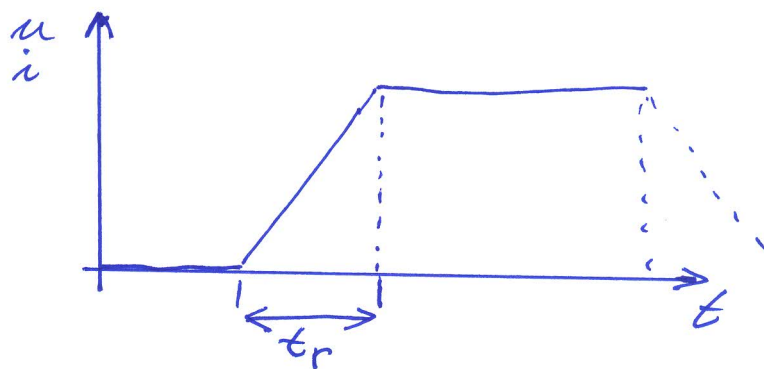
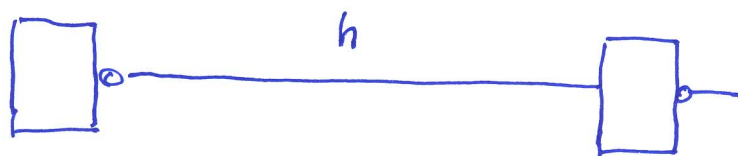


Konstrukce počítačů

1

1. Parametry elektrických spojů
2. Obvody s rozprostřenými parametry
3. Rušení v el. zařízeních a ochrana proti němu
4. Optické spoje
5. Napájecí zdroje pro elektroniku
6. Chlazení elektronických zařízení
7. Diagnostika digitálních zařízení
8. Návrh pro snadnou diagnostiku

1. Parametry elektrických spojů



$$f_{\max} \doteq \frac{0.35}{t_r} \quad \begin{matrix} [\text{Hz}, \text{s}] \\ [\text{GHz}, \mu\text{s}] \end{matrix}$$

a) je-li $h < \frac{\lambda}{100}$, potom se spoj neprojeví

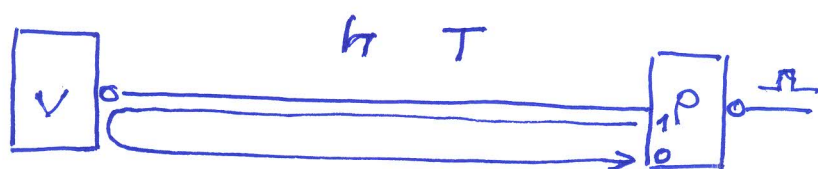
\Rightarrow spoj lze považovat jednoduchým vodičem

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{0.3}{\frac{0.35}{t_r}} \doteq t_r$$

$$\lambda \doteq t_r$$

$$h < \frac{t_r}{100} \quad [\mu, ns]$$

b)



$$2T < t_r$$

$$T = \frac{h}{v}$$

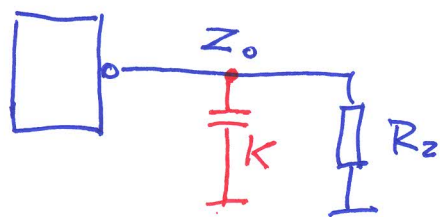
$$2 \frac{h}{v} < t_r$$

$$2 \frac{h}{0.2} < t_r$$

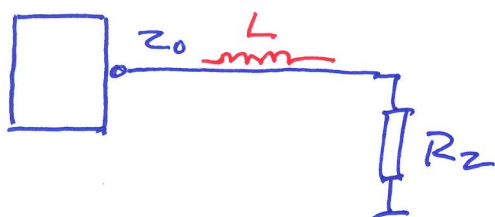
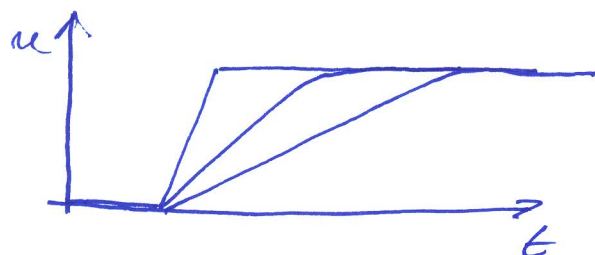
$$\frac{h}{0.1} < t_r$$

