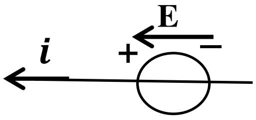
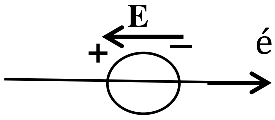
◄ أولا : بعض المفاهيم الأساسية :



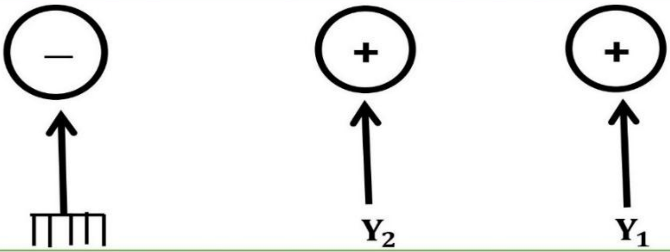
① التيار الإصطلاحي (التيار) i جهتهُ تكون موافقة للجهة ذات التوتر الأكبر للمولد (يخرج من جهة +)

② التيار الحقيقي (حاملة الشحنات أو حركة الإلكترونات) é جهتهُ موافقة للجهة ذات التوتر الأصغر للمولد (يخرج من جهة -)



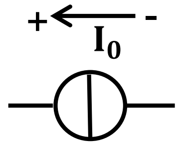
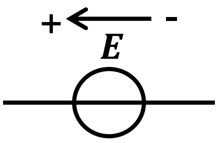
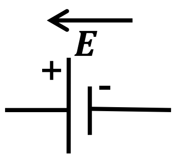
③ يُمثل التوتر بين طرفي عنصر U لعُنصر في دارة ما : من التوتر الأصغر إلى التوتر الأكبر أي ⊕ ⟵ ⊖

④ راسم الإهتزاز المهبطي :

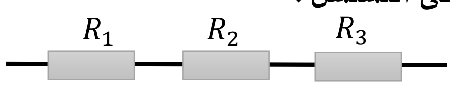
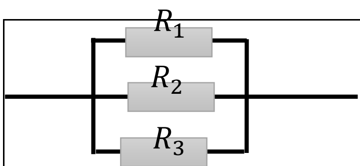


✓ دائما نربط مدخلي (قناتي) راسم الإهتزاز المهبطي بالجهة ذات التوتر المرتفع (+) والمدخل الأرضي لراسم الإهتزاز المهبطي بالجهة الأقل توتر (-) لكي يظهر منحى التوتر المُراد معرفة تطوره , وفي حالة تركيب مثلا المدخل Y_1 مع (-) والأرضي مع (+) , التوتر المُشاهد يكون مقلوب , ولتصحيحه نضغط على INV الموجودة في راسم الإهتزاز .

⑤ أنواع المولدات :

مولد تيار (يُعطي تيار ثابت)	مولد توتر مثالي (توترهُ E ثابت)	مولد توتر حقيقي (توترهُ E ثابت) ويتميز بمقاومة داخلية r
 $I_0 = \frac{q}{t}$ تُصبح $i = \frac{dq}{dt}$		

⑥ ربط المقاومات على التسلسل والتفرع :

✓ الربط على التسلسل :	✓ الربط على التفرع :
 $R_{éq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$ حيث : $R_{éq}$ هي المقاومة المكافئة لكل المقاومات (الكلية)	 $\frac{1}{R_{éq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$

ثانيا : المُكثفة

① **تعريف المكثفة :** هي عنصر كهربائي قادر على تخزين كمية من الكهرباء , تتكون من صفيحتين معدنيتين (لبوسين) متقابلتين يفصل بينهما عازل , وتتميز المكثفة بسعة C تقاس بوحدة الفاراد $[F]$, وبما أن الفاراد قيمة كبيرة جدا نتعامل بأجزاء الفاراد حيث :

الميلي فاراد mF	$1\ mF = 10^{-3}\ F$
الميكرو فاراد μF	$1\ \mu F = 10^{-6}\ F$
النانو فاراد nF	$nF = 10^{-9}\ F\quad 1$

● **نرمُز للمكثفة** في الدارة بالرمز : ─┤├─

② **دور المكثفة :** تخزين الطاقة الكهربائية مع إمكانية تفريغها وقت الحاجة .

