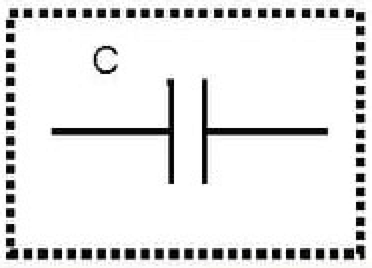
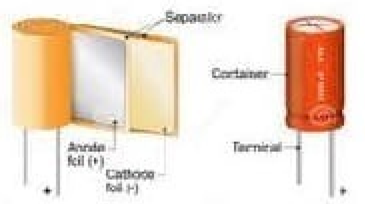
I ثنائي القطب RC

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)





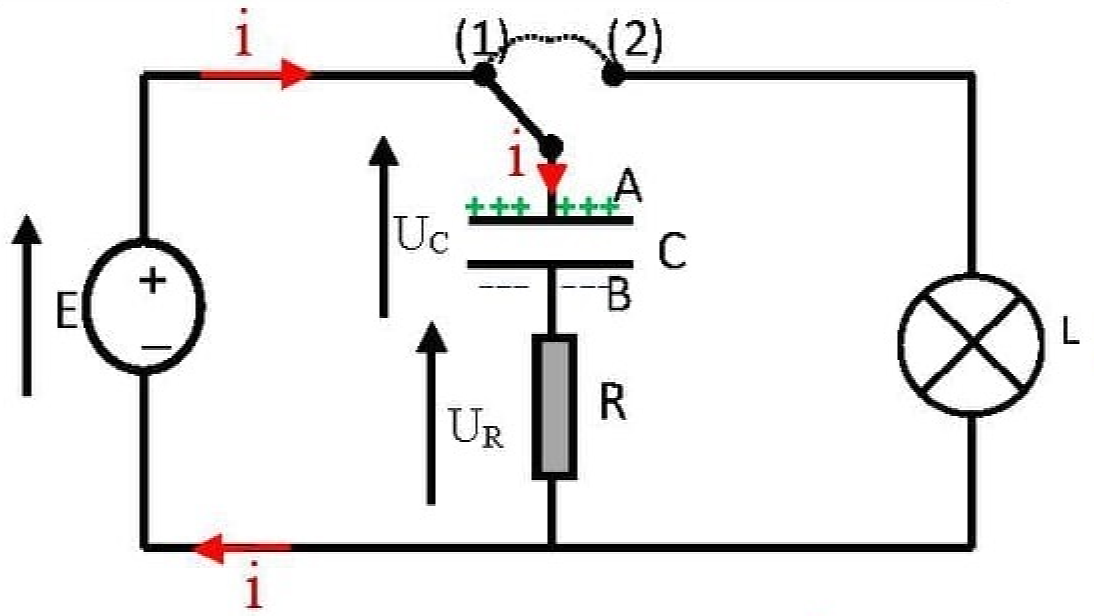
$1F$ وحدة كبيرة لذلك نستخدم أجزاء الفاراد:

- 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

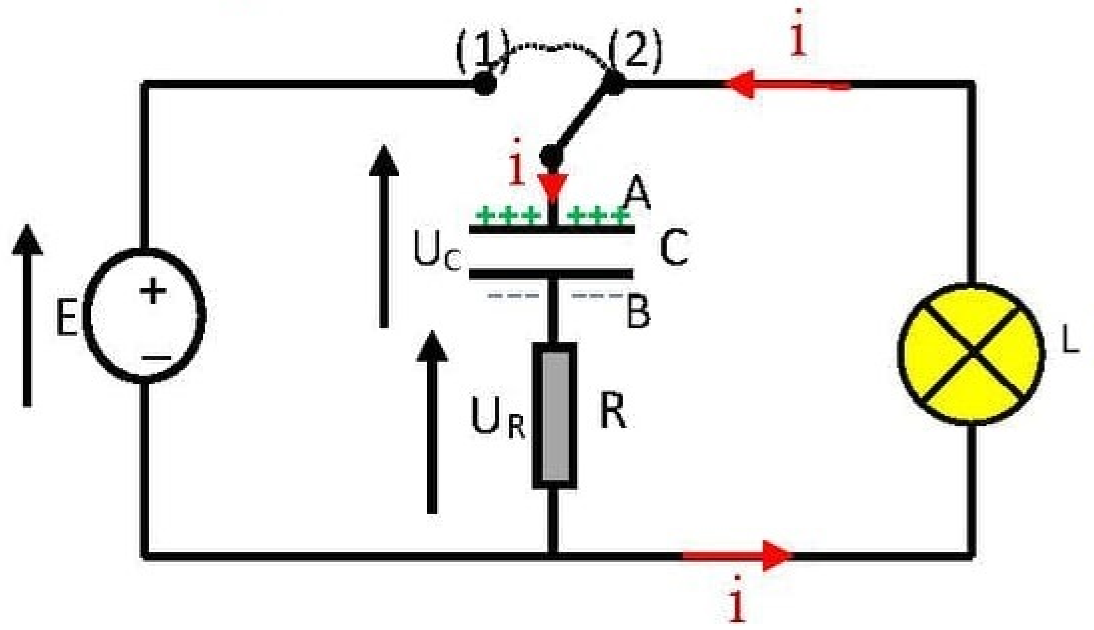
عملية شحن المكثفة:

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)



