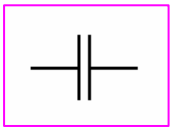
5 ثنائي القطب (RC)

I. المكثف

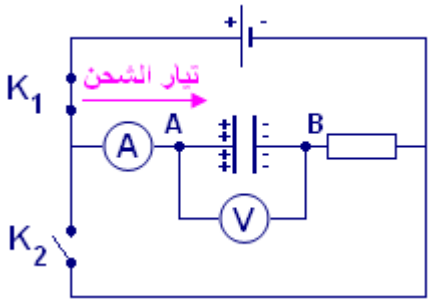
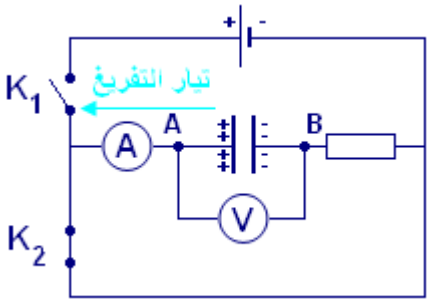
- تعريف المكثف

تعريف

المكثف ثنائي قطب يتكون من موصلين متقابلين يسميان لبوسين يفصل بينهما عازل كهربائي يسمى العازل الاستقطابي. رمزه الاصطلاحي هو:



- شحن مكثف و تفريغه

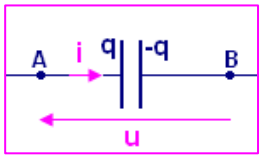
شحن المكثف	تفريغ المكثف
	
يمر تيار انتقالي مصدره المولد. يشحن المكثف و عند نهاية الشحن: $i=0$ و $u_{AB}=E$ E القوة الكهرمحركة للمولد.	يمر تيار انتقالي مصدره المكثف. يفرغ المكثف و عند نهاية التفريغ: $i=0$ و $u_{AB}=0$
في كل لحظة شحنة المكثف هي: $q = q_A = - q_B$	

- الاصطلاح مستقبل

يتغير منحى التيار المار في دارة مكثف حسب شحنه أو تفريغه لذلك وجب اعتبار شدة التيار مقدارا جبريا.بعد اختيار منحى موجبا اعتباطيا يحدد بسهم على الدارة، نعتبر:

- $i>0$: التيار يمر في المنحى+
- $i<0$: التيار يمر في المنحى –

في الاصطلاح مستقبل يمثل التوتر بين مربطي المكثف بسهم منحاه معاكس لمنحى توجيه الدارة.



• العلاقة شحنة – شدة التيار

باعتبار الاصطلاح مستقبل، العلاقة بين شدة التيار و شحنة المكثف خلال شحنه أو تفريغه هي:

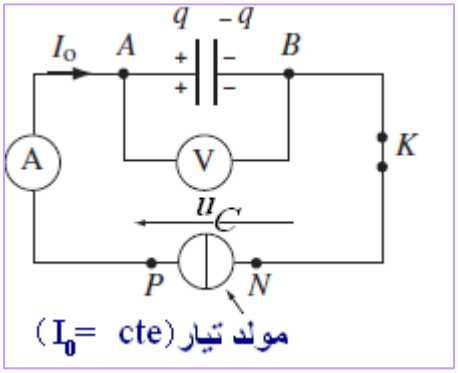
$$i = \frac{dq}{dt}$$

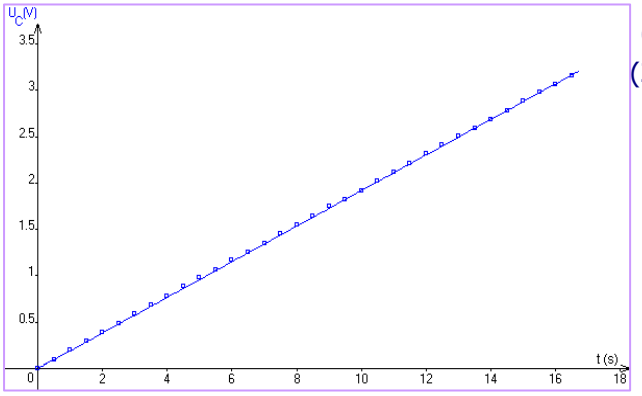
خلال الشحن	خلال التفريغ
q تزايدية ← i>0	q تناقصية ← i<0
تيار الشحن يمر في المنحى الموجب الاعتباطي	تيار التفريغ يمر عكس المنحى الموجب الاعتباطي

في حالة تيار شدته ثابتة I=i لدينا: $I = \frac{q}{t}$: شحنة المكثف دالة زمنية خطية.

