

# Elektronické obvody pro bezpečnostní systémy (EOB)

Ing. Tomáš Petřík, M.T.

Email: [petrik@vosis.cz](mailto:petrik@vosis.cz)

Nachystej si ukázkou přechodových jevů s  
žárovkou!

# Uspořádání

- Přednáška + cvičení: 2+2
- Zápočet – průběžné testy a práce
- Zkouška – ústní
- T1 – 20%
- T2 – 20%
- Práce – 20 %
  - Lab úlohy 20%
- Zkouška – 20%

# Co nás čeká

- Základní součástky a přechodové jevy
- Polovodičové diody, fotodiody, princip, zákl. parametry
- Zdroje pro elektronické systémy, stabilizátory napětí
- Stabilizátory napětí, princip a použití
- Zesilovače s bipolárními a unipolárními tranzistory
- Základní zesilovací stupně SE, SC, CB
- Operační zesilovače, parametry, zesílení zesilovačů
- Oscilátory a zdroje taktovacích signálů
- Snímače obrazu pro kamerové systémy, snímače CCD a CMOS
- A/D a D/A převodníky
- Obvodová struktura a funkce digitálních ústředen

# Dělení součástek

Dle:

- Chování
  - Pasivní – chovají se jako spotřebič (R, C, L, dioda, termistor, ...)
  - Aktivní – zdroje – chovají se jako zdroje (baterie, fotodioda, tranzistor)

# Dělení součástek

- Kmitočtové závislosti
  - Nezávislé (rezistory, diody, tranzistory)
  - Závislé – Mění impedanci se změnou kmitočtu (C,L)
- Závislosti proudu na napětí
  - Lineární (rezistory, cívky a kondenzátory)
  - Nelineární (Diody, tranzistory, tyristory, ...)

# Rezistor

- Pasivní elektronická součástka projevující se v elektrickém obvodu v ideálním případě jedinou vlastností – elektrickým odporem [R].
- Rezistor řadíme do obvodu z důvodu snížení velikosti elektrického proudu nebo k získání úbytku elektrického napětí.

# Rezistor

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
- Elektrický odpor značíme  $R$  a jednotkou je  $\Omega$  (ohm).

# Rezistivita

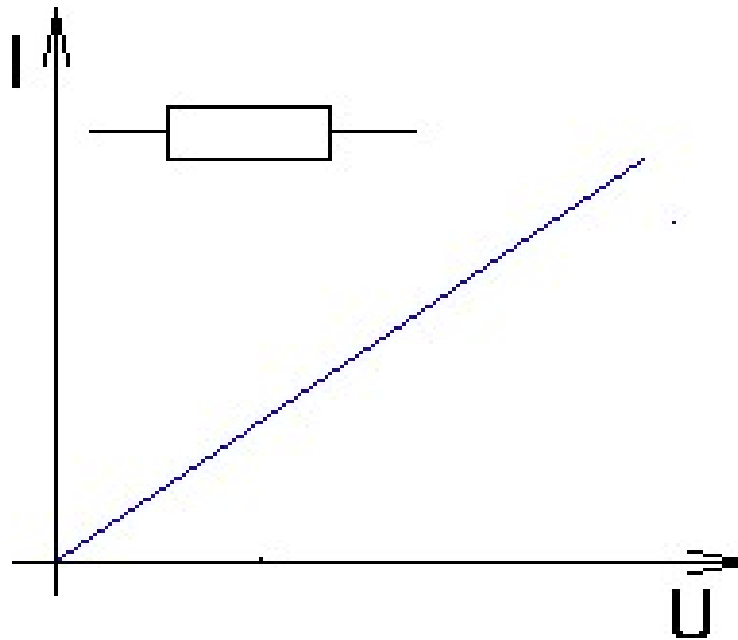
- Nebo-li měrný odpor vodiče
- Odpor vodiče:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} [\Omega; \Omega \cdot \text{m}, \text{m}, \text{m}^2]$$

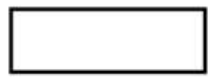


# Výpočet odporu a charakteristika

$$R = \frac{U}{I}$$



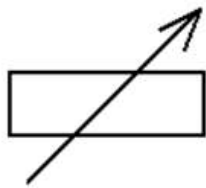
# Značky odporu



Neproměnný rezistor  
- obecná značka (IEC)



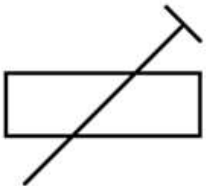
Neproměnný rezistor  
- obecná značka (ANSI)



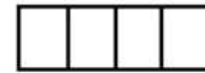
Proměnný rezistor (IEC)  
- potenciometr, reostat



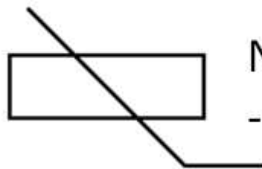
Proměnný rezistor (ANSI)  
- potenciometr, reostat



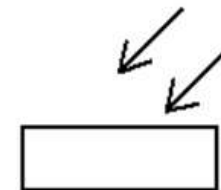
Nastavitelný rezistor (Trimr)



Topný rezistor



Nelineární proměnný rezistor  
- např. termistor, varistor



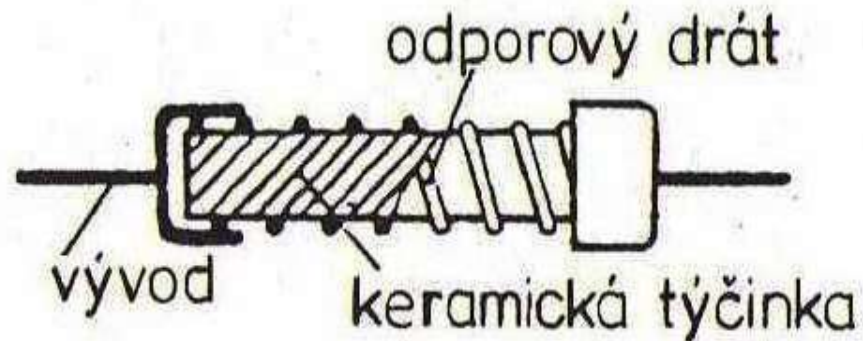
Fotorezistor

# Dělení rezistorů

- Pevné – velikost jejich odporu se nemění
- Proměnné – plynulá změna odporu v určitém rozsahu

