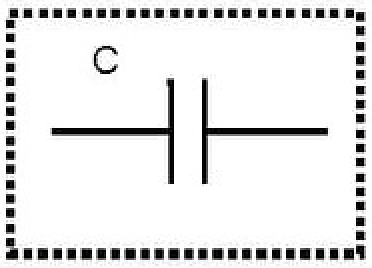
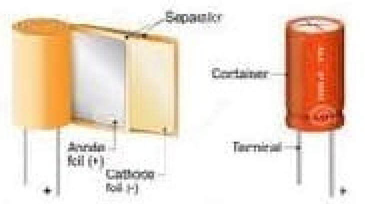
I ثنائى القطب RC

1ـ وصف المكثفة

هي عناصر كهربائية قادرة على تخزين شحنة كهربائية ، تتألف من صفيحتين معدنيتين (لبوسين) يفصل بينهما عازل كهربائي.
تتميز بسعة نرمزلها بالرمز C وحدتها (F)





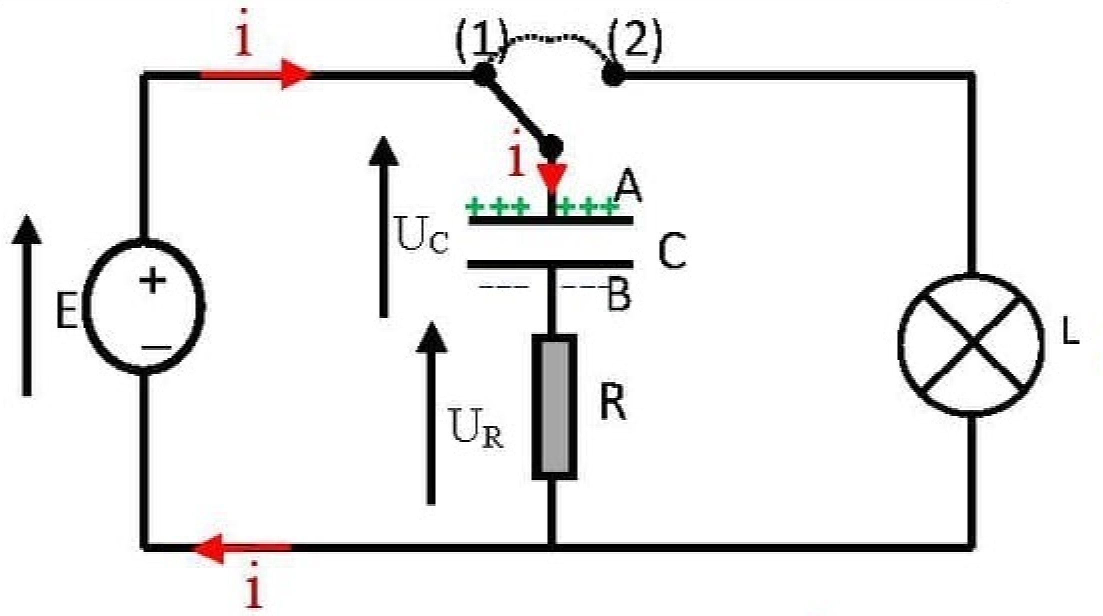
$1F$ وحدة كبيرة لذلك نستخدم أجزاء الفاراد:

- ميكرو فاراد $1F = 10^6\ \mu F$
- نانو فاراد $1F = 10^9\ nF$
- بيكو فاراد $1F = 10^{12}\ pF$

2ـ التفسير المجهري لشحن وتفريغ مكثفة

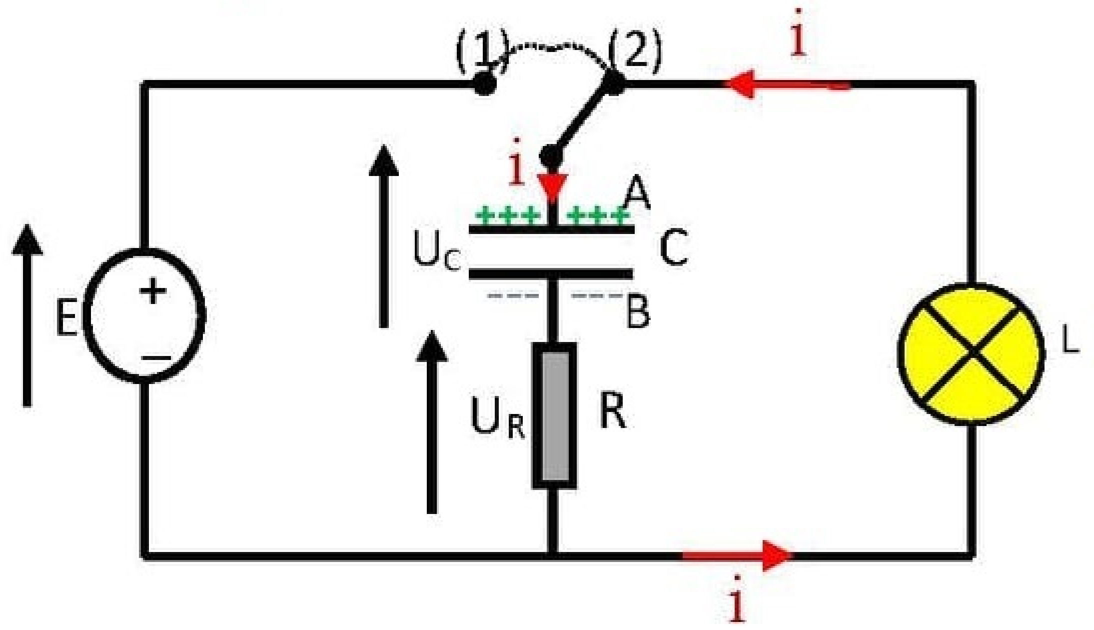
عملية شحن المكثفة:

يحدث المولد الكهربائي إختلال في توازن الناقل مما يجعل الإلكترونات تغادر اللبوس A باتجاه اللبوس B. يظهر ذلك على شكل تيار كهربائي، (تتوقف هذه العملية عندما يصبح التوتر بين طرفي المكثفة مساوي للتوتر بين طرفي المولد)



عملية تغريغ المكثفة:

