

# Kondenzátor a cívka

## - Kapacita a Indukčnost

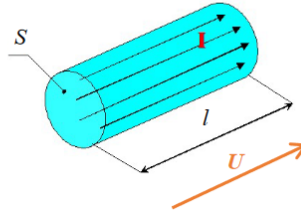
### - Pasivní prvky elektrických obvodů

- Již známe rezistor, součástku s konkrétním odporem

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (\Omega; \Omega \cdot \text{m}, \text{m}, \text{m}^2) \quad \text{Konstanta } -\rho - \text{materiální konstanta}$$

Ohmův zákon, platný pro kus vodivého materiálu s určitou délkou a průřezem:

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

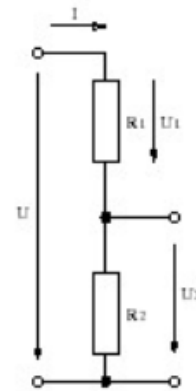
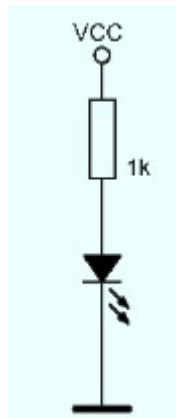


○

- Rezistor jako prvek

- K čemu je nám v obvodech rezistor?
  - K omezení proudu v nějaké větvi

K zajištění konkrétního úbytku napětí



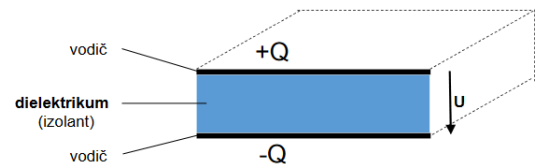
## - Kondenzátor a kapacita

- Elektrostatické pole

- Prostředí, v němž se projevují silové účinky elektrických nábojů, které jsou v klidu (neteče tam proud).

- Platí Coulombův zákon

- Vzorec nebudeme používat, je však důležitý na pochopení
- $\epsilon_r$  – Relativní permitivita



$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{N}; \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}, \text{C}, \text{C}, \text{m})$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (\text{N}; \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}, \text{C}, \text{C}, \text{m})$$

- symbol  $\epsilon$  značí permitivitu.

- $\epsilon_0$  je permitivita vakua.

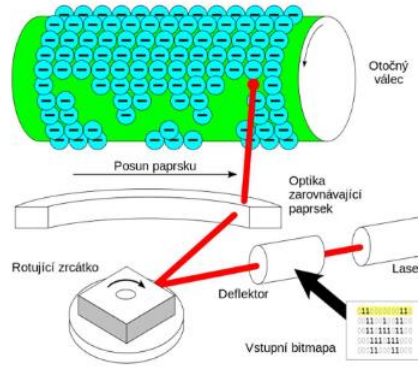
$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Table 24.1 Values of Dielectric Constant  $K$  at 20°C

Material	$K$	Material	$K$
Vacuum	1	Polyvinyl chloride	3.18
Air (1 atm)	1.00059	Plexiglas	3.40
Air (100 atm)	1.0548	Glass	5–10
Teflon	2.1	Neoprene	6.70
Polyethylene	2.25	Germanium	16
Benzene	2.28	Glycerin	42.5
Mica	3–6	Water	80.4
Mylar	3.1	Strontium titanate	310

- **K čemu je to dobré?**

- Laserová tiskárna nebo kopírka – nabité částice toneru drží na válci:



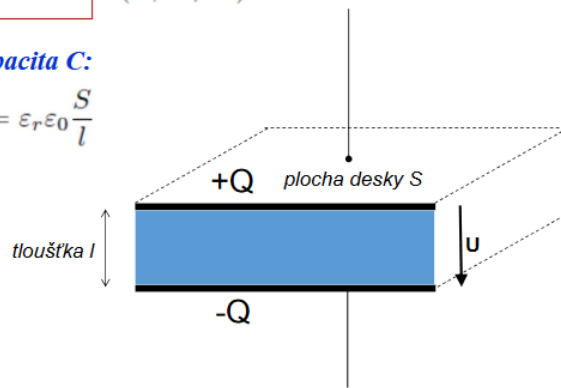
- - Zelená barva – dielektrikum

- **Kondenzátor**

$$Q = CU \quad (C; F, V)$$

*kapacita C:*

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



- **Kapacita vs kondenzátor**

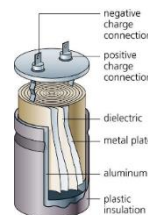
- **Kapacita:** vlastnost, fyzikální veličina
  - **Kondenzátor:** obvodový prvek, jehož charakteristickou vlastností je kapacita
  - Pomocí kondenzátoru záměrně umísťujeme na konkrétní místo v obvodě konkrétní kapacitu (právě takovou tam potřebujeme).
  - Kapacita ale není vázána jen na kondenzátor, vyskytuje se prakticky všude, i když třeba tak malá, že ji můžeme ve většině případů zanedbat. Ale někdy ne!
  - ... podobně jako odpor naměříme všude „nějaký“, ale chceme-li na konkrétním místě v obvodě záměrně ovlivnit poměr napětí a proudu, umístíme tam rezistor – součástku s definovaným odporem

- **Specifikace:**

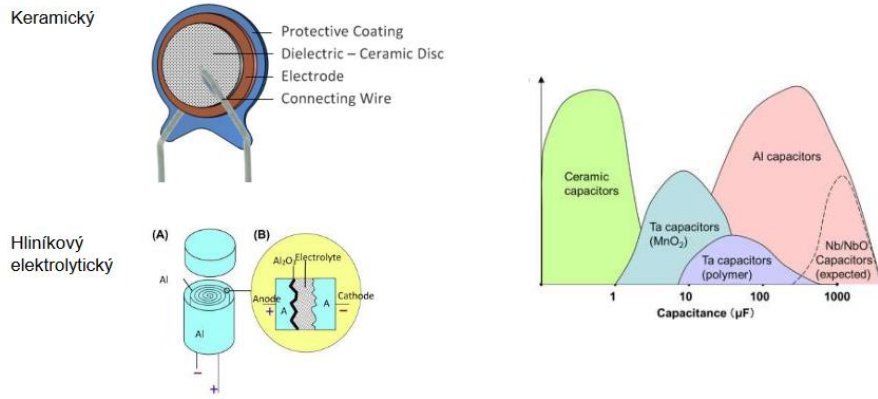
- Součástka se dvěma vývody.
  - Je charakterizována veličinou „kapacita“ (C, jednotka Farad).
  - Známe typy kondenzátorů:
    - Plošné