• العلاقة شحنة – توتر

يشحن المكثف بتيار شدته ثابتة وتقاس قيم التوتر بين مربطي المكثف بدلالة مدة الشحن. يحصل على المبيان التالي.





- معادلة المنحنى هي: (1) $u_C = k.t$
- باعتبار المكثف يشحن بتيار شدته ثابتة فإن: (2) $q = I_0.t$

(2) على (1) تعطي: $\frac{q}{u_c} = \frac{I_0}{k} = cte = C$

خاصية

شحنة مكثف تتناسب طرديا مع التوتر المطبق بين مربطيه سواء خلال شحنه أو تفريغه:

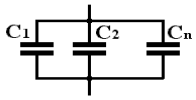
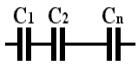
$$q = C\,u$$

معامل التناسب C مقدار يميز المكثف و يسمى سعة المكثف. وحدته تسمى الفاراد(F)

عمليا تستعمل أجزاء الفاراد و هي:

- الميليفاراد: $1\,mF = 10^{-3}\,F$
- الميكروفاراد: $1\,\mu F = 10^{-6}\,F$
- النانوفاراد: $1\,nF = 10^{-9}\,F$
- البيكوفاراد: $1\,pF = 10^{-12}\,F$

- تجميع المكثفات

على التوازي	$C=\sum_{i=1}^{n} C_i$	تكمن أهمية هذا التركيب في الحصول على سعة مرتفعة.	
على التوالي	$\frac{1}{C}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{C_i}$	يستعمل هذا التركيب للحصول على مكثف يمكنه تحمل توتر أعلى من التوتر الذي يتحمله كل مكثف بمفرده.	

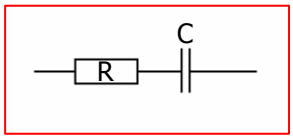
- طاقة مكثف

هي طاقة كهربائية يخزنها المكثف خلال شحنه و يحررها خلال تفريغه، و تعبيرها هو:

$$E_e=\frac{1}{2}Cu^2=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

II. ثنائي القطب (RC)

تعريف



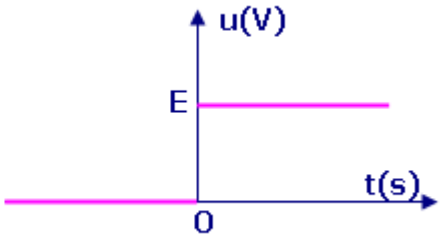
يتكون ثنائي قطب RC المتوالي من مكثف سعته C مركب على التوالي مع موصل أومي مقاومته R .

- استجابة ثنائي قطب(RC) لرتبة توتر

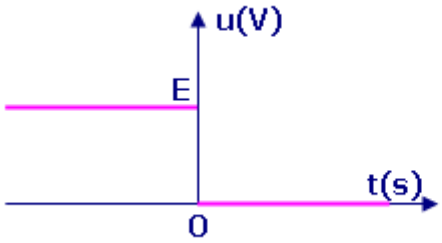
▪ رتبة توتر

تعريف

يقال أن ثنائي قطب يخضع لرتبة توتر إذا تغير التوتر المطبق بين مربطيه من 0 إلى قيمة ثابتة E لحظيا(رتبة صاعدة) أو العكس(رتبة نازلة).



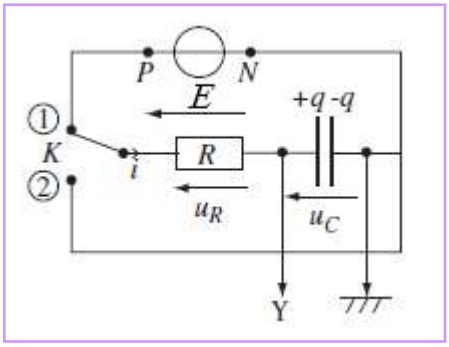
رتبة توتر صاعدة

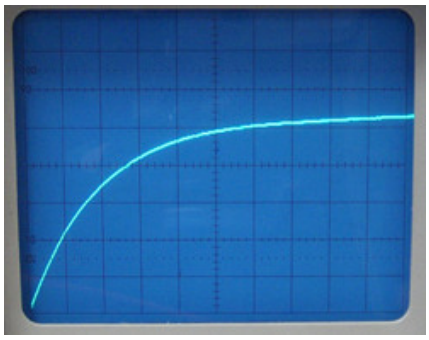
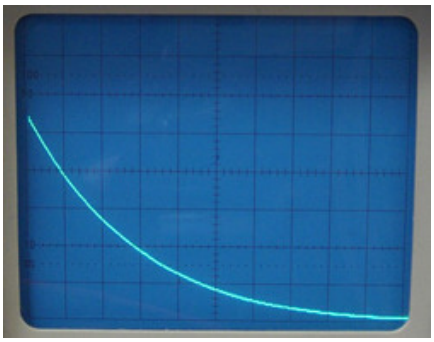