③ **التفسير المجهري لشحن مكثفة :**

يفرض المولد توترا كهربائيا على طول الدارة فيحدث إنتقال سريع للإلكترونات نحو أحد اللبوسين لكن وجود العازل يمنع إنتقال الإلكترونات إلى اللبوس الآخر فتتكاثف عليه فيُشحن هذا اللبوس بالسالب , أما اللبوس الثاني يُشحن بالموجب , وعندما تتكاثف كُل الإلكترونات في الدارة , ينقطع التيار نقول عندها أن المكثفة شُحنة كليا .

④ **التفسير المجهري للتفرغ مكثفة :**

إنتقال الإلكترونات المتراكمة عبر المقاومة من اللبوس السالب إلى اللبوس الموجب وعندما يصبح اللبوسان متعادلين كهربائيا فينقطع التيار ومنه نقول أن المكثفة قد فرغت كليا .

⑤ **ثابت الزمن τ** حيث : $\tau = R_T \times C$ R_T : مجموع المقاومات الموجودة في الدارة

المدلول الفيزيائي في الدارة RC (مكثفة)	
في ظاهرة الشحن	في ظاهرة التفريغ
يُعرف ثابت الزمن τ بأنهُ الزمن اللازم لبلوغ التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة 63% من قيمته الأعظمية	يُعرف ثابت الزمن بأنهُ الزمن اللازم لبلوغ التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة 37% من قيمته الأعظمية

⑤ تعتبر المكثفة مشحونة كُليا عندما يبلغ التوتر بين طرفيها 99% من توتر المولد E وهي توافق : 5τ

⑥ **التحليل البُعدي لثابت الزمن τ :**

$U_R = R \times i$	$q = C \times U_C$	$i = \dfrac{dq}{dt}$

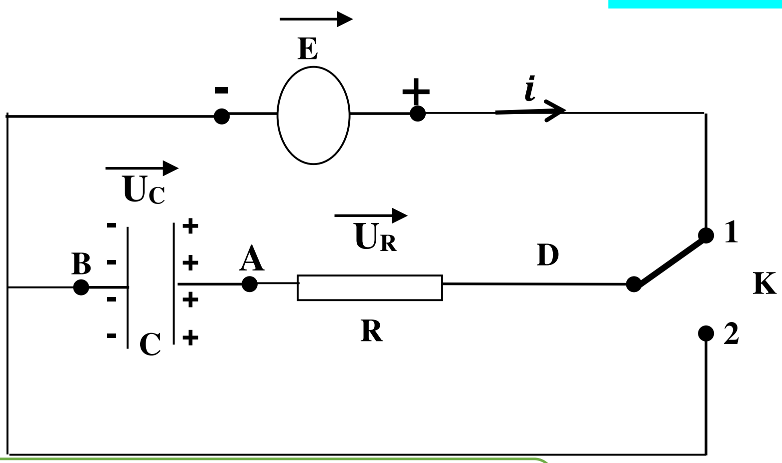
حالة مكثفة	$\tau = RC$
	$[\tau] = [R][C] = \dfrac{[U]}{[I]} \times \dfrac{[Q]}{[U]} = \dfrac{[U]}{[I]} \times \dfrac{[I][T]}{[U]} = [T]$

المقدار	الوحدة	بُعدُها
توتر U	الفولط V	$[U]$
شدة التيار i	أمبير A	[I]
الزمن Δt	ثانية s	[T]
مقاومة R	أوم Ω	$[R]$

⑦ **الطاقة المخزنة في مكثفة E_C :** تُعطى بالعلاقة : $E_C(t) = \frac{1}{2}.C.U_C^2(t)$ وإذا عوضنا U_C بما يساويه من العلاقة : $q = CU_C$ تجــــــــد : $E_C(t) = \frac{1}{2C}.q^2(t)$

