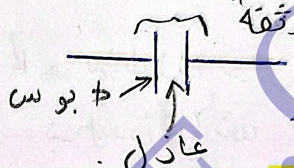
# ملخص: الكهرباء

## دراسة ثنائي القطب Rc: شحن مكثفة

### I/ المكثفة:

ثنائي قطب كهربائي، تتكون من صفيحتين ناقلتين متوازيتين، يفصل بينهما عازل (هواء - ورق - شمع).

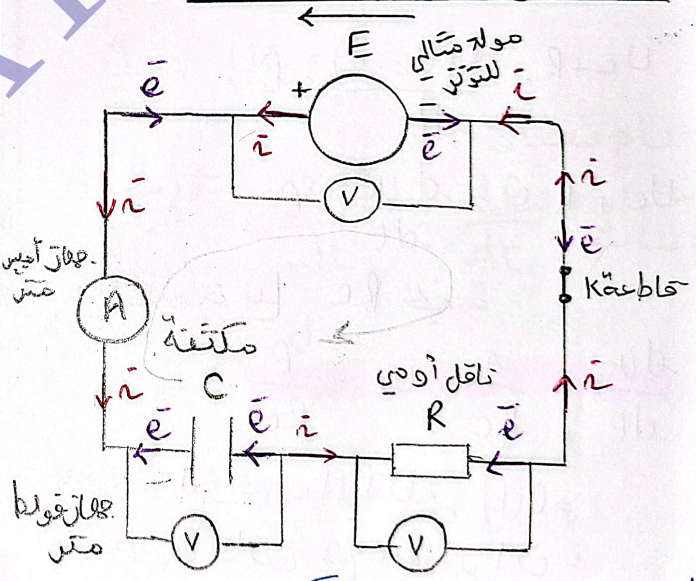
- كل صفيحة تدعى armature.
- رمزها الاصطلاحي في الدارة هو:




C: سعة المكثفة
وحدتها (F) الفاراد

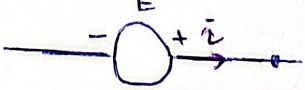
← المكثفة جهاز كهربائي قادر على تخزين الشحنات الكهربائية (q)

### 2/ دارة شحن مكثفة:

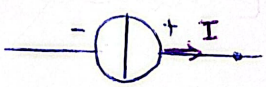



← بعض العناصر الكهربائية ورموزها الاصطلاحية:

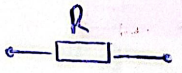
* مولد مثالي للتوتر: ثنائي قطب كهربائي، توتر المولد (E): (V)



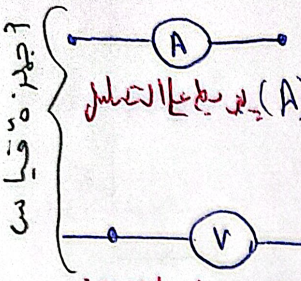
* مولد مثالي للتيار:



* الناقل الأومي: وحدته: أوم (Ω)

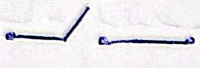


* الأمبيرمتر: جهاز قياس شدة التيار (i) وحدته (A) يربط على التسلسل

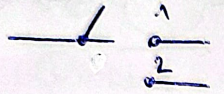


* الفولط متر: توتر (U) وحدته (V) يربط على التفرع.

* القاطعة:



* البادلة:



1 - 2 = عبارة التوتر $U(t)$ للعناصر الدارة الكهربائية.

- توتر المولد $U_G(t)$:

$U_G(t) = E$ (V) عبارة عن مقدار ثابت

- توتر المكثفة $U_C(t)$:

$U_C(t) = \frac{q(t)}{C} \Rightarrow q(t) = U_C(t).C$

(V) (F) (C)

- توتر الناقل الأومي:

$U_R(t) = R.i(t)$

(V) (Ω) (A)

!! Alert

شدة التيار لها علاقة مع حركة الالكترونات $\bar{e}$.

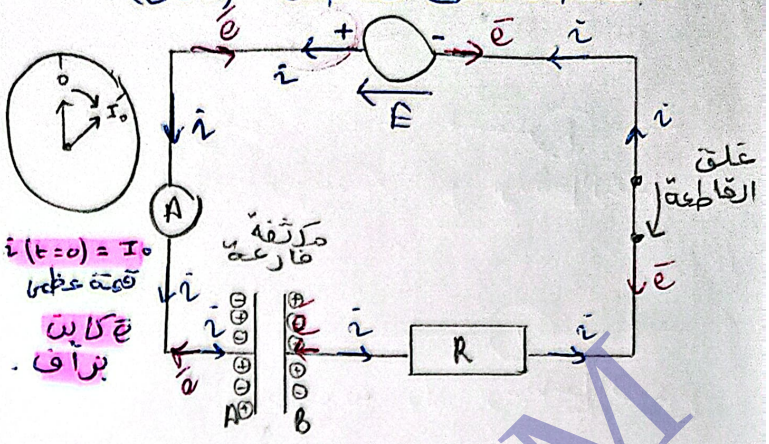
$\bar{e}$: عبارة عن شحنة كهربائية سالبة.

$i = \frac{dq}{dt}$ (A) (C) (s)