$$10h < t_r$$

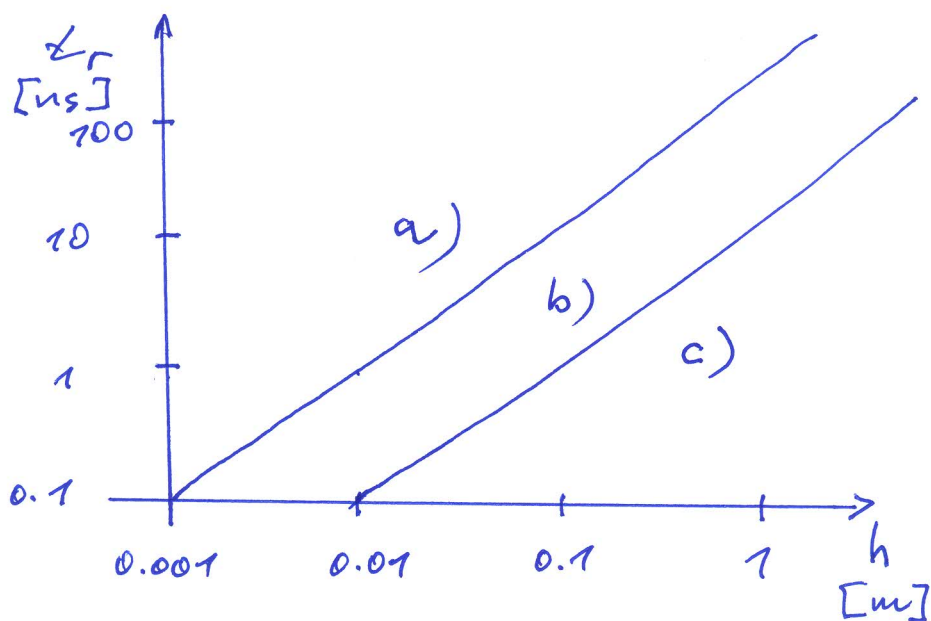
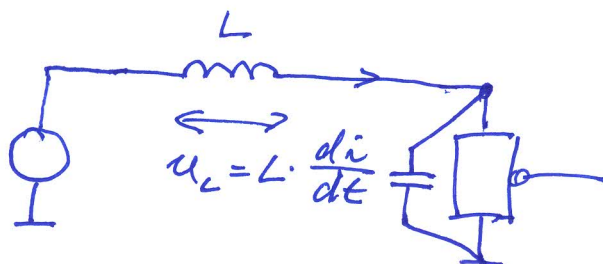
$$h < \frac{t_r}{10} \quad [\mu, ns]$$



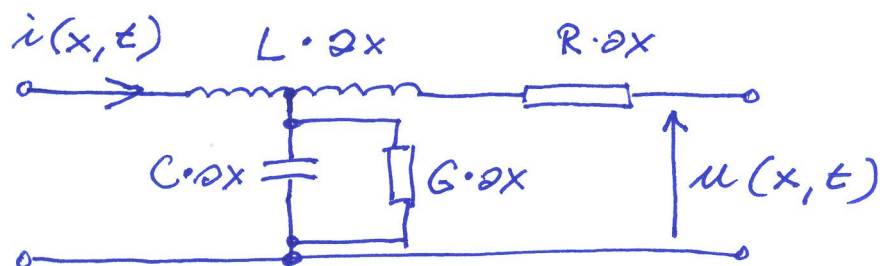
$Z_0 \ll R_2$... musí se upravit kapacita spoje K



$Z_0 \gg R_2$



2. Obvody s rozprostřenými parametry

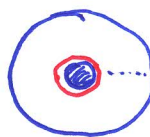


$x \rightarrow$

$$-\frac{\partial i(x, t)}{\partial x} = C \cdot \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} + G \cdot u(x, t)$$

$$-\frac{\partial u(x, t)}{\partial x} = L \cdot \frac{\partial i(x, t)}{\partial t} + R \cdot i(x, t)$$

Beztrátové vedení: $R \rightarrow 0, G \rightarrow 0$



$$-\frac{\partial i(x, t)}{\partial x} = C \cdot \frac{\partial u(x, t)}{\partial t}$$

$$-\frac{\partial u(x, t)}{\partial x} = L \cdot \frac{\partial i(x, t)}{\partial t}$$

\vdots

$$u(x, t) = f_h(t - x\sqrt{LC}) + f_o(t + x\sqrt{LC})$$

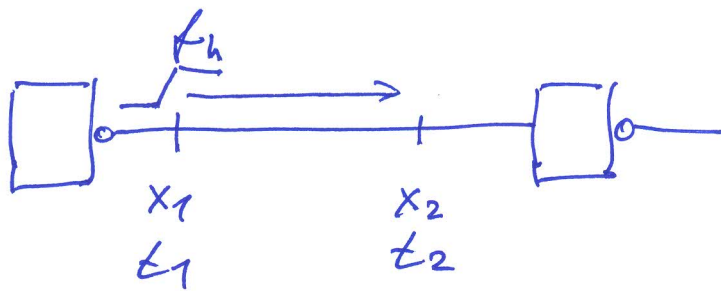
$$i(x, t) = \varphi_h(t - x\sqrt{LC}) - \varphi_o(t + x\sqrt{LC})$$

