

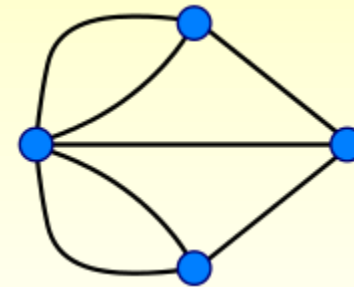
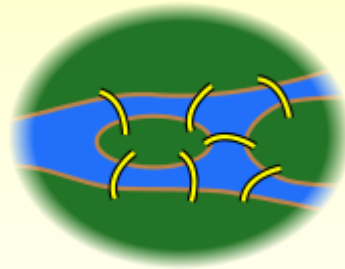
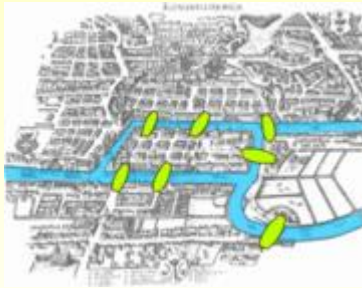
AD2B31ZEO – Základy elektrických obvodů

http://sami.fel.cvut.cz/ZEO_DS/

Obvodové rovnice

- Topologie elektrických obvodů

Sedm mostů města Královce



Obvodové rovnice

- Topologie elektrických obvodů

- **větev ... v**

představuje obvodový prvek

čára libovolného tvaru zakončená dvěma body (uzly)

- **uzel ... u**

místo vodivého spojení obvodových prvků
(nebo připojení = svorka)

- **graf**

získáme, překreslíme-li elektrický obvod pomocí větví a uzlů

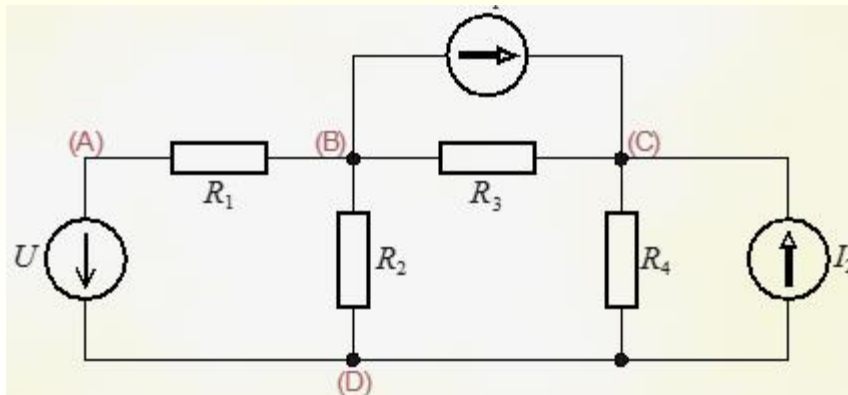
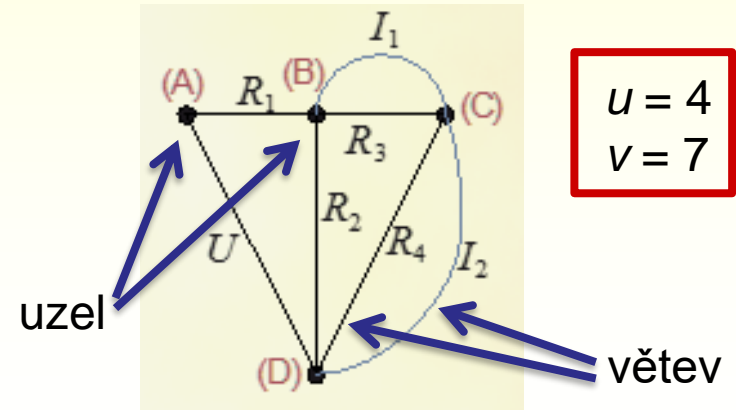


schéma obvodu



$u = 4$
 $v = 7$

graf obvodu

Obvodové rovnice

- **Topologie elektrických obvodů**

- **planární graf**

graf nakreslený v rovině bez křížení

- **referenční uzel**

"vztažný" uzel,

zpravidla spojení nejvíce obvodových prvků
často je určen konstrukcí obvodu

- **uzlová dvojice ... d**

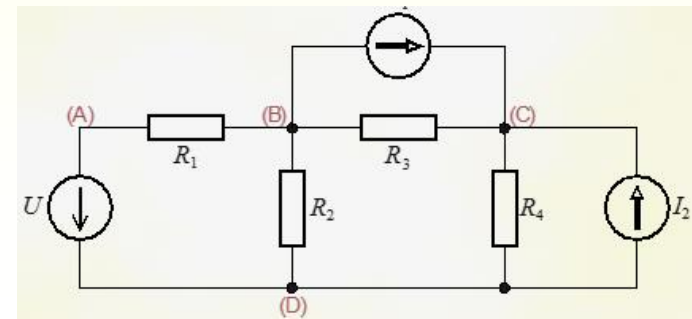
$$d = u - 1$$

- **smyčka**

každá uzavřená dráha tvořená větvemi obvodu, která neprochází žádným uzlem dvakrát