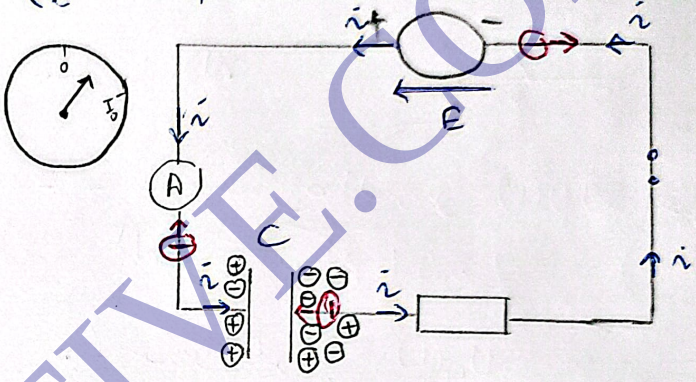
DZEDUCATIVE.COM

## 2 - التفسير المجهري لعملية التحميل

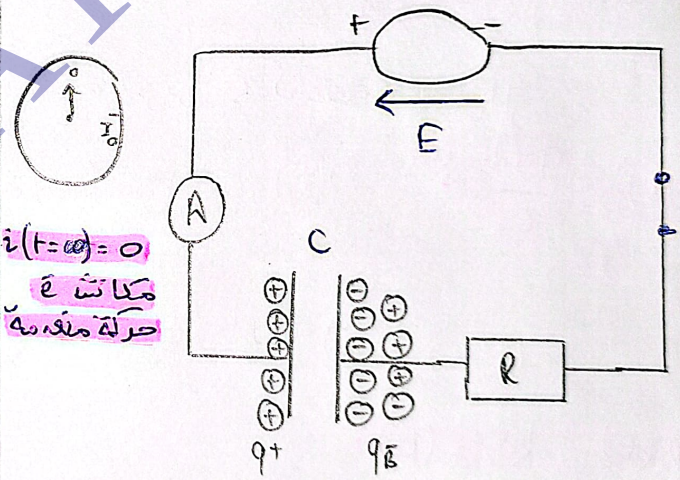
- لحظة غلق القاطعة ($t=0$).




- أثناء التحميل: (النظام الانتقالي):




- نهاية التحميل: (النظام الدائم):




- التفسير المجهري:

- عندما نغلق القاطعة: يقوم القطب الموجب للمولد بسحب الإلكترونات من اللبوس A (القريب له)، وبدفعها نحو اللبوس B.

- هذه العملية ليست متناظرة: لأن عملية التحميل تزداد صعوبة كلما اقتربنا من نهايتها.

- عندما تتعدم شدة التيار تكون عملية التحميل انتهت.

## 1/3 المعادلات التفاضلية وحلولها واستغلال البيانات:

### 3 - 1 - كتابة المعادلة التفاضلية:

* بدلالة توتر المكثفة $U_c(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_c + U_R = E$$

$$U_c + R.i = E \qquad i = \frac{dq}{dt}$$

$$U_c + R.\frac{dq}{dt} = E \qquad U_c = \frac{q}{C} \quad q = U_c.C$$

$$U_c + R.\frac{d(U_c.C)}{dt} = E$$

$$U_c + R.C.\frac{dU_c}{dt} = E$$

بالقسمة على $RC$ نجد:

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{RC}.U_c = \frac{E}{RC}$$

* بدلالة شحنة المكثفة $q(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_c + U_R = E$$

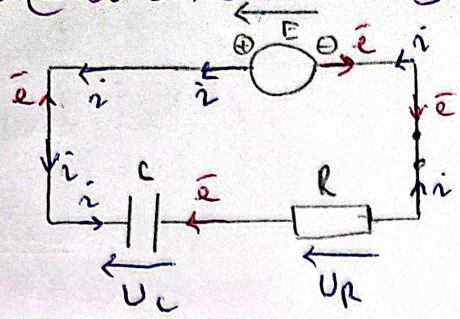
$$\frac{q}{C} + R.i = E$$

$$\frac{q}{C} + R.\frac{dq}{dt} = E$$

بالقسمة على $R$ نجد:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}.q = \frac{E}{R}$$

* دارة التحميل + قانون جمع التوترات




$$U_c + U_R = E$$

DZEDUCATIVE.COM

3 - 2 = حلل المعادلة التفاضلية.

العبارة الزمنية بدلالة توتر المكثفة: $U_C(t)$

$\tau = R.C$

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

العبارة الزمنية بدلالة شحنة المكثفة: $q(t)$ $U_C = \frac{q}{C}$

$$q = C.U_C(t)$$

$$q(t) = C.E(1 - e^{-t/RC})$$

$$q(t) = Q_{max}(1 - e^{-t/RC})$$

$$Q_{max} = C.E$$

العبارة الزمنية بدلالة شدة التيار: $i(t)$

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_C + U_R = E$$

$$R.i = E - U_C$$

$$R.i = E - E(1 - e^{-t/RC})$$

$$R.i = E - E + Ee^{-t/RC}$$

$$i = \frac{E}{R}.e^{-t/RC}$$

$$i(t) = I_0.e^{-t/RC} \quad \text{و} \quad I_0 = \frac{E}{R}$$

العبارة الزمنية بدلالة توتر الناقل الأومي: $U_R(t)$

بتطبيق قانون جمع التوترات الخيه:

$$U_R + U_C = E$$

$$U_R = E - U_C$$

بدلالة شدة التيار $i(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات الخيه:

$$U_C + U_R = E$$

$$\frac{q}{C} + R.i = E$$

باشتقاق:

$$\frac{d(\frac{q}{C})}{dt} + \frac{d(R.i)}{dt} = \frac{dE}{dt}$$ دائما مقدار ثابت $\to 0$

$$\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + R.\frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{C}.i + R.\frac{di}{dt} = 0$$

بالقسمة على R نجد:

$$\frac{1}{RC}.i + \frac{di}{dt} = 0$$

بدلالة توتر الناقل الأومي $U_R(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_C + U_R = E$$

$$\frac{q}{C} + U_R = E$$

باشتقاق:

$$\frac{d(\frac{q}{C})}{dt} + \frac{d(U_R)}{dt} = \frac{dE}{dt}$$ مقدار ثابت $\to 0$

$$\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = 0$$

$U_R = R.i$

$$\frac{1}{C}.i + \frac{dU_R}{dt} = 0 \quad i = \frac{U_R}{R}$$

$$\frac{1}{C}.\frac{U_R}{R} + \frac{dU_R}{dt} = 0$$

$$\frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC}.U_R = 0$$

$U_R = R.i$

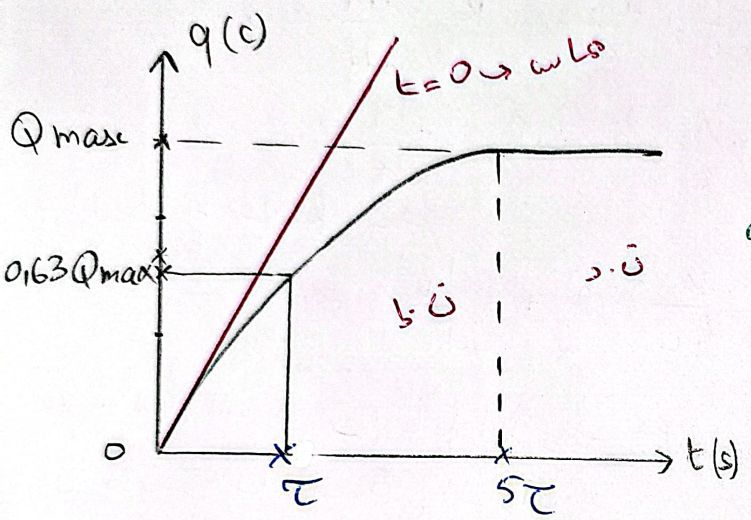
$i = \frac{U_R}{R}$

DZEDUCATIVE.COM

- $q = f(t)$ بيان تغيرات الشحنة

$$q(t) = \underbrace{C.E}_{Q_{max}}\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