$$t - x\sqrt{LC} = \text{konst} \Rightarrow f_h = \text{konst.}$$

$$t_2 - t_1 = (x_2 - x_1)\sqrt{LC}$$

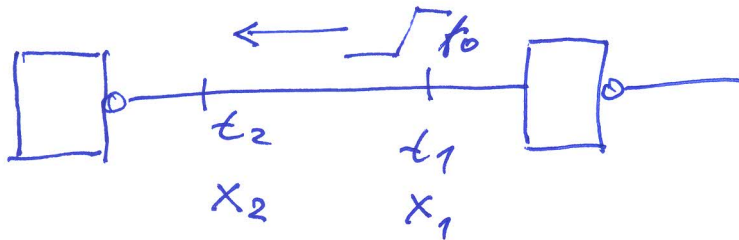
$$\Delta t = \Delta x \cdot \sqrt{LC}$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \dots \quad \boxed{\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$



$$x_2 > x_1$$

$$t_2 > t_1$$



$$t_1 < t_2$$

$$x_1 > x_2$$

Ve vedení:

$$\begin{cases} u = u_h + u_o \\ i = i_h - i_o \end{cases}$$

$$\tau = \sqrt{LC} \dots \text{jednotkové zpoždění}$$

dále lze odvodit:

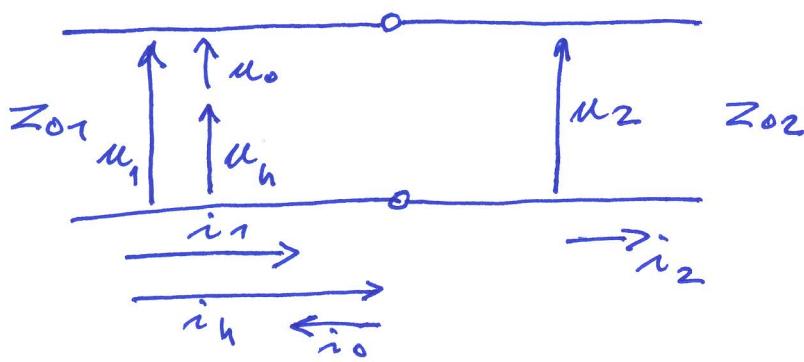
i

$$i(x, t) = \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{C}}} [f_h(t - x\tau) - f_o(t + x\tau)]$$

$$i = \frac{f_h}{\sqrt{\frac{L}{C}}} - \frac{f_o}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \approx i = \frac{u_h}{Z_0} - \frac{u_o}{Z_0}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots \text{charakteristická impedance}$$

Peměry na spoj: dvě vedení



$$i_1 = i_2$$

$$U_1 = U_2$$

$$U = Z_0 \cdot i$$

$$U_1 = U_h + U_0$$

$$U_2 = U_h + U_0$$

$$Z_{02} \cdot i_2 = U_h + U_0$$

$$Z_{02} (i_h - i_o) = U_h + U_0$$

$$Z_{02} \left(\frac{U_h}{Z_{01}} - \frac{U_0}{Z_{01}} \right) = U_h + U_0$$

$$Z_{02} \cdot U_h - Z_{02} \cdot U_0 = Z_{01} U_h + Z_{01} U_0$$

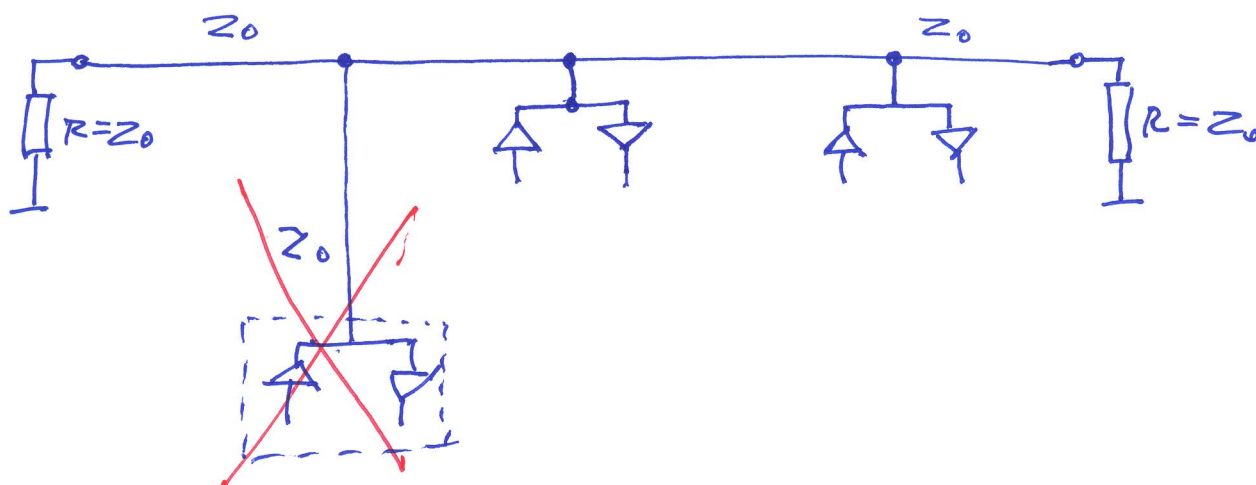
$$Z_{02} U_h - Z_{01} U_h = Z_{01} U_0 + Z_{02} U_0$$

$$U_h (Z_{02} - Z_{01}) = U_0 (Z_{02} + Z_{01})$$

$$U_0 = U_h \cdot \frac{Z_{02} - Z_{01}}{Z_{02} + Z_{01}}$$

$$\rho = \frac{Z_{02} - Z_{01}}{Z_{02} + Z_{01}} \dots \text{koeficient odrazu}$$

$$U_0 = U_h \cdot \rho$$



Požadunka k bezztrátovému vedení :

$$\tau = \sqrt{LC} \quad Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

pro bezztrátové vedení je τ a Z_0 reálné čísla
 \Rightarrow není závislé na frekvenci

