

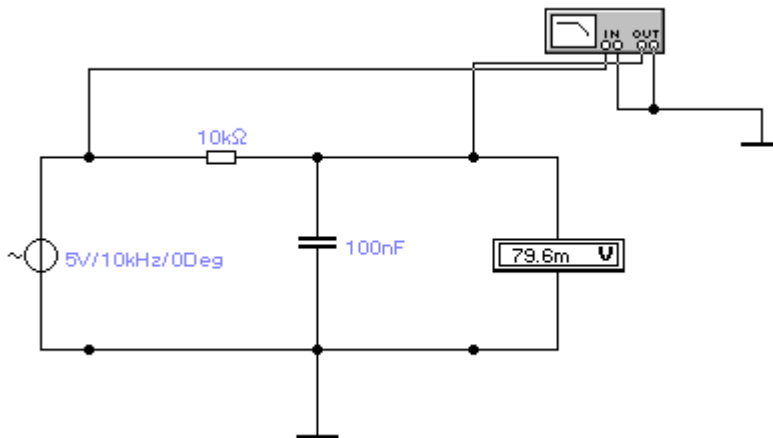
Tvarovací obvody

1) RC článek v obvodu harmonického buzení

V obvodech harmonického buzení jsme se seznámili s pojmem integrační a derivační článek.

1.1. Integrační článek v obvodu harmonického buzení

Budeme-li budit integrační článek signálem sinusového průběhu, můžeme na základě dříve získaných znalostí určit jeho chování. Nejdříve si sestojíme integrační článek jako dělič napětí-přenosový článek, tvořený kombinací rezistoru a kondenzátoru.



obr.1 Integrační článek RC- schéma zapojení

Přenos tohoto článku $P(\omega)$ je odvozený z poměru impedancí, na kterých vstupní napětí u_1 a výstupní napětí u_2 působí. Budeme-li předpokládat nulový vnitřní odpor zdroje signálu a výstup článku naprázdno, pak pro RC integrační článek dostaneme:

$$P(\omega) = \frac{u_2}{u_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

Zavedeme-li pojem časové konstanty $\tau = RC$, pak výraz upravíme na tvar:

$$P(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega\tau} \quad \omega = 2\pi f \text{ je úhlový kmitočet} \quad \text{součin } RC \text{ má rozměr času a}$$

nazývá se časová konstanta obvodu. Pomocí časové konstanty se definuje mezní kmitočet obvodu

$\omega_m = 1/\tau$ nebo-li $f_m = 1/2\pi\tau$ což je tzv. mezní kmitočet článků, při kterém dochází k poklesu přenosu článku o -3 dB, nebo-li k poklesu přenosu na 0,707 (70%) maximální hodnoty.

Přenosová funkce pak nabývá tvar:

Vlastnosti RC článku v obvodu harmonického a impulsního buzení

$$P(\omega) = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_m}} = \frac{1}{1 + js} \quad \text{kde } s \text{ představuje poměrný kmitočet obvodu.}$$

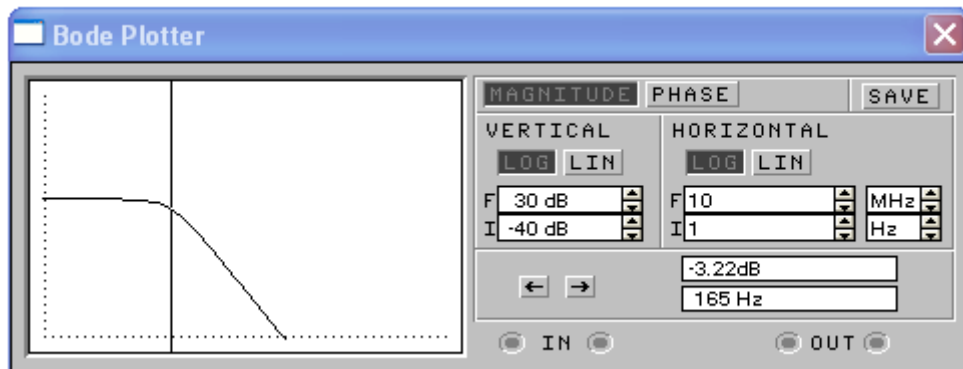
Rovnice přenosové charakteristiky vyjádřená v dB:

$$a = -10 \log \left[1 + \left(\frac{f}{f_m} \right)^2 \right]$$

Rovnice fázové charakteristiky

$$\varphi = -\arctg \frac{f}{f_m}$$

Přenosovou (útlumovou) charakteristiku a fázovou charakteristiku si zobrazíme pomocí chrakterografu- Bode Plotru v programu EWB



obr.2 Útlumová charakteristika integračního článku

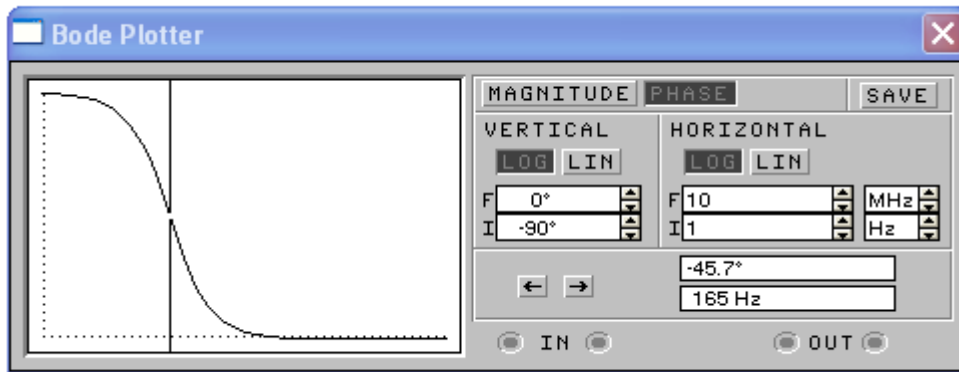
Na obr.2 vidíme, že integrační článek se chová jako dolní propust (horní zadrž) jejíž mezní kmitočet na kterém dochází k poklesu přenosu o -3dB je 165 Hz. Tento údaj ověříme výpočtem.

pro $R = 10 \text{ k}\Omega$ a $C = 100 \text{ nF}$ vypočítáme mezní kmitočet $f_m = \frac{1}{2\pi RC} = 159 \text{ Hz}$

Nesoulad mezi vypočítanou hodnotou a naměřenou hodnotou je dán údajem Bode Plotru, kdy údaj mezního kmitočtu je odečten při poklesu o -3,22 dB

Dále si zobrazíme fázovou charakteristiku integračního článku v obvodu harmonického buzení Jak vyplývá z rovnice fázové charakteristiky je fázový posuv na mezním kmitočtu:

$$\varphi = -\arctg \frac{f}{f_m} \quad \text{pro } f = f_m \quad \varphi = -\arctg 1 \quad \text{tj. } ^\circ -45^\circ$$

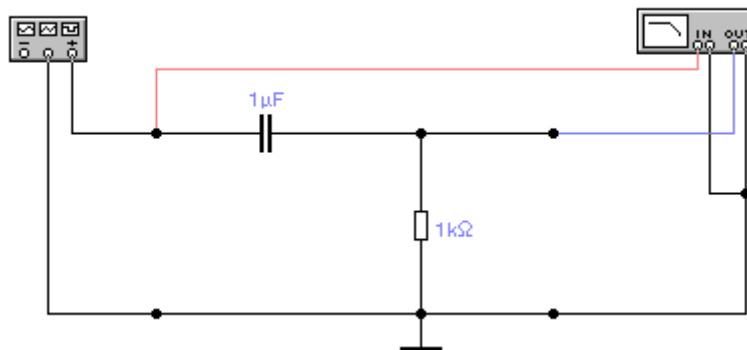


obr.3 Fázová charakteristika integračního článku

Zobrazený průběh fázové charakteristiky ukazuje fázový posuv $-45,7^\circ$

1.2. Derivační článek v obvodu harmonického buzení

Vzájemnou záměnou kondenzátoru a rezistoru v zapojení integračního článku vznikne článek derivační obr.4.