| | |
|---|---|
| $t = 0$ | $q(0) = C.E\left(1 - e^{-0/\tau}\right) = 0$ |
| $t = \tau$ | $q(\tau) = C.E\left(1 - e^{-\tau/\tau}\right) = 0{,}63\,Q_{max}$ |
| $t = \infty$ | $q(\infty) = C.E\left(1 - e^{-\infty/\tau}\right) = Q_{max}$ |




$$\begin{cases} t = 0 \Rightarrow q(0) = 0 \\ t = \infty \Rightarrow q(\infty) = Q_{max} \end{cases}$$

- بيان شدة التيار $i = f(t)$

$$i(t) = \underbrace{\frac{E}{R}}_{I_0} . e^{-t/RC}$$

| | |
|---|---|
| $t = 0$ | $i(0) = I_0 . e^{-0/\tau} = I_0$ |
| $t = \tau$ | $i(\tau) = I_0 . e^{-\tau/\tau} = 0{,}37 . I_0$ |
| $t = \infty$ | $i(\infty) = I_0 . e^{-\infty/\tau} = 0$ |

$$\begin{cases} t = 0 \Rightarrow i(0) = I_0 \\ t = \infty \Rightarrow i(\infty) = 0 \end{cases}$$

$$U_R = E - E\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

$$U_R = E - E + E\,e^{-t/RC}$$

$$U_R = E\,e^{-t/RC}$$

= 2 ب

$$U_R = R.i(t)$$

$$U_R = R.I_0.e^{-t/RC}$$

عبارة شدة التيار

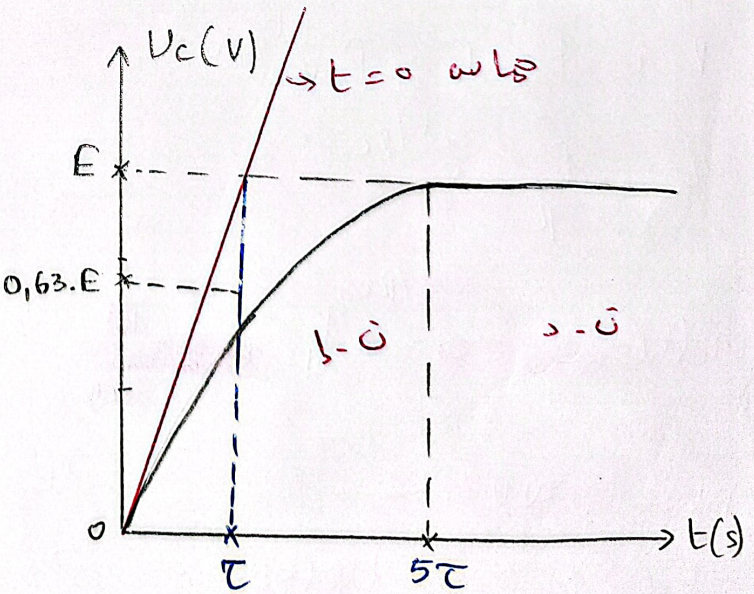
$$U_R = E.e^{-t/RC}$$

3 - 3 البيان المحتمل بدلول المعادلة انتقاضلية:

- بيان توتر الحركة $U_C = f(t)$

$$U_C(t) = E\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

| | |
|---|---|
| $t = 0$ | $U_C(t=0) = E\left(1 - e^{-0/RC}\right) = 0$ |
| $t = \tau$ | $U_C(t=\tau) = E\left(1 - e^{-\tau/\tau}\right) = 0{,}63\,E$ |
| $t = \infty$ | $U_C(t=\infty) = E\left(1 - e^{-\infty/\tau}\right) = E$ |




$$\begin{cases} t = 0 & U_C(0) = \dfrac{q(0)}{C} = 0 \\ t = \infty & U_C(\infty) = \dfrac{q(\infty)}{C} = \dfrac{Q_{max}}{C} = E \end{cases}$$

DZEDUCATIVE.COM

3- 4 = إيجاد ثابت الزمن $\tau$ =

* هو الزمن اللازم لشحن المكثفة بنسبة 63% من تحضيرها الأعظمية $Q_{max}$

$$\tau = R.C$$

فائدته =

- تقدير مدة الشحن (حوالي $5\tau$).

## 4| الطاقة المخزنة في المكثفة $E_c(t)$ =

4-1- عبارة الطاقة المخزنة في المكثفة :

تخزن المكثفة طاقة كهربائية يرمز لها بـ $E_c$ وحدتها الجول (J).