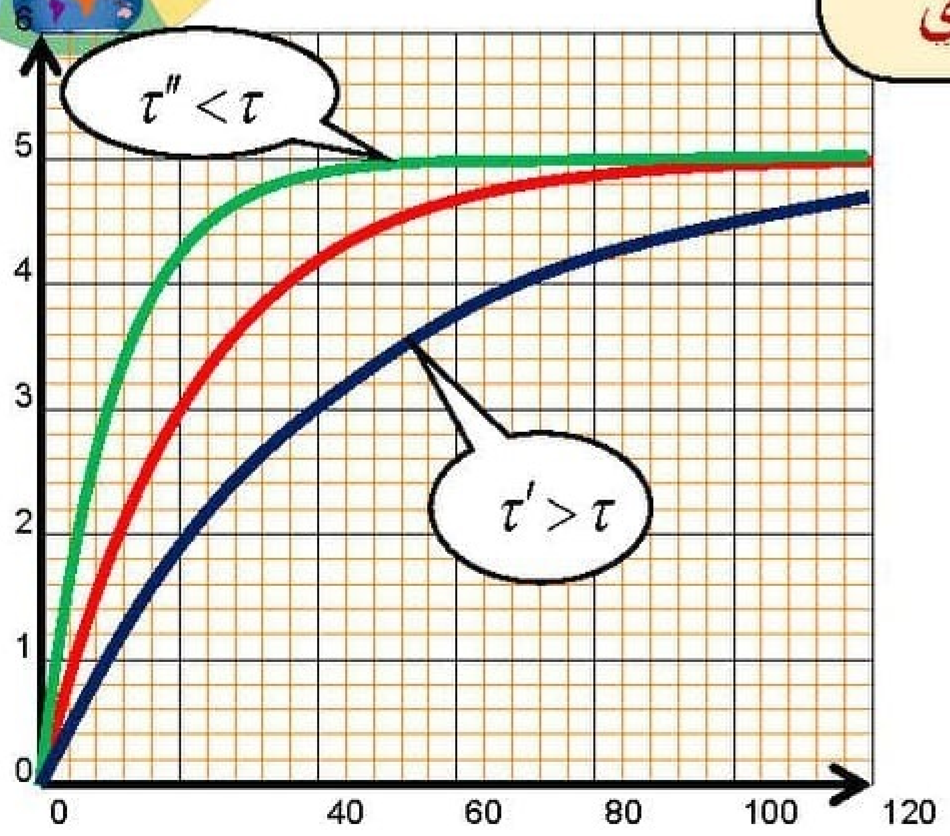
يعود الناقل إلى حالة التوازن تدريجيا حيث تغادر الالكترونات اللبوس B باتجاه اللبوس A. يتناقص التيار مع مرور الزمن إلى أن تتفرغ المكثفة



3ـ أهم علاقات المستعملة فى ثنائي القطب RC

علاقة التوتر بين طرفي الكثفة $U_C(t)$ وشحنتها $q(t)$	$q(t) = C\,U_C(t)$	$q(t)$: الشحنة الكهربائية (C) C : سعة المكثفة (F) $U_C(t)$: التوتر بين طرفي المكثفة (V)
قانون أوم	$U_R(t) = R\,i(t)$	$U_R(t)$: التوتر بين طرفي الناقل الأومي (V) R : مقاومة الناقل الأومي (Ω) $i(t)$: شدة التيار (A)
علاقة شدة التيار $i(t)$ بالتوتر بين طرفي المكثفة $U_C(t)$	$i(t) = \frac{dq}{dt} = C\,.\frac{dU_C}{dt}$	$i(t)$: شدة التيار (A) C : سعة المكثفة (F) $U_C(t)$: التوتر بين طرفي المكثفة (V)

التحقق من وحدة ثابت الزمن عن طريق التحليل البعدي



$$U_R = RI \Rightarrow R = \frac{U_R}{I} \quad ; q = CU_C \Rightarrow C = \frac{q}{U_C}$$

$$\boxed{\tau = RC} \quad \Rightarrow [\tau]=[R][C] \quad \Rightarrow [\tau]=\frac{[U]}{[I]}\times\frac{[q]}{[U]}$$

$$[\tau]=\frac{[q]}{[I]} \quad [\tau]=[T] \quad / i=\frac{dq}{dt}$$

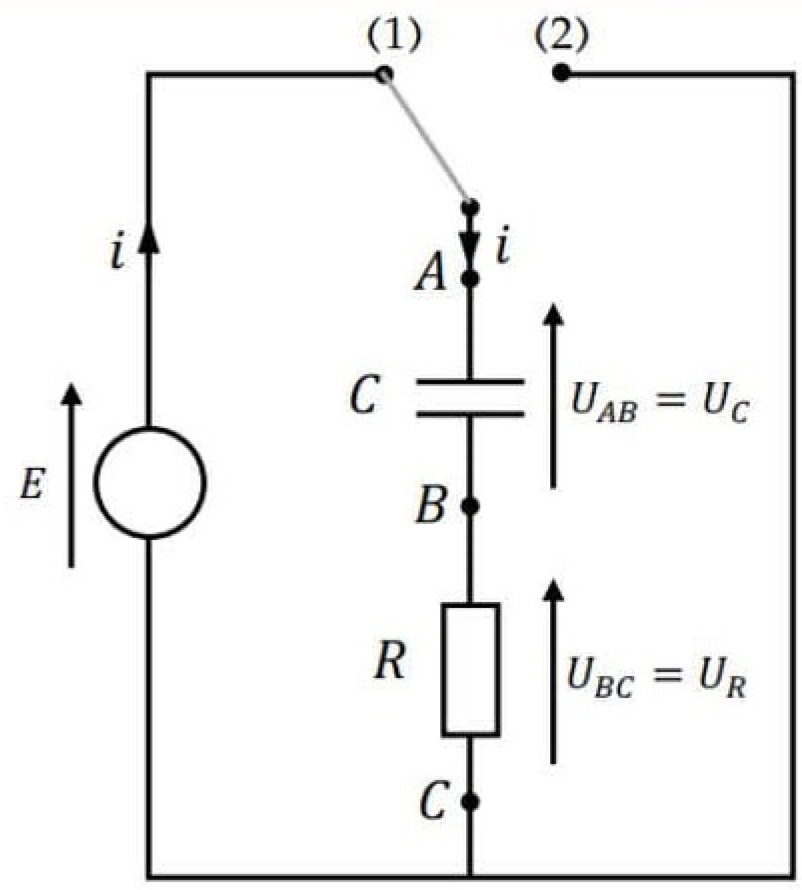
❖ **تأثير المقاومة وسعة المكثفة على ثابت الزمن:**

تزداد مدة شحن(التفريغ) المكثفة بزيادة ثابت الزمن τ أي كلما زادت سعة المكثفة C أو المقاومة R في ثنائي القطب RC

4. المعادلات التفاضلية لشحن وتفرغ مكثفة

تطور التوتر بين طرفي المكثفة $U_C(t)$

حالة الشحن



نضع البادلة في الوضع (1).

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_C + U_R = E$$

$$U_C(t) + R.i(t) = E$$

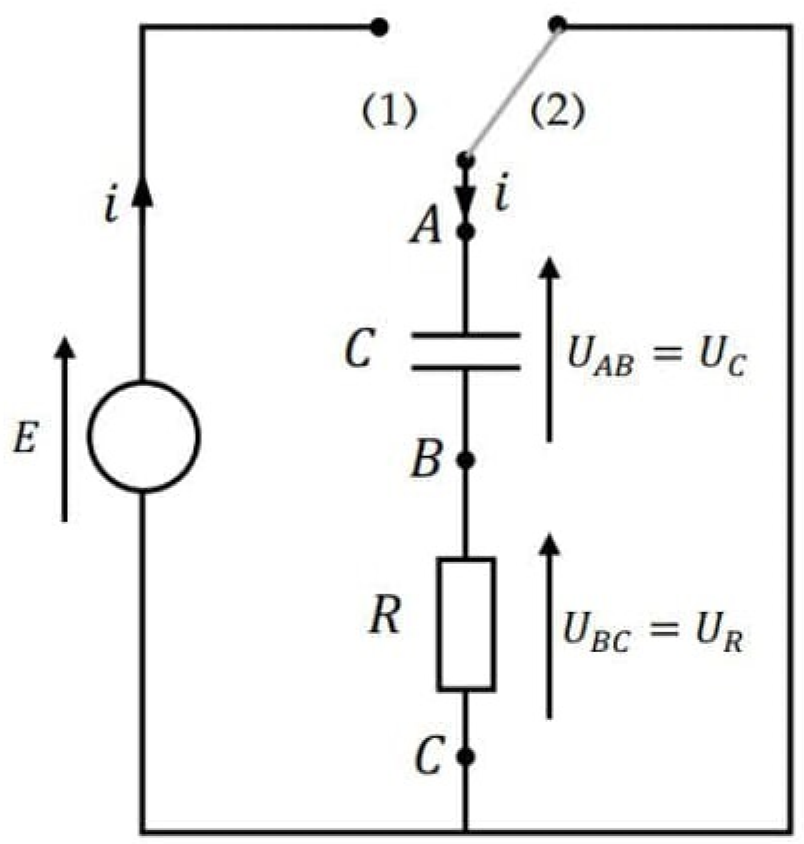
نعلم أن : .... $i(t) = \frac{dq}{dt} = C.\frac{dU_C}{dt}$

$$U_C(t) + RC\frac{dU_C}{dt} = E$$

تدعي هذه المعادلة بالمعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة حلها من الشكل:

$$U_C(t) = E(1-e^{-\frac{t}{RC}}) \Leftrightarrow U_C(t) = E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$$

حالة التفريغ



نضع البادلة في الوضع (2).