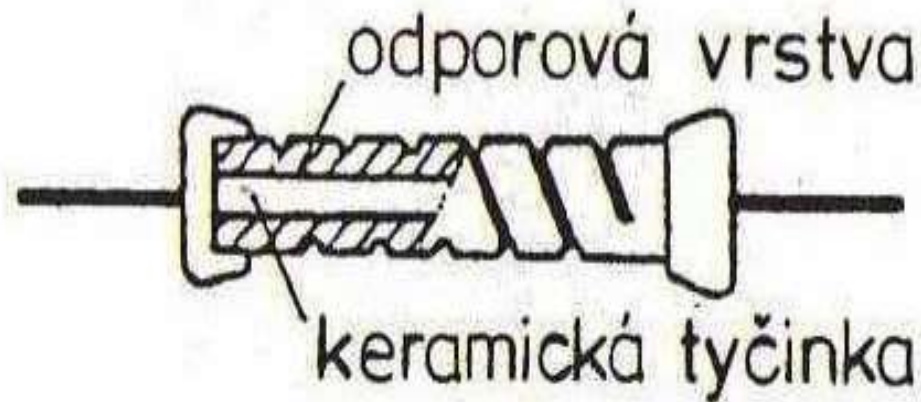
# Konstrukce pevných rezistorů

- Drátové



# Konstrukce pevných rezistorů

- Vrstvové



# Konstrukce pevných rezistorů

- Pro povrchovou montáž  
Válcové nebo ploché



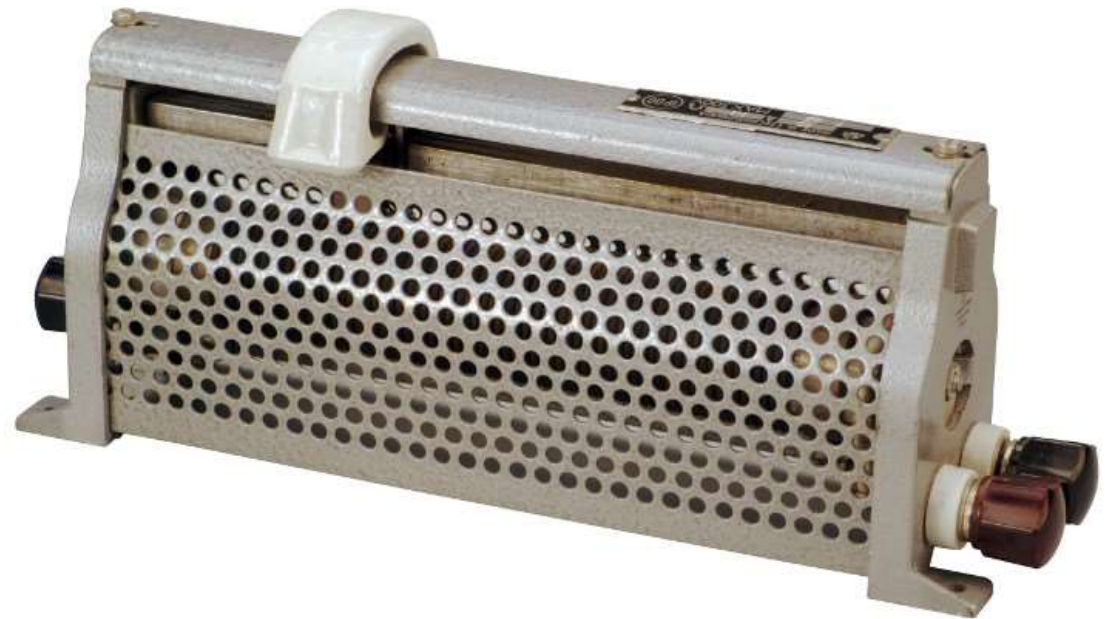
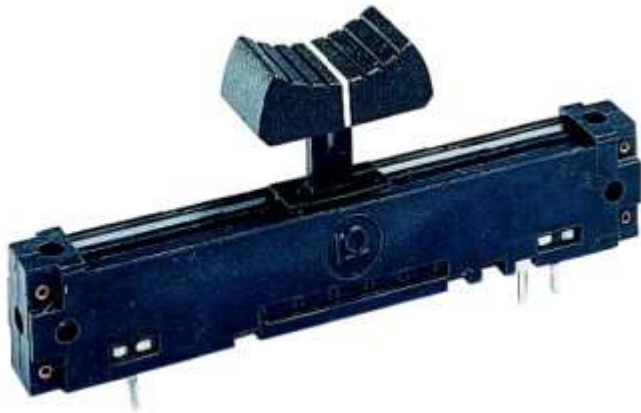
# Konstrukce proměnných rezistorů potenciometrů

- Rotační



# Konstrukce proměnných rezistorů potenciometrů

- Posuvné





# Vlastnosti rezistorů

- *Jmenovitý odpor rezistoru* – předpokládaný odpor součástky v ohmech.
- *Tolerance jmenovitého odporu rezistorů* – označuje se jí dovolená odchylka od jmenovitých hodnot.
- *Jmenovité zatížení rezistorů* neboli ztrátový výkon - výkon, který se smí za určitých podmínek přeměnit v teplo, aniž by teplota jeho povrchu překročila přípustnou velikost.

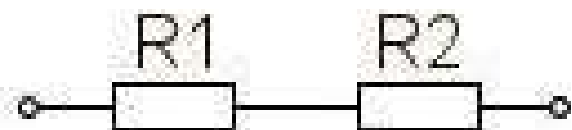
# Vlastnosti rezistorů

- *Provozní zatížení rezistorů* – největší přípustné provozní zatížení rezistoru, které je určeno pro nejvyšší teplotu součástky, při které ještě nenastávají trvalé změny jejího odporu ani podstatné zkracování doby životnosti
- *Největší dovolené napětí* – největší dovolené napětí mezi vývody součástky, při jehož překročení by mohlo dojít k jejímu poškození.
- *Teplotní součinitel odporu rezistoru* – určuje změnu odporu rezistoru způsobenou změnou jeho teploty. Udává největší poměrnou změnu odporu součástky odpovídající vzrůstu teploty o  $1^{\circ}\text{C}$  v rozsahu teplot, ve kterých je změna teplot vratná.

# Řazení rezistorů

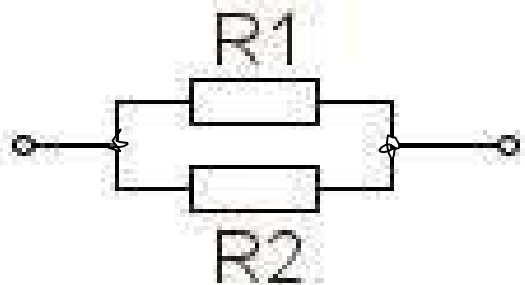
- Řadit rezistory můžeme buďto do série nebo paralelně a potom je zde možnost obě zapojení kombinovat.