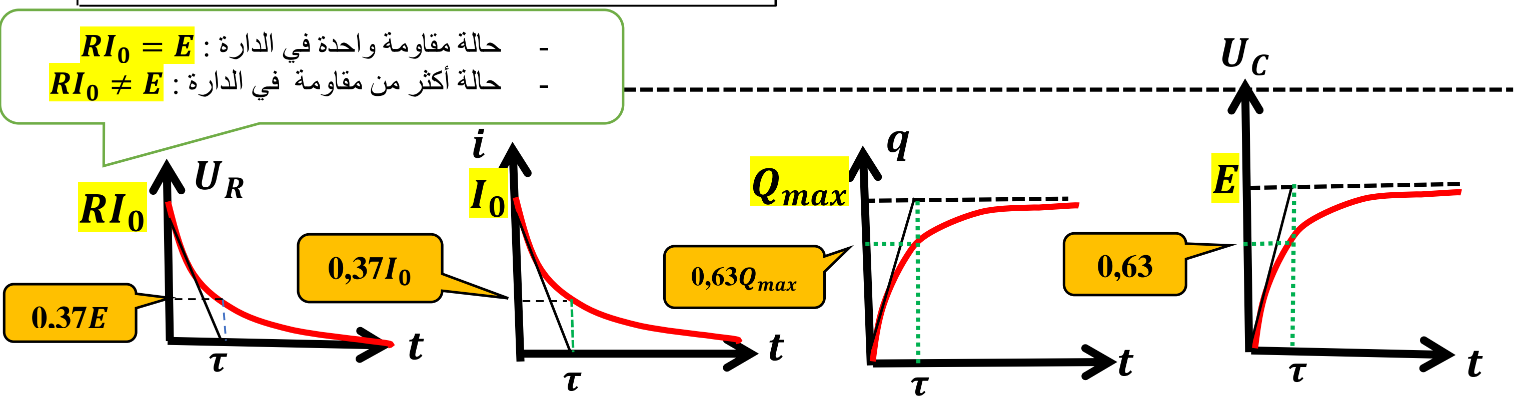
- أكبر قيمة لــ U_C هي E , إذن الطاقة العُظمى المُخزنة في مُكثفة هي : $E_{Cmax} = \frac{1}{2}.C.E^2$ أو $E_{Cmax} = \frac{1}{2C}.Q_0{}^2$

⑧ المعادلات التفاضلية للدارة RC بدلالة : $i(t)$, $q(t)$, $U_C(t)$:



حالة شحن مُكثفة

①	$i = \frac{dq}{dt} = C \times \frac{dU_C}{dt}$
②	$U_R = R \times i$
③	$q = C \times U_C$



المعادلة التفاضلية بدلالة U_C	المعادلة التفاضلية بدلالة q	المعادلة التفاضلية بدلالة i	المعادلة التفاضلية بدلالة U_R
• حسب قانون جمع التوترات عند الشحن : $U_C + U_R = E$ $U_C + (R \times i) = E$ $U_C + \left(R \times C\frac{dU_C}{dt}\right) = E$ • نقسم الطرفين على RC : $\frac{U_C}{RC} + \frac{dU_C}{dt} = \frac{E}{RC}$ $\boxed{\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}}$	• حسب قانون جمع التوترات عند الشحن : $U_C + U_R = E$ $\frac{q}{C} + (R \times i) = E$ $\frac{q}{C} + \left(R \times \frac{dq}{dt}\right) = E$ •نقسم طرفي المعادلة على R : $\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R}$ $\boxed{\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = \frac{E}{R}}$	• حسب قانون جمع التوترات عند الشحن : $U_C + U_R = E$ $\frac{q}{C} + (R \times i) = E$ • نشتق الطرفين : $\frac{1}{C}\frac{dq}{dt} + \left(R \times \frac{di}{dt}\right) = 0$ $\frac{1}{C}i + \left(R \times \frac{di}{dt}\right) = 0$ • نقسم الطرفين على R : $\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i = 0}$	

◄ حلول المعادلات التفاضلية في حالة الشحن هي :

