



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií ■

# Pasivní součástky





Vyučující:

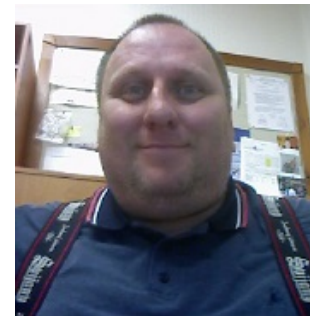
**Zdeněk Plíva**

*e-mail: [zdenek.pliva@tul.cz](mailto:zdenek.pliva@tul.cz)  
3536*



**Miroslav Holada**  
**Leoš Petržílka**

...



<http://www.ite.tul.cz>





# Přehled témat

- Elektronická schémata a symbolika
- Součástky – pouzdra, značení
- Pasivní součástky (R, C, L)





# Přehled info-markerů

Informace obsažené ve slajdech přednášek jsou různě důležité pro různé studijní obory a zaměření. Na některých slajdech může být značka, která informuje o významnosti a důležitosti prezentované informace.



důležité - vyžadováno u zkoušky



informativní slajd s "doplňkovou" informací

Pokud slajd není označen, tak je jeho důležitost střední (tj. Něco mezi důležitým a informativním).



základní znalosti z předchozího studia (fyziky)



zásadní informace pro pochopení další látky





# Opakování



**Proud / napětí**

**Střídavý (AC) / Stejnoseměrný (DC)**

**Efektivní hodnota střídavého proudu ( $I_{ef}$ )** je rovna hodnotě stejnoseměrného proudu, který by při průchodu odporovou zátěží dával stejný průměrný výkon.

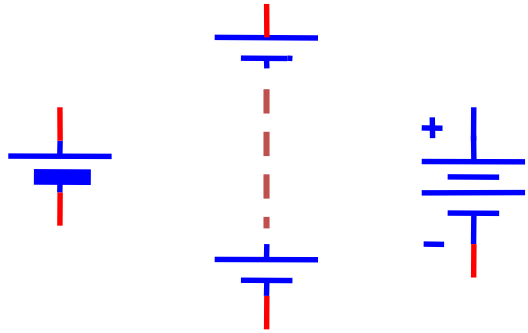
**Efektivní hodnota střídavého napětí ( $U_{ef}$ )** je rovna hodnotě stejnoseměrného napětí, které by při přiložení na odporovou zátěž dávalo stejný průměrný výkon.

Efektivní hodnota bývá často značena indexem **RMS** z anglického „*Root Mean Square*“

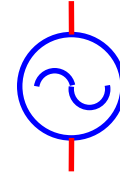
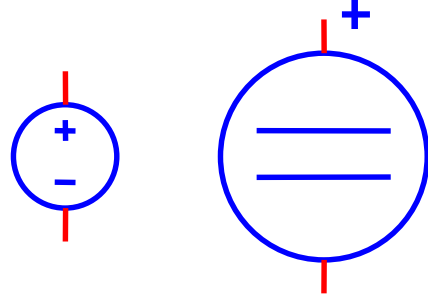




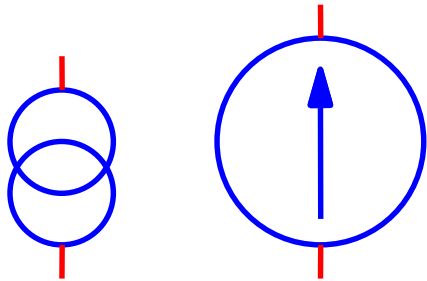
# Grafické značky - zdroje



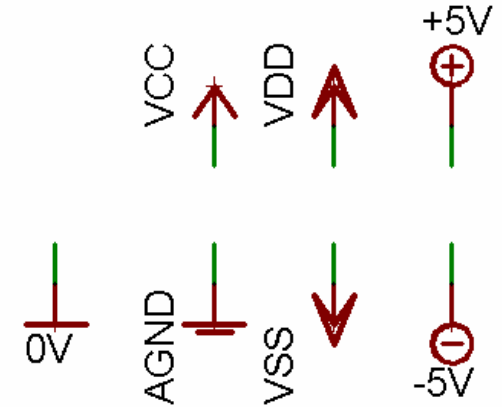
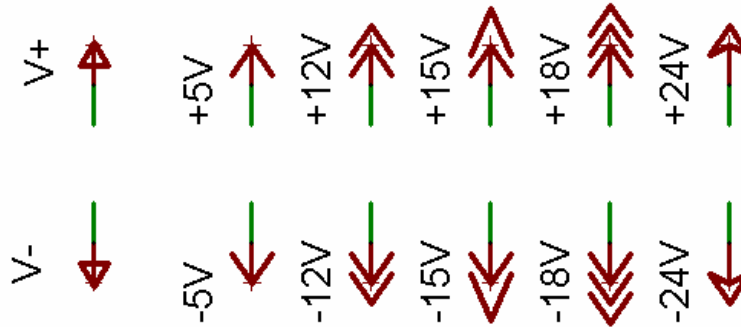
Primární článek  
Baterie akumulátorů,  
nebo prim. článků



zdroj střídavého  
Napětí (signálu)



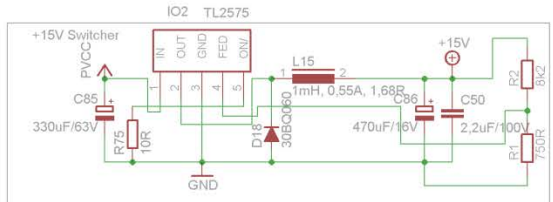
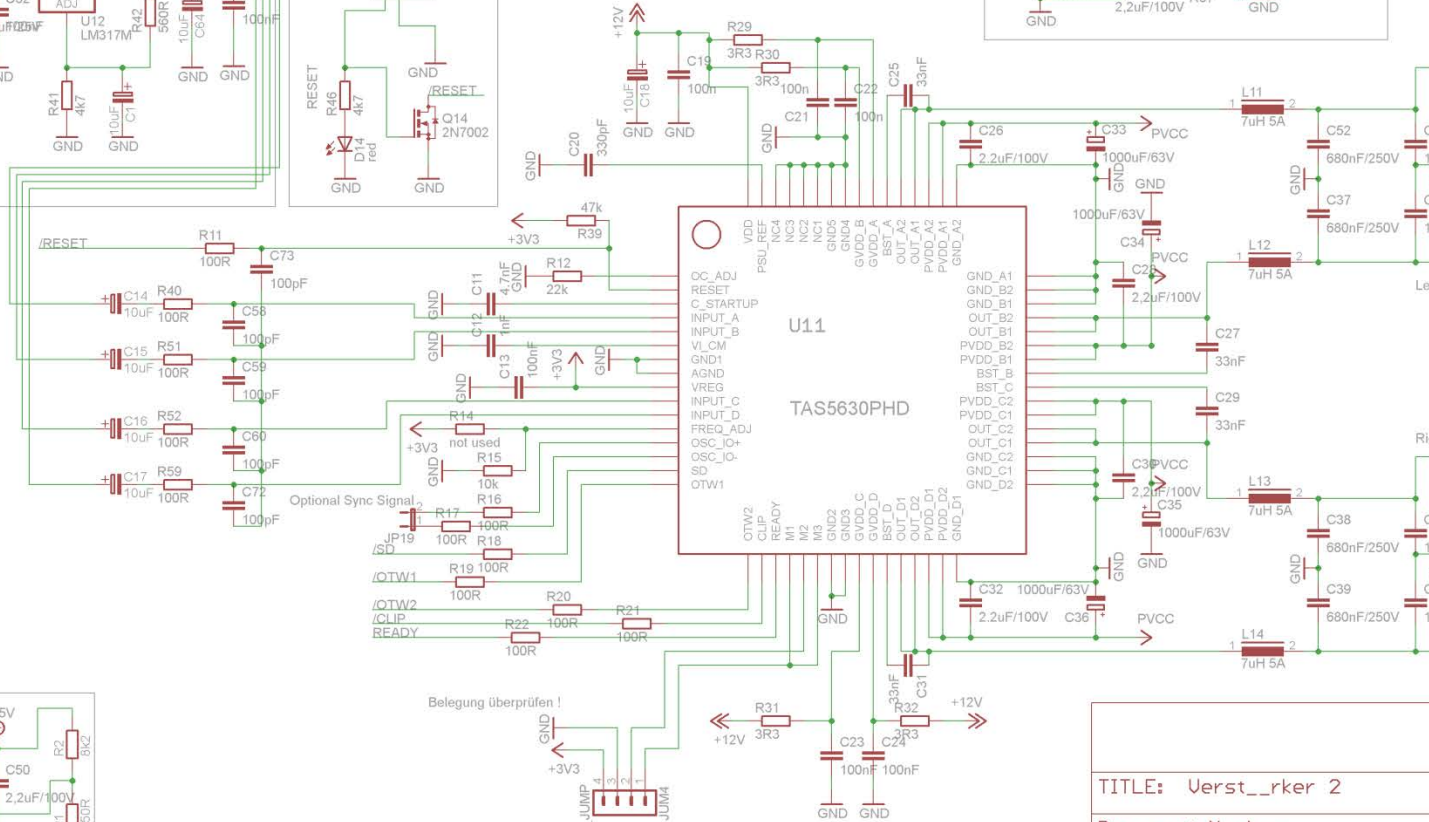
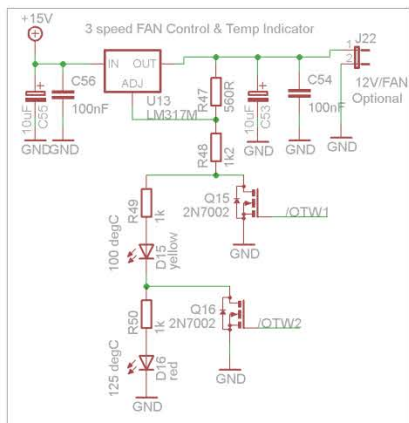
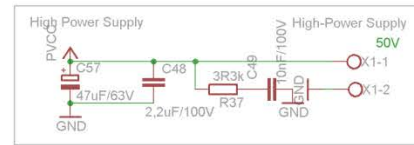
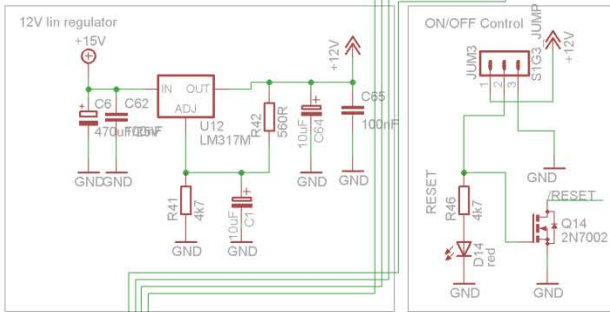
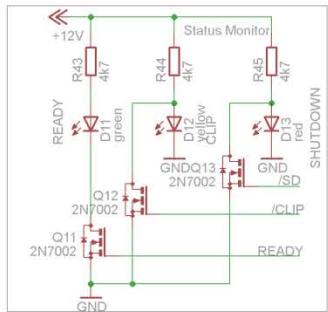
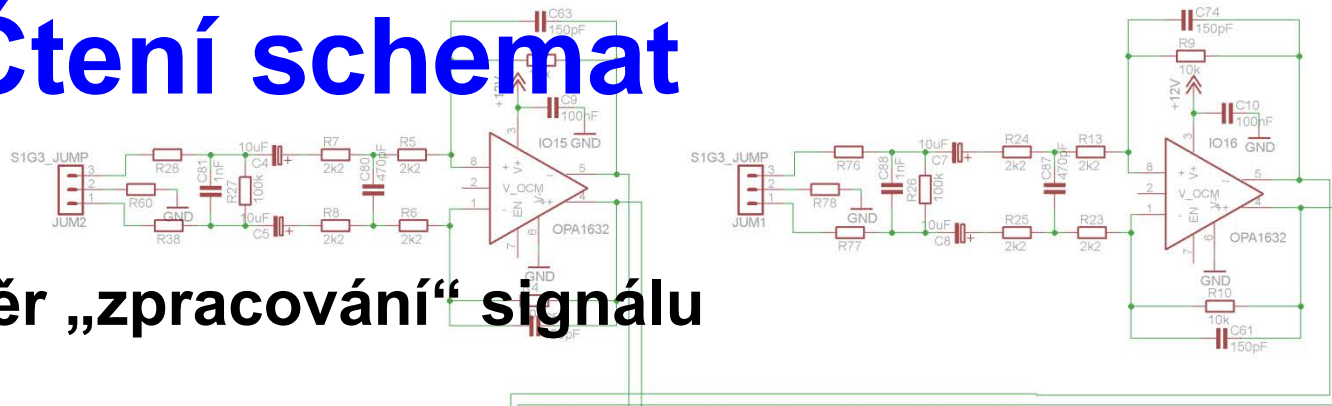
zdroje proudu