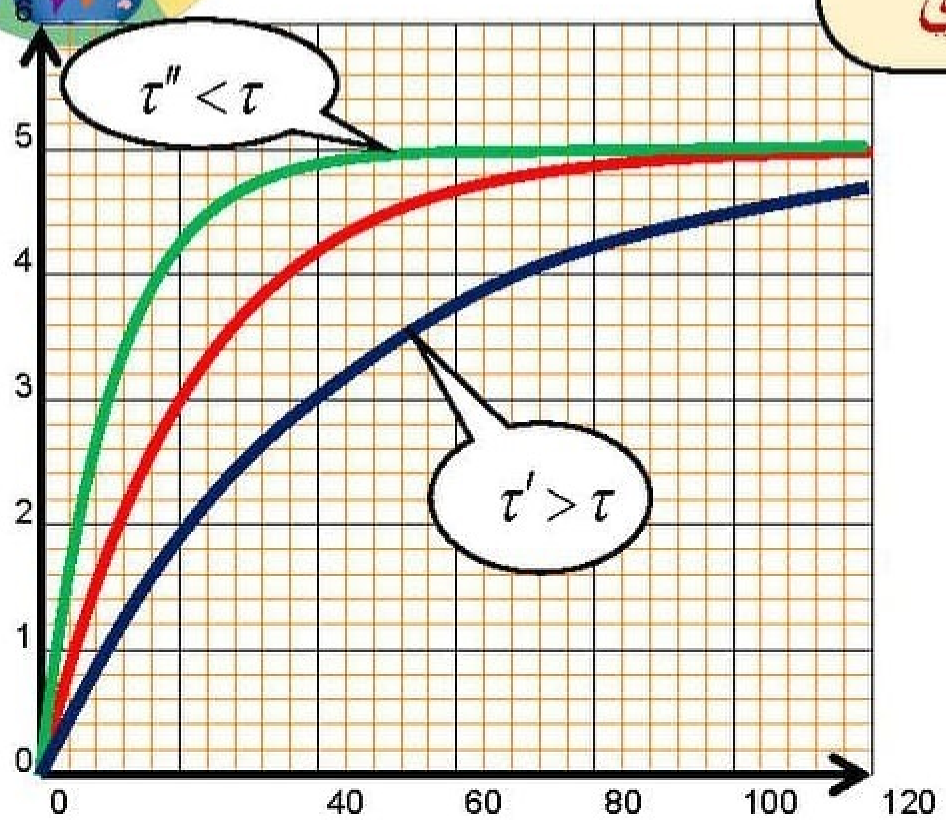
عملية تغريغ المكثفة:

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 في 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 $U_C(t)$	$i(t) = \dfrac{dq}{dt} = C\,.\dfrac{dU_C}{dt}$	$i(t)$: شدة التيار (A) C: سعة المكثفة (F) $U_C(t)$: التوتر بين طرفي المكثفة (V)



التحقق من وحدة ثابت الزمن عن طريق التحليل البعدي

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

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

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

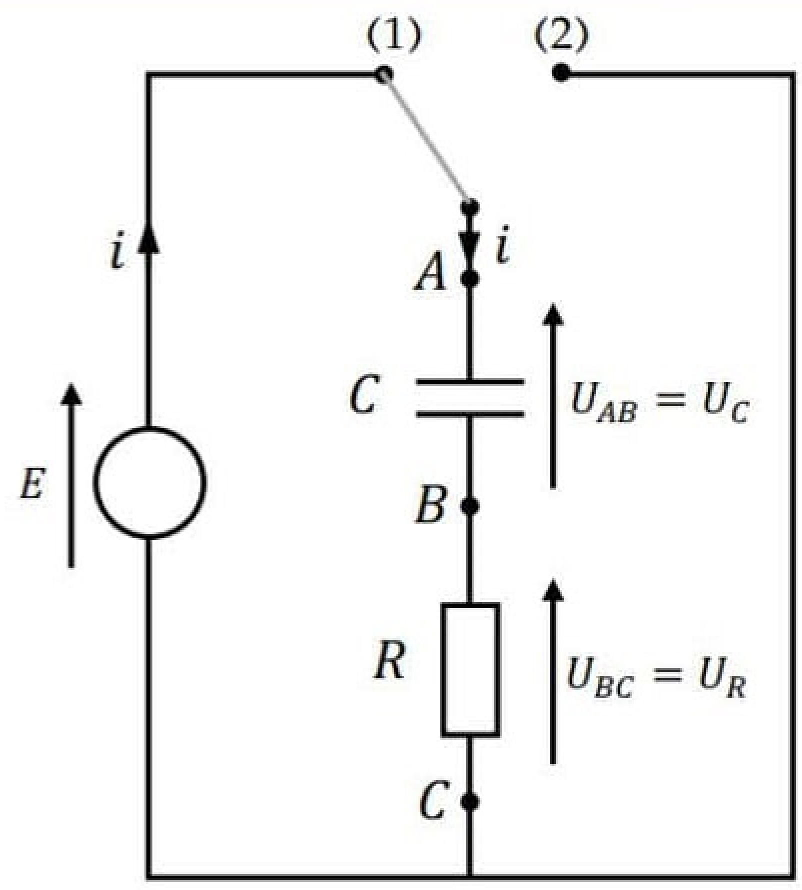
❖ تأثير المقاومة وسعة المكثفة على ثابت الزمن:

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:

$$U_C + U_R = E$$

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

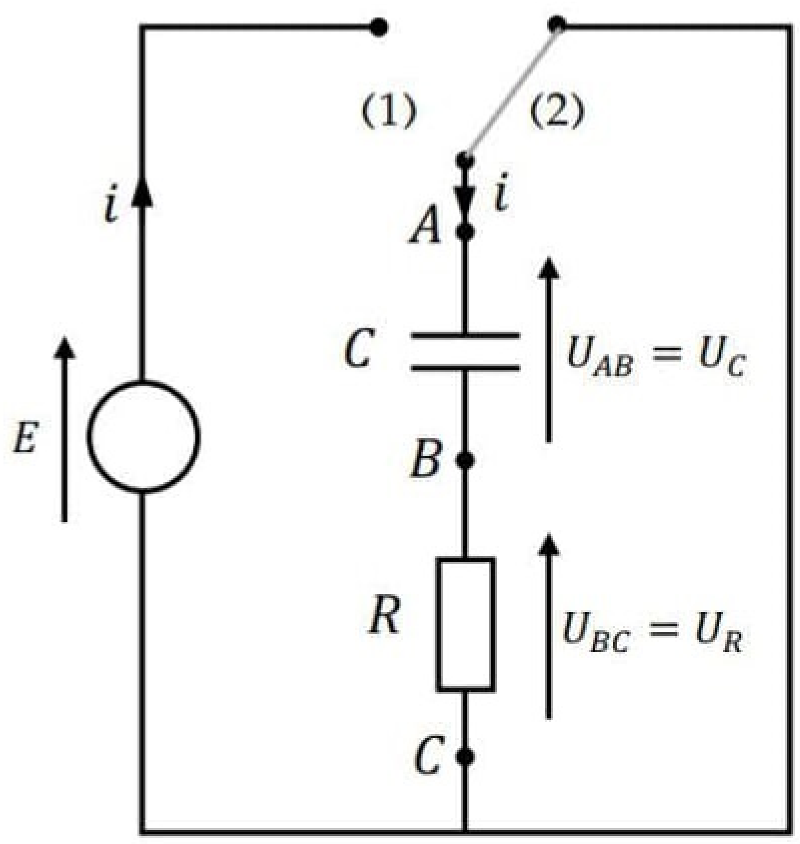
نعلم أن : .... $i(t) = \frac{dq}{dt} = C.\frac{dU_C}{dt}$