$U_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$q(t) = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$i(t) = I_0\ e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_R(t) = E\ e^{-\frac{t}{\tau}}$

◄ إنطلاقا من منحنى $q(t)$ لدينا حسب قانون جمع التوترات : $U_C(t) + U_R(t) = E$ أي $\frac{q(t)}{C} + U_R(t) = E$

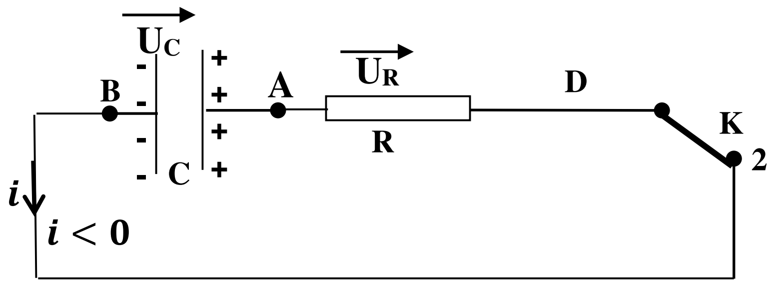
- وفي النظام الدائم (∞) يصبح $\frac{q(\infty)}{C} + U_R(\infty) = E$ أي $\frac{Q_{max}}{C} + 0 = E$ ومنهُ : $Q_{max} = CE$

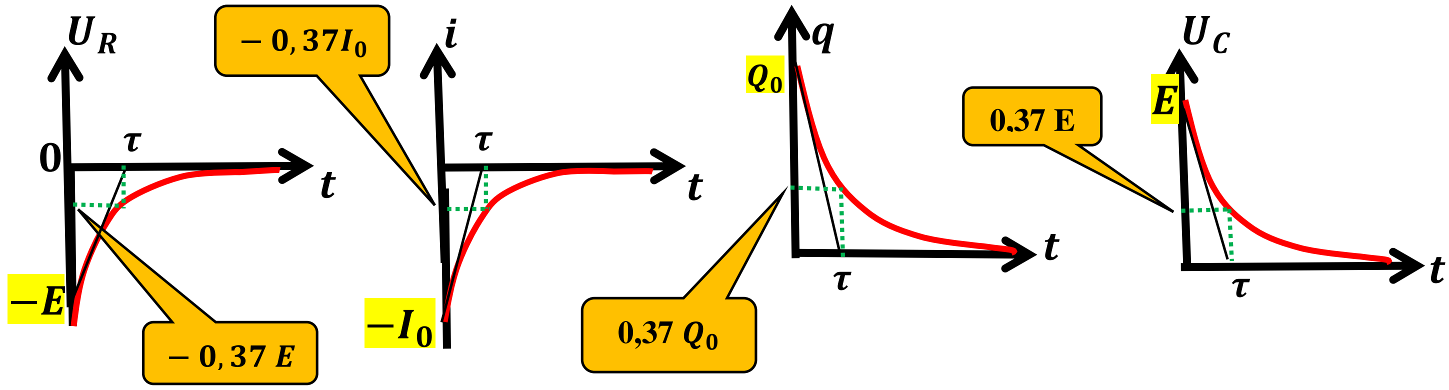
◄ إنطلاقا من منحنى $i(t)$ لدينا حسب قانون جمع التوترات : $U_C(t) + U_R(t) = E$ أي : $U_C(t) + Ri(t) = E$

- وفي اللحظة $t = 0$ يصبح $U_C(0) + Ri(0) = E$ أي : $0 + RI_0 = E$ أي : $I_0 = \frac{E}{R}$

- حالة أكثر من مقاومة في الدارة : $I_0 = \frac{E}{R_T}$ حيث R_T : مجموع المقاومات في الدارة

