

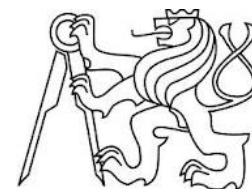
# BIK-TZP.21 – Technologické základy počítačů

**ZS 2021/22**  
**1. sobota**

**doc. Ing. Kateřina Hyniová, CSc.**

**[hyniova@fit.cvut.cz](mailto:hyniova@fit.cvut.cz)**

**Katedra číslicového návrhu, FIT ČVUT v Praze**

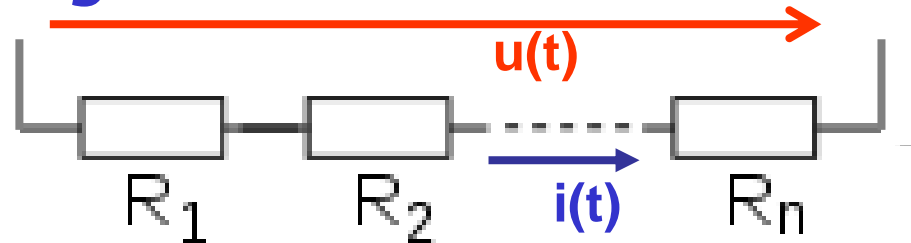


# **Přednáška 1B- Základy analýzy obvodů**

- 1. Základní spojení rezistorů, kapacitorů  
induktorů**
- 2. Základní zákony elektrotechniky  
(Ohmův zákon, Kirchhoffovy zákony)**

# Spojení rezistorů

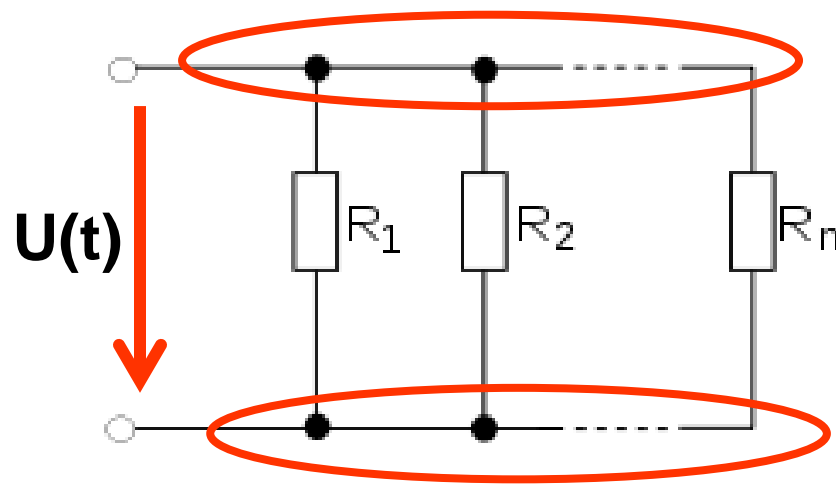
## a) Sériové



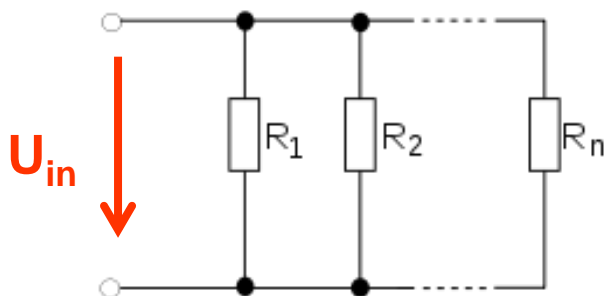
Celkový odpor sériového zapojení rezistorů vyplývá z Ohmova zákona, Kirchhoffova napět'ového zákona a skutečnosti, že veškerý proud nutně protéká celou sériovou kombinací a všemi rezistory tedy protéká stejný proud. Úbytek napětí je na jednotlivých rezistorech různý v závislosti na velikosti jejich odporů. Celkový odpor  $R_c$  [ $\Omega$ ] je dán součtem odporů  $R_1$ ....  $R_n$  jednotlivých rezistorů, tedy.:

$$R_c = R_1 + R_2 + \cdots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

## b) Paralelní



V paralelním zapojení se vstupní proud větví do větví s jednotlivými rezistory . Napětí na všech jednotlivých rezistorech je stejné a je rovno napájecímu napětí  $U_{in}$  paralelní kombinace. Inversní hodnota celkového odporu paralelního zapojení  $R_c$  je dána součtem inverzních hodnot odporů jednotlivých rezistorů.  $R_i$ ,  $i=1...n$ , tj.



$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

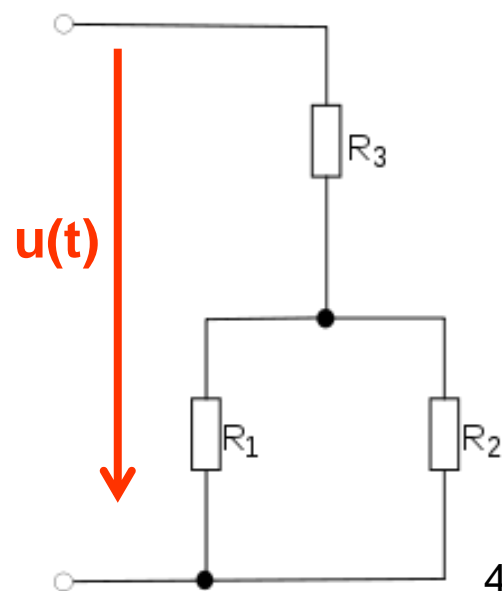
Pro 2 paralelně zapojené rezistory  $R_1$  a  $R_2$  jednoduše:

$$R \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

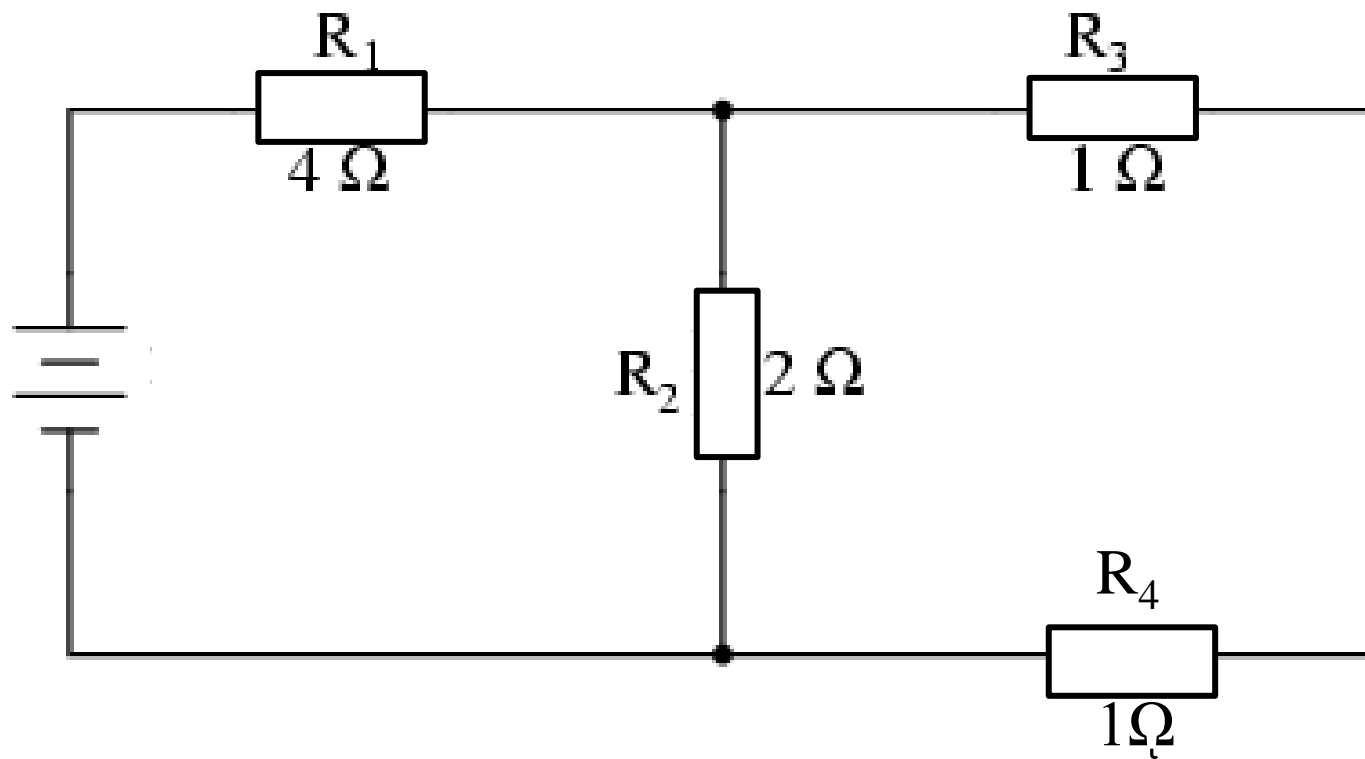
### c) Kombinovaná spojení

„Zjednodušujeme krok za krokem

$$R_c = (R_1 \parallel R_2) + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

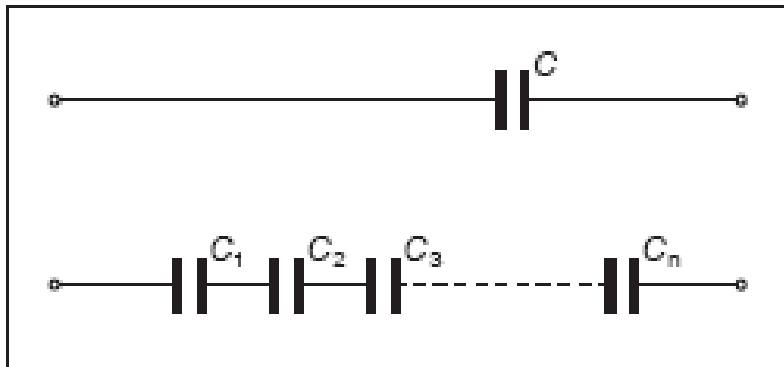


# Příklad:



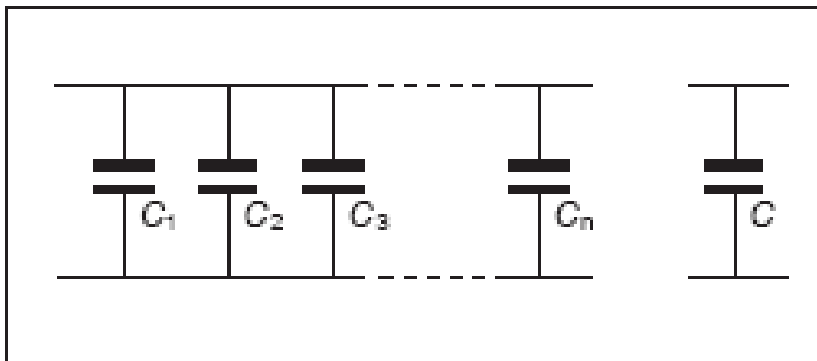
# Spojení kapacitorů

- A) Sériové



$$\frac{1}{C_C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

- B) Paralelní



$$C_c = C_1 + C_2 + C_3 + \dots +$$

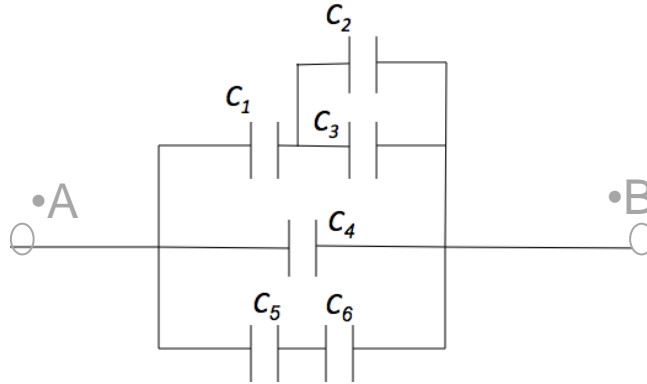
$$= \sum_{i=1}^n C_i$$

- **Příklad 2:** Určete celkovou kapacitu  $C_{123456}$  mezi body A a B.