$$E_{c(t)} = \frac{1}{2}.C.U_c^2$$

$$E_{cmax} = \frac{1}{2}.C.E^2$$ ← التطبيق العددي

← العبارة الزمنية :

$$E_c(t) = \frac{1}{2}.C.U_c^2$$

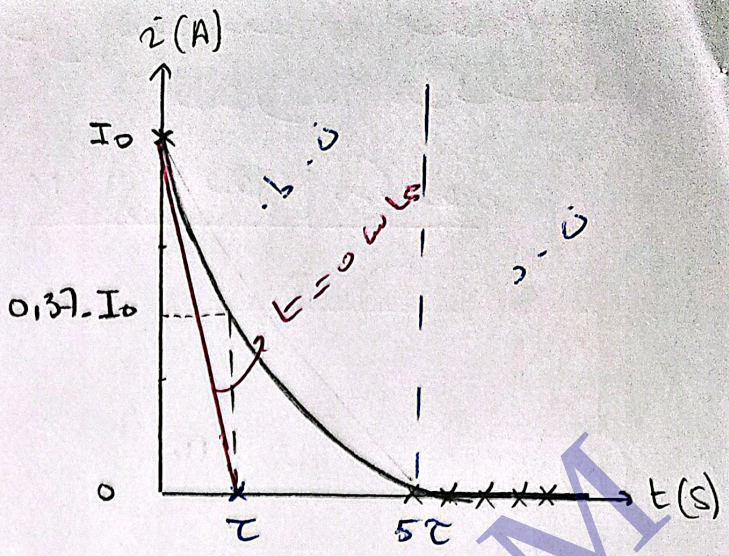
$$E_c(t) = \frac{1}{2}.C.\left(E(1-e^{-t/RC})\right)^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}.C.E^2.(1-e^{-t/RC})^2$$

$$E_c(t) = E_{c\,max}.(1-e^{-t/RC})^2$$

4-2- بيان الطاقة المخزنة في المكثفة $E_c = f(t)$.

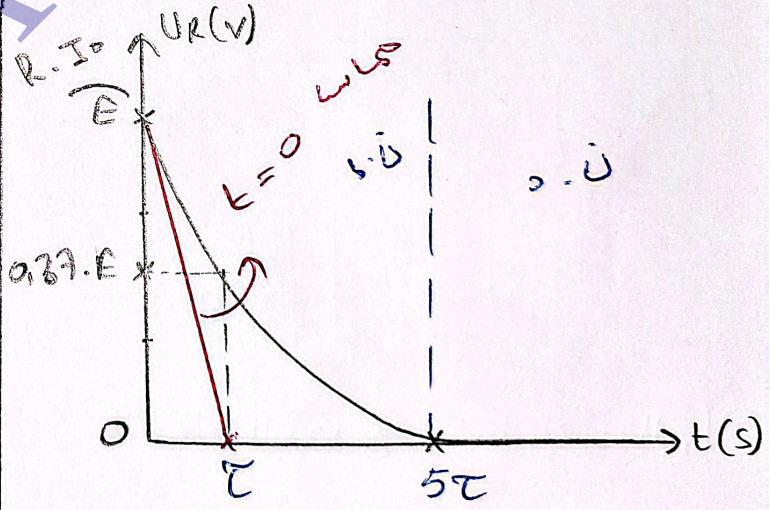
| | |
|---|---|
| $t=0$ | $E_c(0) = E_{cmax}(1-e^{-0/RC}) = 0$ |
| $t=\tau$ | $E_c(\tau) = E_{cmax}(1-e^{-\tau/\tau}) = 0,4E_{cmax}$ |
| $t=\infty$ | $E_c(\infty) = E_{c\,max}(1-e^{-\infty/\tau}) = E_{cmax}$ |




← بيان توتر الناقل الأومي $U_R = f(t)$

$$U_R(t) = E.e^{-t/RC}$$

| | |
|---|---|
| $t=0$ | $U_R(0) = E.e^{-0/\tau} = E$ |
| $t=\tau$ | $U_R(\tau) = E.e^{-\tau/\tau} = 0,37.E$ |
| $t=\infty$ | $U_R(\infty) = E.e^{-\infty/\tau} = 0$ |

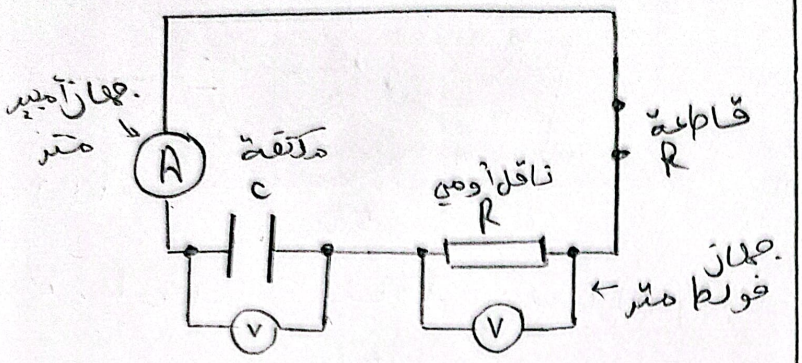



$$\begin{cases} t=0 \Rightarrow U_R(0) = R.i(0) = R.I_0 = E \\ t=\infty \Rightarrow U_R(\infty) = R.i(\infty) = R.0 = 0 \end{cases}$$

DZEDUCATIVE.COM

# دراسة ثنائي القطب RC
## تفريغ مكثفة

### I- دارة تفريغ مكثفة:

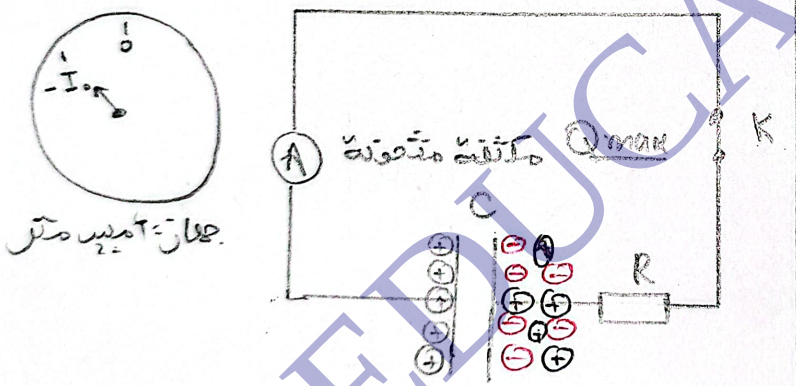



**!! be careful**

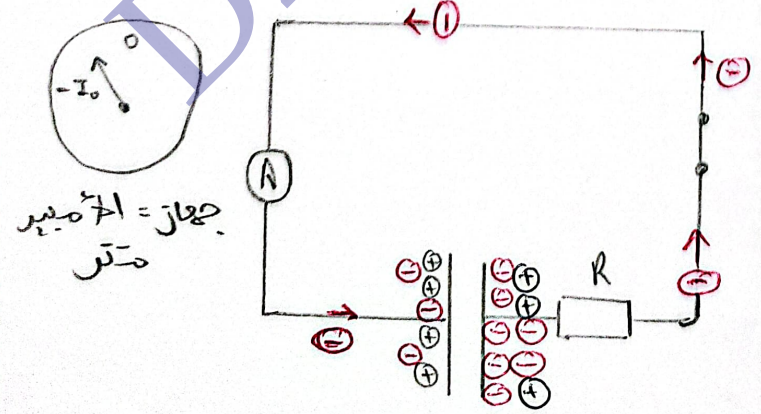
- شدة التيار لها علاقة مع حركة الإلكترونات