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

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:

$$U_C + U_R = 0$$

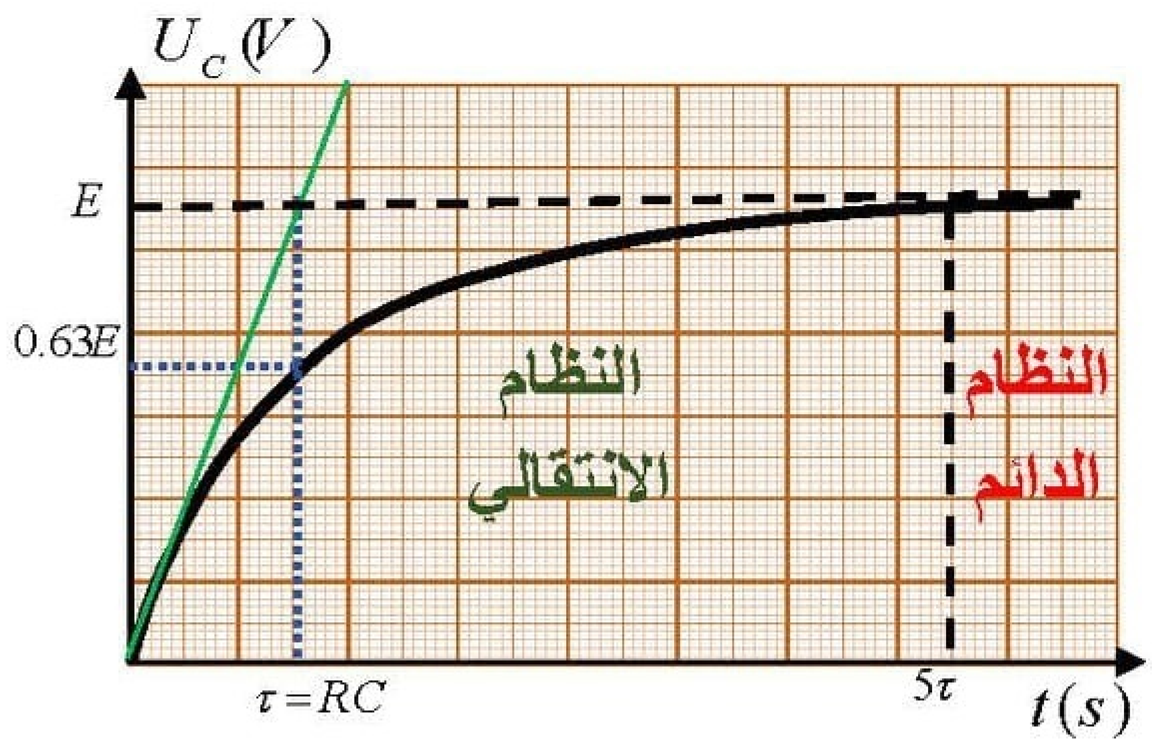
$$U_C(t) + R.i(t) = 0$$

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

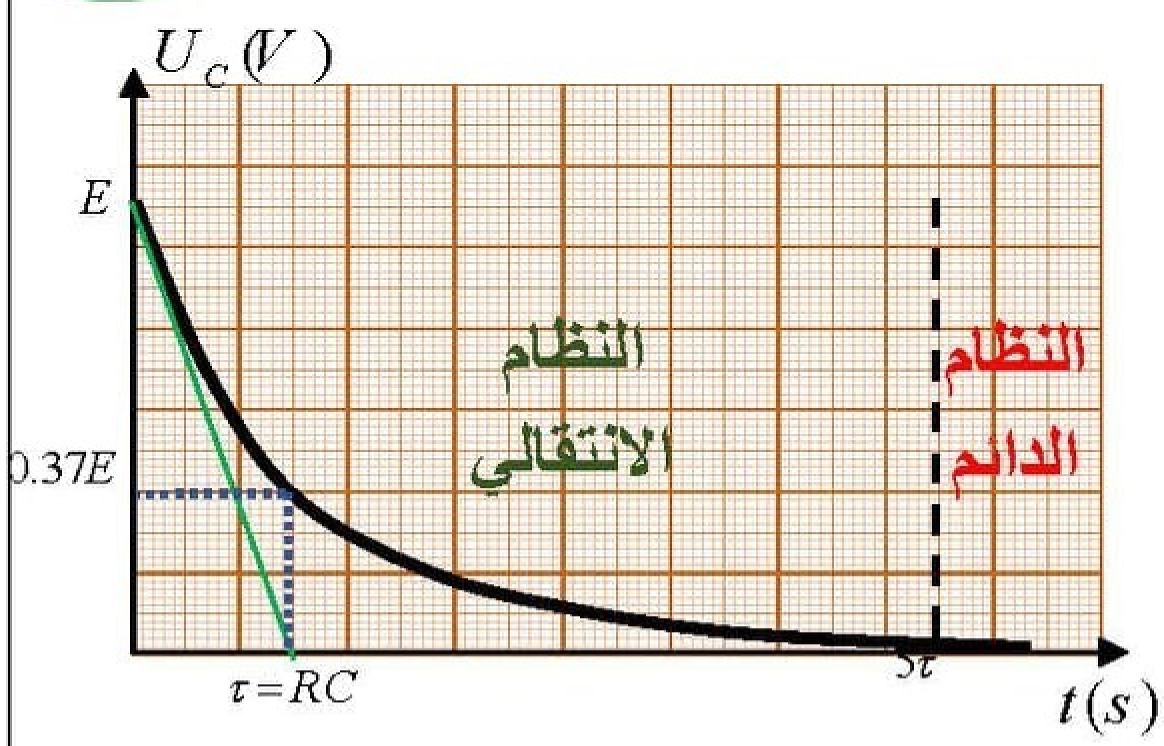
$$U_C(t) + RC\frac{dU_C}{dt} = 0$$

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:

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \Leftrightarrow i(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

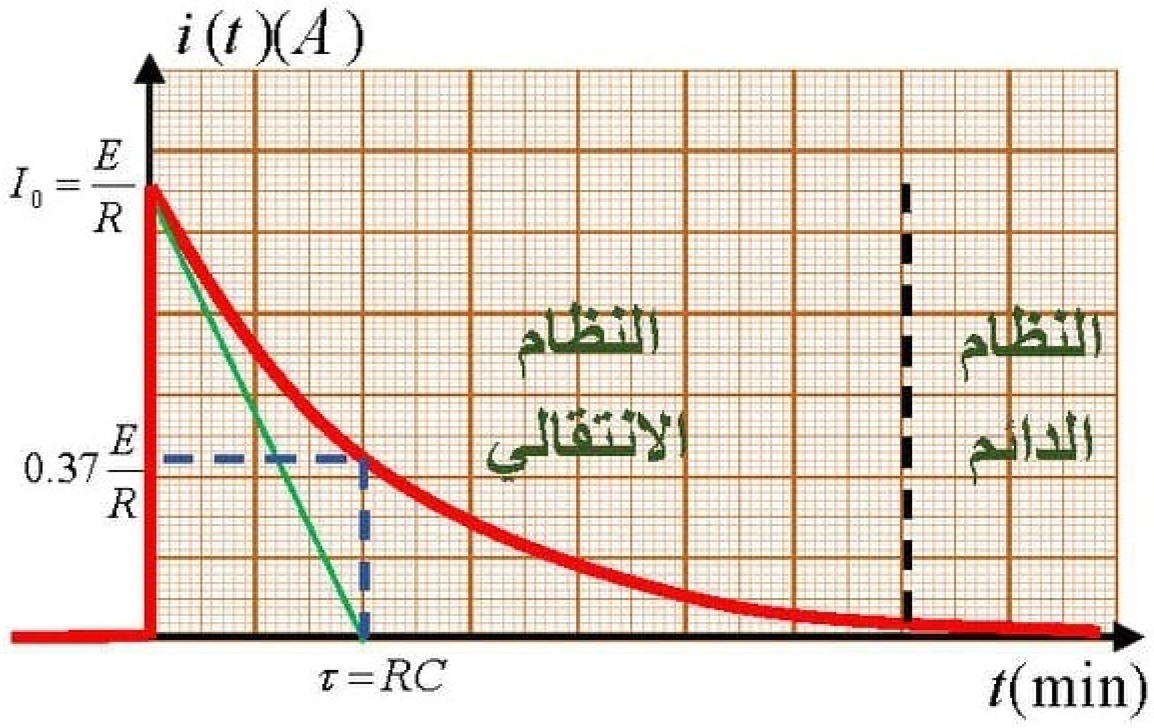
$$i(t) + RC.\frac{di(t)}{dt} = 0$$

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

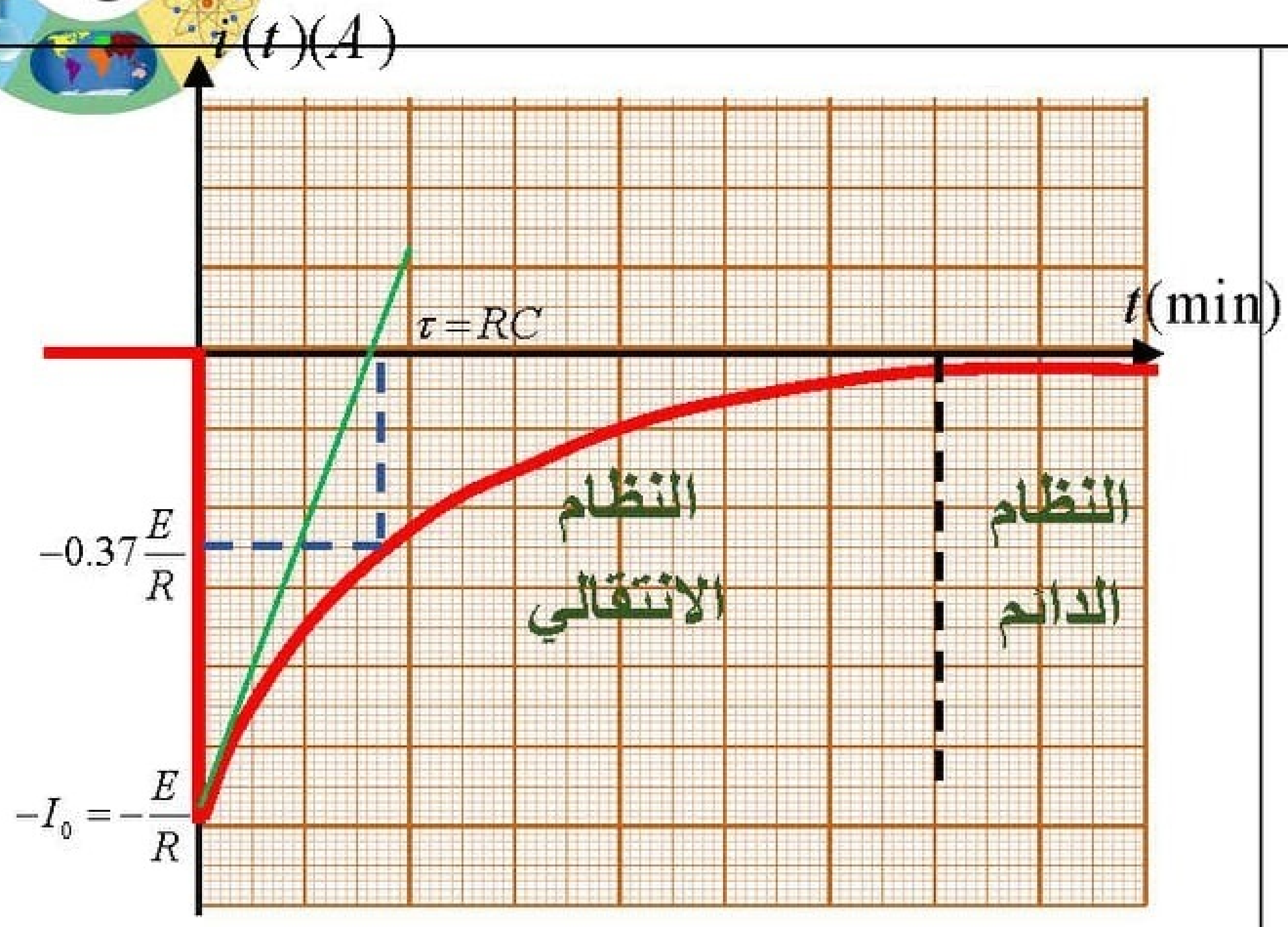
$$i(t) = -I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \Leftrightarrow i(t) = -\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