obr.4 Derivační článek RC – schéma zapojení

Přenos článku opět odvodíme z poměru impedancí na kterých působí vstupní napětí U_1 a výstupní napětí u_2 . Pro kmitočtově závislý dělič ve tvaru derivačního článku dostaneme přenosovou rovnici

$$P(\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

použijeme-li časovou konstantu obvodu $\tau = RC$ a vztah pro určení mezního kmitočtu $f_m = \frac{1}{2\pi\tau}$

pak po dosazení dostaneme rovnici kmitočtově závislého přenosu

Vlastnosti RC článků v obvodu harmonického a impulsního buzení

$$P(\omega) = \frac{j \frac{f}{f_m}}{1 + j \frac{f}{f_m}} \quad \text{pro poměrný kmitočet } s = \frac{f}{f_m} \quad P(\omega) = \frac{js}{1 + js}$$

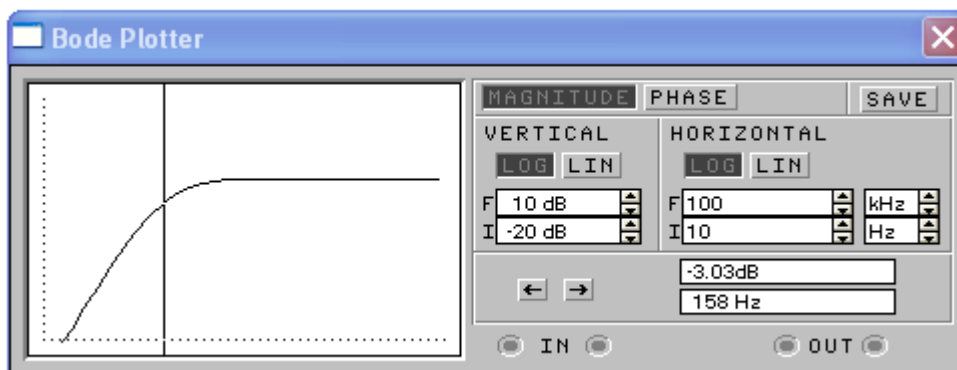
po úpravě pak získáme rovnici přenosu (útlumové charakteristiky) derivačního článku v dB.

$$a = 20 \log \frac{f}{f_m} - 10 \log \left[1 + \left(\frac{f}{f_m} \right)^2 \right] = 20 \log s - 10 \log [1 + s^2]$$

fázová charakteristika je pak dána vztahem

$$\varphi = \arctg \frac{1}{\frac{f}{f_m}} = \arctg \frac{1}{s}$$

Útlumovou a fázovou charakteristiku si opět vyjádříme pomocí simulačního programu EWB, použitím Bode-Plotru. Na obr. 5 je zobrazena přenosová (útlumová) charakteristika derivačního článku s hodnotami součástek $R = 1 \text{ k}\Omega$ a $C = 1 \mu\text{F}$.



obr.5 Útlumová charakteristika derivačního článku

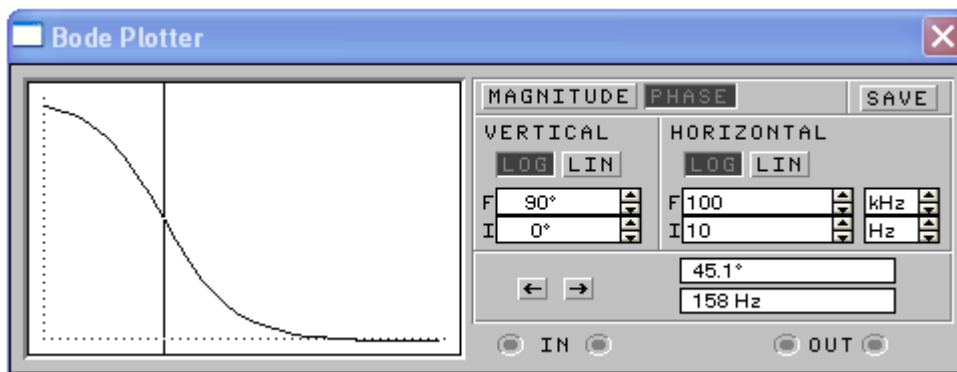
Na obr.5 vidíme, že derivační článek se chová jako horní propust (dolní zadrž) jejíž mezní kmitočet na kterém dochází k poklesu přenosu o -3dB je 158 Hz. Tento údaj ověříme výpočtem.