- Seriové



$$R = R_1 + R_2$$

- Praralelní



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

# Zápis hodnoty rezistoru

<b>Zápis v ohmech:</b>	<b>Americký zápis:</b>	<b>Zápis dle normy IEC 60062:</b>
0,22 $\Omega$	220 m $\Omega$ / 0.22 $\Omega$	R22
3,9 $\Omega$	3.9 $\Omega$	3R9
68 $\Omega$	68 $\Omega$	68R
330 $\Omega$	330 $\Omega$	330R
1 200 $\Omega$	1.2 k $\Omega$	1k2
47 000 $\Omega$	47 k $\Omega$	47k
820 000 $\Omega$	820 k $\Omega$	820k
5 600 000 $\Omega$	5.6 M $\Omega$	5M6

# Řady rezistorů

- nevyrábějí se s libovolnou hodnotou odporu
- řady jmenovitých hodnot
- každá vyšší řada obsahuje vždy dvojnásobný počet hodnot
- typické jsou řady E – s exponenciálním rozdělením
- [http://www.bucek.name/stranky/ruzne/odporove\\_rady/odporove\\_rady.htm](http://www.bucek.name/stranky/ruzne/odporove_rady/odporove_rady.htm)

# Značení proužky

- Běžně 3- 4 proužky (až 6)
  1. pruh A – první platná číslice hodnoty odporu
  2. pruh B – druhá platná číslice hodnoty odporu
  3. pruh C – desítkový násobitel
  4. pruh D – tolerance (neuvádí se vždy; pokud není uvedena počítá se s tolerancí 20 %)
- Barvy a hodnoty ponechám samostudiu

# Kondenzátory

- jsou pasivní elektronické součástky, jejichž charakteristickou vlastností je kapacita [F]
- Kondenzátor je schopen akumulovat energii ukládáním elektrického náboje na svých elektrodách.

# Kapacita

- Jednotkou kapacity je farad, značí se **F** a je to kapacita takového uspořádání, na němž by se při napětí jeden volt nahromadil náboj jeden coulomb.

$$C = \frac{Q}{U} [F; C, V]$$



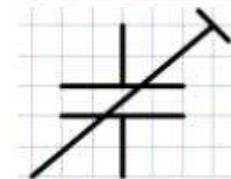
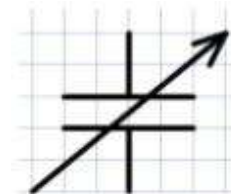
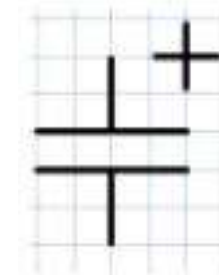
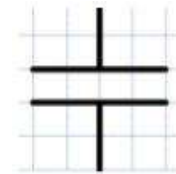
# Deskový kondenzátor

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{l}$$

[F.m<sup>-1</sup>, -, m<sup>2</sup>, m]

# Značky kondenzátorů

- Pevné
- Elektrolytické
- Ladící
- Dolažovací

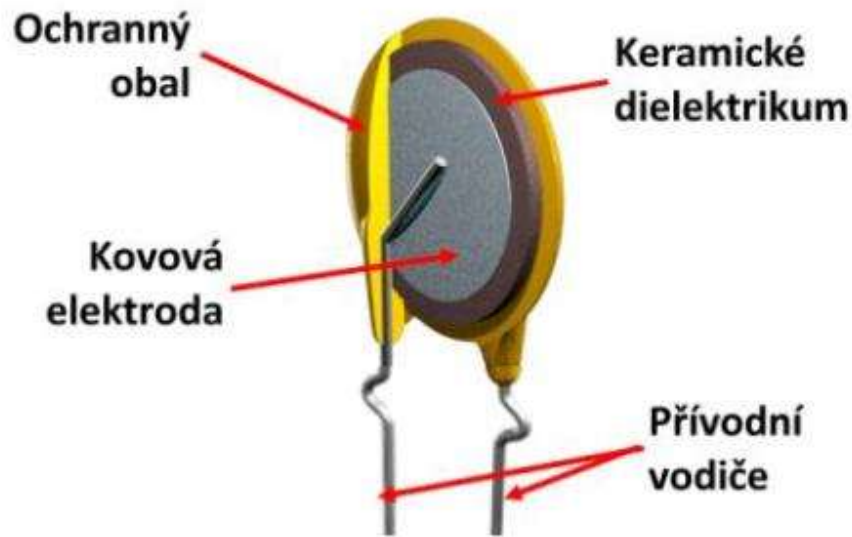


# Kondenzátory - dělení

- Pevné
- Proměnné

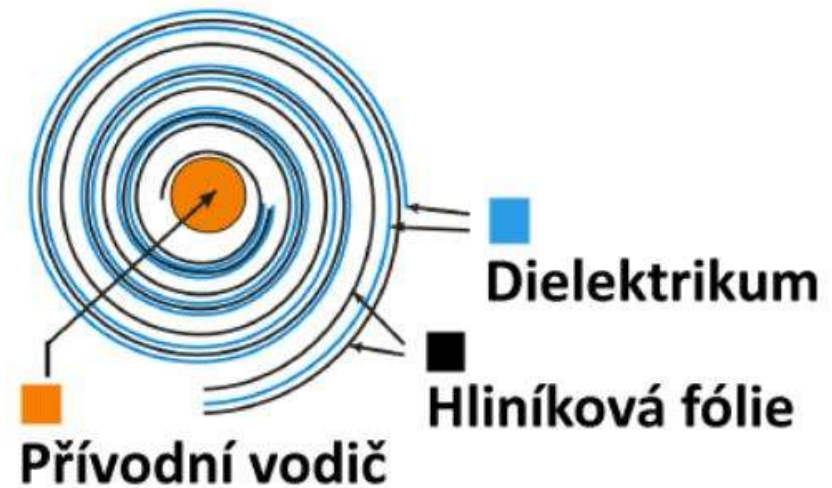
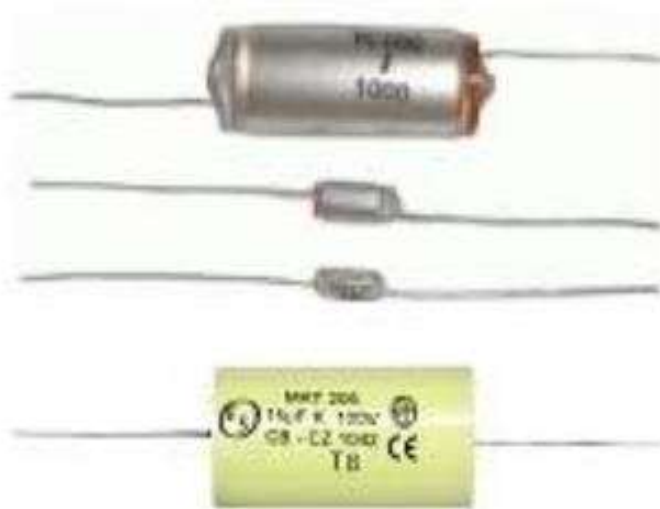
# Pevné kondenzátory

