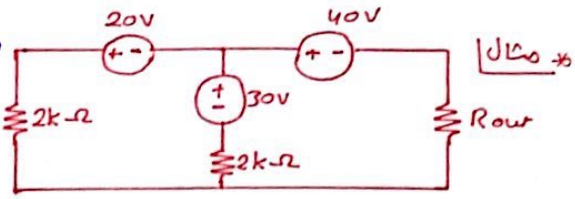
#(5.4): Maximum power transfer "نقل الطاقة القصوى"

* أقصى طاقة تم توصيلها للـ load:

$$P_{max\ /\ delivered\ to\ load} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$$

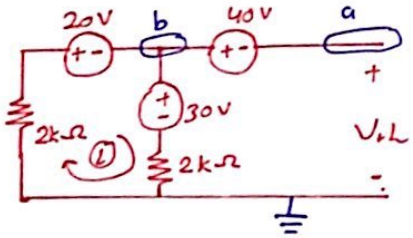
Scanned with CamScanner

Consider the circuit below. What is the maximum power that can be delivered to Rout (B) If Rout = 3kΩ, find the Power delivered to it.



* مثال

* اول اشي خلينا نطلع ال Thevenin equivalent لل circuit بالكهربائية.



$V_b - V_a = 40\ V$

هسة بنحسب التيار المار في الحلقة عشان نطلع V_b عن طريق KVL

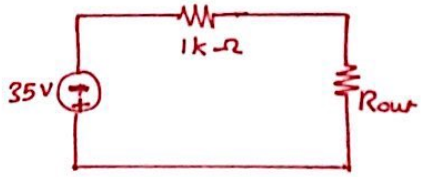
KVL \ loop 8 $\quad 30 + 2k\,i + 2k\,i + 20 = 0 \rightarrow i = -12.5\ mA$

$V_b = 30 + 2k\,i = 5\ V \rightarrow V_a = -35\ V = V_{Th}$

$R_{Th} = 2k \text{ Parallel } 2k = (2k^{-1} + 2k^{-1})^{-1} = 1k\Omega$ * لازم بنطلع R_{Th}

لأنو بنطلع مطاليب السؤال *

(A) $P_{max} = \frac{V_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{35^2}{4*1*10^3} = 306.25\ mWatt$



(B) P delivered to Rout if Rout = 3kΩ

بنطلع فرق الجهد حولين Rout عن طريق voltage division

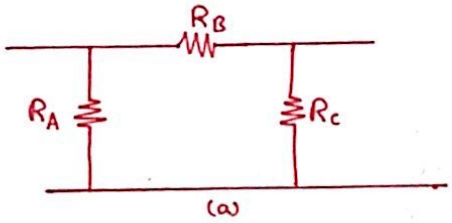
$V = \frac{35 * 3k}{3k + 1k} = 26.25\ V$

$P_{delivered} = \frac{V^2}{R} = \frac{26.25^2}{3k} = 229.6\ mWatt$

Scanned with CamScanner

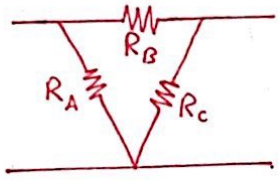
#(5.5): Delta-Wye conversion (Δ-y conversion)

الآن بدنا نتعلم كيف نطلع المقاومة المكافئة بحالة ما كانوا المقاومات متوازيات « نفس فرق الجهد » أو متواليات « نفس التيار الكهربائي » يعني بكونوا على حورة مش نفس الجهد ولا التيار. خلينا نشوف امثلة:

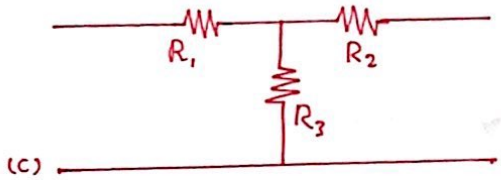


← نرسم نفس الدارة (a) بشكل ثاني

بطلع عنا الدارة (b)

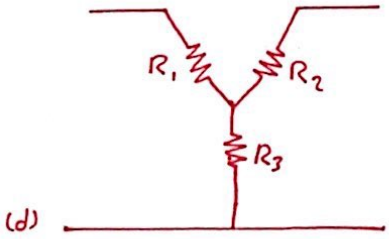


« بنسمي هاد الشكل دلتا »



← نرسم نفس الدارة (c) بشكل ثاني

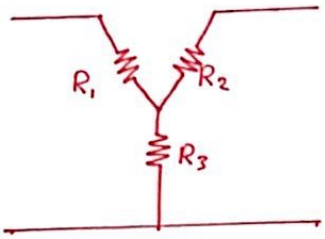
بطلع عنا الدارة (d)



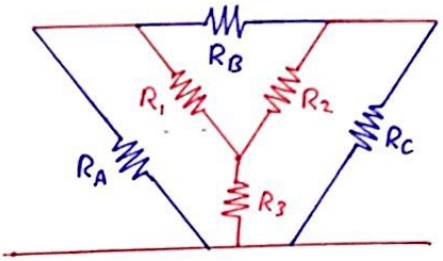
« بنسمي هاد بشكل Y »

Scanned with CamScanner

فلما نحوف بالدارة الكهربائية Y او دلتا بنحير نحولهم لكي يصير عنا مقاومات توالي أو توازي وبنطبق المقاومة المكافئة زي ما تعلمنا قبل حسب القوانين :



بنركب مقاومات عشان نحوله لدلتا ←



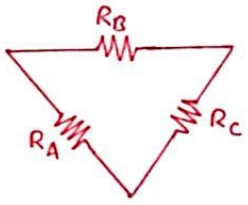
$$R_A = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2}$$

$$R_B = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3}$$

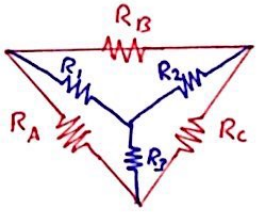
$$R_C = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1}$$

Y to delta

* بنلاحظ البسط مشترك
* بنقسم على المقاومة البعيدة



بنركب مقاومات عشان نحوله لـ Y ←



$$R_1 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_3 = \frac{R_C R_A}{R_A + R_B + R_C}$$

delta to Y

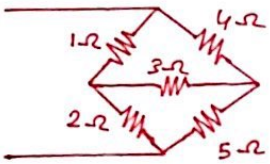
* بنلاحظ المقام مشترك
* بنحط بالبسط حاصل ضرب المقاومتين اللي حولين الفرع المطلوب

مثلاً R_1 بين R_A و R_B وهكذا ...

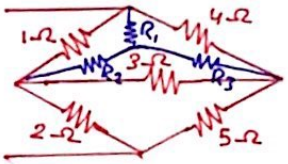
Scanned with CamScanner

* مثال

Use the technique of Δ-Y conversion to find the Thevenin equivalent resistance of the circuit



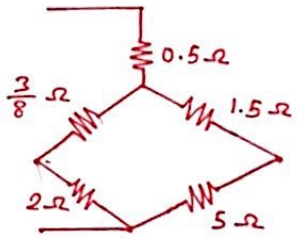
بلاحظ هاي الدارة فيها دلتا، بدنا نحوله لـ Y و بشوف شكل الكي بطلع معنا « اذا ما صار توالي او توازي من اول مرة بنضل نغير بشكل السيركت »



$$R_1 = \frac{4*1}{1+4+3} = 0.5\,\Omega$$

$$R_2 = \frac{1*3}{1+4+3} = \frac{3}{8} = 0.375\,\Omega$$

$$R_3 = \frac{4*3}{1+4+3} = \frac{3}{2} = 1.5\,\Omega$$



$$R_{eq} = 0.5 + \left((1.5+5) \,//\, (\tfrac{3}{8}+2)\right)$$

$$= 0.5 + \left((1.5+5)^{-1} + (\tfrac{3}{8}+2)^{-1}\right)^{-1}$$

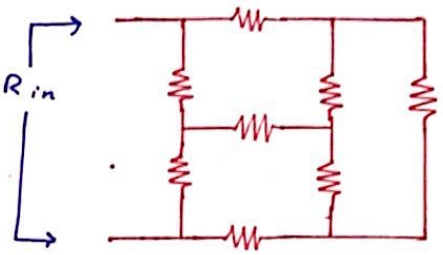
$$= \frac{159}{71}$$

$$\rightsquigarrow R_{eq} = 2.239\,\Omega$$

Scanned with CamScanner

* مثال

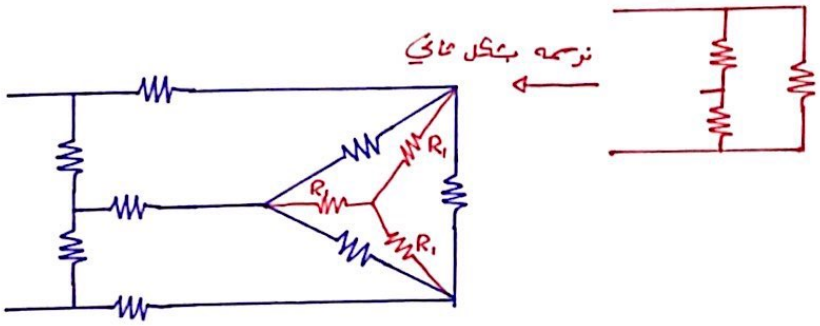
Use the technique of Y-Δ conversion to find the thevenin equivalent resistance of the circuit

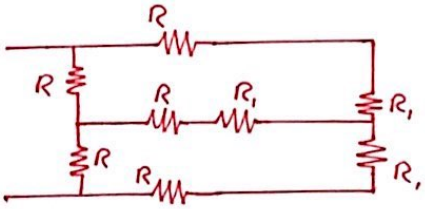


Each R is 10Ω

* بنلاحظ في دلتا, خلينا نحولها :

