



## rc 2000 $\mu$ LAB - INTEGRAČNÍ ČLÁNEK RC

### Obsah:

- Teoretický vstup
- Schéma zapojení integračního článku v systému rc 2000 -  $\mu$ LAB
- Zobrazení výstupního napětí systémem rc 2000 -  $\mu$ LAB při vstupním obdélníkovém signálu
  - a)** Výpočty, měření a vyhodnocení pro  $f \ll f_m$
  - b)** Výpočty, měření a vyhodnocení pro  $f = f_m$
  - c)** Výpočty, měření a vyhodnocení pro  $f \gg f_m$
- Závěr

### Použité zdroje:

<http://www.dmaster.wz.cz>

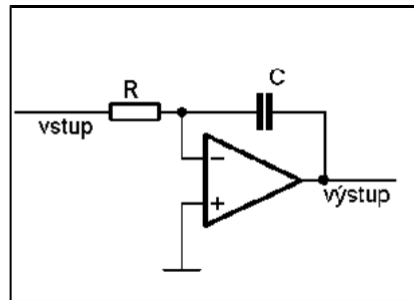
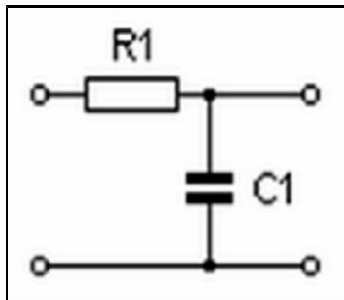
<http://hellweb.loose.cz>

<http://www.med.muni.cz>

<http://www.tzb-info.cz>

<http://www.rcdidactic.cz>

# Integrační článek RC

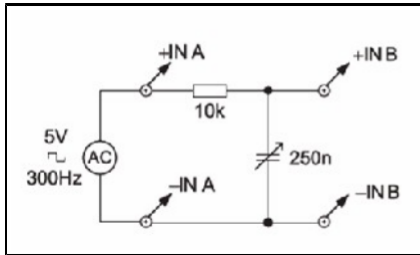


Aktivní integrační článek lze snadno realizovat pomocí operačního zesilovače. Kondenzátor C je zapojen ve zpětné vazbě z výstupu na invertující vstup operačního zesilovače.

## Teoretický vstup: *(opakování z teoretického vyučování)*

- integrační článek je **dolní propust** - přenáší lépe nižší kmitočty
- integrační článek je **frekvenčně závislý**
- s rostoucím kmitočtem klesá přenos (sklon logaritmické amplitudové frekvenční charakteristiky - LAFCH) o **20 dB na dekádu** (6 dB na oktávu)
- v obvodu provádí **matematickou funkci integrování** - výstupní napětí je integrálem (průměrnou hodnotou) vstupního napětí podle času
- podmínka kvality integrace je, aby časová konstanta byla podstatně větší (nejméně 5x), než doba trvání vstupního impulsu
- **mezní kmitočet** integračního článku je  $f_m = \frac{1}{2\pi RC}$
- při **mezním kmitočtu** je výstupní napětí integračního článku nižší o **3 dB** a **fázový posun je 45°** při sinusovém buzení
- při  $f = 10 \cdot f_m$  je výstupní amplituda napětí 10x menší v porovnání s napětím na vstupu - **20 dB** a **fázový posun je 84°** při sinusovém buzení
- kondenzátor se nabíjí a napětí na něm roste exponenciálně  $u_c(t) = U \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$
- nabíjecí proud kondenzátoru je  $i_{c(t)} = \frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
- při vybíjení kondenzátoru napětí na něm exponenciálně klesá  $u_c(t) = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
- vybíjecí proud kondenzátoru je  $i_{c(t)} = -\frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
- **časová konstanta** integračního **RC** článku je  $\tau = RC$

# Schéma zapojení integračního článku v systému rc 2000 - μLAB



### Použité moduly:

- AC generátor 300 Hz (obdělík)
- kapacitní dekáda
- rezistor 10 kΩ
- propojovací vodiče k ADDU a napájení

## a) Výpočty, měření a vyhodnocení pro $f \ll f_m$

<b><math>f \ll f_m</math></b>	
<b>C</b>	4 nF
<b>R</b>	10 kΩ
<b><math>\tau</math></b>	40 μs
<b>f</b>	300 Hz
<b><math>f_m</math></b>	3,9 kHz
<b>f/<math>f_m</math></b>	0,075