- Keramické
- 1pF-100nF
- 16-4000V



# Pevné kondenzátory

- Svitkový
- 1nF-1 $\mu$ F
- 0-1000V



# Pevné kondenzátory

- Foliový
- 1nF-1 $\mu$ F
- 30-1000V



— Dielektrikum  
— Elektroda

# Pevné kondenzátory

- Elektrolitický
- $1\mu\text{F}$ - $10\text{mF}$
- 5-400V



# Proměnné kondenzátory

- Ladící  
50 pF až 500 pF



- Doladovací trimry  
1,5 pF až 15 pF





# Vlastnosti kondenzátorů

- Jmenovitá kapacita [F]
- Maximální napětí [V]
- Izolační odpor [ $\Omega$ ] ( $10^9 \Omega$ )
- Ztrátový činitel  $\text{tg}\delta$  (charakterizuje ztráty kondenzátoru)

# Řazení kondenzátorů

- Výpočty obráceně oproti odporu
- Seriově – kapacita se snižuje

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

- Paralelně – kapacita se zvyšuje

$$C = C_1 + C_2 + \dots$$

# Zápis hodnoty kondenzátoru

## ČÍSELNÉ ZNAČENÍ

Základní jednotkou je pikofarad, označovaný písmenem:

- J → jednotky pikofarad
- k → tisíc pikofaradů
- M → mikrofarad
- G → tisíc mikrofaradů (giga)

*Poznámka:* Např. 4J7 = 4,7 pF; 33 = 33 pF; 3k3 = 3300 pF; M1 = 0,1 uF; G5 = 500 uF, 2000 uF.

## ZNAČENÍ TOLERANCE

Značí se velkým písmenem a následuje za označením kapacity.

<b>C &lt; 10 pF</b>	<b>C &gt;10 pF</b>
C ± 0,25 pF	K ± 10%
D ± 0,5 pF	M ± 20%
G ± 2%	N ± 30%
J ± 5%	S – 20až 50%

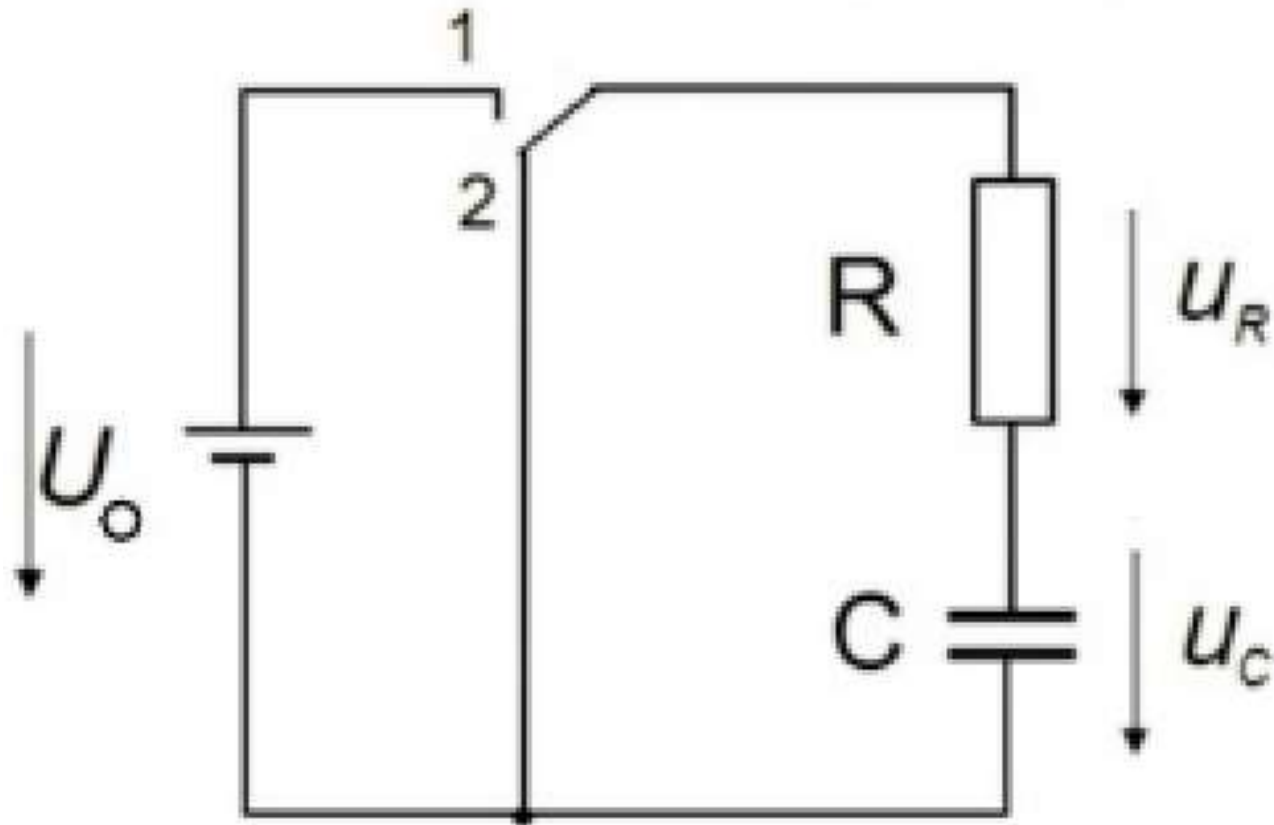
# Kapacitance (reaktance)

- Zapojíme-li kondenzátor do obvodu se stejnosměrným zdrojem napětí, kondenzátor se nabije a proud jím neprochází.
- V obvodu střídavého proudu kondenzátorem prochází proud (kondenzátor se nabíjí a vybíjí), který je dán vzorcem:

$$I_c = \frac{U_c}{X_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

# Přechodový jev na kondenzátoru



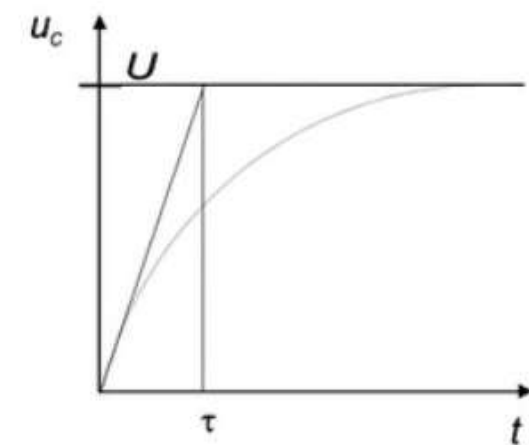
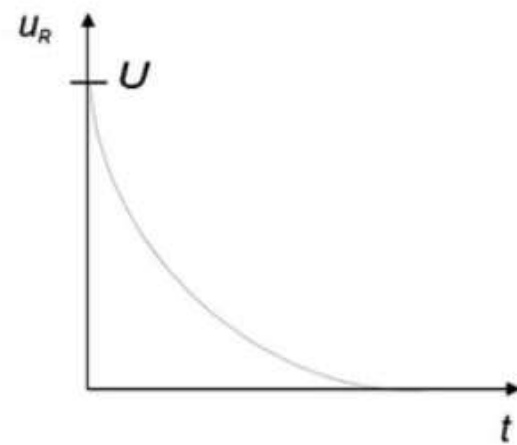
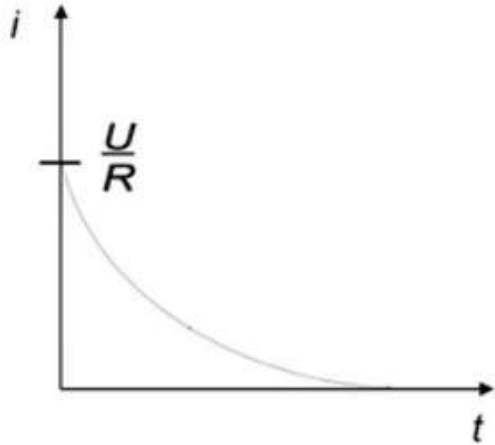
# Nabíjení C