$$C_1 = 2 \mu F$$

$$C_2 = C_3 = C_5 = C_6 = 1 \mu F$$

$$C_4 = 0,5 \mu F$$



**Řešení:**

a)  $C_{23}$  -  $C_2$  a  $C_3$  paralelně:  $C_{23} = C_2 + C_3 = 1 + 1 = 2 \mu F$

• b)  $C_{123}$  -  $C_1$  a  $C_{23}$  sériově:  $\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} \rightarrow C_{123} = 1 \mu F$

• c)  $C_{56}$  -  $C_5$  a  $C_6$  sériově:  $\frac{1}{C_{56}} = \frac{1}{C_5} + \frac{1}{C_6} \rightarrow C_{56} = 0,5 \mu F$

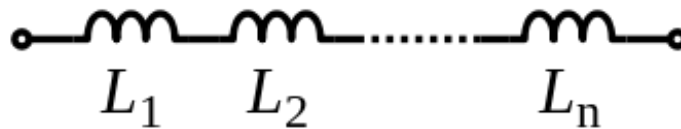
• d)  $C_{123456}$  -  $C_{123}$ ,  $C_4$ , a  $C_{56}$  paralelně:

•  $C_{123456} = C_{123} + C_4 + C_{56} = 1 \mu F + 0,5 \mu F + 0,5 \mu F = 2 \mu F$

• **Telková kapacita  $C_{123456}$  mezi body A a B je  $2 \mu F$ .**

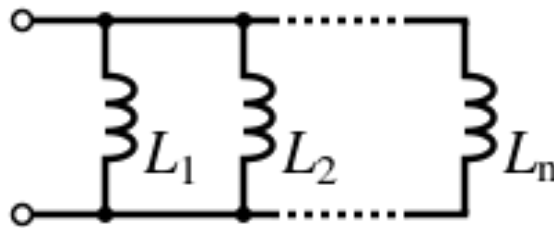
# Spojení induktorů

- a) *Sériové*



$$L_c = \sum L_i$$

- b) *Paralelní*



$$\frac{1}{L_c} = \sum \frac{1}{L_i}$$

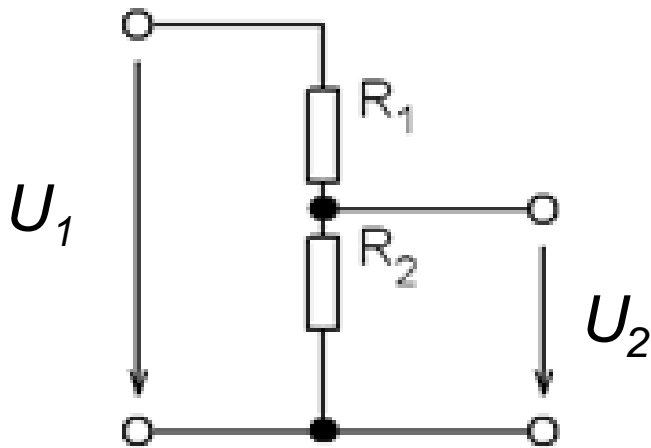


# Shrnutí

Zapojení	Rezistory	Kapacity	Induktory
Sériově	$R_C = \sum_{i=1}^n R_i$	$\frac{1}{C_C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$	$L_C = \sum_{i=1}^n L_i$
Paralelně	$\frac{1}{R_C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$	$C_C = \sum_{i=1}^n C_i$	$\frac{1}{L_C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i}$

# Nezatížený napět'ový odporový dělič

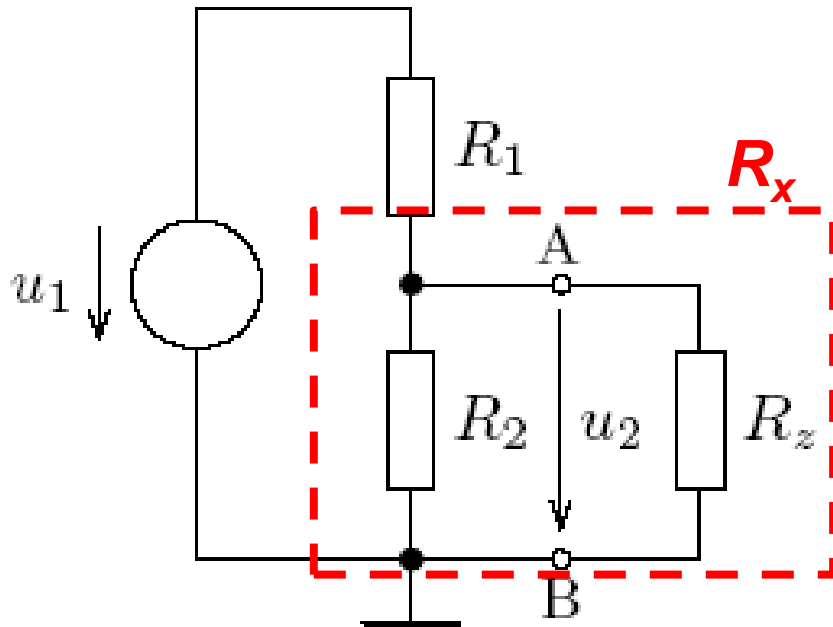
- Nezatížený napět'ový odporový dělič je jednoduchý nezatížený lineární obvod složený z rezistorů, jehož výstupní napětí ( $U_2$ ) je zlomkem vstupního napětí ( $U_1$ )
- V podstatě se jedná o dva (i více) rezistory zapojené do série ke svorkám zdroje a úbytek napětí na jednom z nich využijeme pro napájení dalších obvodů.
- Poměr napětí odpovídá rozdělení vstupního napětí  $U_1$  na rezistorech  $R_1$  a  $R_2$  děliče.



