

# EL CONDENSADOR

## Corbes de càrrega i descàrrega. Constant RC

El **condensador** és un component passiu que serveix per emmagatzemar, de manera temporal, càrregues elèctriques sobre una superfície relativament petita.

El **condensador** està constituït, bàsicament, per un parell de plaques o làmines metàl·liques (planes o enrotllades en un cilindre), anomenades *armadures*, separades per un material aïllant (ceràmica, mica, polièster plàstic, paper...), anomenat *dielèctric*.



La capacitat d'emmagatzematge d'un condensador depèn de la superfície de les plaques, la distància que les separa i la naturalesa del dielèctric. L'expressió de la capacitat del condensador en funció d'aquests paràmetres és la següent:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

on  $C$  = Capacitat del condensador en Farad (F).  
 $\varepsilon$  = Permitivitat del dielèctric (F/m).  
 $A$  = Tensió o diferència de potencial entre les plaques o armadures (V).  
 $d$  = Distància entre les armadures (m).

La **capacitat d'un condensador** també pot expressar-se com la relació entre la càrrega de les armadures i la tensió o diferència de potencial que hi ha entre elles.

$$C = \frac{Q}{V}$$

on  $C$  = Capacitat del condensador en Farad (F).  
 $Q$  = Càrrega en Coulomb (C).  
 $V$  = Tensió o diferència de potencial entre les plaques o armadures (V).

La unitat de capacitat en el SI s'expressa en *Farad* (F) que és equivalent al *Coulomb/Volt*. Atès que aquesta unitat és molt gran, habitualment es fan servir submúltiples:

$$\begin{aligned} \text{Microfarad } (\mu\text{F}) &= 10^{-6} \text{ F} \\ \text{Nanofarad } (\text{nF}) &= 10^{-9} \text{ F} \\ \text{Picofarad } (\text{pF}) &= 10^{-12} \text{ F} \end{aligned}$$

Quan s'utilitza un condensador cal tenir present, principalment, dues característiques: el valor de la capacitat i la tensió màxima que suporta el dielèctric. En alguns tipus, com ara els condensadors electrolítics, cal tenir en compte també la polaritat, per evitar-ne que es malmeti o exploti.

Els condensadors es fan servir, entre altres aplicacions, en filtres electrònics, per eliminar pertorbacions radioelèctriques, en circuits de sintonització, per compensar potències reactives, per filtrar el corrent continu obtingut d'un circuit rectificador, etc.

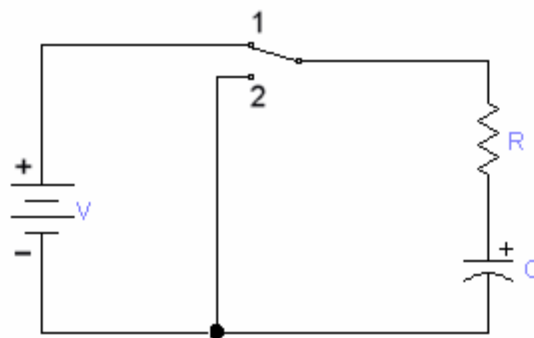
Són presents en la pràctica totalitat dels aparells electrònics: ordinadors, telèfons mòbils, televisors, aparells d'àudio i vídeo, videoconsoles, calculadores, MP3, càmeres fotogràfiques, etc.

Els condensadors, a l'igual que succeïa amb els resistors, podem classificar-los en fixos, variables i ajustables. Tanmateix, els més utilitzats i habituals són els condensadors fixos.



## Càrrega d'un condensador

Si connectem un condensador descarregat a una determinada tensió, tal com es mostra a la figura, aquest no es carregarà instantàniament, sinó que s'anirà carregant progressivament en funció del temps. El temps de càrrega dependrà de la capacitat del condensador i de la resistència del circuit



En aquest circuit, la tensió total subministrada per la font d'alimentació  $V_T$  serà igual en tot moment a la suma de les caigudes de tensió del resistor  $V_R$  i del condensador  $V_C$ . Per tant,  $V_T = V_R + V_C$

