Électricité

Circuits à courant continu et à courant alternatif

Charge et décharge d'un condensateur

ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DE LA TENSION AUX BORNES D'UN CONDENSATEUR LORSQUE CELUI-CI EST TRAVERSÉ PAR UN COURANT DE CHARGE ET DE DÉCHARGE.

- Mesurer la tension aux bornes d'un condensateur chargé et déchargé par allumage et extinction du circuit à tension continue.
- Déterminer le temps de demi-vie lors de la charge et de la décharge.
- Déterminer dans quelle mesure la demi-vie est fonction de la capacité et de la résistance.

UE3050101

10/15 UD

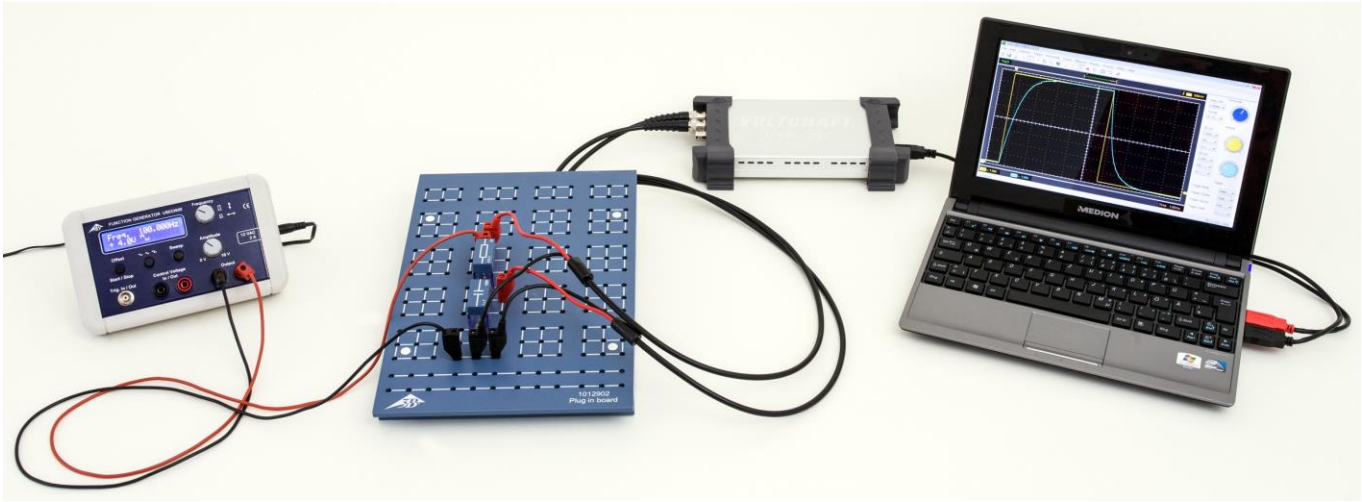

Fig. 1 : Disposition pour mesure.

NOTIONS DE BASE GENERALES

En régime continu, le courant ne traverse le condensateur que lorsque le circuit est allumé ou éteint. Le condensateur est chargé par le courant à l'allumage du circuit jusqu'à ce que la tension appliquée soit atteinte, et déchargé à l'extinction du circuit jusqu'à ce que la tension soit nulle. L'évolution de la tension aux bornes du condensateur peut être représentée comme fonction exponentielle.

Pour un circuit en courant continu de capacité C, de résistance R et de tension continue U_0, on a à l'allumage du circuit :

$$(1) \quad U(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T_{1/2}}})$$

et à l'extinction du circuit :

$$(2) \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T_{1/2}}} .$$

avec

$$(3) \quad T_{1/2} = \ln 2 \cdot R \cdot C$$

$T_{1/2}$ correspond au temps de demi-vie, c.-à-d. que pendant ce temps $T_{1/2}$, la tension du condensateur diminue de la moitié. Il s'écoule le même laps de temps lorsque la tension chute de la moitié à un quart et d'un quart à un huitième.

Ce phénomène est étudié à l'aide du montage expérimental. On enregistre l'allure temporelle de la tension au condensateur au moyen d'un oscilloscope à mémoire. Étant donné que la tension continue U_0 est fixée à 8 V, il est facile de relever les valeurs de la moitié, du quart et du huitième de cette grandeur.