$$U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

# Zatížený napěťový dělič

V praxi se používá dělič zatížený (počítá se s odporem spotřebiče  $R_Z$ )



Výstupní napětí  $U_2$  děliče nyní nepočítáme na odporu  $R_2$ , ale na celé paralelní kombinaci rezistoru  $R_2$  a zátěže  $R_Z$ . Celkový odpor této paralelní kombinace je  $R_X$ .

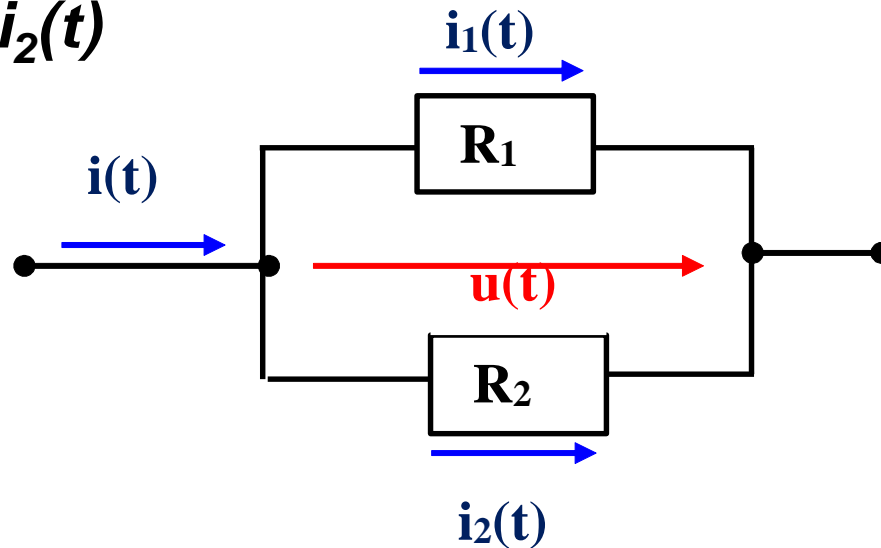
$$R_X = \frac{R_2 * R_Z}{R_2 + R_Z}$$

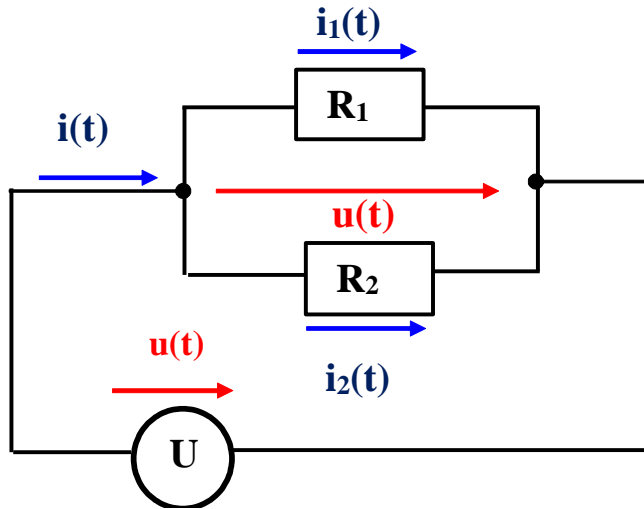
$$U_2 = U_1 * \frac{R_X}{R_1 + R_X}$$

# • Odporový proudový dělič

**Proudový dělič** je jednoduchý lineární obvod (paralelní kombinace rezistorů) v níž se vstupní proud  $i(t)$  dělí na proudy  $i_1(t)$  or  $i_2(t)$ , které jsou zlomkem proudu  $i(t)$ . Rezistory  $R_1$  a  $R_2$  jsou připojeny ke stejnému napětí  $u(t)$ , a tedy :

$$R_1 i_1(t) = R_2 i_2(t)$$





Vztahy pro  
proudový dělič:

$$i_1(t) = i(t) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i_2(t) = i(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

•Podle 1. Kirchhoffova zákona

$$i_1(t) + i_2(t) = i(t)$$

•Podle Ohmova zákona

$$u(t) = R_1 i_1(t) = R_2 i_2(t) \rightarrow \frac{i_1(t)}{i_2(t)} = \frac{R_2}{R_1}$$

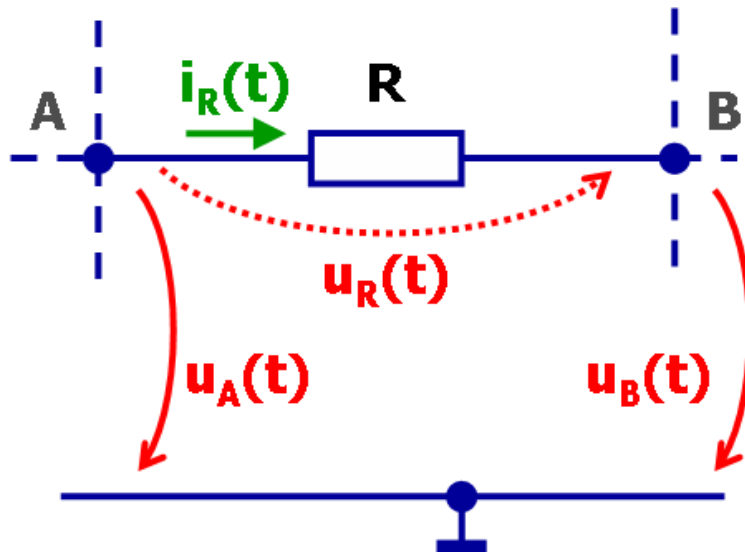
$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) = i_2(t) \cdot \frac{R_2}{R_1} + i_2(t) = i_2(t) \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \rightarrow i_2(t) = i(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$i_1(t) = i(t) - i_2(t) = i(t) - i(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2} = i(t) \left( 1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \rightarrow i_1(t) = i(t) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

# Základní zákony elektrotechniky

- Ohmův zákon** vyjadřuje, že proud tekoucí mezi dvěma body vodiče (A a B) je přímo úměrný rozdílu potenciálů (napětí) mezi těmito body a nepřímo úměrný odporu mezi nimi.