# Čtení schemat



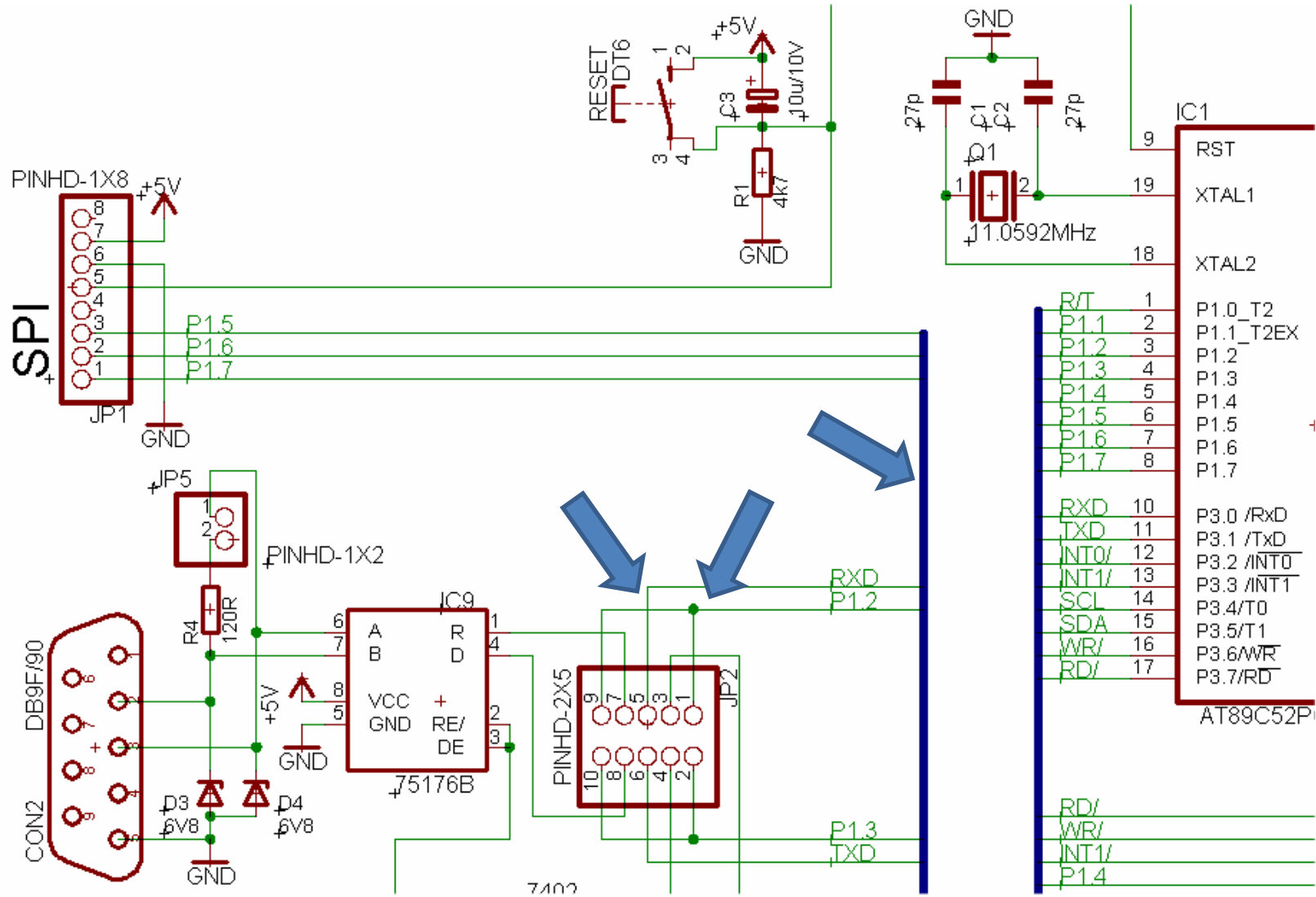
## Směr „zpracování“ signálu



TITLE: Verst_rker 2
Document Number:
Date: 26.10.2014 18:09:42



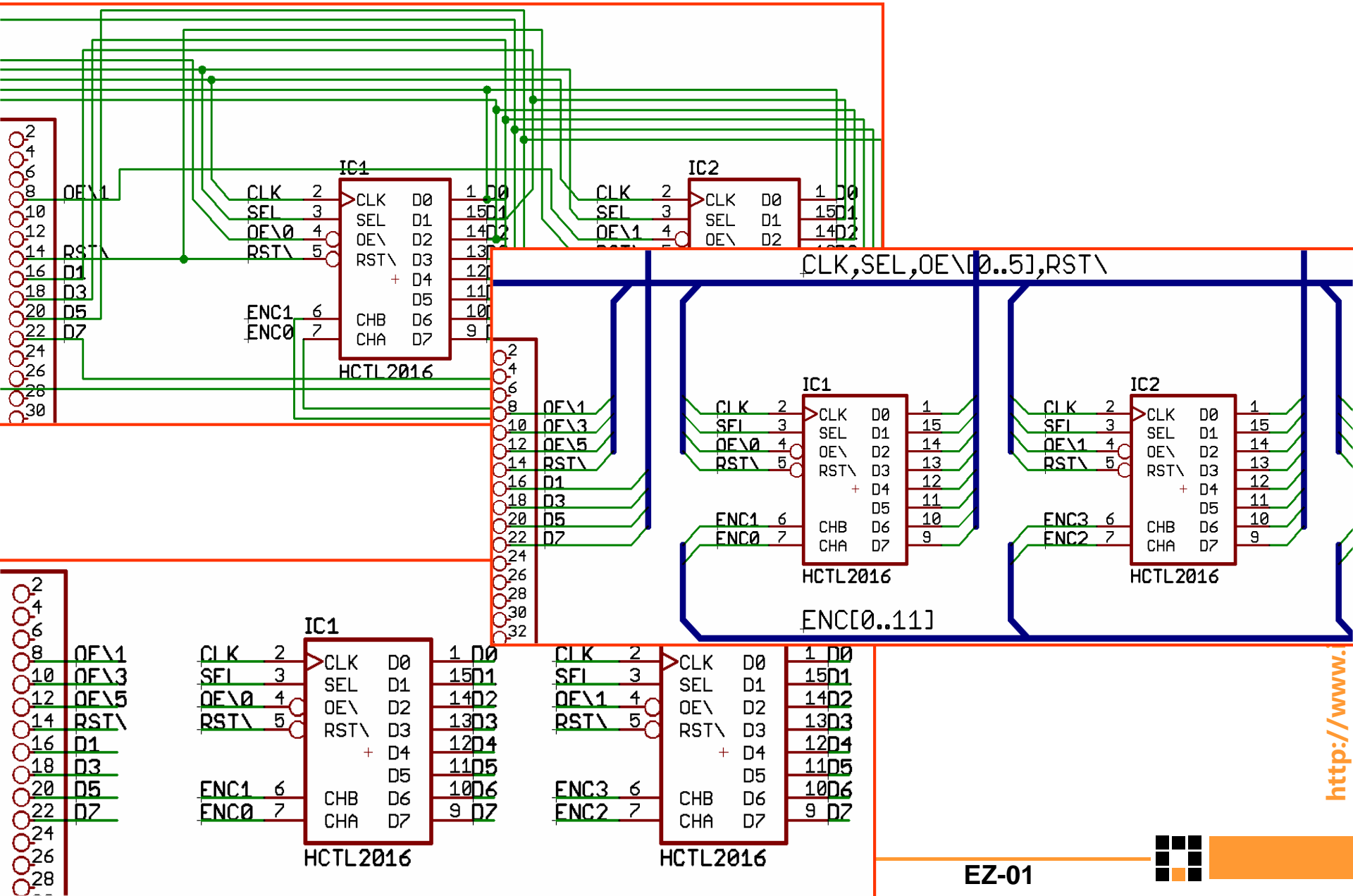
# Čtení schémat





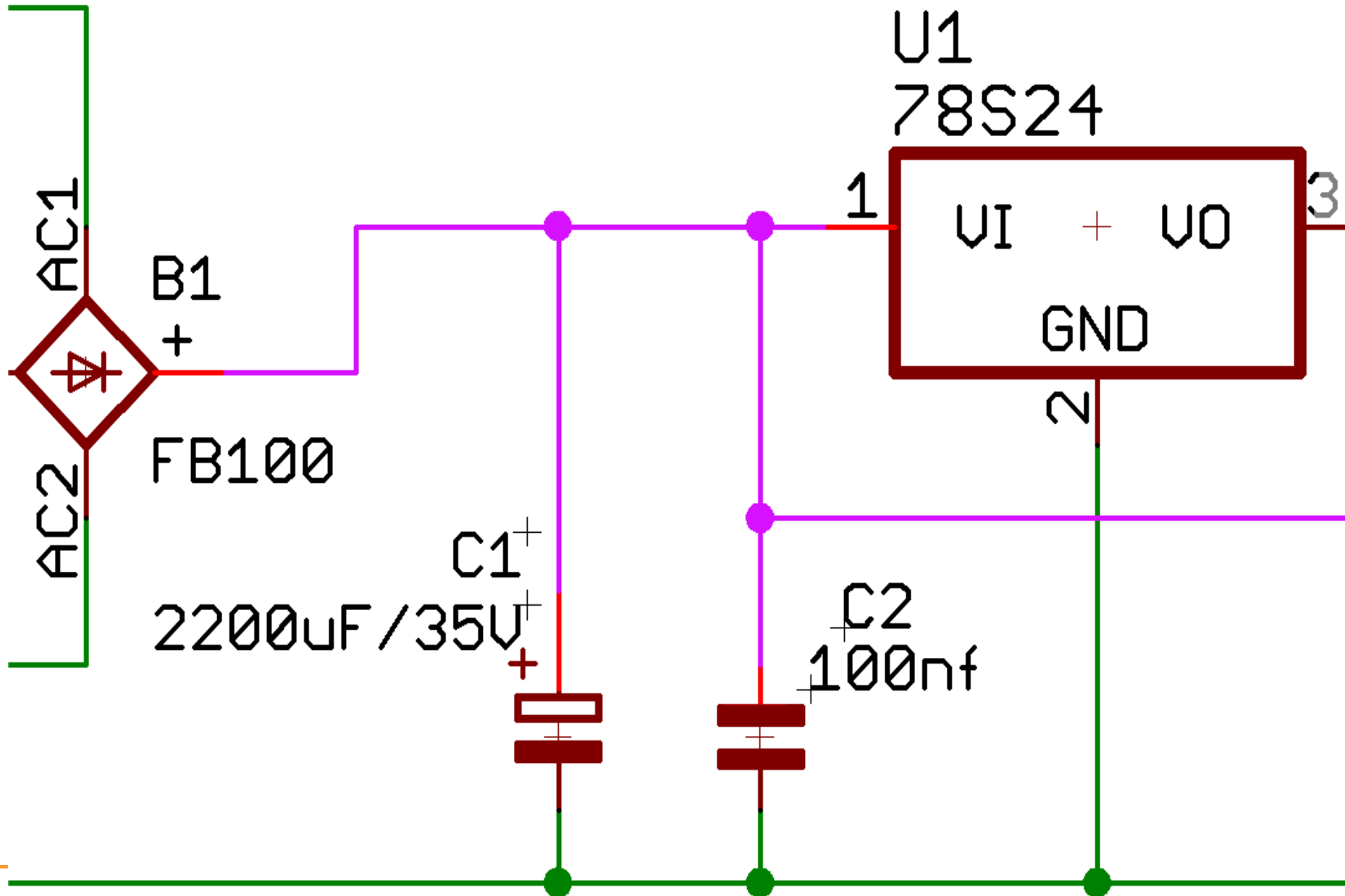


# Čtení schemat

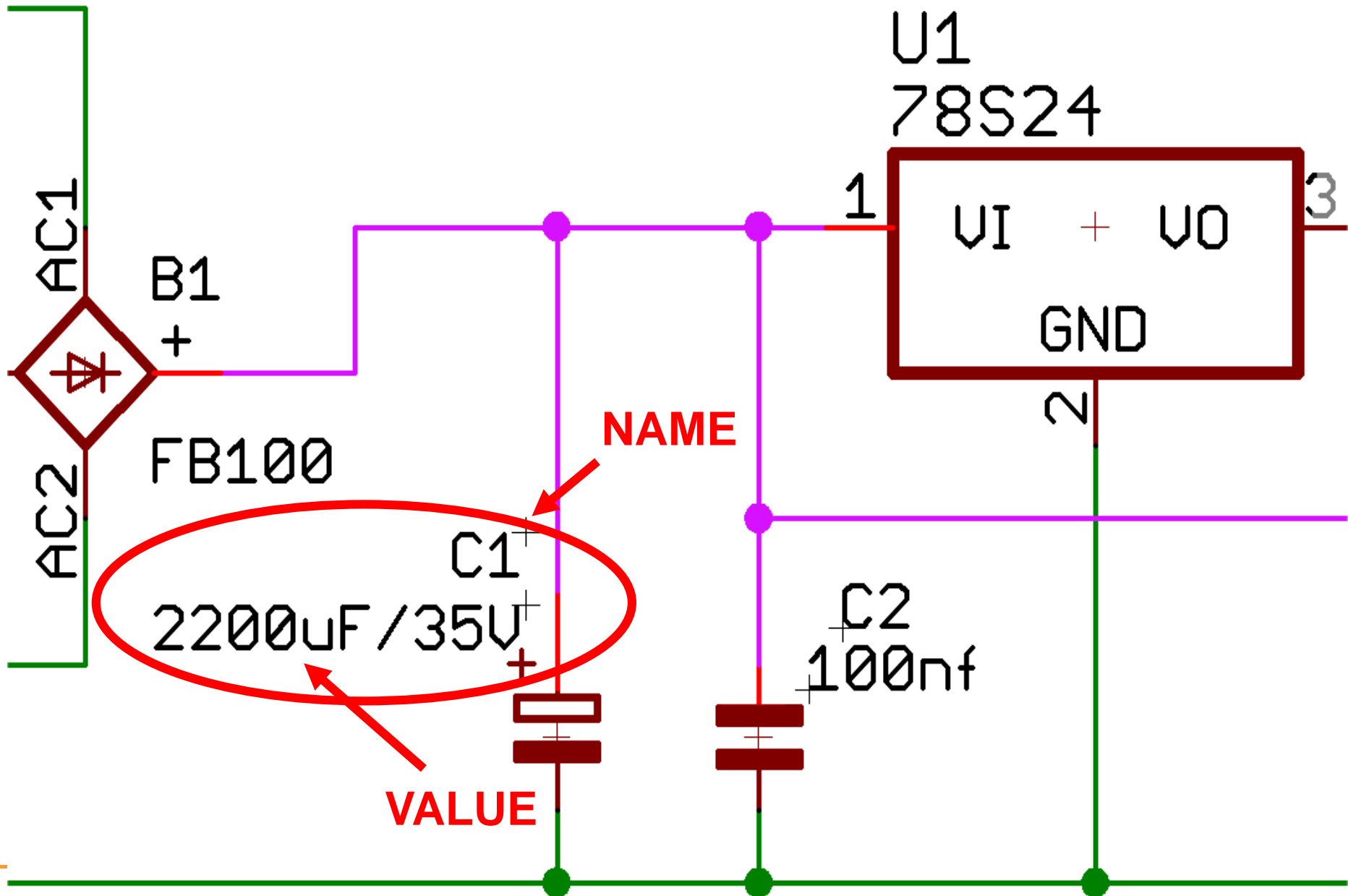




# Čtení schemat



# Čtení schemat





# Elektronické součástky

## Pasivní

- Stále elektrické vlastnosti nezávisle na proudu, napětí

## Aktivní

- Elektrické a přenosové vlastnosti se mění v závislosti na přivedeném proudu/napětí

## Konstrukční

- Mechanické prvky zařízení (kostra, panely...)
- Elektromechanické (přepínače, DPS, konektory...)
- Pomocné materiály (cín, tavidlo...)





# Elektronické součástky

## Teplotní rozsahy

- consumer, commercial  
(0 ÷ +70°C, 0 ÷ +40°C)
- industrial, automotive  
(-40 (-25) °C ÷ +85°C)
- extended, military (-55°C ÷ +125°C)

Vliv teploty na parametry prvků (zbytkové proudy, zesílení, odpor a kapacita)

→ Chlazení...





# Pouzdra součástek



technologie (THD, SMD)

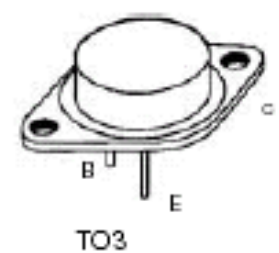
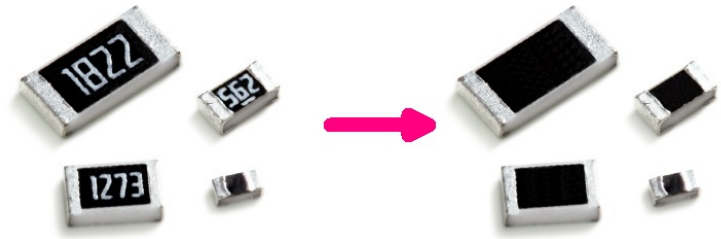
pasivní součástky

polovodičové součástky:

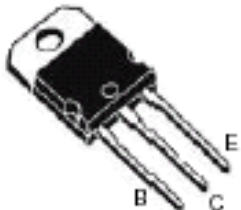
(DO-xx, TO-xxx, SO-xxx, DIPxx, PLCCxx, SOICxx, ...)

**Materiál:** sklo (diody), plast, keramika, kov

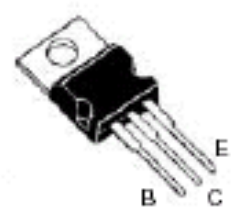
**Typy vývodů:** drátové, kolíky, nástrčné, špičky (DIL),  
výstupky (SMT), BGA



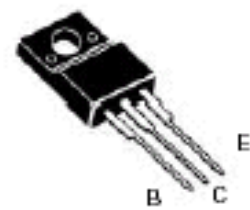
TO3



TO218



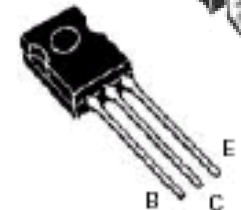
TO220



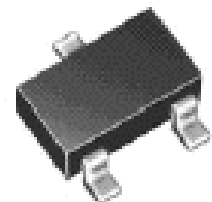
TO220FP



SOT32



SOT82



<http://www.soselectronic.cz/?str=1265&article=yageo-stane-se-znaceni-smd-rezistoru-historii>

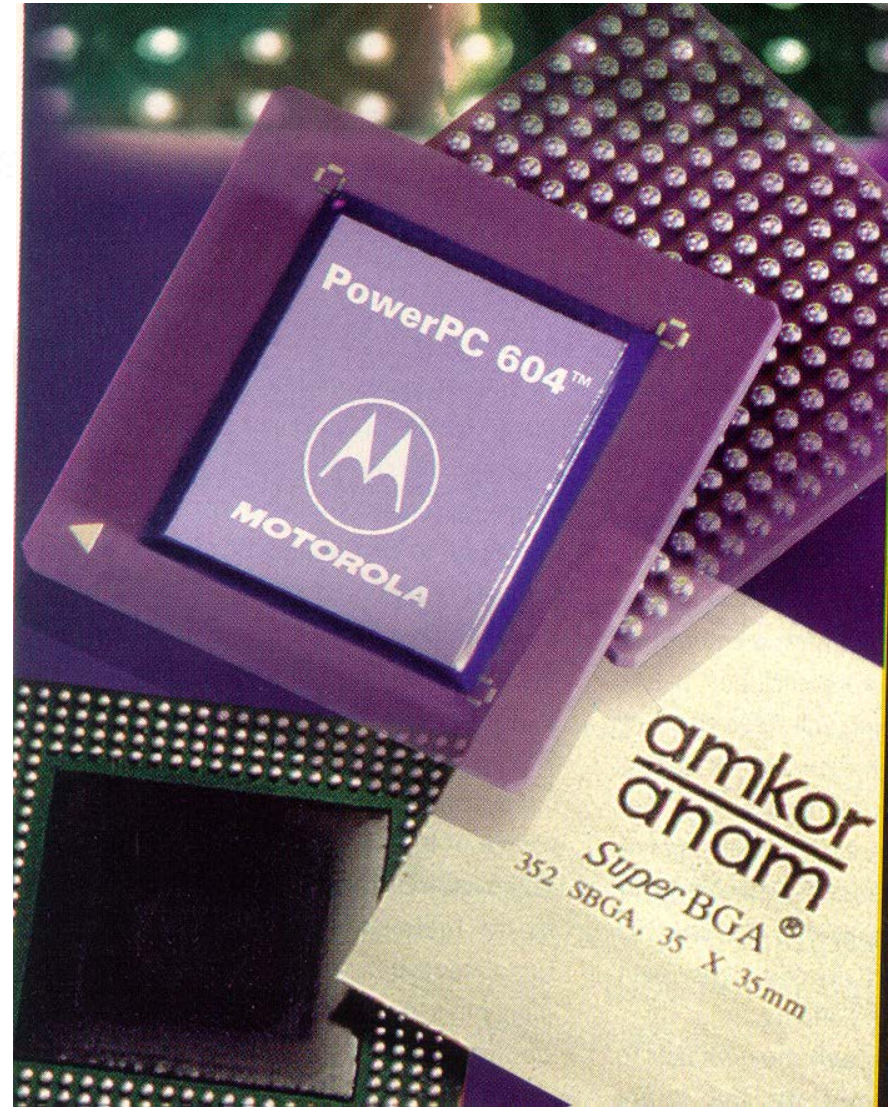
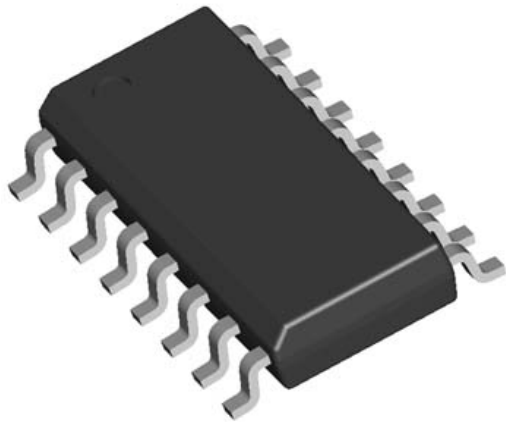
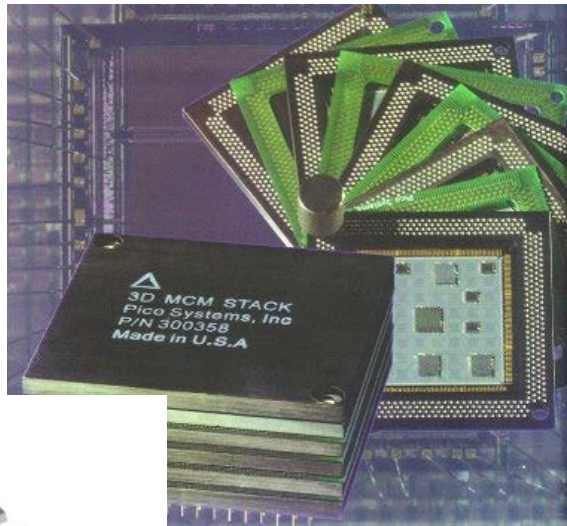
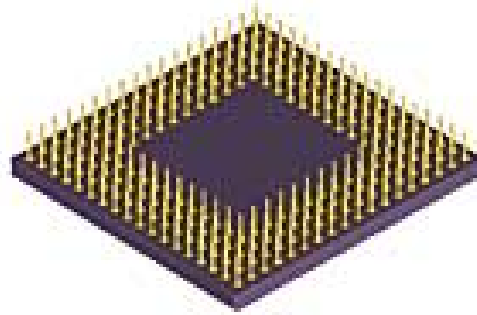
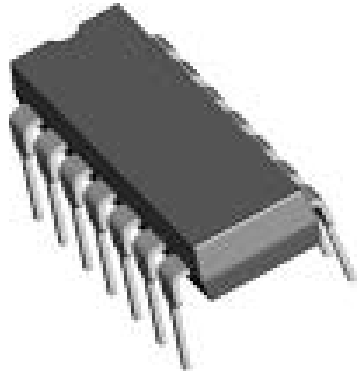
<http://www.ite.tul.cz>