LISTE DES APPAREILS

1	Plaque de connexion des composants	U33250	1012902
1	Résistance 470 Ω, 2 W	U333022	1012914
1	Résistance 1 kΩ, 2 W	U333024	1012916
1	Résistance 2,2 Ω, 2 W	U333026	1012918
3	Condensateur 1 µF, 100 V	U333063	1012955
1	Générateur de fonctions FG 100	U8533600	1009956/7
1	Oscilloscope USB, 2x50 MHz	U112491	1017264
2	Cordon HF, BNC / douille 4 mm	U11257	1002748
1	Jeu de 15 cordons à reprise arrière	U13800	1002841
1	Jeu de 10 connecteurs de shuntage	U333093	1012985

Également nécessaire :

1 Ordinateur avec système d'exploitation Win XP, Vista ou Win7

MONTAGE ET REALISATION

- Mettre en place le dispositif de mesure comme dans Fig. 2.
- Réaliser le branchement sur la plaque embrochable selon Fig. 3.
- Sur l'oscilloscope, régler 1 ms comme base de temps, 1 V comme déviation verticale pour CH1 et CH2, Trigger Mode Edge, Trigger Sweep Auto, Trigger Source CH1 et seuil de déclenchement env. 600 mV.

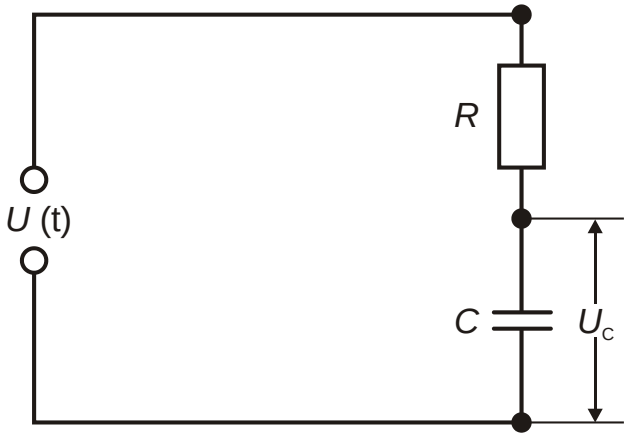

Fig. 3 : Schéma de branchement.

Temps de demi-vie pour charge et décharge

- Brancher résistance 1 kΩ et capacité 1 µF sur la plaque embrochable, comme schématisé dans Fig. 2 et 3.
- Régler une fréquence de 100 Hz sur le générateur de fonction et sélectionner la forme de signal carrée.
- Sélectionner une amplitude pour que la hauteur de signal U = 8 V crête-crête, soit ±4 cases avec 1 V / case.
- Lire sur l'oscilloscope les temps de demi-vie $T_{1/2}$ au déchargement du condensateur pour chutes de tension de U = 8 V à U = 4 V, de U = 4 V à U = 2 V et de U = 2 V à U = 1 V et saisir les valeurs dans Tab. 1.
- Lire sur l'oscilloscope les temps de demi-vie $T_{1/2}$ au chargement du condensateur pour hausses de tension de U = 0 V à U = 4 V, de U = 4 V à U = 6 V et de U = 6 V à U = 7 V et saisir les valeurs dans Tab. 2.