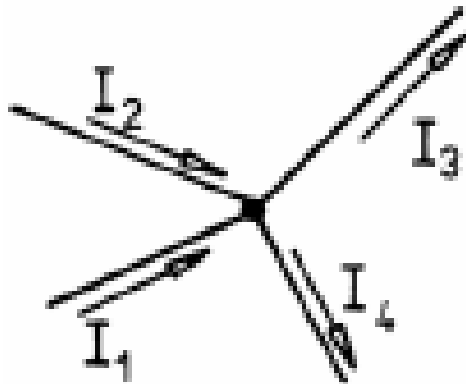
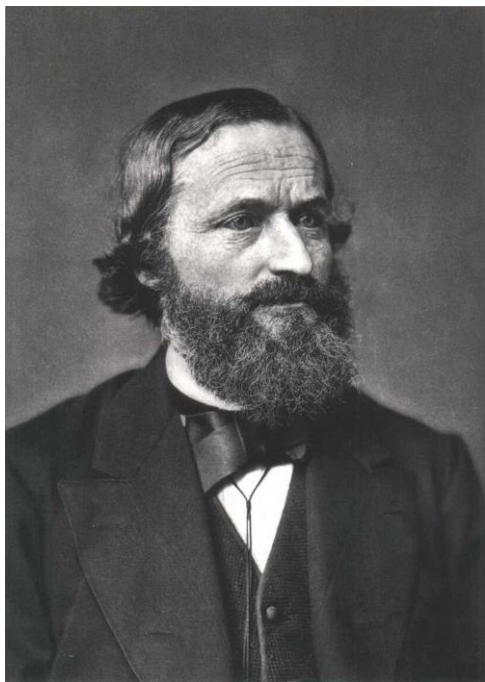
$$i_R(t) = \frac{u_R(t)}{R} = \frac{u_A(t) - u_B(t)}{R}$$



