دائـرة التعليم والمعرفة
DEPARTMENT OF EDUCATION AND KNOWLEDGE

12

6

العام الدراسى 2018/2019

دوائـر التيـار المستمـر

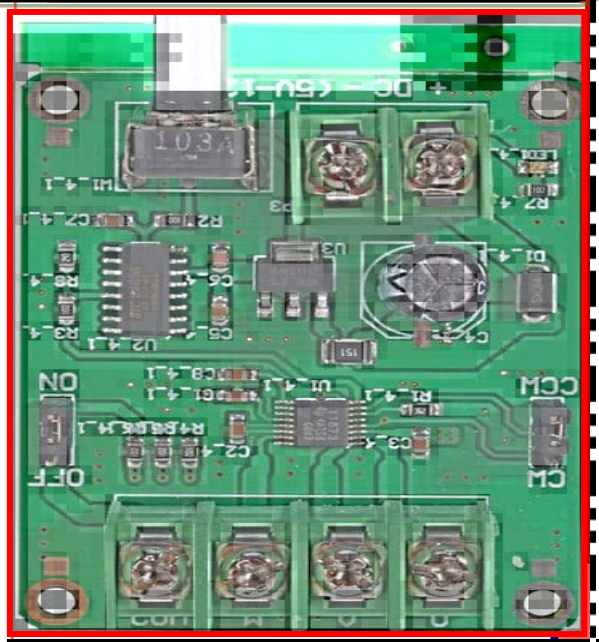
الفيزياء

الثاني عشر

الفصل الدراسى الثانى

الاسم : .....

وزارة التربية والتعليم
دائـرة التعـليم والمعـرفة

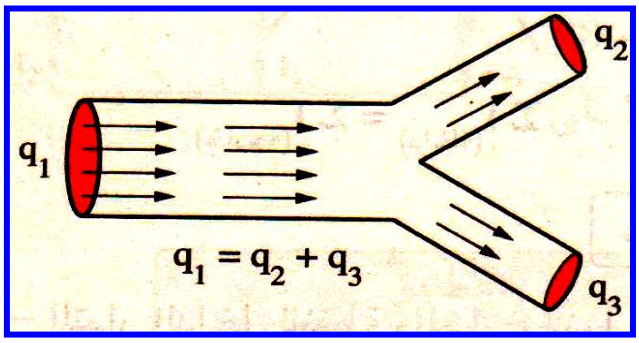


إعداد الأستاذ
حمدي عبد الجواد

HAMDY ABD ELGAWWAD

6.1 : قـانـونـا كير شـوف

* هناك دوائر كهربائية معقدة مكونة من عدة فروع وبالتالي يصعب تطبيق قانون أوم عليها لاختلاف شدة التيار المار في كل فرع فيها ، لذلك قام العالم الألماني (كير شوف) بوضع قانونين يمكن من خلالهما التعامل مع الدوائر الكهربائية المعقدة



القانون الأول لكـير شـوف

* لقد عرفنا أن التيار الكهربائي في الموصلات الفلزية عبارة عن سيل من الإلكترونات السالبة تنتقل من نقطة لأخرى .

* لا يمكن أن تتراكم هذه الشحنات في نقطة معينة عبر الدائرة بل تتحرك باستمرار خلالها ولذلك لا يشحن الموصل أثناء مرور التيار الكهربائي فيه .

* استنتج كير شوف من ذلك أنه عند أي نقطة من نقاط التفرع في الدائرة يكون مجموع الشحنات الداخلة يساوي مجموع الشحنات الخارجة في نفس الزمن ، ومن خلال ذلك توصل كيرشوف إلى نص قانونه الأول .

الوصلة :

هي مكان في دائرة حيث يوصل ثلاثة أسلاك أو أكثر ببعضها البعض يطلق على كل توصيلة بين وصلتين في دائرة فرع

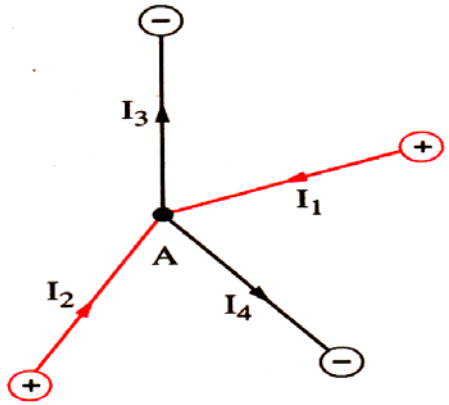
قـانون كير شـوف للتيار :

مجموع التيارات الداخلة إلى وصلة معينة يجب أن يساوي مجموع التيارات الخارجة من الوصلة نفسها .

أو

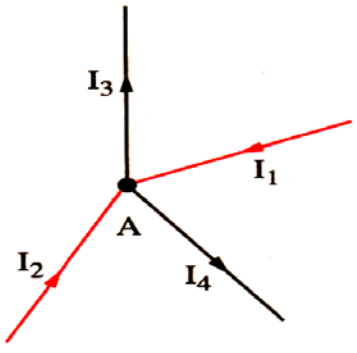
المجموع الجبري للتيارات عند نقطة في دائرة مغلقة يساوي صفر .

عند نقطة التفرع



$\Sigma I = 0$

$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$

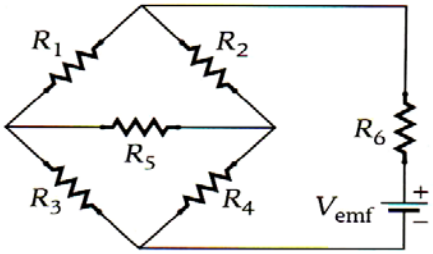


$\Sigma I_{(داخلة)} = \Sigma I_{(خارجة)}$

$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

ملاحظات هامة

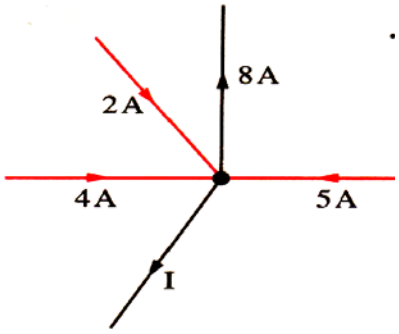
- يستخدم قانون كير شوف **الأول** في دوائر التوازي (**دوائر تشتمل على مقاومات متصلة على التوازي**)وذلك **بسبب** : وجود نقاط تفرع وتوزيع للتيار .



- يعتبر قانون كير شوف **الأول** تطبيقاً لقانون **حفظ الشحنة** (أي أن مقدار الشحنة الكهربائية **الداخلة** إلى نقطة ما هو **نفس** مقدار الشحنة **الخارجة** من هذه النقطة) **لأن شدة التيار تساوي مقدار الشحنات الكهربائية التي تعبر مقطع معين خلال 1S**

مثال ❶

من الشكل المقابل ، احسب مقدار شدة التيار (I)



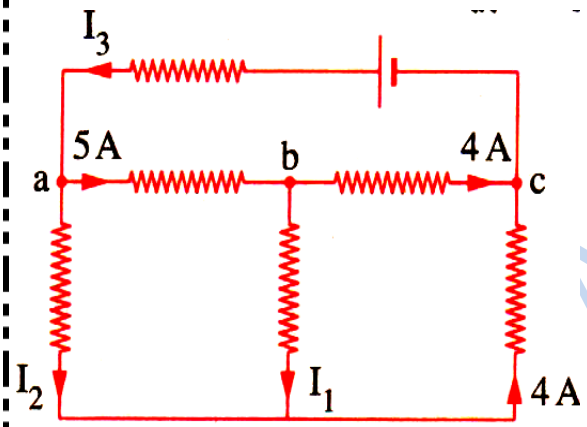
الحـــل :

طبقاً لقانون كير شوف الأول :

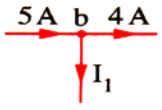
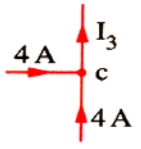
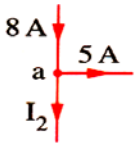
$$(4 + 5 + 2 = 8 + I)\quad I = 3.0\ A$$

مثال ❷

احسب قيم التيارات المجهولة في الدائرة الموضحة بالشكل المجاور :



الحـــل : عند النقطة (a) يوجد تياران مجهولان (I_3 , I_2) بينما عند كل من النقطتين (C , b) يوجد تيار واحد مجهول القيمة (I_3 , I_1) على الترتيب .

	الرسم	التطبيق
١		عند النقطة (b) $5 = I_1 + 4$ $I_1 = 1\ A$
٢		عند النقطة (c) $4 + 4 = I_3$ $\therefore I_3 = 8\ A$
٣		عند النقطة (a) $I_3 = 5 + I_2$ $8 = 5 + I_2$ $\therefore I_2 = 8 - 5 = 3\ A$

HAMDI ABD ELGAWWAD

القانون الثاني لكيرشوف :

لقد تعرفنا سابقاً أن :

فرق الجهد الكهربائي (ΔV)

*يعبر عن الشغل المبذول أو الطاقة اللازمة لتحريك الشحنات الكهربائية عبر جزء من الدائرة .

* يقاس بوحدة (**الفولت**) .

* يحسب من العلاقة : $V = IR$

حيث : (R) هي مقاومة الجزء المراد حساب فرق الجهد بين طرفيه .

القوة الدافعة الكهربائية (emf)

* تعبر عن الشغل المبذول أو الطاقة اللازمة لتحريك الشحنات الكهربائية عبر الدائرة كلها مرة واحدة .

* تقاس بوحدة (**الفولت**) .

* تحسب من العلاقة : $V_{emf} = I(R + r)$

حيث : (R) المقاومة الخارجية الكلية .

(r) المقاومة الداخلية للمصدر .

وقد قام كيرشوف بصياغة العلاقة بين فرق الجهد والقوة الدافعة الكهربائية كما يلي :

قانون كيرشوف للجهد :

المجموع الجبري للقوة الدافعة الكهربائية في دائرة مغلقة يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد في الدائرة .

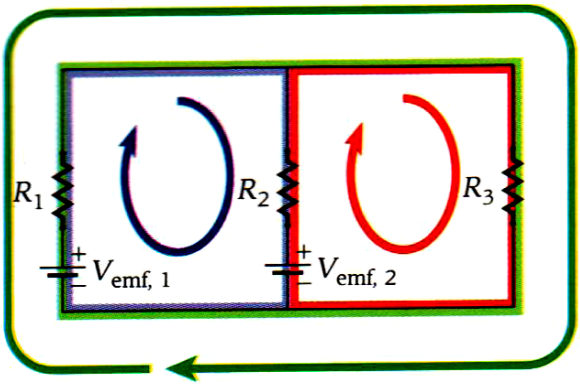
أو

المجموع الجبري لفروق الجهد الكهربائية في مسار مغلق يساوي صفر .

عند حل مسائل قانون كيرشوف **الثاني** **لابد** من تحديد الاتجاه لكل مسار مغلق في اتجاه عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة

* في الرسم التخطيطي الموضح في الشكل المجاور نلاحظ أن :

1. يمكن تحديد ثلاث حلقات محتملة ، توضح هذه الحلقات بألوان مختلفة (أحمر ، أخضر ، أزرق) .



2. تشمل الحلقة الزرقاء المقاومين (1,2) ومصدري القوة الدافعة الكهربائية (1,2) وأسلاك التوصيل الخاصة بهم .