$$u_R(t) = U_0 - U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$i(t) = \frac{u_R(t)}{R} = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = i_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

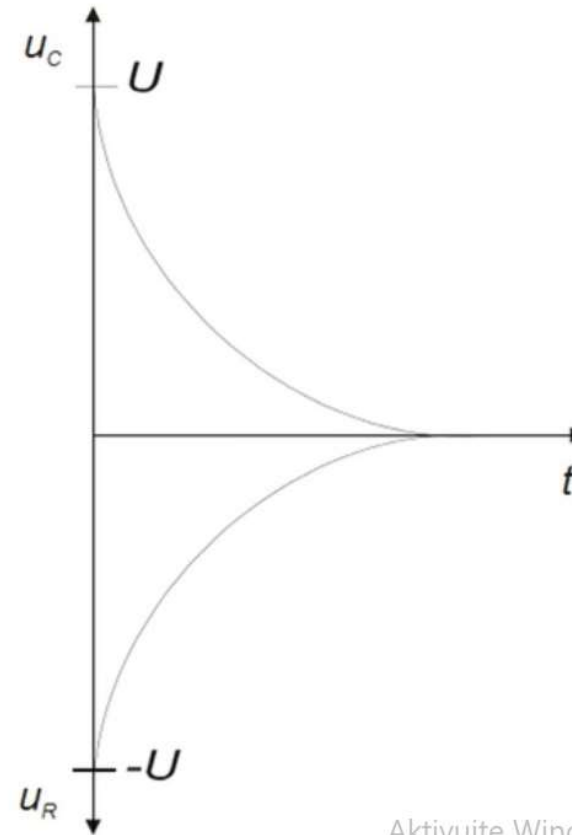
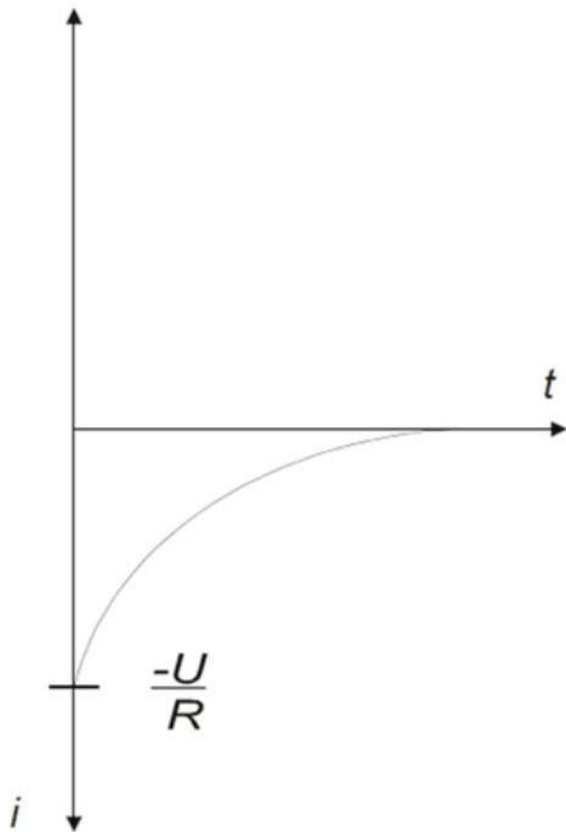
- Kde  $\tau$  je časová konstanta  $\tau = RC$

# Nabíjení C



# Vybíjení C

$$u_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$





# Energie kondenzátoru

$$W = \frac{1}{2}CU^2$$

# Příklad

## Příklad

RC obvod je tvořen kondenzátorem  $C=1\text{mF}$  a rezistorem  $R=500\Omega$ . Napětí zdroje je  $200\text{V}$ .

- a) určete funkce pro průběh napětí a proudu, funkce zakreslete
- b) vypočítejte okamžité hodnoty napětí a proudu v čase  $t_1=0,3\text{s}$
- c) vypočítejte hodnotu napětí na kondenzátoru pro  $t_2=3\tau$

