

# ثنائي القطب RC Le dipôle RC

## 1. المكثف

### 1. نشاط وثائقي : تعريف ورمز المكثف

في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موشنبروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنبلة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنبلة لايد وهو جهاز يمكن من تجميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الالكترونية (المكثف)، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الاجهزة الالكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الايطالي فولتا .  
تتكون قنبلة لايد من قنبلة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيتان A و B . تسمى الورقتان A و B لبوسي المكثف ، والزجاج الوسط العازل .

عند ربط لبوسي المكثف بعمود كهربائي تنتقل الالكترونات لتتجمع على اللبوس B ، فيحمل هذا الاخير كمية من الكهرباء السالبة  $q_B$  ، في حين يغادر نفس العدد من الالكترونات اللبوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة كميتها  $q_A$  . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين اللبوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فينعدم التيار الكهربائي ، نقول أن في هذه الحالة إن المكثف قد شحن .

### ❖ استثمار :

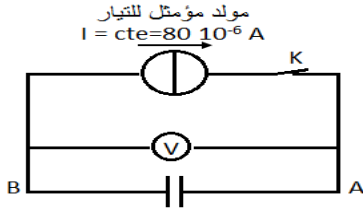
1. أرسم التبيانة الموافقة لهذه التجربة
2. ما مكونات المكثف ؟ وما الدور الذي يلعبه في دائرة كهربائية؟
3. ما إشارتي  $q_A$  و  $q_B$  شحنتي اللبوسين A و B للمكثف؟
4. علما أن الشحنة الكهربائية تتحفظ، ما العلاقة التي تربط بين الشحنتين  $q_A$  و  $q_B$  عند كل لحظة؟
5. ما شحنة المكثف أ المكثف وما وحدتها؟

### ❖ تحليل :

### ❖ استثمار :

#### المكثف :

#### الترميز :



### 2. نشاط تجريبي : العلاقة بين الشحنة $q(t)$ و شدة التيار الكهربائي $i(t)$ – العلاقة بين الشحنة $q(t)$

#### والتوتر $U_{AB}$ بين مربطي المكثف

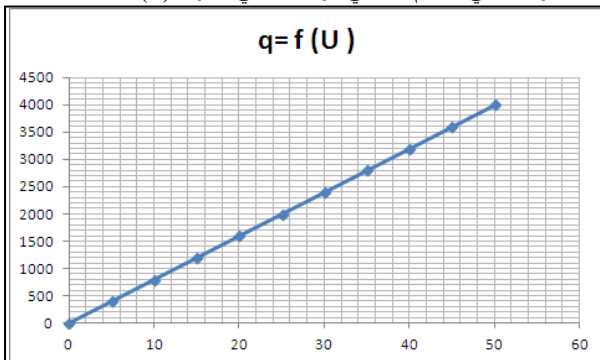
ننجز التركيب الكهربائي جانبه، حيث يعطي المولد المؤتمل للتيار، تيارا كهربائيا شدته  $I_0$  ثابتة وقابلة للضبط ، بعدما نفرغ المكثف بوصل مربطيه بموصل أومي مناسب لمدة ثانية واحدة على الأقل.  
نغلق قاطع تيار الذي يشغل الميقت في نفس الوقت، ثم نقيس التوتر  $U_{AB}(t)$  بين مربطي المكثف كل خمس ثوان، ثم ندون النتائج.

t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{AB}(V)$	0	0.85	1.7	2.55	3.40	4.25	5.11	5.95	6.81	7.66	8.51
$q_A (\mu C)$											

### ❖ استثمار :

1. تمثل شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بسبب الشحنات الكهربائية أي كمية الكهرباء المتقلبة في وحدة الزمن ويعبر عنه بالعلاقة التالية :  $i = \frac{dq_A}{dt}$  . بين أنه في لحظة t يكتسب المكثف الشحنة  $q_A = I_0 \cdot t$
2. أتمم ملاء الجدول
3. مثل المنحنى لتغيرات  $q_A$  بدلالة  $U_{AB}$
4. معامل التناسب بين  $q_A$  و  $U_{AB}$  ، مقدار فيزيائي يسمى سعة المكثف ، ويرمز له بالحرف C ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الفاراد (F) ، أحسب C
5. استنتج العلاقة بين  $U_{AB}$  و  $I_0$

### ❖ تحليل :



❖ خلاصة :