3. تشمل الحلقة الحمراء المقاومين (2 , 3) ومصدر القوة الدافعة الكهربائية (2) وأسلاك التوصيل الخاصة بهم .

4. تشمل الحلقة الخضراء المقاومين (1,3) ومصدر القوة الدافعة الكهربائية ,(1)وأسلاك التوصيل الخاصة بهم .

BY ABD ELGAWWAD

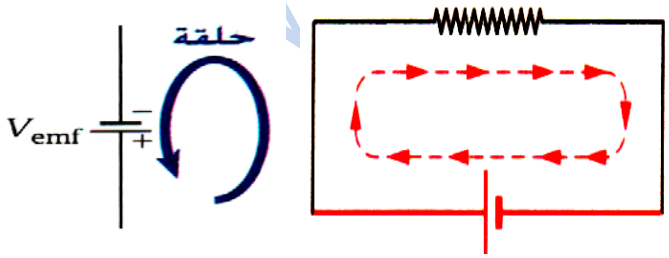
ملاحظات هامة

* يطبق القانون **الثاني** لكير شوف على عدة مسارات **مغلقة** .
* يعتبر القانون **الثاني** لكير شوف تطبيقاً لقانون **حفظ الطاقة** .
* يجب **مراعاة** قاعدة **الإشارات** الآتية عند تطبيق قانون كير شوف **الثاني** على مسار **مغلق** مستخدماً الصيغة الرياضية :

(a

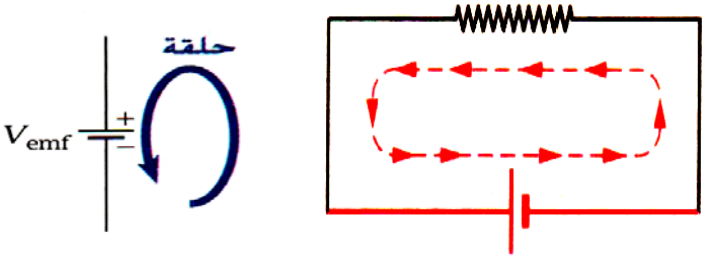
$$\sum V_{emf} = \sum iR$$

1 إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه من القطب **السالب** إلى القطب **الموجب** داخل مصدر الجهد فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تكون **موجبة** .



$$\Delta V = +V_{emf}$$

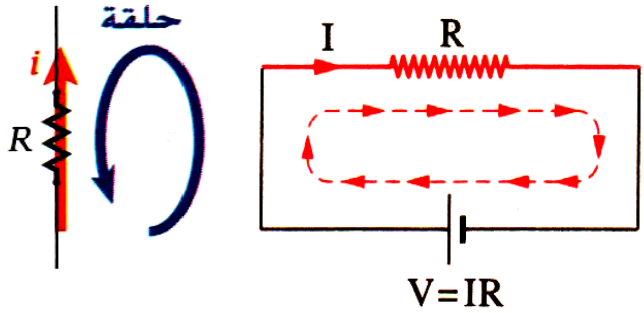
* إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه من القطب **الموجب** إلى القطب **السالب** داخل مصدر الجهد فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تكون **سالبة** .



$$\Delta V = -V_{emf}$$

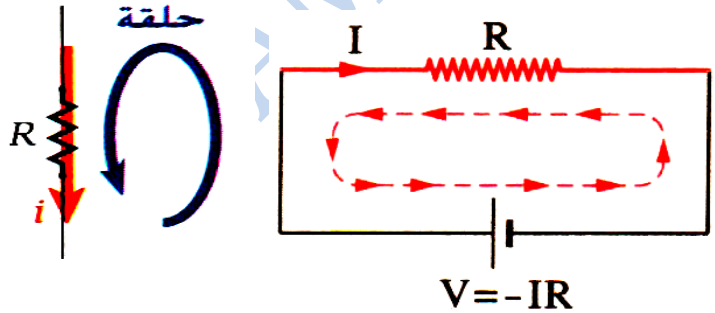
إذا كانت المقاومات متصلة معاً على التوالي أو التوازي
يفضل ايجاد المقاومة المكافئة لهم قبل البدء في تطبيق قانوني كير شوف

2 إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه هو **نفس اتجاه** التيار المار في مقاومة **ما** ، فإن قيمة فرق الجهد بين هذه المقاومة يكون **موجب** .



$$\Delta V = +iR$$

* إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه هو **عكس اتجاه** التيار المار في مقاومة **ما** ، فإن قيمة فرق الجهد بين طرفي هذه المقاومة يكون **سالب** .

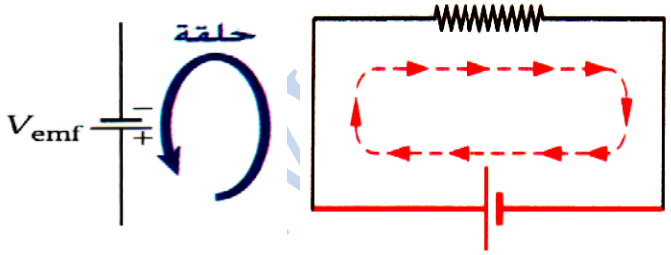


$$\Delta V = -iR$$

(b

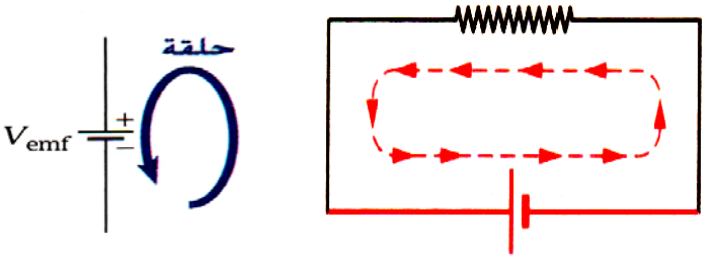
الحلقة المغلقة : $\sum_{j=1}^{m} V_{emf,j} - \sum_{k=1}^{n} i_k R_K = 0$

1 إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل مصدر الجهد فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تكون **موجبة** .



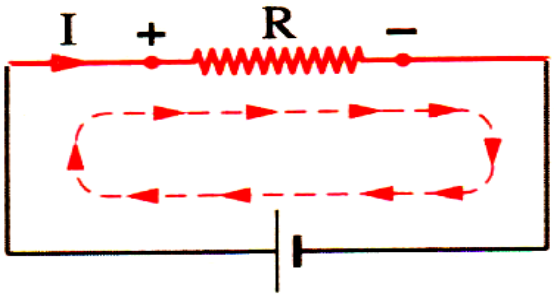
$\Delta V = +V_{emf}$ $\Delta V = V_{emf}$

* إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل مصدر الجهد فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تكون **سالبة** .



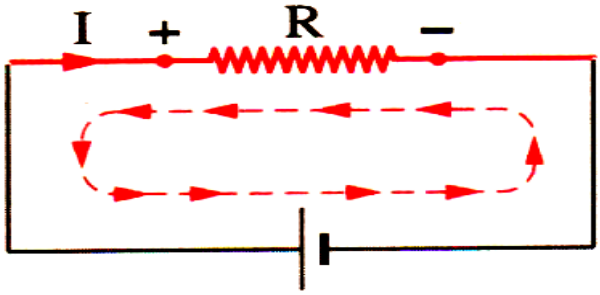
$\Delta V = -V_{emf}$ $\Delta V = -V_{emf}$

2 إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه هو **نفس اتجاه** التيار المار في مقاومة **ما** ، فإن قيمة فرق الجهد بين هذه المقاومة يكون **سالب** .



$V = -IR$

* إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه هو **عكس اتجاه** التيار المار في مقاومة **ما** ، فإن قيمة فرق الجهد بين طرفي هذه المقاومة يكون **موجب** .

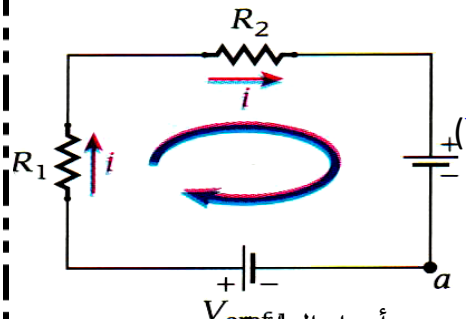


$V = IR$

الجدول 6.1 الافتراضات المستخدمة لتحديد إشارات تغيرات الجهد حول دائرة أحادية الحلقة تحتوي على العديد من المقاومات ومصادر القوة الدافعة الكهربائية

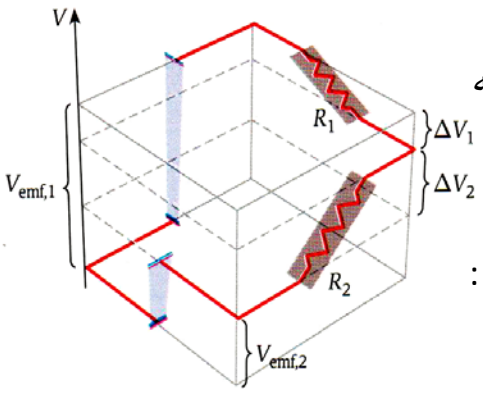
العنصر	الاتجاه	تغير الجهد	
R	اتجاه التيار نفسه	$-iR$	(a)
R	عكس اتجاه التيار	$+iR$	(b)
V_{emf}	اتجاه القوة الدافعة الكهربائية نفسها	$+V_{emf}$	(c)
V_{emf}	عكس اتجاه القوة الدافعة الكهربائية	$-V_{emf}$	(d)

6.2 : دوائر كهربائية أحادية الحلقة



* من خلال دراسة دائرة تحتوي على مصدرين للقوة الدافعة الكهربائية ($V_{emf,1}$ ،$V_{emf,2}$) ومقاومين (R_1 ,R_2) موصلين على التوالي في حلقة واحدة كما هو موضح بالشكل

* نلاحظ أن مصدري القوة الدافعة الكهربائية ($V_{emf,1}$ ،$V_{emf,2}$) لهما أقطاب متقابلة أي لا توجد وصلات وبالتالي تتكون الدائرة بأكملها من فرع واحد ويكون التيار نفسه في جميع أجزاء الدائرة.



* مع افتراض أن التيار يتدفق في **اتجاه عقارب** الساعة ويكون مكون الدائرة الأول بدءاً من النقطة (a) هو ($V_{emf,1}$) الذي يولد مقدار **مرتفع** من الجهد الموجب قيمته ($V_{emf,1}$)يليه المقاوم (R_1) الذي يولد **انخفاضاً** في الجهد يوضح من **المعادلة** :

$$\Delta V_1 = iR_1$$

* المكون التالي هو المقاوم (R_2) الذي يولد انخفاضاً في الجهد يوضح من **المعادلة** :

$$\Delta V_2 = iR_2$$

* ثم نصادف مصدراً ثانياً للقوة الدافعة الكهربائية ($V_{emf,2}$) يوصل هذا المصدر بالدائرة ذات الأقطاب المتقابلة مع أقطاب مصدر القوة ($V_{emf,1}$) ومن ثم يولد هذا المكون انخفاضاً في الجهد مقداره ($V_{emf,2}$) بدلاً من ارتفاع الجهد .