نرسمه بشكل تاني



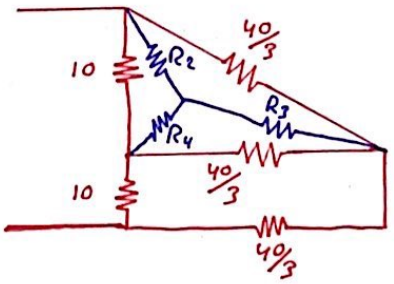


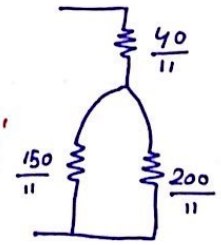
$$R_1 = \frac{10 * 10}{10+10+10} = \frac{10}{3} = 3.33\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{10 * 40/3}{10+\frac{40}{3}+\frac{40}{3}} = \frac{40}{11} = 3.63\ \Omega$$

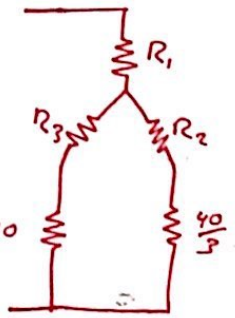
$$R_3 = \frac{\frac{40}{3} * \frac{40}{3}}{10+\frac{40}{3}+\frac{40}{3}} = \frac{160}{33} = 4.848\ \Omega$$

$$R_4 = \frac{10 * 40/3}{10+\frac{40}{3}+\frac{40}{3}} = \frac{40}{11} = 3.63\ \Omega$$





تبسيط الدارة



$$R_{eq} = \frac{40}{11} + \left(\frac{150}{11} \,//\, \frac{200}{11}\right) = \frac{40}{11} + \left(\left(\frac{150}{11}\right)^{-1} + \left(\frac{200}{11}\right)^{-1}\right)^{-1}$$

$$R_{eq} = \frac{80}{7} = 11.428\ \Omega$$

Scanned with CamScanner

Chapter .7 : Capacitors & Inductors «المواسعات والمحثات»

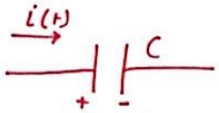
هيسا بدنا نتعرف عناصر جديدة بالدارة الكهربائية غير المصادر و المقاومات . الي هية المواسعات والمحثات .

#(7.1): The Capacitor «المواسع»

The capacitor is storing energy element « stores voltage »

المواسع : اداة لتخزين الجهد الكهربائي . ويرمز له بالشكل ⊣⊢ أو ⊣(وبرمزه « C » ويقاس بالفاراد « farad »

C : capacitance



اذا بننتبه التيار و الجهد المار في المواسع * بحالة الشحن

* بنقدر نحسب التيار المار بالمواسع عن طريق القانون : $i(t) = C\frac{dv}{dt}$
  - التيار يتناسب طرديا مع مشتقة الجهد .

* و الجهد الكهربائي على طرفي المواسع عن طريق القانون :

$$V(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t')\,dt' + V(t_0)$$

(t' يلزم نفس بعض)

when t_0 : initial time (s)

$V(t_0)$: initial voltage when $t = t_0$

* طبعاً بما انه عنا جهد وتيار بنقدر نحسب الطاقة مثل قبل :

$$P(t) = VI = V(t) * I(t) = C\frac{dv}{dt}V(t)$$

Scanned with CamScanner

وهسة بدنا نتعرف على مفهوم جديد الي هو القدرة (energy) والي هو عبارة عن تكامل power . و بنرمزله بالرمز (W) او عكس نلاقيها (E) ووحدتها جول Joule

$$W(t) = \int_{t_0}^{t} P\,dt' = C\int_{t_0}^{t} V\frac{dV}{dt'}\,dt' = \frac{1}{2}\left(V(t)^2 - V(t_0)^2\right)$$

$W(t) = \frac{1}{2} CV^2$, when $V(t_0)$: initial voltage

طبعاً عكس يطلب منا initial energy . بنعوض بالقانون فرق الجهد الابتدائي

$E_0C = \frac{1}{2} C V_c(t_0)^2$, when E_0C : initial energy in the capacitor

#(7.2): The Inductor « الملف »

قبل ما نبلش بالحسابات خلينا نشوف الفرق بين الملف والمواسع:

Note : capacitance is a dual element for inductance

يعني في علاقة ازدواجية بين الملف والمواسع

يعني بدل مشتقة بصير تكامل, أو العكس في علاقات التيار الكهربائي والجهد الكهربائي

* قانون جهد الملف:

$$V_L(t) = L\frac{di(t)}{d(t)}$$

* قانون تيار الملف: (نفس بعض)

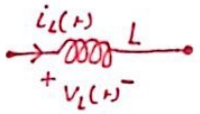
$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} V\,dt' + i(t_0)$$ تيار ابتدائي , when $t = t_0$

Scanned with CamScanner

طبعاً الملف inductor بخزن التيار الكهربائي بعكس المواسع اللي بخزن الجهد الكهربائي.

Inductor: storing energy element. ((stores current))

وبرمزله بالرمز (L) وهيك بنعبر عنه بالدارة ⟋⟋⟋ ويقاس بالهنري (H)



L: inductance (H)

طيب خلينا نشوف طاقة الملف (power):

$$P_L(t) = Vi = Li\frac{di}{dt}$$

والقدرة للملف اللي حكينا هي مشتقة الـ power:

$$W_L(t) = \int_{t_0}^{t} P\,dt' = L\int_{t_0}^{t} i\frac{di}{dt}\,dt = \frac{1}{2}L\left(i(t)^2 - i(t_0)^2\right) = \frac{1}{2}Li^2$$

* برضو عكس يطلب منا initial energy بحالة الملف طبعاً بنعوض بالقانون التيار الابتدائي

$W_{oL} = \frac{1}{2}L\,I_L^2(t_0)$, when W_{oL}: initial energy in the inductor

* طبعاً للتأكيد:

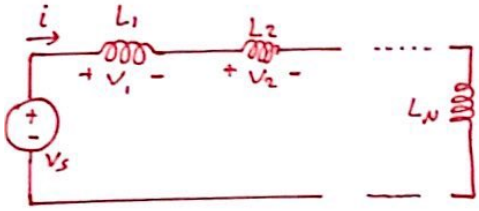
- energy = $\int$ power
- power = (energy)$'$

Scanned with CamScanner

#(7.3) & Inductance & Capacitance combinations «مجموعات مواسعات ومحثات»

هيسا بدنا نعرف لما يكون اكثر من محث او مواسع بالدارة كيف نتعامل معهم؟
طبعاً بحكم انه متعودين نتعامل مع المقاومات فبكل بساطة هاد اسكشن بكيفية تعامل المحثات بتعاملهم زي المقاومات بحالة التوالي والتوازي اما المواسعات عكس المقاومات «نركز بتفكيرنا لما نلاقي محث مكافئ او مواسع مكافئ»

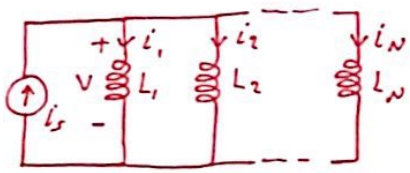
مثلاً نبلش بالمحثات:

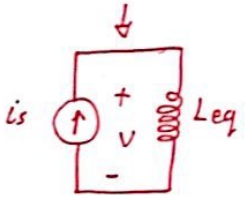


when N inductors in series as circuit above we find $L_{eq} = L_1 + L_2 + \dots + L_N$

لما يكون عندك محثات عددها N مربوطين على التوالي نجد المحث المكافئ لهم عن طريق مجموع المحثات على التوالي

* طيب خلينا نشوف لو كان عنا محثات على التوازي:





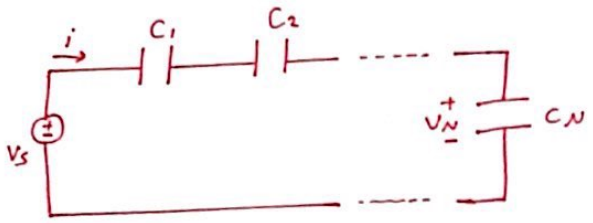
* If we have N inductors in parallel, we find L_{eq} as:

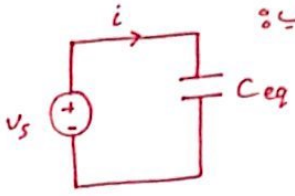
$$L_{eq} = (L_1^{-1} + L_2^{-1} + \dots + L_N^{-1})^{-1}$$

اذا كان عنا محثات عددهم N مربوطين على التوازي نجد المحث المكافئ كالقانون اعلاه.

Scanned with CamScanner

* حالة مواسعات على التوالي:



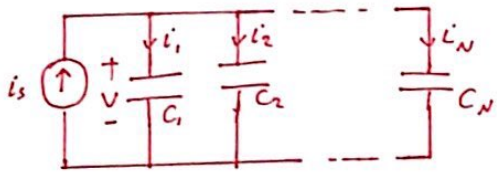


* If we have N conductors in series we find Ceq as:

$$C_{eq} = (C_1^{-1} + C_2^{-1} + \dots + C_N^{-1})^{-1}$$

* اذا كان عنا مواسعات على عددهم N مربوطين ببعض على التوالي نجد المواسعة المكافئة كالقانون أعلاه

* حالة مواسعات على التوازي:



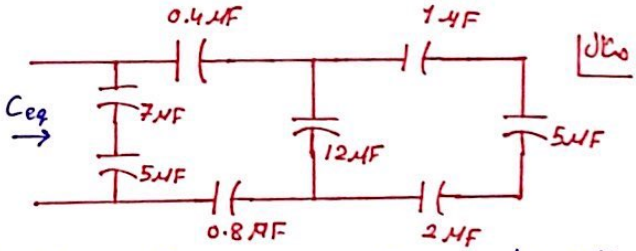
* If we have N conductors in parallel we find Ceq as:

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

* اذا كان عندنا مواسعات عددهم N مربوطين على التوازي نجد المواسعة المكافئة عن طريق مجموعهم.

* مثال

Find Ceq for the network below.



نفس خطوات المقاومات بس العكس. بنبلش مثلاً بالمواسعة اللي قيمتها 1μF على التوالي مع 5μF و 2μF ثم منكمل فيهم على التوازي مع 12μF ثم على التوالي مع 0.4μF و 0.8μF واخر شي منكمل فيهم على التوازي مع « 7μF توالي مع 5μF ».