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_C + U_R = 0$$

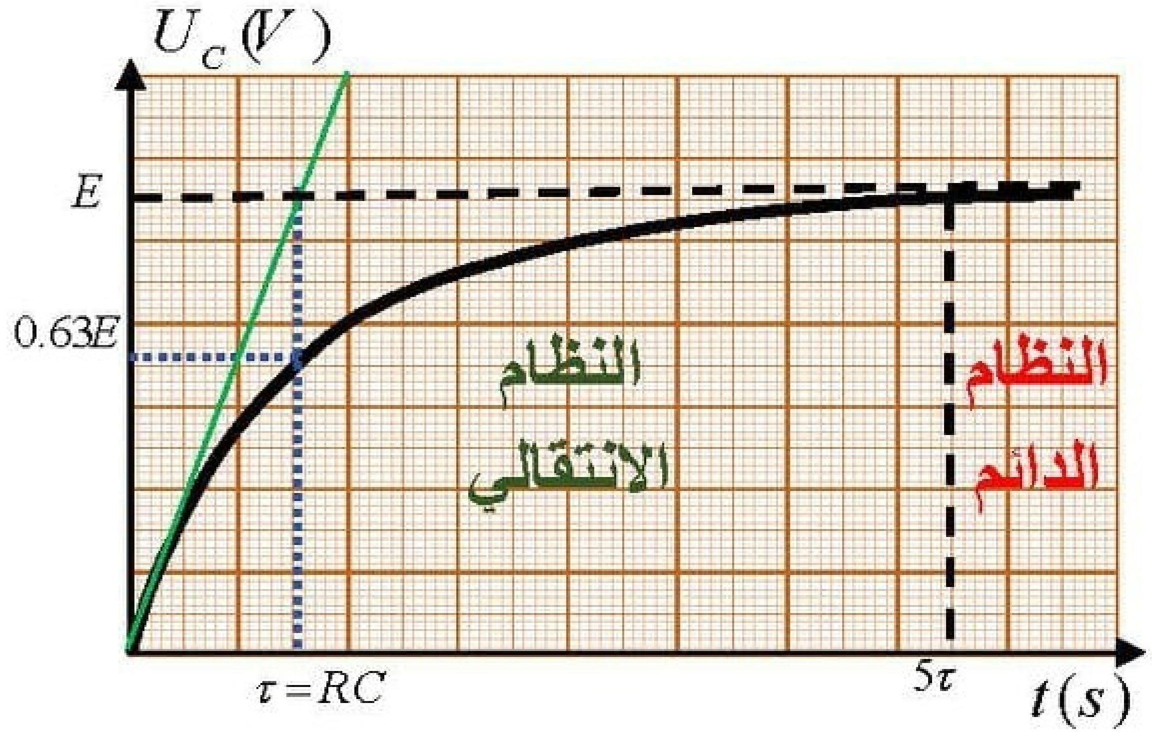
$$U_C(t) + R.i(t) = 0$$

نعلم أن : .... $i(t) = \frac{dq}{dt} = C.\frac{dU_C}{dt}$

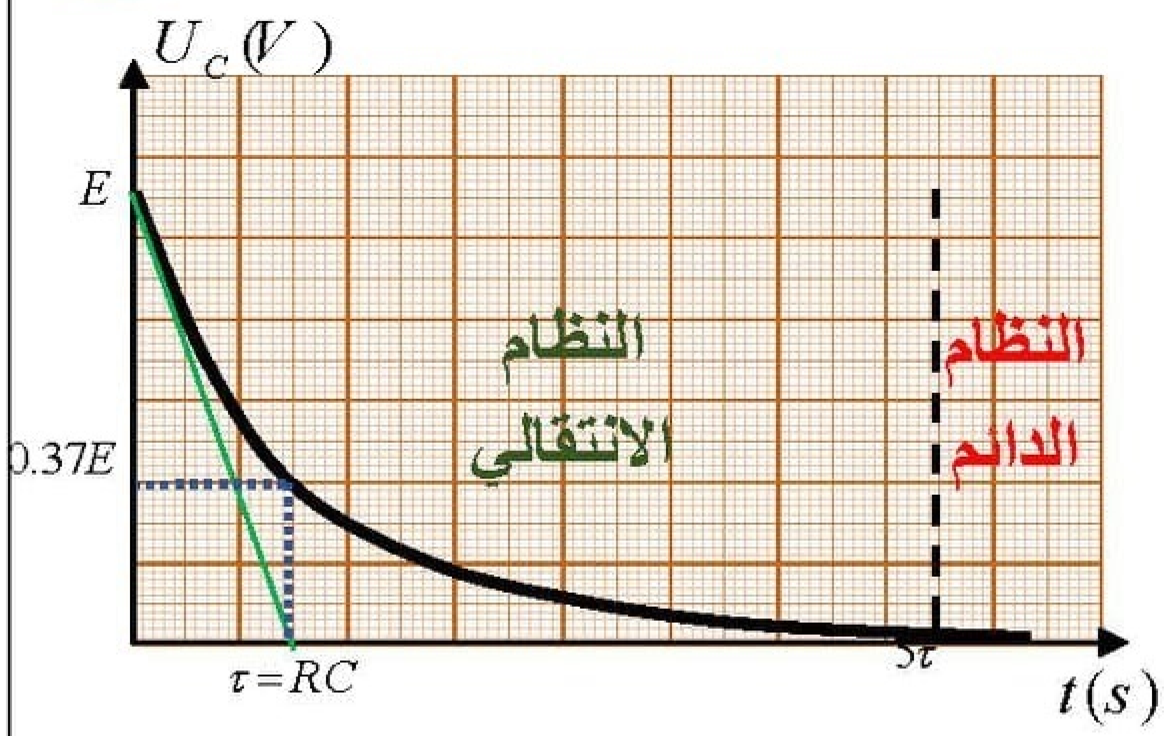
$$U_C(t) + RC\frac{dU_C}{dt} = 0$$

تدعي هذه المعادلة بالمعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة حلها من الشكل:

$$U_C(t) = Ee^{-\frac{t}{RC}} \Leftrightarrow U_C(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$$



الزمن t	$t=0$	$t=\tau$	$t=5\tau$
$U_C(t)$	$U_C=0$	$U_C=0{,}63E$	$U_C=E$
حالة المكثفة	فارغة	مشحونة 63%	مشحونة كليا



