

ZADÁNÍ LABORATOŘE Č. 3

„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 ?”

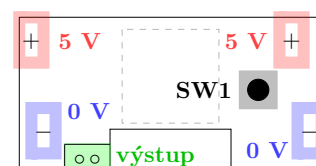
Na základě sady experimentů budete moci ověřit děje probíhající v RC článku při různých vstupních signálech, vliv dějů na odezvu RC článku a využití této odezvy v praxi.

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**.

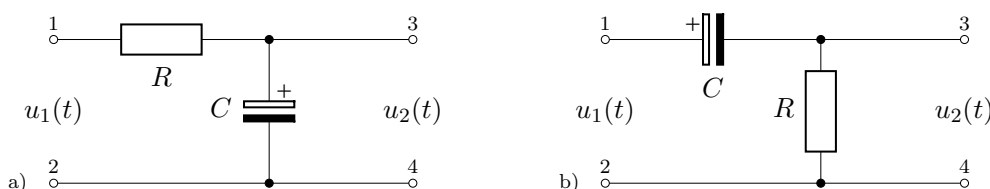
3 PROSTŘEDKY ANEB „CO JE K DISPOZICI ?”

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

• **mezní úhlový kmitočet** (ω_0 [s^{-1}]) RC článku:

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

• **napěťový přenos** ($\hat{A}_u(\omega)$ [−]) RC článku¹:

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

¹ $\hat{U}_1(j\omega)$, $\hat{U}_2(j\omega)$ jsou frekvenčně (na ω) 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 τ 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., τ) 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 osciloskopem². 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 nejblíže 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 $u_1(t)$ ³, $u_2(t)$ ⁴ 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 τ , 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 τ umožňuje “dobrou” derivaci resp. integraci vstupního signálu, iv) jaký je fázový rozdíl napětí a proudu na C .

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

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

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