طيب عكل صار عجقة، خلينا نشوف مع ارقام:

Scanned with CamScanner

① C_{eq_1} : 1. series 5 series 2

$$C_{eq_1} = \left((1*10^{-6})^{-1} + (5*10^{-6})^{-1} + (2*10^{-6})^{-1}\right)^{-1} = \frac{1}{17*10^5} = 5.88*10^{-7}\ F$$

② C_{eq_2} : C_{eq_1} parallel 12

$$C_{eq_2} = C_{eq_1} + 12*10^{-6} = 1.258*10^{-5}\ F$$

③ C_{eq_3} : C_{eq_3} series 0.4 series 0.8

$$C_{eq_3} = \left((C_{eq_2})^{-1} + (0.4*10^{-6})^{-1} + (0.8*10^{-6})^{-1}\right)^{-1} = 2.6113*10^{-7}\ F$$

④ C_{eq_4} : 7 series 5

$$C_{eq_4} = \frac{7}{24*10^{-6}} = 2.916*10^{-6}\ F$$

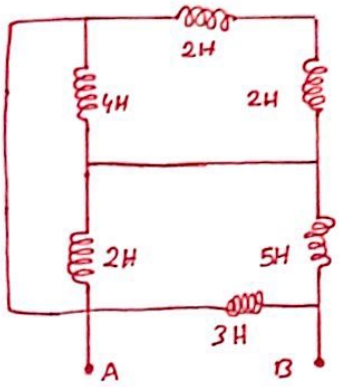
⑤ C_{eq_5} : C_{eq_4} parallel C_{eq_3}

$$C_{eq_5} = C_{eq_4} + C_{eq_3} = 3.177*10^{-6} = 3.177\ \mu F$$ #

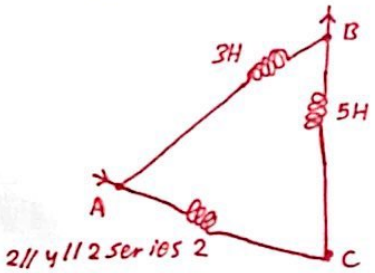
Scanned with CamScanner

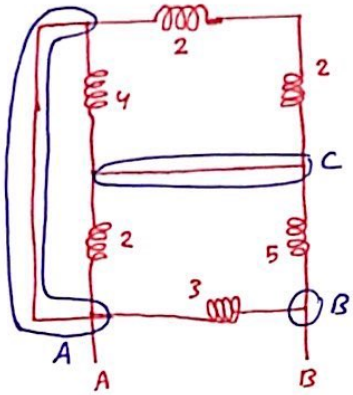
مثال

find L_{eq} as seen by A & B



sol: لما تشوفوا سيركت مبينة معقدة اول اشي بخط بالنانسي. بخط الـ nodes مشان نعرف نشوف مين توالي و مين توازي



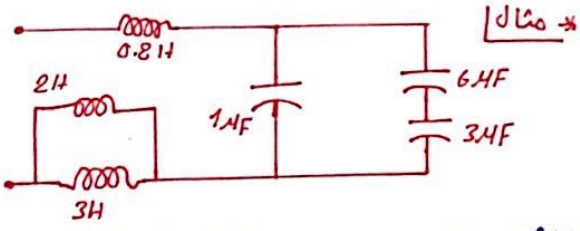


$L_{eq} = 3 // (5 + (2 // 4 // (2+2)))$

$= 3 // (5 + (2^{-1} + 4^{-1} + 4^{-1})^{-1})$ $= 3 // (5+1) = (3^{-1} + 6^{-1})^{-1}$ ⇝ $\boxed{L_{eq} = 2H}$

مثال *

Simplify the network below using series-parald combinations.

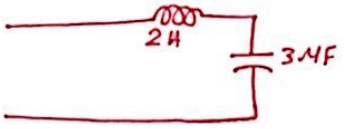


بنبلش بالواسعات عندنا (6μF) توالي مع (3μF) هكا فيتهم توازي مع (1μF)

$C_{eq} = 1\mu F + ((6\mu)^{-1} + (3\mu)^{-1})^{-1} = 3\mu F$

بعدين نطلع هكا فيتة الحبات. عنا 2H توازي مع 3H وهكا فيتهم توالي مع 0.8H.

$L_{eq} = 0.8 + (2^{-1} + 3^{-1})^{-1} = 2H$

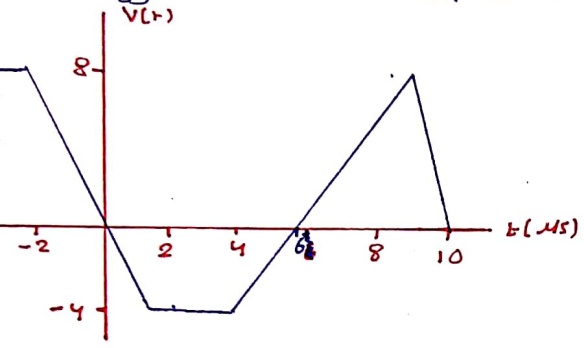


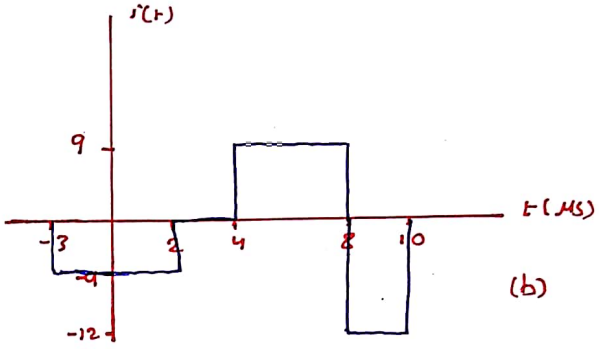
simplified circuit

Scanned with CamScanner

* مثال: In the voltage Vs. time plot (a) and the current Vs. time plot (b) below, find:

1. the capacitance
2. energy stored in the capacitor at time = 8 ms & time = 4 ms





① طبعاً معطينا جهاد السؤال رسمتين بجهد و تيار. خلينا نبلش نطلع المواضع تعويض مباشر على القانون (a)

$$i(t) = C\frac{dv}{dt} \rightarrow C = \frac{i(t)}{dv/dt}$$

أول شي بنختار فترة من الزمن يكون ثابت عندها التيار وبنحسب فيه الجهد بنفس هاي الفترة « بالك » . مثلاً نختار (8-4)ms؛

والتيار خلال هاي الفترة قيمته 9A من الرسمة.

$$C = \frac{i(t)}{dv/dt} = \frac{9}{3*10^6} = 3\mu F$$

بنرجع لقانون المواضع؛

② بالفرع الثاني طالب القدرة energy طبعاً بنتذكر قانون القدرة

$$w(t) = \frac{1}{2}CV^2$$

* at t=8ms * بنشوف من الرسمة قيمة الجهد عند الزمن المطلوب بنلاحظ انه (8V)

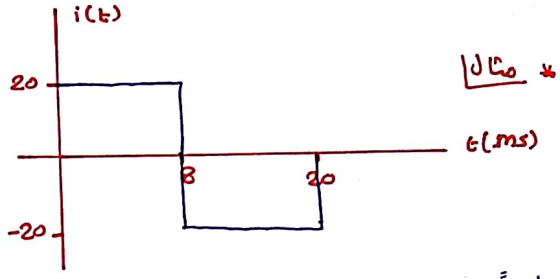
$$w(8m) = \frac{1}{2} * 3m * 8^2 = 96mJ$$

* at 4ms * من الرسمة . الجهد = -4V

$$w(4m) = \frac{1}{2} * 3m * (-4)^2 = 24mJ$$

Scanned with CamScanner

* مثال



If the current flowing through a 2mF capacitor shown below (a) find $V_c(5)$ (b) $V_c(14)$ (c) energy at (11ms) if $V(0) = 0.5V$

طبعاً عنا قانون الـ capacitor $i = C\frac{dv}{dt}$

$$\rightsquigarrow v = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t')\,dt' + V(t_0)$$

و بتعرف من الـ calculas انو التكامل يعني مساحة ما تحت الشكل .

* بالفرع الأول بدنا الجهد عند الزمن = 5 ميلي ثانية

و المساحة لو بتلاحظوا مستطيل يعني مساحته = الطول * العرض

(a) $V(5) = \frac{1}{2m} * 5m * 20 + 0.5$ $\rightsquigarrow V(5) = 50.5\ V$

↓ initial value معطى بالسؤال

* بالفرع الثاني طالب الجهد عند الزمن = 14 ميلي ثانية

بنلاحظ المساحة عبارة عن مستطيلين

(b) $V(14) = \frac{1}{2m} * (8m * 20 + (14-8)m * -20) + 0.5 = \frac{1}{2m}(160m - 120m) + 0.5 = 20.5\ V$

* الفرع الثالث طالب القدرة عند الزمن = 11 ميلي ثانية

(c) $W(11m) = \frac{1}{2} CV^2$

نطلع الجهد من المعادلة $V = \frac{1}{2m} * (8m * 20 - (11-8)m * 20) + 0.5 = 50.5\ V$

بالآخر بنرجع لقانون الـ energy :

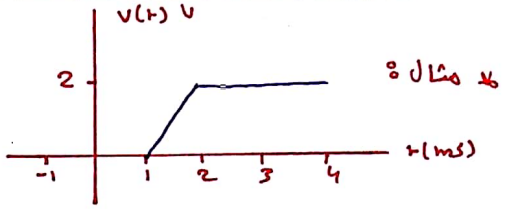
$W(11) = \frac{1}{2} * 2m * 50.5^2 =$

$W(11m) = 2.55\ V$

Scanned with CamScanner

* مثال:

Determine the current through a 100 pF if it's voltage as a function of time is given by circuit below



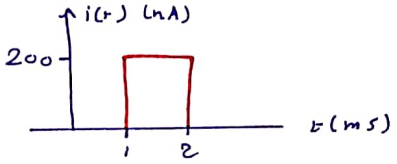
Sol. معطينا رسمة الجهد و بدنا نطلع التيار من فترة ما لا نهاية الى النهاية .