الزمن t	$t=0$	$t=\tau$	$t=5\tau$
$U_C(t)$	$U_C=E$	$U_C=0{,}37E$	$U_C=0$
حالة المكثفة	مشحونة كليا	تتفرغ 63%	فارغة

تطور شدة التيار الكهربائي $i(t)$

حالة الشحن

نضع البادلة في الوضع (1)، بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_C+U_R=E$$

$$U_C(t)+R.i(t)=E$$

باشتقاق طرفي المساواة نجد:

$$\frac{dU_C}{dt}+R.\frac{di(t)}{dt}=0$$

بضرب طرفي المعادلة في C:

$$C\frac{dU_C}{dt}+RC.\frac{di(t)}{dt}=0$$

نعلم أن: $i(t)=C.\frac{dU_C}{dt}$

$$i(t)+RC.\frac{di(t)}{dt}=0$$

تدعى هذه المعادلة بالمعادلة التفاضلية لشدة التيار، حلها من الشكل:

$$i(t)=I_0e^{-\frac{t}{RC}}\Leftrightarrow i(t)=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

حالة التفريغ

نضع البادلة في الوضع (2)، بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_C+U_R=0$$

$$U_C(t)+R.i(t)=0$$

باشتقاق طرفي المساواة نجد:

$$\frac{dU_C}{dt}+R.\frac{di(t)}{dt}=0$$

بضرب طرفي المعادلة في C:

$$C\frac{dU_C}{dt}+RC.\frac{di(t)}{dt}=0$$

نعلم أن: $i(t)=C.\frac{dU_C}{dt}$

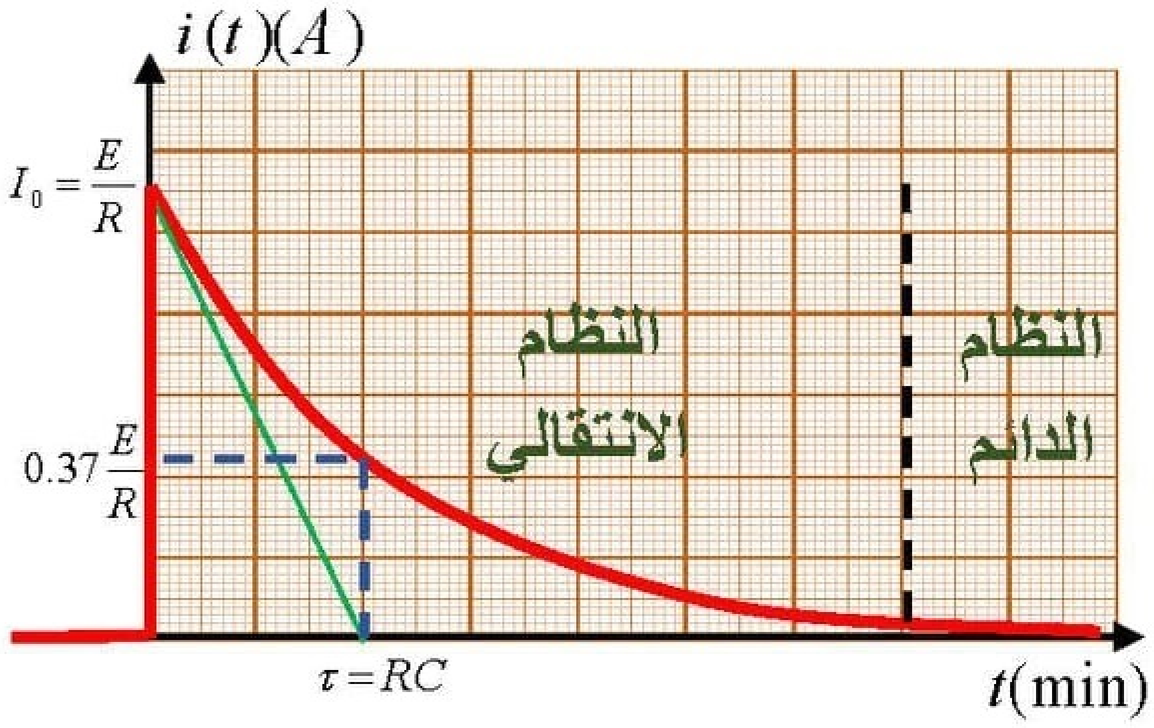
$$i(t)+RC.\frac{di(t)}{dt}=0$$

تدعى هذه المعادلة بالمعادلة التفاضلية لشدة التيار، حلها من الشكل: (الفرق في إشارة.)

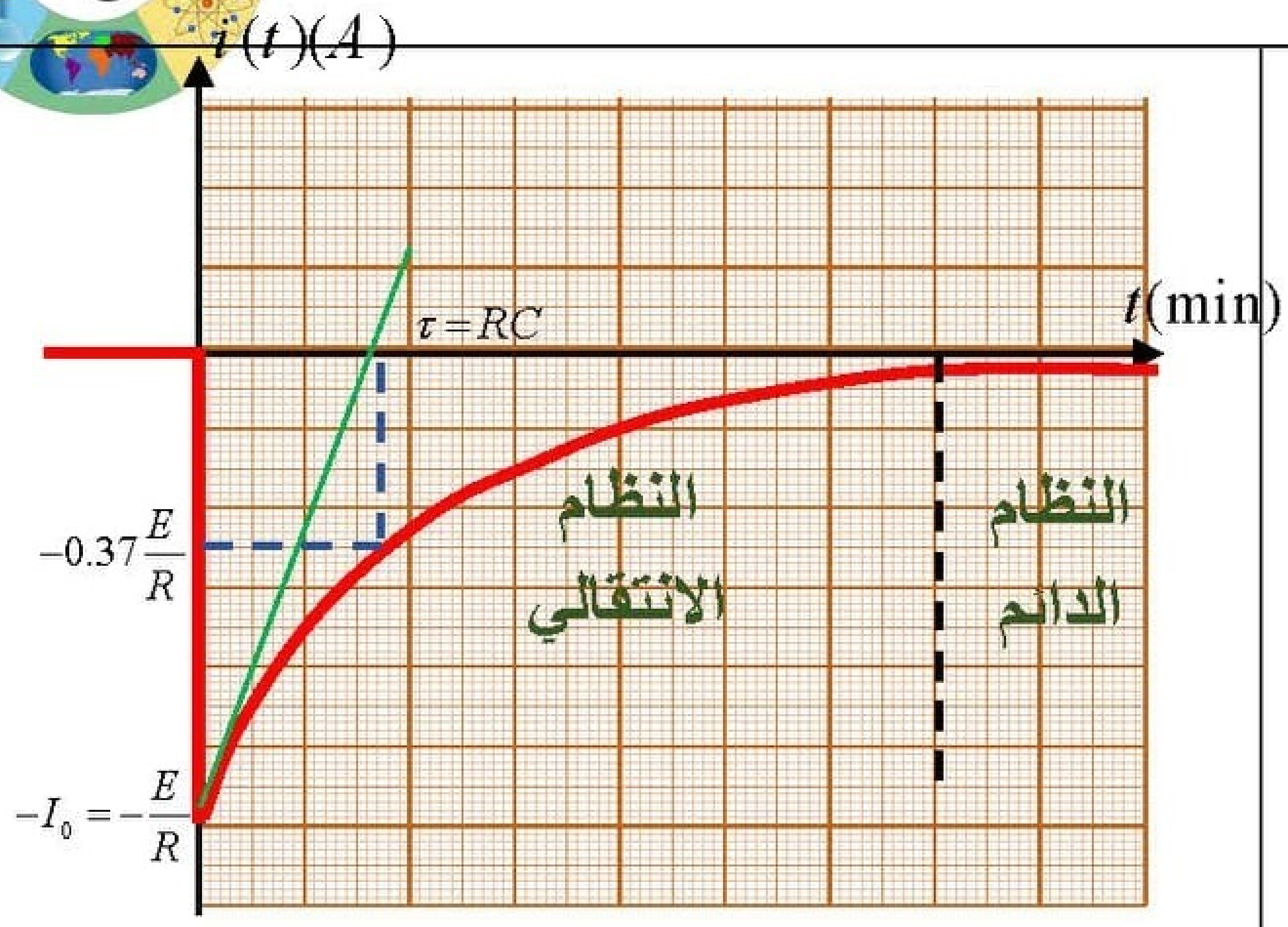
$$i(t)=-I_0e^{-\frac{t}{RC}}\Leftrightarrow i(t)=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ملاحظة:

المعادلة التفاضلية لتطور التوتر $U_R(t)$ بدلالة الزمن بنفس الطريقة السابقة يكفي ضرب المعادلة التفاضلية في المقاومة R



الزمن t	$t=0$	$t=\tau$	$t=5\tau$
$i(t)$	$I_0=\frac{E}{R}$	$i=0,37I_0$	$i=0$
حالة التيار الكهربائي	أعظمي		معدوم



الزمن t	$t=0$	$t=\tau$	$t=5\tau$
$i(t)$	$I_0=-\frac{E}{R}$	$i=0,37I_0$	$i=0$
حالة التيار الكهربائي	أعظمي		معدوم

5ـ الطاقة المخزنة في المكثفة

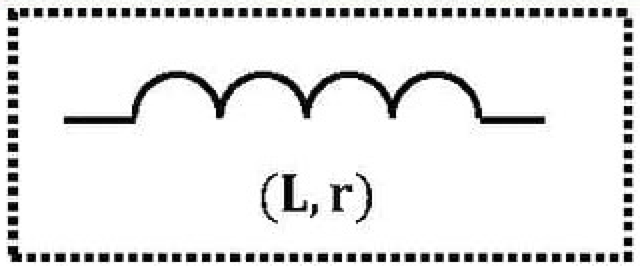
عند شحن المكثفة تخزن طاقة كهربائية تقوم بتحويلها إلى الدارة أثناء التفريغ وتعطى عبارتها كما يلي:

$$E_C(t)=\frac{1}{2}C\,U_c(t)^2=\frac{1}{2}.\frac{q(t)^2}{C}=\frac{1}{2}U_c(t).q(t)$$

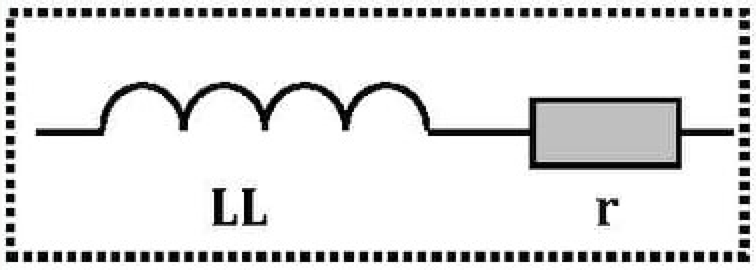
حالة الشحن	حالة التفريغ
$E_C(t)=\frac{1}{2}C.U_C^2$	$E_C(t)=\frac{1}{2}C.U_C^2$
$E_C(t)=\frac{1}{2}C.E^2(1-e^{-\frac{t}{\tau}})^2$	$E_C(t)=\frac{1}{2}C.E^2(e^{-\frac{t}{\tau}})^2$
$E_C(t)=E_{C\max}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})^2$	$E_C(t)=E_{C\max}e^{-2\frac{t}{\tau}}$

II ثنائي القطب RL

1ـ وصف الوشيعة



أو



الوشيعة ثنائي قطب يتكون من لفات من سلك النحاس غير متصلة فيما بينها لكونها مطلية بمادة عازلة للكهرباء.

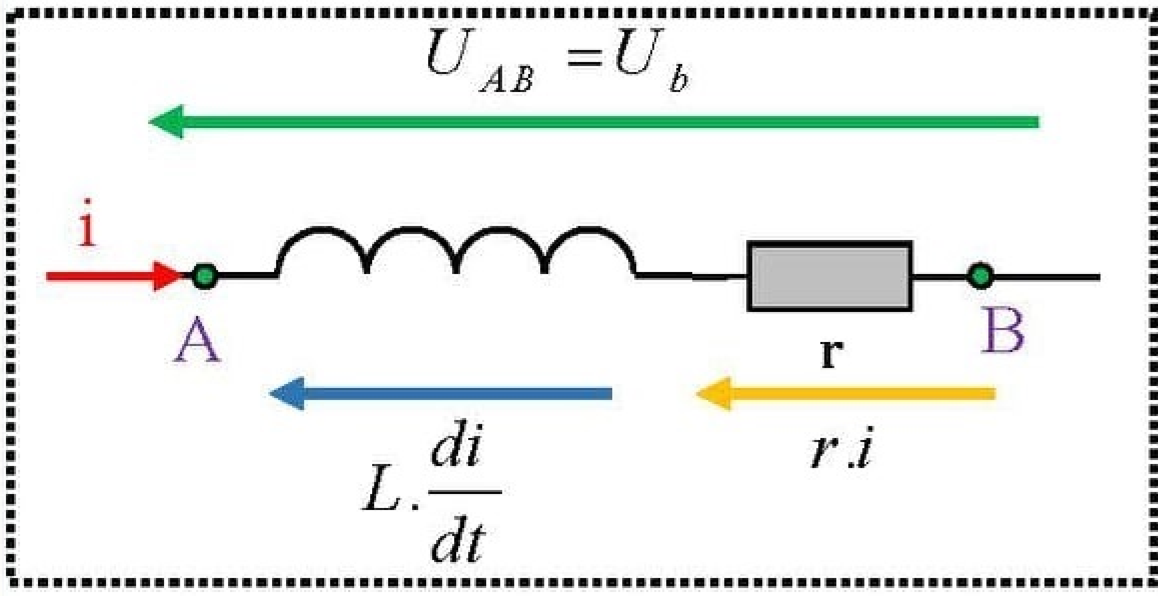
للوشيعة تأثيرين:

- تأثير مقاومة : ناتج عن السلك الطويل المكون للوشيعة.
- تأثير تحريضي : راجع لتغير شدة التيار المار في الدارة في فترة إنتقالية.

تتميز الوشيعة بذاتية L (معامل التحريض الذاتي) تقدر بالهنري (H) ومقاومة r وحدتها الأوم (Ω).

2ـ التوتر بين طرفي الوشيعة

$$U_b(t) = L\frac{di}{dt} + ri$$



$L(H)$	$r(\Omega)$	$i(A)$	$U_b(V)$
ذاتية الوشيعة	مقاومة	شدة التيار	التوتر

إذا كانت مقاومة الوشيعة مهملة بالنسبة للمقاومات في الدارة الكهربائية نسميها بالوشيعة الصرفة.