Při uvažování $R \neq 0, G \neq 0$

$$\text{je } \tau = \sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

τ a Z_0 jsou komplexní čísla, tj.
 figuruje v nich $j\omega$, tj. závisí na
 frekvenci.

⇓

$$Z_0 = Z_0(\omega)$$

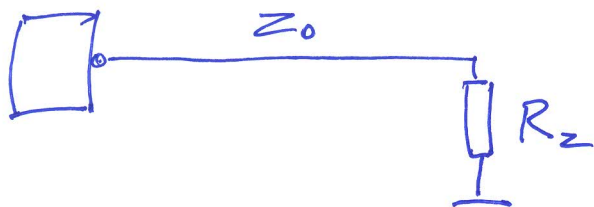
$$\tau = \tau(\omega)$$

tj. vedení má fázovou charakteristiku
 a frekvenční ~~ka~~ charakteristiku v obecném
 tvaru.

→ Je-li $z_02 = z_01$, je $\rho = 0$

tj. $u_0 = 0$ impedančně přizpůsobené vedení

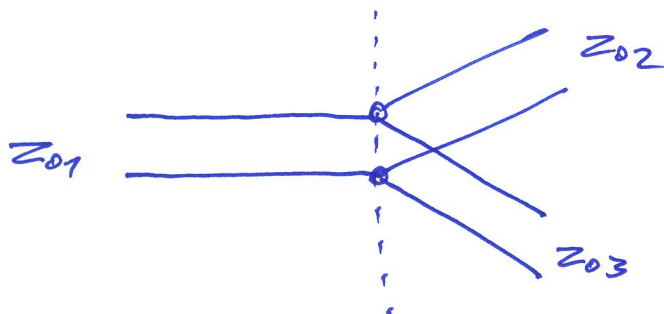
— Podobně na konci vedení:



$$\rho = \frac{R_2 - Z_0}{R_2 + Z_0}$$

... tj. je-li $R_2 = Z_0$,
kdozeu na konci vedení
nedojde

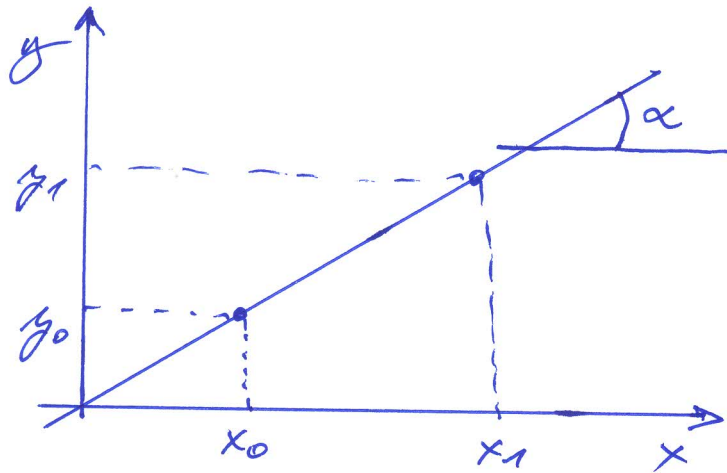
— Rozvětvení vedení:



$$\rho = \frac{(Z_{02} \parallel Z_{03}) - Z_{01}}{(Z_{02} \parallel Z_{03}) + Z_{01}}$$

Wprowadź poznawczy

9.