# Příklad

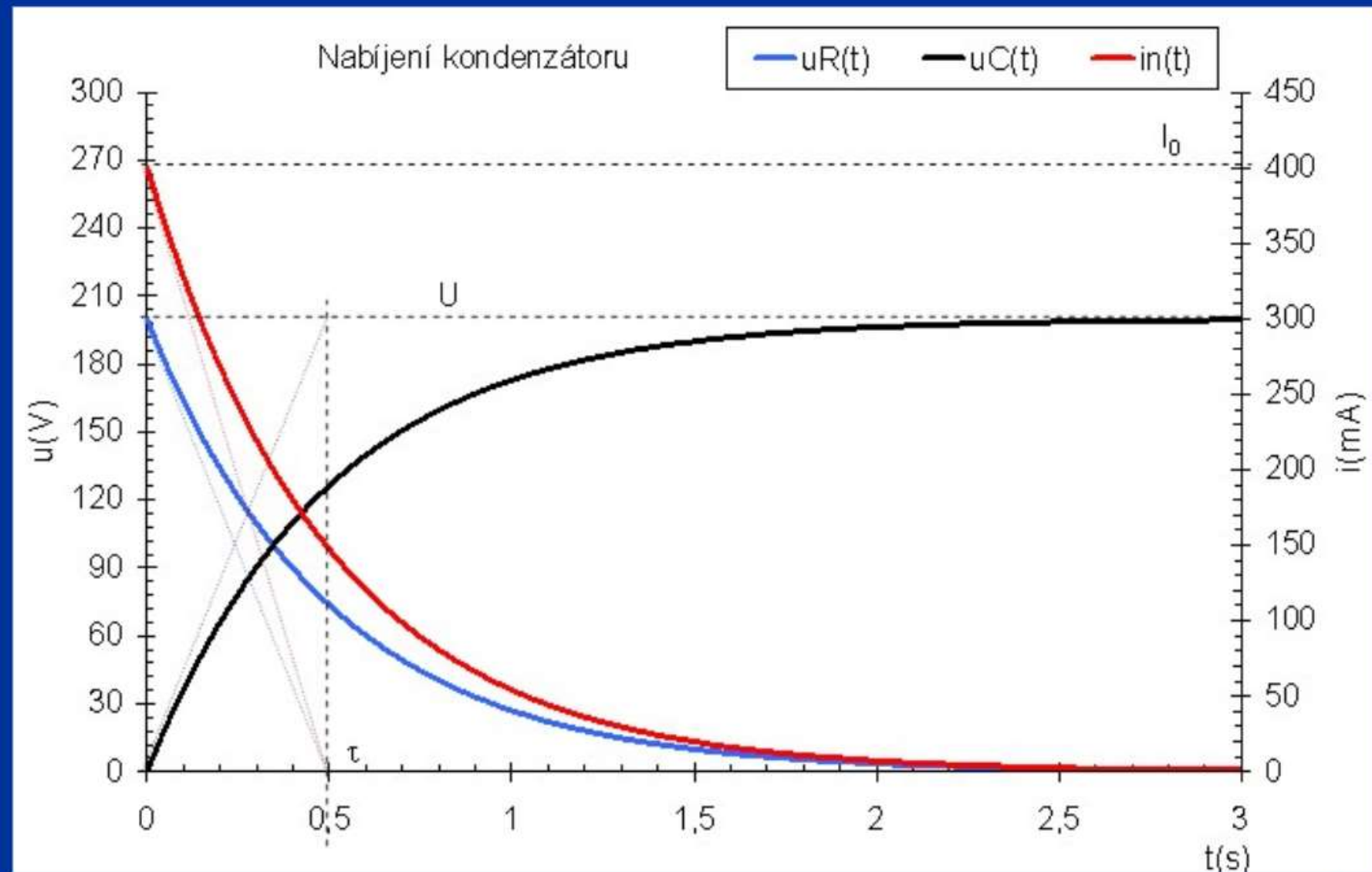
Časová konstanta  $\tau$   $\tau = R * C = 500 * 10^{-3} = 0,5s$

Nabíjecí proud  $i(t)_n$   $i(t)_n = I_0 * e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{U}{R} * e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{200}{500} * e^{-\frac{t}{0,5}} = 0,4 * e^{-\frac{t}{0,5}}$

Napětí na rezistoru  $u(t)_R$   $u(t)_R = U * e^{-\frac{t}{\tau}} = 200 * e^{-\frac{t}{0,5}}$

Napětí na kondenzátoru  $u(t)_C$   $u(t)_C = U * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 200 * (1 - e^{-\frac{t}{0,5}})$

# Časový průběh nabíjení



# Cívky

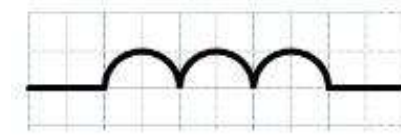
- jsou pasivní elektronické součástky, jejichž charakteristickou vlastností je indukčnost; jednotkou je H.
- Cívky působením elektrického proudu vytvářejí magnetické pole. To v nich indukuje elektrické napětí působící proti proudu, který je vytváří.

# Indukčnost

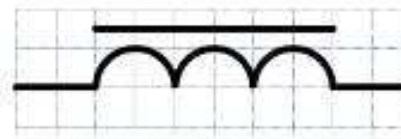
- Cívka má indukčnost 1 H, jestliže změnou proudu 1 A za 1 s se v ní indukuje napětí 1 V.
- koeficient úměrnosti mezi magnetickým indukčním tokem vytvářeným v tenké uzavřené vodivé smyčce a velikostí stacionárního elektrického proudu, kterým je protékána.
- $L=[H]$

# Značení cívek

- Bez jádra



- S jádrem



- Transformátor



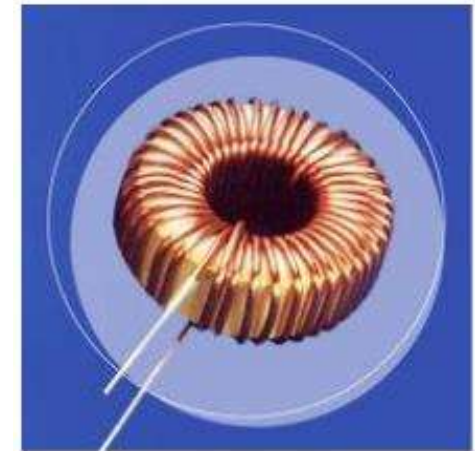
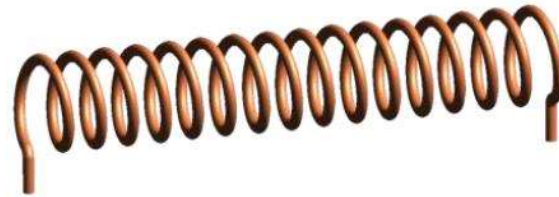
# Cívky rozdělení