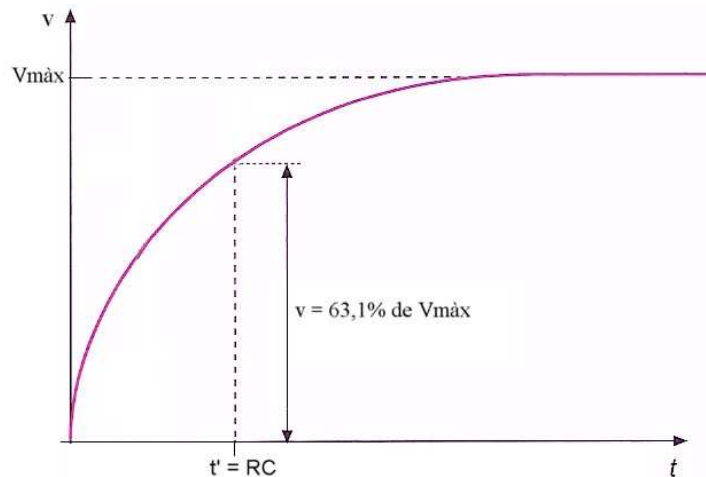
La intensitat del circuit vindrà determinada per l'expressió:

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{V_T - V_C}{R}$$

En l'instant inicial, quan el condensador està descarregat, la intensitat és màxima, atès que  $V_C = 0$ . A mesura que el condensador es carrega, augmenta la tensió del

condensador  $V_C$  i, en conseqüència, disminueix la caiguda de tensió del resistor, la qual cosa fa que la intensitat també vagi disminuint paulatinament. Quan el condensador està totalment carregat, la intensitat que hi circula és nul·la i la caiguda de tensió del resistor és zero.

La corba de càrrega d'un condensador en funció del temps és la següent:



El valor de la tensió en un instant determinat serà:

$$v = V_{m\grave{a}x} (1 - e^{-t/RC})$$

De manera, anàloga, el valor de càrrega en cada moment vindrà determinat per l'expressió:

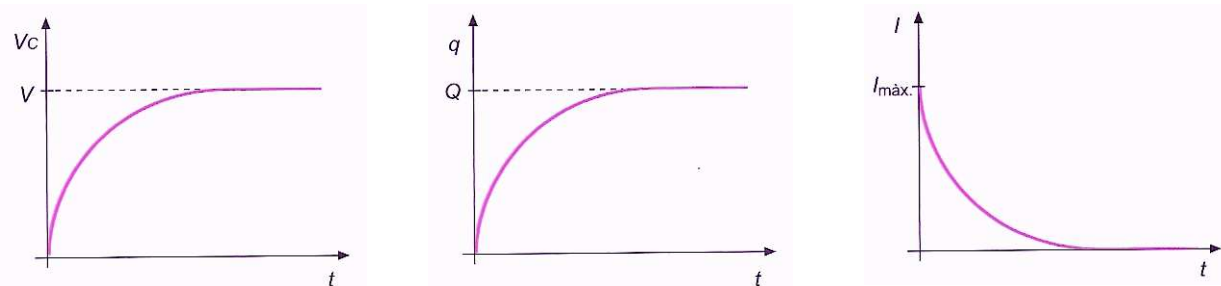
$$q = Q_{m\grave{a}x} (1 - e^{-t/RC}) = C \cdot V_C (1 - e^{-t/RC})$$

El producte  $R \cdot C$  s'anomena **constant de temps  $\tau$**  i és el temps (expressat en segons) en què la càrrega del condensador o la tensió en bornes adquireix el 63,1% del valor total o màxim.

$$\tau = R \cdot C$$

De fet, el temps que trigaria a carregar-se un condensador fins al seu valor màxim és teòricament infinit, però a la pràctica es considera que està carregat quan ha transcorregut un temps igual a  $3\tau$ . Transcorregut un temps igual a  $5\tau$  el condensador adquireix pràcticament el valor màxim de tensió i càrrega.

Corbes característiques de càrrega d'un condensador:



L'energia que consumim quan carreguem un condensador es transforma en energia potencial. Aquest treball o energia emmagatzemada en el condensador carregat valdrà:

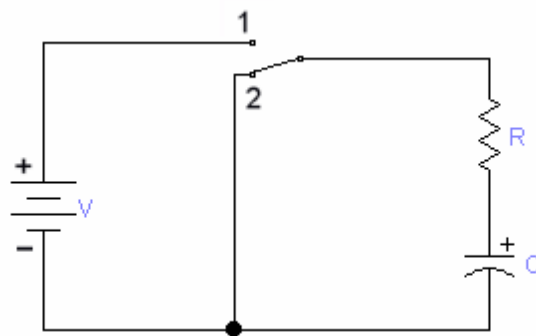
$$E = \frac{1}{2} Q \cdot V$$

On  $Q$  = càrrega del condensador en Coulomb (C).