# Kirchhoffův proudový zákon

## (1. Kirchhoffův zákon)

**Součet elektrických proudů vtékajících do uzlu je roven součtu elektrických proudů z uzlu vytékajících.**



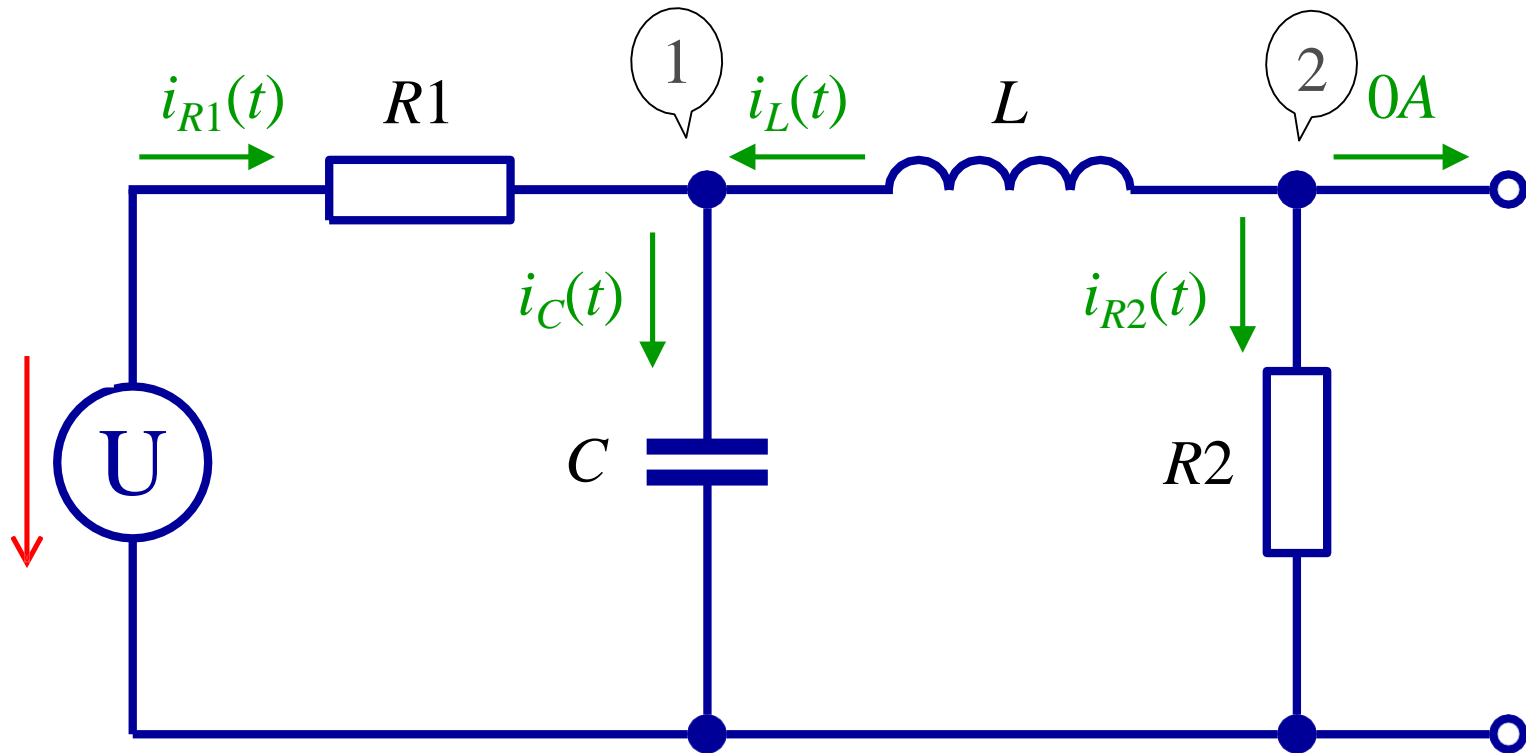
$$\sum_{k=1}^n \pm I_k = 0$$

*nebo*

$$\sum_{j=1}^{in} I_{INj} = \sum_{i=1}^{out} I_{OUTi}$$

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

- **Příklad 2:** Napište Kirchhoffův proudový zákon pro uzly 1 a 2
- B.

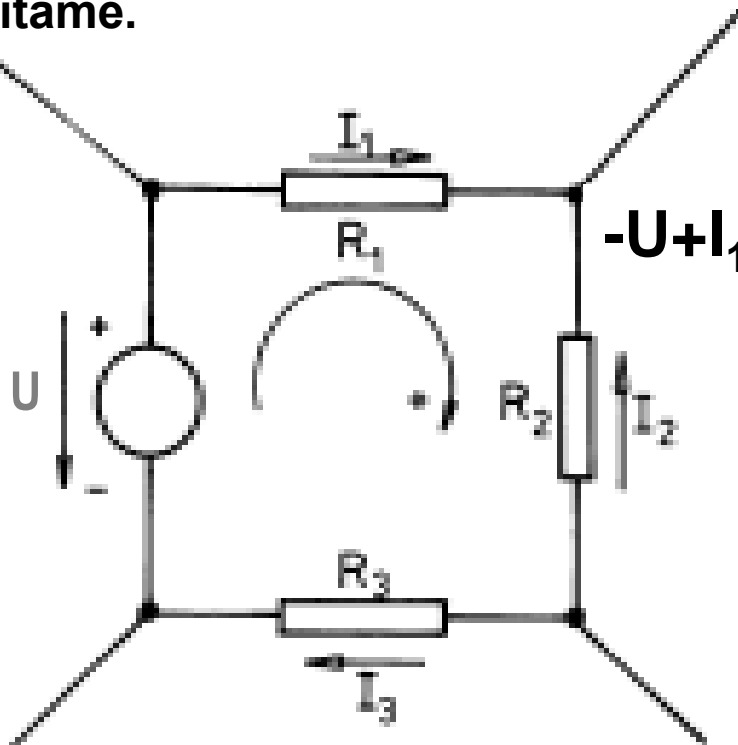




# Kirchhoffův napět'ový zákon

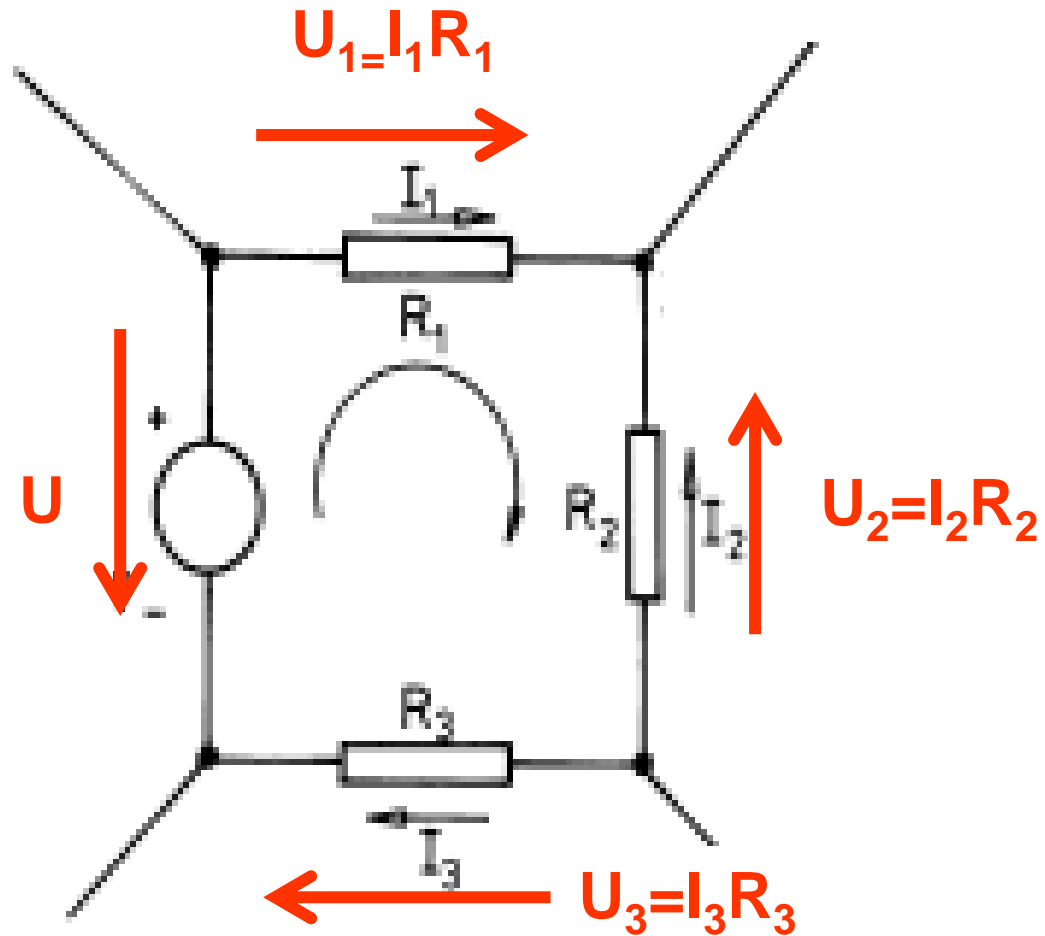
## (2. Kirchhoffův zákon)