pro $R = 1 \text{ k}\Omega$ a $C = 1 \mu\text{F}$ vypočítáme mezní kmitočet $f_m = \frac{1}{2\pi RC} = 159 \text{ Hz}$

Nepatrný nesoulad mezi vypočítanou hodnotou a naměřenou hodnotou je dán údajem Bode Plotru, kdy údaj mezního kmitočtu je odečten při poklesu o -3,03 dB

Dále si zobrazíme fázovou charakteristiku derivačního článku v obvodu harmonického buzení Jak vyplývá z rovnice fázové charakteristiky je fázový posuv na mezním kmitočtu:

$$\varphi = \arctg \frac{1}{s} = \arctg 1 = 45^\circ$$

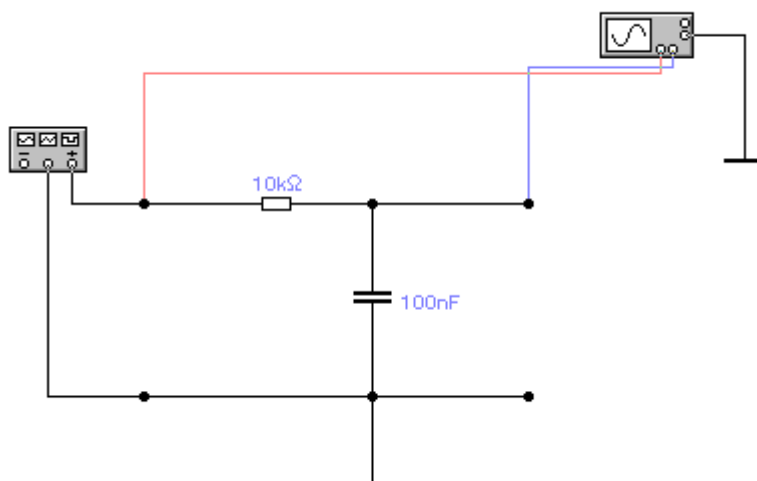


obr.6 Fázová charakteristika derivačního článku

Zobrazený průběh fázové charakteristiky ukazuje fázový posuv 45,1°

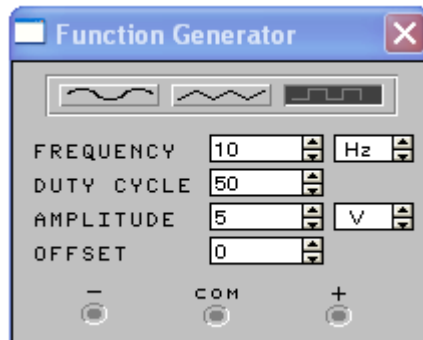
2. RC článek v obvodu impulsového buzení

Ve další části budeme řešit přenos integračního a derivačního článku pro nespojitý signál, který bude definován periodicky se opakujícím sledem obdélníkových impulsů.



obr.7 Zapojení integračního článku buzeného ze zdroje obdélníkového signálu

Integrační článek je na vstupní straně buzen signálem z generátoru obdélníkových impulsů, viz obr.8



obr.8 Generátor funkcí

Přivedeme-li na integrační článek pravoúhlý impuls s délkou trvání t_i , mohou v praxi nastat tři případy se zcela odlišným průběhem odezvy-výstupního napětí na vstupní napětí.