$V$  = Tensió o diferència de potencial del condensador en Volts (V).

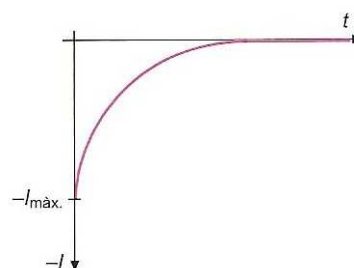
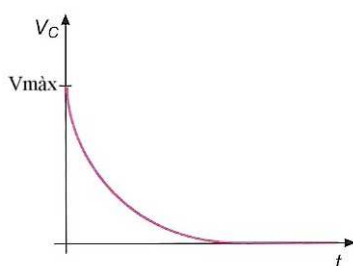
## Descàrrega d'un condensador

Si en el circuit anterior, quan el condensador està totalment carregat, canviem el commutador a la posició 2, aleshores es produeix la descàrrega del condensador a través del resistor  $R$ .



En l'instant inicial, la càrrega és màxima i la intensitat de descàrrega també. A mesura que el condensador es va descarregant la intensitat que circula pel circuit disminueix de manera exponencial fins a arribar a ser zero. El temps de descàrrega es equivalent al temps de càrrega.

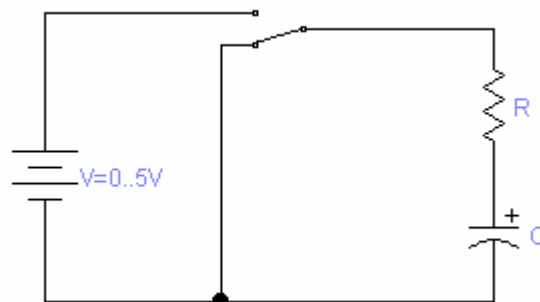
Corbes de descàrrega d'un condensador:



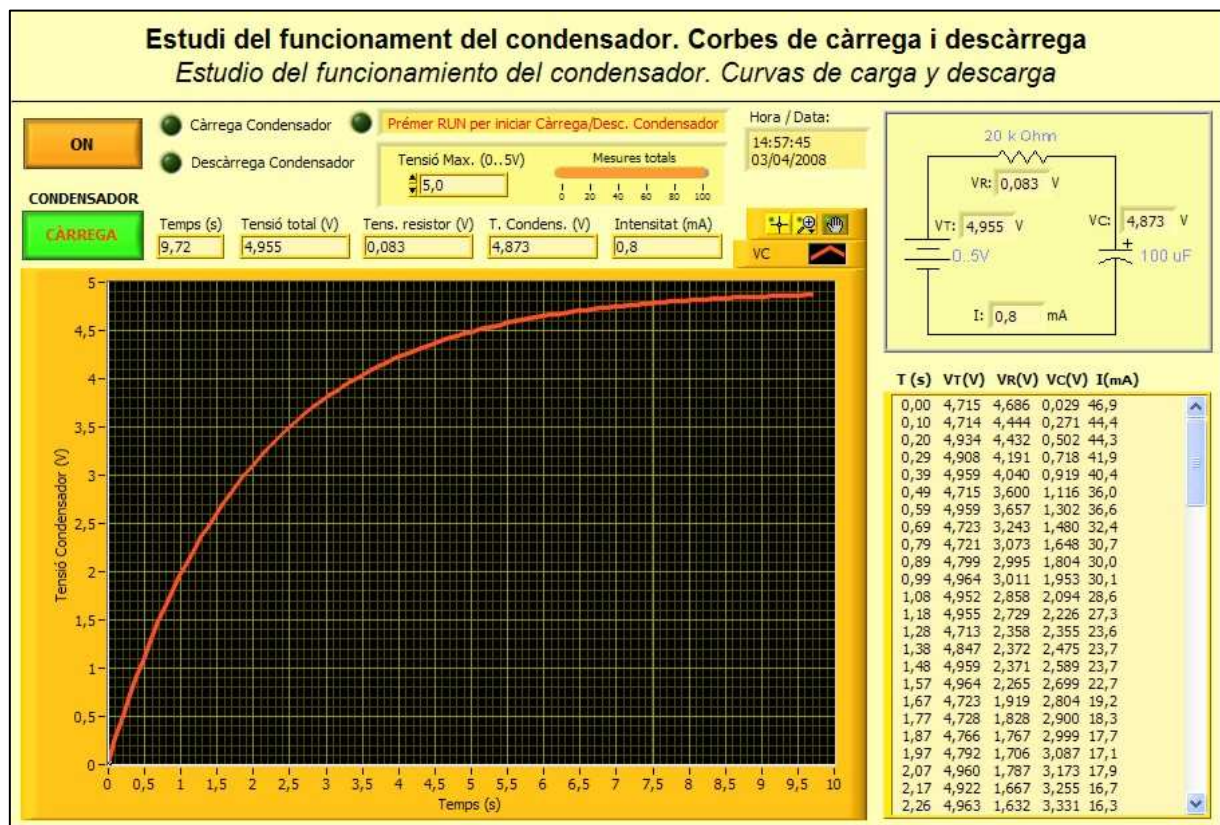
## ● EXPERIMENTACIÓ REMOTA

Aquesta pràctica consisteix, bàsicament, en l'estudi del funcionament del condensador, obtenir-ne les corbes de càrrega i descàrrega i determinar alguns paràmetres característics, com ara la constant de temps, la càrrega i la tensió en un instant qualsevol o l'energia emmagatzemada.

El circuit equivalent que utilitza el laboratori remot per traçar la corba característica del díode és aquest:



Panell remot de l'aplicació:




- Botó **ON/OFF**. Interruptor general del panell remot.
- Botó **Condensador (CÀRREGA/DESCÀRREGA)**. Selector mode Càrrega/Descàrrega.
- Control numèric **Tensió Màx. (0..5V)**. Permet seleccionar la tensió d'alimentació del circuit.
- Taula de resultats. Taula que emmagatzema els valors mesurats de  $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ .


1. Accedeix al **Laboratori Remot iLabRS** que trobaràs a l'adreça web: <http://ilabrs.etsetb.upc.edu>. Recorda que per visualitzar correctament els experiments has d'utilitzar el navegador *Internet Explorer* i tenir instal·lat a l'ordinador

el *Runtime LabView 7.1* que et pots descarregar des del propi web. També pots visualitzar *online* i en temps real l'experiment a través de la webcam (laboratori en directe).

**2. Executa la pràctica E106: Estudi del funcionament del condensador. Corbes de càrrega i descàrrega.** A la nova finestra del navegador que s'obre hi apareix el panell remot de l'aplicació. A la part superior esquerra hi ha tres botons, la funció dels quals es mostra en la figura. Nosaltres només utilitzarem el botó de *Run* (El botó de l'esquerra) i, excepcionalment, el botó d'avortament o aturada. L'aplicació també es pot fer funcionar a través de l'opció *Run* del menú *Operate* o bé amb la combinació de tecles *CTRL+R*.




**3. CÀRREGA DEL CONDENSADOR MANUAL.** Bàsicament, hi ha dos tipus de funcionament de l'aplicació: *Càrrega* i *Descàrrega*. En el mode *Càrrega*, per a una determinada tensió (que podem establir entre 0 i 5V) i cada cop que s'executa l'aplicació a través del botó *Run* , es realitzen automàticament unes 100 mesures de tensió (en la font d'alimentació  $V_T$ , en el resistor  $V_R$  i en el condensador  $V_C$ ) i d'intensitat ( $I$ ). Els valors mesurats ( $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ ) apareixen en els indicadors de la part superior del panell i en els visualitzadors que hi ha superposats en l'esquema electrònic de la part superior dreta del panell. En acabat, es representa la gràfica de la corba característica de càrrega del condensador i es mostren els valors en una taula ( $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ ). Aquests valors es poden traslladar (copiar *CTRL+C* i enganxar *CTRL+V*) a una taula d'un full de càlcul o d'un processador de textos per a un posterior tractament.



**4. DESCÀRREGA DEL CONDENSADOR MANUAL.** En el mode *Descàrrega*, per a una determinada tensió (que podem establir entre 0 i 5V) i cada cop que s'executa l'aplicació a través del botó *Run* , es realitzen automàticament unes 100 mesures de tensió (en la font d'alimentació  $V_T$ , en el resistor  $V_R$  i en el condensador  $V_C$ ) i d'intensitat ( $I$ ). Els valors mesurats ( $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ ) apareixen en els indicadors de la part superior del panell i en els visualitzadors que hi ha superposats en l'esquema electrònic de la part superior dreta del panell. En acabat, es representa la gràfica de la corba característica de descàrrega del condensador i es mostren els valors en una taula ( $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ ). Aquests valors es poden traslladar (copiar *CTRL+C* i enganxar *CTRL+V*) a una taula d'un full de càlcul o d'un processador de textos per a un posterior tractament.