- Rolované

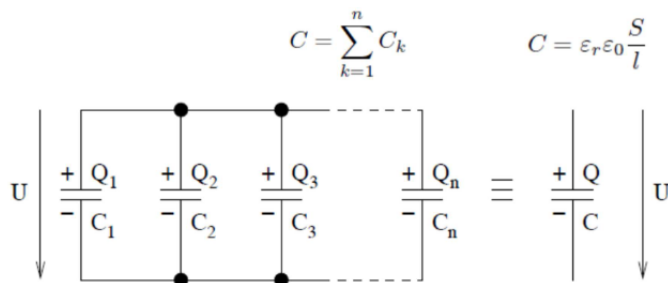


▪ Provedení kondenzátorů

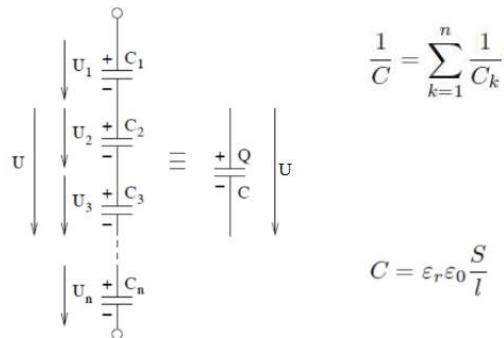


▪ Spojování kondenzátorů

- Paralelně

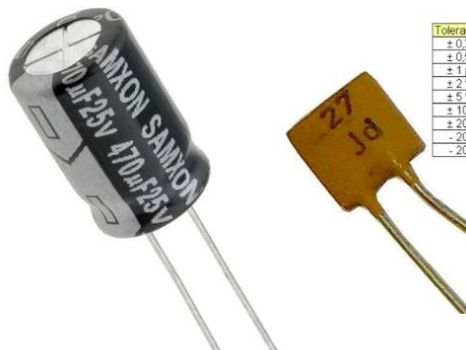


- Sériové



▪ Omezení napětí

Omezení napětí



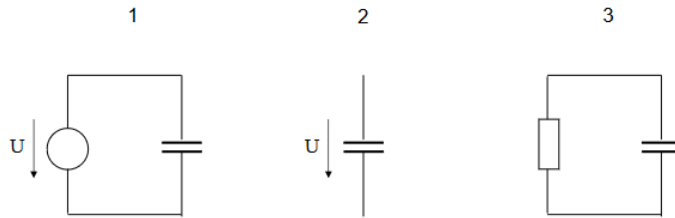
Kapacita	Označení
1,5 pF	1,5
15 pF	15
150 pF	150
1500 pF	1n5
15000 pF	15n
150000 pF	150n

Tolerance kapacity	Kód
± 0,25 pF	C
± 0,5 pF	D
± 1 pF	F
± 2 %	G
± 5 %	J
± 10 %	K
± 20 %	M
- 20 + 50 %	S
- 20 + 80 %	Z

Napětí	Ozn.
12,5V	n
32V	q
40V	s
250V	d
500V	t

Typ	Označení	hmoty	Kód
1B	P100		A
1B	P033		B
1B	NPO		C
1B	N033		H
1B	N047		J
1B	N150		P
1B	N220		R
1B	N330		S
1B	N470		T
1B	NF50		U
1B	N1500		V
2B	E1000		F
2C	E2000		Z
2E	E4000		W
2F	E10000		Y
3E	Supermit		N

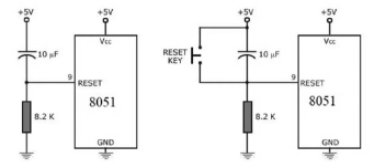
- **K čemu je to dobré?**
  - Kondenzátor = zásobárna náboje.



- 
- **1. Nabití kondenzátoru vyžaduje, aby tekla nějaký proud ze zdroje**
- **2. Kondenzátor náboj drží jevem elektrostatického pole i po odpojení od zdroje**
- **3. Proud poteče skrz rezistor**

- **Jak se v elektronice používá kondenzátor?**

- Jako lokální zásobník energie pro napájení obvodů
  - k vykrytí krátkodobé nouze (než dorazí ze zdroje)
    - při rychlých změnách odběru (typicky rychlé skokové změny stavu číslicových obvodů),
    - pro vyhlazení napětí ze střídavého zdroje.
  - v měničích napětí, nábojových pumpách atd.
- Jako setrvačný prvek
  - pro definované zpoždění reakce obvodu
    - nastavení frekvence kmitání obvodu,
    - odložení reakce obvodu na nějakou změnu stavu.



(1) Power on Reset

(2) Manual reset with button

- **Energie nabitého kondenzátoru**

$$W_e = \frac{1}{2}QU \quad (\text{J; C, V})$$

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

- 
- **Příklad: defibrilátor**

$$C = 100 \mu\text{F}$$

$$U = 4000 \text{ V}$$

$$\Delta t = 2 \text{ ms}$$

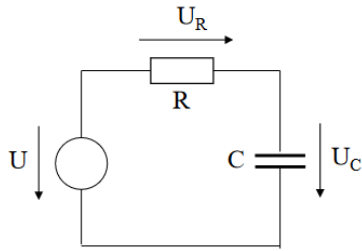
$$\alpha = 0,25$$

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = 800 \text{ J}$$

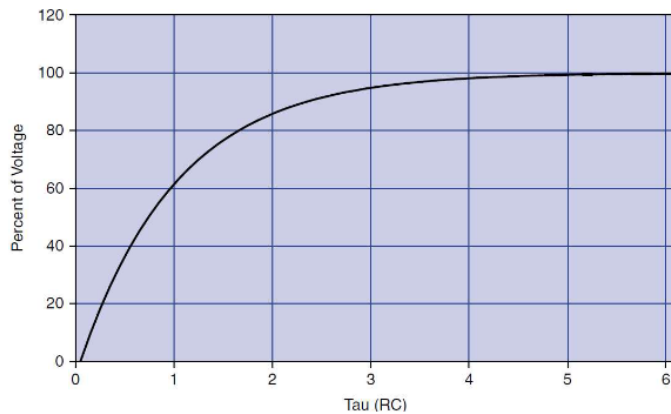
$$P = \frac{W'}{\Delta t} = \alpha \frac{1}{2} \frac{CU^2}{\Delta t} = 100 \text{ kW}$$