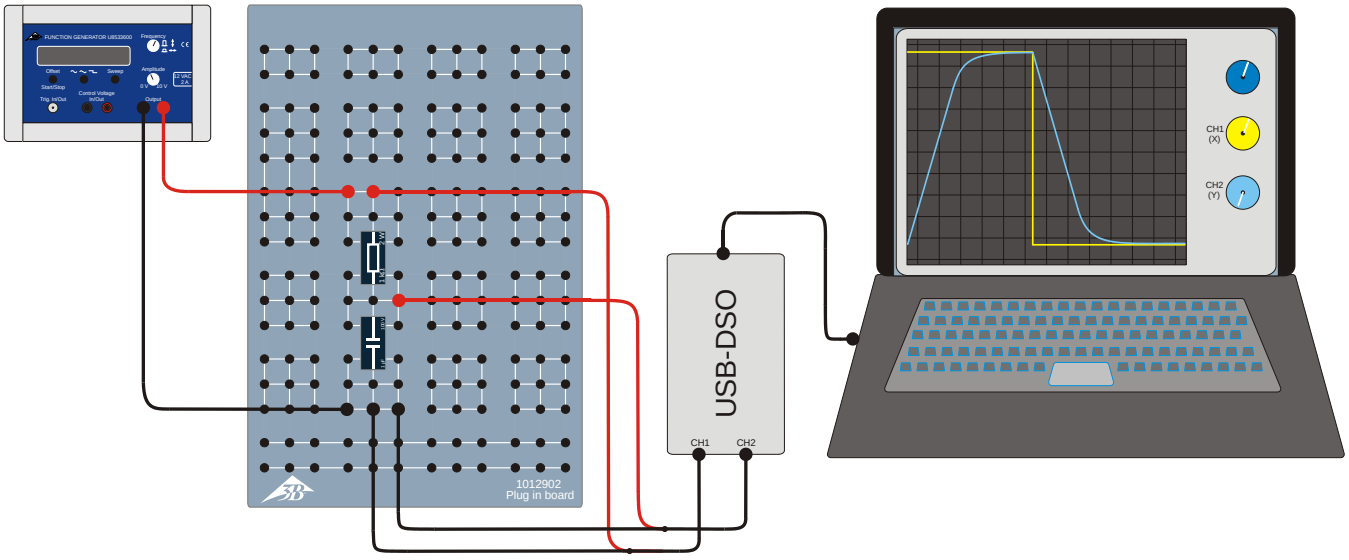

Fig. 2 : Schéma de disposition pour la mesure.

Temps de demi-vie avec capacité fixe

- Par un montage en série de deux condensateurs avec C = 1 µF, réaliser une capacité de C = 0,5 µF.
- Réaliser à la suite des résistances ohmiques de R = 0,47, 1, 1,47, 2,2 et 2,67 kΩ. Générer des valeurs intermédiaires par un montage en série de deux résistances ohmiques.
- Pour chaque résistance ohmique R, lire le temps de demi-vie $T_{1/2}$ sur l'oscilloscope et saisir les valeurs dans Tab. 3.

Temps de demi-vie avec résistance fixe

- Utiliser la résistance ohmique R = 470 Ω.
- Réaliser à la suite des capacités de C = 0,33, 0,5, 0,67, 1, 1,5 et 2 µF. Générer des valeurs intermédiaires par un montage en série ou parallèle des condensateurs avec C = 1 µF.
- Pour chaque capacité C, lire le temps de demi-vie $T_{1/2}$ sur l'oscilloscope et saisir les valeurs dans Tab. 4.

EXEMPLE DE MESURE

La Fig. 4 montre par ex. l'oscillogramme au chargement et déchargement d'un condensateur. La courbe jaune montre le profil temporel de la tension qui chute à travers la résistance ohmique (CH1), la courbe bleue montre le profil temporel de la tension qui chute à travers le condensateur (CH2).

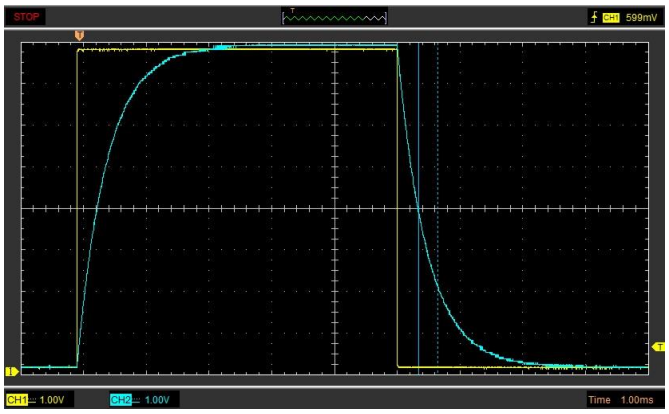

Fig. 4 : Tension au condensateur en charge et en décharge, enregistrée sur l'oscilloscope.