- Podle tvaru

Obyčejná

Solenoid

Toroid



- Podle frekvence střídavého proudu

Nízkofrekvenční

Vysokofrekvenční

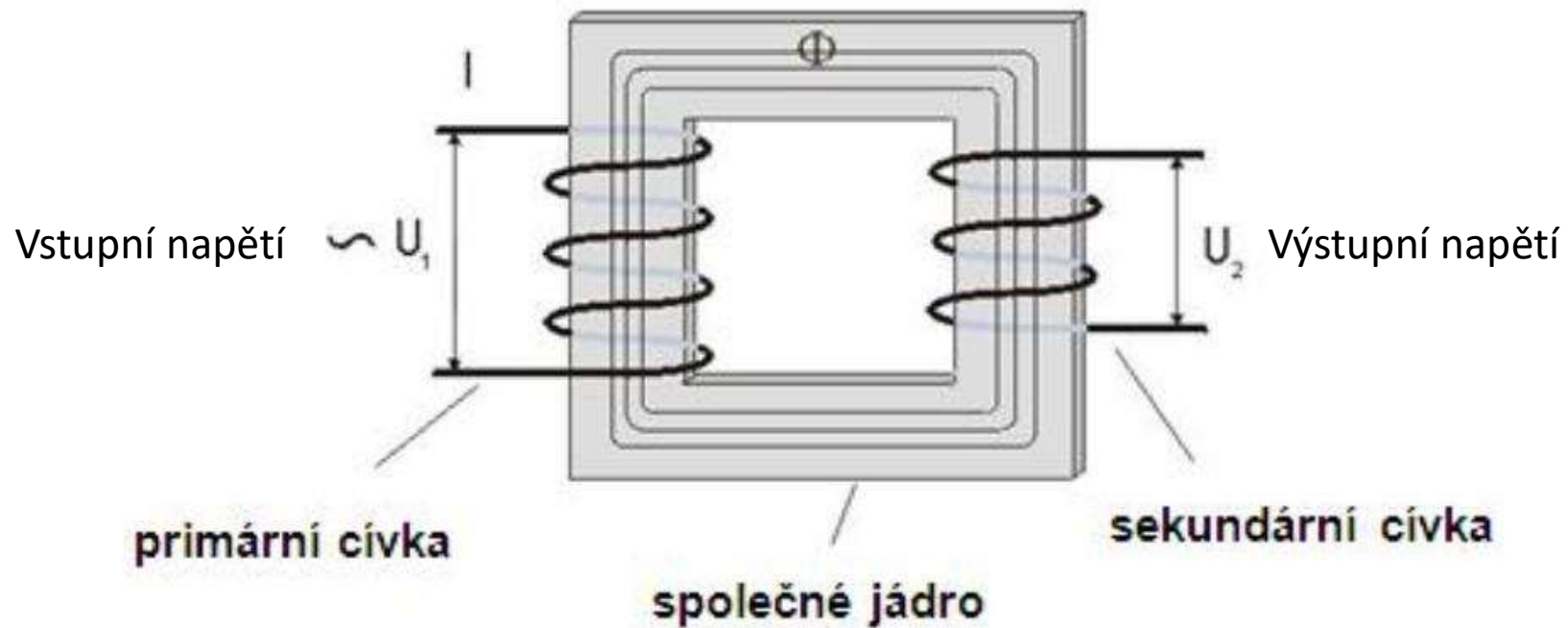
- Podle konstrukce

S jádrem

Bez jádra



# Transformátor



$$p = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

# Transformátor

- Převod transformátoru

$$p = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

- $p > 1$  výstupní napětí je větší než vstupní napětí
- $p < 1$  vstupní napětí je menší než vstupní napětí

# Cívky

- **Elektromagnet** - využívá se magnetické síly magnetické pole kolem cívky – např. *relé*
- **Induktor** - využívá se elektrické napětí indukované proměnným magnetickým polem kolem cívky – např. *transformátor, čtecí hlavičky v pevných discích, v elektromagnetických oscilačních obvodech, tlumivka* (cívka určená k blokování signálů nějaké frekvence v elektrickém obvodu, zatímco signály daleko nižších frekvencí a stejnosměrný proud propouští s malým odporem)

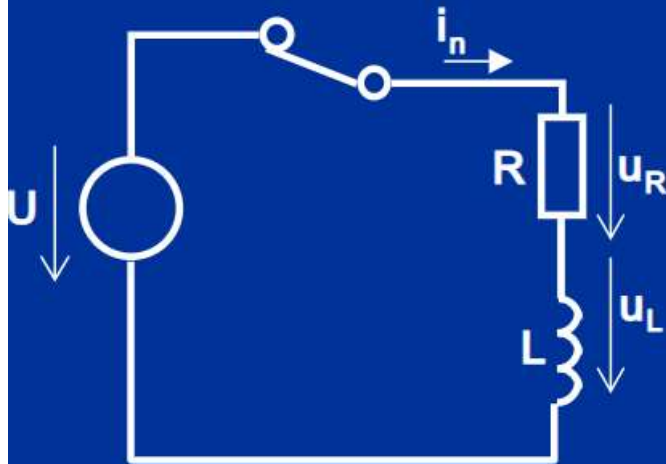
# Induktance

- Správněji induktivní reaktance
- Induktance je důsledkem přeměny energie proudového pole na energii magnetického pole.
- V RL obvodech induktance způsobuje fázový posuv mezi proudem a napětím. Proud procházející obvodem se zpožďuje za napětím.

$$X_L = L \cdot \omega$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

# Připojení cívky



Obvod RL je tvořen rezistorem a ideální cívkou a je připojen na zdroj stejnosměrného napětí

## 1. Zapnutí obvodu

\* v prvním okamžiku se cívka chová jako nekonečně velký odpor, obvodem neprochází žádný proud

\* poté začne obvodem procházet budící proud ( $i_n$ ), na cívce vzniká magnetické pole

\* na cívce a rezistoru se vytváří úbytek napětí ( $u_R$  a  $u_L$ )

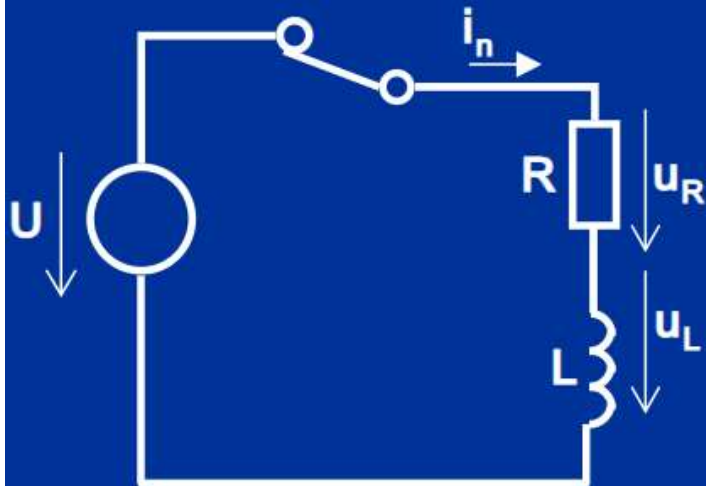
\* v obvodu musí platit 2. Kirchhoffův zákon -

$$U = u_R(t) + u_L(t)$$

\* napětí na rezistoru lze vyjádřit podle Ohmova zákona

$$u_R(t) = R * i_n(t)$$

# Připojení cívky



$$i_n(t) = I_0 * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_R(t) = R * i_n(t) = R * I_0 * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = U * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_L(t) = U - u_R(t) = U - U * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = U * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