طبعاً زي ما بنعرف حسب القانون $i = C\frac{dv}{dt}$ وطبعاً مشتقة الثابت صفر اذا التيار بفترة (1,2) (OA) = (صفر, 1) وايضاً بالفترة (2,∞)

بدنا نحسب بالفترة [1,2] عن طريق الميل

$$i = 100 * 10^{-2} * \frac{2-0}{(2-1)m} = 2 * 10^{-7}$$

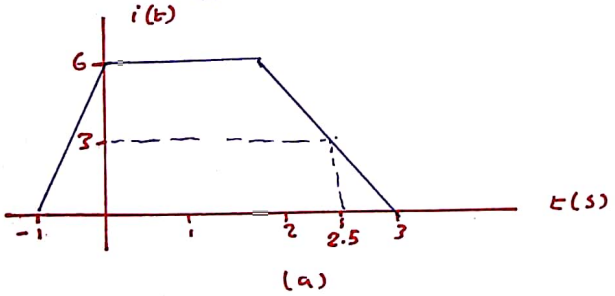
$$i = 200\ nA$$

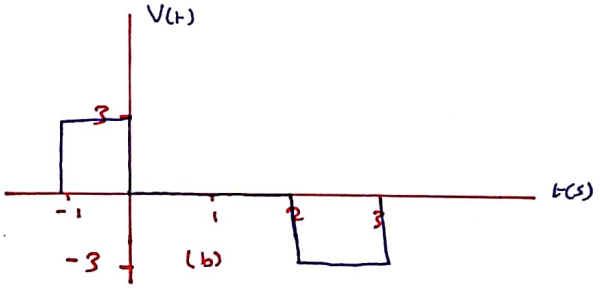


* مثال

In the voltage Vs. time plot (a) and the current Vs. time plot (b) below find: 1/ the inductance

2/ energy stored in the inductance at $t = 1.5\ s$ & $t = 2.5\ s$ if $I_0(t_0) = zero$





معطينا بهاد السؤال رسمتين الجهد و التيار

اول شي بنطلع الحث

$$V(t) = L\frac{di}{dt}$$

$$L = \frac{V(t)}{di/dt}$$

Scanned with CamScanner

بالختار فترة صد الزمن بكون عندها الجهد ثابت و بنحسب ميل التيار بنفس هذه الفترة دد المشتقة الاولى » مثلاً نختار د (2-3)

$$\text{ميل} = \frac{i(3)-i(2)}{3-2} = \frac{0-6}{1} = -6A$$

و الجهد بهذه الفترة = -3V

$$L = \frac{-3}{-6} = 0.5\,H$$

بالفرع الثاني لحساب القدرة ، صد القانون $W(t) = \frac{1}{2} L i^2$

* at t=1.5s * بنتوقف صد الرسمة قيمة التيار عند 1.5s بنلاحظ انو 6A

$$W(1.5) = \frac{1}{2} * 0.5 * 6^2 = 9\,J$$

* at t=2.5s * التيار صد الرسمة = 3A

$$W(2.5) = \frac{1}{2} * 0.5 * 3^2 = 2.25J$$

* مثال

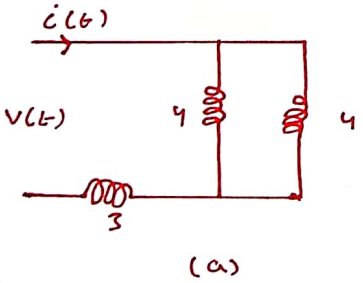
if the current flowing (b) through an inductor shown in fig (a), find:

1/ V(t) at 25 ms

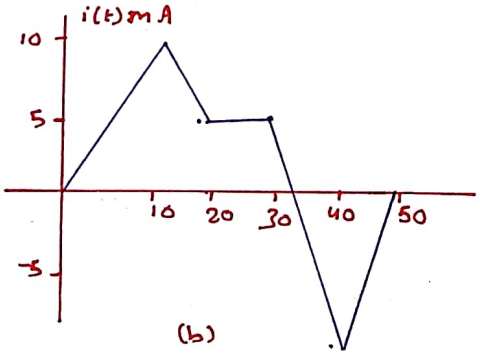
2/ V(t) at 35 ms

3/ E stored in L at 25 ms

4/ i(x) at t = 40ms



(a)



(b)

Scanned with CamScanner

اول اشي بنطلع L_{eq} &

L_{eq} = 3 series with (4 parallel with 4)

$= 3 + (4 \,//\, 4) = 3 + (4^{-1} + 4^{-1})^{-1}$ ← $L_{eq} = 5H$

هسا نباشر بمطالب السؤال بعد ما نشوف قانون الحث؟

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

طالب منا نطلع فرق الجهد اللي هو مشتقة التيار . لانه مشتقة الثابت صفر

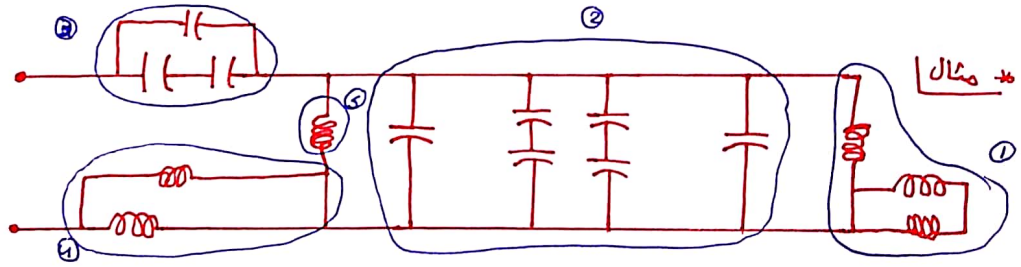
① $V(25m) = 5 * 0 = zero$

② $V(35m) = \frac{di}{dt} = \frac{(-5-5)m}{(40-30)m} = -1\ V$

③ $E(25m) = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} * 5 * 5^2 = 62.5\ J$

④ $i(40m) = -5\ mA$ ص لرحمة

Reduce the network below to the smallest number of components if each capacitor is 1mF and each inductor is 1nH



نتذكر بنعامل الـ C على اساس مقاومات « توالي متوخذ inverse وتوازي بنجمع »

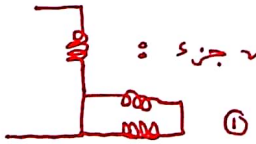
وبنعامل الـ L على اساس مقاومات « توالي جمع وتوازي بنو خذ inverse »

* بنقسم الدارة لاكثر من جزء :

بلاحظ انه في جزء مدارة s.c

اذن بنعتبره مش موجود

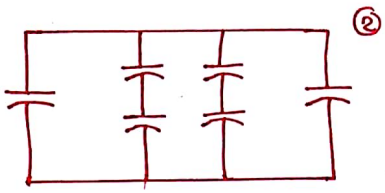
$L_{eq_1} = L = 1nH$



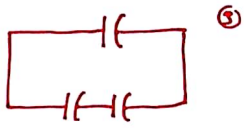
Scanned with CamScanner

$$C_{eq_2} = C + C + (C^{-1} + C^{-1})^{-1} + (C^{-1} + C^{-1})^{-1}$$

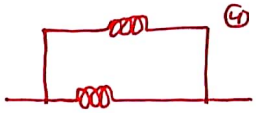
$$= 3\,mF$$



$$C_{eq_3} = C + (C^{-1} + C^{-1})^{-1} = 3\,mF$$



$$L_{eq_4} = (L^{-1} + L^{-1}) = 500 * 10^{-12} = 500\,pH$$



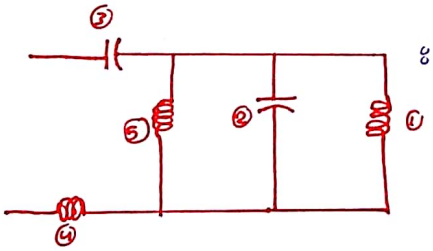
$$L_{eq_5} = L = 1\,mH$$

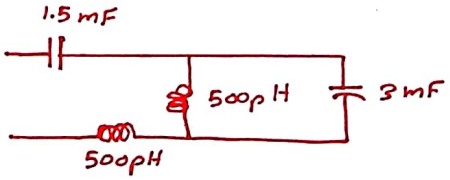
بنلاحظ انه ① و ⑤ توازي

$$L_{eq} = (L_1^{-1} + L_5^{-1})^{-1}$$

$$= 500\,pH$$

هسا صار شكل السيركت :





Scanned with CamScanner

« دارات المقاومة - محث ومقاومة - مواسع البسيطة »

∴ Chapter . 8 ∴ Basic RL and RC circuits

تعلمنا بشابتر ١ كيف نكتب معادلات للدارات التي تحتوي على المصدات والمواسعات. بهاد الشابتر بدنا نتعلم نطلع التيار أو الجهد أو أي قيم بتعتمد عليهم بوجود المقاومة.