Tab. 1 : Temps de demi-vie $T_{1/2}$ pour différentes chutes de tension, R = 1 kΩ et C = 1 µF

$T_{1/2}(8\,\text{V} \rightarrow 4\,\text{V})$	$T_{1/2}(4\,\text{V} \rightarrow 2\,\text{V})$	$T_{1/2}(2\,\text{V} \rightarrow 1\,\text{V})$
0,69 ms	0,68 ms	0,70 ms

Tab. 2 : Temps de demi-vie $T_{1/2}$ pour différentes hausses de tension, R = 1 kΩ et C = 1 µF

$T_{1/2}(0\,\text{V} \rightarrow 4\,\text{V})$	$T_{1/2}(4\,\text{V} \rightarrow 6\,\text{V})$	$T_{1/2}(2\,\text{V} \rightarrow 7\,\text{V})$
0,69 ms	0,69 ms	0,70 ms

Tab. 3 : Temps de demi-vie $T_{1/2}$ pour différentes résistances ohmiques R avec capacité fixe C = 0,5 µF.

$\frac{R}{\text{k}\Omega}$	0,47	1,00	1,47	2,20	2,67
$\frac{T_{1/2}}{\text{ms}}$	0,163	0,346	0,490	0,759	0,865

Tab. 4 : Temps de demi-vie $T_{1/2}$ pour différentes capacités C avec résistance ohmique fixe R = 470 Ω.

$\frac{C}{\mu\text{F}}$	0,33	0,50	0,67	1,00	1,50	2,00
$\frac{T_{1/2}}{\text{ms}}$	0,086	0,163	0,221	0,307	0,461	0,624

ÉVALUATION

Temps de demi-vie pour charge et décharge

La correspondance des valeurs déterminées à partir de différentes sections de la courbe de chargement/déchargement pour le temps de demi-vie (Tab. 1 et 2), confirme le profil exponentiel attendu, voir équations (1) et (2).

Temps de demi-vie avec capacité fixe

- Insérer les temps de demi-vie $T_{1/2}$ de Tab. 3 par rapport aux résistances ohmiques R dans un schéma et ajuster une droite d'origine (Fig. 5).
- Pour contrôler l'équation (3), utiliser la pente de la droite m_C pour déterminer la capacité C.

(4) $T_{1/2} = m_C \cdot R$ avec $m_C = \ln 2 \cdot C$

$$\Rightarrow C = \frac{m_C}{\ln 2} = \frac{0{,}33}{\ln 2} = 0{,}48\ \mu\text{F}\,.$$

La valeur déterminée à partir de la mesure correspond très bien à la valeur nominale C = 0,5 µF.

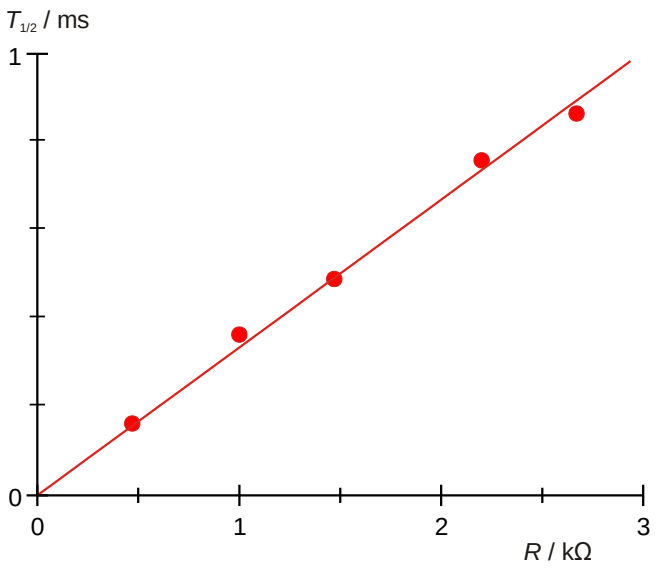

Fig. 5 :Temps de demi-vie $T_{1/2}$ en fonction de la résistance R.

Temps de demi-vie avec résistance fixe

- Insérer les temps de demi-vie $T_{1/2}$ de Tab. 4 par rapport aux capacités C dans un schéma et ajuster une droite d'origine (Fig. 6).
- Pour contrôler l'équation (3), utiliser la pente de la droite m_R pour déterminer la résistance ohmique R.

(5) $T_{1/2} = m_R \cdot C$ avec $m_R = \ln 2 \cdot R$

$$\Rightarrow R = \frac{m_R}{\ln 2} = \frac{0{,}32}{\ln 2} = 0{,}46\ \text{k}\Omega\,.$$

La valeur déterminée à partir de la mesure correspond très bien à la valeur nominale R = 470 Ω.

