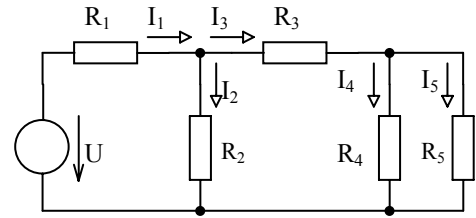


# 1 Elektrotechnika 1

Metodou postupného zjednodušování vypočtete proudy všech větví uvedeného obvodu.

$R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 1 \Omega$ ,  $R_4 = 2 \Omega$ ,  $R_5 = 2 \Omega$ ,  
 $U = 60 \text{ V}$ .



## Řešení

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = 1 \Omega, \quad R_{345} = R_3 + R_{45} = 2 \Omega$$

$$R_{2345} = \frac{R_2 \cdot R_{345}}{R_2 + R_{345}} = 1 \Omega, \quad R = R_1 + R_{2345} = 6 \Omega$$

5 bodů

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{60}{6} = 10 \text{ A}$$

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 5 \cdot 10 = 50 \text{ V}, \quad U_{R2} = U - U_{R1} = 60 - 50 = 10 \text{ V},$$

$$I_2 = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 5 \text{ A}$$

$$U_{R3} = R_3 \cdot I_3 = 5 \text{ V}, \quad U_{R4} = U_{R2} - U_{R3} = 5 \text{ V}$$

5 bodů

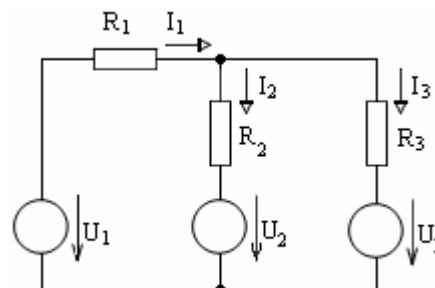
$$I_4 = \frac{U_{R4}}{R_4} = 2,5 \text{ A} \quad I_5 = \frac{U_{R4}}{R_5} = 2,5 \text{ A}$$

## 2 Elektrotechnika 1

a) Metodou smyčkových proudů (MSP) vypočtete proudy všech větví uvedeného obvodu.

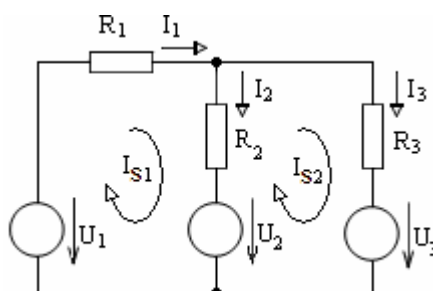
$$R_1 = 1 \Omega, R_2 = 2 \Omega, R_3 = 2 \Omega, U_1 = 5 \text{ V}, U_2 = 3 \text{ V}, U_3 = 1 \text{ V}.$$

b) Uveďte obecný vztah pro výpočet počtu nezávislých smyček obvodu u metody smyčkových proudů.



### Řešení

a)



$$\begin{pmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{S1} \\ I_{S2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 - U_2 \\ U_2 - U_3 \end{pmatrix} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{S1} \\ I_{S2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} = 8 \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} 2 & -2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 12 \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ -2 & 2 \end{vmatrix} = 10$$

$$I_{S1} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ A} \quad I_{S2} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ A} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

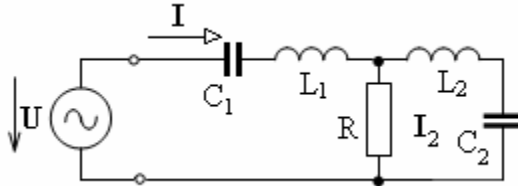
$$I_1 = I_{S1} = 1,5 \text{ A}, \quad I_2 = I_{S1} - I_{S2} = 0,25 \text{ A}, \quad I_3 = I_{S2} = 1,25 \text{ A} \quad \mathbf{3 \text{ body}}$$

(Pozn.: V případě jiné volby smyček, která **musí být při řešení vyznačena**, je třeba správné mezivýsledky s hodnotami odlišnými od vzorového řešení také adekvátně bodovat).

b) Počet nezávislých smyček:  $s = v - n + 1$  ( $v$  - počet větví,  $n$  - počet uzlů obvodu). **1 bod**