* قبل ما نبلش بدنا نتعرف على عنصر الكبسة switch ——X——

لما يكون مسكر ——●——● بصير سكورت سيركت « بصرفيه تيار »

لما يكون فاتح ——● ●—— بكون اوبن سيركت « فابصرفيه تيار »

فبالسؤال بحكيلك كان مفتوح وسكرناه او العكس وبتحلل السيركت على هاد الاساس

* طبعاً دوائر الـ RL (مقاومة - محث) والـ RC (مقاومة - مواسع) بنقسموا لنوعين :

- free source circuit : الدوائر اللي ما بكون فيها مصدر للطاقة بعد تكبير الـ switch

$(t > t_0)$

- driven circuit : الدوائر اللي موجود فيها مصدر الطاقة بعد تكبير الـ switch

$(t_0 < t)$

حيث t_0 هي النقطة اللي بتغير فيها حالة الـ switch عند فترة من الزمن

t الزمن

$t_0 < t$: الزمن بعد الفترة

$t_0 > t$: الزمن قبل الفترة

Scanned with CamScanner

Note : • inductor stores current — « الملف يخزن تيار »

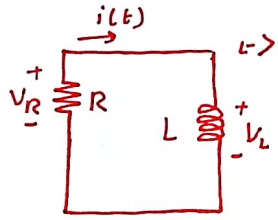
• capacitor stores voltage — « المكثف يخزن جهد »

#(8.1) : The source free RL circuit

* الدارة الخالية من مصادر الطاقة من نوع «مقاومة - ملف»

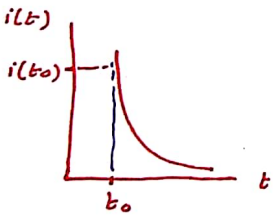
طبعاً في شرط لما تشوف دارة فيها مصدر ذوري تحدد هاي driven ckt لانه ممكن يكون ما الله تأثير على جزء الـ RL عندما $t > t_0$

• خلينا نشوف كيف شكل الـ RL :



طبعاً مش مطلوب نعرف اشتقاقات قانون التيار والجهد بهذه الحالة

$$i(t) = i(t_0^+)\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}} \quad \text{for } t > t_0$$



طبعاً زي ما حكينا من قبل الملف تياره وجهده بتغير مع الزمن بعكس المقاومة .

لنفترض رسمة التيار مع الزمن صعبة شكلها ؟ ؟

قيمة الزمن عند t_0 من اليمين : $i(t_0^+)$

ثابت الزمن ، Time constant (tau) : τ

وقيمة الـ tau بحالة الـ RL : $\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}}$

وقانون الجهد بهذه الحالة : $V(t) = V(t_0^+)\, e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}}$

طبعاً نفس المبدأ $V(t_0^+)$: قيمة الجهد عند زمن (t_0) من جهة اليمين

Scanned with CamScanner

* ملاحظات على قانون RTH:

1) لما نطلع قيمة Req بنشيل المصدر و الطرفين هما النقطتين اللي لازم نطلع المكافئة بينهم

2) بحالة وجود مصادر معتمدة (dep. sources) بتكون قيمة Req هي قيمة R_{TH}

* ملاحظات على التيار: مثلاً نرسم الخط الزمني عشان نستوعب اكثر

charging $t < t_0$ — discharging $t > t_0$

t_0^- t_0 t_0^+

$$i(t_0) = i(t_0^+) = i(t_0^-)$$

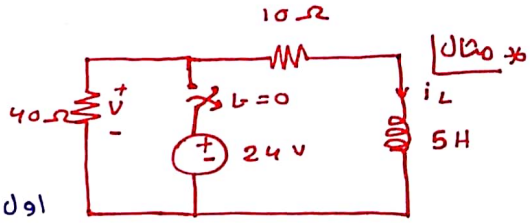
* The inductor acts as a short ckt if it is connected with an independent source for a long time

عندما يتم وصل المصدر مع مصدر غير معتمد لمدة زمنية طويلة تعامله كأنه سلك

* مثال

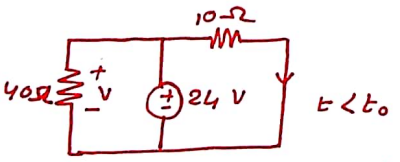
For the circuit bellow, find the voltage labled V

at $t = 200\ ms$

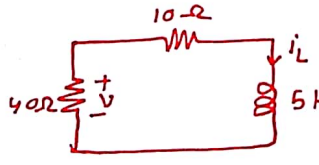


اول اشي بنشوف حالة الـ switch وبنرسم الدائرة قبل وبعد

نلاحظ انه كان مغلق، وعند $t=0$ فتحناه



$t < t_0$



$t > t_0$

$$\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}} = \frac{5}{50} = 0.1\ s$$

نتذكر انه $i(t_0) = i(t_0^+) = i(t_0^-)$

$$i_L(t_0^-) = \frac{V}{R} = \frac{24}{10} = 2.4A$$

نطلع التيار من الدارة قبل اغلاق الـ switch

$$V(0) = i_L * R = 40 * -2.4 = -96\ V$$

$$V(0.2) = V(0^+)\ e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} = -96 * e^{-\frac{(0.2-0)}{0.1}} = -12.99\ V$$

نطلع $V(0.2)$:

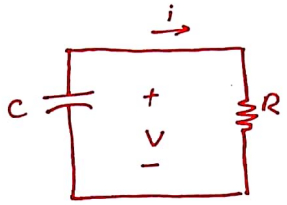
Scanned with CamScanner

« دارات المقاومة - حواجز الخالية من المصادر »

#(8.3) : The source free RC circuit :

زي ما حكينا عن المكثفات نفس المبدأ بدنا نتعامل مع المواسعات

• نشوف شكل الـ RC :



$t > t_0$

• نشوف كيف نحسب قيمة التيار :

$$i(t) = i(t_0^+)\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}} \quad \text{for } t > t_0$$

• قيمة الجهد :

$$v(t) = V(t_0^+)\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

• قيمة الـ tau بحالة الـ RC :

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

* ملاحظات بحالة الـ RC

١) لما نطلع قيمة Req بنشيل المواسع و بطرفين هيك النقطتين اللي لازم نطلع المكافئة بينهم

٢) بحالة وجود مصادر معتمدة dep. sources بتكون قيمة الـ Req وهي الـ R_{th}

charging discharging

* ملاحظات على التيار : نرسم الخط الزمني

$t < t_0$ $t > t_0$

t_0^- t_0 t_0^+

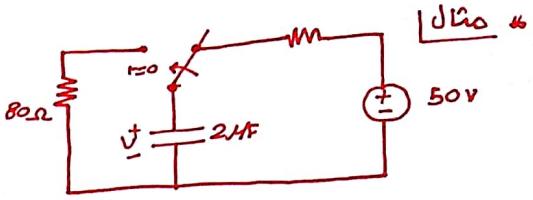
The capacitor acts as an open cct if it is connected with an ind. source for along time

عندما يتم وصل المواسع مع مصدر غير معتمد لمدة زمنية طويلة نعامله كأنه اوبن سيركت

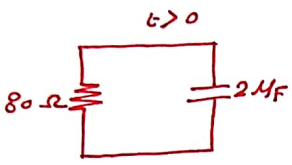
Scanned with CamScanner

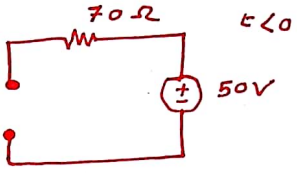
مثال

Noting carefully the circuit changes ones the switch in the circuit below is thrown. determine V(t) at- t=0 and at- t=160 ms



طالب نطلع الجهد عند اللحظة t=0 و t=160M . اول اشي نرسم الدارة بالحالتين للـ switch





$\tau = R * C = 80 * 2M = 160\,ms$

ونتذكر القانون $V(0) = V(0^+) = V(0^-)$

بنطلع اول قيمة للجهد عند الدارة قبل اغلاق الـ switch ونتذكر انه الـ capacitor بعد ما يتم شحنه مع مصدر لمدة زمنية طويلة بنعتبره معاملة open ckt , إذن $V = 50\,V$

بنلاحظ انه الدارة قبل اغلاق الـ switch ما بيمر فيها تيار لذلك اهملنا وجود المقاومة

الجهد الثاني بنحسبه على القانون $V(160M) = V(0^+)\, e^{-\frac{(t-0)}{\tau}}$

$= 50 * e^{-\frac{160M}{160M}} = 50 * e^{-1} = 18.39\,V$

Scanned with CamScanner

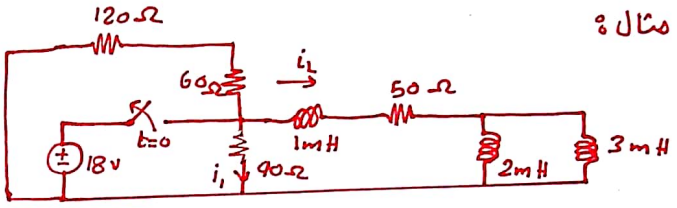
#(8.4): A more general perspective

« منظور عام بشكل اكبر »

بهاد السكشن بنتعامل مع دارات معقدة بشكل اكثر . ممكن يتطلب التفنن

* مثال:

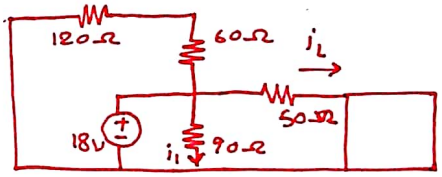
Determine both i_1 & i_L in the circuit for $t>0$



sol.

عشان نطلع التيارات خلينا نرجع الدارة قبل وبعد اغلاق المفتاح:

← المحثات بصيروا شورت سيركت بعد ما تكون موصولة بمصدر لمدة طويلة.



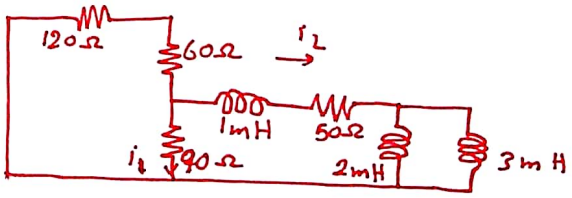
$t<0$

$$i_1 = \frac{18}{90} = 200\ mA$$

$$i_L = \frac{18}{50} = 360\ mA$$

الآن بنطلع التيار بعد فتح السويتش:

عشان نطلع قيمة τ بدنا نحسب R_{eq} و L_{eq}



$t>0$

$$R_{eq} = 50 + (90^{-1} + (60+120)^{-1})^{-1} = 110\ \Omega$$

$$L_{eq} = 1m + (2m^{-1} + 3m^{-1})^{-1} = 2.2\ mH$$

$$\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}} = \frac{2.2m}{110} = 20\ nS$$

هسا تعويض عبا شر بالعادة

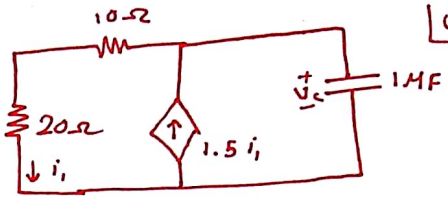
$$i_L(t) = 360\ m\ e^{-\frac{t}{20n}}$$

$$i_1(t) = 200\ m\ e^{-\frac{t}{20n}}$$

Scanned with CamScanner

* مثال

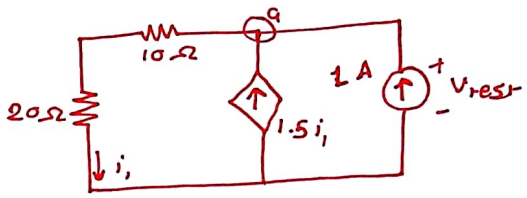
For the circuit, find the voltage labled V_c for $t>0$ if $V_c(0^-) = 2\ V$



Sol.