رتبة توتر نازلة

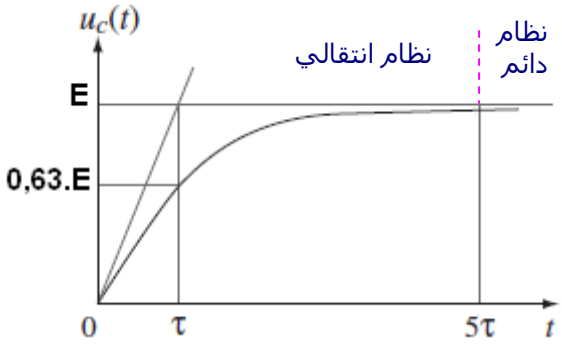
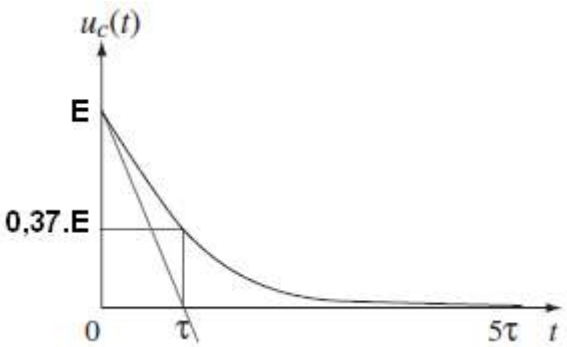
▪ دراسة تجريبية

في المدخل Y لراسم تذبذب ذاكراتي تعاين تغيرات التوتر u_C بين مربطي المكثف خلال شحنه ثم خلال تفريغه.



القاطع K في الموضع 1 : استجابة RC لرتبة توتر صاعدة (شحن المكثف)	القاطع K في الموضع 2 : استجابة RC لرتبة توتر نازلة (تفريغ المكثف)
	
$u_C(t)$	$u_C(t)$

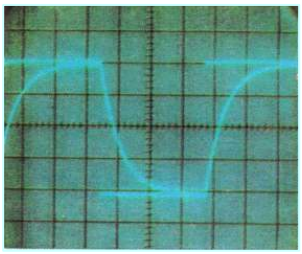
▪ دراسة نظرية

	الاستجابة لرتبة توتر صاعدة: شحن	الاستجابة لرتبة توتر نازلة: تفريغ
المعادلة التفاضلية	$RC\frac{du}{dt}+u=E$	$RC\frac{du}{dt}+u=0$
تعبير التوتر u بين مربطي المكثف (حل المعادلة التفاضلية)	$u=E(1-e^{-\frac{t}{RC}})$	$u=Ee^{-\frac{t}{RC}}$
ثابتة الزمن	$\tau=RC$ هي المدة اللازمة لكي يشحن المكثف ب63% من شحنته النهائية(القصوى). 	$\tau=RC$ هي المدة اللازمة لكي يفرغ المكثف 63% من شحنته البدئية. 

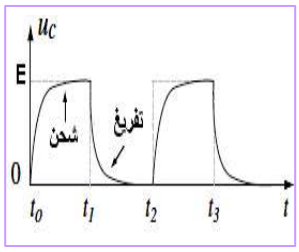
يمكن تحديد معادلة شدة التيار انطلاقا من اشتقاق معادلة التوتر باعتبار أن: $i=\frac{dq}{dt}=C\frac{du}{dt}$.

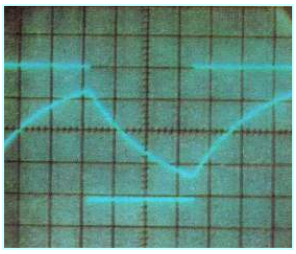
• تأثير ثابتة الزمن على الشحن و التفريغ

يطبق على ثنائي القطب RC توترا مربعيا وتغير قيمة R و/أو C . تعاين على أحد مدخلي راسم التذبذب تغيرات التوتر بين مربطي المكثف.

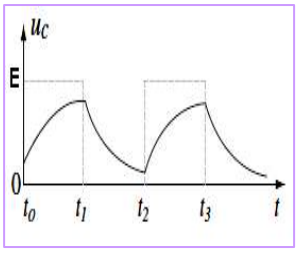


τ=RC صغيرة





τ=RC كبيرة



يكون الشحن و التفريغ سريعين كلما صغرت قيمة ثابتة الزمن.
التوتر بين مربطي المكثف دالة زمنية متصلة.