- Multiplier les valeurs pour les résistances ohmiques R de Tab. 3 avec la valeur pour la capacité C = 0,5 µF, multiplier les valeurs pour les capacités C de Tab. 4 avec la valeur pour la résistance ohmique R = 470 Ω, et saisir les produits $R{\cdot}C$ avec les temps de demi-vie associés de Tab. 3 et 4 dans Tab. 5.

Tab. 5 : Temps de demi-vie $T_{1/2}$ pour les produits $R{\cdot}C$, calculé à partir des valeurs dans Tab. 3 et 4.

$R \cdot C$ / kΩ · µF	$T_{1/2}$ / ms
0,16	0,09
0,24	0,16
0,24	0,16
0,31	0,22
0,47	0,31
0,50	0,35
0,71	0,46
0,74	0,49
0,94	0,62
1,10	0,76
1,34	0,87

- Insérer les temps de demi-vie $T_{1/2}$ de Tab. 5 par rapport aux produits $R{\cdot}C$ dans un schéma et ajuster une droite d'origine (Fig. 5).
- Pour contrôler l'équation (3), utiliser la pente de la droite m pour déterminer le facteur de proportionnalité ln2.

(6) $T_{1/2} = m \cdot R \cdot C$ avec $m = \ln 2$

La valeur déterminée à partir de la mesure m = 0,67 correspond très bien à la valeur théorique ln2 = 0,69.

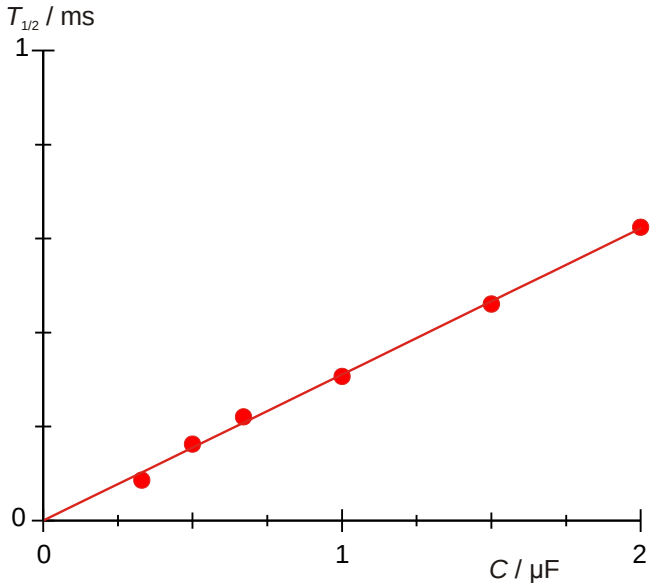

Fig. 6 :Temps de demi-vie $T_{1/2}$ en fonction de la capacité C.

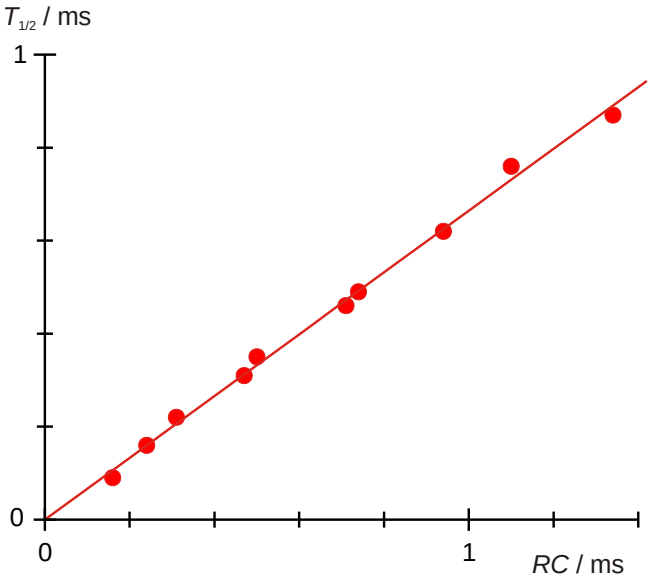

Fig. 7 :Temps de demi-vie $T_{1/2}$ en fonction du produit $R{*}C$.

© Copyright 2015 3B Scientific GmbH