Výstupní napětí určíme z výrazu:

$$u_2(t) = U_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Bude-li časová konstanta obvodu $\tau = t_i$, pak výstupní napětí integračního článku dosáhne hodnoty:

$$u_2(t) = U_1 (1 - 2,718^{-1}) = 0,632U_1$$

Výstupní napětí dosáhne za dobu 1τ cca 63 % úrovně vstupního napětí.

Na dalším obrázku si ukážeme jaký vliv má poměr mezi dobou trvání impulsu a časovou konstantou obvodu na tvar výstupního napětí. Pro znázornění tohoto jevu použijeme generátor obdélníkového průběhu o kmitočtu 1Hz, doba periody je tedy 1s.

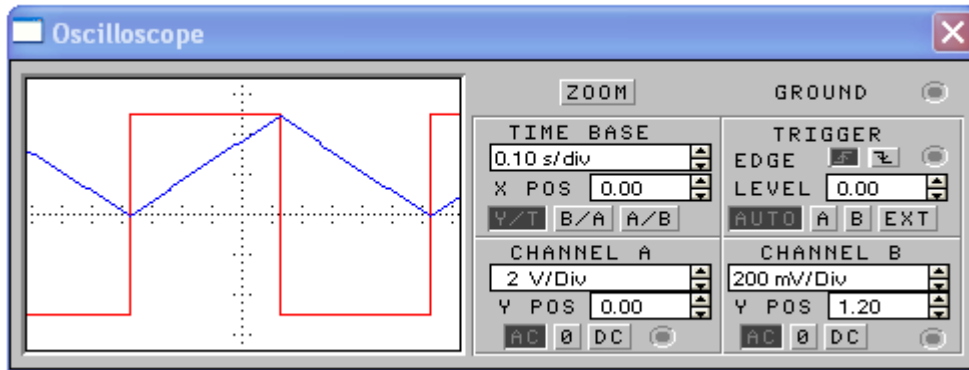
2.1. Integrační článek v impulsových obvodech

2.1.1 První případ zobrazí průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $\tau = 10t_i$ -době trvání impulsu,

$$\text{tedy } R=10\text{k}\Omega \text{ a } C= 500\mu\text{F} \quad \tau = 5\text{s}$$

$$\tau = 10t_i$$

Vlastnosti RC článků v obvodu harmonického a impulsního buzení



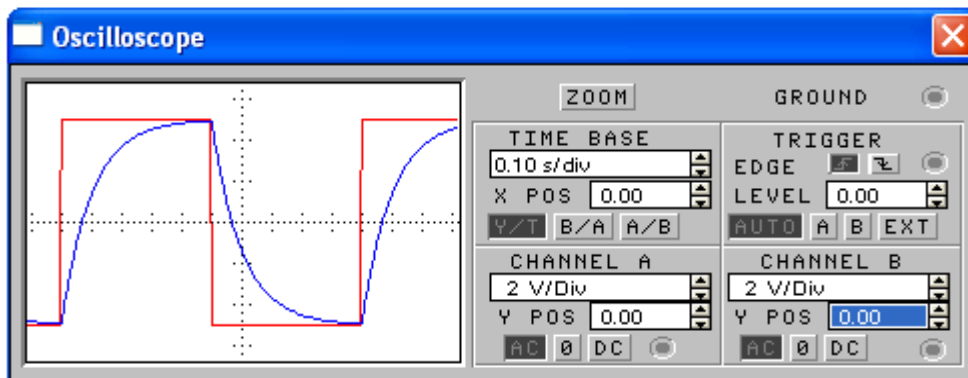
obr.9 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí integračního článku pro $\tau = t_i$

Podle časového průběhu výstupního napětí vidíme, že obvod jednoznačně integruje, výstupní napětí má tvar trojúhelníkového napětí s lineárním průběhem impulsu..