### Časová konstanta:

$$\tau = R.C = 40 \cdot 10^{-6} = 40 \mu s$$

### Mezní kmitočet:

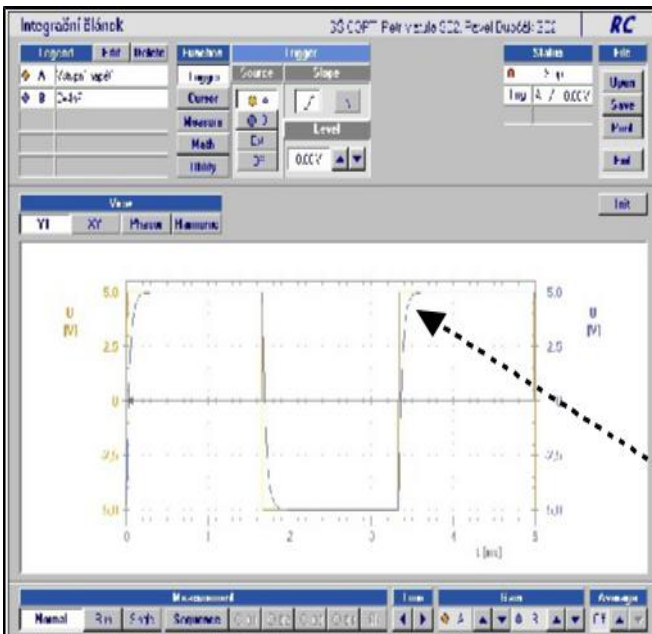
$$f_m = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 0,003978 \cdot 10^6 = 3,9 kHz$$

### Kmitočet vstupního napětí:

$$f = 300 Hz$$

### Poměr kmitočtů:

$$\frac{f}{f_m} = \frac{300}{3900} = 0,075 \Rightarrow f \ll f_m$$



### Vyhodnocení

Při mezním kmitočtu  $f_m$ , který je více jak 10x větší než kmitočet obdélíkového signálu stanovujeme následující závěry:

- impedance kondenzátoru:
 
$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 300 \cdot 4 \cdot 10^{-9}}$$
- impedance **C** je více jak 10x větší v porovnání s impedancí **R**
- kapacita se uplatňuje minimálně □ dochází k mírnému zaoblení hran obdélíkového signálu
- ... z vstupního signálového spektra byly odstraněny složky nejvyšších harmonických

## b) Výpočty, měření a vyhodnocení pro $f \sim f_m$

$f \sim f_m$	
<b>C</b>	40 nF
<b>R</b>	10 kΩ
<b>τ</b>	400 μs
<b>f</b>	300 Hz
<b>f<sub>m</sub></b>	397,8 Hz
<b>f/f<sub>m</sub></b>	0,75

### Časová konstanta:

$$\tau = R \cdot C = 400 \cdot 10^{-6} = 400 \mu s$$

### Mezní kmitočet:

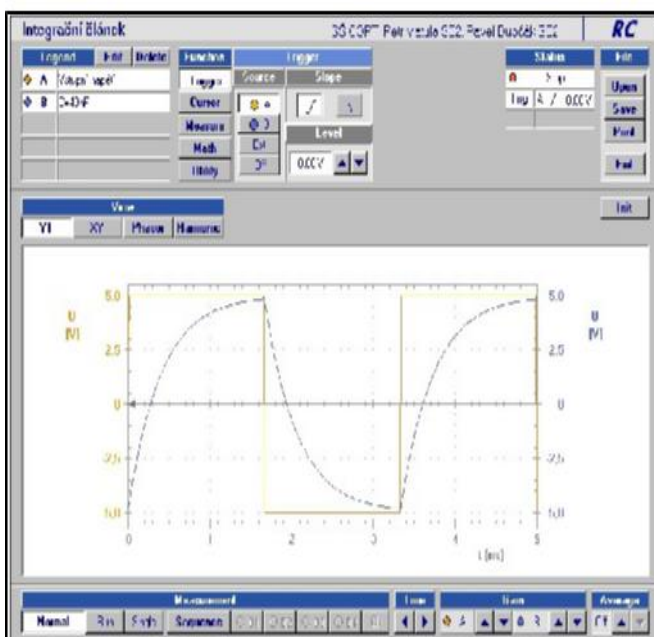
$$f_m = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 400 \cdot 10^{-6}} = 0,0003978 \cdot 10^6 = 397,8 \text{ Hz}$$