$$\tan \alpha = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

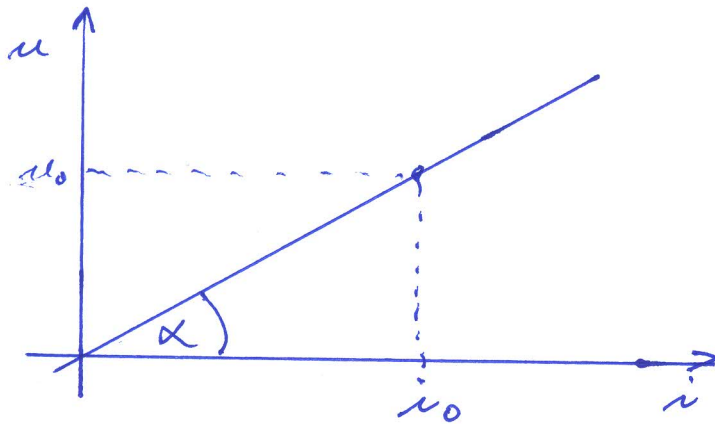
$$y_1 - y_0 = \tan \alpha (x_1 - x_0)$$

$$y_1 = y_0 + \tan \alpha (x_1 - x_0)$$

$$y_1 = y_0 + k (x_1 - x_0)$$

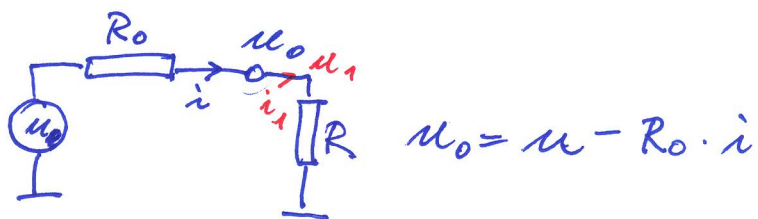
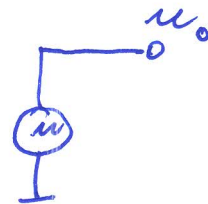
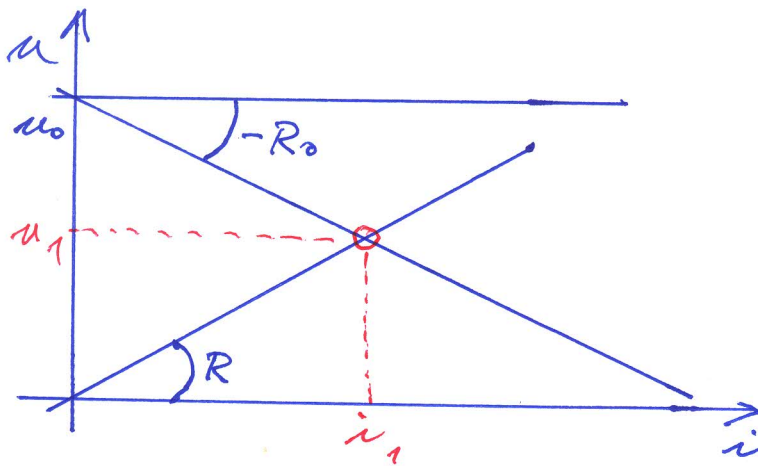
Voltampérová charakteristika

10.



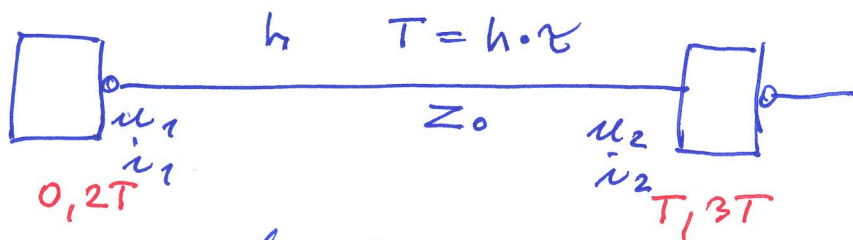
$$R = \frac{u}{i}$$

$$R = \frac{u_0}{i_0} = \operatorname{tg} \alpha$$



Bergeronův diagram

11.



2 telegrafické rovnice

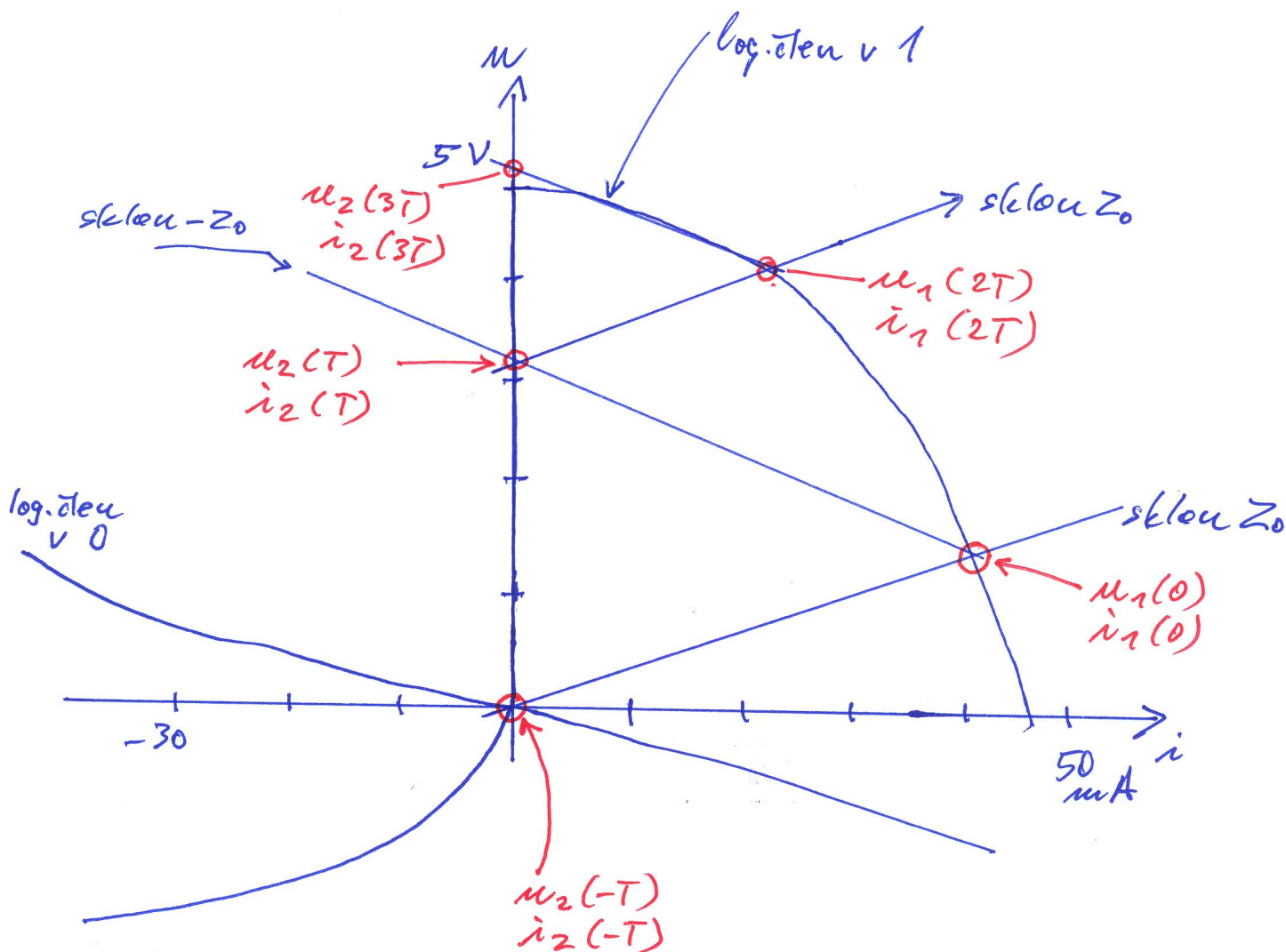
$$u_1(t-T) + Z_0 i_1(t-T) = u_2(t) + Z_0 i_2(t) \quad \text{postupná}$$