5. الطاقة المخزنة في المكثفة

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

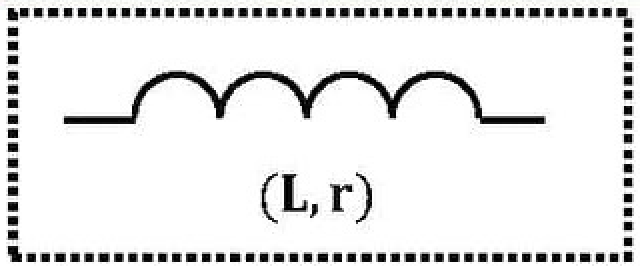
$$E_C(t)=\frac{1}{2}C\,U_c(t)^2=\frac{1}{2}\cdot\frac{q(t)^2}{C}=\frac{1}{2}U_c(t).q(t)$$

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

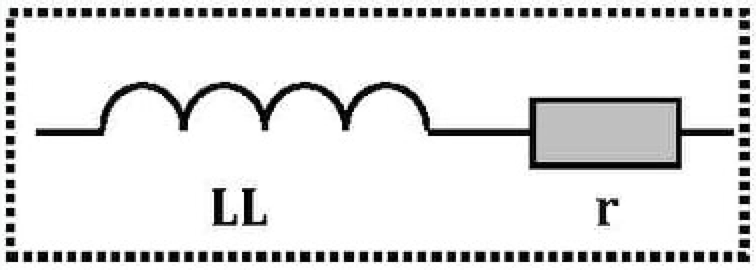
II ثنائي القطب RL

1ـ وصف الوشيعة

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



أو



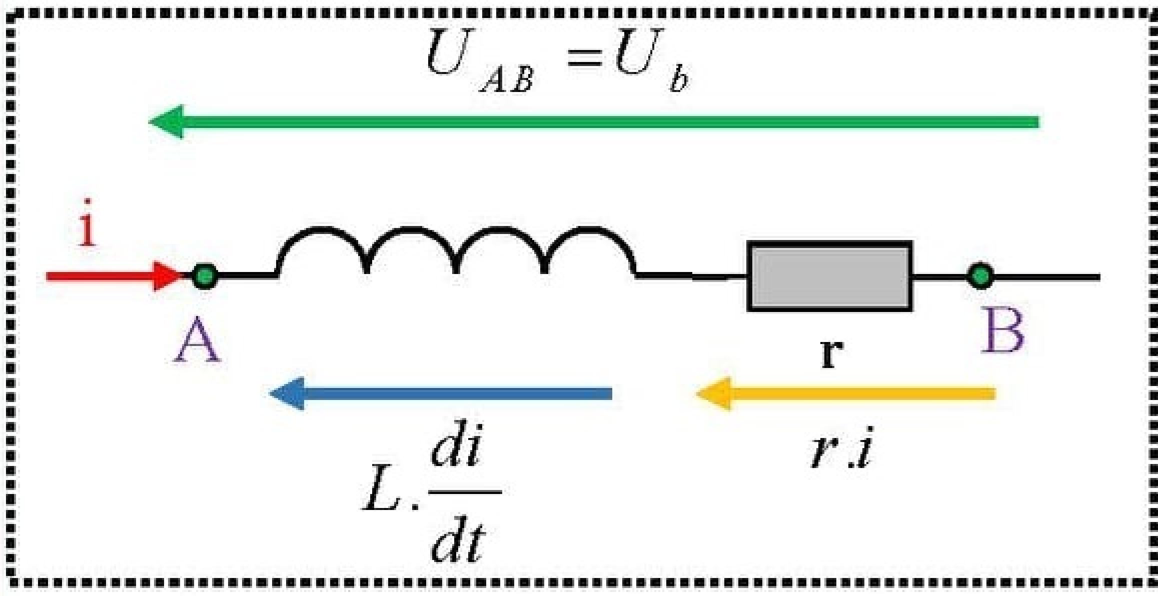
للوشيعة تأثيرين:

- 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

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



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

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

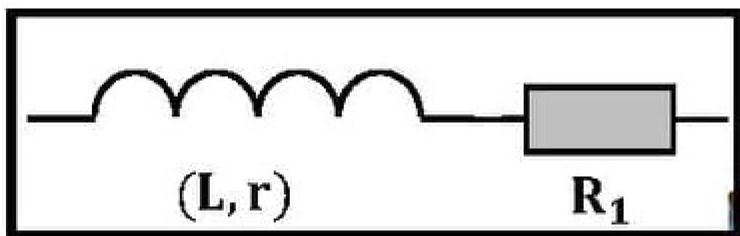
$$\boxed{U_b(t) = U_L(t) = L\frac{di}{dt}}$$