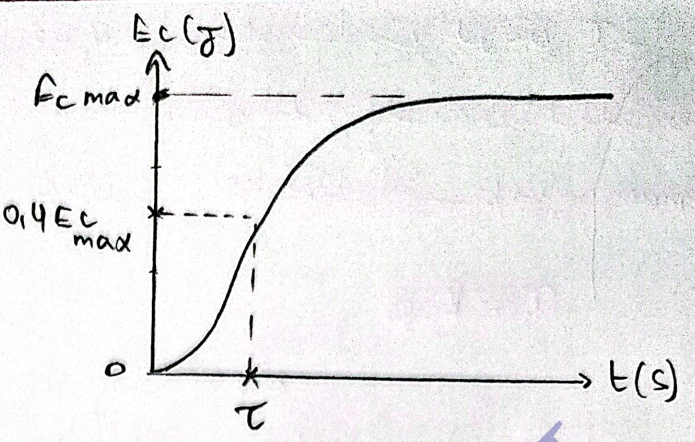
### I-1- التقييس الجهري لعملية تفريغ مكثفة

لحظة غلق القاطعة $(t=0)$




لحظة التفريغ (النظام الإنتقالي)




⇐ الإستنتاج عبارة $E_c(t)$ بدلالة $q$:

$$E_c(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_c^2 \quad \left\{ u_c = \frac{q}{C} \right.$$

$$E_c(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \left(\frac{q}{C}\right)^2$$

$$E_c(t) = \frac{1}{2} \cdot \cancel{C} \cdot \frac{q^2}{\cancel{C^2}}$$

$$E_c(t) = \frac{1}{2C} \cdot q^2$$

في النظام الدائم

$$E_{c\,max} = \frac{1}{2C} \cdot Q_{max}^2$$

**تث. دا.ة**

$t=0 \Rightarrow i(0) = I_0 \rightarrow \frac{E}{R}$

$U_R(0) = R \cdot I_0 \rightarrow E$

$U_C(0) = 0$

$q(0) = 0$

$t = \infty \Rightarrow i(\infty) = 0$

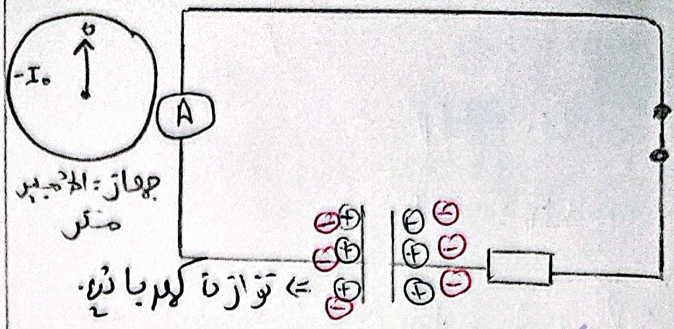
$U_R(\infty) = 0$.

$U_C(\infty) = \frac{Q_{max}}{C} = E$

$q(\infty) = Q_{max}$.

DZEDUCATIVE.COM

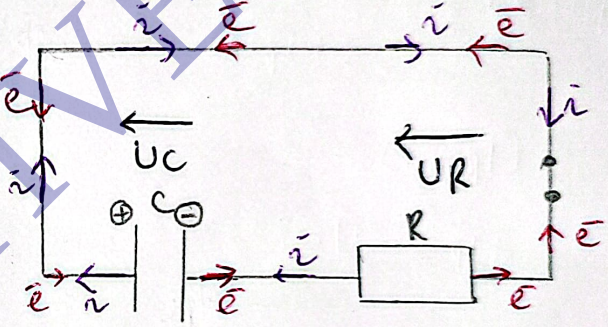
- نهاية التفريغ (النظام الدائم):




↙ التفسير المجهري:

عند التفريغ المكثفة تكون في نهاية مولد ولكن (مؤقتا): تفوداه الكترونات إلى أعالها لتحقيق التوازن الكهربائي.

↙ دارة التفريغ:




↙ قانون جمع التوترات:

$$U_c + U_R = 0$$

2/ المعادلات التفاضلية وحلولها واستغلال البيانات:

2-1: كتابة المعادلات التفاضلية

↙ بدلالة توتر المكثفة $U_c(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات:

$$U_c + U_R = 0$$

$$U_c + R.i = 0$$

$$U_c + R.\frac{dq}{dt} = 0$$

$$U_c + R.\frac{d(C.U_c)}{dt} = 0$$

$$U_c + R.C.\frac{dU_c}{dt} = 0$$

بالقسمة على $RC \neq 0$:

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{RC}.U_c = 0$$

↙ بدلالة شحنة المكثفة $q(t)$:

بتطبيق قانون التوترات نجد:

$$U_c + U_R = 0$$

$$\frac{q}{C} + R.i = 0$$

$$\frac{q}{C} + R.\frac{dq}{dt} = 0$$

بالقسمة على $R \neq 0$:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}.q = 0$$

↙ بدلالة شدة التيار $i(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات نجد:

$$U_c + U_R = 0$$

$$\frac{q}{C} + R.i = 0$$

باشتقاق:

$$\frac{d(\frac{q}{C})}{dt} + \frac{d(R.i)}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + R.\frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{C}.i + R.\frac{di}{dt} = 0$$

بالقسمة على $R \neq 0$:

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{RC}.i = 0$$

Note:

$$\frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau}$$

DZEDUCATIVE.COM

- العبارة الزمنية لـ $U_R(t)$ حالة توتر الناقل الأومي بتطبيق قانون جمع التوترات.