# Pouzdra součástek

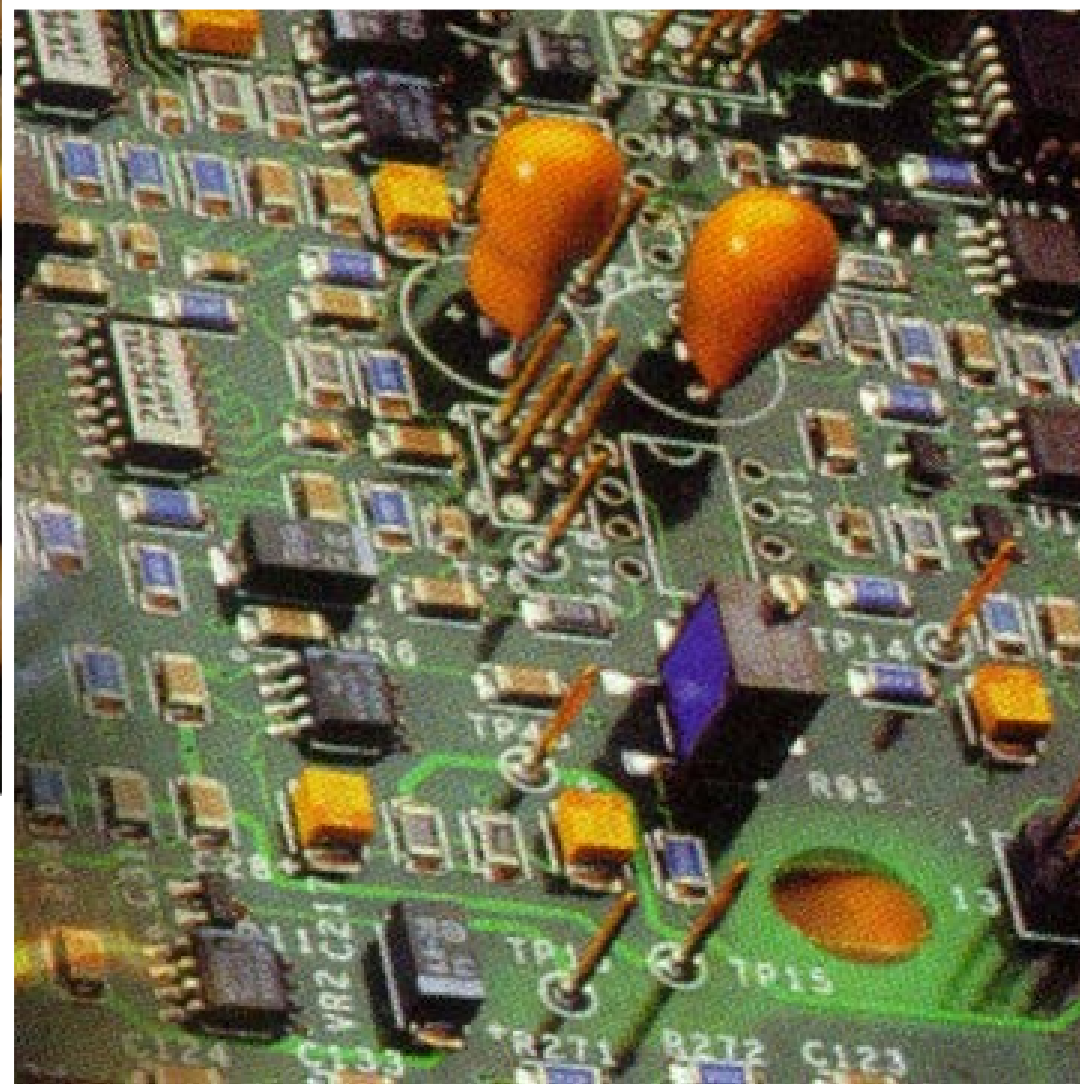


<http://www.ite.tul.cz>





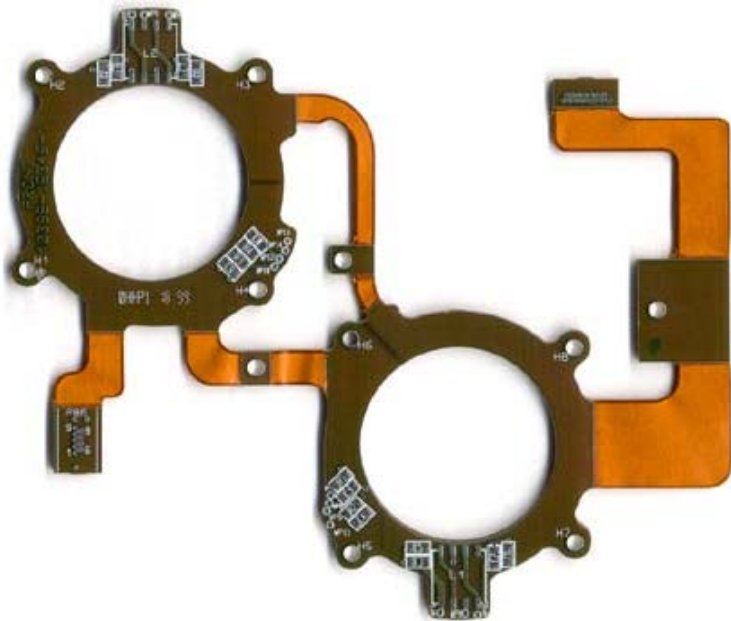
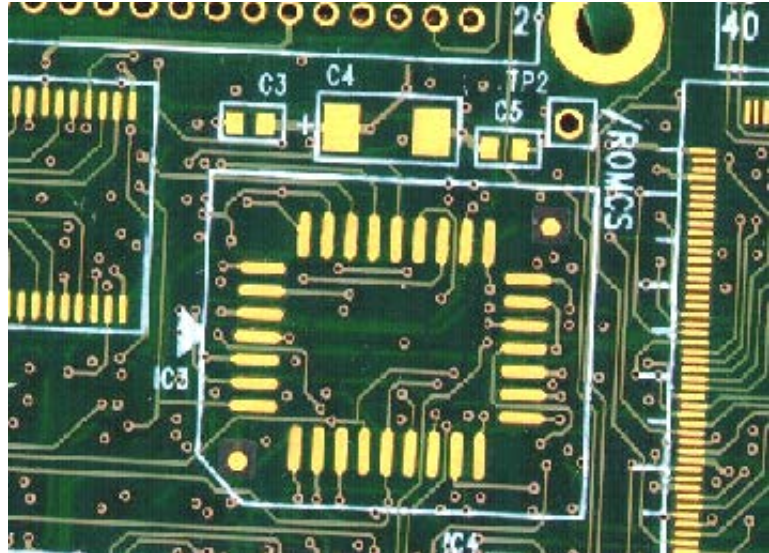
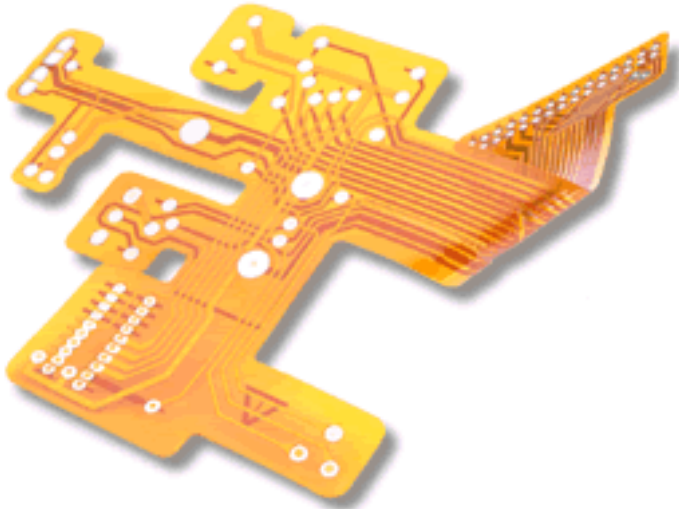
# Pouzdra součástek







# DPS / PCB



- Připevnění součástek
- Propojení součástek
- Umístění v prostoru
- SSB / DSB / MLB

PCBlab





# Pasivní součástky – řady hodnot

Geometrické řady jmenovitých hodnot  
počet hodnot na 1 dekádu:

$En$ , kde  $n$  je  $3 \cdot 2^k$  ( $k=0 \dots 6$ ) - E3 až E192

**E6: 1,0 – 1,5 – 2,2 – 3,3 – 4,7 – 6,8**

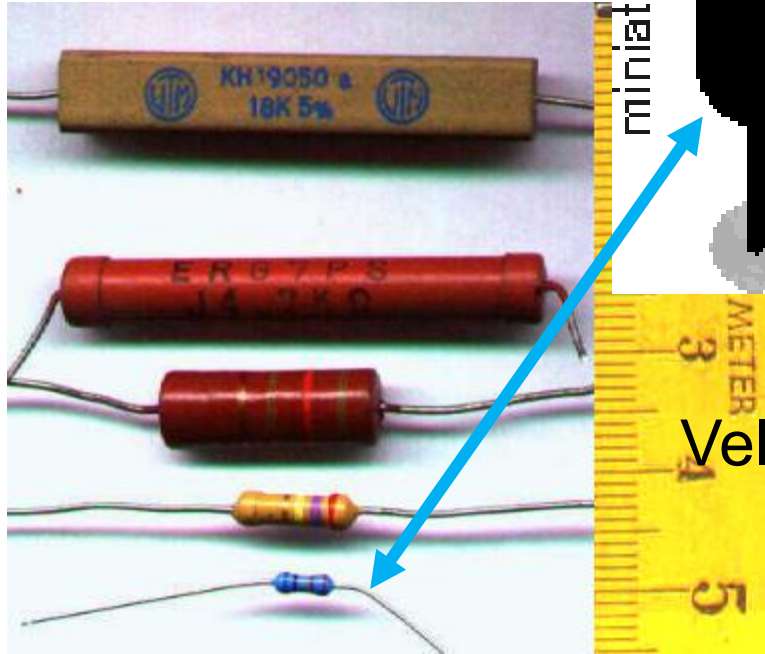
**E12: 1,0 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,2 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,7 -  
5,6 - 6,8 - 8,2**

$En$  souvisí s tolerančním polem hodnot:

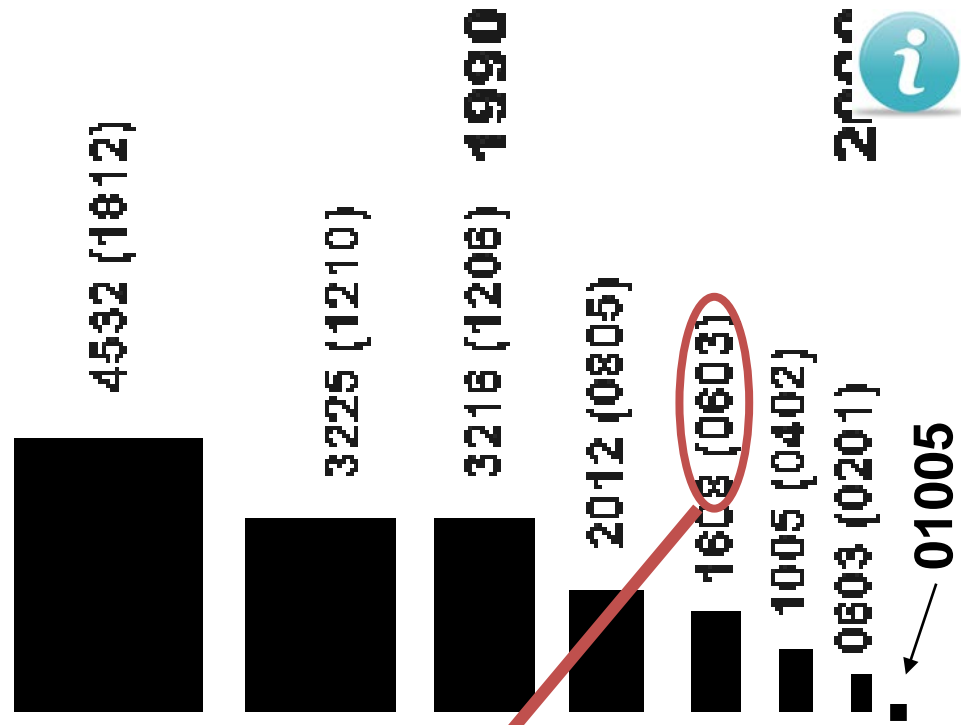
**E6 ~ ±20%, E12 ~ 10%, E24 ~ 5%, E48 ~ 2%, E96 ~  
1%, E192 ~ ±0,5%**

Pro speciální účely:  $Rn$  (R5: 1,0–1,6–2,5–4,0–6,3)