○

- **Typická situace – Kondenzátor v obvodu**



- 
- **Musí platit Kirchhoffovy zákony**
  - $U = U_R + U_C$
- **Musí platit Ohmův zákon**
  - $I = \frac{U_R}{R}$
- Jestli roste náboj na kondenzátoru, tak musí se zvyšovat i napětí na něm a snižovat se napětí na rezistoru
  - Náboj do kondenzátoru se dostává ze zdroje přes odpor R.
  - Proud je tímto odporem omezen – čím více, tím déle trvá nabíjení
  - **Časová konstanta  $\tau$  (tau)**
  - $\tau = R \cdot C$  [s,  $\Omega$ , F]



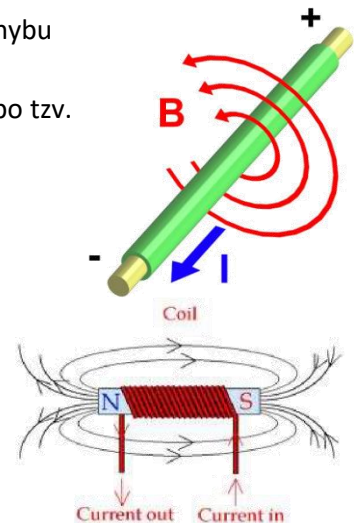
$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau + u_C(0)$$

$$i(t) = C \frac{du_C(t)}{dt}$$

- **Cívka a Indukčnost**

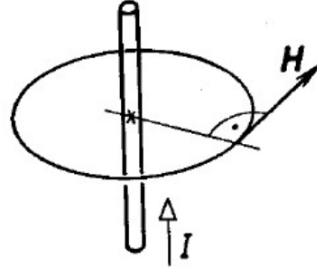
- **Magnetické pole**

- Magnetické pole je silové pole, které vzniká následkem pohybu elektrických nábojů (proud).
- Zdrojem tedy mohou být vodiče, v nichž protéká proud nebo tzv. permanentní magnety.
- **Elektrické a magnetické pole spolu silně souvisí!**
- Existují tzv. **Maxwellovy rovnice** pro popsaní vztahu elektrických a magnetických polí
- **Magnetomotorické napětí**
  - **Magnetomotorické napětí  $F_m = I$  [A]**



- **Intenzita magnetického pole**

- $H = \frac{U_m}{l} \quad (A \cdot m^{-1}; A, m)$



V okolí dlouhého přímého vodiče, kterým prochází proud  $I$ , tvoří siločáry kružnice. Ve vzdálenosti  $r$  od vodiče je intenzita  $H$  stejná po celé délce čáry a platí:

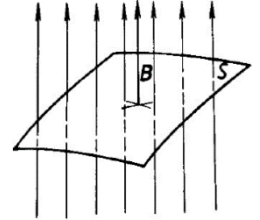
$$H = U_m / l = I / 2 \cdot \pi \cdot r$$

S rostoucí vzdáleností od vodiče se intenzita  $H$  zmenšuje.

- 

- **Magnetický tok a indukce**

- Množství siločar v určité ploše  $S$  je magnetický tok  $\Phi$ .
  - Množství siločar na jednotku plochy je magnetická indukce  $B$ .
  - $B = \Phi / S$



- **Vztahy mezi veličinami**

- **Místní veličiny:**

- intenzita magnetického pole  $H$
    - magnetická indukce  $B$ 
      - $B = \mu \cdot H$
      - $\mu$  ... permeabilita

- **Celkové veličiny:**

- magnetické napětí  $U_m$
    - magnetický tok  $\Phi$
    - $U_m = R_m \cdot \Phi$
    - $R_m$  ... magnetický odpor

- **Hopkinsonův zákon** – obdoba Ohmova zákona v magnetických obvodech.

- **Relativní permeabilita**

- $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

- **Podle  $\mu_r$  se látky dělí na:**

- diamagnetické, kde  $\mu_r < 1$
    - paramagnetické, kde  $\mu_r > 1$
    - feromagnetické, kde  $\mu_r \gg 1$

- Feromagnetické látky jsou pro elektrotechniku nejdůležitější – velká permeabilita umožní dosahovat velkých magnetických toků.