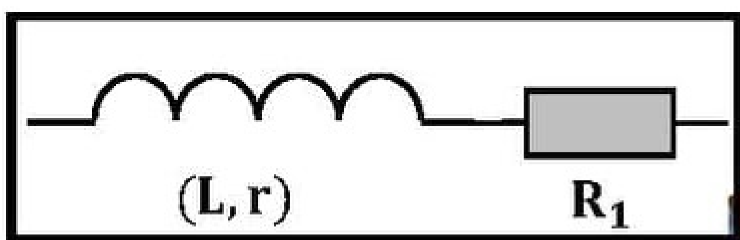
$$U_b(t) = U_L(t) = L\frac{di}{dt}$$

3ـ تعريف ثابت الزمن τ

هو زمن مميز لثنائي القطب RL ويمثل بلوغ التيار لـ 63% من قيمته الأعظمية عند ظهور التيار (أو تناقص 63% من قيمته الإبتدائية عند إنقطاع التيار) يعطى بالعلاقة :

$$\tau = \frac{L}{R_T} = \frac{L}{R_1 + r}$$

R_T : هو مجموع مقاومات النواقل الأومية الموجودة في الدارة



4ـ البرهان على بعد τ :

$$[\tau] = \left[\frac{L}{R}\right]$$

لدينا :

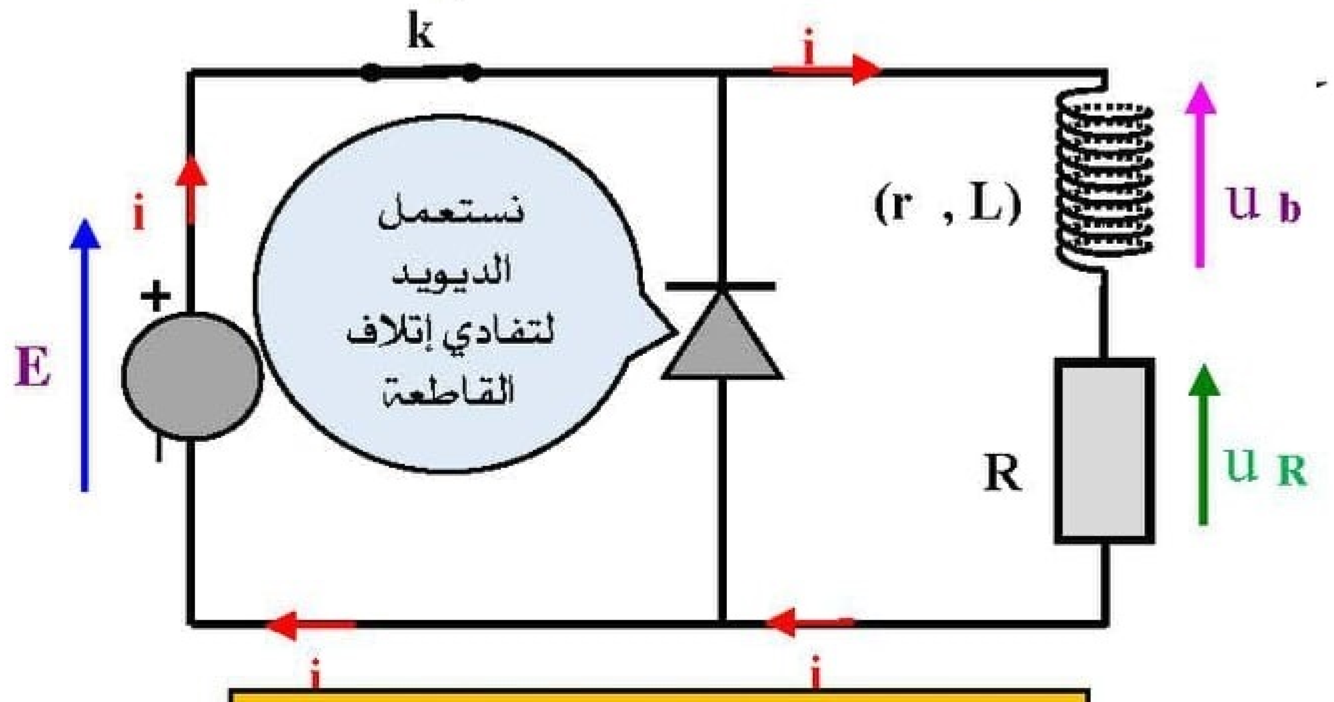
$$u_L = L.\frac{di}{dt} \Rightarrow L = \frac{u_L.dt}{di} \Rightarrow [L] = \frac{[u][t]}{[i]}$$

منه

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[u][t]}{[R][i]} = \frac{[u][t]}{[u]} = [t]$$

ومنه وحدة ثابت الزمن هي وحدة الثانية في جملة الوحدات الدولية.

5. المعادلات التفاضلية لثنائي القطب RL:



عند ظهور التيار (غلق القاطعة)

عند ظهور التيار (غلق القاطعة)

عند غلق القاطعة وبتطبيق قانون جمع التوترات:

$$u_b(t)+u_R(t)=E$$

نعلم أن :

$$u_b(t)=L\frac{di}{dt}+r.i(t) \quad ;u_R(t)=R.i(t)$$

بالتعويض نجد:

$$L\frac{d\,i(t)}{dt}+(R+r)i(t)=E$$

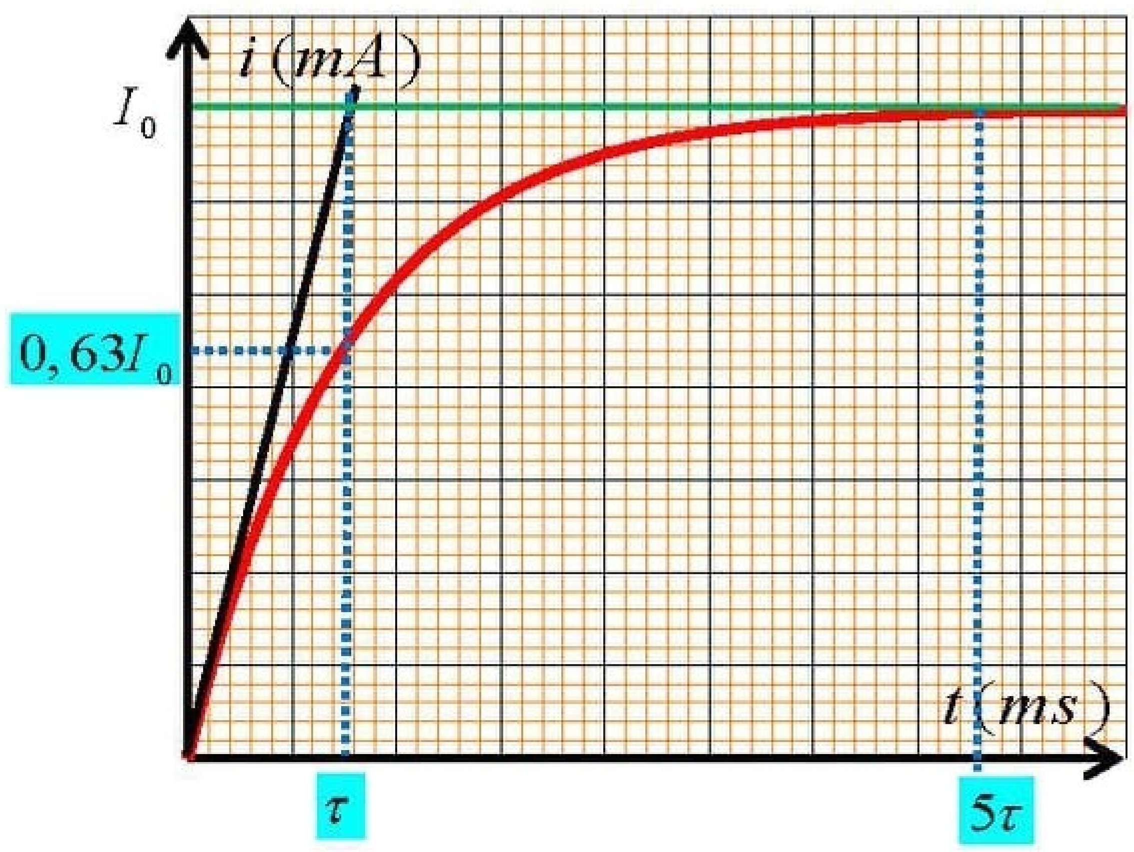
هذه المعادلة تفاضلية بطرف ثاني حلها من الشكل :