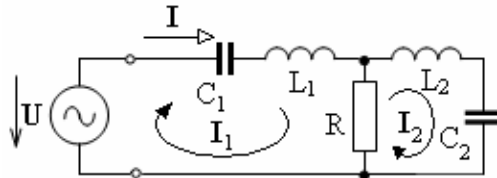
### 3 Elektrotechnika 2

Metodou smyčkových proudů (rovnice smyčkových proudů vyjádřete v maticovém tvaru) vypočítejte fázor proudu  $\mathbf{I}$ , amplitudu proudu  $I_m$  a vyjádřete okamžitou hodnotu proudu  $i(t)$  dodávaného zdrojem do celkové zátěže.



$$\begin{aligned} R &= 10 \, \Omega \\ \omega L_1 &= 10 \, \Omega, \quad \omega L_2 = 20 \, \Omega \\ 1/\omega C_1 &= 1/\omega C_2 = 10 \, \Omega \\ U &= 20 e^{j0} \, \text{V} \end{aligned}$$

#### Řešení



$$\begin{bmatrix} R + j\omega L_1 + 1/(j\omega C_1) & -R \\ -R & R + j\omega L_2 + 1/(j\omega C_2) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{U} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\begin{bmatrix} 10 & -10 \\ -10 & 10 + j10 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 10 & -10 \\ -10 & 10 + j10 \end{vmatrix} = 100 + 100j - 100 = 100j \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 20 & -10 \\ 0 & 10 + j10 \end{vmatrix} = 200 + 200j \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\mathbf{I} = \Delta_1 / \Delta = \frac{200 + 200j}{100j} = \frac{2 + 2j}{j} = 2 - 2j \, (\text{A}) \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

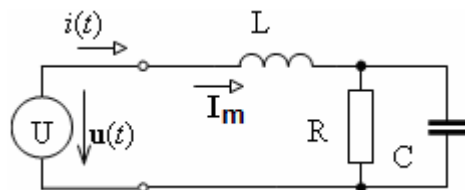
$$\text{amplituda } I_m = \sqrt{2} |2 - 2j| = \sqrt{2} \sqrt{4 + 4} = 4 \, (\text{A}) \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

okamžitá hodnota

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi) = 4 \cdot \sin(\omega t + \arctg(-1)) = 4 \cdot \sin(\omega t - \pi/4) \quad (\text{A}) \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

## 4 Elektrotechnika 2

Určete obecně i numericky celkovou impedanci obvodu  $\mathbf{Z}$ , fázor proudu  $\mathbf{I}_m$  a okamžitou hodnotu proudu  $i(t)$ , je-li obvod buzen harmonickým napětím  $u(t) = U_m \sin(\omega t) = 100 \sin(\omega t)$ .



$$\begin{aligned} R &= 50 \, \Omega \\ \omega L &= 50 \, \Omega \\ 1/\omega C &= 50 \, \Omega \end{aligned}$$

### Řešení

$$U_m = 100 + j0 \text{ (V)}$$

$$\mathbf{Z} = j\omega L + \mathbf{Z}_{RC}, \quad \mathbf{Z}_{RC} = \frac{R \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{j\omega CR + 1} \quad \text{2 body}$$

$$\mathbf{Z}_{RC} = \frac{R}{j\omega CR + 1} = \frac{50}{1 + j} = \frac{50 \cdot (1 - j)}{(1 + j) \cdot (1 - j)} = 25 - j25 \text{ (}\Omega\text{)} \quad \text{2 body}$$

$$\mathbf{Z} = j\omega L + \mathbf{Z}_{RC} = j50 + 25 - j25 = 25 + j25 \text{ (}\Omega\text{)} \quad \text{1 bod}$$

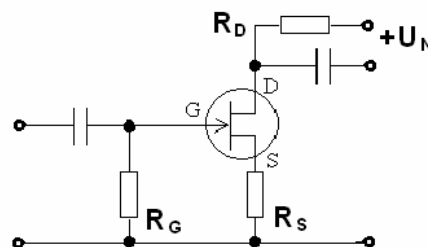
$$\mathbf{I}_m = \frac{\mathbf{U}_m}{\mathbf{Z}} = \frac{100}{25 + j25} = \frac{100}{25(1 + j)} = \frac{4 \cdot (1 - j)}{(1 + j) \cdot (1 - j)} = \frac{4 \cdot (1 - j)}{2} = 2 - j2 \text{ (A)} \quad \text{2 body}$$

$$I_m = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8} = 2 \cdot \sqrt{2} \text{ (A)} \quad \text{1 bod}$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i) = 2 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + \arctg(-1)) = 2 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t - \pi/4) \text{ (A)} \quad \text{2 body}$$

## 5 Elektronické součástky

a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?  
Vysvětlete funkci odporů  $R_G$ ,  $R_S$  a  $R_D$ .  
Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost?



b) Nakreslete: Vstupní charakteristiku bipolárního tranzistoru NPN, převodní charakteristiku tranzistoru J-FET kanálem typu N, převodní charakteristiku tranzistoru IGFET s trvalým kanálem typu N a převodní charakteristiku tranzistoru IGFET s indukovaným kanálem typu N.

c) Stručně definujte tepelný průraz přechodu PN. Jakým způsobem lze tepelný průraz potlačit?