$$U_C + U_R = 0$$

$$\frac{q}{C} + U_R = 0$$

بالاشتقاق نجد:

$$\frac{d\left(\frac{q}{C}\right)}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = 0 \qquad U_R = R \cdot i$$

$$\frac{1}{C} \cdot i + \frac{dU_R}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{C} \cdot \frac{U_R}{R} + \frac{dU_R}{dt} = 0$$

$$\frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot U_R = 0$$

ج - 2 = حلول المعادلات التفاضلية

- العبارة الزمنية لحالة توتر المكثفة $U_C(t)$ =

$$U_C = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

- العبارة الزمنية لحالة شحنة المكثفة $q(t)$ =

$$q = C \cdot U_C$$

$$q = C \cdot E \cdot e^{-t/RC}$$

$$q = Q_{max} \cdot e^{-t/RC}$$

- العبارة الزمنية لشدة التيار $i(t)$ =

$$U_C + U_R = 0$$

$$U_R = -U_C$$

$$R \cdot i = -E \cdot e^{-t/RC}$$

$$i(t) = -\frac{E}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

$$i(t) = -I_0 \cdot e^{-t/RC}$$

- المعادلة الزمنية لحالة توتر الناقل الأومي $U_R(t)$.

$$U_R + U_C = 0$$

$$U_R = -U_C$$

$$U_R = -E \cdot e^{-t/RC}$$

ج - 3 - البيانات المحتملة الخاصة بحلول المعادلات التفاضلية:

- بيان توتر المكثفة $U_C = f(t)$

$$U_C(t) = E \cdot e^{-t/RC}$$

| | |
|---|---|
| $t = 0$ | $U_C(0) = E \cdot e^{-0/\tau} = E$ |
| $t = \tau$ | $U_C(\tau) = E \cdot e^{-\tau/\tau} = 0{,}37 \cdot E$ |
| $t = \infty$ | $U_C(\infty) = E \cdot e^{-\infty/\tau} = 0$ |

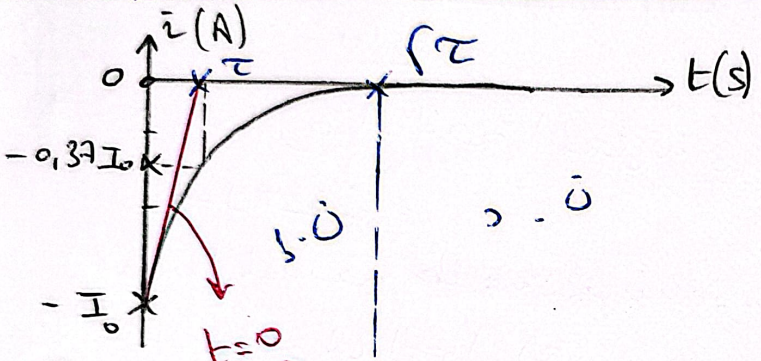
DZEDUCATIVE.COM

- $i = f(t)$ ← بيان تغيرات التيار

$$i(t) = -\frac{E}{R} \cdot e^{-t/Rc}$$

$-\frac{E}{R} = -I_0$

| | |
|---|---|
| $t=0$ | $i(0) = -\frac{E}{R} \cdot e^{-0/\tau} = -I_0$ |
| $t=\tau$ | $i(\tau) = -\frac{E}{R} \cdot e^{-\tau/\tau} = -0{,}37\ I_0$ |
| $t=\infty$ | $i(\infty) = -\frac{E}{R} \cdot e^{-\infty/\tau} = 0$ |

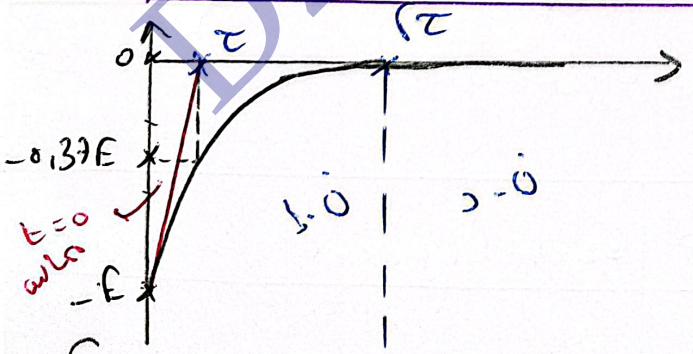



$$\begin{cases} t=0 \Rightarrow i(0) = -I_0 \\ t=\infty \Rightarrow i(\infty) = 0 \end{cases}$$

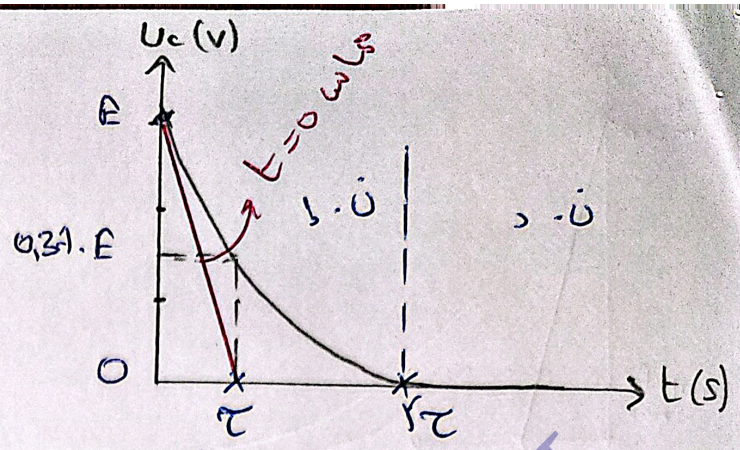
- $U_R = f(t)$ ← بيان توتر الناقل الأومي

$$U_R(t) = -E \cdot e^{-t/Rc}$$

| | |
|---|---|
| $t=0$ | $U_R(0) = -E \cdot e^{-0/Rc} = -E$ |
| $t=\tau$ | $U_R(\tau) = -E \cdot e^{-\tau/\tau} = -0{,}37 \cdot E$ |
| $t=\infty$ | $U_R(\infty) = -E \cdot e^{-\infty/\tau} = 0$ |




$$\begin{cases} t=0 \Rightarrow U_R(0) = R \cdot i(0) = -R \cdot I_0 = E \\ t=\infty \Rightarrow U_R(\infty) = R \cdot i(\infty) = 0 \end{cases}$$