لقد اكملنا الحلقة الآن وسنعود إلى ($V = 0$ v) **وبجمع تغيرات الجهد نحصل على المعادلة :**

$$V_{emf,1} - \Delta V_1 - V_2 - V_{emf,2} = V_{emf,1} - iR_1 - iR_2 - V_{emf,2} = 0$$

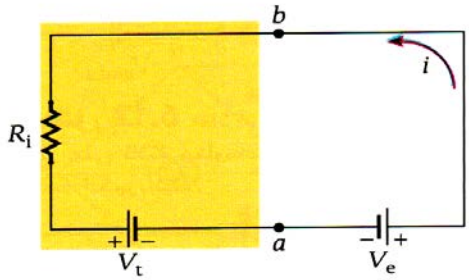
۞ سواء كان الاتجاه الذي تتحرك فيه عبر حلقة في **اتجاه عقارب** الساعة أو **عكس اتجاه** عقارب الساعة يعطي نفس النتائج .

(الاتجاه الذي نختاره لتحليل الدائرة ليس مهم)

مسألة محلولة :

شحنت بطارية جهدها (12.0 v) وذات مقاومة داخلية مقدارها (R_i=0.200 Ω) بشاحن بطارية قادر على توصيل تيار مقداره (i=6.0 A) . **ما اقل** قوة دافعه كهربائية يجب علي شاحن البطارية توفيرها ليتمكن من شحن البطارية ؟

الحل : بتطبيق قانون كيرشوف للجهد ، وبافتراض أن التيار يتدفق في اتجاه عكس عقارب الساعة حول الدائرة

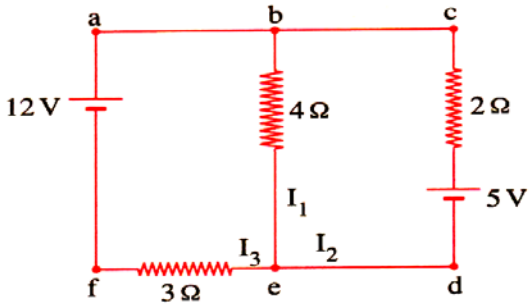


∴ يجب أن يساوي مجموع تغيرات الجهد حول الدائرة صفر

$$-iR_i - V_t + V_e = 0$$
$$(-6.0\ x0.200) - (12.0) + V_e = 0$$
$$V_e = 13.2\ \text{v}$$

HAMDY ABD ELGAWWAD

6.3 : دوائر كهربائية متعددة الحلقات



كيفي حل مسائل كيرشوف :

* إذا كان لديك دائرة كهربائية كالموضحة بالشكل المجاور

فلحساب شدة التيار المار في كل مقاوم نتبع الخطوات الآتية :

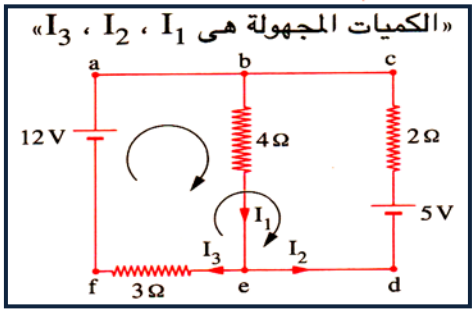
1 حدد عدد الكميات المجهولة المراد حسابها ،

* نفرض اتجاهاً معيناً لكل تيار مجهول

(هذه الاتجاهات ليست بالضرورة صحيحة) .

* حدد اتجاهاً لكل مسار مغلق بصورة عشوائية

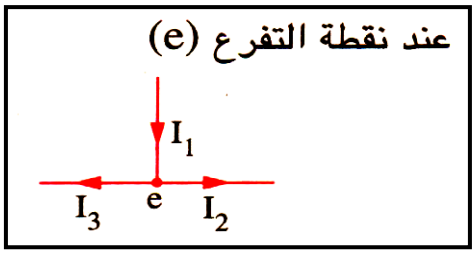
(مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة) .



2 طبق قانون كيرشوف **الأول** عند نقطة تفرع التيار مرة واحدة بحيث **يكون** :

(مجموع التيارات الداخلة = مجموع التيارات الخارجة)

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad ①$$

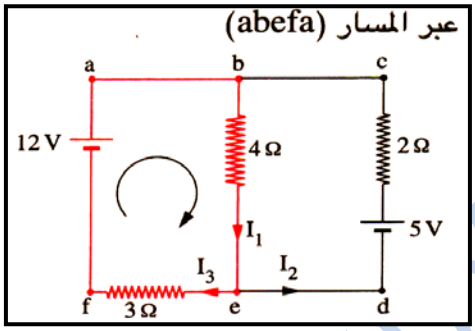


3 اختر مساراً مغلقاً وطبق قانون كير شوف **الثاني** خلاله بحيث **يكون** :

(المجموع الجبري للقوة الدافعة الكهربائية = المجموع الجبري لفروق الجهد)

$$12 = 4I_1 + 3I_2 \quad ②$$

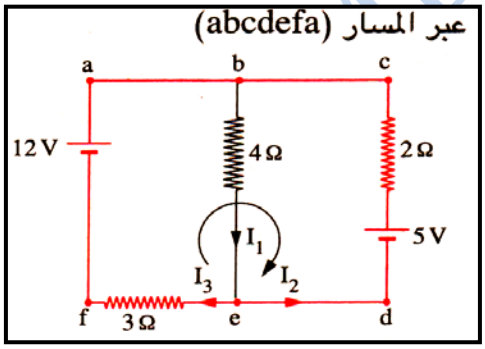
(مراعاة قاعدة الإشارات)



4 كرر الخطوة السابقة على عدة مسارات حتى **يتساوى** عدد المعادلات مع عدد القيم المجهولة .

$$12-5 = 3I_3 - 2I_2$$

$$7 = 3I_3 - 2I_2 \quad ③$$



5 حل المعادلات ① ، ② ، ③ آنياً أو باستخدام الآلة الحاسبة ونحصل على القيم المجهولة ($I_1 = 1.5\ A$, $I_2 = -0.5\ A$, $I_3 = 2.0\ A$)

6 إذا كانت القيمة المحسوبة للتيار :

* موجبة : يكون الاتجاه الصحيح هو نفس الاتجاه المفروض من البداية .

* سالبة : يكون الاتجاه الصحيح في عكس الاتجاه المفروض من البداية .

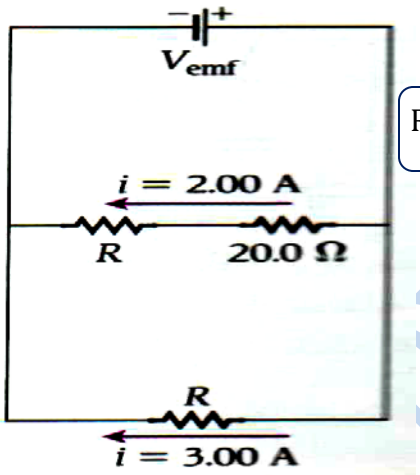
ADY ABD ELGAWWAD

س1) مقاومان (R_1 , R_2) موصلان على التوالي عبر فرق جهد (ΔV_o) . **عبر عن انخفاض الجهد** عبر كل مقاوم على حدة بدلالة هذه الكميات .

س2) بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ($V_{emf} = 12.0\ v$) ومقاومتها الداخلية ($r = 1.0\ \Omega$) . **ما المقاومة** (R) اللازم تطبيقها بين طرفي البطارية لتوليد قدرة مقدارها ($10.0\ W$)

$R = 12.3\ \Omega$
أو
$= 0.0811\Omega$

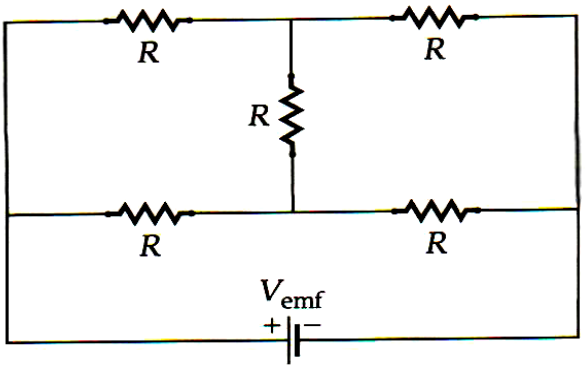
س3) ثلاثة مقاومات موصولة عبر طرفي بطارية كما هو موضح بالشكل المجاور



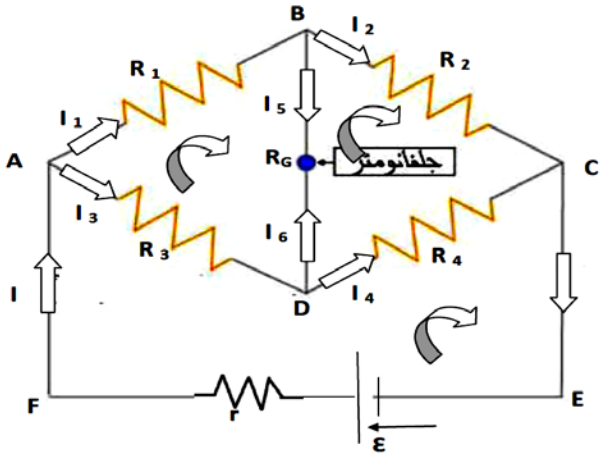
* **ما قيمتا** (R , V_{emf}) اللتان ستولدان التيارات المشار إليها ؟

$R = 40\ \Omega$, $V_{emf} = 120\ v$

س4) **احسب** المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة في الشكل .



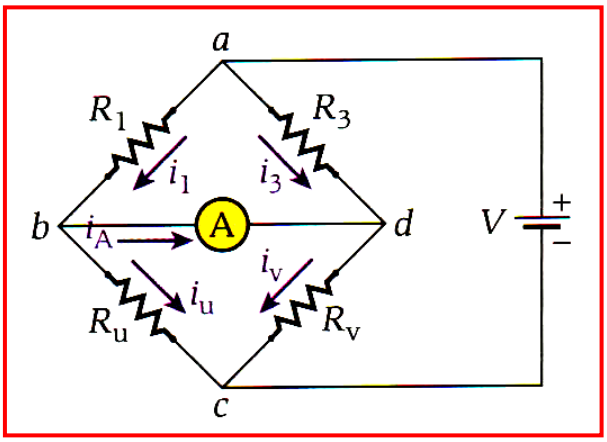
$R_{eq} = R$



قنطرة ويتستون :

توصل العالم شارل ويتستون إلى طريقة **تعيين مقاومة مجهولة** باستخدام جهاز سمي باسمه ((قنطرة ويتستون **أو** جسر ويتستون)) وهو عالم ومكتشف إنجليزي درس العلوم وتخصص في **الفيزياء** .