kde  $\tau$  je časová konstanta

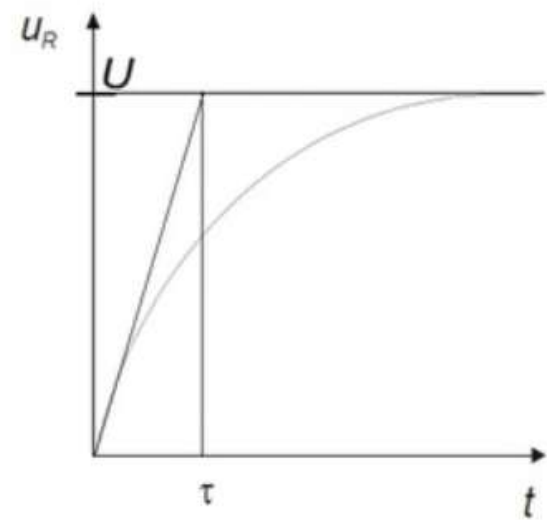
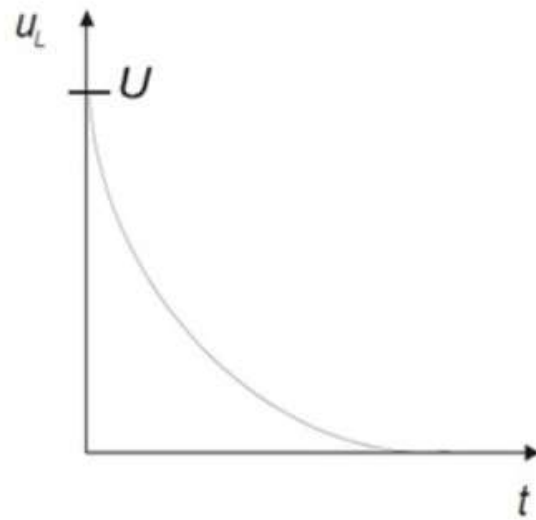
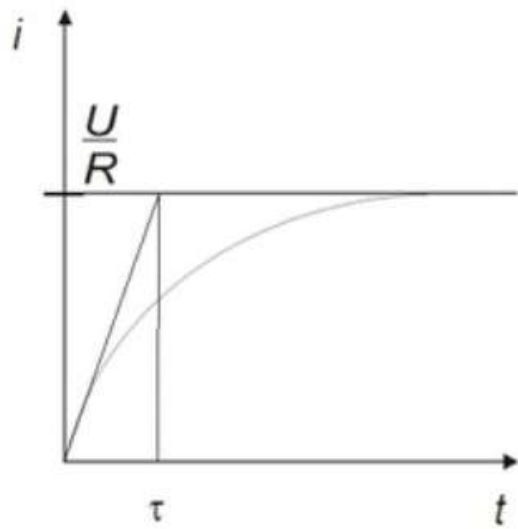
$$\tau = \frac{L}{R}$$

$I_0$  je proud po ukončení přechodového děje (ustálený proud)

Po ukončení přechodového děje se cívka chová jako zkrat, proud je omezen pouze rezistorem:

$$I_0 = \frac{U}{R}$$

# Připojení cívky



## Odpojení cívky

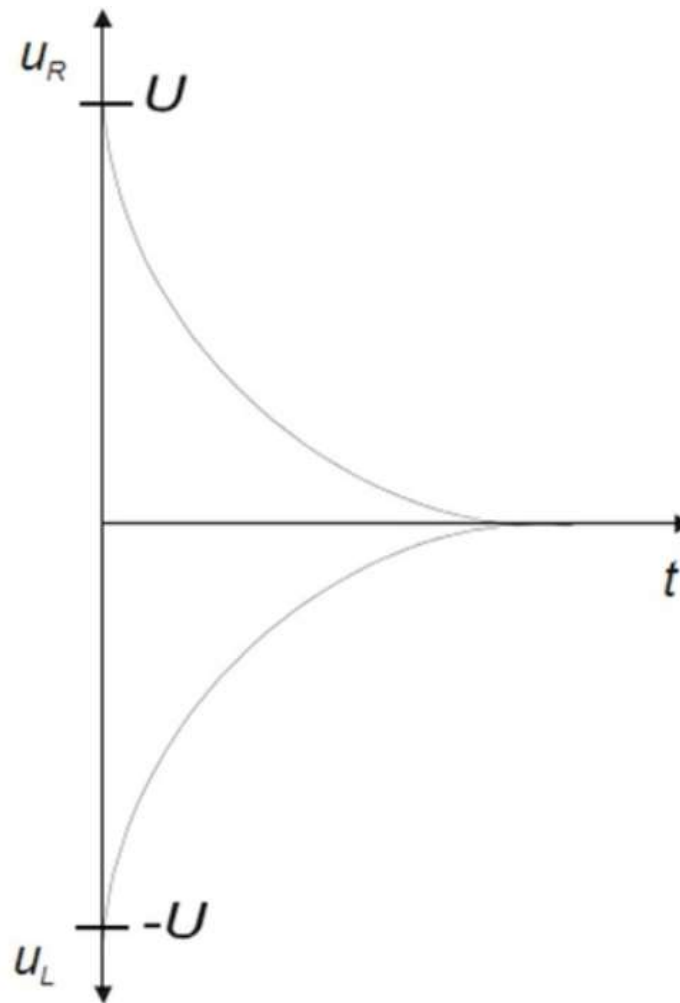
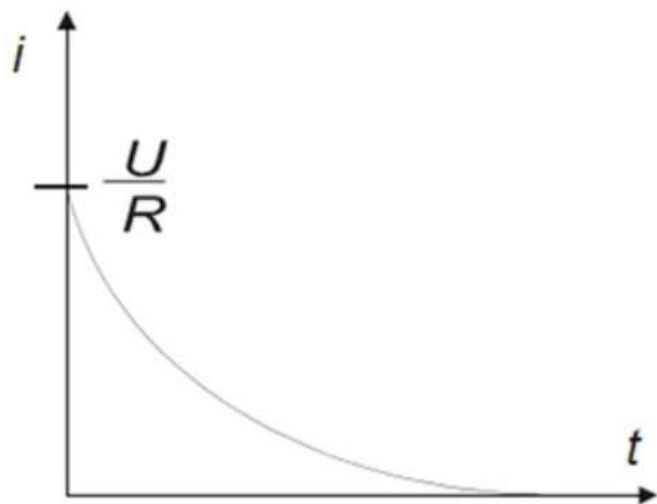
$$i(t) = i_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_R(t) = Ri(t) = Ri_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_L(t) = 0 - u_R(t) = -U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$



# Odpojení cívky



# Příklad

Nabuzení cívky. RL obvod je tvořen cívkou  $L=3,5$  H s vnitřním odporem  $R=40\Omega$ . Napětí zdroje je 20V.

- a) určete funkce pro průběh napětí a proudu, funkce zakreslete
- b) vypočítejte okamžité hodnoty napětí a proudu v čase  $t_1=50$  ms
- c) vypočítejte hodnotu napětí na cívce pro  $t_2=3\tau$

# Příklad

Časová konstanta  $\tau$   $\tau = \frac{L}{R} = \frac{3,5}{40} = 87,5ms$

Budící proud  $i_n(t)$ :  $i_n(t) = I_0 * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 0,5 * (1 - e^{-\frac{t}{87,5}})$

Napětí na vnitřním odporu cívky  $u_R(t)$   $u_R(t) = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 20 * (1 - e^{-\frac{t}{87,5}})$

Napětí na ideální cívce  $u_L(t)$   $u_L(t) = U - u_R(t) = U * e^{-\frac{t}{\tau}} = 20 * e^{-\frac{t}{87,5}}$