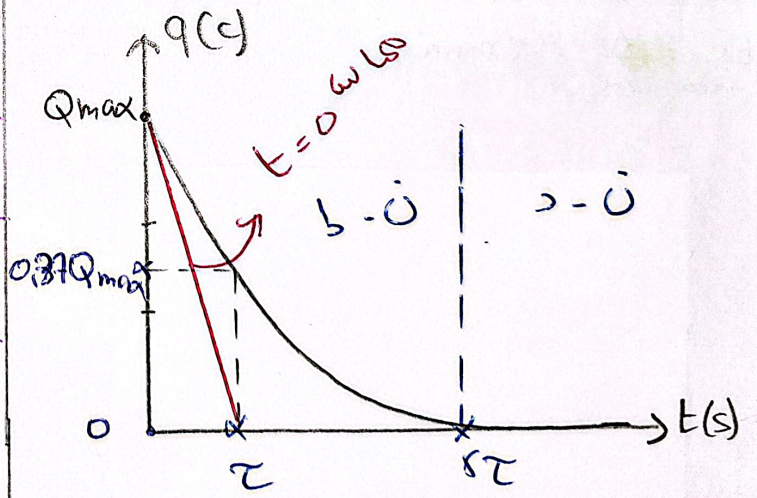

$$\begin{cases} t=0 \Rightarrow U_c(0) = \frac{q(0)}{C} = \frac{Q_{max}}{C} = E \\ t=\infty \Rightarrow U_c(\infty) = \frac{q(\infty)}{C} = \frac{0}{C} = 0 \end{cases}$$

- $q = f(t)$ ← بيان تغيرات الشحنة الكترونية

$$q(t) = C \cdot E \cdot e^{-t/Rc}$$

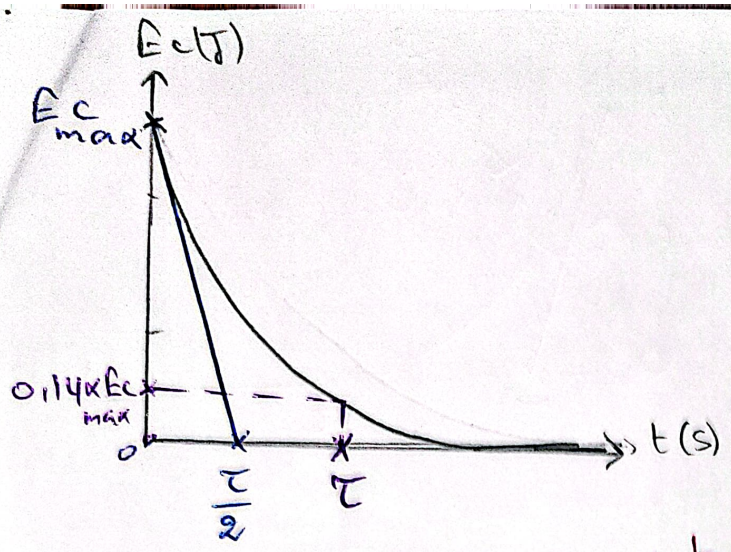
$C \cdot E = Q_{max}$

| | |
|---|---|
| $t=0$ | $q(0) = C \cdot E \cdot e^{-0/\tau} = Q_{max}$ |
| $t=\tau$ | $q(\tau) = C \cdot E \cdot e^{-\tau/\tau} = 0{,}37\ Q_{max}$ |
| $t=\infty$ | $q(\infty) = C \cdot E \cdot e^{-\infty/\tau} = 0$ |




$$\begin{cases} t=0 \Rightarrow q(0) = Q_{max} \\ t=\infty \Rightarrow q(\infty) = 0 \end{cases}$$

DZEDUCATIVE.COM




ب ـ 2 =

عبارة الطاقة Ec بدلالة q :

$E_c = \frac{1}{2} . C . U_c^2$

$\begin{cases} U_c = \frac{q}{C} \\ q = C . U_c \end{cases}$

$E_c = \frac{1}{2} . C . \left(\frac{q}{C}\right)^2$

$E_c = \frac{1}{2} . \frac{1}{C} . \frac{q^2}{C^2}$

$E_c = \frac{1}{2} . C . q^2$

$t = 0$

$E_{c\,max} = \frac{1}{2C} . q(0)^2$

$E_{c\,max} = \frac{1}{2C} . Q_{max}^2$

ت ـ 1 ـ $t = 0$ :

$i(0) = -I_0$

$U_R(0) = -R . I_0 = -E$

$U_C(0) = E$

$q(0) = Q_{max}$

2 ـ 4 = إيجاد ثابت الزمن $\tau$ :

هو الزمن اللازم لتفريغ المكثفة نسبة 63% من شحنتها الأعظمية $Q_{max}$

$\tau = R . C$

فائدته :

تقدير مدة تفريغ (تقدر بحوالي $5\tau$).

3 ـ الطاقة المختزنة في المكثفة

$E_c(t) =$

3 ـ أ = عبارة الطاقة المختزنة في المكثفة :

تختزن المكثفة طاقة كهربائية يرمز لها $E_c$ وحدتها الجول (J).

$E_c(t) = \frac{1}{2} . C . U_c(t)^2$

$E_{c\,max} = \frac{1}{2} . C . E^2$

العبارة الزمنية :

$E_c(t) = \frac{1}{2} . C . U_c^2$

$E_c(t) = \frac{1}{2} . C . E^2 (e^{-t/RC})^2$

$E_c = E_{c\,max} . e^{-2t/\tau}$

3 ـ 2 = بيان الطاقة المختزنة في المكثفة $E_c = f(t)$

| | |
|---|---|
| $t = 0$ | $E_c(0) = E_{c\,max} . e^{-2 \times 0/\tau} = E_{c\,max}$ |
| $t = \tau$ | $E_c(\tau) = E_{c\,max} . e^{-2} = 0,14 E_{c\,max}$ |
| $t = \infty$ | $E_c(\infty) = E_{c\,max} . e^{-2 \times \infty/\tau} = 0$ |