- Algebraický součet úbytků napětí a napětí zdrojů je v každé uzavřené smyčce obvodu roven nule.
- Zvolíme libovolně směr oběhu podél uzavřené smyčky
- Při oběhu smyčky musíme dávat pozor na orientaci úbytků napětí a zdroje napětí. Shoduje-li se orientace úbytku napětí s orientací oběhu smyčky, napětí přičítáme, pokud je orientace opačná, napětí odečítáme.



$$-U + I_1 R_1 - R_2 I_2 + R_3 I_3 = 0$$

$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

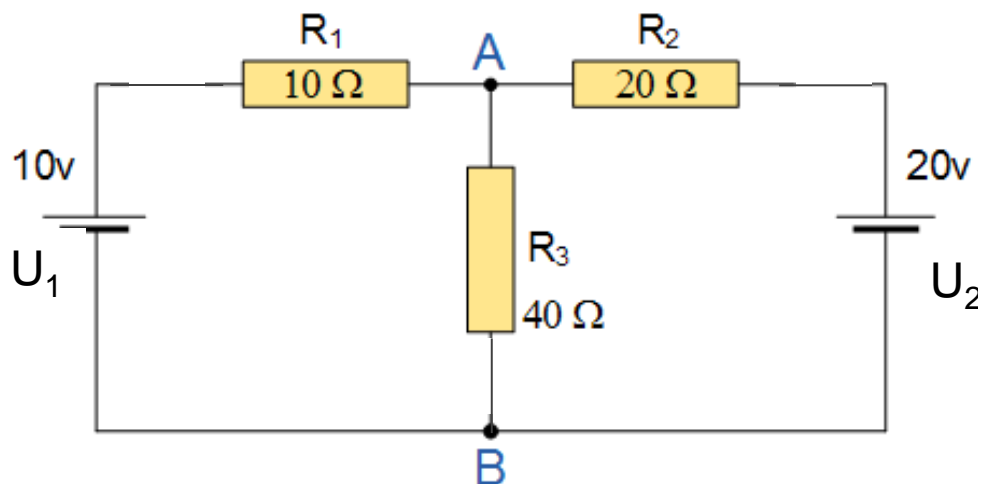


$$-U + U_1 - U_2 + U_3 = 0$$

$$-U + I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

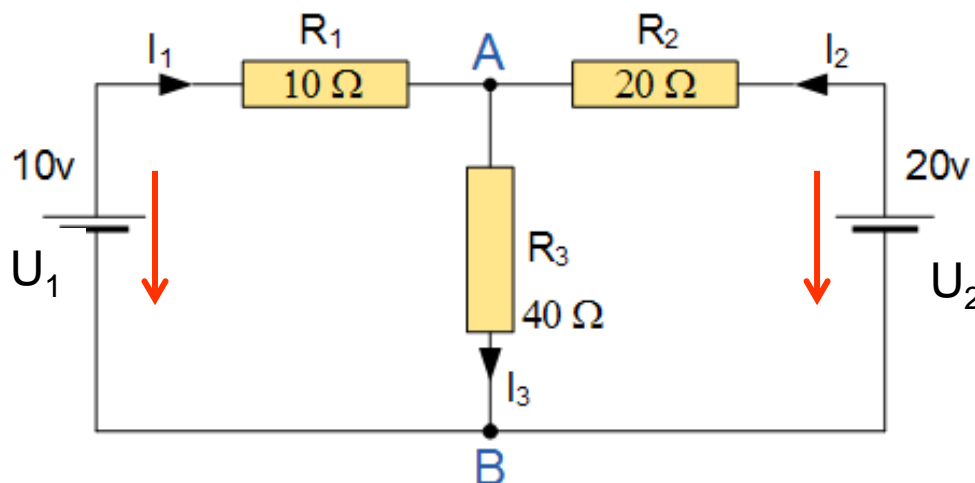
### Příklad:

Napište Kirchhoffovy napět'ové rovnice pro obvodové smyčky 1, 2 a 3 a proudové rovnice pro uzly A a B.



**Za účelem zápisu Kirchhoffova napět'ového zákona každé smyčky v obvodu si v obvodu označíme všechny proudy a napětí v obvodu včetně jejich orientace.**

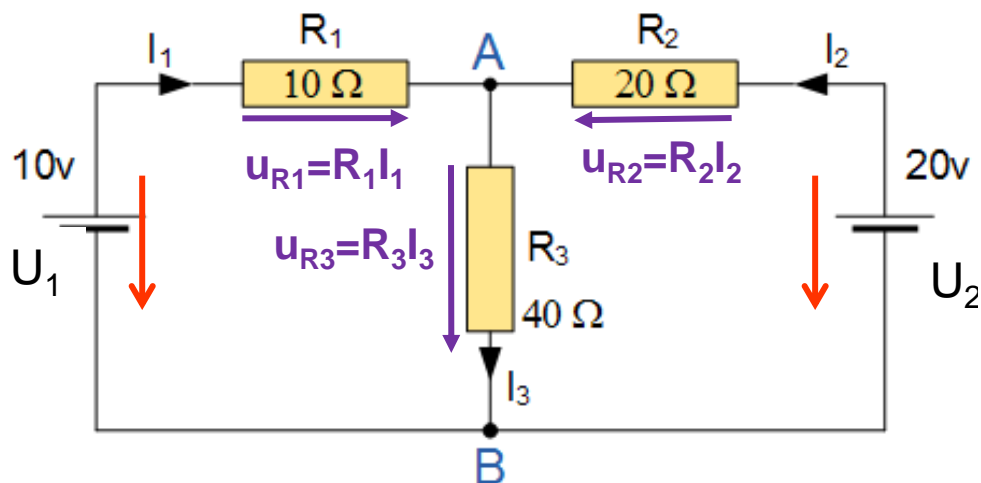
- 1. Začneme např. označením napětí zdrojů a jejich orientací**
- 2. Pokračujeme označením el. proudů**