$$i(t)=I_0(1-e^{-t/\tau})$$

حيث:

$$\tau=\frac{L}{r+R} \quad \text{و} \quad I_0=\frac{E}{r+R}$$

$t \geq 5\tau$	$t=\tau$	$t=0$	الزمن t
$I_0=\frac{E}{r+R}$	$i=0,63I_0$	$i=0$	$i(t)$



6. الطاقة المخزنة في الوشيعة

تخزن الوشيعة جزء من الطاقة المقدمة من طرف المولد لأن الجزء الثاني يضيع بفعل جول (تحويل حراري) في المقاومة المكافئة للدارة ومن بينها مقاومة الوشيعة.

تعطى عبارة الطاقة المخزنة بالوشيعة بالعلاقة:

$$E_L = \frac{1}{2} L . i^2$$

عند ظهور التيار (غلق القاطعة)	عند إنقطاع التيار (فتح القاطعة)
$E_L(t) = \frac{1}{2} L . I_0^2 (1-e^{-t/\tau})^2$ $E_L(t) = E_{L\max}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})^2$	$E_L(t) = \frac{1}{2} L . I_0^2 e^{-2t/\tau}$ $E_L(t) = E_{L\max} e^{-2\frac{t}{\tau}}$

ملاحظة:

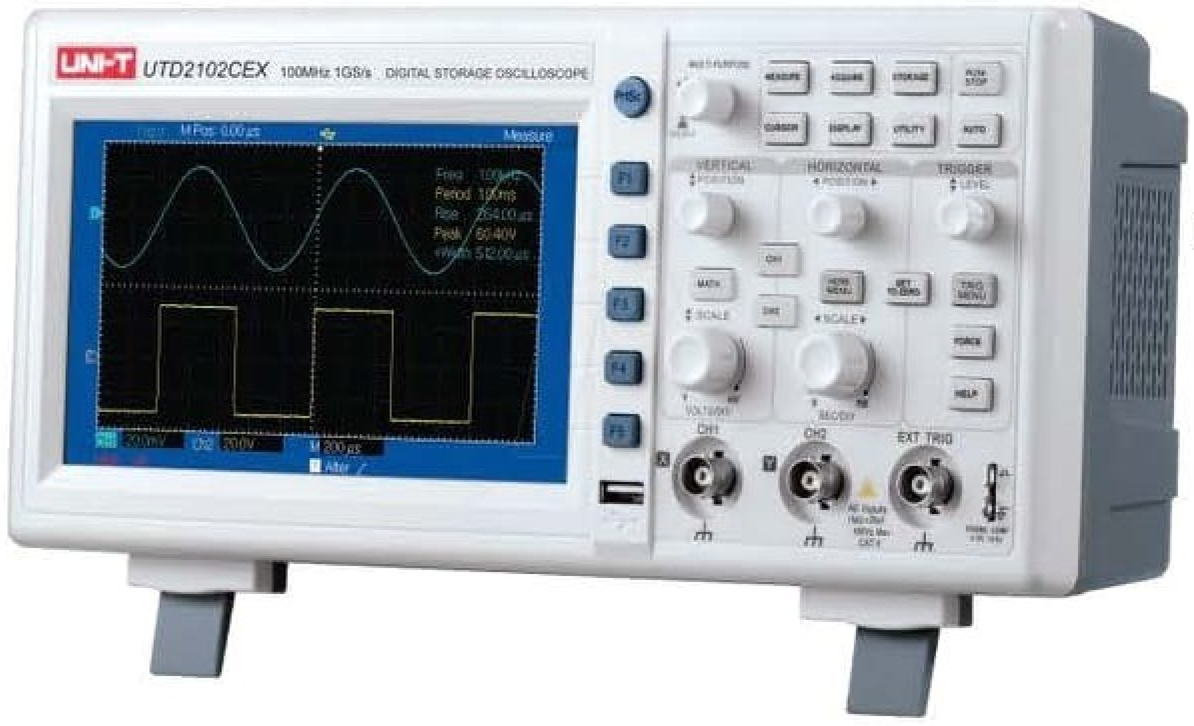
عند مرور تيار كهربائي في الوشعية وخلال كل مدة زمنية Δt تحول الوشيعة للوسط الخارجي تحويل حراري على شكل طاقة ضائعة (ظاهرة فعل جول) معرف بالعلاقة :

$$Q = r . i^2 . \Delta t$$

- في حالة وشيعة صرفة $(r = 0)$ تكون قيمة التحويل الحراري $Q = 0$

كيفية ربط راسم الإهتزاز المهبطي في الدارة

راسم الإهتزاز المهبطي هو جهاز يمكننا من مشاهدة تطور توتر عنصر كهربائي بدلالة الزمن .

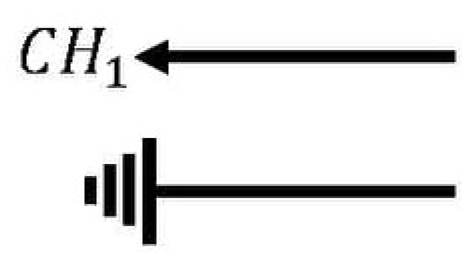


حيث يتألف من مدخلين للإشارة ومدخل أرضي .

(بمعنى يمكننا متابعة تطور توترين زمنيا في آن واحد .)

مدخل الإشارة يمثل بـ:

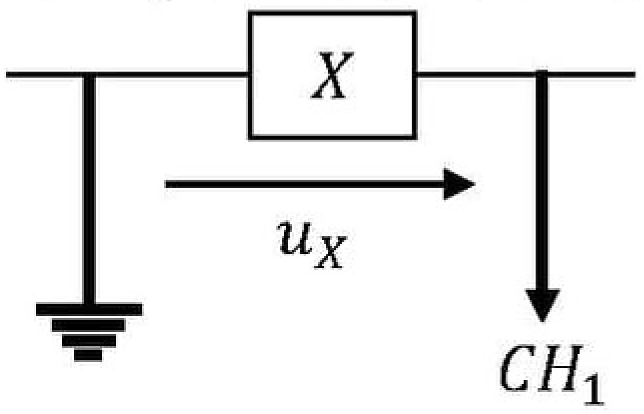
مدخل أرضي يمثل بـ :



سؤال 01: كيف نربط راسم الإهتزاز المهبطي في الدراة؟

الجواب : بما أن راسم الإهتزاز المهبطي يمكننا من متابعة تطور التوترات فهو يربط على التفرع (بين طرفي العنصرالكهربائي).