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:

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

R_T : هو مجموع مقاومات النواقل الأومية الموجودة في الدارة



4ـ البرهان على بعد τ :

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

لدينا :

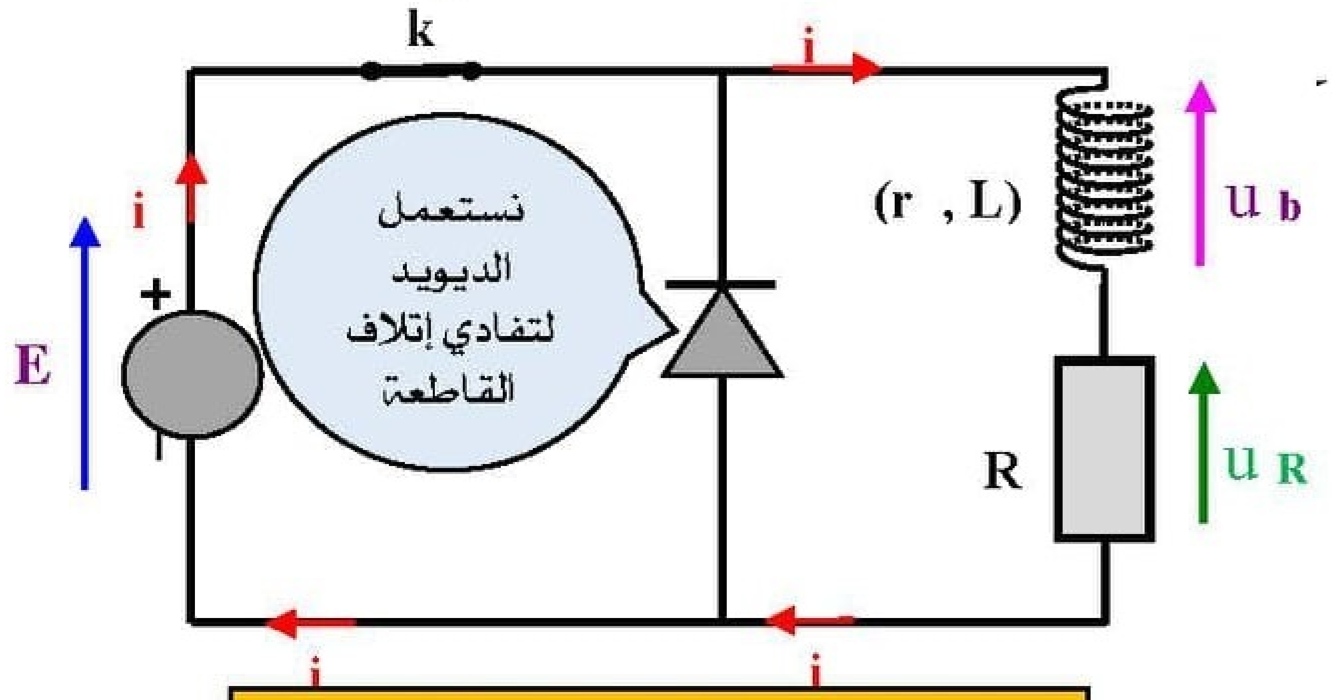
$$u_L = L.\frac{di}{dt} \Rightarrow L = \frac{u_L.dt}{di} \Rightarrow [L] = \frac{[u][t]}{[i]}$$

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.

5ـ 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 :

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

بالتعويض نجد:

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

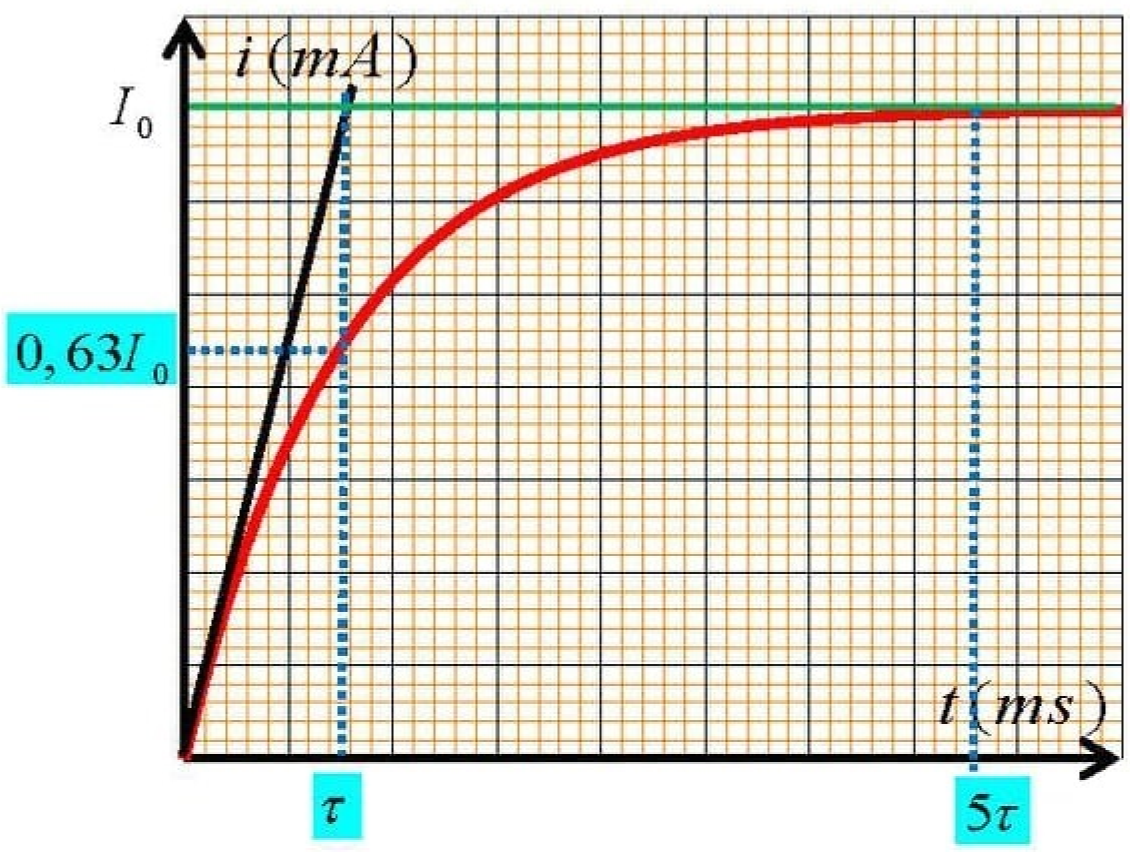
هذه المعادلة تفاضلية بطرف ثاني حلها من الشكل :