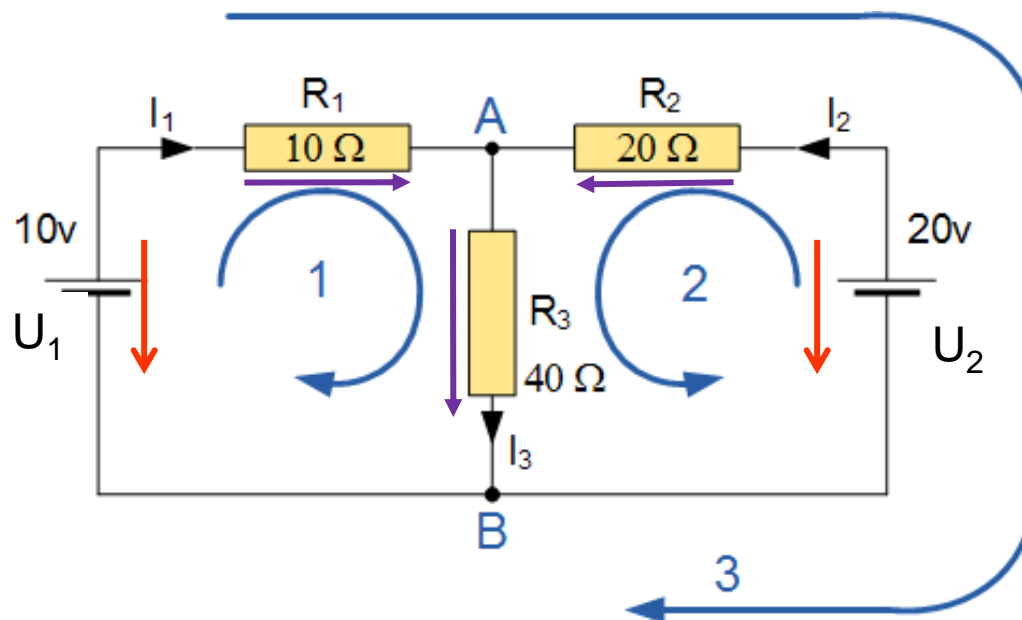
(Víme, že zdroje napětí jsou aktivní prvky a orientace napětí na nich je opačná vzhledem k orientaci proudu z nich vytékajících)

### 3. Přidáme orientaci napětí na jednotlivých rezistorech

(Víme již, že rezistor je pasivní součástka a orientace napětí na něm se shoduje s orientací proudu)

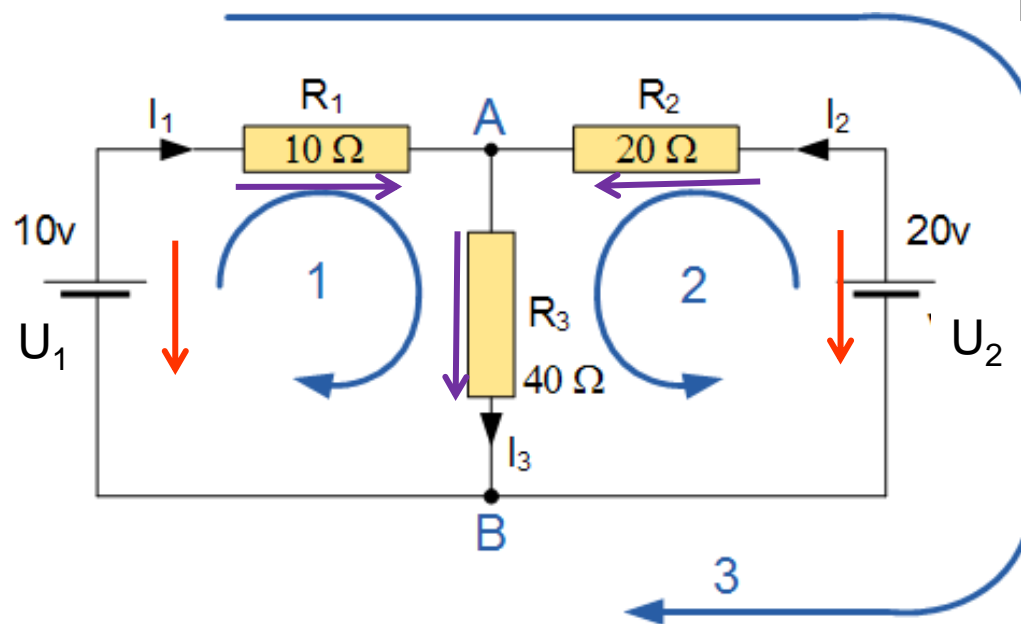


4. Zakreslíme do obvodu směr oběhu jednotlivých smyček. Směr oběhu si libovolně zvolíme.



5. Nyní již můžeme sestavovat rovnice Kirchhoffova napětového zákona pro jednotlivé smyčky a Kirchhoffova proudového zákona pro uzly A a B.

- Orientace napětí zdrojů
- Orientace proudu
- Směr oběhu smyčky
- Orientace napětí na rezistorech



Pozn.: Oběh každé smyčky začínáme v řešení v uzlu A

•Uzel A:  $I_1 + I_2 = I_3$

•Uzel B:  $I_3 = I_1 + I_2$

•Smyčka 1:  $I_3 \cdot R_3 - U_1 + I_1 \cdot R_1 = 0$

•Smyčka 2:  $I_3 \cdot R_3 - U_2 + I_2 \cdot R_2 = 0$

•Smyčka 3:  $- I_2 \cdot R_2 + U_2 - U_1 + I_1 \cdot R_1 = 0$