مسألة محلولة :



* حدد المقاومة المجهولة (R_U) في قنطرة ويتستون الموضحة في الشكل
إذا كانت (,$R_V = 15.63\ \Omega$, $R_3 = 110.0\ \Omega$, $R_1 = 100.0\ \Omega$)
عندما يكون التيار المار عبر **الأميتر** يساوي **صفراً** (**القنطرة متوازنة**)

الحـــل

* **نطبق أولاً قانون كير شوف للجهد على الحلقة** (abd). بداية من (a) ونتحرك في اتجاه عقارب الساعة لنحصل على :

$$-i_3R_3 + i_AR_A + i_1R_1 = 0 \quad ①$$

* **نطبق قانون كير شوف للجهد مرة أخرى على الحلقة** (cbd). بداية من (c) ونتحرك في اتجاه عقارب الساعة لنحصل على

$$+i_uR_u - i_AR_A - i_vR_v = 0 \quad ②$$

* **بتطبيق قانون كير شوف للتيار عند الوصلة (b) لنحصل على :**

$$i_1 = i_A + i_U \quad ③$$

* **بتطبيق قانون كير شوف للتيار مرة أخرى عند الوصلة (d) لنحصل على :**

$$i_3 = i_A + i_V \quad ④$$

* **عندما يكون التيار المتدفق عبر الأميتر يساوي صفراً** ($i_A = 0$) **يمكننا إعادة كتابة المعادلات السابقة :**

$$i_1R_1 = i_3R_3 \quad ⑤$$

$$i_uR_u = i_VR_V \quad ⑥$$

بقسمة المعادلة (6) على المعادلة (5) نحصل على

$$\frac{i_uR_u}{i_1R_1} = \frac{i_VR_V}{i_3R_3}$$

$$i_1 = i_u \quad ⑦$$

$$i_3 = i_V \quad ⑧$$

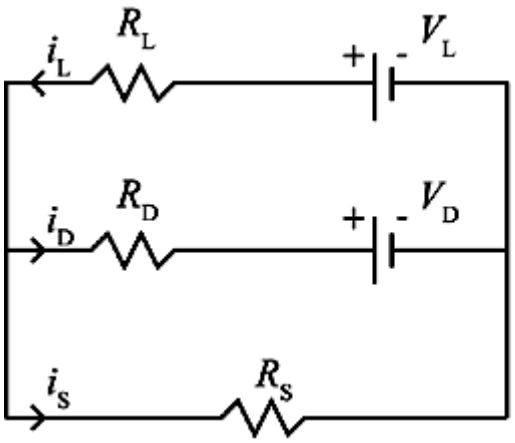
يمكننا إعادة كتابتها باستخدام المعادلتين (7.8)

$$R_u = \frac{R_1}{R_3}R_V = \frac{100}{110}(15.63) = 14.20\ \Omega$$

HAMDY ABD ELGAWWAD

س5) تولد البطارية الفارغة للسيارة فرق جهد مقداره (9.950 V) وتبلغ مقاومتها الداخلية (1.100 Ω) . قمنا بشحن البطارية عن طريق توصيلها ببطارية سيارة أخرى مشحونة باستخدام كابلات تشغيل من مصدر خارجي . تولد البطارية المشحونة فرق جهد مقداره (12.0 V) وتبلغ مقاومتها الداخلية (0.01Ω) وتبلغ مقاومة بادئ التشغيل (0.07Ω) .

1 ارسم رسماً تخطيطياً للدائرة الموصلة بها بطاريتان .



2 حدد مقدار التيار في البطارية المشحونة والبطارية الفارغة وبادئ التشغيل بعد غلق الدائرة ؟

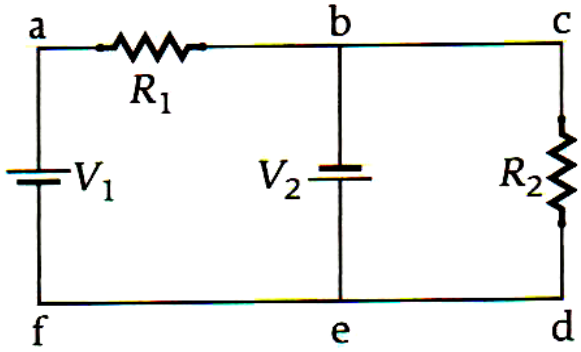
$I_S = 149.9$ A

$I_L = 150.43$ A

$I_D = 0.53$ A

HAMDY ABD ELGAWWAD

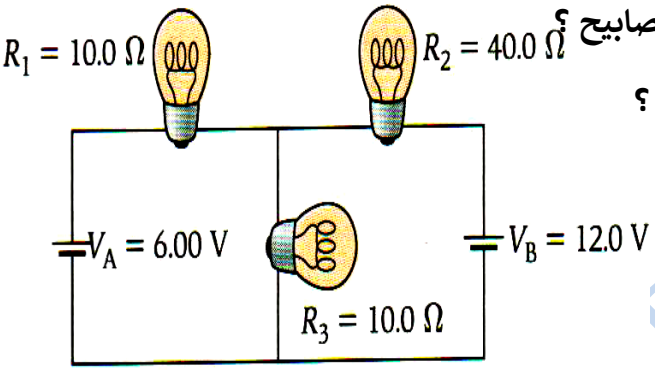
س6) في الدائرة الموضحة في الشكل ($R_1 = 4.0\ \Omega, R_2 = 5.0\ \Omega, V_2 = 2.50\ V, V_1 = 1.50\ V$).



1 ما مقدار التيار (i_1) المتدفق عبر المقاوم (R_1) ؟

$i_1 = 1.0\ A$

س7) الدائرة الموضحة في الشكل تتكون من بطاريتين جهدهما (V_A, V_B) وثلاثة مصابيح ضوئية مقاومتها (R_1, R_2, R_3)



1 حدد الاتجاهات الصحيحة على الشكل لتدفق التيار عبر المصابيح ؟

2 احسب مقدار التيارات (I_1, I_2, I_3) المتدفقة عبر المصابيح ؟

$I_1 = 0.20\ A$

$I_2 = 0.20\ A$

$I_3 = 0.40\ A$

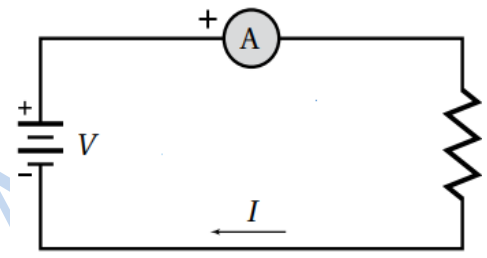
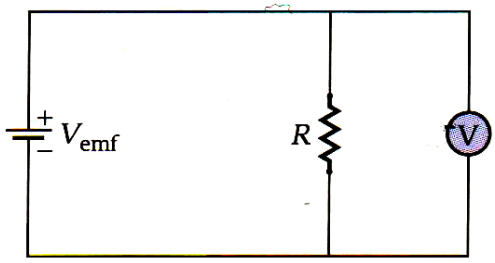
3 احسب القدرة التي تولدها البطاريتان (P_A, P_B)

$P_A = 1.2\ W$

$P_B = 2.4\ W$

HAMDY ABD ELGAWWAD

6.4 : أجـهـزة الأمـيـتر والفـولـتـمـيـتـر

الأداة / وجـه المقـارنة	الأمـيـتـر	الفـولـتـمـيـتـر
الاسـتـخـدام	جهاز يستخدم لقياس **شدة التيار الكهربائي** في أي جزء من الدائرة الكهربائية .	جهاز يستخدم **لقياس الهبوط في الجهد** في أي جزء من الدائرة الكهربائية .
مقـاومة الجـهاز	**صغيرة :** عادة ما تكون في حدود ($1.0\ \Omega$) لذا ليس لها أي تأثير ملحوظ في التيارات المقيسة	**كبيرة :** عادة ما تكون في حدود ($10^7\ \Omega$) لذا لها تأثير طفيف في فروق الجهد المقيسة
تـركـيـبه	ملف يتصل مع مقاومة **صغيرة** على **التوازي**	ملف يتصل مع مقاومة **كبيرة** على **التوالي**
وحـدة القيـاس	الأمبير (A)	الفولت (V)
طريقة توصيله في الدائرة	يوصل على **التوالي** في الدائرة	يوصل على **التوازي** في الدائرة
الرسـم		

* **علل لكل مما يلي :**

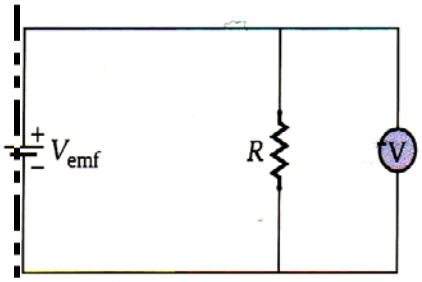
1. يصمم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جداً ؟

2. يتم توصيل مقاومة صغيرة على التوازي مع ملف الأميتر ؟

3. يتم توصيل مقاومة كبيرة جداً على التوالي مع ملف الفولتميتر ؟

HAMDY ABD ELJAWAD

مثال ❷



دائرة كهربائية بسيطة تتكون من مصدر للقوة الدافعة الكهربائية ($V_{emf} = 150\ v$) ومقاوم ($R = 100.0\ K\Omega$) **يوصل فولتميتر مقاومته** ($R_V = 10.0\ M\Omega$) **بين طرفي المقاوم**

① **ما قيمة التيار في الدائرة قبل توصيل الفولتميتر ؟**

$i = 1.50\ mA$

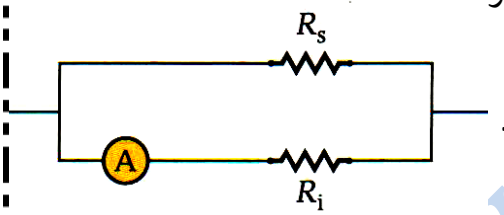
②**ما قيمة التيار في الدائرة عند توصيل الفولتميتر بين طرفي المقاوم ؟**

$i = 1.52\ mA$

مسألة محلولة :

افترض أن أميتر يعطي قراءة التدريجات بالكامل عندما يمر تيار مقداره ($i_{int} = 5.10\ mA$) خلاله . وتبلغ المقاومة الداخلية للأميتر ($R_i = 16.8\ \Omega$) . لاستخدام هذا **الأميتر** لقياس أقصى تيار مقداره ($i_{max} = 20.2\ A$) .

* ما **مقدار** المقاومة اللازمة للمقاوم المجزئ للتيار R_s الموصل على **التوازي** بالأميتر؟



الحـــل :

* ∵ المقاومان متصلان على **التوازي** ، إذاً فرق الجهد **متساوي** بين طرفي كل مقاوم.

$$\Delta V_{fs} = i_{int} R_i$$

* بما أن المقاومة المكافئة للمقاومين الموصلين على التوازي توضّح بواسطة :

$$R_{eq} = \left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_s}\right)^{-1}$$

* انخفاض الجهد بين طرفي المقاومة المكافئة يجب أن يساوي انخفاض الجهد بين طرفي الأميتر الذي يعطي قراءة التدريجات بالكامل عندما يتدفق تيار (i_{max}) لذا يمكننا كتابة المعادلة

$$\Delta V_{fs} = i_{max} R_{eq}$$

* بدمج المعادلتين لإيجاد فرق الجهد نحصل على :

$$\Delta V_{fs} = i_{int} R_i = i_{max} R_{eq}$$

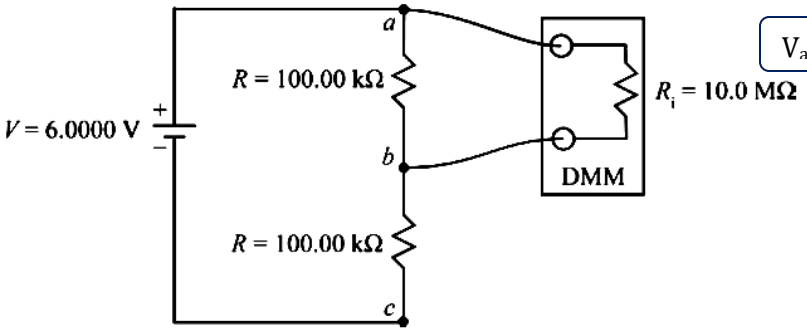
* بالتعويض عن المقاومة المكافئة في المعادلة السابقة :

$$\frac{i_{max}}{i_{int} R_i} = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_s}$$

$$R_s = R_i \frac{i_{int}}{i_{max} - i_{int}} = (16.8) \frac{(5.10 x 10^{-3})}{(20.2) - (5.10\ x 10^{-3})} = 4.2\ x 10^{-3}\ \Omega$$

HAMDY ABD ELGAWWAD

س8) كما هو موضح في الشكل بطارية جهدها (V=6.0 V) تستخدم لتوليد تيار عبر مقاومين متماثلين (R) تبلغ مقاومة كل منهما (R=100.0 KΩ) . يستخدم ملتيمتر رقمي لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاوم الأول علماً بأن المقاومة الداخلية للملتيميتر الرقمي هو (R_I= 10.0 MΩ) .