### Řešení

a) Zapojení je zesilovač s tranzistorem JFET s kanálem typu N.

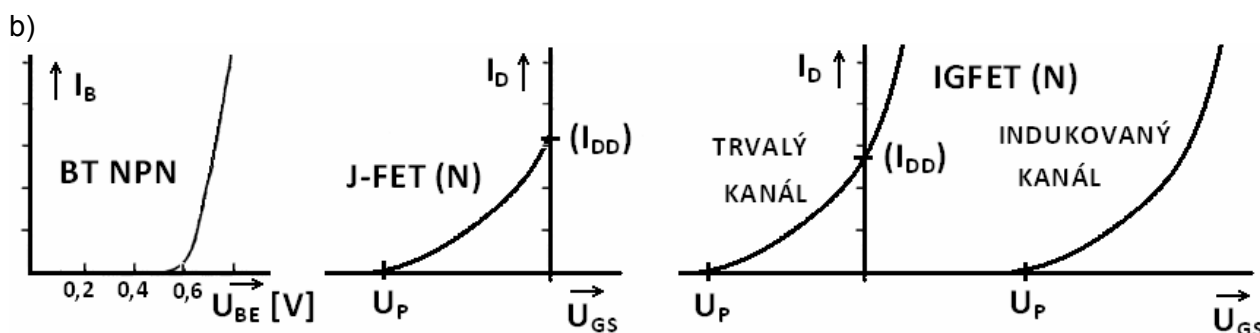
1 bod

Odpor  $R_G$  zajišťuje nulové napětí na hradle z hlediska nastavení pracovního bodu. Pro střídavý signál pouze snižuje vstupní odpor. Odpor  $R_S$  slouží k nastavení pracovního bodu zesilovače. Při průchodu proudem se na  $R_S$  vytváří úbytek napětí. Protože je hradlo uzemněné, vytváří se tak záporné napětí  $U_{GS}$ . (Takto se obchází nutnost použít zdroj záporného napětí pro nastavení záporného napětí  $U_{GS}$ .)

2 body

Proud  $I_D$  volíme tak, aby na odporu  $R_D$  bylo napětí odpovídající přibližně polovině napájecího napětí. Velikost napětí  $U_{GS}$  pro tento proud se nastaví velikostí odporu  $R_S$  - určíme z převodní charakteristiky nebo vypočítáme, pokud známe parametry tranzistoru  $U_P$  a  $I_{DD}$ .

1 bod



4 body

c) Tepelný průraz je lokální průraz při velkém závěrném proudě. Zvýšení teploty vede ke zvyšování proudové hustoty. Při nerovnoměrném rozdělení proudové hustoty vznikají "horká místa", kde dochází ke koncentraci proudu. Vlivem kladné zpětné vazby pak dochází k dalšímu přehřívání, zvyšování proudu a protavení přechodu. Proto je u polovodičových součástek nutné zajistit dostatečné chlazení.

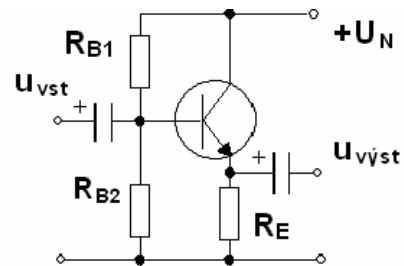
Pro potlačení náchylnosti součástek k tepelnému průrazu je nutné zajistit co nejrovnoměrnější rozložení proudové hustoty. Toho se dosáhne použitím kvalitního (homogenního) materiálu a vhodnou geometrií přechodu.

2 body

## 6 Elektronické součástky

- a) Pracovní bod zesilovače je nastaven tak že  $U_E \sim 1/2 U_N$ . Jak se změní napěťové zesílení  $A_U$  a výstupní odpor zesilovače  $R_{vyst} (= R_E \parallel r_E)$  jestliže:

1.  $R_E$  se zmenší,
  2.  $R_{B2}$  se zmenší,
  3. Napájecí napětí  $U_N$  se zvětší.
- Odpovědi stručně (!) zdůvodněte.