$$u_2(t-T) - Z_0 i_2(t-T) = u_1(t) - Z_0 i_1(t) \quad \text{odrážecí}$$

$$u_2(t) = u_1(t-T) - Z_0 (i_2(t) - i_1(t-T)) \quad (1)$$

$$u_1(t) = u_2(t-T) + Z_0 (i_1(t) - i_2(t-T)) \quad (2)$$

Přechod $0 \rightarrow 1$:



Vase $t=0$:

$z(2)$:

$$u_1(0) = u_2(-T) + Z_0(i_1(0) - i_2(-T))$$

Vase $t=T$:

$z(1)$:

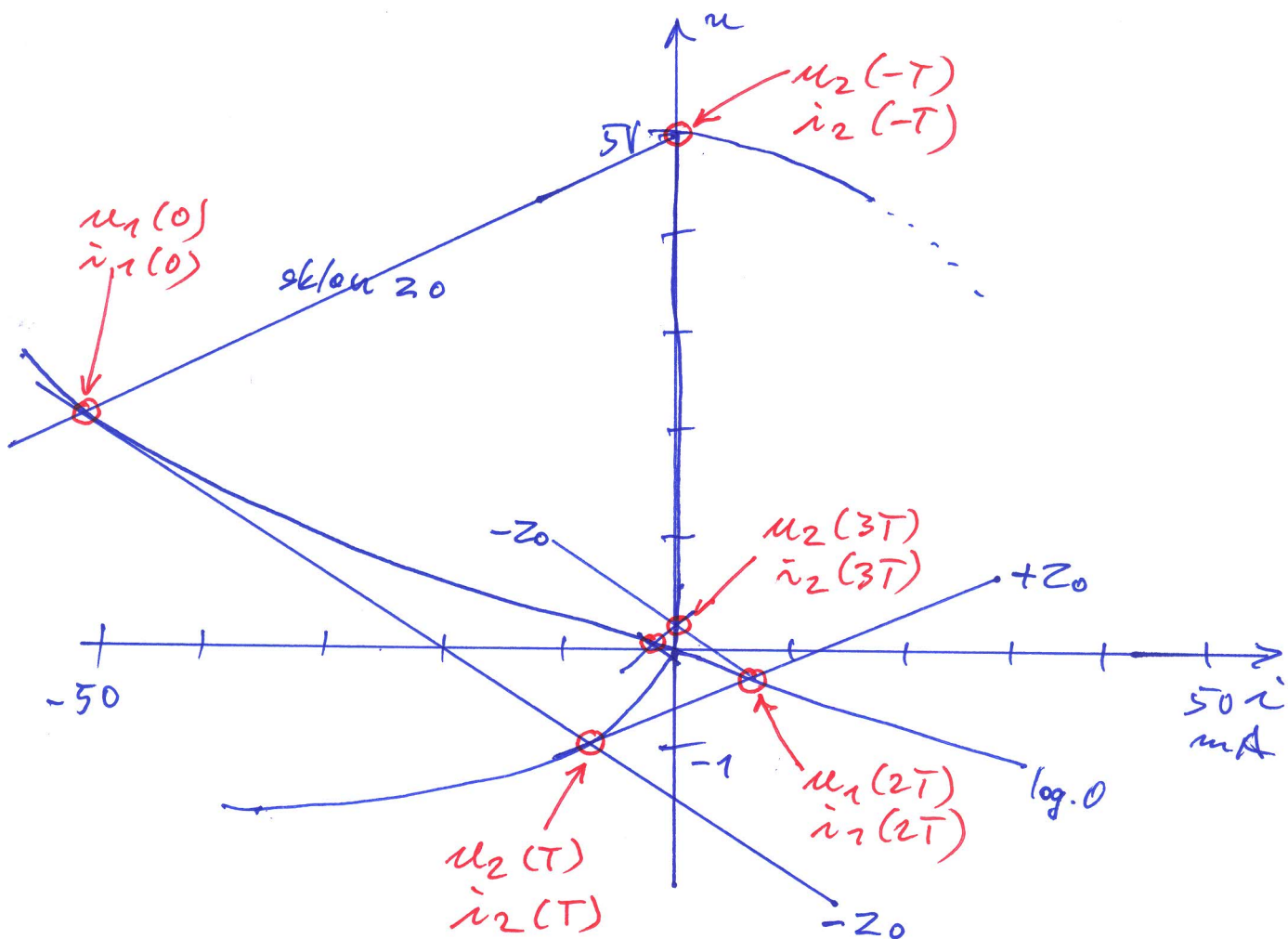
$$u_2(T) = u_1(0) - Z_0(i_2(T) - i_1(0))$$