حالة تفريغ مُكثفة





المعادلة التفاضلية بدلالة U_R	المعادلة التفاضلية بدلالة i	المعادلة التفاضلية بدلالة q	المعادلة التفاضلية بدلالة U_C
	• حسب قانون جمع التوترات عند التفريغ : $U_C + U_R = 0$ $\frac{q}{C} + (R \times i) = 0$ • نشتق الطرفين : $\frac{1}{C}\frac{dq}{dt} + \left(R \times \frac{di}{dt}\right) = 0$ $\frac{1}{C} i + \left(R \times \frac{di}{dt}\right) = 0$ • نقسم الطرفين على R : $\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = 0}$	• حسب قانون جمع التوترات عند التفريغ : $U_C + U_R = 0$ $\frac{q}{C} + (R \times i) = 0$ $\frac{q}{C} + \left(R \times \frac{dq}{dt}\right) = 0$ •نقسم طرفي المعادلة على R : $\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = 0$ $\boxed{\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = 0}$	• حسب قانون جمع التوترات عند التفريغ : $U_C + U_R = 0$ $U_C + (R \times i) = 0$ $U_C + \left(R \times C\frac{dU_C}{dt}\right) = 0$ • نقسم الطرفين على RC : $\frac{U_C}{RC} + \frac{dU_C}{dt} = 0$ $\boxed{\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{\tau} = 0}$

◄حلول المعادلات التفاضلية في حالة تفريغ هي :

$U_R(t) = -E\ e^{-\frac{t}{\tau}}$	$i(t) = -I_0\ e^{-\frac{t}{\tau}}$	$q(t) = Q_0\ e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = E\ e^{-\frac{t}{\tau}}$

◄ إنطلاقا من منحنى $q(t)$ لدينا حسب قانون جمع التوترات : $U_C(t) + U_R(t) = 0$ أي $\frac{q(t)}{C} + U_R(t) = 0$

- عند اللحظة $t = 0$ يصبح $\frac{q(0)}{C} + U_R(0) = 0$ أي $\frac{Q_0}{C} - E = 0$ ومنهُ : $Q_0 = CE$

◄ إنطلاقا من منحنى $i(t)$ لدينا حسب قانون جمع التوترات : $U_C(t) + U_R(t) = 0$ أي : $U_C(t) + Ri(t) = 0$

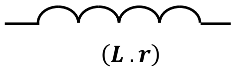
- عند اللحظة $t = 0$ يُصبح : $U_C(0) + Ri(0) = 0$ أي : $E - RI_0 = 0$ أي : $I_0 = \frac{E}{R}$

ثالثا : الوشيعة

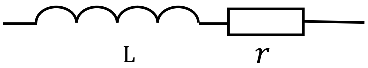
① تعريف الوشيعة : هي عبارة عن ثنائي قطب يتكون من سلك ناقل مطلي بطبقة عازلة ويكون ملفوف على إسطوانة وتتميز الوشيعة بمقدارين :

- معامل تحريض ذاتي (ذاتية) ونرمز لها بـ : L ووحدتها الهنري $[H]$
- مقاومة داخلية r

نرمز لها في الدارة بـ :



أو



② عبارة التوتر بين طريفي الوشيعة :

$$U_b = U_L + U_r$$

$$U_b = L \times \frac{di}{dt} + ri$$

التوتر الكُلي للوشيعة

التوتر الناتج عن التحريض الكهرومغناطيسي الذاتي للوشيعة

$U_r = r \times i$
توتر ناتج عن المقاومة الداخلية للوشيعة حسب أوم

حالات خاصة :

① نقول عن الوشيعة انها صافية (صرفة أو مثالية) عندما تكون المقاومة الداخلية للوشيعة معدومة $r = 0$ أي : $$U_b = U_L + \cancel{U_r} = U_L = L \times \frac{di}{dt}$$
② في النظام الدائم ينعدم المقدار $\frac{di}{dt}$ لأن الميل ينعدم (أو لأن مشتق الثابت معدوم) معناه $U_b = L \times \cancel{\frac{di}{dt}} + ri$ أي $U_b = U_r = ri$ أي تسلك الوشيعة سُلوك الناقل الأومي (تصبح عبارة عن مقاومة)
③ عنـدما يثبت التيار (نظام دائم) تسلك الوشيعة المثالية $(r = 0)$ سلوك الموصل (سلك ناقل)