1. احسب فرق الجهد بين النقطتين (a , b) V_{ab}=2.99

2. **((فرق الجهد بين النقطتين (a,b) يساوي فرق الجهد بين النقطتين (c,b) .))**
قد لاتكون هذه العبارة صحيحة في هذه الحالة . **كيف** يمكن تقليل خطأ القياس ؟

س9) تريد أن تصنع أوميتر لقياس مقاومة المقاومات المجهولة . ولديك بطارية جهدها (V_{emf}=9.0 V) ومقاوم متغير (R) وأميتر يقيس التيار على مقياس خطي من (0 إلى 10.0mA)

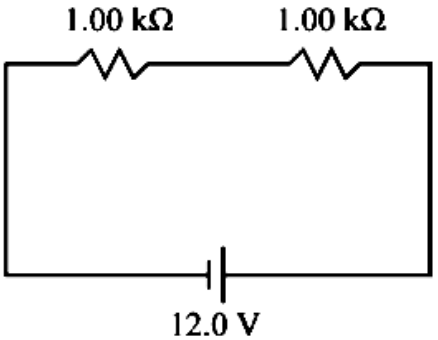
1. **ما مقدار** المقاومة اللازمة للمقاوم المتغير بحيث يعطي الأميتر أعلى قراءة عند حدوث قصر في الأوميتر ؟ R= 900Ω

2. باستخدام المقاومة الموضحة في المطلوب الأول ، **احسب** مقدار المقاومة المجهولة إذا قرأ الأميتر (1/4تدريجاته)

R= 2.70 KΩ

س10) دائرة كهربائية تحتوي على مقاومين متماثلين تبلغ مقاومة كل منهما (R=1000.0 Ω) موصلين على التوالي ببطارية جهدها (V = 12.0 v).

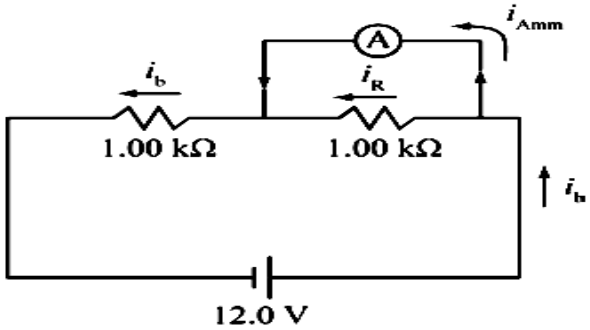
1. **احسب** التيار المتدفق عبر كل مقاوم ؟ i= 6.0 mA



AMDY ABD ELGAWWAD

2 إذا قمت بتوصيل أميتر بهذا المقاوم على **التوازي** بدلاً من توصيله على **التوالي** . ما **مقدار** التيار الذي يتدفق عبر الأميتر (افترض أن المقاومة الداخلية هي $R_I = 1.0\ \Omega$

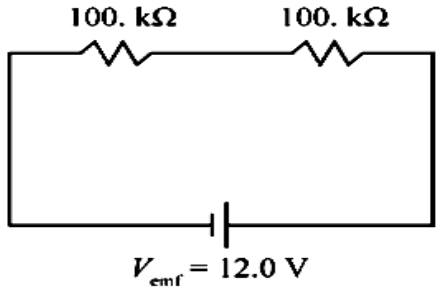
$I_{Amm} = 0.012A$



س11) دائرة كهربائية تحتوي على مقاومين متماثلين تبلغ مقاومة كل منهما ($R=100.0\ k\Omega$) موصلين على التوالي ببطارية جهدها ($V_{emf} = 12.0\ v$).

1 **احسب** انخفاض الجهد عبر طرفي أحد المقاومين ؟

$V = 6.0\ v$



2 إذا تم توصيل فولتميتر مقاومته الداخلية ($R_V = 10.0\ M\Omega$) على **التوازي** بأحد المقاومين لقياس انخفاض الجهد عبر طرفي هذا المقاوم . **احسب** نسبة الخطأ في القياس في الحالتين

0.5 %

س12) المقاومة الداخلية للأميتر الذي يستخدمه معلم الفيزياء في العروض التوضيحية في الصف هي ($R_I=75.0\ \Omega$) وأقصى قيمة للتيار يمكنه قياسها هي ($I_{max} = 1.50\ mA$) يمكن أن يقيس الأميتر نفسه تيارات مقدارها أكبر بكثير عن طريق توصيل مقاوم مجزئ للتيار ذو مقاومة صغيرة نسبياً (R_{shunt}) على التوازي بالأميتر .

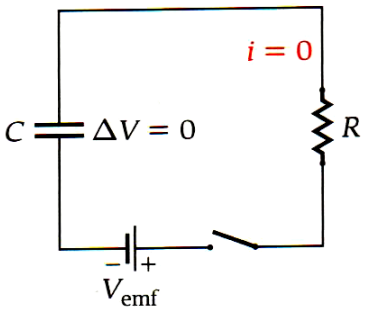
1 **ارسم** **الرسم التخطيطي للدائرة ؟ اشرح لماذا يسمح مقاوم مجزئ التيار الموصل على التوازي بالأميتر بقياس مقادير أكبر للتيار**

2 احسب المقاومة التي تلزم مقاوم مجزئ التيار السماح للأميتر بقياس أقصى قيمة للتيار مقدارها (15.0 A)

$R_{shunt}=7.50\ m\Omega$

HAMDY ABD ELGAWWAD

6.5 : دوائر كهربائية تحتوي على مقاومة ومكثف

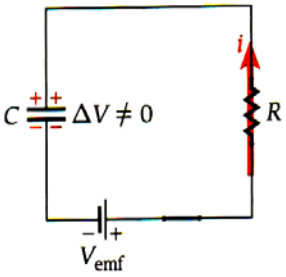


* أبسط عمليات الدائرة التي تتضمن تيارات تتغير مع الزمن هي **شحن وتفريغ** مكثف .

* الشكل المجاور عبارة عن دائرة كهربائية تحتوي على مصدر للقوة الدافعة الكهربائية (V_{emf}) ومقاوم (R) ومكثف (C) .

شـــحن المكثـــف :

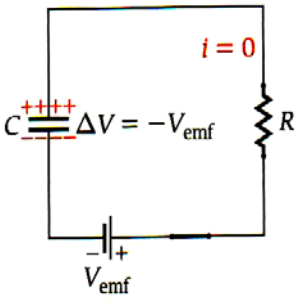
1. عند غلق المفتاح يبدأ التيار في **التدفق** في الدائرة ،بحيث تتراكم **شحنات** متقابلة على لوحي **المكثف** .



2. يتولد فرق جهد (ΔV) بين طرفي المكثف .
3. يتدفق التيار بسبب مصدر القوة الدافعة الكهربائية الذي يحافظ على جهد ثابت .

عندما يشحن المكثف بالكامل لا يتدفق تيار في الدائرة

(فرق الجهد في المكثف = فرق الجهد بين قطبي البطارية)



4. مقدار الشحنة الكلية (q_{tot}) على كل من لوحي المكثف يتحدد من **العلاقة** :

$$q_{tot} = CV_{emf}$$

5. بينما يشحن المكثف يمكننا تحليل التيار المتدفق في الدائرة عن طريق تطبيق قانون كيرشوف للجهد (في **عكس** اتجاه عقارب الساعة)

$$V_{emf} - V_R - V_C = V_{emf} - i(t)R - \frac{q(t)}{C} = 0$$

حيث (V_C) هو انخفاض الجهد بين طرفي المكثف ، (q) هي شحنة المكثف في زمن معين t .

يمكننا كتابة معادلة شدة التيار بالصيغة التالية :

$$\frac{V_{emf}}{R} = \frac{q(t)}{RC} + \frac{dq(t)}{dt}$$

أو

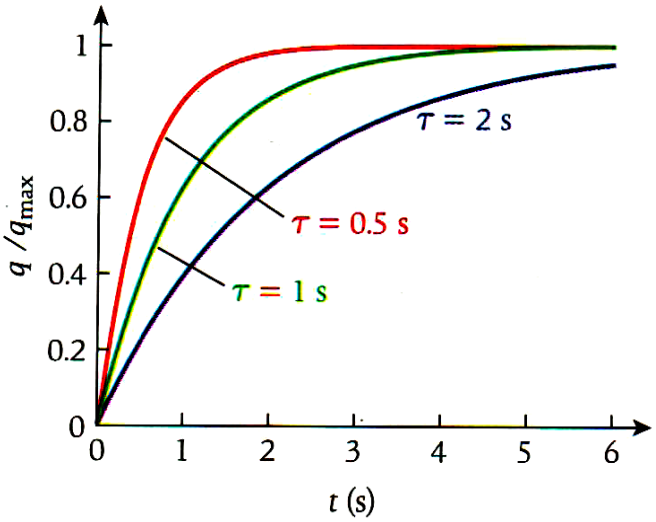
$$V_{emf} = \frac{q(t)}{C} + \frac{dq(t)}{dt}$$

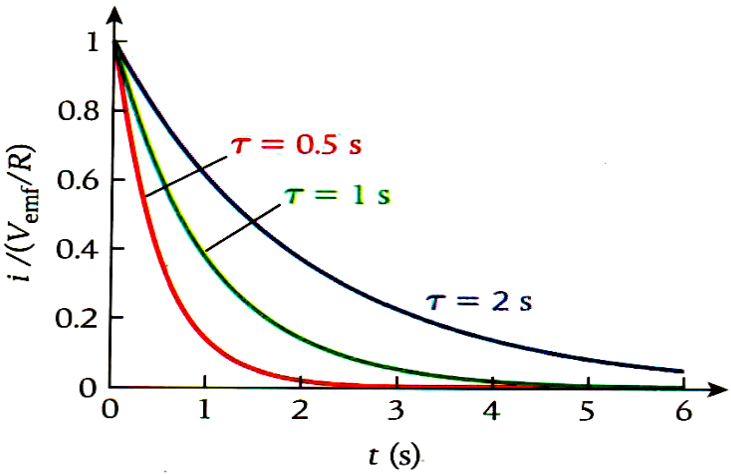
تربط هذه المعادلة التفاضلية بين الشحنة والزمن . يجب استخدام صيغة أسيّة لحل المعادلة لأن الدالة الأسية هي النوع الوحيد الذي لديه خاصية امتلاك مشتقة مطابقة لذاتها .