miniaturní odpor



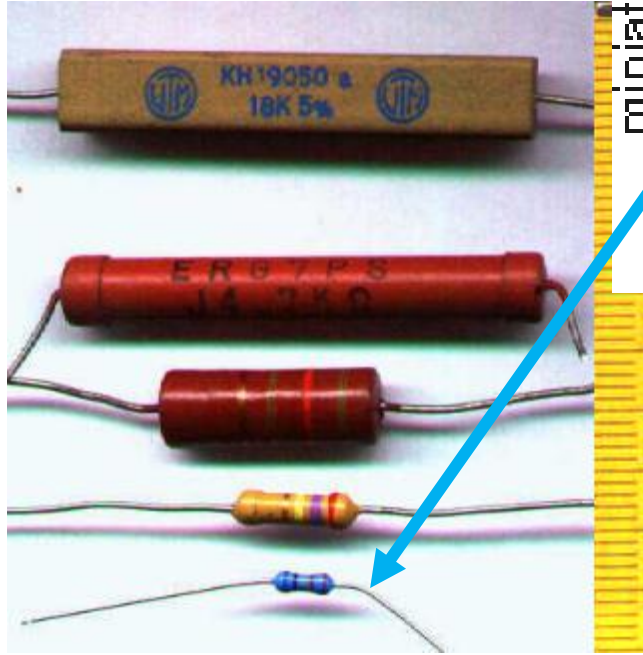
Velikost prvků montovaných na DPS

**06** x 0,254 = 1,524 mm

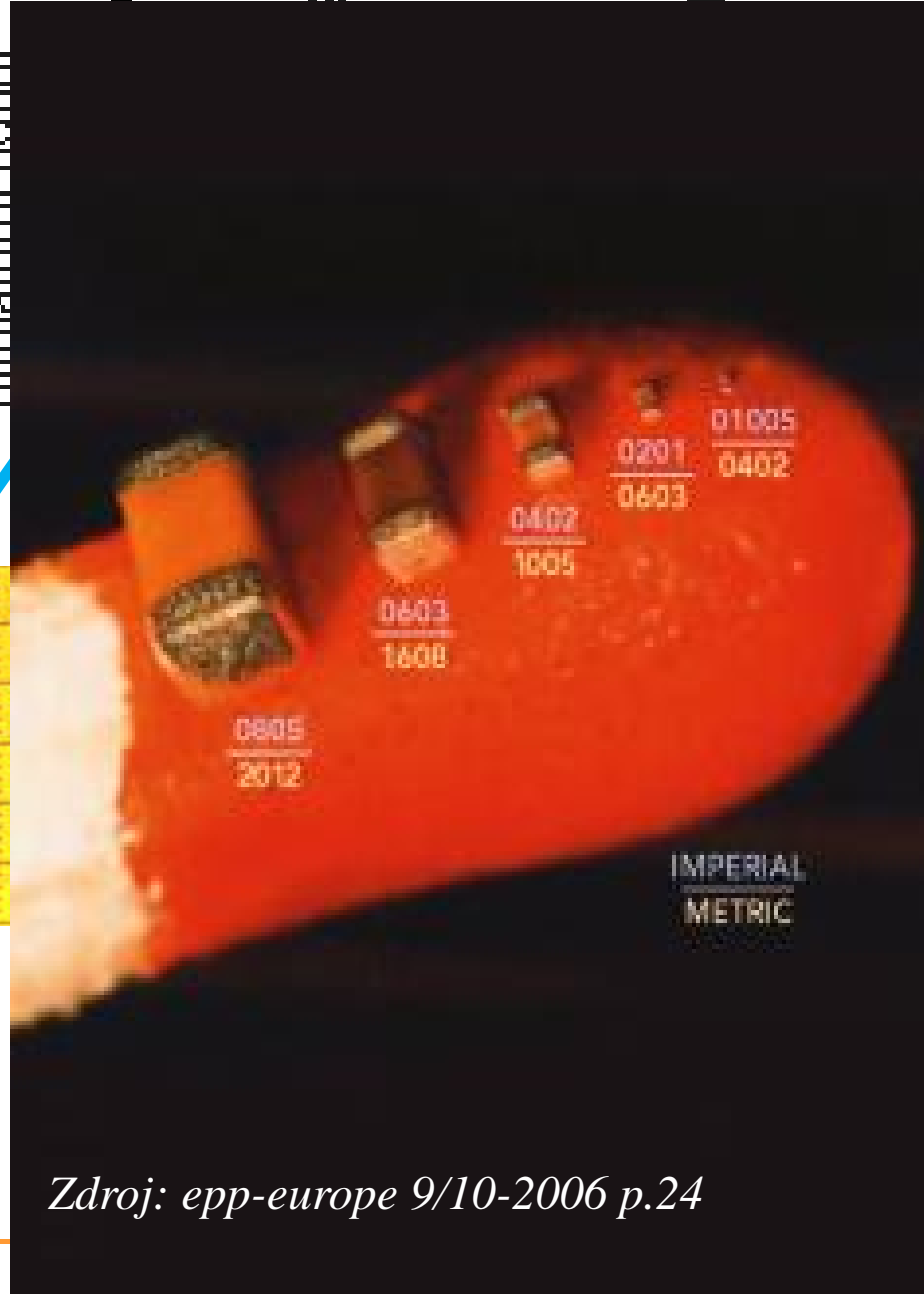
**03** x 0,254 = 0,762 mm

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/7/75/Resistors-photo.JPG>





miniaturizace



990

- 1005 (0402)
- 0603 (0201)
- 01005

DPS

4 mm  
2 mm

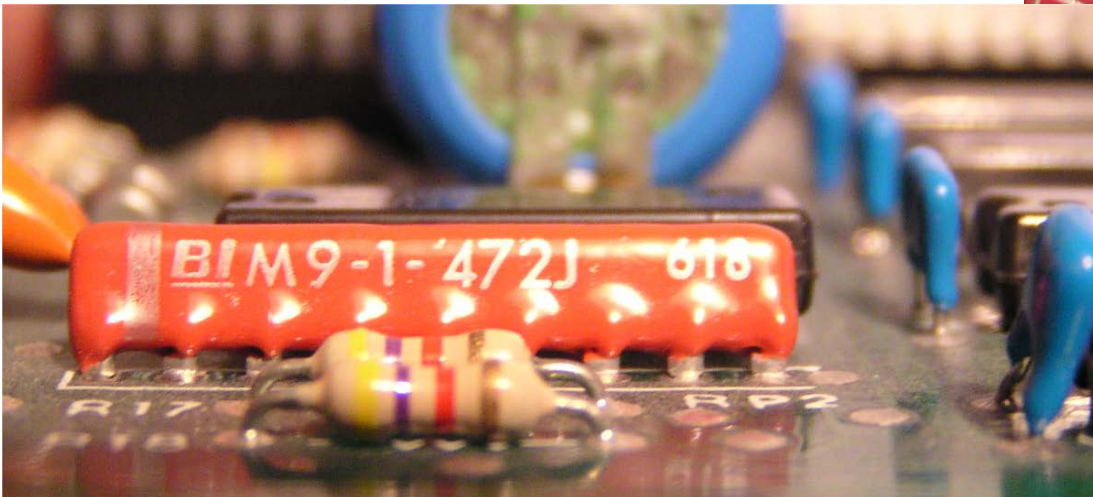
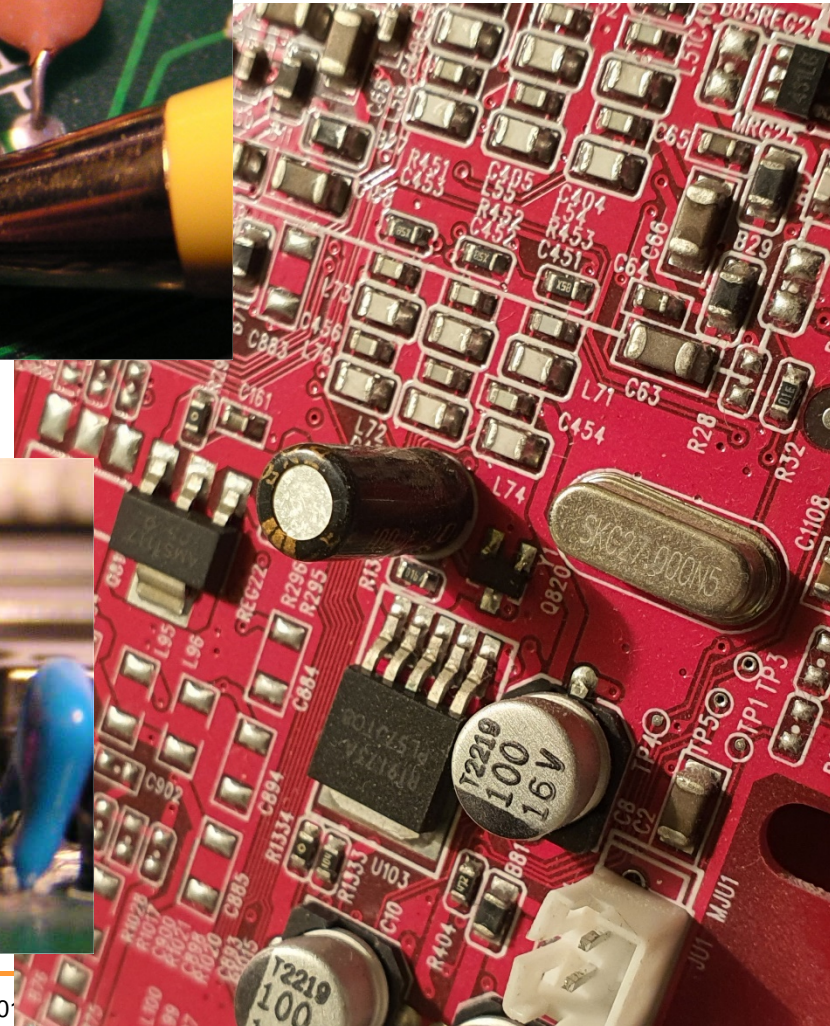
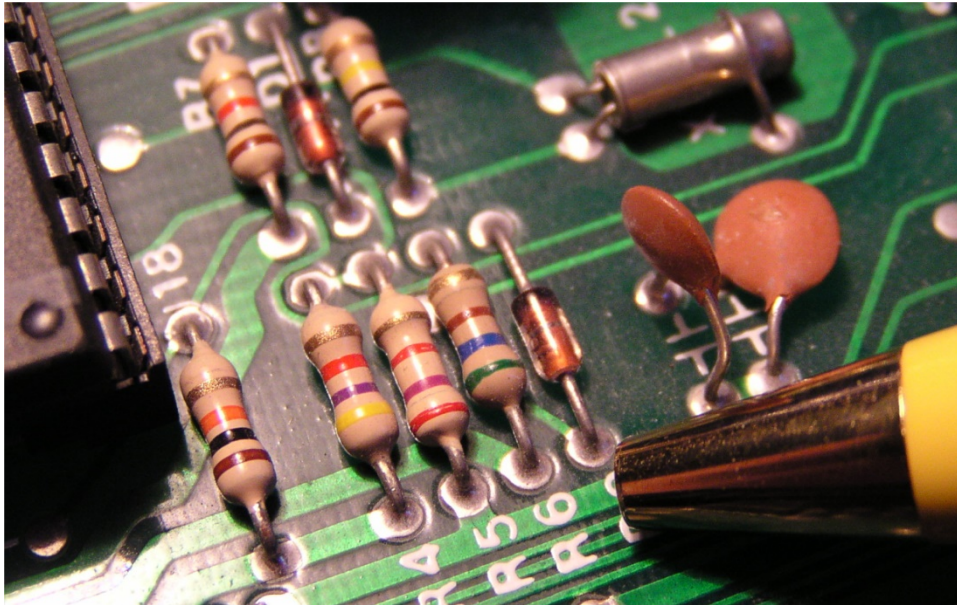
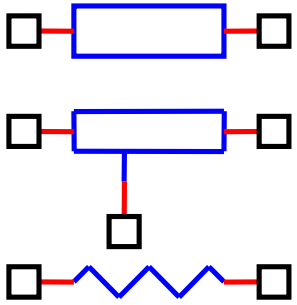


Zdroj: epp-europe 9/10-2006 p.24



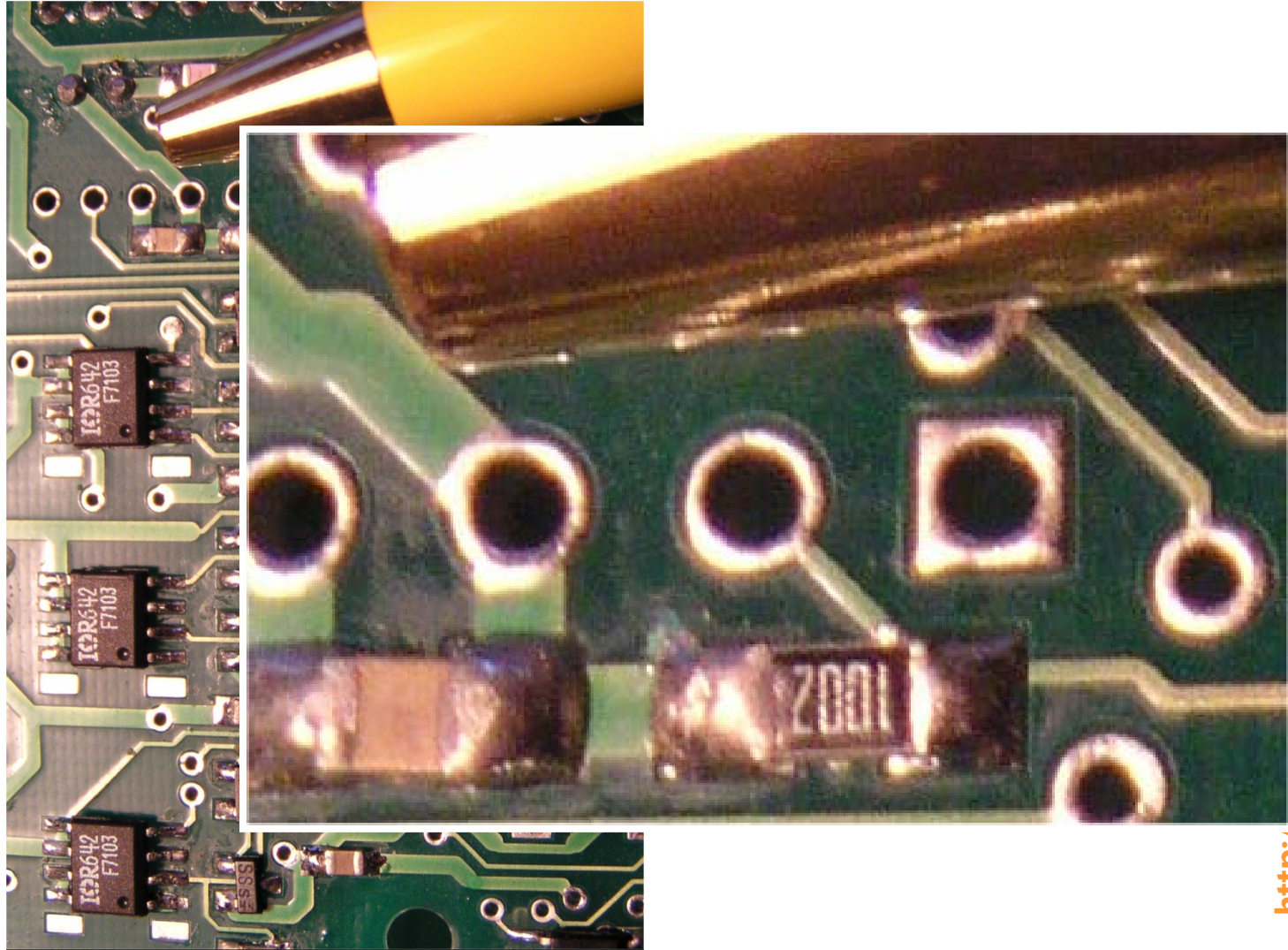
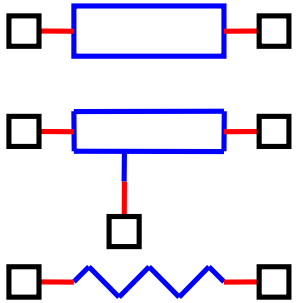


# Rezistory





# Rezistory



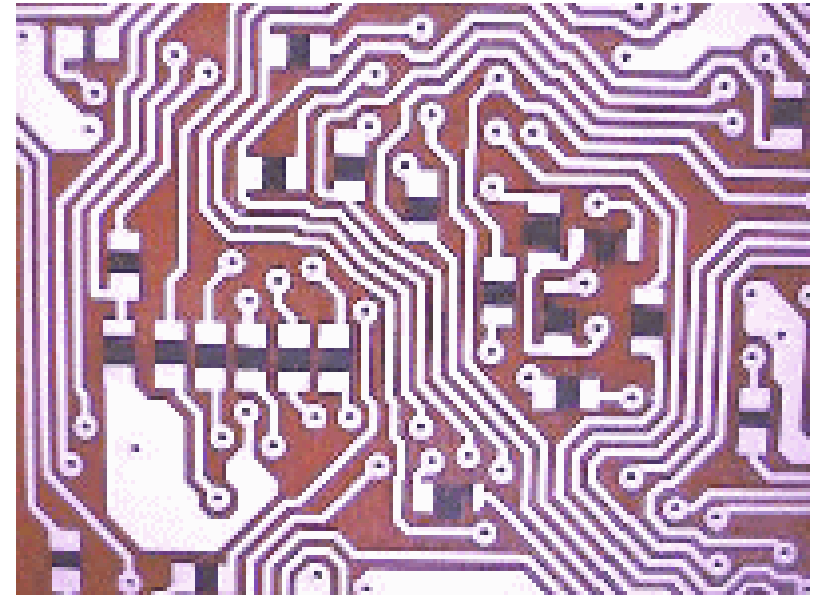
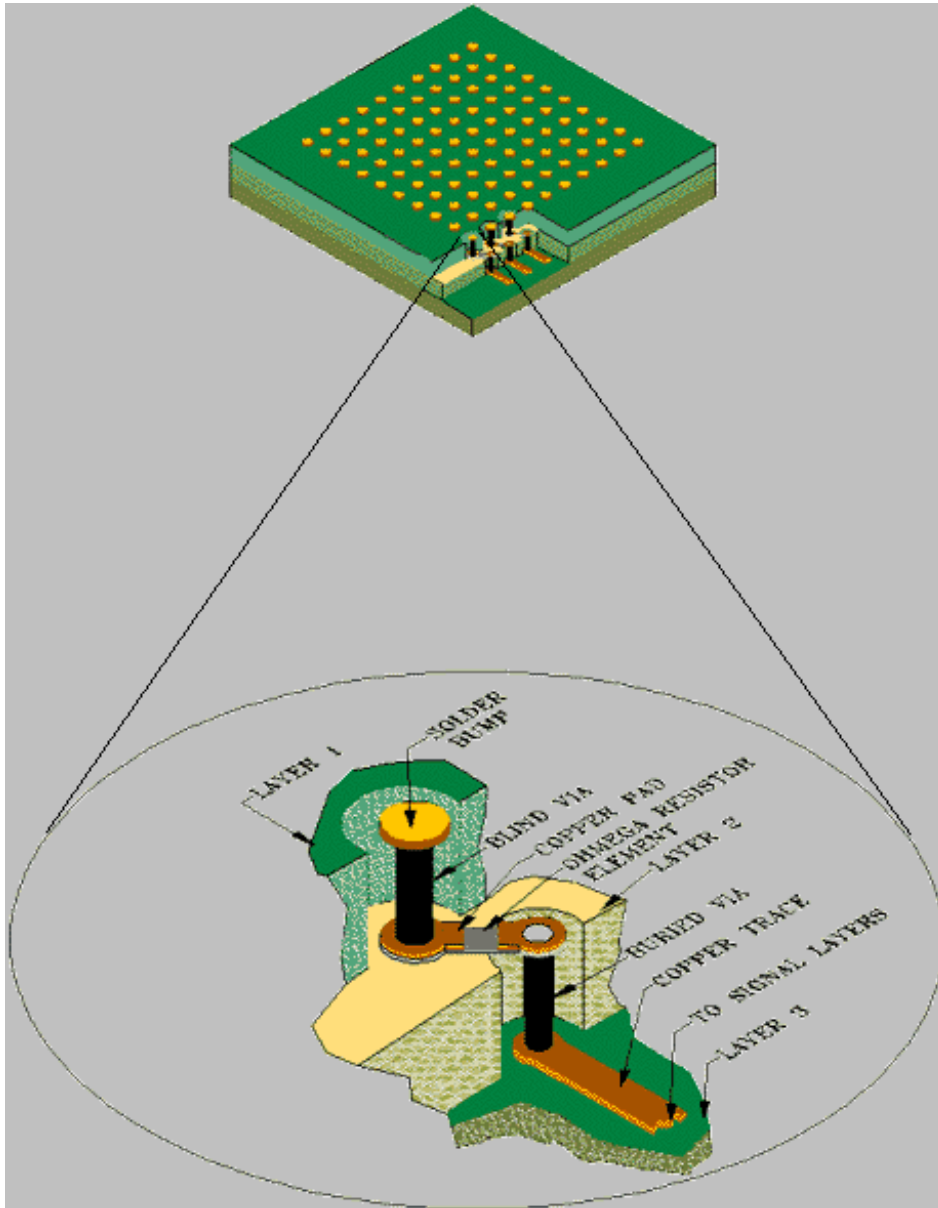
<http://>