- U feromagnetických látek  $\mu_r$  **nebývá konstantní**

- **Elektromagnetická indukce**

- **Změna magnetického toku v okolí vodiče vyvolá v tomto vodiči proud.**

- **Odpovídající elektromotorické napětí je:**

- $e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

- **Pro cívku s  $N$  závitů pak platí, že:**

- $u = -e = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

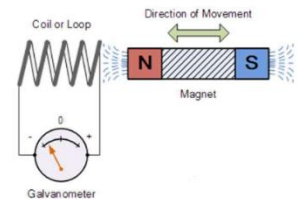
---

Rychlost šíření elmag. vln v materiálu:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

Pro vakuum je to  $c$ .

---



- **Indukčnost**

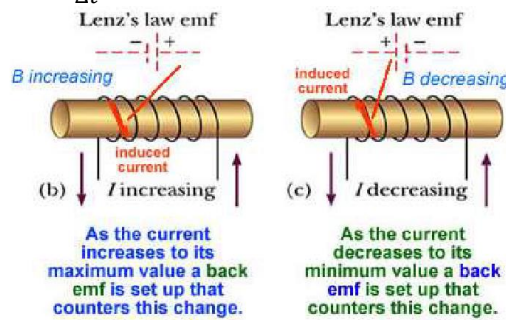
- Víme, že magnetické a elektrické pole se vzájemně ovlivňují.
  - proud způsobí magnetický tok v okolí vodiče,
  - změna magnetického toku v okolí vodiče vyvolá ve vodiči napětí.
- Indukované napětí ovlivní proud ve vodiči.
- Vztah mezi proudem a magnetickým tokem popisuje **fyzikální veličina zvaná indukčnost**.
- Označuje se písmenem **L** a jednotkou je **Henry**

- Pro smyčku vodiče (obecně) platí, že:

- $\Phi = L * I$

- Pak indukované napětí způsobené změnou proudu ve vodiči je:

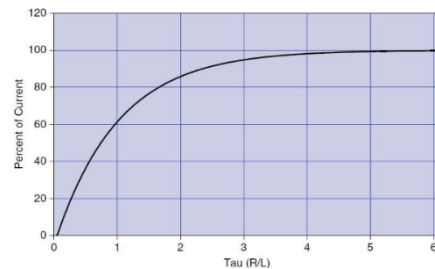
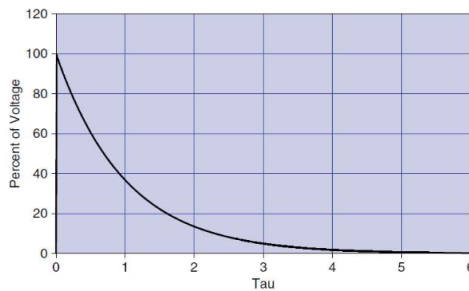
- $u = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$



☞ Pokud se proud ve vodiči mění, ovlivňuje sám sebe přes magnetické pole, které vyvolává!

- **Cívka**

- Cívka zapojená v obvodě je opět **setrvačný prvek** – energii proudu nabitých částic ve vodiči lze přeměnit na energii magnetického pole a zase zpět.
- Cívka v obvodě **brání změně proudu**.
  - Zanikne-li napětí, které žene proud cívkou, proud je hnán energií magnetického pole, které tam předtím průchodem proudu vzniklo.
- Jak moc se to projevuje, udává **indukčnost** cívky.
- **Cívka v obvodě**



- Časová konstanta  $\tau$  (tau)

- $\tau = R / L$  [s,  $\Omega$ , H]

- **Jak se používá?**

- Jako prvek, udržující stálý proud
  - filtr ve zdroji (Tlumivka)

- Jako setrvačný prvek

- pro definované zpoždění reakce obvodu

- nastavení frekvence kmitání obvodu, rezonance (spolu s kondenzátorem)

○ Jak se chovají prvky v obvodě

- rezistor

$$u(t) = Ri(t) \quad i(t) = \frac{1}{R}u(t)$$

- induktor

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad i(t) = \frac{1}{L} \int_0^t u(\tau) d\tau + i(0)$$

- kapacitor

$$u(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau + u(0) \quad i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

▪