2.1.2. Druhý případ zobrazuje průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $1/10$ doby trvání časového průběhu. Na oscilogramu vidíme, že obvod sice mění tvar výstupního napětí, ale od trojúhelníkového průběhu se značně liší. Obvod téměř neintegruje

$$R = 10\text{k}\Omega, C = 5\mu\text{F} \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ ms}$$

$$\tau = 1/10 t_i$$

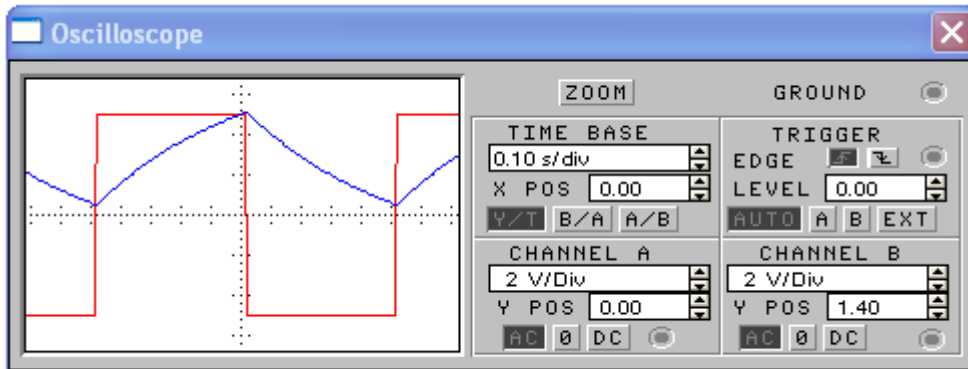


obr.10 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí integračního článku pro $\tau = 1/10 t_i$

2.1.3. Třetí případ nastane bude-li naopak časová konstanta $\tau = t_i$. Tento průběh je zobrazen na obr. 11

$$R = 10\text{k}\Omega, C = 50\mu\text{F} \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 500 \text{ ms}$$

$$\tau = t_i$$



obr.11 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí integračního článku pro $\tau = t_i$

Ze zobrazeného průběhu vidíme, že v tomto případě obvod integruje a výstupní napětí má tvar trojúhelníkových impulsů, s nelineárním průběhem náběžné části..

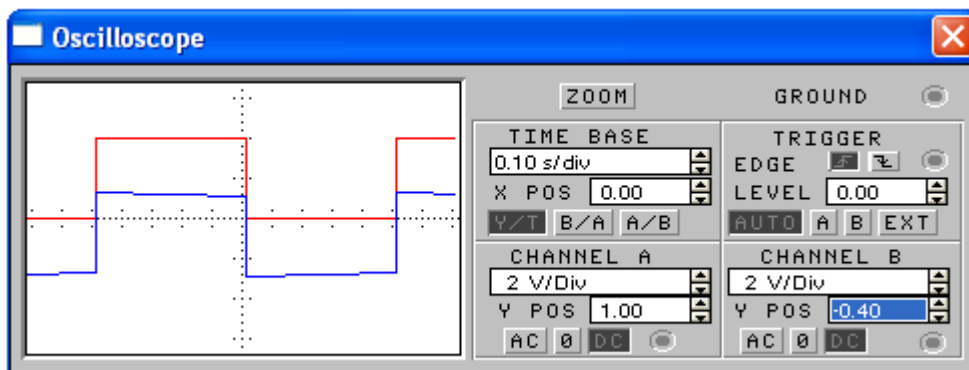
2.2. Derivační článek v impulsových obvodech

2.2.1 První případ zobrazí průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $\tau = 10 t_i$ -době trvání impulsu.

$$t_i = 0,5 \text{ s}$$

$$\text{tedy } R=10\text{k}\Omega \text{ a } C=500\mu\text{F} - \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 5 \text{ s} = 10t_i$$

Z časového průběhu je zřejmé, že obvod s takovou časovou konstantou jednoznačně nederivuje, průběh výstupního napětí sleduje průběh vstupního napětí jak v časovém průběhu, tak i v amplitudě. Na zobrazení jsou časové průběhy úmyslně vertikálně posunuté, aby bylo možné jejich průběh porovnat.