# Rezistory

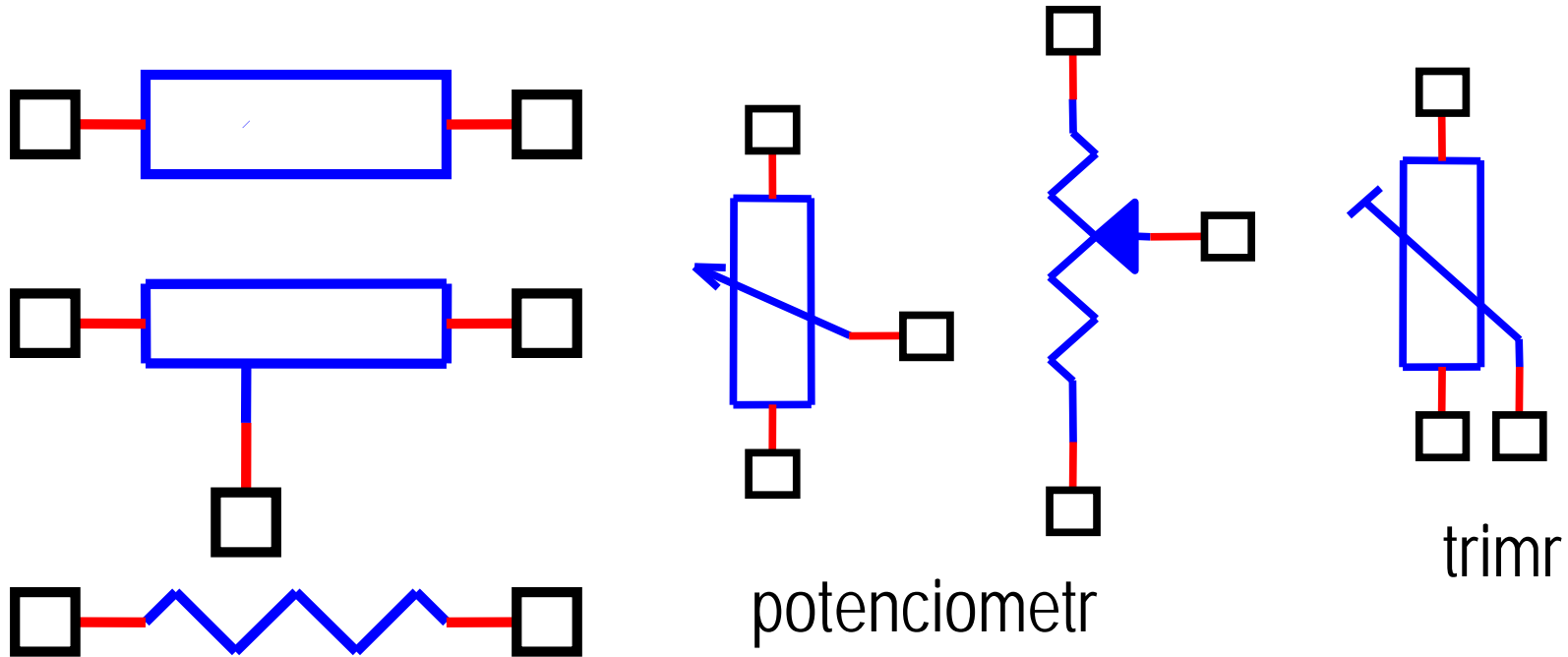


<http://www.ite.tul.cz>





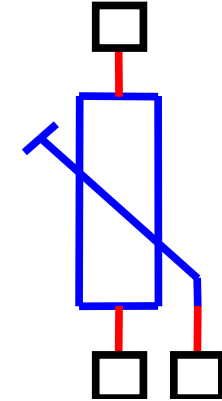
# Rezistory



- Nastavení proudu tekoucího ze zdroje napětí
- Nastavení úbytku napětí v obvodu se zdrojem proudu (Ohmův zákon)







pot

- nastavení proudu teko
- Nastavení úbytku napě  
zdrojem proudu (Ohmi



í



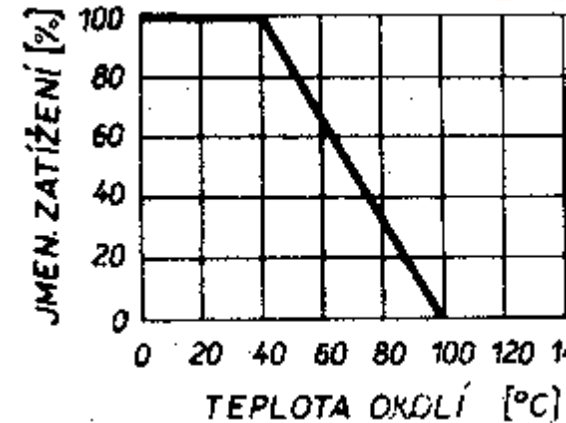


# Rezistory



## Charakteristické parametry:

- (elektrický) odpor  $R$  [ $\Omega$ ]
  - 1  $\Omega$  ... 10 M $\Omega$
- (jmenovitý) ztrátový výkon  $P_z$  [W]
  - 0,1 ... 50 W (závisí na teplotě okolí)
- teplotní součinitel odporu  $TKR$  ( $TK_R$ ) [ $K^{-1}$ ]
  - 10 ... 2000 ppm/K (Part Per Million, tj.  $10^{-6}$ )
- maximální dovolené napětí  $U_{max}$  [V]
  - 200 ... 500 V





# Rezistory typy a provedení



## Typy:

**pevné** (větší rozsah hodnot, menší tolerance)

**proměnné** (E6 nebo 1 - 2,5 - 5, tolerance 20%)

- trimry (změna nástrojem)

- potenciometry (knoflík na hřídeli, posuvné)

  - lineární (**N**), logaritmické (**G**), exponenciální (**E**)

  - jednoduché, dvojité (s vypínačem), tandemové

## Provedení:

**drátové** (konstantan, manganin)

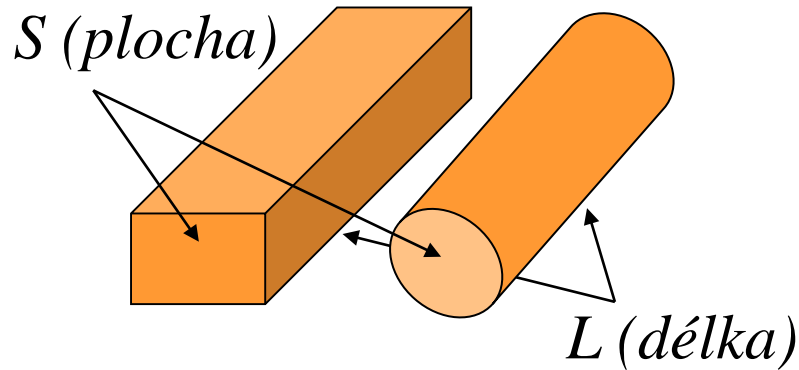
**vrstevové** (uhlík, kov, kysličník kovu na ker.)

**hmotové** (např. v polovodičích)

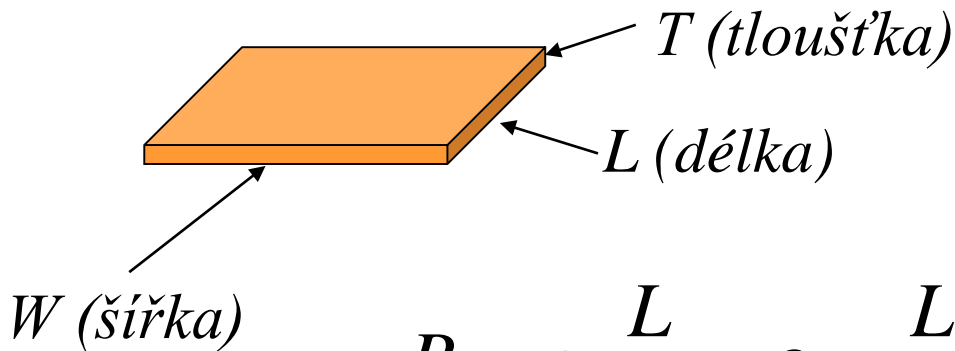




# Rezistory typy a provedení



$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = \rho \cdot \frac{L}{W \cdot T} = \frac{\rho}{T} \cdot \frac{L}{W} = R_s \cdot \frac{L}{W}$$

$R_s$  = plošný odpor (sheet resistance) [ $\Omega/\square$ ], [ $\Omega/\text{sq}$ ]

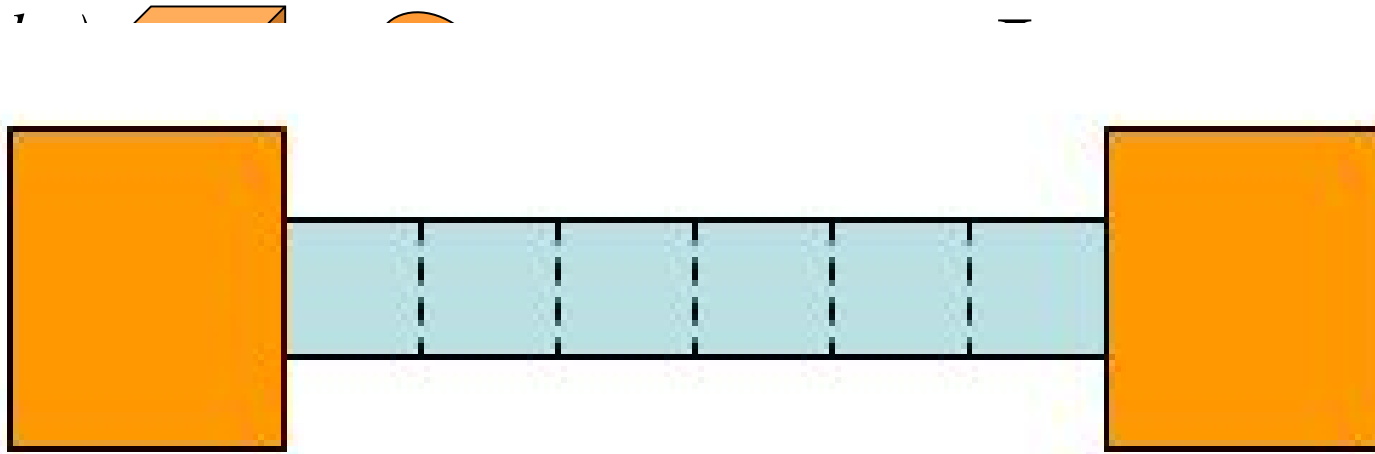




# Rezistory typy a provedení



$S$  (př)



$V$



<http://www.microwaves101.com/encyclopedias/sheet-resistance>

$R_S$  = plošný odpor (sheet resistance) [ $\Omega/\square$ ], [ $\Omega/\text{sq}$ ]

<http://www.ite.tul.cz>





# Rezistory typy a provedení



$S$  (plocha)

Odpor – 5sq 222

Nikoli – 0,2sq (paralelní řazení)

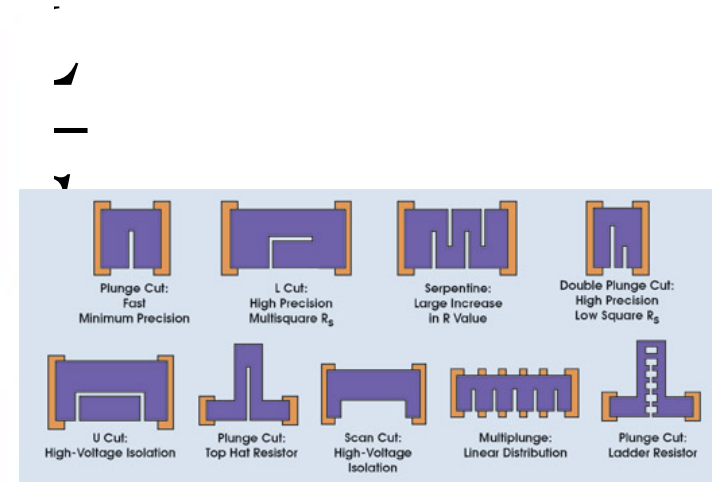
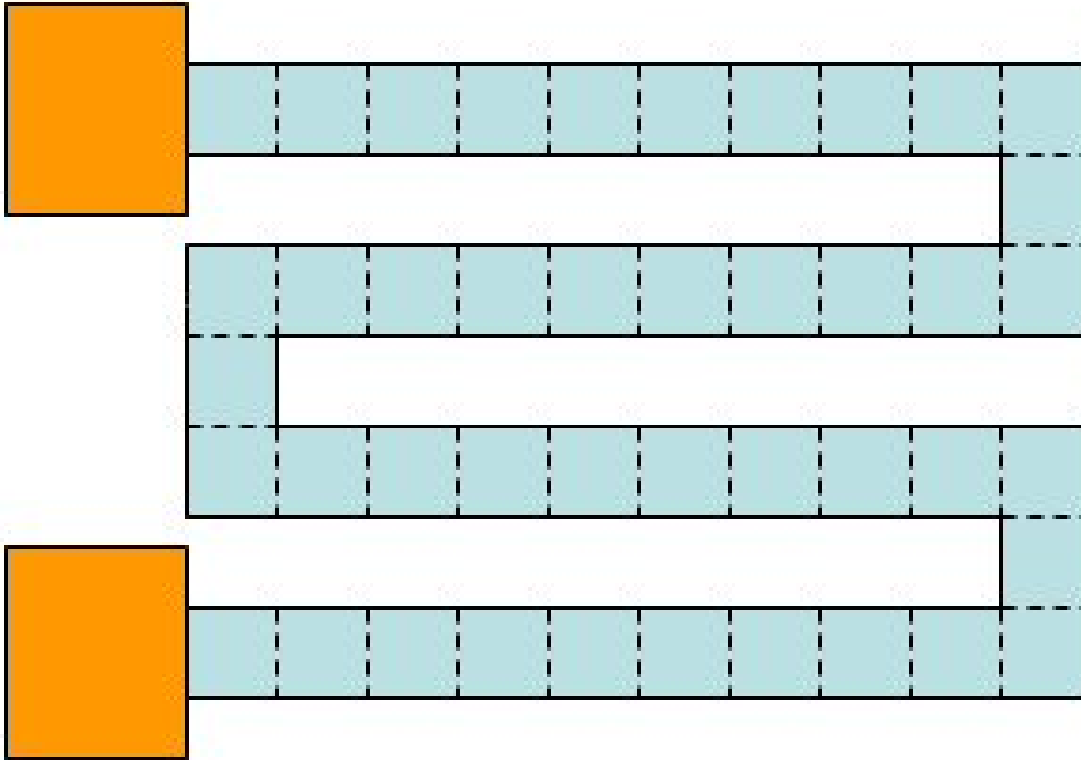
$W$

$R_S$  – plošný odpor (sheet resistance) [ $\Omega/\square$ ], [ $\Omega/sq$ ]





# Rezistory typy a provedení



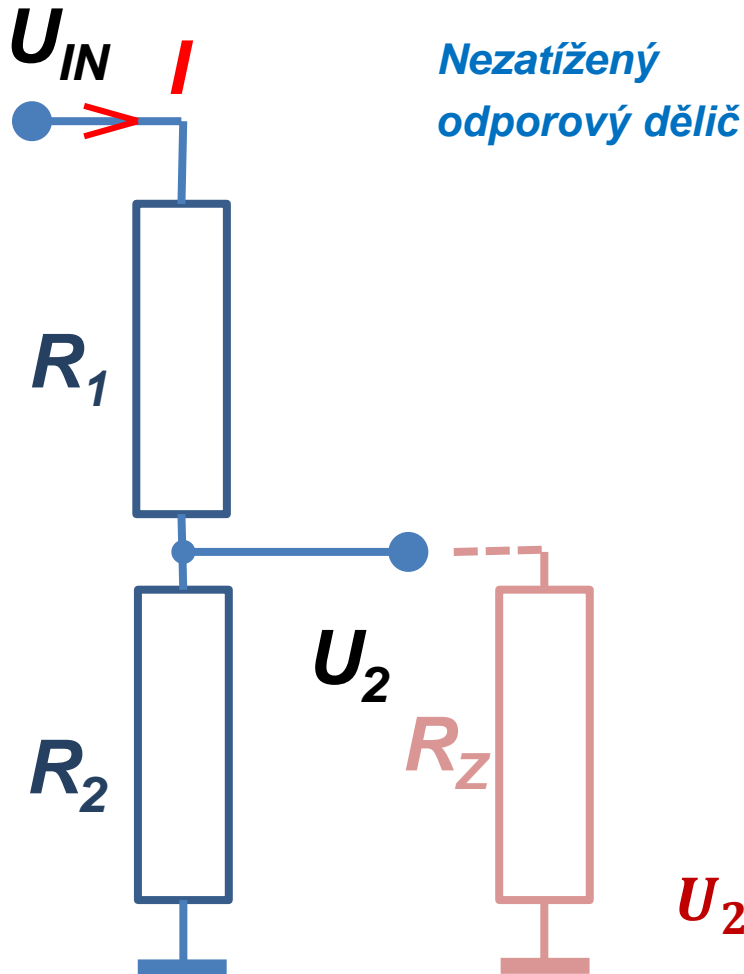
***Rohový čtverec má poloviční odpor! Proto je odpor  $40s_q$***

**$R_S$**  = plošný odpor (sheet resistance) [ $\Omega/\square$ ], [ $\Omega/sq$ ]





# Rezistory typy a provedení



$$U_2 = R_2 \cdot I$$

$$U_{IN} = I \cdot (R_1 + R_2)$$

$$U_2 = U_{IN} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Zatížený  
odporový dělič

$$U_2 = U_{IN} \cdot \frac{R_2 \cdot R_Z}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_Z + R_2 \cdot R_Z}$$







# Značení hodnot



## 4 až 5 barevných proužků

(2-3 mantisa, 1 exponent, 1 tolerance)

0 ~ černá

5 ~ zelená

1 ~ hnědá

6 ~ modrá

2 ~ červená

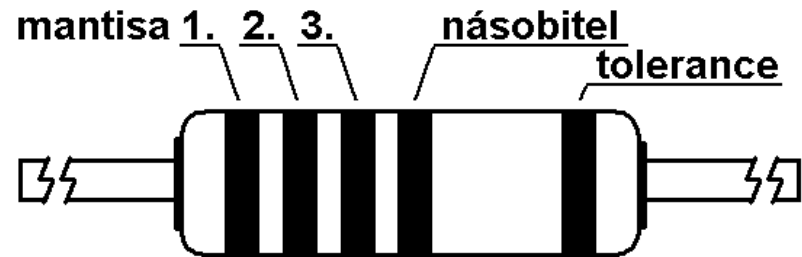
7 ~ fialová

3 ~ oranžová

8 ~ šedá

4 ~ žlutá

9 ~ bílá



**Tolerance:**  $\pm 20\%$  ~ bez proužku ,

$\pm 10\%$  ~ stříbrná,  $\pm 5\%$  ~ zlatá,  $\pm 2\%$  ~ červená,  $\pm 1\%$  ~ hnědá,  $\pm 0,5\%$  ~ zelená





# Značení hodnot



 <http://en.wikipedia.org/wiki/Resistor>

resistance value, the third is a multiplier, and the fourth is the tolerance of the value. Each colour code is shown in the chart below. The tolerance for a 4-band resistor will be 2%, 5%, or 10%.