HAMDY ABD ELGAWWAD

منحنيات دائرة شحن المكثف

الشكلان التاليان يوضحان العلاقة بين كل من جهد المكثف وشحنة المكثف مع الزمن في حالة الشحن .





بحل المعادلة التفاضلية لشحن المكثف هو :

$$q(t) = CV_{emf}\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

ملاحظات هامة

الثابت الزمني (T) : ناتج ضرب السعة في المقاومة ($T=RC$) ويعبر عن الزمن الذي يستغرقه المكثف ليصل إلى 63% من القيمة النهائية للشحن .

* عندما تكون ($t=0$) تكون ($q=0$) وهذه هي الحالة **الابتدائية** قبل توصيل مكونات الدائرة .

* عندما تكون ($t=\infty$) تكون ($q=q_{max}=CV_{emf}$) وهذه هي حالة الوضع **الثابت** التي يكون فيها المكثف **مشحوناً** بالكامل .

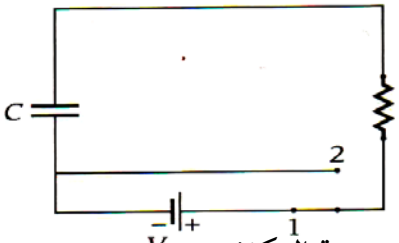
*** يتم الحصول على التيار المتدفق في الدائرة عن طريق العلاقة :**

$$i_C = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{V_{emf}}{R}\right) e^{-\frac{t}{RC}}$$

* عندما يكون ($t=0$) نجد أن التيار في الدائرة هو ($i = \frac{V_{emf}}{R}$) ، عندما يكون ($t=\infty$) يصبح التيار صفراً

*** يتم الحصول على جهد المكثف من خلال العلاقة :**

$$V_c = V_{emf} = (1 - e^{-t/RC})$$



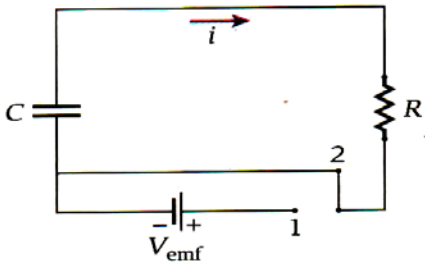
(a)

تفريغ شحنة المكثف :

* دائرة تحتوي على مقاوم ومكثف مشحون بالكامل كما في الشكل (b) وتم الحصول عليه عن طريق تعديل وضع المفتاح من الوضع (1) إلى الوضع (2).

* قبل تحريك المفتاح شحنة المكثف هي (q_{max}) وبالتالي سيتدفق تيار في الدائرة حتى تفرغ شحنة المكثف.

* يمكننا تطبيق قانون كير شوف للجهد على الحلقة (في **اتجاه** عقارب الساعة) ونحصل على :



(b)

$$-i(t)R - V_c = -i(t)R - \frac{q(t)}{C} = 0$$

* **يمكننا كتابة المعادلة باستخدام تعريف التيار :**

$$\frac{Rdq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} = 0$$

* **باستخدام الطريقة نفسها المستخدمة في شحن المكثف نحصل على :**

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

* عندما تكون (t=0) تكون شحنة المكثف (q_{max}) .

* عندما تكون (t=∞) تصبح شحنة المكثف صفراً .

* **يتم الحصول على التيار المتدفق في الدائرة عن طريق العلاقة :**

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \left[\frac{q_{max}}{RC}\right] e^{-t/RC}$$

* عندما يكون (t=0) نجد أن التيار في الدائرة هو ($i = \frac{-q_{max}}{RC}$) ، عندما يكون (t=∞) يصبح التيار صفراً

* **يتم الحصول على جهد المكثف من خلال العلاقة :**

$$V_c = V_s e^{-t/RC}$$

$$V_R = -V_s e^{-t/RC}$$

*حيث (V_c) الجهد الواقع على المكثف ، (V_s) الجهد الواقع على المكثف عند بداية الشحن ، (V_R) الجهد على المقاومة

* في التطبيقات العملية تتم عملية التفريغ والشحن في خمس مراحل زمنية ثابتة (5T) وذلك من خلال تغيير وضع المفتاح .

HAMDY ABD ELGAWWAD

مثال 6.3

* دائرة تتكون من بطارية جهدها (12.0 v) ، ومقاوم (50.0 Ω) ومكثف سعته (100.0 µf) موصلين على التوالي .
المكثف غير مشحون تماماً في البداية .

1 كم من الزمن سيستغرق شحن المكثف حتى يصل إلى 90% من أقصى شحنة له بعد غلق الدائرة ؟

الحـــل :

شحنة المكثف بوصفه كدالة للزمن

$$q(t) = CV_{emf}\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

حيث ($q_{max}=cv$) ، (q_{max} هي أقصى شحنة للمكثف ويمكن الحصول على الزمن من خلال

$$\left(1 - e^{-t/RC}\right) = \frac{q(t)}{q_{max}} = 0.90$$

$$\left(1 - e^{-t/(5x10^{-3})}\right) = 0.90 \longrightarrow \quad t = 0.0115\ s$$

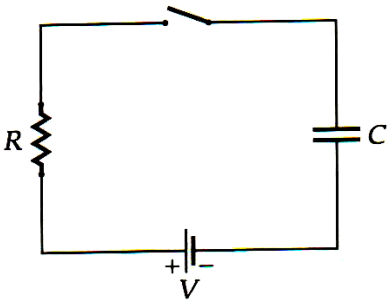
س13) مكثف مشحون بالكامل سعته (1.0 mf) وموصل بين طرفيه مقاومة مقدارها (100.0 Ω) .

1 كم من الزمن سيستغرق تفريغ 99.0% من الشحن المخزن في المكثف ؟

t= 0.46 s

س14) مكثف غير مشحون سعته (14.9 µf) ومقاوم يبلغ (R=24.3 KΩ) متصلان معاً على التوالي ببطارية (V=25.7 v)

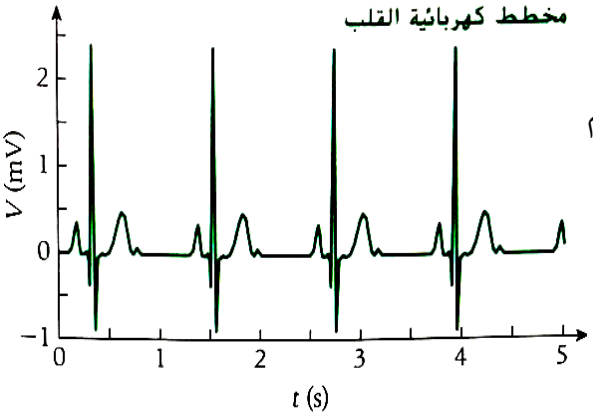
1 ما مقدار شحن المكثف عندما يكون (t=0.3621 s) بعد غلق المفتاح ؟



q= 2.42 x 10^{-4} c

AMDY ABD ELGAWWAD

منظم ضربات القلب :



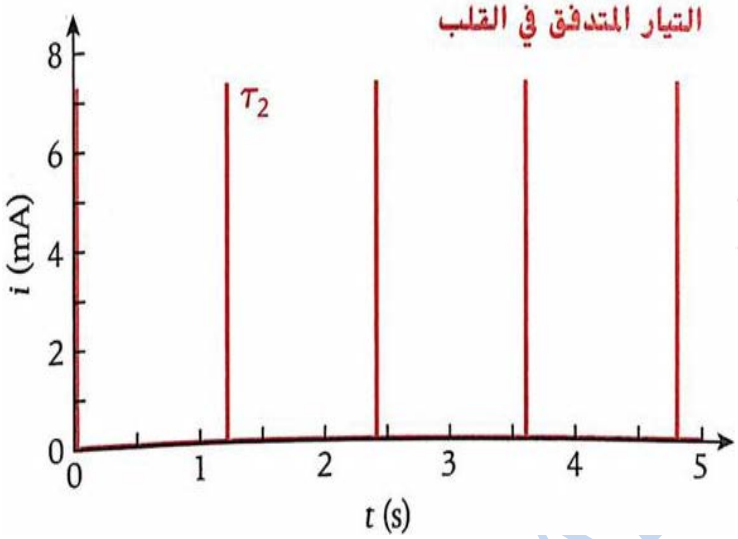
* ينبض قلب الإنسان الطبيعي على فترات منتظمة ، مرسلاً الدم إلى الجسم

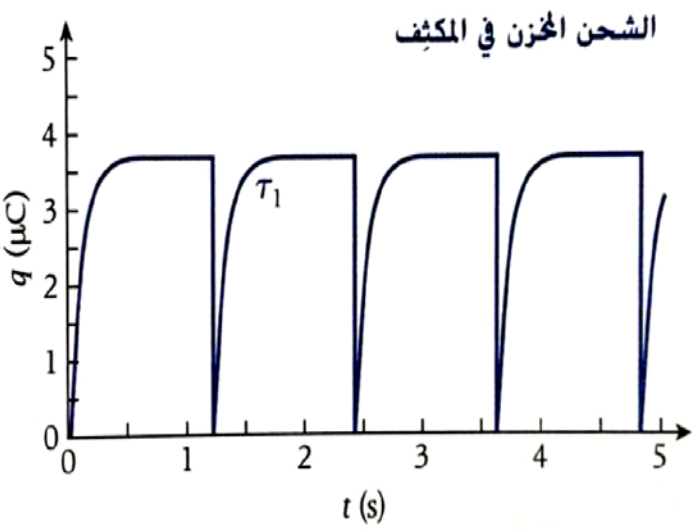
* ينظم معدل ضربات القلب عن طريق إشاراته الكهربائية .

* يمكن قياس هذه الإشارات عبر الجلد باستخدام جهاز تخطيط القلب .

* ينتج هذا الجهاز رسماً بيانياً لفرق الجهد مقابل الزمن .

* الشكل المقابل يوضح كيف سيمثل مخطط كهربائية القلب أربع ضربات قلب منتظمة تحدث بمعدل 72 ضربة في الدقيقة

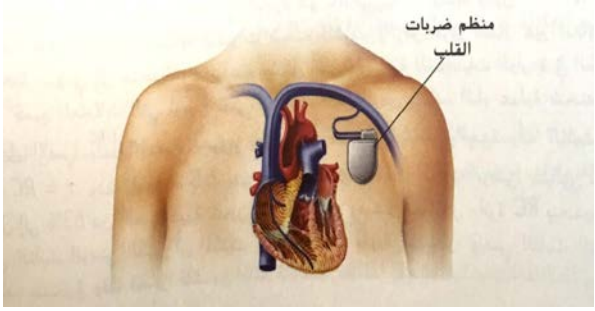




الشحن المخزن في مكثف منظم ضربات القلب بوصفه دالة للزمن

التيار المتدفق في القلب نتيجة تفريغ شحنة مكثف المنظم

* في بعض الأحيان لا ينبض القلب بانتظام ويحتاج إلى مساعدة للحفاظ على الانتظام المناسب .