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

حيث:

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

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



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 :

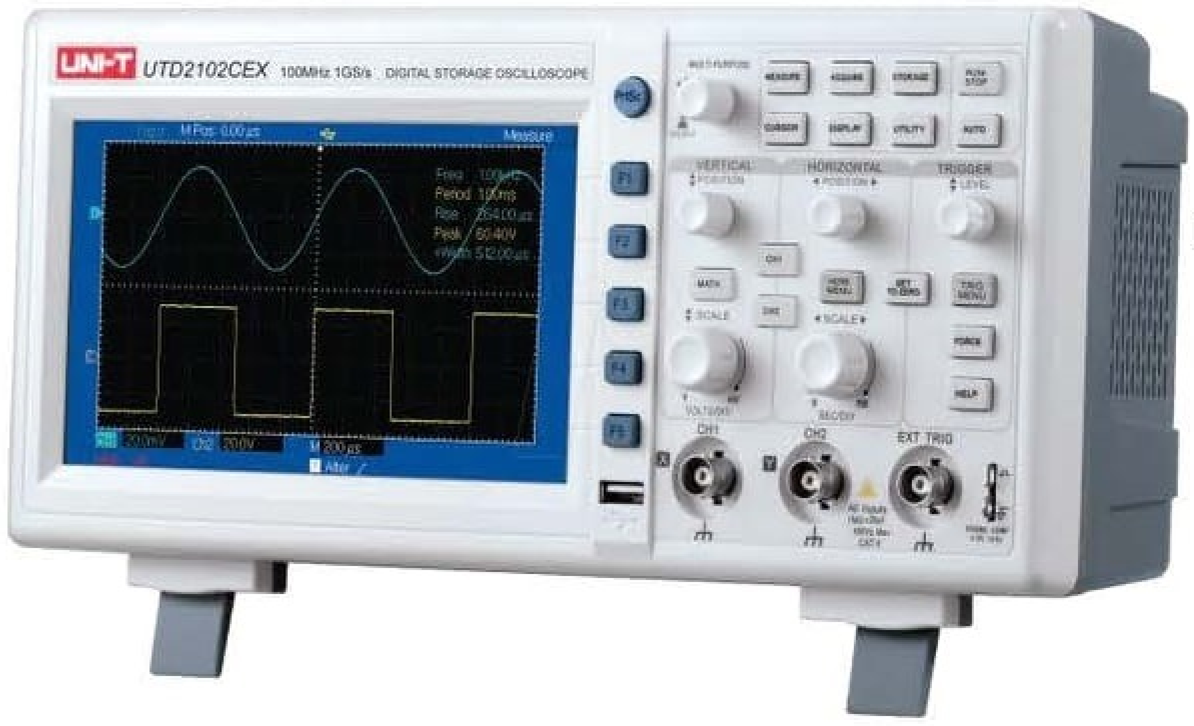
$$\boxed{Q = r.i^2.\Delta t}$$

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

الأستاذ فلاحي سليمان | صفحة الفايس بوك: سليمان فلاحي | الهاتف: 0540906781

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 .)

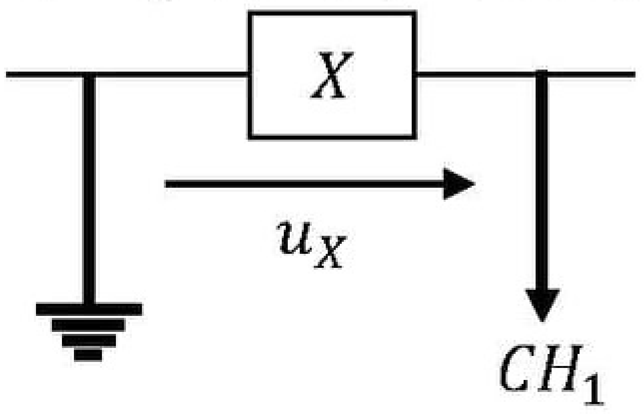
مدخل الإشارة يمثل بـ: $CH_1 \longleftarrow$

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).

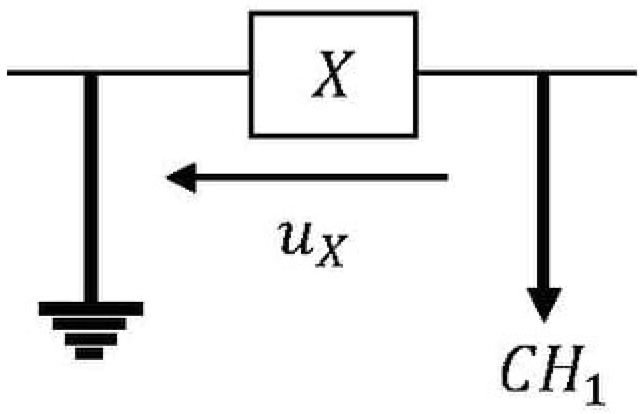
سؤال 02 : لو أردت مشاهدة تطور توتر عنصر كهربائي X ، كيف أقوم بتوصيل راسم الإهتزاز في الدارة ؟