The Standard [EIA](#) Color Code Table per EIA-RS-279 is as follows:

Colour	1 <sup>st</sup> band	2 <sup>nd</sup> band	3 <sup>rd</sup> band (multiplier)	4 <sup>th</sup> band (tolerance)	Temp. Coefficient
Black	0	0	$\times 10^0$		
Brown	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
Red	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
Orange	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Yellow	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Green	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
Blue	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
Violet	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
Gray	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
White	9	9	$\times 10^9$		
Gold			$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)	
Silver			$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)	
None				$\pm 20\%$ (M)	





# Značení hodnot



## 2-3 číslice a značka předpony (bez jednotky)

- pro odpory: **1R5**, **330K**, **4M7**, dříve **1j5**, **150**, **M15**  
ev. tolerance (za /):  $\pm 10\%$ (A),  $\pm 5\%$ (B),  $\pm 2\%$ (C),  $\pm 1\%$ (D)

## 3(4) číslice ( 2(3) čísla jsou hodnota, 1 číslo je počet „nul“)

- $R \geq 10\Omega$  **153** zn.  $15000\Omega = 15\text{ k}\Omega$ ; **120** zn.  $120\Omega$ ;  
**2372** zn.  $23,7\text{ k}\Omega$

- $R < 10\Omega$  **6R8** zn.  $6,8\Omega$ ; **3R24** zn.  $3,24\Omega$

případně ještě: písmeno (tolerance) + číslice (napětí)

- násobitel: 0 ~  $10^0$  až 7 ~  $10^7$ , 8 ~  $10^{-2}$ , 9 ~  $10^{-1}$   
tolerance: J ~  $\pm 5\%$ , K ~  $\pm 10\%$ , M ~  $\pm 20\%$ , S ~  $-20+50\%$

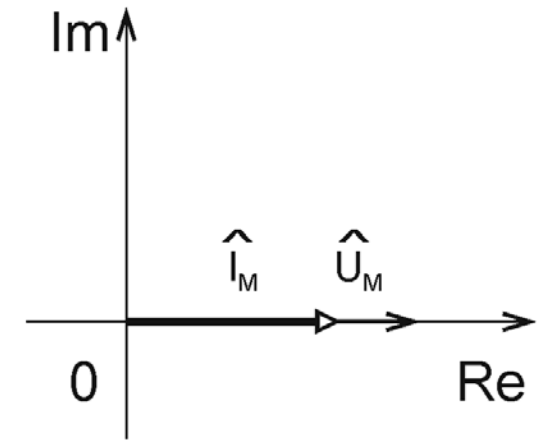
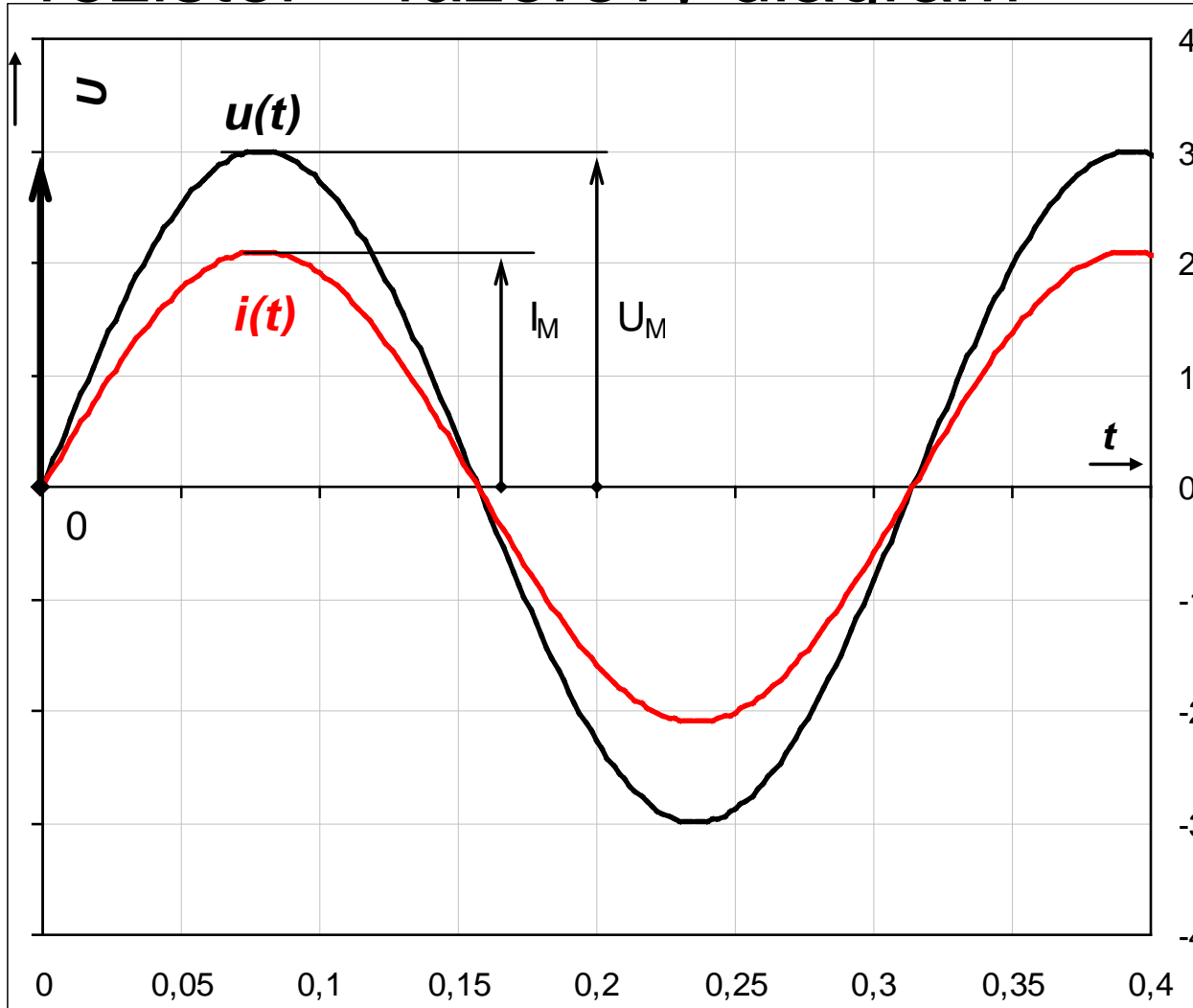
## 3 znaky (2 čísla jsou kód hodnoty, písmeno je násobitel)

- **29B** zn.  $196 \times 10^1 = 1,96\text{ k}\Omega$





## rezistor – fázorový diagram





# Rozšířený Ohmův zákon



**P = Watts**

$$\text{Watts} = \text{Volts} \times \text{Amperes}$$

$$\text{Watts} = \text{Amperes}^2 \times \text{Ohms}$$

$$\text{Watts} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Ohms}}$$

**V = Volts**

$$\text{Volts} = \sqrt{\text{Watts}} \times \text{Ohms}$$

$$\text{Volts} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}}$$

$$\text{Volts} = \text{Ohms} \times \text{Amperes}$$

**I = Amperes**

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Volts}}{\text{Ohms}}$$

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Watts}}{\text{Volts}}$$

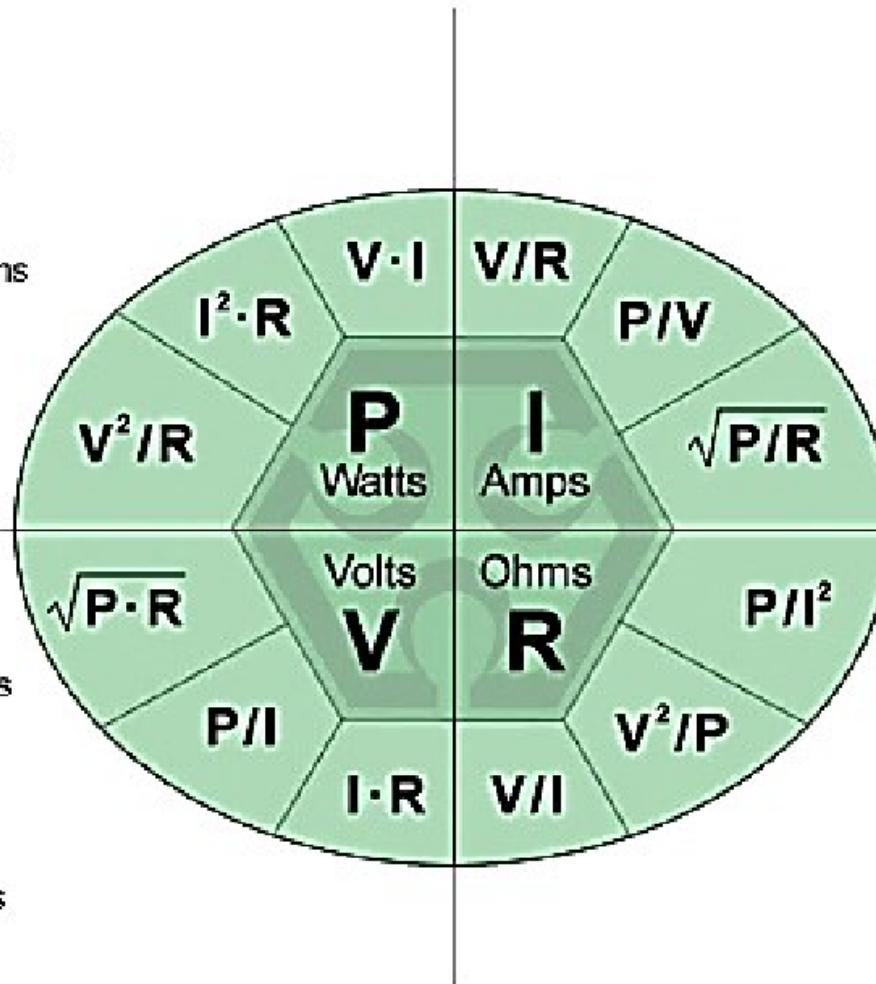
$$\text{Amperes} = \sqrt{\frac{\text{Watts}}{\text{Ohms}}}$$

**R = Ohms**

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}^2}$$

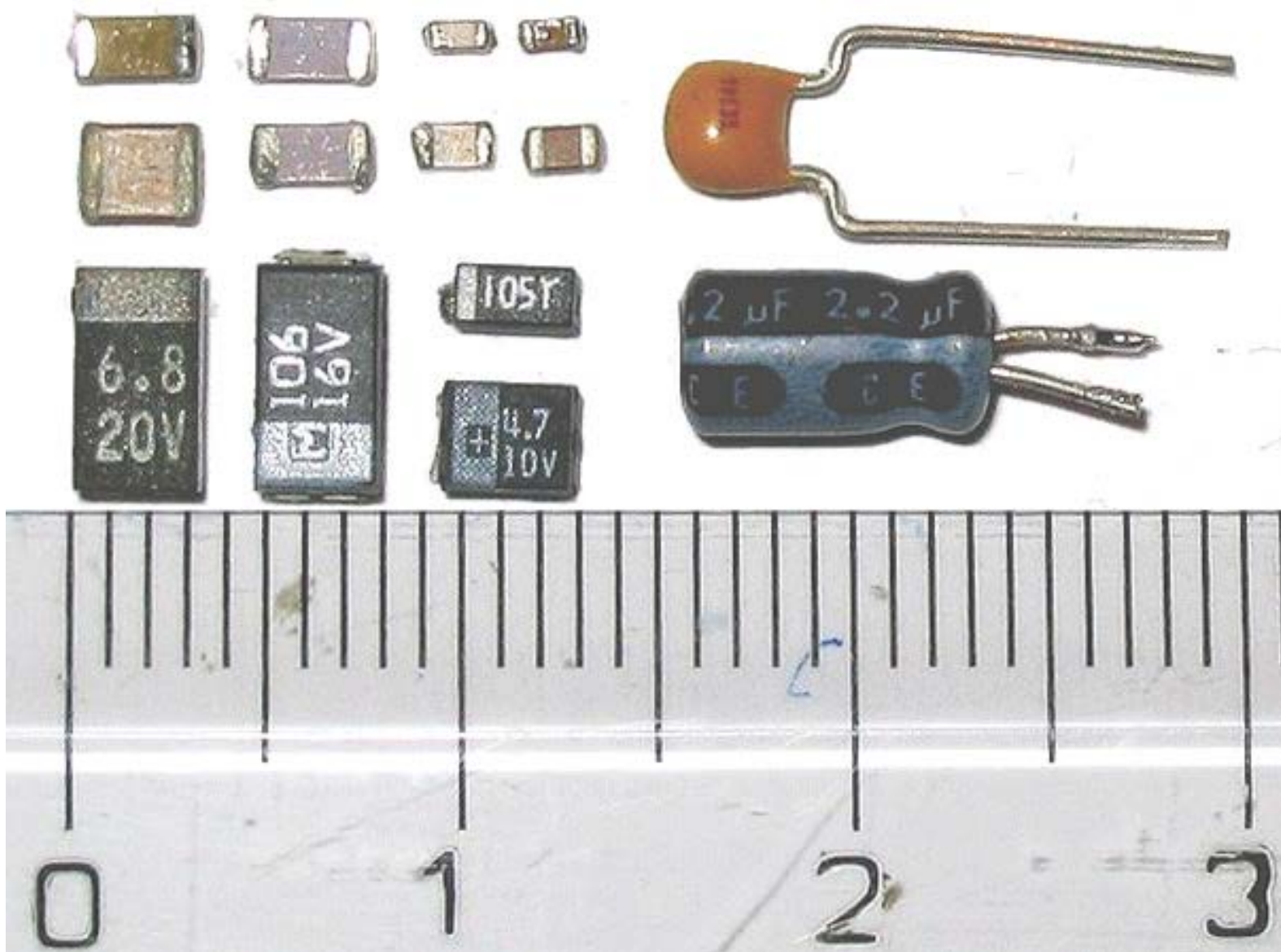
$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Watts}}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}}$$





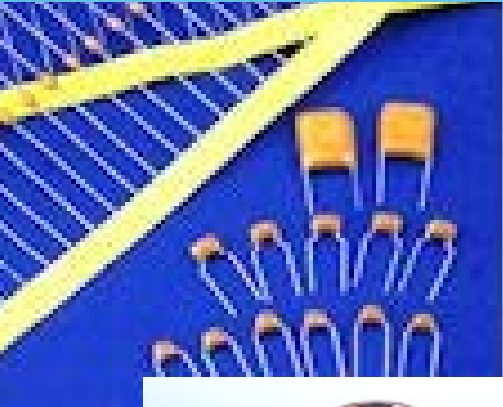
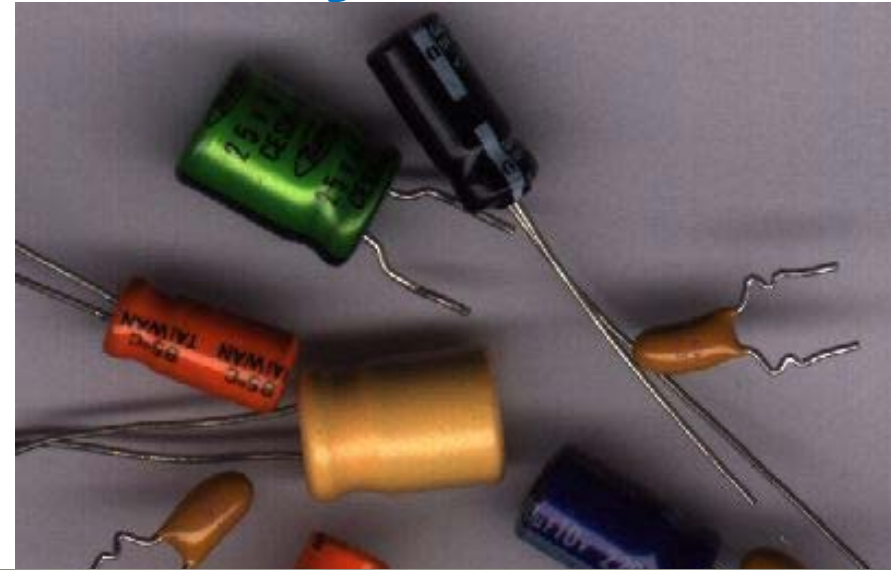
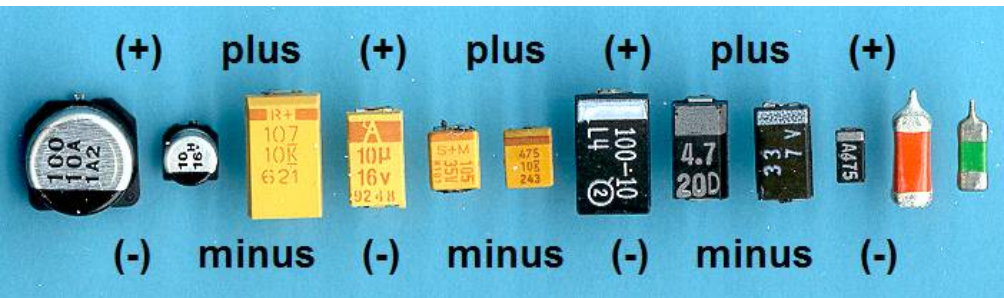
# Kondenzátory





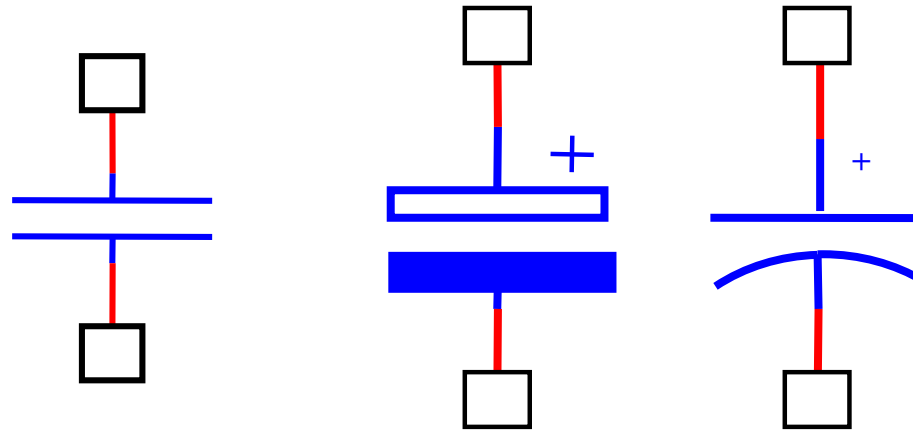


# Kondenzátor





# Kondenzátory



- Kapacita definované velikosti
- Kmitočtově závislá impedance, zpoždění **napětí za proudem** (fázovací a rezonanční obvody)
- Filtrace – pulzní složky usměrněného napětí
- Blokace – snížení impedance pro stř. složku
- Vazební – oddělení stejnosměrné složky







# Kondenzátory



Dočasné uchování elektrického náboje  
(potenciální elektrické energie).

