

# ZADÁNÍ LABORATOŘE Č. 2

„KONDENZÁTOR A RC ČLÁNEK”

Cíle: Experimentálně ověřit chování RC článku a porozumět významu RC článku pro praxi.

## 1 MOTIVACE ANEB „PROČ TOMU VĚNOVAT ČAS A JAKÉ KOMPETENCE LZE ZÍSKAT ?”

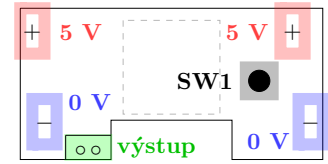
Na základě sady experimentů budete moci ověřit děje probíhající v RC článku při různých vstupních signálech, vliv dějů na odezvu RC článku a využití této odezvy v praxi.

## 2 VÝSTUP A ZPŮSOB JEHO HODNOCENÍ ANEB „CO SE ODE MNE OČEKÁVÁ A CO ZA TO ?”

Za experimentální ověření dějů probíhajících v RC článku, jejich zaznamenání formou grafu a objasnění jejich využití v praxi lze získat až **3 body**.

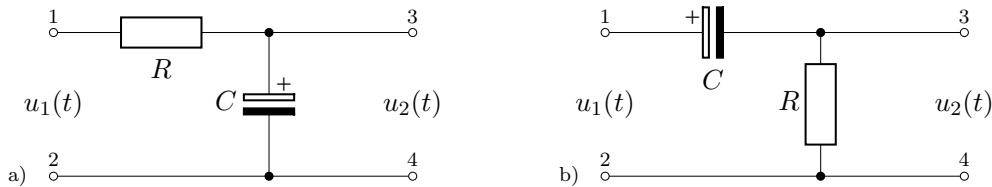
## 3 PROSTŘEDKY ANEB „CO JE K DISPOZICI ?”

Zdroj ss. napětí s omezením proudu, nepájivé pole, krabička s prvky pro konstrukci obvodů (R, C, vodiče), generátor signálů (Obr. 1; *Δ před zapnutím napájecího zdroje zkontrolujte, zda je generátor ke zdroji připojen správně, tj. vývod “+” k 5 V, vývod “−” k 0 V Δ*), měřicí přístroje (multimetr, osciloskop).



Obrázek 1: Generátor signálů

## 4 ZÁKLADNÍ SCHÉMA(TA) A VZTAHY ANEB „Z ČEHO SE BUDE VYCHÁZET ?”



Obrázek 2: RC článek a) integrační, b) derivační. Základní veličiny a vztahy:  $t$  je čas,  $i(t)$  je proud procházející  $R$ ,  $C$ ,  $u_1(t) = u_R(t) + u_C(t)$  vstupní napěťový signál,  $u_2(t)$  je výstupní napětí. sig., přičemž  $u_2(t) = u_1(t) - u_R(t) = u_C(t)$  pro (a),  $u_2(t) = u_1(t) - u_C(t) = u_R(t)$  pro (b). Vztah mezi  $i(t)$ ,  $u_C(t)$ :  $u_C(t) = \frac{1}{C} \int i dt$ ,  $i(t) = C \cdot u'_C(t)$  pro  $u_C(t) = 0$  v  $t = 0$ , elektrický náboj  $Q$  na  $C$ , tj.  $Q(t) = C \cdot u_C(t)$  a proud  $i(t)$  kondenzátorem  $C$ , tj.  $i(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{d(C \cdot u_C(t))}{dt} = C \cdot u'_C(t)$ .

Pojmy významné z hlediska i) dějů probíhajících v RC článku a ii) využití RC článku v praxi:

• **časová konstanta** ( $\tau$  [s]) RC článku:  $\tau = R \cdot C$  (1)

• **mezní úhlový kmitočet** ( $\omega_0$  [rad · s<sup>-1</sup>]) RC článku:

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau} = 2\pi \cdot f_0 \quad (2)$$

• **napěťový přenos** ( $\hat{A}_u(\omega)$  [−]) RC článku<sup>1</sup>:

$$\hat{A}_u(j\omega) = \frac{\hat{U}_2(j\omega)}{\hat{U}_1(j\omega)}, \quad A_u(\omega) = |\hat{A}_u(j\omega)| \quad (3)$$

<sup>1</sup> $\hat{U}_1(j\omega)$ ,  $\hat{U}_2(j\omega)$  jsou frekvenčně (na  $\omega$ ) závislé fázory příslušející  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ , resp.  $A_{u_{dB}}(\omega)$  [dB] =  $20 \cdot \log_{10} A_u(\omega)$

## 5 POSTUP SAMOSTATNÝCH ČINNOSTÍ ANEB „CO DĚLAT A NA CO SI DÁT POZOR ?”



*Používáme elektrolytické kondenzátory, u jejichž vývodů je nutno rozlišovat polaritu, aby nedošlo k poškození či dokonce k EXPLOZI kondenzátoru. Delší vývod je +, vývod – je na pouzdře kondenz. označen řetězcem symbolů ”–” připomínajícím přerušovanou čáru.*