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

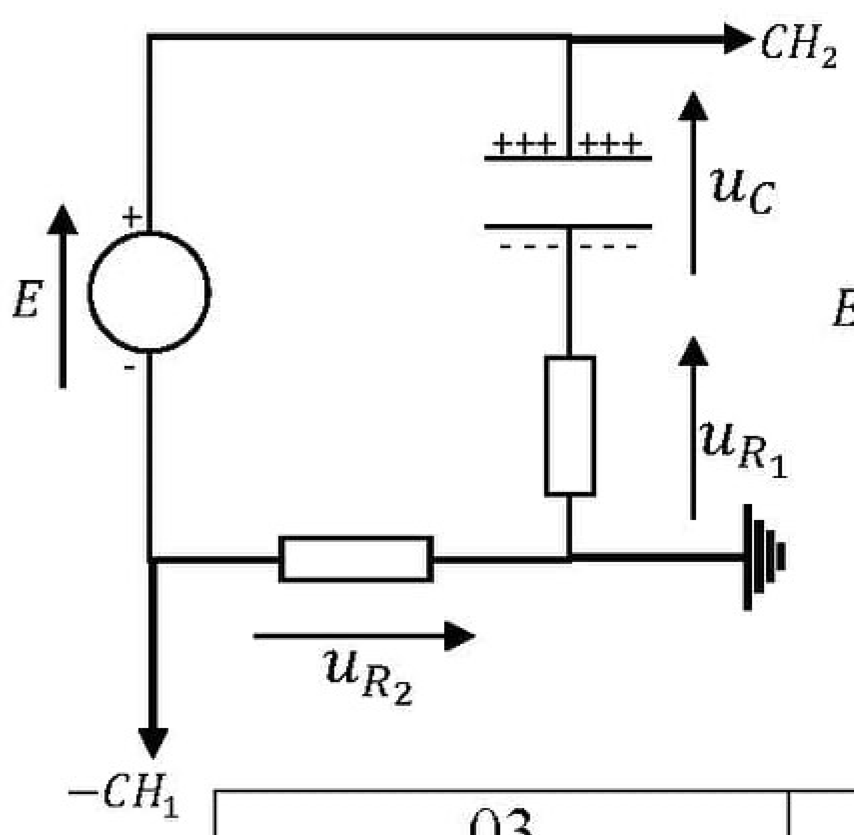
بحيث يكون إتجاه سهم التوتر موجه من المدخل الأرضي إلى مدخل الإشارة.

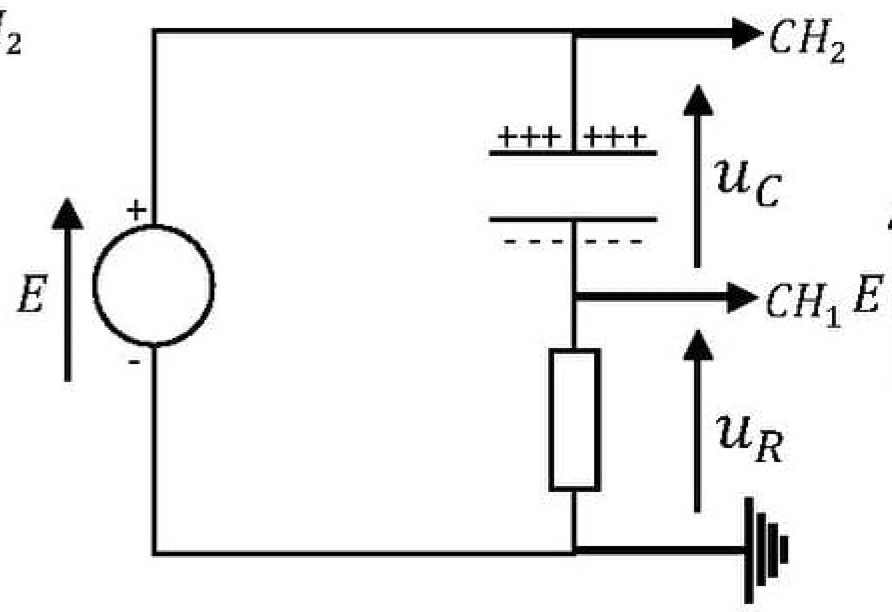
سؤال 03 : ماذا لو كان سهم التوتر موجه من مدخل الإشارة إلى المدخل الأرضي ؟

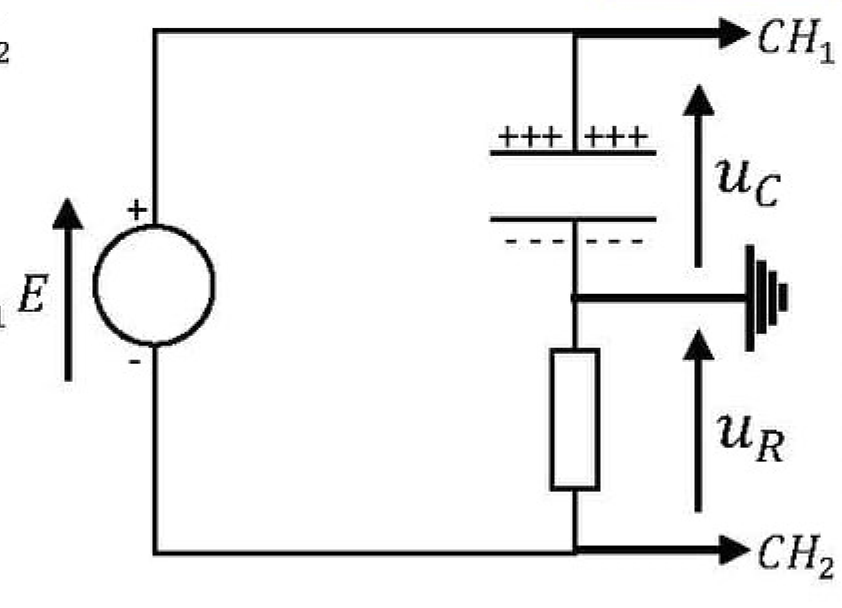


الجواب : في هذه الحالة نشاهد في المدخل CH_1 تطور التوتر $-u_X$ بدلالة الزمن ولمشاهدة تطور التوتر u_X وجب الضغط على الزر INV التي تقوم بقلب الإشارة.

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







الحالة	01	02	03
المدخل CH_1			
المدخل CH_2			