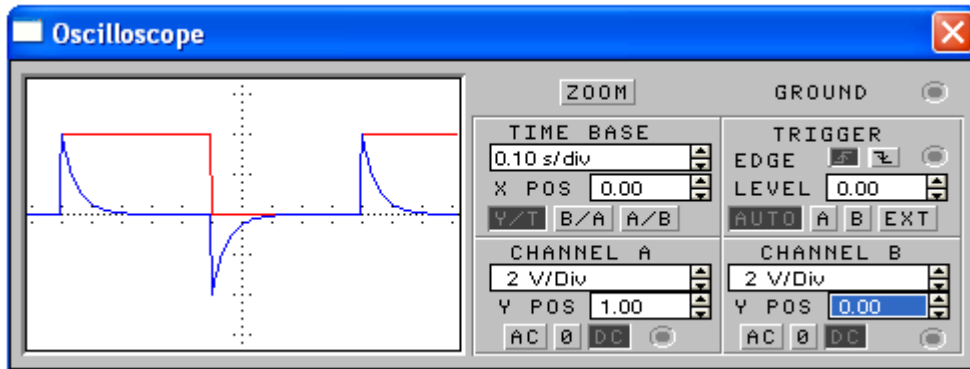
obr.12 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí derivačního článku pro $\tau = 10 t_i$

Vlastnosti RC článků v obvodu harmonického a impulsního buzení

- 2.2.2. Druhý případ zobrazuje průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $1/10$ doby trvání časového průběhu impulsu $t_i = 0,05 \text{ s} = 50 \text{ ms}$. Na oscilogramu vidíme, že obvod mění tvar výstupního napětí, obvod derivuje a vytváří napětí ve tvaru jehlových impulsů.

$$R = 10 \text{ k}\Omega, C = 5 \mu\text{F} \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ ms}$$

$$\tau = 1/10 t_i$$

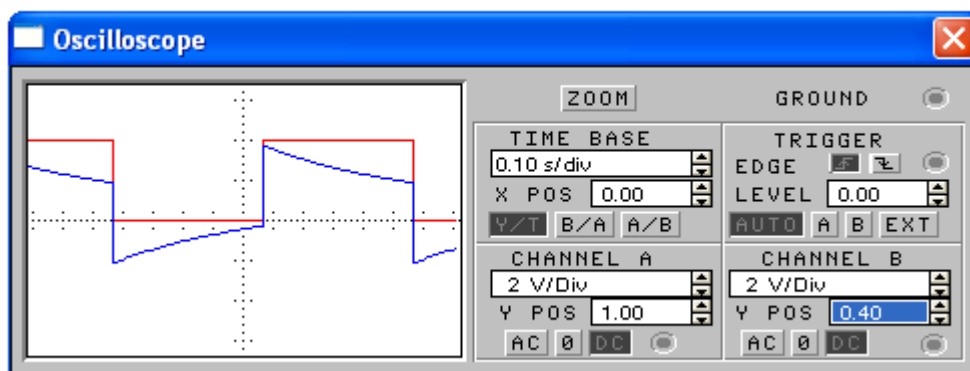


obr.13 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí derivačního článku pro $\tau = 1/10 t_i$

- 2.2.3. Třetí případ zobrazuje průběh výstupního napětí bude-li časová konstanta $\tau = t_i$ době trvání časového průběhu impulsu $t_i = 0,5 \text{ s} = 500 \text{ ms}$. Na oscilogramu vidíme, že obvod mění tvar výstupního napětí částečně, obvod nederivuje a vytváří napětí, které se příliš neliší od průběhu vstupního signálu.

$$R = 10 \text{ k}\Omega, C = 50 \mu\text{F} \quad \tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 500 \text{ ms}$$

$$\tau = t_i$$



obr.14 Oscilogram časového průběhu vstupního a výstupního napětí derivačního článku pro $\tau = t_i$