**Experiment 1:** i) Pro zvolené  $R, C$  vypočtete  $\tau$  dle (1) a **zapojte** obvod dle Obr. 2a) či b). Obvod **rozšiřte** o přístroje pro sledování vývoje veličin  $I, U_C$  (popř.  $U_R$ ) v čase.  
ii) Připojením ss./= napětí  $u_1(t) = 5\text{ V}$  mezi svorky 1, 2 (viz Obr. 2) **zahajte** nabíjení  $C$  a **sledujte**, i) jak se vyvíjejí veličiny  $I, U_C$  (popř.  $U_R$ ) v čase a ii) jak změna  $R, C$  (tj.,  $\tau$ ) ovlivňuje dynamiku dějů v obvodu (*odpojením obvodu od zdroje napětí můžete analogicky sledovat děje při vybíjení  $C$* ).

**Experiment 2:** i) Pozorně **sledujte** výklad vyučujícího k práci s osciloskopem<sup>2</sup>. Pomocí osciloskopu **zjistěte** tvar signálu z kalibračního vývodu a **odměřte** charakteristiky signálu v oblasti časové i napěťové.  
ii) **Seznamte** se s obsluhou generátoru z Obr. 1 (dlouhý/krátký stisk SW1, výstup); pomocí osciloskopu **analyzujte** jeho možnosti (tvar sig., frekv./napět. rozsah).  
iii) **Zapojte** jeden z obvodů z Obr. 2. **Nastavte a zapojte** generátor tak, aby na vstupu obvodu z Obr. 2 produkoval napěťový signál  $u_1(t)$  obdélníkového tvaru o zvolené frekvenci. Pomocí osciloskopu **sledujte** průběh  $u_1(t)$  a (postupně také) průběh napětí na  $R, C$ . Průběhy napětí na  $R, C$  **objasněte a nastiňte** jejich možné využití v praxi.

**Experiment 3:** i) S ohledem na zjištěné vlastnosti generátoru z Obr. 1 pracujícího v “sinusovém” režimu **zvolte**  $R, C$  tak, aby hodnota  $f_0$  byla co nejbližší středu frekvenčního rozsahu generátoru pro tento režim.  
ii) **Zapojte** jeden z obvodů z Obr. 2. **Nastavte** generátor tak, aby na vstupu obvodu generoval napěťový signál  $u_1(t)$  sinusového tvaru o frekvenci  $f = f_0$ , viz (2), **změřte** amplitudy  $u_1(t)$ <sup>3</sup>,  $u_2(t)$ <sup>4</sup> a **spočítejte** modul (velikost) přenosu  $A_u(\omega)$  dle (3). Analogicky **postup opakujte** nejprve pro několik frekvencí  $f < f_0$  až  $f \ll f_0$ , poté pro několik frekvencí  $f > f_0$  až  $f \gg f_0$ .  
iii) **Vyneste** závislost  $A_u(\omega)$  a  $f$  do grafu a ze závislosti **vyvoďte**, zda se daný obvod chová jako filtr typu dolní či horní propust.

## 6 SHRUTÍ, VYHODNOCENÍ A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ ANEB „JAKÁ JSOU ZJIŠTĚNÍ ?”

Experimentálně jste mohli ověřit, že kondenzátor se může nejen nabíjet, ale také (samo)vybíjet, přičemž hodnota napětí na kondenzátoru je dána nejen velikostí a směrem proudu protékajícího kondenzátorem, ale i výchozím nábojem (“pamět”) v kondenzátoru. Dynamika dějů v RC člancích je pak určena hodnotou  $\tau$ , čehož lze využít v řadě aplikací.

## 7 K ZAMYŠLENÍ/ZAPAMATOVÁNÍ ANEB „NĚCO DO DALŠÍHO STUDIA A ŽIVOTA.”

Děje spojené s nabíjením/vybíjením kondenzátoru lze využít např. k odměřování času, detekci hran v obdélníkovém signálu, filtrování signálu, jeho derivaci či integraci. Pro daný RC článek zkuste zjistit: i) za jakých okolností bude velikost proudu obvodem maximální/minimální, ii) za jakou dobu napětí na  $C$  vzroste na určenou hodnotu při  $u_1(t) = konst.$ , iii) zda hodnota jeho  $\tau$  umožňuje “dobrou” derivaci resp. integraci vstupního signálu, iv) jaký je fázový rozdíl napětí a proudu na  $C$ .

<sup>2</sup>základní ovládání, informace o sondě, kalibračním vývodu, vizualizaci a měření v časové/hodnotové oblasti aj.

<sup>3</sup>tj.  $U_1(\omega) = |\hat{U}_1(j\omega)|$

<sup>4</sup>tj.  $U_2(\omega) = |\hat{U}_2(j\omega)|$