عشان نطلع الـ Req لازم نستعمل نظرية الثفنن:

عن طريق النود اناليسس بنطلع قيمة V_{test}



KCL/a:

$$1 + 1.5\frac{V_a}{30} = \frac{V_a}{30}$$

$V_a = V_{test} = -60\ V$ ∴ $R_{th} = -60\ \Omega$

$$\tau = RC = -60 * 1 * 10^{-6} = -60\ \mu s$$

الآن بنطلع قيمة V_c من القانون

$$V_c = V(0^+)\, e^{-t/\tau} = 2\, e^{+t/60\mu}$$

#(8.5): The unit step function

« اقتران الخطوة الواحدة »

بكل بساطة الـ unit step function بكون قيمتها صفر قبل اغلاق السويتش وواحد بعد اغلاقه

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

Scanned with CamScanner

* مثال

Evaluate each of the following at $t = 0.8$

(a) $3u(t) - 2u(-t) + 0.8u(1-t)$

(b) $[4u(t)] * u(-t)$

(c) $2u(t)\sin \pi t$

Sol. (a) $3 * u(0.8) - 2u(-0.8) + 0.8u(1-0.8)$

$= 3 * 1 - 0 + 0.8 * 1 = 3.8$

(b) $[4u(0.8)] * u(-0.8)$

$= 0$

(c) $2 * \sin(\pi * 0.8)$ * نلاحظ وجود الزاوية بقيمة راديان *

$= 1.176$

(8.6): Driven RL circuits دائرة (مقاومة - محث) مدفوعة

driven cct هي الدارات التي تحتوي على مصادر او الدارات التي تحتوي على مصادر الها تأثير على RL cct

و التي هو بنسمية forced response

طبعاً بال driven cct بكون عندنا قيمة للتيار أو الجهد بالا لانهاية

اما بال free cct فا كان عنا قيم الصفر لانه بعد $5\tau = 1$ فالا لانهاية فيها قيمة السورس = صفر

Scanned with CamScanner

* القانون اللي رح نحسب منه التيار لـ driven ckt :

$$i_L(t) = i_L(\infty) + i_L(0^+) - i_L(\infty))\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

* والجهد بحالة الـ driven ckt :

$$V_L(t) = V_L(\infty) + V_L(0^+) - V_L(\infty)\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

لاحظوا اذا عوضنا مكان القيم عند الـ DC نهاية صفر بصيروا نفس معادلات الـ free

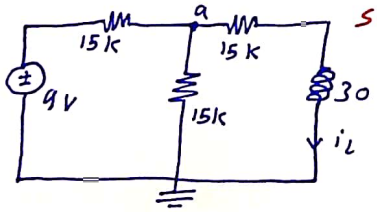
$i_L(\infty)$, $V_L(\infty)$: final value at $t=\infty$

$i_L(0^+)$, $V_L(0^+)$: initial value at $t=0^+$

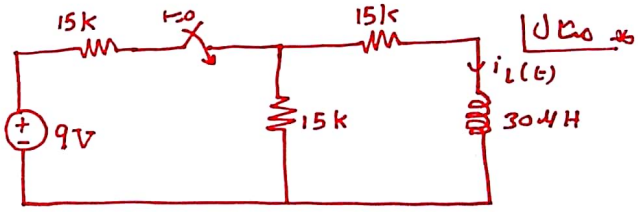
$$\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}}$$

* واحسب بالـ DC نهاية بصير S.C

The swirch has been opened for along time before it is closed. find $i_L(t)$ for $t \geq 0$



بنرسم الدارة قبل اغلاق الـ switch



حسب نطلع قيمة τ بنحتاج L_{eq} & R_{eq} :

$$L_{eq} = 30\ H \quad , \quad R_{eq} = 15k + (15k^{-1} + 15k^{-1})^{-1} = 22.5k\ \Omega$$

$$\tau = \frac{L_{eq}}{R_{eq}} = \frac{30}{22.5k} = 1.33\ ns$$

وما ننسى احسب عند الـ DC نهاية بصير S.C « بنحسب التيار عند ∞ »

KCL \ node a : $\frac{V_a}{15k} + \frac{V_a - 9}{15k} + \frac{V_a}{15k} = 0 \rightsquigarrow V_a = 3V \rightsquigarrow i_L = \frac{V_a}{R} = \frac{3}{15k} = 200\ \mu A$

وهسا تعويض بالقانون :

$$i_L(t) = i_L(\infty) + i_L(0^+) - i_L(\infty)\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}} = 200\mu + (0 - 200\mu)\, e^{\frac{-t}{1.33n}}$$

Scanned with CamScanner

#(8.8): Driven RC circuits

دوائر المقاومة - سعة المدفوعة

طبعاً نفس مبدأ الـ driven RL هو نفس الشيء الـ driven cct هي الدارات اللي بتحتوي على مصادر او الدارات اللي بتحتوي على مصادر الها تأثير على RC cct

* القانون اللي رح نحسب منه التيار للـ driven cct:

$$i_c(t) = i_c(\infty) + (i_c(0^+) - v_c(\infty))\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

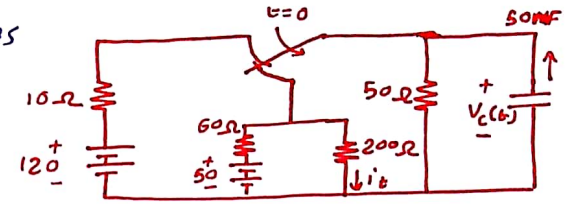
* الجهد:

$$v_c(t) = v_c(\infty) + (v_c(0^+) - v_c(\infty))\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

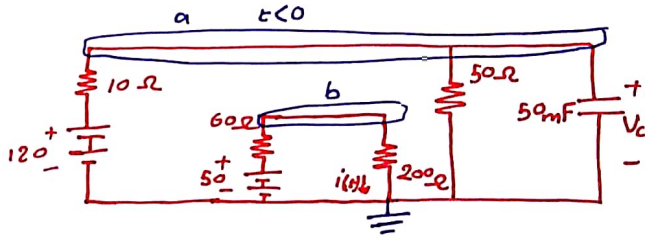
$$\tau = R_{eq} * C_{eq}$$

- المواسع بالحالة النهائية بصير o.c
- زي ما حكينا بنقدّر الزمن عند الحالة النهائية $t = 5\tau$

* مثال: Find the capacitor voltage $v_c(t)$ and the current $i(t)$ in the 200Ω resistor below for all times



sol: نرسم الدارة قبل وبعد اغلاق الـ switch



بنطلع من هاي الدارة $v_c(0^+)$ و $i(0^+)$

KCL/a:

$$\frac{V_a}{50} + \frac{V_a - 120}{10} = 0 \Rightarrow V_a = 100V = V_c(0^+)$$

KCL/b:

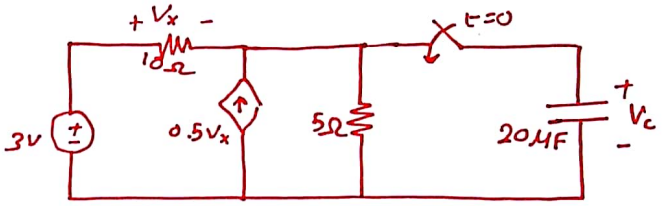
$$\frac{V_b}{200} + \frac{V_b - 50}{60} = 0 \Rightarrow V_b = 38.46V$$

$$i(0^+) = \frac{V_b}{R} = \frac{38.46}{200} = 192.3\,mA$$

→

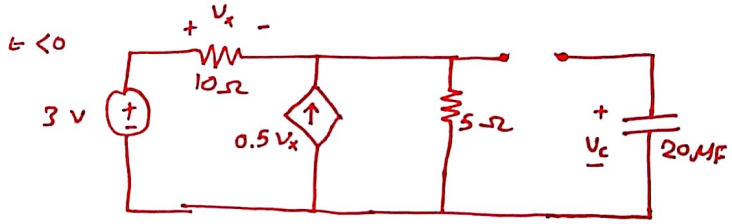
Scanned with CamScanner

* مثال Based on the circuit bellow (a) obtain an equation which describes V_c valid for all values of t. (b) find the voltage of the capacitor at $t=0^+$, $t=25\mu s$ & $t=150\mu s$



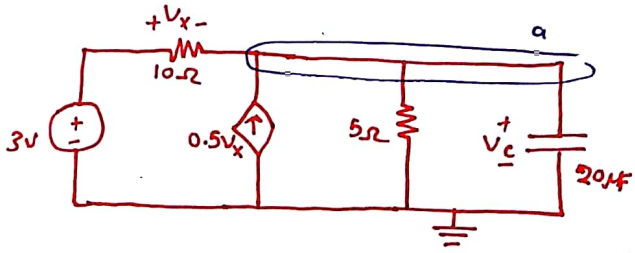
Sol:

نرسم الدارة قبل اغلاق switch وبعد:



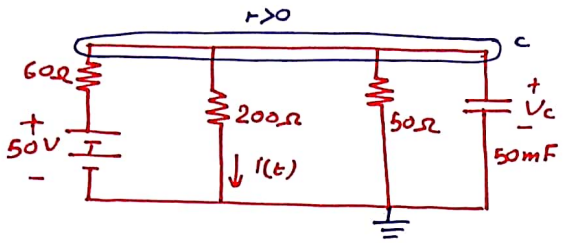
$V_c(0^+) = 0\ V$

بعد اغلاق switch:



→

اولاً نرسم الدارة بعد اغلاق switch:



KCL/c:

$$\frac{V_c}{50} + \frac{V_c}{200} + \frac{V_c - 50}{60} = 0$$

$$V_c(\infty) = V_c = 20\ V$$

$$\Rightarrow i(\infty) = \frac{V_c}{R} = \frac{20}{200} = 100\ mA$$

$$R_{eq} = (50^{-1} + 200^{-1} + 60^{-1})^{-1} = 24\ \Omega$$

$$C_{eq} = 50\ mF$$

$$\tau = R_{eq}\, C_{eq} = 24 * 50m = 1.2\ s$$

* هسا بنعوض بالقوانين

$$i_c(t) = i_c(\infty) + (i_c(0^+) - V_c(\infty))\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

$$= 100m + (192.3m - 100m)\, e^{-t/1.2}$$

$$V_c(t) = V_c(\infty) + (V_c(0^+) - V_c(\infty))\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

$$= 20 + (100 - 20)\, e^{-t/1.2}$$

Scanned with CamScanner

KCL/a&

$$0.5V_x + \frac{V_a - 3}{10} + \frac{V_a}{5}$$

$$0.5(3 - V_a) = \frac{V_a - 3}{10} + \frac{V_a}{5}$$

$$V_a = 3 - V_x$$

$$V_x = 3 - V_a$$

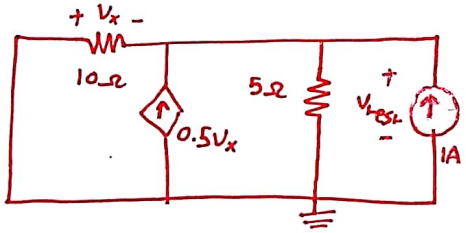
$$V_c(\infty) = V_a = 2.25\ V$$

(a) $$V_c(t) = V_c(\infty) + (V_c(0^+) - V_c(\infty))\, e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$$

$$= 2.25 + (-2.25)\, e^{-t/\tau}$$

$$= 2.25 - 2.25\, e^{-t/25\mu}$$

عشان نطلع τ بنحتاج نشغل الشفق



$V_x = -V_a$

KCL /a&

$$1 - 0.5V_a = \frac{V_a}{10} + \frac{V_a}{5}$$

$$V_a = 1.25 = R_{th}$$

$$\tau = RC = 1.25 * 20\mu = 25\mu s$$

(b) بندرج للمعادلة إلي طرفناها بالفرع الاول

و بنعوض عند قيم الزمن المطلوبة .

- $V_c(0^+) = 0$
- $V_c(25\mu) = 2.25 - 2.25\, e^{-1} = 1.4223\ V$
- $V_c(150\mu) = 2.25 - 2.25\, e^{\frac{-150}{25\mu}} = 2.25\ V$

Scanned with CamScanner

Chapter .9 The RLC circuits

« دارات المقاومة - ملف - مواسع »

بهاد الشابتر رح نتعرف كيف بدنا نتعامل مع الدوائر الكهربائية اللي فيها مقاومة وملف ومواسع.

* طبعاً نفس مبدأ الـ RL و RC غ عنا نوعين من الـ RLC حسب حالة المصدر:

1/ free source RLC for $t > t_0$

بكون ما في موجود فيها مصدر « او فاعلة تأثير »

2/ driven (forced) ckt for $t > t_0$

بكون موجود فيها مصدر

وطبعاً عنا حالتين لطريقة توصيل الدارة:

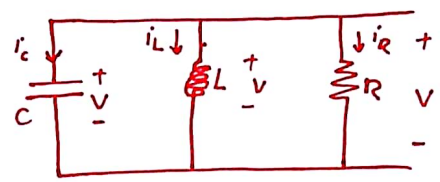
1/ series توالي

2/ parallel توازي

#(9.1) The source for free parallel circuit

« دارة الـ RLC الخالية من مصادر الطاقة بحالة التوازي »

← شكل هاي الحالة:



بالجرب نعمل KCL على هاي الدارة:

$$\frac{V}{R} + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} V\,dt' + i(t_0) + C\frac{dV}{dt} = 0$$

بشتق هاي المعادلة وبقسم على C:

$$\frac{d^2V}{dt^2} + \frac{1}{RC}\frac{dV}{dt} + \frac{V}{LC} = 0$$

منتذكر من الديف:

$$\frac{d^2V}{dt^2} = s^2 \quad , \quad \frac{dV}{dt} = s \quad , \quad V = s^0 = 1$$

فبتصير عنا المعادلة:

$$s^2 + \frac{s}{RC} + \frac{1}{LC} = 0$$

حل المعادلة:

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

علماً انه:

$$\alpha = \frac{1}{2RC}$$

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

Scanned with CamScanner

when α : Neper frequency for parallel RCL or Damping coefficient

w_o : Resonant radian frequency for parallel/series RLC or Resonant frequency

* في عنا ٣ حالات:

① $\alpha > w_o$ « over damped »

when s_1 & s_2 عددين حقيقيين مختلفين

② $\alpha = w_o$ « critically damped »

when s_1 & s_2 عددين حقيقيين متماثلين

③ $\alpha < w_o$ « under damped »

when s_1 & s_2 جذور سالبة

* مثال

Consider a parallel RLC circuit having an inductance of 10mH, and a capacitor of 100 MF. Determine the resistor value that would lead to overdamped and underdamped responses.

طالب قيمة المقاومة بحالة overdamped و بحالة underdamped

$L = 100mH$ & $C = 100\mu F$

اول شي نطلع بحالة critically : $\alpha = w_o$

$$\frac{1}{2RC} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow \frac{1}{2R*100\mu} = \frac{1}{\sqrt{0.01*100\mu}}$$

$R = 5\Omega$

بحالة overdamped : $\alpha > w_o$ ← $R < 5$

بحالة underdamped : $\alpha < w_o$ ← $R > 5$

لازم يحقق كل ما يكبر بقيمة العدد

Scanned with CamScanner

#(9.2) : The over damped parallel RLC circuit $\alpha > \omega_o$

التيار بهاي الحالة :

$i(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$ for $t > 0$

to find A_1 & A_2 use :

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

$i_L(0^+) = A_1 + A_2$

$\frac{di_L(0^+)}{dt} = A_1 s_1 + A_2 s_2 = \frac{V_L(0^+)}{L}$

الجهد بهاي الحالة :

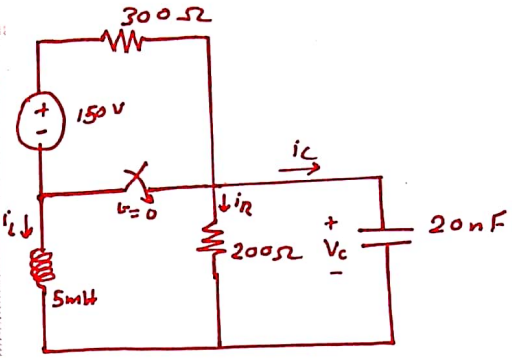
$V(t) = A_3 e^{s_1 t} + A_4 e^{s_2 t}$ for $t > 0$

$V_c(0^+) = A_3 + A_4$

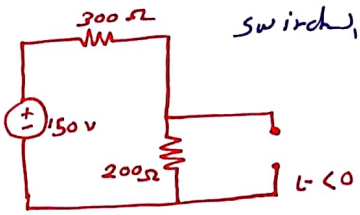
$\frac{dv_c(0^+)}{dt} = A_3 s_1 + A_4 s_2 = \frac{i_c(0^+)}{C}$

* مثال

find an expression for $V_c(t)$ valid for $t > 0$ in the circuit belbw



بنرسم الدارة قبل وبعد اغلاق السويتش



$i_c(0^+) = i_c(0^-) = 0$ A

$V_c(0^+) = V_c(0^-) = \frac{150 * 200}{200 + 300} = 60$ V

وطبعاً لازم نحدد نوع الـ damping

$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.005 * 20n}} = 100k$ rad/s

$\alpha = \frac{1}{2RC} = \frac{1}{2 * 200 * 20n} = 125k\ s^{-1}$

بنلاحظ $\alpha > \omega_o$ لذا نوعه over damping

$s_1, s_2 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2} = -125k \pm \sqrt{125k^2 - 100k^2}$

$s_1 = -50k\ s^{-1}$

$s_2 = -200k\ s^{-1}$

Scanned with CamScanner

#(9.3) : Critical Damping $\alpha = \omega_0$

$\Rightarrow S_1 = S_2 = -\alpha$

← التيار بهاي الحالة :

$$i(t) = e^{-\alpha t}(A_1 t + A_2)$$

لايجاد A_1 & A_2 :

$$i(0^+) = A_2$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{V_L(0^+)}{L} = A_1 - \alpha A_2$$

← الجهد بهاي الحالة :

$$v(t) = e^{-\alpha t}(A_3 t + A_4)$$

$$v(0^+) = A_4$$

$$\frac{dv(0^+)}{dt} = A_3 - \alpha A_4 = \frac{i_c(0^+)}{C}$$

$$v(t) = A_3 e^{S_1 t} + A_4 e^{S_2 t}$$

$$v_c(0^+) = A_3 + A_4$$

$$60 = A_3 + A_4 \quad \text{---} \quad (1)$$

$$\frac{i_c(0^+)}{C} = A_3 S_1 + A_4 S_2$$

$$0 = -50k S_1 + -200k S_2 \quad \text{---} \quad (2)$$

حل المعادلتين :

$$A_3 = 80 \quad \& \quad A_4 = -20$$

هسا نرجع بنعوض بقانون $v(t)$:

$$V(t) = 80\, e^{-50kt} - 20\, e^{-200kt}$$

Scanned with CamScanner

ما نسمي بدو يساوي ال critically $\alpha = \omega_0$

$$\frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{2R_1C} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{4*1n}} = \frac{1}{2R_1*1n}$$

$$\rightarrow R_1 = 31.622\,k\Omega$$

#

#(9.4): The under damped parallel RCL circuit $\alpha < \omega_0$

$$s_1, s_2 = -\alpha \pm j\omega_d$$

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

j: imaginary number عدد خيالي قيمته $\sqrt{-1}$

* بنلاحظ مخصوص الجذور complix conjugate جذور مرافقة

التيار جاي الحالة:

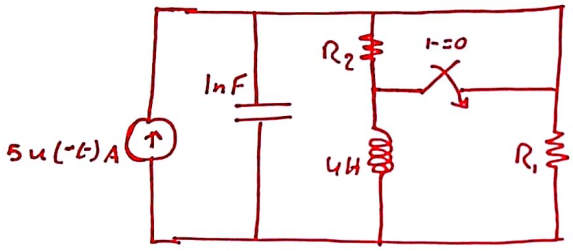
$$i(t) = e^{-\alpha t}(B_1 \cos \omega_d t + B_2 \sin \omega_d t)$$

لايجاد B_1 & B_2:

$$i(0^+) = B_1$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{V_L(0^+)}{L} = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$$

* مثال: Select a value for R_1 such that the circuit bellow will be characterized by a critically damped response for $t>0$, and a value for R_2 such that $V(0) = 2V$



Sol.