Základní vlastností je elektrická kapacita

Kondenzátor je fyzicky definován:

- maximálním povoleným napětím
- druhem dielektrika
- provedením vývodů





# Kondenzátory



Kapacita  $C$  kondenzátoru závisí na ploše  $S$  jeho desek, vzájemné vzdálenosti  $d$  desek mezi sebou a permitivitě  $\varepsilon$  dielektrika mezi deskami:

*(pro deskový...)*

$\varepsilon_0$  ... permitivita vakua [F/m] ( $8,8 \cdot 10^{-12}$ )

$\varepsilon_r$  ... relativní poměrná permitivita (kolikrát se zvětší kapacita použitím jiného dielektrika (pro FR4 je 4,7)

$S, h$  ... plocha a vzdálenost

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} \text{ [F]}$$

$\varepsilon_r$  skla  $\sim 6.1$ ,  $\varepsilon_r$  epoxy  $\sim 3.2$

V obvodu střídavého proudu se kondenzátor opakovaně nabíjí a vybíjí, což má za následek předbíhání elektrického proudu před napětím (*fázový posuv*) a vznik **kapacitance**, tj. zdánlivého odporu proti průchodu střídavého proudu.





# Kondenzátory



## Charakteristické parametry:

- kapacita **C** [F]
- (jmenovité) provozní napětí **U** [V]  
(většinou ss.)

- ztrátový činitel

$$D = \operatorname{tg} \delta = 1/(\omega \cdot R_p \cdot C_p)$$

- teplotní součinitel  
kapacity **TKC** [%/K]

- Energie nabitého kond.:  $W = \frac{1}{2} C U^2$














# Značení hodnot



Typ	Barevný odstín
TK 656	 tmavě šedý
TK 676	 fialový
TK 696	 zelený
TK 626	 pastelově hnědý
TK 666	 červený

Barva značky	TK656	TK676	TK696	TK626	TK666
bílá	1p0	10p	10p	100p	1n0
 zelená	-	12p	12p	-	-
 žlutá	1p5	15p	15p	150p	-
 oranžová	2p2	-	22p	220p	-
 šedá	2p7	-	27p	-	-
 červená	3p3	3p3	33p	330p	330p
 modrá	4p7	4p7	4p7	470p	470p
 fialová	5p6	5p6	-	-	-
 černá	6p8	6p8	-	68p	680p
 hnědá	8p2	8p2	8p2	-	-
-	10p	10p	18p	-	-

[http://www.bucek.name/stranky/ruzne/barevne\\_znaceni/barevne\\_znaceni.htm](http://www.bucek.name/stranky/ruzne/barevne_znaceni/barevne_znaceni.htm)

<http://www.ite.tul.cz>





# Značení hodnot

## 2-3 čísla

– 5p6,  
10<sup>-6</sup>, 10<sup>-9</sup>,

– dříve  
10<sup>6</sup>, 10<sup>9</sup>,

## 3 číslice

224 = 22

Případně  
hmoty a

tolerance		kód	Označení hmoty	Kód	Napětí		kód
±0,25pF		C	P100	A	12,5V	n	
±0,5pF		D	P033	B	32V	q	
±1pF		F	NPO	C	40V	s	
±2%		G	NO33	H	250V	d	
±5%		J	NO47	J	500V	f	
±10%		K	N150	P			
±20%		M	N220	R			
-20 +50%		M	N330	S			
-20 +80%		Z	N470	T			
			N750	U			
			N1500	V			
			E1000	F			
			E2000	Z			
			E4000	W			
			E10000	Y			
			Supermit	N			

10<sup>-12</sup>, 10<sup>-9</sup>,

(10<sup>0</sup>, 10<sup>3</sup>,

F  
nce,





## 2-3 číslice a značka předpony

- 5p6, 100p, 220n, 33u ( $\mu$ ), 4m7 ( $10^{-12}$ ,  $10^{-9}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-3}$ )
- dříve: 5j6, 100k, M22, 33M, 4G7 ( $10^0$ ,  $10^3$ ,  $10^6$ ,  $10^9$ )

## 3 číslice

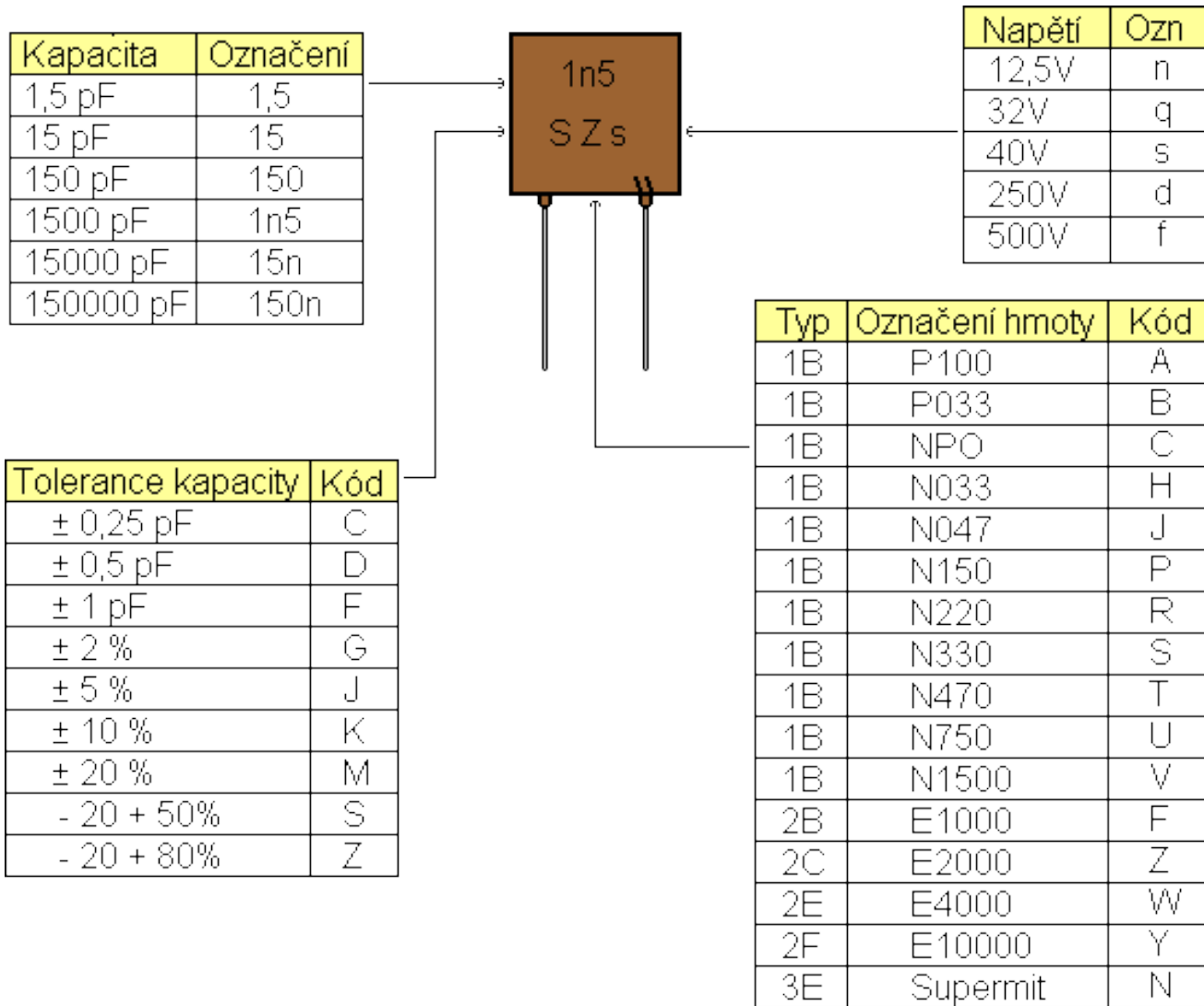
$$224 = 22 \times 10^4 = 220\,000 \text{ pF} = 220 \text{ nF}$$

**Případně ještě označení tolerance, hmoty a napětí**





# Značení hodnot



[http://www.bucek.name/stranky/ruzne/barevne\\_znaceni/barevne\\_znaceni.htm](http://www.bucek.name/stranky/ruzne/barevne_znaceni/barevne_znaceni.htm)

<http://www.ite.tul.cz>





# Kondenzátory - typy a provedení

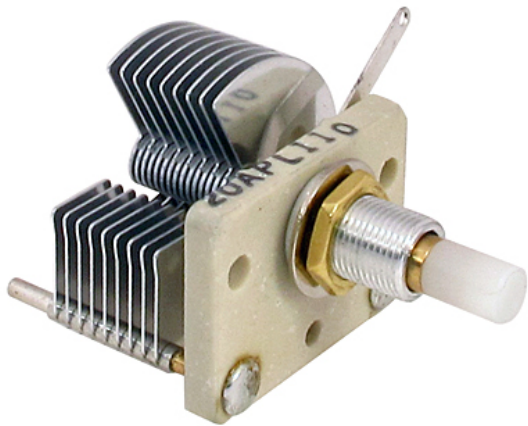


## Typy:

pevné (1 pF ... 1 F)

proměnné ( $10^2$  ...  $10^3$  pF)

trimry (vzduchové, keramické)  
otočné (vzduchové, fóliové)







**Provedení:**

**Bipolární:** E6 ... E12,  $\text{tg } \delta$  (1 kHz)  $\sim 10^{-3} - 10^{-2}$

**keramické** (vf filtrační, vazební)

1p ... 330n, TKC až 1%/K,  $U \sim 25 \dots 1000 \text{ V}$

**fóliové** (integrační, nf vazební)

100p ... 10 $\mu$ , TKC  $\sim 30 \dots 200 \text{ ppm/K}$   
 $U \sim 50 \dots 1000 \text{ V}$





# Kondenzátory - typy a provedení



**Unipolární (elektrolytické):** hodnoty v řadě E6  
nebo 1 – 2 – 5

(220n ... ) 4μ7 ... 10m (... 1 F)

tolerance ~ -20% ... +100%

U ~ 6,3 ... 450 V

filtrace, blokování, zálohovací,  
velký zbytkový proud ( $10^{-6}$  ...  $10^{-4}$  A)

Hliníkové, polymerové, tantalové  
malé rozměry, nízký tg  $\delta$ , nízký zbytkový proud, lepší  
teplotní i frekvenční závislosti C a tg  $\delta$

**!! Pozor na přepólování, vysychání**

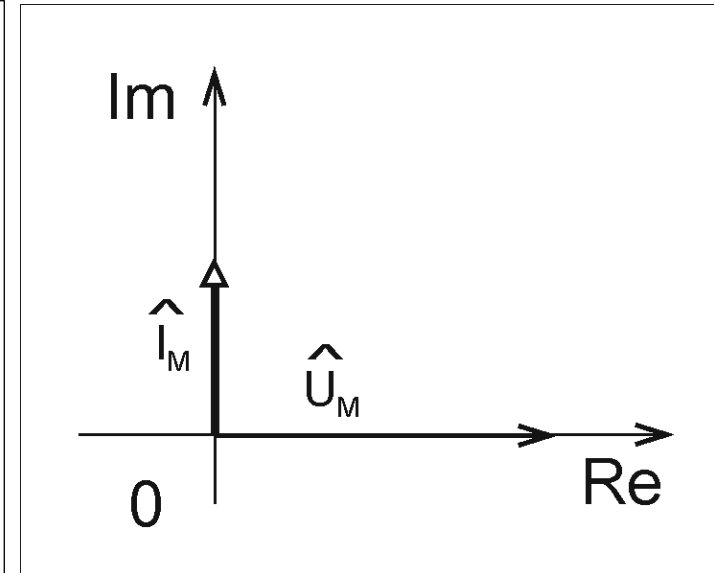
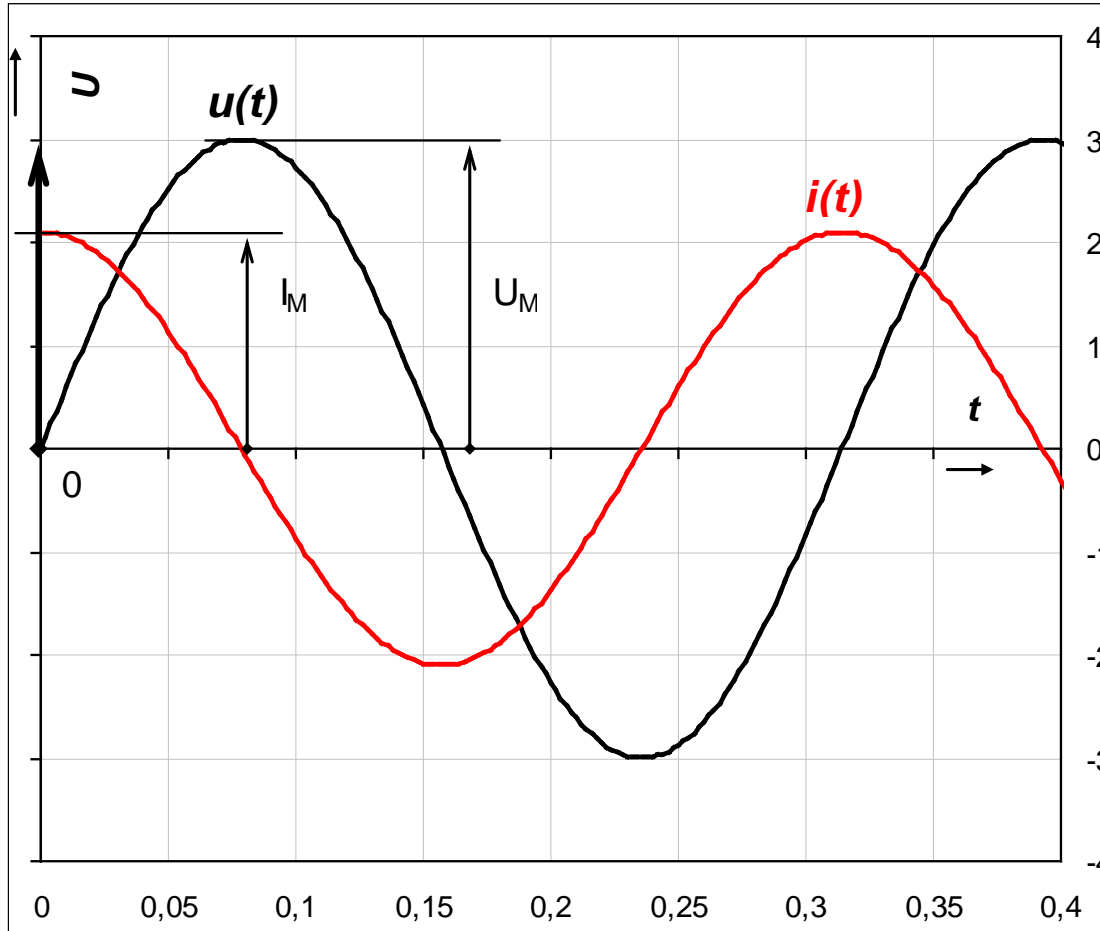




# Kondenzátor



## kapacitor – fázorový diagram

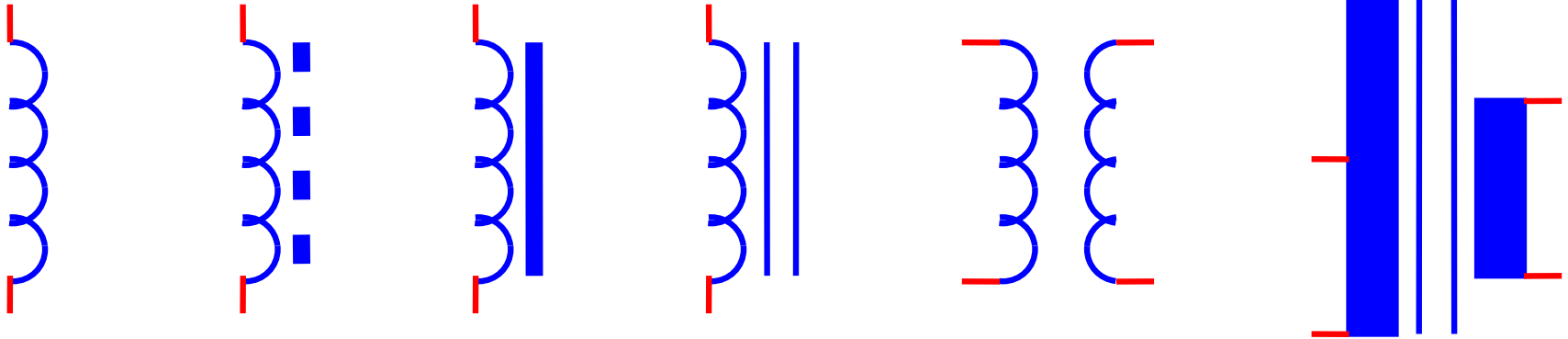


zpoždění  
napětí za proudem





# Cívky



feritové  
jádro

železové  
jádro

transformátory

Kmitočtově závislá impedance, zpoždění proudu za napětím





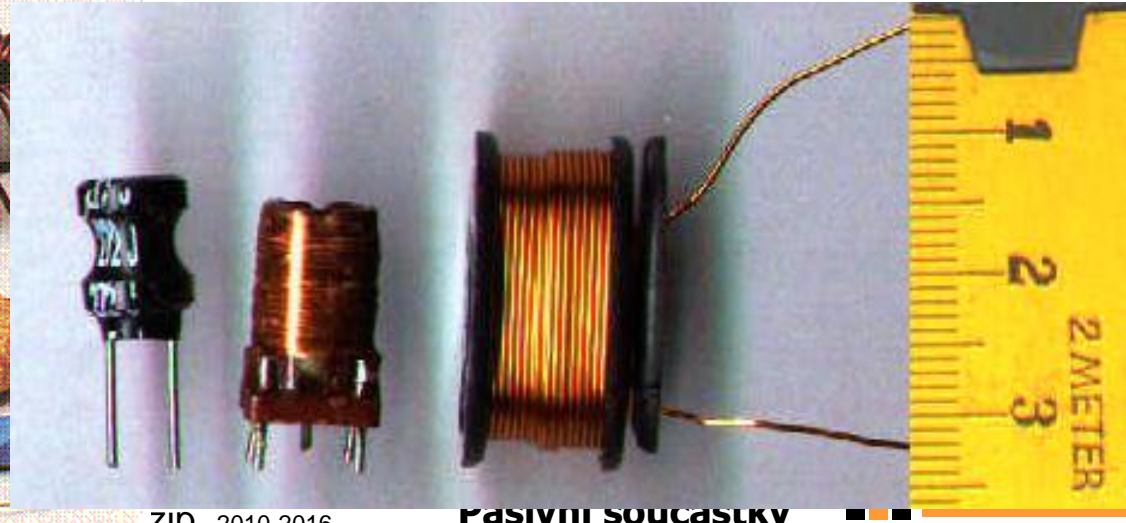
# Cívky

## Provedení:

vzduchové (nižší L)

s jádrem (vyšší L)

- feritové (toroidy, tyčky, hrníčky)
- železové (jádro z trafo plechů)





# Cívky



**Indukčnost** = magnetický indukční tok v okolí cívky při jednotkovém elektrickém proudu (1 A) procházejícím cívkou.

**Indukčnost** = schopnost cívky změnit elektrickou energii na energii magnetického pole.

*(Čím větší je indukčnost cívky, tím silnější magnetické pole kolem cívky vznikne při stejné velikosti elektrického proudu procházejícího cívkou).*

Indukčnost cívky ovlivňujeme **počtem závitů**, **rozměry a tvarem** cívky a **prostředím** kolem cívky - zvláště vložením jádra do cívky.