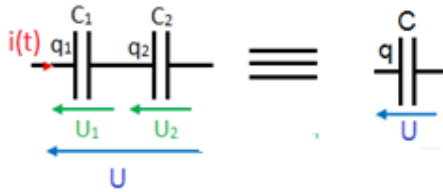
- العلاقة بين شحنة المكثف  $q(t)$  والتيار الكهربائي المار فيه  $i(t)$  هي :
- العلاقة بين شحنة المكثف  $q(t)$  والتوتر بين مربطي المكثف  $U_c(t)$  هي :
- العلاقة بين  $U_c(t)$  وتوتر بين مربطي المكثف و  $i(t)$  التيار الكهربائي المار فيه هي :
- إصطلاح المستقبل : إصطلاح المولد :

◀ ملحوظة:

- ✓ سعة المكثف مقدار موجب, وهو يميز المكثف, ولا يتعلق بالتوتر المطبق بين مربطيه ولا بمدة الشحن.
- ✓ الفاراد (F) Farad وحدة كبيرة, لهذا لا نستعمل إلا أجزاء الفاراد:  $1F=10^3mf=10^6\mu F=10^9nF=10^{12}pF$

II. تجميع المكثفات

1. التجميع على التوالي



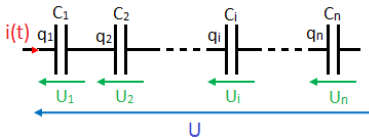
نركب مكثفين سعتهما  $C_1$  و  $C_2$  على التوالي ونطبق بين مربطيهما توترا  $U_{AB}$  كما يبين الشكل التالي :

❖ استثمار :

1. بين أن  $q_1 = q_2 = q$
2. حدد سعة المكثف المكافئ  $C$  بتطبيق قانون إضافية التوترات
3. ما الفائدة من هذا التركيب

❖ تحليل :

❖ تعميم :



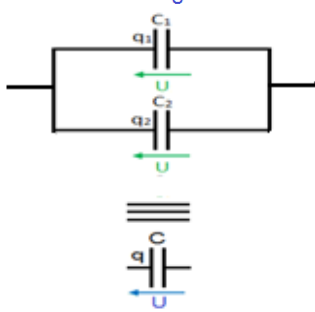
سعة المكثف المكافئ لتجميع عدم مكثفات على التوالي هي :

◀ تمرين تطبيقي:

نطبق توترا  $U=300V$  بين قطبي مجموعة مكونة من مكثفين مركبين على التوالي, سعتهما هي:  $C_1=1\mu F$ ;  $C_2=2\mu F$

1. حدد التوتر بين مربطي كل مكثف.
2. احسب الشحنة المخزنة من لدن كل مكثف

2. التجميع على التوازي:



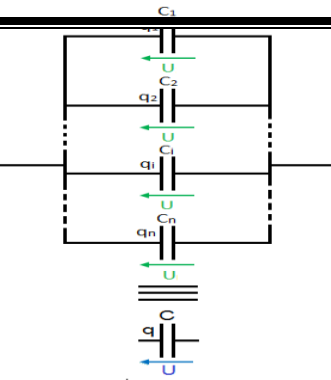
نركب مكثفين سعتهما  $C_1$  و  $C_2$  على التوازي ونطبق بين مربطيهما توترا  $U_{AB}$  كما يبين الشكل التالي :

❖ استثمار :

1. بين أن  $q_1 \neq q_2$
2. بتطبيق قانون العقد في النقطة I بين أن  $q = q_1 + q_2$
3. إستنتج سعة المكثف المكافئ  $C$
4. ما الفائدة من هذا التركيب

❖ تحليل :

❖ تعميم :



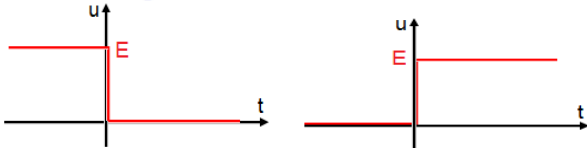
سعة المكثف المكافئ لتجميع عدة مكثفات على التوازي هي :

### III. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

#### 1. تعاريف

❖ ثنائي القطب RC هو :

❖ رتبة توتر هي إشارة كهربائية  $u(t)$ ، ونميز بين:

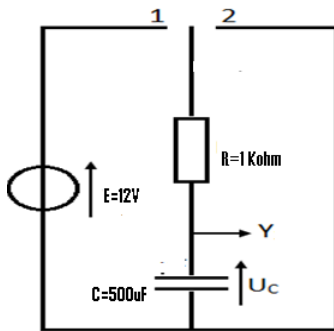


✓ رتبة توتر صاعدة ومعادلتها هي: 
$$\begin{cases} u(t) = E & t \geq 0 \\ u(t) = 0 & t < 0 \end{cases}$$

✓ رتبة توتر نازلة ومعادلتها هي: 
$$\begin{cases} u(t) = 0 & t \geq 0 \\ u(t) = E & t < 0 \end{cases}$$

#### 2. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

##### أ. الدراسة التجريبية :



بعد تفريغ المكثف نجز التركيب الكهربائي جانبه. حيث يمكن هذا التركيب من معاينة التوتر بين مرطبي المكثف  $U_C$  بدلالة الزمن على كاشف التذبذب، يتألف هذا التركيب من مولد مستمر مثبت على القيمة  $E = 12V$ ، مكثف سعته  $C = 500\mu F$  و موصل أومي مقاومته  $R = 600\Omega$ ، قاطع التيار وكاشف التذبذب لمعاينة التوتر بين مرطبي المكثف  $U_C$

❖ شحن المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

نؤرجح قاطع التيار K الى الموضع 1 في لحظة  $t=0$  عند إغلاق قاطع التيار k ينتقل التوتر بين مرطبي المكثف  $U_C$  لحظيا من الصفر الى قيمة حدية فنشاهد على شاشة كاشف التذبذب المنحنى التالي:

← استثمار:

1. نقوم بنمذجة المنحنى المحصل عليه على كاشف التذبذب بالدالة  $U(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

حيث  $K$  و  $\tau$  ثابتان تحددان بواسطة البرنم (regressi) ، فنجد أن  $U_C(t)$  و  $U(t)$  متقاربتين وبالتالي التوتر بين مرطبي المكثف أثناء الشحن تكتب على الشكل التالي :

$$U_C(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

2. يبرز المنحنى وجود نظامين : نظام انتقالي ونظام دائم ، حدد هاذين النظامين في المنحنى

ميرزا تغيرات كل نظام

3. عين  $U_C(t)$  عند اللحظة  $t=0$  ثم  $U_C(\alpha)$  قيمة  $U_C(t)$  عندما تؤول  $t$  الى ما لا نهاية

4. تعرف على الثابتة  $K$

5. استنتج تعبير  $U_C(t)$  بدلالة  $E$  و  $\tau$

6. عبر عن  $U_C(t = \tau)$  ثم استنتج تعريف  $\tau$

7. استنتج طريقة مبيانية تمكن من تحديد  $\tau$  ثم أوجد قيمته

8. قارن بين  $\tau$  و RC

9. تسمى  $\tau$  ثابتة الزمن ، باستعمال معادلة الإبعاد (التحليل البعدي أو تجانس الوحدات) ، بين

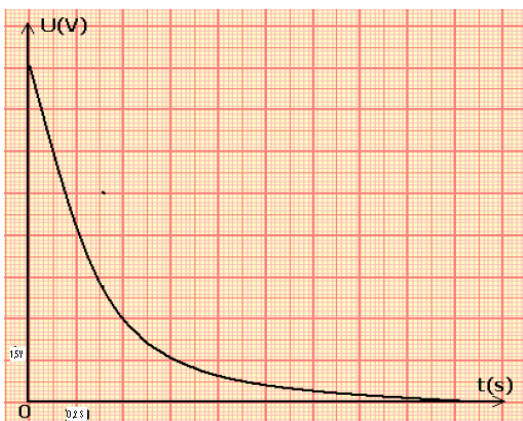
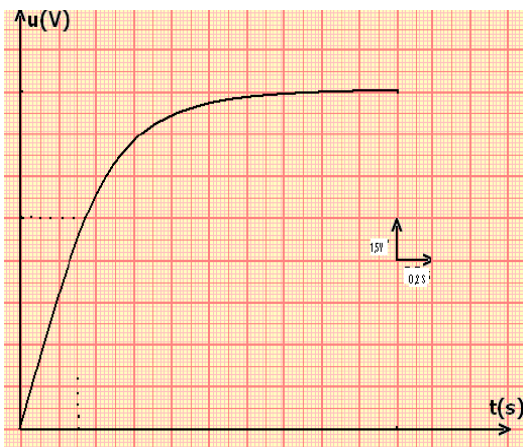
أن  $\tau$  عبارة عن زمن