بنلاحظ قبل اغلاق switch مصدر التيار (on) وقيمته 5A و ما نسمي الحوامل بمثل O.C

والملف بمثل S.C

بنطلع المقاومة من قانون اوم:

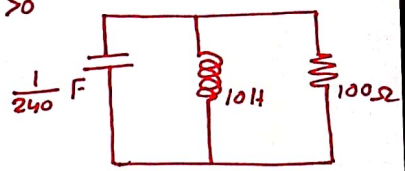
$$V(0) = V(0^-) = 5R_2 \rightarrow 2 = 5R_2$$

$$R_2 = 400\,m\Omega$$

و بعد تكبير switch R_2 بمثل S.C فبنفاضلها و مصدر التيار بمثل قيمته صفر (parallel RLC)

Scanned with CamScanner

$t > 0$



$$i(t) = e^{-\alpha t}(B_1 \cos \omega_d t + B_2 \sin \omega_d t)$$

* عشان نطلع قيمة $i(0)$ بنعمل KCL:

KCL/a: $3 = \frac{V_a}{48} + \frac{V_a}{100} \rightarrow \boxed{V_a = 97.3\ V}$

$$i_L(0^-) = \frac{97.3}{48} = 2.02\ A$$

$$\rightarrow \boxed{B_1 = 2.02}$$

$$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{97.3}{10} = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$$

$$\rightarrow \boxed{B_2 = 2.56}$$

* هيبدأ بنعوض بالمعادلة الرئيسية

$$i(t) = e^{-1.2t}(2.02 \cos 4.75t + 2.56 \sin 4.75t)\ A$$

#

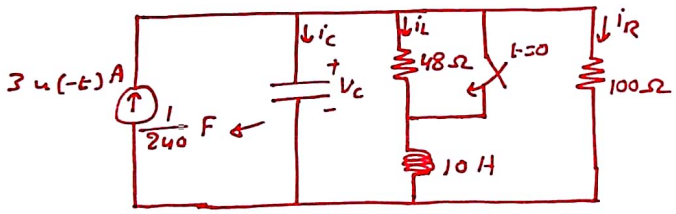
اجهد بها في الحالة:

$$V(t) = e^{-\alpha t}(B_3 \cos \omega_d t + B_4 \sin \omega_d t)$$

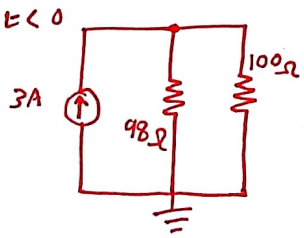
$$V(0^+) = B_3$$

$$\frac{dV(0^+)}{dt} = \frac{I_C(0^+)}{C} = -\alpha B_3 + \omega_d B_4$$

* مثال: Determine $i_L(t)$ for the circuit:



بنرسم الدارة قبل اغلاق switch:



$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 4.89$$

$$\alpha = \frac{1}{2RC} = 1.2$$

$\alpha < \omega_o$ so it's

underdamped

$$\omega_d = \sqrt{\omega_o^2 - \alpha^2} = 4.75$$

Scanned with CamScanner

#(9.5): The source free series RLC circuits

حالة RLC التوالي نفس مبدأ التوازي بس نفرق بقيمة α

حساب قيمته بحالة التوالي: $\alpha = \frac{R_{eq}}{2L_{eq}}$, $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_{eq}C_{eq}}}$, $\omega_d = \sqrt{\omega_o^2 - \alpha^2}$, $s_1 \& s_2 = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$

* ملخص القوانين المذكورة بالصفحة

type	condition	criteria	ω_o	Response
1/ parallel series	over damped	$\frac{1}{2RC}$ $\frac{R}{2L}$	$\frac{1}{\sqrt{LC}}$	$A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$ $s_1, s_2 = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$

roots: real & different

- $i(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$ for $t > 0$

$i_L(0^+) = A_1 + A_2$

$\frac{di_L(0^+)}{dt} = A_1 s_1 + A_2 s_2 = \frac{V_L(0^+)}{L}$

- $V(t) = A_3 e^{s_1 t} + A_4 e^{s_2 t}$

$V_c(0^+) = A_3 + A_4$

$\frac{dV_c(0^+)}{dt} = A_3 s_1 + A_4 s_2 = i_c(0^+)$

2/ Parallel series	critical damped	$\frac{1}{2RC}$ $\frac{R}{2L}$	$\frac{1}{\sqrt{LC}}$	$e^{-\alpha t}(A_1 t + A_2)$ $s_1, s_2 = -\alpha$

roots: real & repeated

- $i(t) = e^{-\alpha t}(A_1 t + A_2)$ for $t > 0$

$i(0^+) = A_2$, $\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{V_L(0^+)}{L} = A_1 - \alpha A_2$ for $t > 0$

- $V(t) = e^{-\alpha t}(A_3 t + A_4)$

$V(0^+) = A_4$, $\frac{dV(0^+)}{dt} = A_3 - \alpha A_4 = \frac{i_c(0^+)}{C}$

Scanned with CamScanner

3/ Parallel under damped $\frac{1}{2RC}$ $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ $e^{-\alpha t}(B_1 \cos \omega_d t + B_2 \sin \omega_d t)$

series $\frac{R}{2L}$ $s_1, s_2 = -\alpha \pm j\omega_d$

roots: complex conjugate

- $i(t) = e^{-\alpha t}(B_1 \cos \omega_d t + B_2 \sin \omega_d t)$

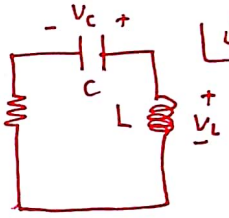
$i(0^+) = B_1$, $\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{V_L(0^+)}{L} = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$

- $V(t) = e^{-\alpha t}(B_3 \cos \omega_d t + B_4 \sin \omega_d t)$

$V(0^+) = B_3$, $\frac{dV(0^+)}{dt} = \frac{i_C(0^+)}{C} = -\alpha B_3 + \omega_d B_4$

Given the series RLC circuit bellow in which $L = 1H$, $R = 2k\Omega$, $C = \frac{1}{401}$ HF, $i(0) = 2mA$ and $V_C(0) = 2V$, find $i(t)$ for $t > 0$

مثال *



بالاول خلينا نطلع نوع الـ damping

$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 20.024\ k$, $\alpha = \frac{R}{2L} = 1\ k$

بما ان $\omega_o > \alpha$ فهو نوع underdamping

$\omega_d = \sqrt{\omega_o^2 - \alpha^2} = 19.999k$

بنطبق عالقانون $i(t) = e^{-\alpha t}(B_1 \cos \omega_d t + B_2 \sin \omega_d t)$

لازم نطلع B_1 & B_2

$B_1 = i(0) = 2mA$ معطى بالسؤال

$\frac{di(0^+)}{dt} = \frac{V_L(0^+)}{L} = -\alpha B_1 + \omega_d B_2$

$\frac{-2}{1} = -1000 * 2m + 19.999\ B_2$ ⇒ $B_2 = 0$

$i(t) = e^{-1000t}(0.002 \cos 19999\ t)$

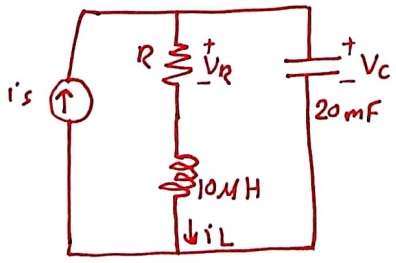
Scanned with CamScanner

(9.6): The complete response of the RLC circuit

طبعاً بهاد السكشن رح نتعامل مع driven RCL circuit يعني لما يكون موجود مصدر بكمية مش مطلوب منا نطلع تيار او جهد على اي شي بنطلب منا الاشياء اللي تعلمنا اياها قبل

* مثال: in the series circuit bellow, set R = 1 Ω (a) compute α & ω_o.

(b) if $i_s = 3u(-t) + 2u(t)$ mA determine $V_R(0^-)$, $i_L(0^-)$, $V_C(0^-)$, $V_R(0^+)$, $i_L(0^+)$, $V_C(0^+)$, $i_L(\infty)$ and $V_C(\infty)$



ذاكرلك معلومة بالسؤال انه نوع الدارة series وبدون نطلع عدة طالبية

(a) $\alpha = \frac{R}{2L} = 5\,\Omega$

$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2.236\,\Omega$

بنلاحظ انه $\alpha > \omega_o$ يعني over dumped يعني الدارة نوعها

(b) $i_s(0) = i_s(0^-) = 3mA$

- $V_R(0^-) = i_s(0^-) * R = 3m * 1 = 3mV$
- $i_L(0^-) = 3mA$
- $V_C(0^-) = 3mV$
- $V_R(0^+) = V_R(0^-) = 3mV$
- $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 3mA$
- $i_L(\infty) = 2mA$
- $V_C(\infty) = i_s(\infty) * R = 2mV$

#

Scanned with CamScanner