### Kmitočet vstupního napětí:

$$f = 300 \text{ Hz}$$

### Poměr kmitočtů:

$$\frac{f}{f_m} = \frac{300}{397,8} = 0,75 \text{ } f @ f_m$$



### Vyhodnocení

Při mezním kmitočtu  $f_m$ , který je srovnatelný s kmitočtem obdélníkového signálu stanovujeme následující závěry:

- impedance kondenzátoru:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 300 \cdot 40 \cdot 10^{-9}}$$

- impedance **C** a impedance **R** jsou srovnatelné
- signál na výstupu je výrazně změněný - projevuje se nabíjení a vybíjení **C**
- harmonické vyšší jak 1 jsou potlačeny více

## c) Výpočty, měření a vyhodnocení pro $f \gg f_m$

<b><math>f \gg f_m</math></b>	
<b>C</b>	240 nF
<b>R</b>	10 kΩ
<b>τ</b>	2,4 ms
<b>f</b>	300 Hz
<b>f<sub>m</sub></b>	66,31 Hz
<b>f/f<sub>m</sub></b>	4,52

### Časová konstanta:

$$\tau = R \cdot C = 40 \cdot 10^{-6} = 2,4 \text{ ms}$$

### Mezní kmitočet:

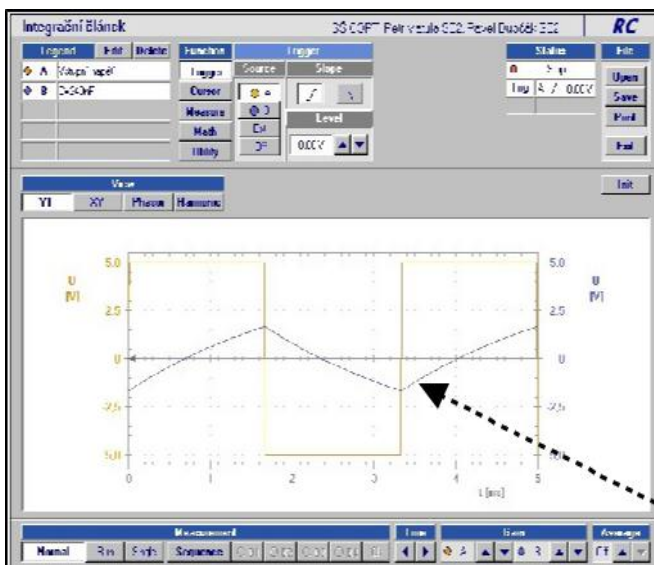
$$f_m = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}} = .103 = 66,31 \text{ Hz}$$

### Kmitočet vstupního napětí:

$$f = 300 \text{ Hz}$$

### Poměr kmitočtů:

$$\frac{f}{f_m} = \frac{300}{66,31} = 4,52 \quad f \gg f_m$$



### Vyhodnocení

Při mezním kmitočtu  $f_m$ , který je menší než kmitočet obdélníkového signálu stanovujeme následující závěry:

- impedance kondenzátoru:
 
$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 300 \cdot 240 \cdot 10^{-9}}$$
- impedance **C** je malá, signál je částečně zkratován
- doba nabíjení a vybíjení kondenzátoru nestačí sledovat změny vstupního signálu
- ... výstupní signál je potlačen hlavně

### Závěr

**Integrační člunek je komplexní dvojbran** realizovaný v pasivní podobě nejčastěji kombinací rezistoru a kondenzátoru. Svými vlastnostmi ovlivňuje přenos střídavého elektrického signálu. RC obvody v technické praxi slouží převážně k požadovanému tvarovému ovlivnění průběhu signálu v čase, selekci, nebo fázovému posunu. Používají se jako tvarovací obvody a frekvenční filtry. U RC oscilátoru je integrační (derivační) dvojbran využit ke generování sinusových kmitů. Aktivní integrační člen lze snadno sestavit použitím operačního zesilovače. Integrátor lze také vytvořit pomocí čítače impulsů a převodníku napětí–frekvence.