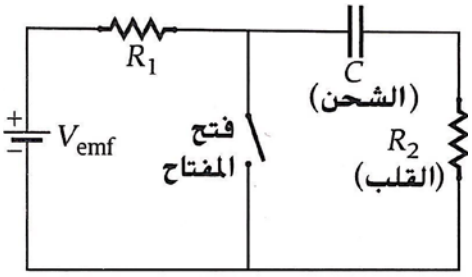


* يمكن **للمنظم** أن يقدم المساعدة وهو عبارة عن :

(دائرة كهربائية ترسل نبضات كهربائية إلى القلب على فترات منتظمة لتحل محل الإشارات الكهربائية المعتادة للقلب)

* يزرع **المنظم** في المريض ويوصل مباشرة بالقلب كما في الشكل .

مثال 6.4

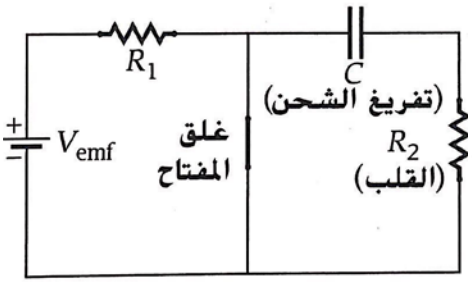


(a)

تعمل دائرة المنظم عن طريق شحن مكثف (C) وأحياناً عن طريق استخدام بطارية جهدها (V_{emf}) ومقاوم (R_1) كما هو موضح بالشكل (a) حيث يتم **فتح** المفتاح . يؤدي **غلق** المفتاح إلى حدوث قصر في المكثف عبر القلب كما في الشكل (b) ويتم تفريغ شحن المكثف عبر القلب في وقت قصير لتحفيز القلب لينبض .

1 ما قيمة كل من السعة (C) والمقاومة (R_1) التي يجب استخدامها في منظم ضربات القلب ؟

الحـــل



(b)

نفترض أن القلب يعمل كمقاوم ($R_2=500\ \Omega$). وأن مصدر القوة الدافعة مقداره (3.7 V) ويتراوح معدل ضربات القلب الطبيعي بين (60و 100) ضربة في الدقيقة يحتاج منظم ضربات القلب إلى تحفيز القلب لينبض بشكل أسرع ، لذا يجب أن يكون لديه القدرة على النبض (180) ضربة في الدقيقة مما يعني أنه يتم شحن المكثف (180) مرة في الدقيقة وبالتالي يكون الحد الأدنى للوقت بين عمليات تفريغ الشحنة

$$t_{min} = \frac{1}{180\ beats/min} = \left(\frac{1min}{180}\right)\left(\frac{60s}{1min}\right) = 0.333\ s$$

وباستخدام المعادلة :

$$\frac{q}{q_{max}} = f = 1 - e^{-t/R_1C}$$

حيث (f) هي جزء من سعة المكثف ، لنفترض أنه يجب شحن المكثف بنسبة (95 %) من الحد الأقصى للشحنة في الثابت الزمني (t_{min}) بإيجاد قيمة الثابت الزمني نحصل على :

$$T_1 = R_1C = -\frac{t_{min}}{\ln(1-f)} = -\frac{0.333}{\ln(1-0.95)} = 0.111\ s$$

لذا يجب أن يكون الثابت الزمني للشحن (111ms) . يجب أن يكون الثابت الزمني لتفريغ الشحن (T_2) صغير جداً لتوليد نبضات قصيرة ذات تيار عالي لتحفيز القلب .

بافتراض أن ($T_2=0.500$ ms) ,وهي قيمة تقريبية في مخطط كهربائية القلب وبالتالي يمكن الحصول على السعة :

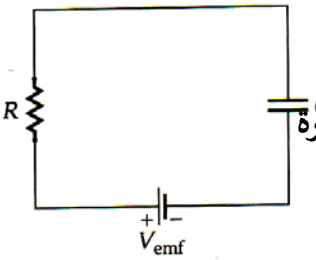
$$C = \frac{T_2}{R_2} = \frac{0.500\ x10^{-3}}{500} = 1x10^{-6}\ F$$

يمكن حساب المقاومة بدلالة الثابت الزمني والسعة :

$$R_1 = \frac{T_1}{C} = \frac{111\ x10^{-3}}{1x\ 10^{-6}} = 111\ k\Omega$$

HAMDY ABDELGAWWAD

مسألة محلولة : (معدل تخزين الطاقة في مكثف)



الشكل المجاور يوضح دائرة كهربائية تحتوي على مقاوم ($R=2.50\ M\Omega$) ومكثف ($C=1.25\mu F$) موصلان على التوالي ببطارية قوتها الدافعة الكهربائية ($V_{emf}=12\ v$) عند ($t=2.50$) **بعد غلق الدائرة**

1 ما معدل تخزين الطاقة في المكثف ؟

الحـــل

يمكننا التعبير عن معدل تغير الطاقة المخزنة في المكثف من خلال العلاقة :

$$\frac{dU}{dt}=\frac{V^2{}_{emf}}{R}e^{-\frac{t}{RC}}\left(1-e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

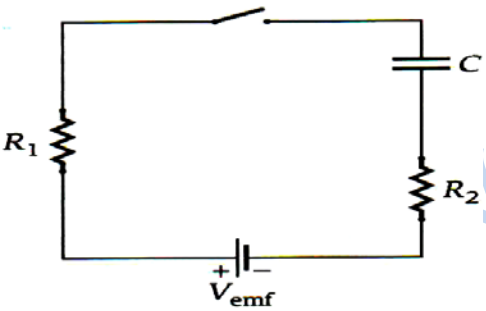
لحساب قيمة الثابت الزمني :

$$T=RC=(2.50\ X10^{6})(1.25\ X10^{-6})=3.125\ S$$

بالتعويض في المعادلة السابقة نحصل على معدل التغير في الطاقة

$$\frac{dU}{dt}=\frac{12^2}{2.50\ x10^{6}}e^{-(2.50)/3.125}\left(1-e^{-(2.50)/3.125}\right)=1.43\ x10^{-5}W$$

س15) الدائرة الموضحة في الشكل بها مفتاح (S) ومقاومان ($R_1=1.0\ \Omega, R_2=2.0\ \Omega$) وبطارية جهدها ($12.0\ V$) ومكثف سعته ($C=20.0\ \mu F$) **بعد غلق المفتاح .**



1 كم سيبلغ أقصى معدل لشحن المكثف ؟

$q_{max}=2.4\ x\ 10^{-4}\ c$

2 ما المدة الزمنية التي يحتاج إليها المكثف بعد غلق المفتاح ليتبقى 50% من أقصى معدل شحن له؟

$t=4.15\ x\ 10^{-5}\ s$

HAMZA ARDJELAWWAD

س15) افترض أنه يمكن شحن مكثف سعته (C=1.0F) إلى أقصى سعة له باستخدام بطارية سيارة جهدها (12.0) ، ويمكن تفريغ شحنته باستخدام مقاوم .

1 ما مقدار المقاومة اللازمة لتبديد أعلى خرج لقدرة تبلغ (1.21 GW) في المقاوم ؟

R=119 n Ω

2 ما المدة الزمنية التي تستغرقها البطارية لشحن المكثف بنسبة (90.0%) من سعته القصوى باستخدام هذا المقاوم

t=274 ns

س16) أثناء عرض توضيحي خاص بالفيزياء، فرغ مكثف كامل الشحنة سعته (C=90.0μF) باستخدام مقاوم (R=60.0 Ω)

1 ما المدة الزمنية التي يستغرقها المكثف لشحن ليفقد (80.0%) من طاقته الابتدائية ؟

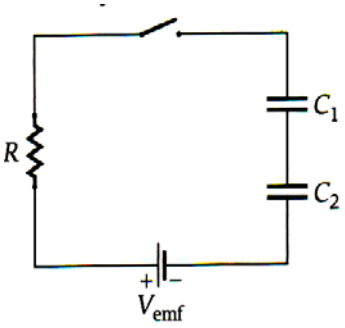
t=4.35 ms

س17) المسافة الفاصلة بين لوحين متوازيين لمكثف سعته (C=0.0500μF) تساوي (d=50.0 μm) . وثابت العزل الكهربائي الذي يشغل المسافة بين اللوحين يساوي (k=2.50) ومقاومته النوعية ($\rho = 4.0 \times 10^{12}\ \Omega\ m$)

1 ما الثابت الزمني لهذا المكثف ؟

T=88.5 S

HAMDY ABD ELGAWWAD



س18) مكثفان ذو ألواح متوازية (C_1 ,C_2) وموصلان على التوالي ببطارية جهدها (60.0 V) ومقاوم ($R=300\ K\Omega$) كما هو موضح بالشكل. تبلغ مساحة الألواح لكلا المكثفين ($2.0cm^2$) والمسافة الفاصلة بين اللوحين (0.100 mm) يشغل الهواء الحيز بين لوحي المكثف (C_1). بينما يشغل الحيز بين لوحي المكثف (C_2) قطعة من البورسلين ثابت العزل يساوي ($k=7.0$,) وشدة عزل كهربائي مقداره (5.70 KV/mm) أغلق المفتاح ومرت فترة زمنية طويلة .

1 ما معدل شحن المكثف (C_1) ؟

(a) $Q_1 = 9.30 \cdot 10^{-10}$ C

(b) $Q_2 = 9.30 \cdot 10^{-10}$ C

(c) $U = 2.79 \cdot 10^{-8}$ J

(d) $E_2 = 75.0$ kV/m

2 ما معدل شحن المكثف (C_2) ؟

3 ما إجمالي كمية الطاقة المخزنة في كلا المكثفين ؟

4 ما قيمة المجال الكهربائي الموجود داخل المكثف (C_2)

HAMDY ABD ELGAWWAD

س19) بطارية جهدها (12.0 V) موصلة بمكثف سعته (2.0 mF) ومقاوم يبلغ (100.0 Ω) . **عند اكتمال شحن المكثف**

1 احسب كمية الطاقة المخزنة في المكثف ؟

U =0.144 J

2 احسب كمية الطاقة التي يبددها المقاوم في صورة حرارة أثناء شحن المكثف ؟

س20) مجموعة مكثفات مصممة لتفريغ (5.0 J) من طاقة شحنها من خلال مصفوفة مقاومات (10.0 KΩ) في أقل من (2.0 ms) .

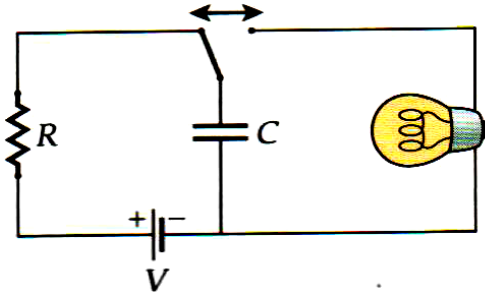
1 ما مقدار السعة التي يجب أن تتوافر لهذه المكثفات ؟

C =0.02 μF

2 ما مقدار فرق الجهد الذي يجب أن تشحن به المكثفات

ΔV =22.4 KV

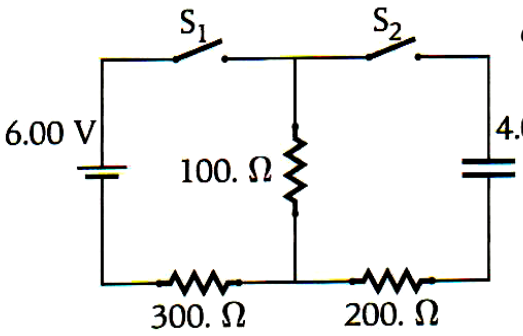
س21) صمم دائرة كالموضحة بالشكل لتشغيل مصباح ضوء منتظم . يفرغ المكثف طاقته من خلال فتيلة مصباح مقاومتها (2.50 K Ω) في زمن قدره (t=0.20 ms) ويستمد شحنة من خلال مقاوم (R) عن طريق تكرار دورة ترددها (1000.0 HZ)



1 ما المكثف و المقاوم اللذان ينبغي استخدامهما ؟

C=80 nF , R =10 K Ω

س22) الدائرة الموضحة في الشكل تحتوي على مكثف متصل ببطارية ومفتاحين وثلاثة مقاومات في البداية يكون المكثف غير مشحون ويفتح كلا المفتاحين .