10. عين التوتر بين مرطبي المكثف عند اللحظة  $t = 5\tau$  ،  $U_C(t=5\tau)$  ، ماذا تستنتج ؟

11. حدد معادلة المماس  $y(t)$  عند اللحظة  $t=0$

12. استنتج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد  $\tau$

13. ما تأثير قيمة كل من  $R$  و  $C$  على شحن المكثف



❖ تفريغ المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

نؤرجح قاطع التيار K الى الموضع 2 فنلاحظ على الشاشة المنحنى الممثل جانبه

نقوم بنمذجة المنحنى المحصل عليه بالدالة  $U(t) = k \exp(-\frac{t}{\tau'})$

1. حدد الثابتة  $k$

2. ما تمثل  $\tau'$  ثم عين هذه الثابتة بطريقتين مختلفتين

3. عين  $U_C(t=5\tau')$  ، ماذا تستنتج ؟

4. نغير  $\tau'$  الى  $\tau''$  حيث  $\tau'' < \tau'$  فنحصل على المنحنى الممثل بالخط المتقطع ، ماذا تستنتج؟

5. ما تأثير كل من سعة المكثف  $C$  والمقاومة  $R$  على تفريغ المكثف ؟

6. نعوض مولد التوتر المستمر بمولد التردد المنخفض GBF ، أعط التبيانة الموافقة ثم أرسم

المنحنى  $U_C(t)$  المحصل عليه تجريبيا محددًا عملية الشحن والتفريغ ( ميرزا كذلك النظامين الإنتقالي والدائم في كل عملية )

❖ شحن المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

1. نمذجة  $U_C(t)$  توتر بين مربطي المكثف ( المنحنى المحصل عليه بواسطة كاشف التذبذب ) بالدالة  $U(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  بواسطة برنم regressi

2. تحديد النظام الإنتقالي والدائم في المنحنى وإبراز تغيرات كل نظام

3. تعيين قيم  $U_C(t)$  ، توتر بين مربطي المكثف، عند اللحظة  $t = 0$  و  $t = \infty$

4. تحديد الثابتة K

5. إستنتاج تعبير  $U_C(t)$  ، توتر بين مربطي المكثف،

6. تعبر  $U_C(t = \tau)$  ثم استنتاج تعريف  $\tau$

7. استنتاج طريقة مبيانية تمكن من تحديد  $\tau$  وتحديد قيمتها

8. مقارنة  $\tau$  و RC

9. تحديد وحدة الثابتة  $\tau$  بإستعمال معادلة الأبعاد

10. تعيين  $U_C(t = 5\tau)$  توتر بين مربطي المكثف عند اللحظة  $t = 5\tau$

11. تحديد معادلة المماس  $y(t)$  عندة اللحظة  $t = 0$

12. إستنتاج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد  $\tau$

13. تأثير قيمة كل من R و C على شحن المكثف

❖ **تفريغ المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة**

1. تحديد الثابتة  $k$

2. تحديد الثابتة  $\tau'$  بطريقتين مختلفتين

3. تعيين ( $U_C(t=5\tau')$ )

4. تأثير ثابتة الزمن على تفريغ المكثف

5. تأثير كل من سعة المكثف  $C$  والمقاومة  $R$  على تفريغ المكثف

6. تمثيل المنحنى الممثل لتغيرات  $U_C(t)$  ، توتر بين مبرطي المكثف بدلالة الزمن

**ب. الدراسة النظرية :**

❖ **عملية شحن المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة**

• **إيجاد المعادلة التفاضلية :**

المعادلة التفاضلية : هي معادلة رياضية تجمع مقدار متغير  $X(t)$  ومشتقات لهذا المقدار

1. نضع قاطع التيار على الموضع 1 ، ارسم التبيانة التجريبية الموافقة

2. مثل توترات على التبيانة بسهم :  $U_R(t)$  توتر بين مبرطي الموصل الاومي ،  $U_C(t)$  توتر بين مبرطي

المكثف ،  $U(t)$  توتر المولد

3. ما تمثل هذه الظاهرة ؟

4. بتطبيق قانون إضافيات التوتورات ، أوجد العلاقة بين  $U_C(t)$  و  $U_R(t)$  و  $U(t)$