تمرين (باك 2008 الدورة العادية)

تتميز المكثفات بخاصية تخزين الطاقة مع إمكانية استرجاعها عند الحاجة. و لهذا تستعمل المكثفات في عدة أجهزة و منها نظام تشغيل مصباح وامض آلات التصوير.

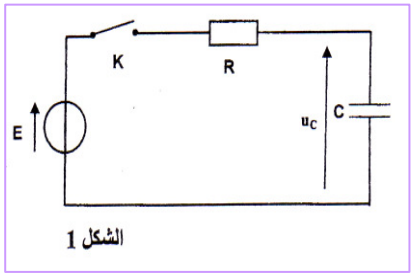
1) الجزء الأول: شحن مكثف.

ننجز التركيب التجريبي التالي(ش.1) و المكون من مكثف سعته C غير مشحون بدئا، مركب على التوالي مع موصل أومي مقاومته R و قاطع التيار K .

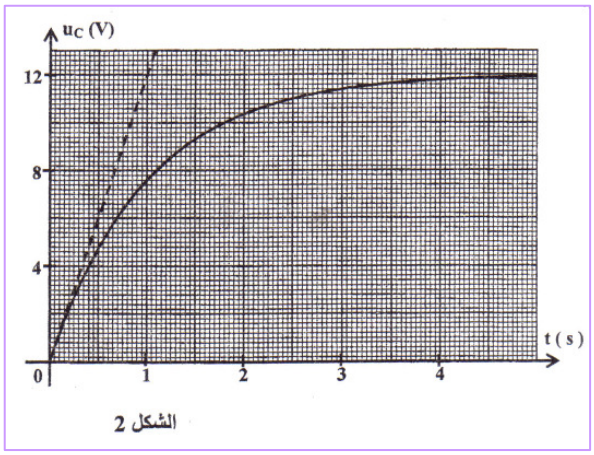
يخضع ثنائي القطب RC لرتبة توتر معرفة كما يلي:

- بالنسبة ل $t < 0$: $U = 0$ ،
- بالنسبة ل $t \geq 0$: $U = E$ حيث $E = 12\ V$.

نغلق قاطع التيار عند اللحظة $t = 0$ و نعاين باستعمال وسيط معلوماتي عل شاشة حاسوب تغيرات التوتر u_C بين مربطي المكثف بدلالة الزمن.يمثل الشكل 2 المنحنى $u_C = f(t)$.



الشكل 1



الشكل 2

1.1- أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر u_C .

1.2- تحقق من أن التعبير $u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ هو حل للمعادلة التفاضلية السابقة بالنسبة ل $t \geq 0$ ، حيث τ ثابتة الزمن.

1.3- حدد تعبير τ و بين، باعتماد معادلة الأبعاد، أن لτ بعدا زمنيا.

1.4- عين مبيانيا قيمة τ و استنتج أن قيمة سعة المكثف هي $C = 100\ \mu F$. نعطي: $R = 10\ k\Omega$.

1.5- أحسب الطاقة الكهربائية التي يختزنها المكثف في النظام الدائم.

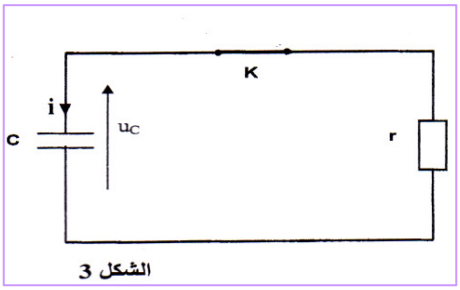
2) الجزء الثاني: تفريغ مكثف.

يتطلب تشغيل وامض آلة التصوير طاقة عالية لا يمكن الحصول عليها باستعمال المولد السابق. للحصول على الطاقة اللازمة يشحن المكثف السابق بواسطة دارة إلكترونية تمكن من تطبيق توتر مستمر بين مربطي المكثف قيمته: $U_C = 360\ V$.

نفرغ المكثف عند اللحظة $t = 0$ في مصباح وامض آلة التصوير الذي ينمذج بموصل أومي مقاومته r (ش3)فيتغير التوتر بين مربطي المكثف وفق المعادلة الزمنية التالية: $u_C = 360 \cdot e^{-\frac{t}{\tau'}}$ حيث τ' ثابتة الزمن و u_C معبر عنها بالفولط.

2.1- أوجد قيمة r مقاومة مصباح وامض آلة التصوير علما أن التوتر بين مربطي المكثف يأخذ القيمة $u_C = 132,45\ V$ عند اللحظة $t = 2\ ms$.

2.2- اشرح كيف يجب اختيار مقاومة وامض آلة التصوير لضمان تفريغ أسرع للمكثف.



الشكل 3