- Cívka s **větším** počtem závitů má **větší** indukčnost
- **cívka s jádrem** má **větší** indukčnost než cívka bez jádra
- **uzavřené jádro** významně **zvětšuje** indukčnost.





## Charakteristické parametry:

vlastní indukčnost  $L$  [H]

$0\mu 1 \dots 100\text{mH}$  (v řadě E6 ... E12),

tolerance 5... 20%

(jmenovitý) proud  $I$  [A] (0,03 ... 10 A)

činitel jakosti  $Q = D^{-1} = \omega \cdot L_S / R_S$  (10 ... 200)

teplotní součinitel  $\alpha$  [%/K] (0,01 ... 0,5)

stejnoseměrný odpor  $R_S$ ,

elektrická pevnost  $U_{max}$







# Cívky – značení hodnot



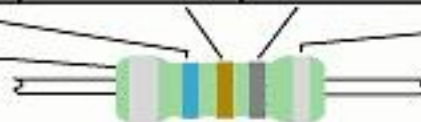
## INDUCTOR COLOR GUIDE

Result Is In  $\mu\text{H}$



COLOR	1st BAND	2nd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
BLACK	0	0	1	$\pm 20\%$
BROWN	1	1	10	Military $\pm 1\%$
RED	2	2	100	Military $\pm 2\%$
ORANGE	3	3	1,000	Military $\pm 3\%$
YELLOW	4	4	10,000	Military $\pm 4\%$
GREEN	5	5		
BLUE	6	6		
VIOLET	7	7		
GREY	8	8		
WHITE	9	9		
NONE				Military $\pm 20\%$
GOLD			0.1 / Mil. Dec. Pt.	Both $\pm 5\%$
SILVER			0.01	Both $\pm 10\%$

Military Identifier



6.8 $\mu\text{H}$   $\pm 10\%$   
MILITARY CODE

Electronix Express / RSR  
<http://www.elexp.com>

1-800-972-2225  
In NJ 732-381-8020





# Cívky – značení hodnot



- Číselné označení jako u rezistorů
- Základní jednotkou je  $\mu\text{H}$
- Tolerance
  - M (nad 10%),
  - K (5% - 10%),
  - J (pod 5%)

**1R5M** zn.  $1,5\mu\text{H} \pm 20\%$ ; **015K** zn.  $0,015\mu\text{H} \pm 10\%$   
nebo **602** zn.  $60 \times 100\mu\text{H} = 6000\mu\text{H} = 6\text{mH}$



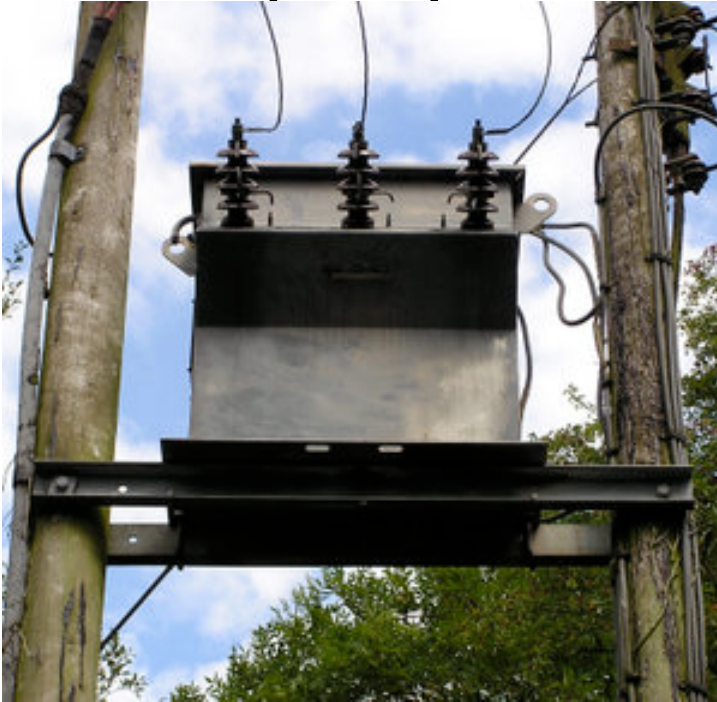


# Transformátory



vzájemná indukčnost  $M$  [H]

použití ve sdělovací technice: galvanické oddělení, transformace impedance, zamezení rušení po společném vodiči



<http://www.ite.tul.cz>





# Transformátory



Převodový poměr

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

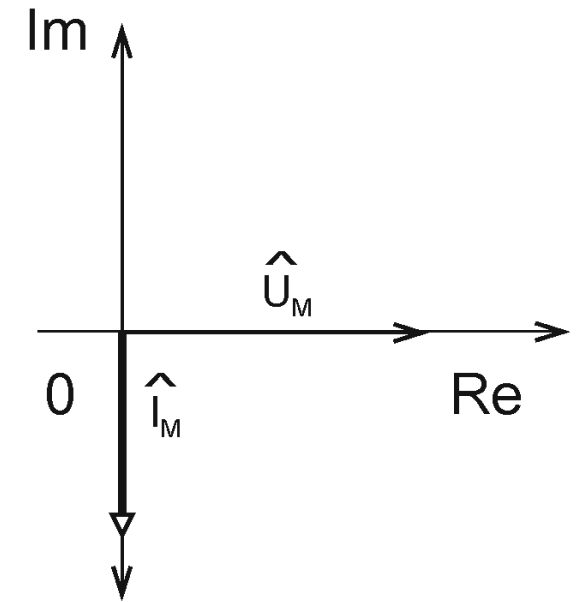
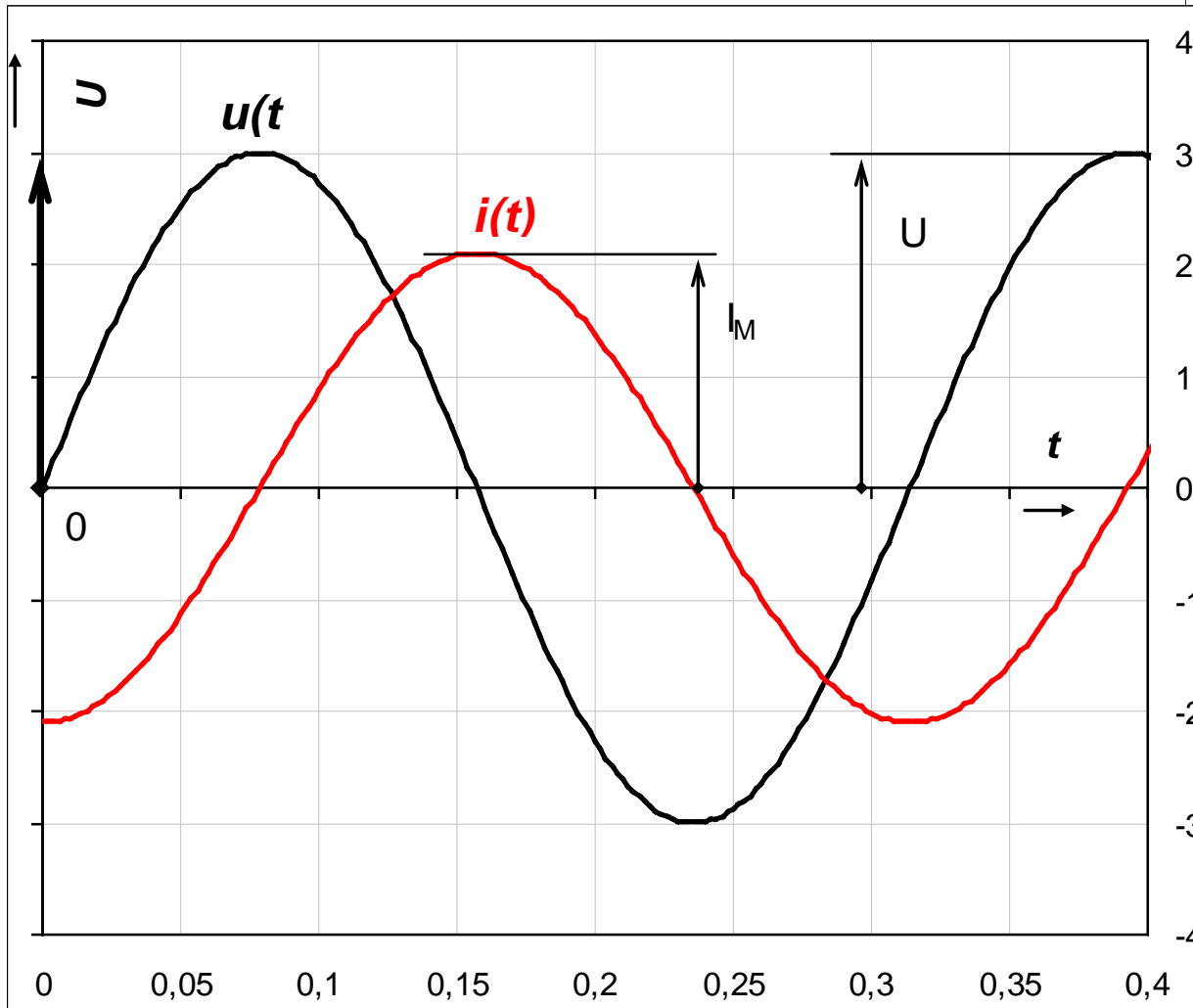
Výkon

$$P_1 = P_2$$
$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

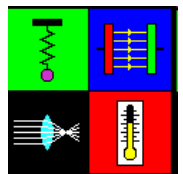




## induktor – fázorový diagram



zpoždění  
proudu za napětím



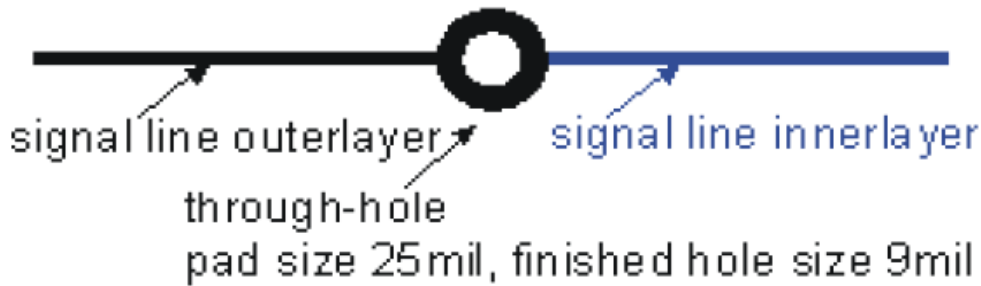


# Kde se vyskytuje...

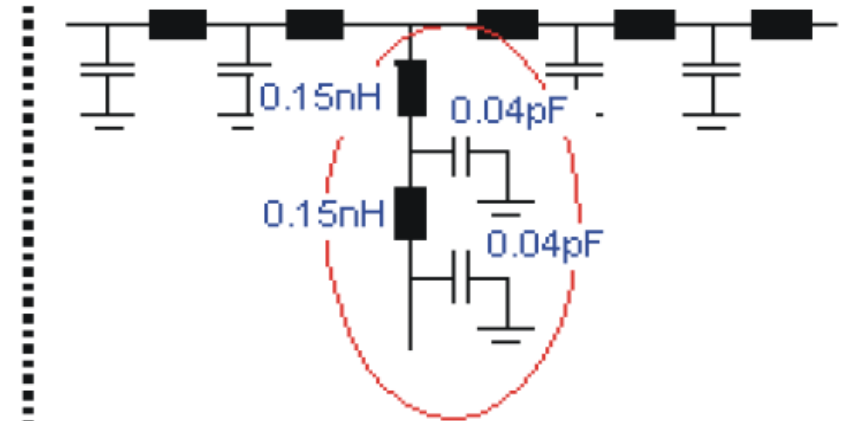
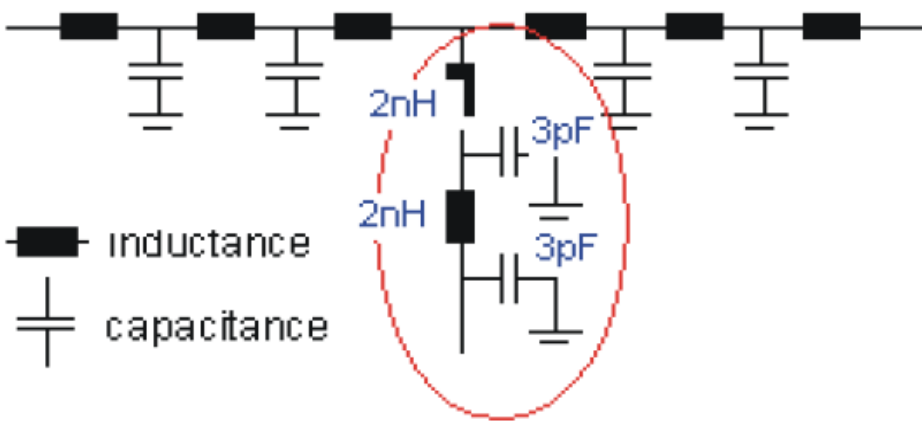




## Spoj 0.3mm - 10nH/cm

## Plocha - 1nH/cm



equivalent circuit (lumped model)

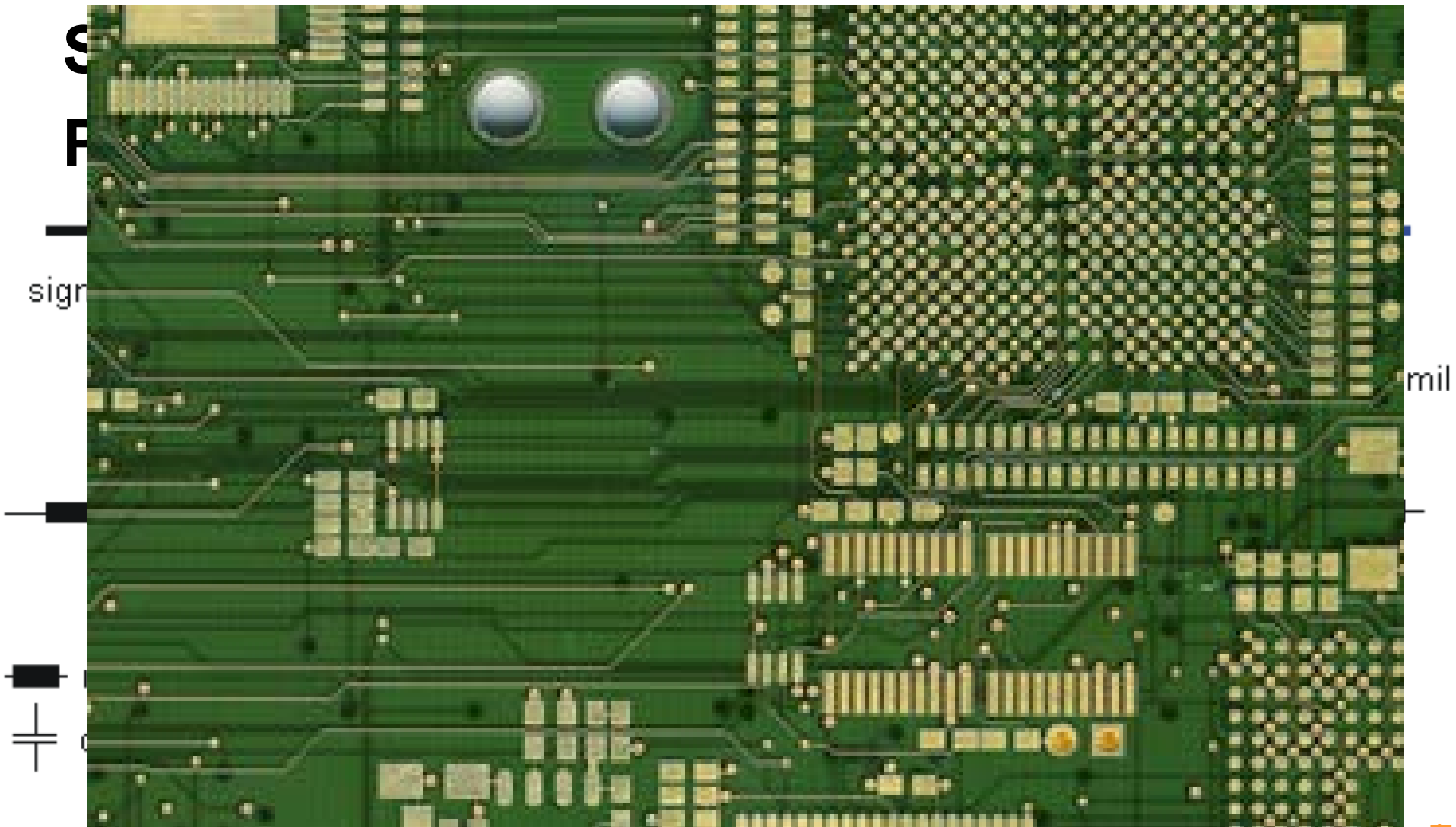


 inductance  
 capacitance





# Kde se vyskytuje...







Dotazy?

Questions?

Anfragen?

Вопросы ?

常見問題？