- b) Jak určíme diferenciální odpor emitoru  $r_E$  bipolárního tranzistoru? Jaká je souvislost  $r_E$  se vstupním odporem samotného tranzistoru v zapojení SE?
- c) Proudový zesilovací činitel pro tranzistor  $T_1$  je 45 a pro tranzistor  $T_2$  je 190. Ostatní parametry jsou prakticky shodné. Vysvětlete pravděpodobnou příčinu tohoto rozdílu (předpokládejte, že se nejedná o vadné tranzistory).

### Řešení

- a) 1. Protože má tranzistor v tomto zapojení velký vstupní odpor, představuje odporový dělič  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  relativně tvrdý zdroj napětí. Při zmenšení  $R_E$  se tedy napětí  $U_E = U_B - U_{BE}$  výrazně nezmění a proud tranzistorem vzroste. Větší proud  $I_E$  znamená menší výstupní odpor a napěťové zesílení se více přiblíží jedné:  $r_E = U_T / I_E$ ,  $R_{vyst} = R_E \parallel r_E = r_E$ ,  $A_U = R_E / (R_E + r_E)$ . **2 body**

2. Napětí v děliči  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  se zmenší, proto se také zmenší i napětí  $U_E = U_B - U_{BE}$ . Proud tranzistorem se zmenší. Menší proud  $I_E$  znamená větší výstupní odpor a napěťové zesílení se zmenší. **2 body**

3. Napětí v děliči  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  se zvětší. Tím se také zvětší napětí  $U_E = U_B - U_{BE}$  a proud tranzistorem vzroste. Větší proud  $I_E$  znamená menší výstupní odpor a napěťové zesílení se více přiblíží jedné. **2 body**

- b)  $r_E = U_T / I_E \sim U_T / I_C$ ,  $R_{vst} = r_B = U_T / I_B = U_T / (I_C / \beta) = \beta U_T / I_C \sim \beta U_T / I_E = \beta \cdot r_E$

**2 body**

- c)  $T_1$  je pravděpodobně spínací tranzistor. Spínací tranzistory mají v bázi rekombinační centra pro zrychlení vypnutí. Jejich proudový zesilovací činitel je proto mnohem menší než pro universální transistory s jinak stejnými parametry. **2 body**

**7 Signály, soustavy, systémy**

Systém s diskretním časem má operátorový přenos (přenosovou funkci)  $F(z) = 1 - z^{-1}$ .

- Určete diferenční rovnici tohoto systému.
- Určete nulové body a póly přenosu  $F(z)$  tohoto systému.
- Vypočtete impulsní charakteristiku systému pro 5 prvních hodnot diskretního času (tj. pro hodnoty  $n = 0, 1, 2, 3$  a  $4$ ).

**Řešení**

a)  $y(n) = x(n) - x(n-1)$  nebo  $y(k) = u(k) - u(k-1)$ .

**3 body**

b)  $F(z) = 1 - z^{-1} = \frac{z-1}{z}$  (Tato rovnice se nevyžaduje.)

Nulový bod je 1 . **2 body**

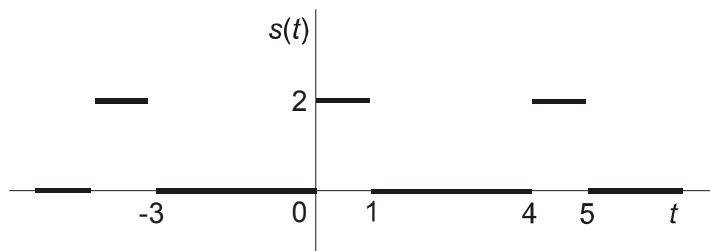
Pól je 0 . **2 body**

c) Prvními pěti hodnotami impulsové charakteristiky jsou hodnoty:

1 -1 0 0 0 . **3 body**

## 8 Signály, soustavy, systémy

Periodický signál  $s(t)$  je zadán grafem:



- Určete periodu  $T$  (tj. základní periodu) signálu  $s(t)$ .
  - Vypočtete střední hodnotu (stejnosemřnou složku) signálu  $s(t)$ .
  - Vypočtete efektivní hodnotu signálu  $s(t)$ .
- 

### Řešení

a)  $T = 4$

**3 body**

b) 0,5 nebo  $\frac{1}{2}$

**4 body**

c)  $\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T s^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{4} (2^2 \cdot 1 + 0^2 \cdot 3)} = 1$