③ تعريف ثابت الزمن τ :

في الدارة RL (وشيعة)	
عند غلق القاطعة	عند فتح القاطعة
يُعرف ثابت الزمن τ بأنهُ الزمن اللازم لبلوغ شدة التيار الكهربائي 63% من قيمته الأعظمية	يُعرف ثابت الزمن τ بأنهُ الزمن اللازم لبلوغ شدة التيار الكهربائي 37% من قيمته الأعظمية

④ تفسير (دور) عمل الوشيعة : عند إجتياز تيار لوشيعة فإنها تُعرقل مروره بسبب ظاهرة التحريض الذاتي وهذا بتوليدها لتيار محرض جهتهُ عكس جهة تيار الدارة (تُمانع الوشيعة مرور التيار لوقت قصير في الدارة (نظام إنتقالي))

⑤ التحليل البُعدي لثابت الزمن τ :

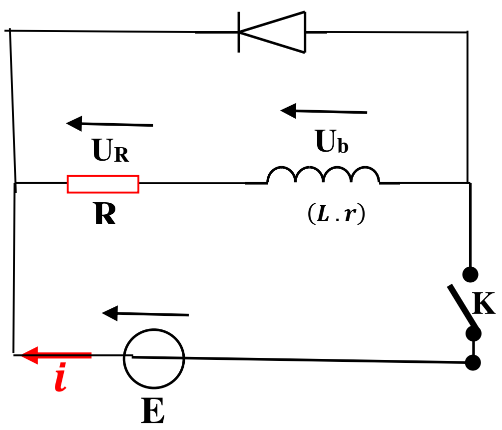
حالة وشيعة $\tau = L/R_T$
$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = [L] \times \frac{1}{[R]} = \frac{[U]\times[T]}{[I]} \times \frac{[I]}{[U]} = [T]$

⑥ الطاقة المُخزنة في وشيعة E_L تعطى بالعلاقة $E_L(t) = \frac{1}{2} L\, i^2(t)$

- وتكون الطاقة الأعظمية المخزنة : $E_{Lmax} = \frac{1}{2} L\, {I_0}^2$

⑦ تعريف وأهمية الصمام الثنائي (الديود) : هو عنصر كهربائي يسمح بمرور التيار الكهربائي في جهة ويمنعُهُ في الجهة الأخرى

● **دورهُ** : دور الصمام الثنائي هو منع حدوث شرارة كهربائية أو توتر كهربائي كبير ينشأ بين فكي القاطعة لحماية الأجهزة والمُجرب .



⑧ المعادلة التفاضلية بدلالة التيار $i(t)$ للدارة RL عند غلق القاطعة :

- حسب قانون جمع التوترات :

$U_b(t) + U_R(t) = E$ أي : $L \times \frac{di}{dt} + ri(t) + Ri(t) = E$

أي : $L \times \frac{di}{dt} + (r+R)i(t) = E$

ومنه : $\frac{di}{dt} + \frac{(r+R)}{L} i(t) = \frac{E}{L} \leftarrow \frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i(t) = \frac{E}{L}$

- هذه معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها : $i(t) = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

- نعوض عبارة $i(t)$ في العلاقات نجد :

$$\Rightarrow U_b(t) = L \times \frac{di}{dt} + ri = L \times \frac{d\left(I_0(1-e^{-\frac{t}{\tau}})\right)}{dt} + r\left(I_0(1-e^{-\frac{t}{\tau}})\right) = rI_0 + (E - rI_0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\Rightarrow U_R(t) = Ri = R\left(I_0(1-e^{-\frac{t}{\tau}})\right) = RI_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

- حيث : $\tau = \frac{L}{(r+R)}$

- وحسب قانون جمع التوترات $U_b(t) + U_R(t) = E$ وعند النظام الدائم (∞) : $U_b(\infty) + U_R(\infty) = E$

أي : $r\, I_0 + R\, I_0 = E$ ومنهُ : $I_0 = \frac{E}{R+r}$

🠘 المنحنيات في حالة غلق القاطعة (مرور تيار) :