- **jednoduchá smyčka**

při oběhu v jednom směru odbočují větve pouze ven z plochy smyčky



Obvodové rovnice

- **Topologie elektrických obvodů**

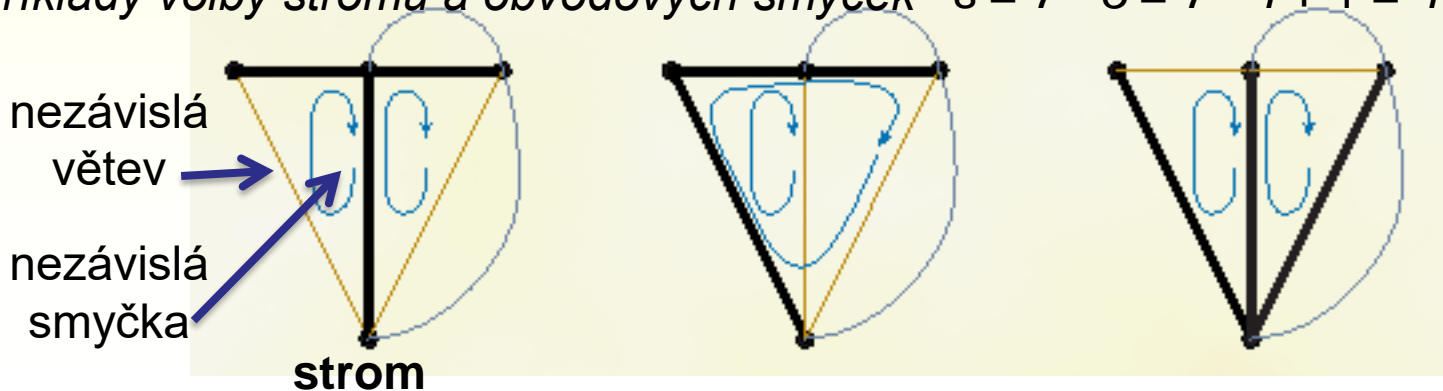
- **strom** je množina větví spojující všechny uzly obvodu nejmenším počtem čar

- **nezávislá větev** je větev nepatřící do stromu

- **nezávislá smyčka ... s**

vznikne, když nezávislou větev doplníme větvemi stromu (nezávislá větev patří pouze této smyčce); platí, že počet nezávislých smyček je roven počtu jednoduchých smyček (= počtu nezávislých větví) $s = v - d = v - u + 1$

Příklady volby stromů a obvodových smyček $s = 7 - 3 = 7 - 4 + 1 = 4$



Obvodové rovnice

- **Nezávislé obvodové rovnice**

- Aplikací Kirchhoffových zákonů na všechny smyčky (nebo všechny uzly) obvodu získáme soustavu rovnic, která je **lineárně závislá**.
- Na základě I.KZ můžeme získat d lineárně nezávislých rovnic
- Na základě II.KZ můžeme získat s lineárně nezávislých rovnic
- Na základě obou KZ můžeme sestavit celkem $s + d = v$ lineárně nezávislých rovnic
- Rovnice lze sestavit na základě obvodové struktury, bez ohledu na charakter obvodových prvků

Obvodové rovnice

- Protože řešení v rovnic v jednom roku je náročné, rozděluje se do více kroků

	$d < s$	$d > s$	
	I.KZ	II.KZ	
	MUN	MSP	
a)	$u(d)$	$i(s)$	minimum neznámých
b)	$u(v)$	$i(v)$	všechny obvodové veličiny
c)	$i(v)$	$u(v)$	charakteristiky obv. prvků

- Výběr metody pro popis obvodu

$$X(\text{MUN}) = d - Z_u = u - 1 - Z_u$$

$$X(\text{MSP}) = s - Z_i = v - d - Z_i$$

Obvodové rovnice

popis obvodů:

- **obecně**

- časové průběhy $u(t)$, $i(t)$, derivace, integrály
- diferenciální rovnice

- **stacionární ustálený stav (SUS)**

- konstanty U , I
- algebraické rovnice

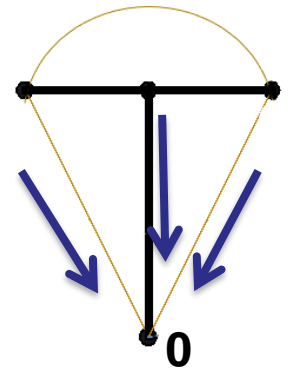
- **harmonický ustálený stav (HUS)**

- fázory (komplexní čísla) U , I
- algebraické rovnice

Metoda uzlových napětí

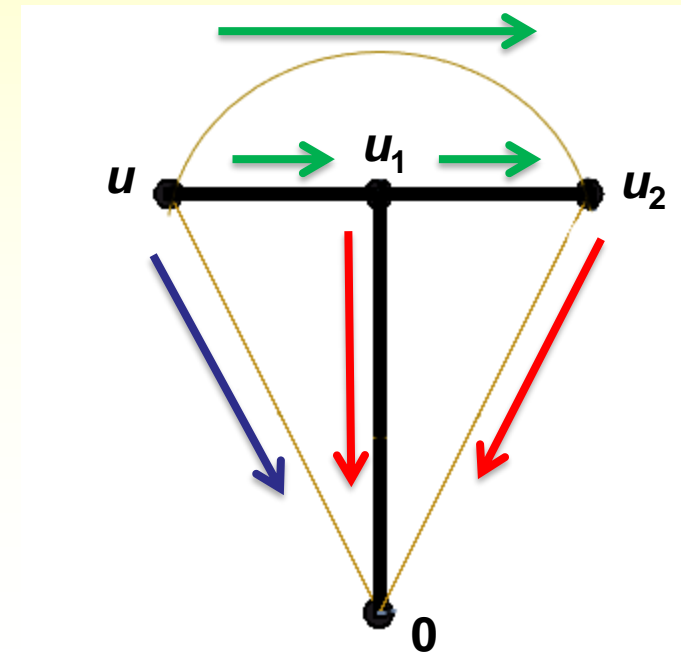
popis pomocí I. Kirchhoffova zákona

- popis všech uzlů vůči referenčnímu pomocí uzlových napětí $d = u - 1$
- celkový počet sestavovaných rovnic $X_{MUN} = d - Z_u$
- napětí na prvcích, které nejsou spojeny s referenčním uzlem, se vyjádří jako rozdíl uzlových napětí



Popis obvodů pomocí MUN

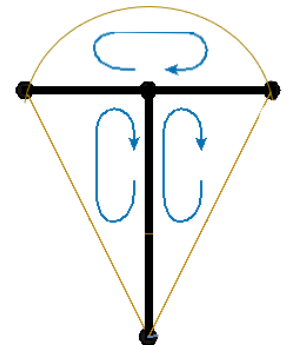
- zvolíme a označíme referenční uzel
- očíslovujeme všechny ostatní uzly
- v obvodech s plovoucími zdroji popíšeme řez (superuzel)
- pro zdroje napětí spojené s referenčním uzlem sestavujeme rovnice
- proudy vytékající z uzlu považujeme za kladné
- nalezneme neznámá hledaná uzlová napětí ↓
- vypočteme všechna napětí ↓
- vypočteme všechny proudy



Metoda smyčkových proudů

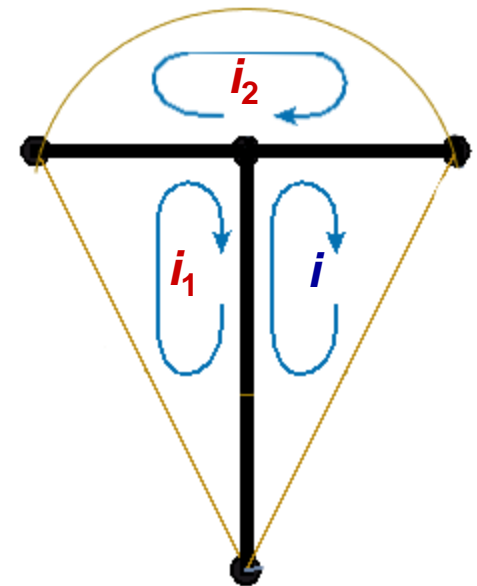
popis pomocí II. Kirchhoffova zákona

- popis všech nezávislých smyček pomocí smyčkových proudů
- celkový počet sestavovaných rovnic $X_{MSP} = s - Z_i$
- proudy ve společných větvích jsou dány superpozicí příslušných smyčkových proudů



Popis obvodů pomocí MSP

- zvolíme nezávislé smyčky a vyznačíme smyčkové proudy
 - kladné smysly proudů volíme
 - zdroje proudů musí být v nezávislé větvi
 - pro zdroje proudu nesestavujeme rovnice
-
- nalezneme neznámé hledané smyčkové proudy
 - vypočteme všechny proudy
 - vypočteme všechna napětí



Příklady sestavování obvodových rovnic

- optimalizace popisu MSP
- popis pomocí MUN
- plovoucí zdroje

Řízené zdroje

slouží pro modelování aktivních elektronických prvků (např. tranzistorů, OZ) nebo složitějších funkčních bloků

- zdroj napětí řízený napětím $U_2 = A U_1$
- zdroj proudu řízený proudem $I_2 = B I_1$
- zdroj proudu řízený napětím $I_2 = S U_1$
- zdroj napětí řízený proudem $U_2 = W I_1$

V obvodech s řízenými zdroji je nutné vyjádřit řídicí veličinu pomocí neznámých hledaných obvodových veličin

Příklady sestavování obvodových rovnic

- řízený zdroj (MUN)
- řízený zdroj (MSP)
- řízený zdroj (MUN)