## ● ACTIVITATS

**1.** Accedeix al **Laboratori Remot iLabRS** que trobaràs a l'adreça web: <http://ilabrs.etsetb.upc.edu> i executa la pràctica **E106: Estudi del funcionament del condensador. Corbes de càrrega i descàrrega.**

A continuació, selecciona primerament el **mode Càrrega del condensador** del panell de control i la tensió d'alimentació del circuit (per defecte és 5V), i executa l'aplicació, a través del botó *Run* , per obtenir-ne la corba de càrrega del condensador.

Si en la gràfica representada apareixen valors que et semblin estranys, torna a executar l'aplicació des del panell de control.

2. D'acord amb els valors obtinguts en l'experimentació, quina és la tensió final del condensador? Està totalment carregat? Justifica la resposta
  3. Quin és el valor de la constant de temps  $\tau$ , segons les mesures adquirides? (Recorda que aquest valor de temps és el necessari perquè la càrrega del condensador, i també la tensió, valguin el 63,1% del total).
  4. Per a un temps igual a  $\tau$ , indica els valors de  $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ .
  5. Comprova, per a almenys cinc mesures diferents de la gràfica, si es compleix amb prou precisió l'expressió:  $V_T = V_R + V_C$
  6. Si la resistència nominal de  $R$  és de  $20\text{k}\Omega$ , calcula la capacitat del condensador a partir de la fórmula  $\tau = R \cdot C$ . Quin és el valor nominal real del condensador utilitzat? Assenya les possibles causes de la diferència que existeix entre el valor teòric calculat i el valor nominal de capacitat real del condensador.
  7. Obtén el valor de  $q$  (en Coulomb) 1 segon després d'haver iniciat la càrrega del condensador. Repeteix l'operació per  $t=3\text{s}$  i  $t=5\text{s}$ . Quina és la càrrega màxima del condensador  $Q_{MÀX}$ ?
  8. Verifica, prenent com a referència unes quantes mesures, que es satisfà per a tots els casos i amb prou precisió la Llei d'Ohm:  $I = V/R$ . ( $R = 20\text{k}\Omega$ ).
  9. Representa gràficament la intensitat que travessa el condensador durant el procés de càrrega, a partir de les dades obtingudes. Són semblants les corbes d'intensitat  $I_C$  i de tensió  $V_C$  durant el procés de càrrega del condensador?
  10. Calcula l'energia emmagatzemada en el condensador quan està totalment carregat.
-  Ara, selecciona el **mode Descàrrega del condensador** del panell de control i la tensió d'alimentació del circuit (per defecte és 5V), i executa l'aplicació, a través del botó *Run* , per obtenir-ne la corba de descàrrega del condensador.
11. D'acord amb els valors obtinguts en l'experimentació, quina és la tensió final del condensador? Està totalment descarregat? Justifica la resposta
  12. Segons les mesures adquirides durant el procés de descàrrega del condensador, quin és el valor de la constant de temps  $\tau$ ? (Recorda que durant aquest temps el condensador s'hauria d'haver descarregat el 63,1% del valor inicial). Aquesta constant de temps és la mateixa que per al procés de càrrega?
  13. Per a un temps igual a  $\tau$ , indica els valors de  $V_T$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  i  $I$ . Coincideixen aquests valors amb els de la càrrega del condensador?

14. Comprova, per a almenys cinc mesures diferents de la gràfica, si durant la descàrrega del condensador es compleix amb prou precisió l'expressió:  $V_T = V_R + V_C$
15. Obtén el valor de  $q$  (en Coulomb) 1 segon després d'haver iniciat la descàrrega del condensador. Repeteix l'operació per  $t=2s$  i  $t=8s$ .
16. Verifica, prenent com a referència unes quantes mesures, que també en el procés de descàrrega es satisfà per a tots els casos i amb prou precisió la Llei d'Ohm:  $I = V/R$ . ( $R = 20k\Omega$ ).
17. Representa gràficament la intensitat que travessa el condensador durant el procés de descàrrega, a partir de les dades obtingudes.
18. Si incrementéssim el valor del resistor, com seria el procés de càrrega del condensador, més ràpid o més lent? I la descàrrega? Quin resistor hauríem de posar si volem obtenir un temps  $\tau$  d'1 segon?