DZEDUCATIVE.COM

## 4 - الطاقة المحولة من المكثفة

### $E_{محولة}(t)$ = $E_{محولة}$

- عبارة الطاقة المحولة من المكثفة:

تحول المكثفة طاقتها الكهربائية إلى الناقل الأومي التي تستقبلها على شكل حرارة بفعل جول.

$$E_{محولة}(t) = E_{cmax} - E_c(t)$$

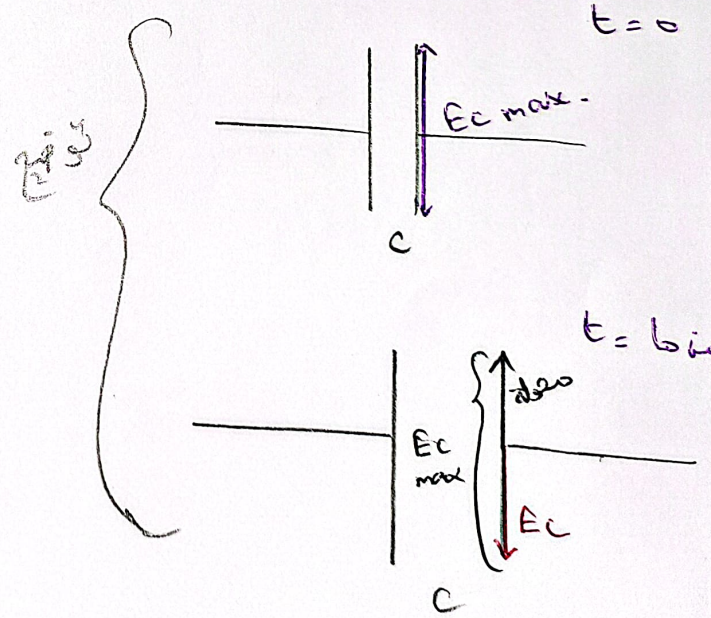
العبارة الزمنية:

عبارة طاقة مخزنة في المكثفة

$$E_{محولة} = E_{cmax} - E_c(t)$$

$$E_{محولة} = E_{cmax} - E_{cmax} \cdot e^{-2t/\tau}$$

$$E_{محولة} = E_{cmax}\left(1 - e^{-2t/\tau}\right)$$




$$E_{محولة} = E_{cmax} - E_c$$

## التحليل البعدي في الكهرباء: $R_c$

وحدة مقدار في النظام الدولي للوحدات SI:

[مقدار ثابت] = 1 ⇒ (بدون وحدة)

[الزمن] = T ⇒ (s)

[التوتر] = U ⇒ (V)

[التيار] = I ⇒ (A)

ثابت الزمن: $\tau = R_c$

$[\tau] = [R].[C]$

$U_R = R.i \Rightarrow R = \frac{U_R}{i}$

$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i = \frac{d(U_c.C)}{dt}$

$i = C.\frac{dU_c}{dt} \Rightarrow C = i.\frac{dt}{dU_c}$

$[R] = \frac{U}{I}$ ; $[C] = I.\frac{T}{U}$

$[\tau] = \frac{U}{I}.I.\frac{T}{U}$

$[\tau] = T$

إذن: $\tau$ متجانس مع الزمن وحدته (s).

ثابت الزمن:

$$\tau.\frac{dU_c}{dt} + U_c(t) = E$$

بالاعتماد على المعادلة التفاضلية.

لدينا:

$$\tau.\frac{dU_c}{dt} + U_c(t) = E$$

DZEDUCATIVE.COM

$$\tau \cdot \frac{du_c}{dt} = E - u_c$$

$$[\tau] = [E - u_c] \cdot \frac{dt}{du_c}$$

توتر $\Rightarrow U$ $\quad V \Rightarrow$

$$[\tau] = U \cdot \frac{T}{U}$$

$$[\tau] = T$$

ومنه $\tau$ متجانس مع الزمن

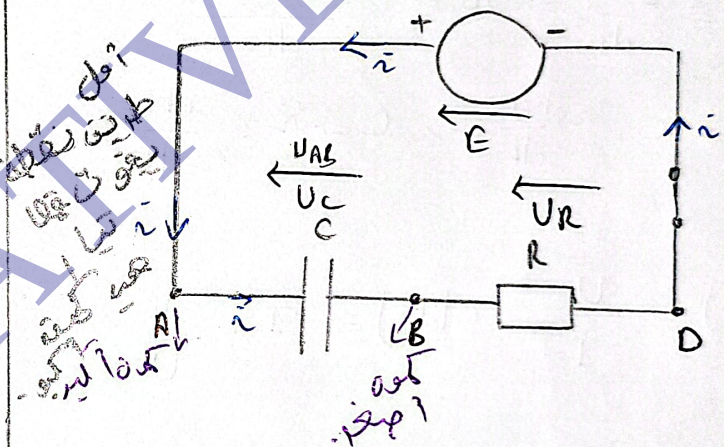
وحدته: $S$.

---

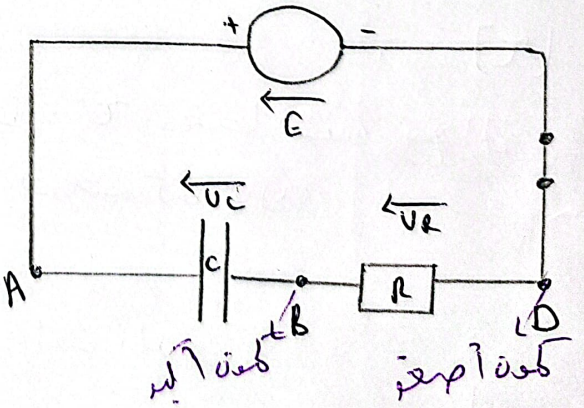
لـ راسم الاهتزاز المهبطي.

1. تحديد الكمون الأكبر والكمون الأصغر.

• توتر المكثفة: $u_c(t)$




• توتر الناقل الأومي $U_R$.




2. حساسية راسم الاهتزاز المهبطي.

• $Y_1/Y_2$ ⇐ الربط بالكمون الأكبر

• $\perp$ ⇐ الربط بالكمون الأصغر

لازم من أكبر إلى أصغر وما نقطعش عازل INV

DZEDUCATIVE.COM