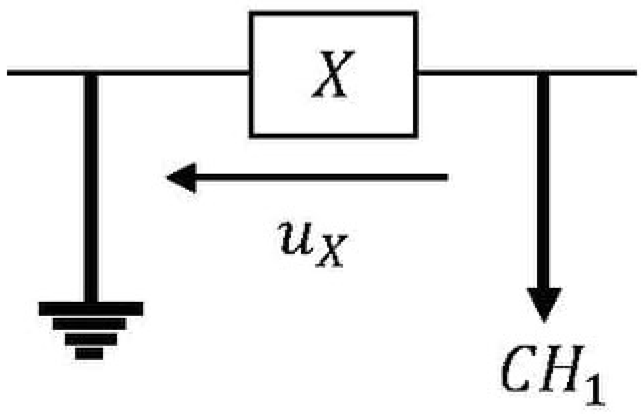
سؤال 02 : لو أردت مشاهدة تطور توتر عنصر كهربائي X ، كيف أقوم بتوصيل راسم الإهتزاز في الدارة ؟



الجواب : نربطه كما هو موضح في الشكل ، على المدخل CH_1 نشاهد تطور التوتر u_X بدلالة الزمن .

بحيث يكون إتجاه سهم التوتر موجه من المدخل الأرضي إلى مدخل الإشارة.

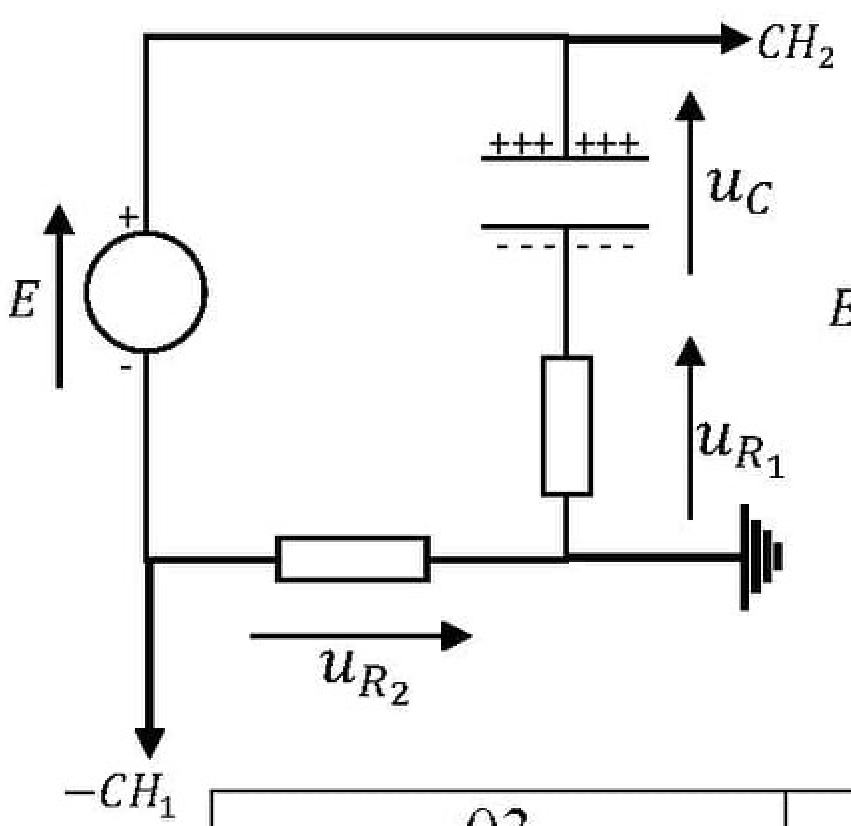
سؤال 03 : ماذا لو كان سهم التوتر موجه من مدخل الإشارة إلى المدخل الأرضي ؟

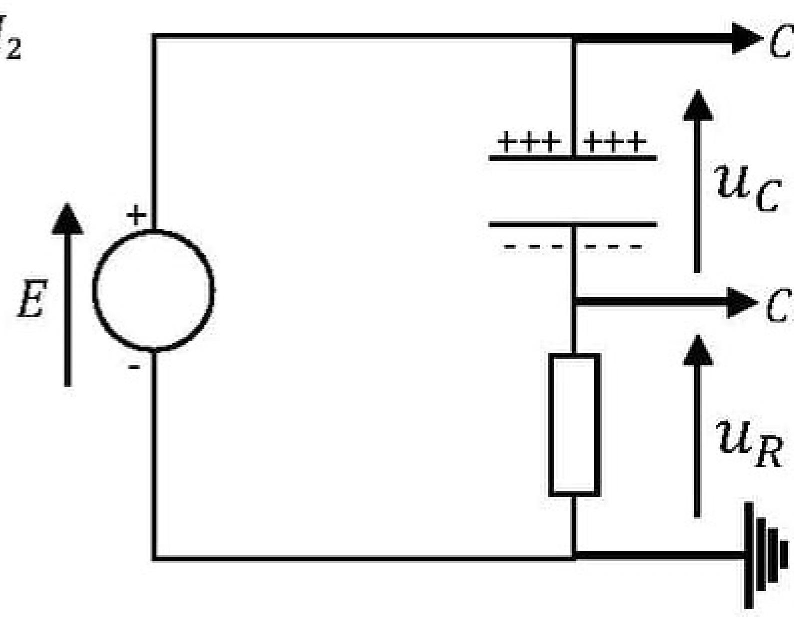


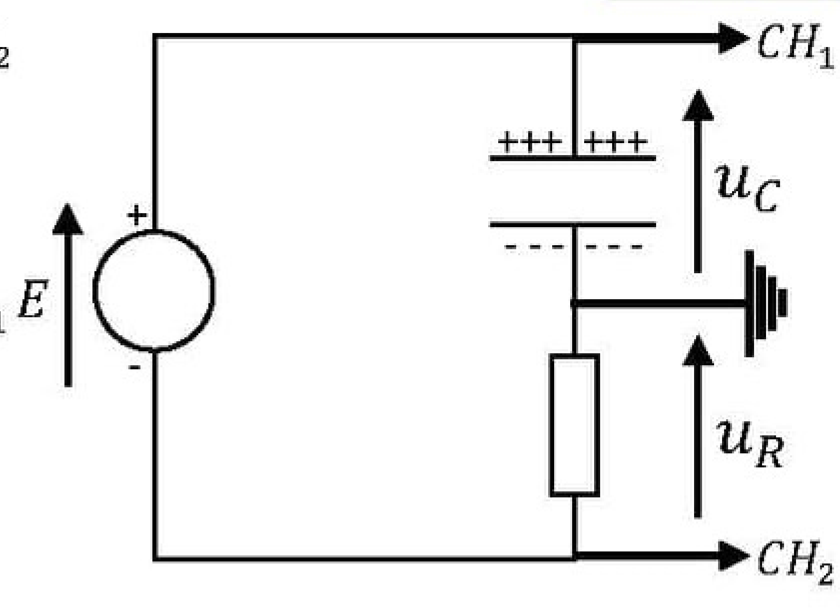
الجواب : في هذه الحالة نشاهد في المدخل CH_1 تطور التوتر $-u_X$ بدلالة الزمن

ولمشاهدة تطور التوتر u_X وجب الضغط على الزر INV التي تقوم بقلب الإشارة.

تدريبات : أذكر ماهو التوتر المشاهد في كل مدخل في الحالات التالية.







03	02	01	الحالة
			المدخل CH_1
			المدخل CH_2