**3 body**



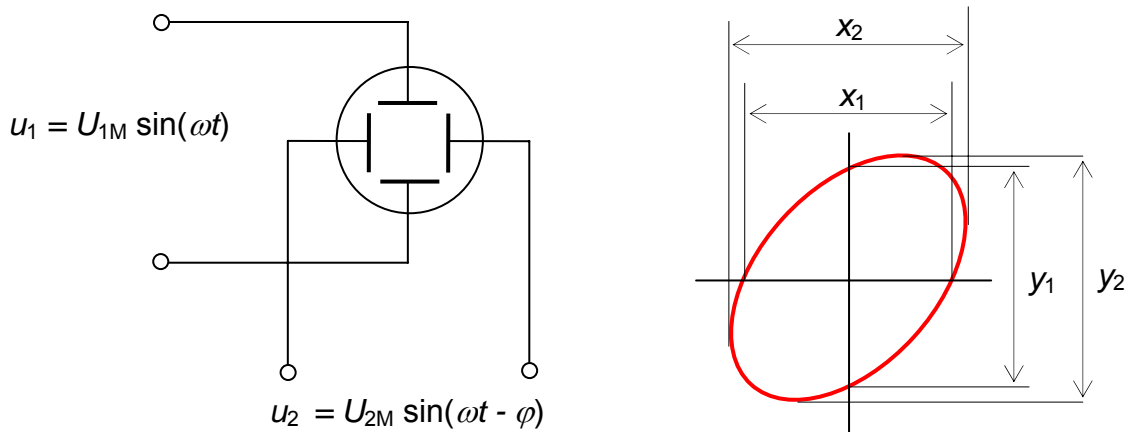
## 9 Měření v elektrotechnice

Uveďte možnosti měření fázového rozdílu dvou harmonických napětí analogovým osciloskopem (jednokanálovým a dvoukanálovým).

### Řešení

1. Jednokanálový osciloskop, režim X-Y.

Na každý ze vstupů přivedeme jeden signál, na stínítku se zobrazí Lissajoussův obrazec.



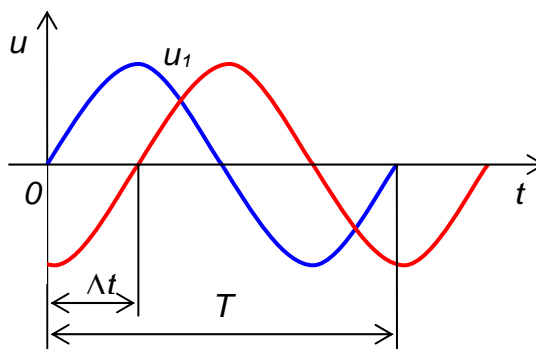
2 body

$$\varphi = \arcsin \frac{x_1}{x_2} = \arcsin \frac{y_1}{y_2}, \text{ nebo } \varphi = 2 \cdot \arctan \frac{y_2}{x_1} \text{ (rad)}$$

3 body

Nejistota je v nejlepším případě 3 %.

2. Dvoukanálový osciloskop.



2 body

$$\varphi = 2\pi \cdot f \cdot \Delta t = 2\pi \cdot \frac{\Delta t}{T} \text{ (rad)}$$

3 body

## 10 Měření v elektrotechnice

Uveďte definiční vztahy pro střední hodnotu, efektivní hodnotu, činitel tvaru a činitel výkyvu střídavého napětí. Nakreslete blokové schéma explicitního převodníku pro určení efektivní hodnoty střídavého napětí.

---

### Řešení

Střední hodnota střídavého napětí

$$U_S = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \text{ (V)}. \quad \text{2 body}$$

Efektivní hodnota střídavého napětí

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \text{ (V)}. \quad \text{2 body}$$

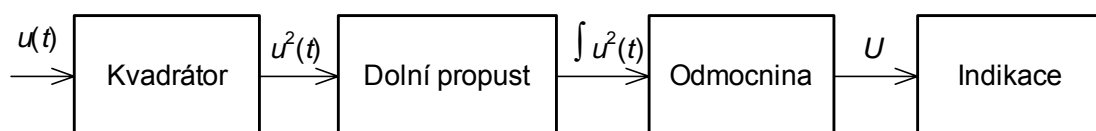
Činitel tvaru

$$K_T = \frac{U}{U_S} \text{ (-)}. \quad \text{2 body}$$

Činitel výkyvu

$$K_V = \frac{U_M}{U} \text{ (-)}. \quad \text{2 body}$$

Blokové schéma převodníku



2 body