1. أغلق المفتاح (S_1) ما قيمة التيار المتدفق من البطارية فور غلق المفتاح ؟

2. بعد حوالي ($t=10.0\ min$)أغلق المفتاح (S_2) ما قيمة التيار المتدفق من البطارية فور غلق المفتاح ؟

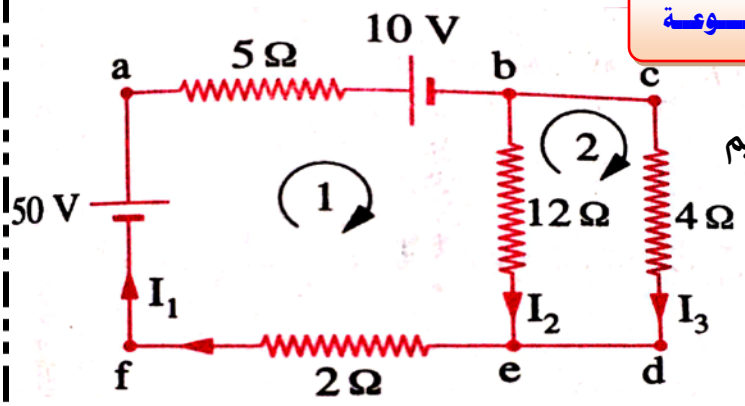
3. ما قيمة التيار المتدفق من البطارية فور غلق المفتاح (S_2) بحوالي ($t=10.0\ min$) ؟

4. بعد مرور ($t=10.0\ min$)أخرى فتح المفتاح (S_1) كم من الزمن سيستغرق مرور التيار المتدفق في المقاوم (200Ω) إلى أقل من ($1.0\ mA$)؟

(a) $i_1 = 15.0\ mA$
(b) $i_2 = 16.4\ mA$
(c) $i = 15.0\ mA$
(d) $t = 1.93\ s$

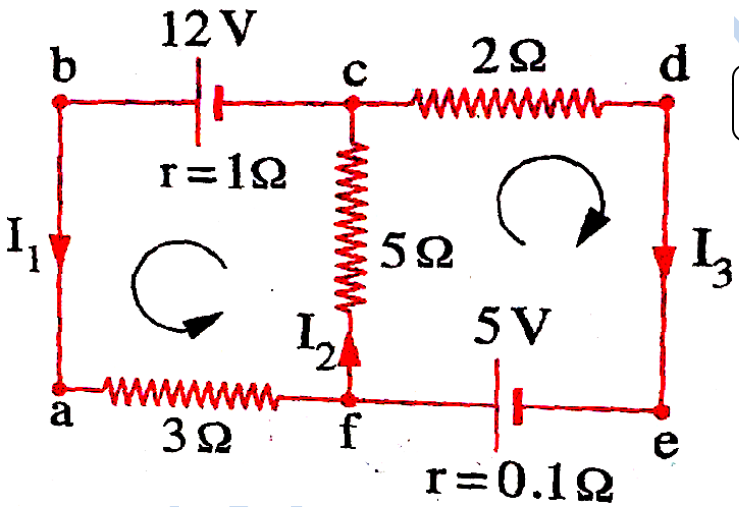
HAMDY ABD ELGAWWAD

تدريبـــات متنـــوعـة



س23) باستخدام قانوني كير شوف كيف يمكنك إيجاد قيم (I_1, I_2, I_3) في الدائرة المجاورة

4 A , 1 A , 3 A

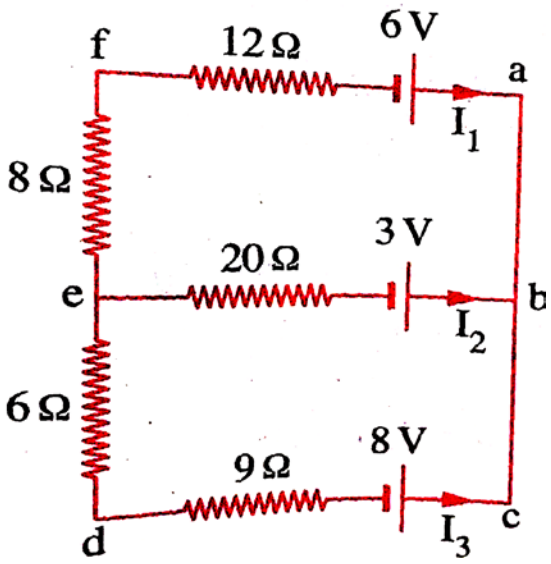


س24) احسب شدة التيار الكهربائي في كل فرع في الدائرة الموضحة بالرسم المقابل .

1.6 A , 1.2 A , 0.39 A

H ELGAWWAD

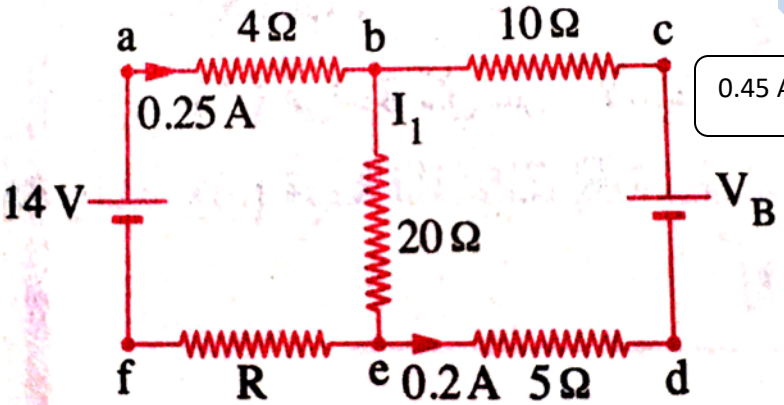
س25) من الدائرة المقابلة احسب :



0.005 A , 0.42 W , 1.26 V

1. التيار المار في المقاوم (12 Ω)
2. القدرة المستنفذة في المقاومة (20 Ω)
3. فرق الجهد بين طرفي المقاومة (9 Ω)

س26) من الدائرة المقابلة احسب :



0.45 A , 16.0 Ω , 12 V

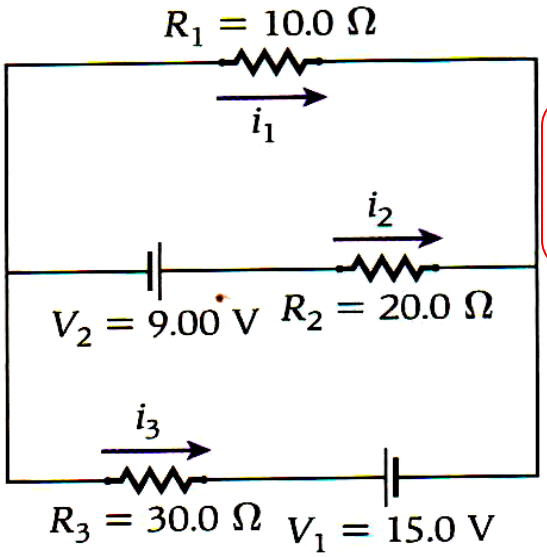
1. التيار المار في المقاوم (20 Ω)
2. مقدار المقاومة (R)
3. القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (V_B)

ELGAWWAD

س27) أميتر مقاومته الداخلية (53.0Ω)يقيس تيار قيمته(5.25 mA) في دائرة تحتوي على بطارية ومقاومتها الكلية (R=1130Ω) إن إدخال الأميتر في أحد فروع الدائرة يغير من مقاومتها ولذلك لا يعطي القياس القيمة الفعلية للتيار المتدفق في الدائرة دون استخدام الأميتر . **حدد القيمة الفعلية للتيار**

I= 5.50 mA

س28) ثلاثة مقاومات (R_1=10.0Ω ,R_2=20.0Ω, R_3=30.0Ω) متصلة في دائرة متعددة الحلقات كما هو موضح بالشكل . **حدد كمية الطاقة المبددة في المقاومات الثلاثة**



P_1=7.44 mW
P_2=4.30 W
P_3=7.23 W

س29) بطارية جهدها (11.45 V) ومقاومتها الداخلية (R_I=0.1373 Ω) من المفترض ان تشحن باستخدام شاحن بطارية قادر علي ان ينقل تيار (i=9.75 A) ما**أدنى** **قيمة للقوة الدافعة الكهربائية** التي يجب ان يوفرها الشاحن لشحن البطارية ؟

V_e =12.8 V

HAMDY ABD ELGAWWAD

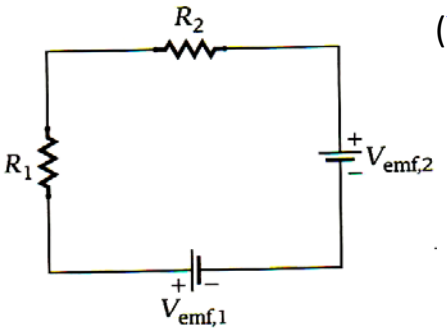
س30) بطارية مقاومتها الداخلية (R_I=0.1415 Ω)تشحن باستخدام شاحن بطارية ينقل تيار قيمته (i=5.39 A) ويولد الشاحن قوة دافعة كهربائية قيمتها (14.5 V) **ما قيمة فرق الجهد بين طرفي البطارية**

V =13.75 V

س31) لدائرة احادية الحلقة الموضحة في الشكل قوة كهربائية مقدارها (V_{emf1}=21 v)

(V_{emf2}=10.75 v) ومقاوم يبلغ (R_1=23.37 Ω) ومقاوم يبلغ (R_2=11.61 Ω)

ما مقدار التيار المتدفق في الدائرة



I=0.293 A

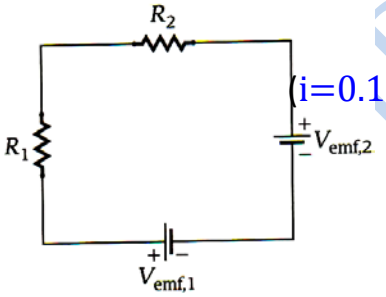
س32) بطارية جهدها (16.05 V) ومقاومتها الداخلية (R_I) من المفترض ان تشحن باستخدام شاحن بطارية قادر علي أن ينقل تيار (i=6.041 A) ويولد الشاحن قوة دافعة كهربائية قيمتها (16.93 V). ما **قيمة** المقاومة الداخلية (R_I)

R_i= 0.15 Ω

س33) لدائرة احادية الحلقة الموضحة في الشكل قوة كهربائية مقدارها (V_{emf1}=16.7 v)

(V_{emf2}=10.81 v) ومقاوم يبلغ (R_1=24.65 Ω) ومقدار التيار المتدفق في الدائرة (i=0.16 A)

ما مقدار المقاومة (R_2)



R_2=10.10 Ω

ODY ABDELGAWWAD