5. بتطبيق قانون اوم أوجد العلاقة بين  $i(t)$  و  $U_R(t)$

6. اعط العلاقة بين  $U(t)$  و  $q(t)$  ثم العلاقة بين  $i(t)$  و  $q(t)$

7. استنتج العلاقة بين  $U_C(t)$  و  $i(t)$

8. حدد المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$

9. استنتج المعادلة التفاضلية ل  $q(t)$

• **حل المعادلة التفاضلية :**

ان حل المعادلة التفاضلية هو إيجاد تعبير  $U_C(t)$  بدلالة الزمن

إذا علمت أن حل المعادلة التفاضلية  $E = U_C + \tau \frac{dU_C}{dt}$  يكتب على النحو التالي  $U_C = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + B$  حيث  $A$  و  $B$  و  $\tau$  ثوابت نحددها باشتقاق  $U_C$  وبمعرفة الشروط البدئية

10. أوجد الثوابت  $A$  و  $B$  و  $\tau$  وأكتب تعبير  $U_C(t)$  بدلالة الزمن

11. مثل  $U_C(t)$  بدلالة الزمن مبرزا النظامين

12. أذكر 4 طرق لتحديد ثابتة الزمن  $\tau$

13. استنتج تعبير  $q(t)$  بدلالة الزمن

14. استنتج تعبير شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن

15. مثل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن مبرزا النظامين

❖ **عملية تفريغ المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة**

1. نضع قاطع التيار في الموضع 2 ، ارسم التبيانة الموافقة موضعا التوتورات  $U_C$  و  $U_R$  عليها

2. بتطبيق قانون اضافية التوتورات والقوانين الاخرى أوجد المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$

3. أوجد تعبير  $U_C(t)$  توتر بين مبرطي المكثف ( حل المعادلة التفاضلية )

4. مثل المنحنى الممثل لتغيرات  $U_C(t)$  بدلالة الزمن مبرزا النظامين

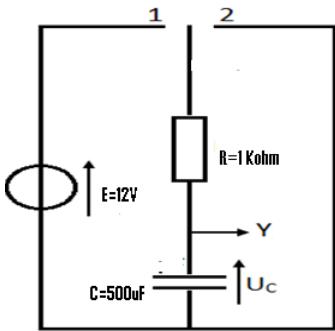
5. استنتج تعبير  $q(t)$  بدلالة الزمن

6. استنتج تعبير شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  مبرزا النظامين

7. مثل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن

8. مثل المنحنى الممثل لتغيرات  $U_C(t)$  بدلالة الزمن أثناء شحن المكثف وتفريغه ماذا تستنتج ؟

9. مثل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن أثناء شحن المكثف وتفريغه ، ماذا تستنتج ؟



← عملية شحن المكثف: إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة  
التيبانة التجريبية الموافقة

1. التبانة التجريبية الموافقة

2. تمثيل التوترات على التبانة :

3. اسم الظاهرة :

4. العلاقة بين  $U(t)$  و  $U_R(t)$  و  $U_C(t)$

5. العلاقة بين  $i(t)$  و  $U_R(t)$

6. العلاقة بين  $U(t)$  و  $q(t)$  ثم العلاقة بين  $i(t)$  و  $q(t)$

7. إستنتاج العلاقة بين  $U_C(t)$  و  $i(t)$

8. تحديد المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$  ، توتر بين مربطي المكثف

9. إستنتاج المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة  $q(t)$

10. تحديد الثوابت A و B و  $\tau$  وكتابة تعبير  $U_C(t)$  بدلالة الزمن

11. تمثيل  $U_C(t)$  بدلالة الزمن مبرزاً النظامين

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

13. إستنتاج تعبير  $q(t)$  بدلالة الزمن

.....

14. استنتاج تعبير شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن

.....

15. تمثيل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  بدلالة الزمن ميرزا النظامين

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1. **عملية تفريغ المكثف: إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة**  
رسم التبيانة الموافقة لتفريغ المكثف

.....

.....

2. إيجاد المعادلة التفاضلية ل  $U_C(t)$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. تحديد تعبير  $U_C(t)$  توتر بين مرطي المكثف ( حل المعادلة التفاضلية )

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