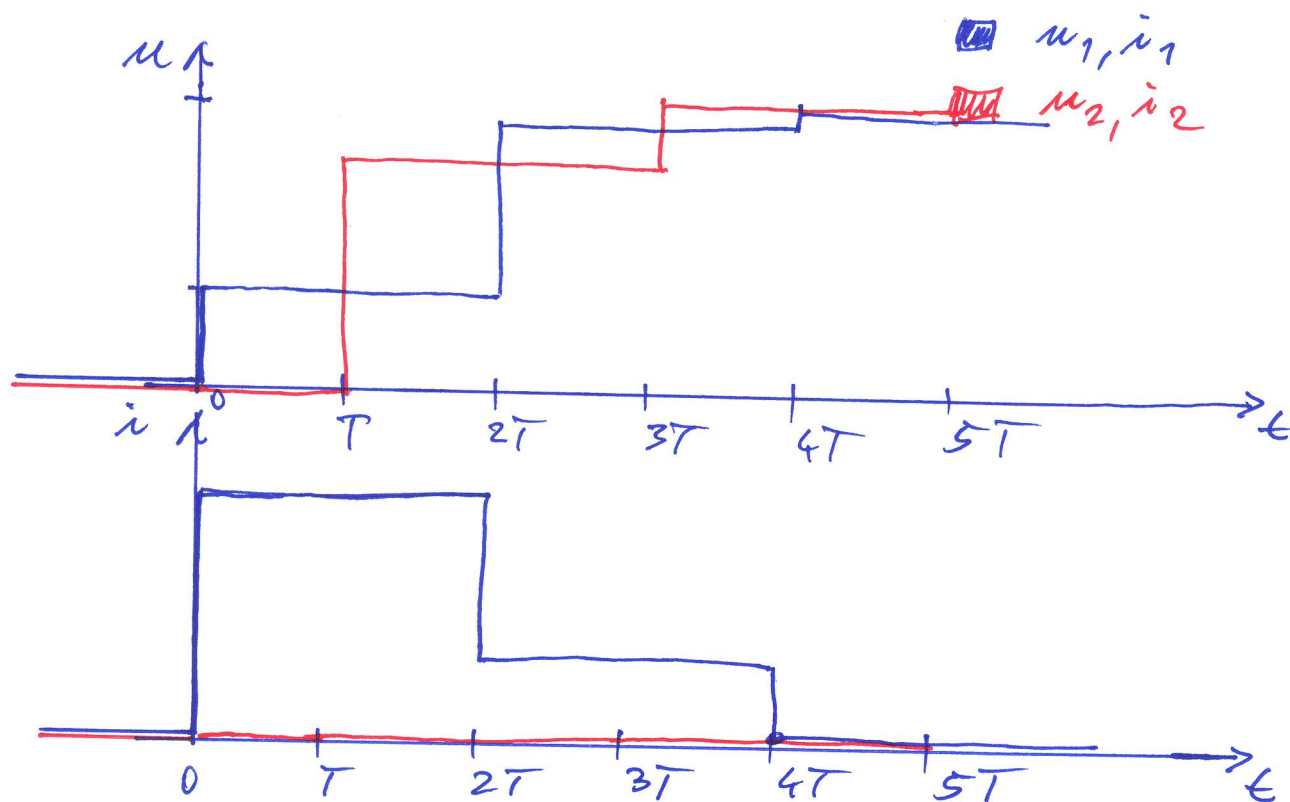
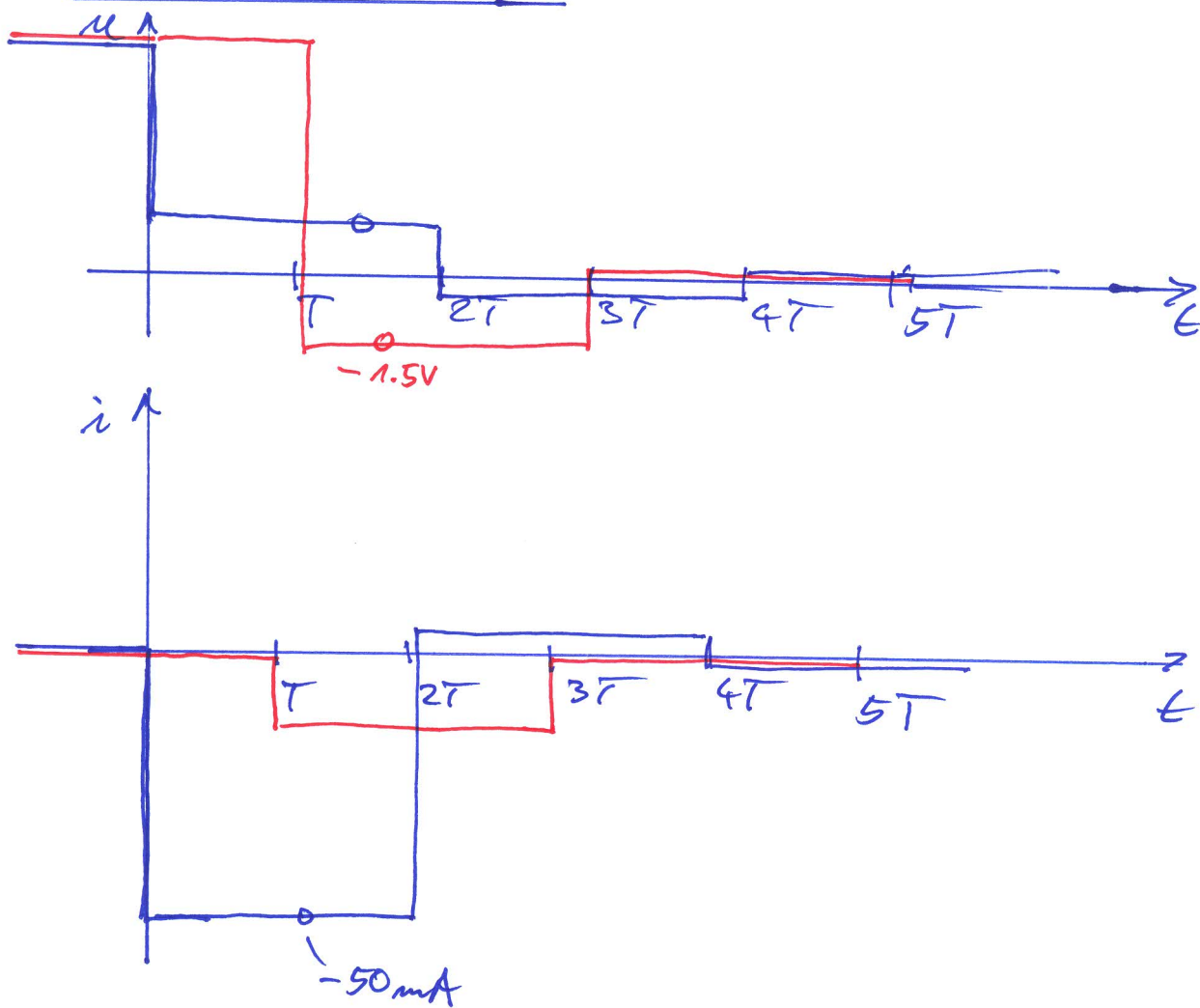
Vase $t=2T$:

$z(2)$:

$$u_1(2T) = u_2(T) + Z_0(i_1(2T) - i_2(T))$$

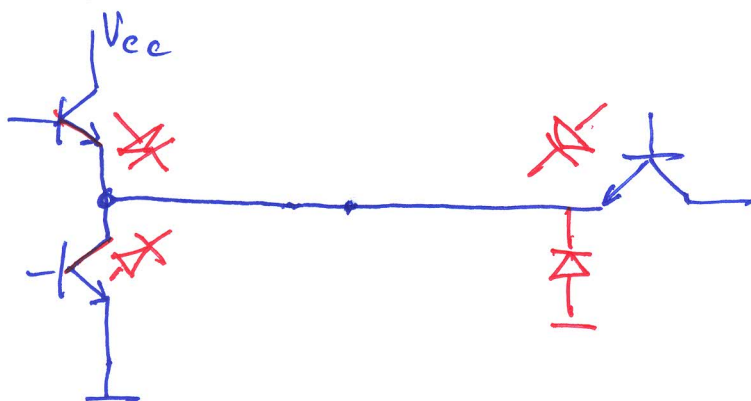
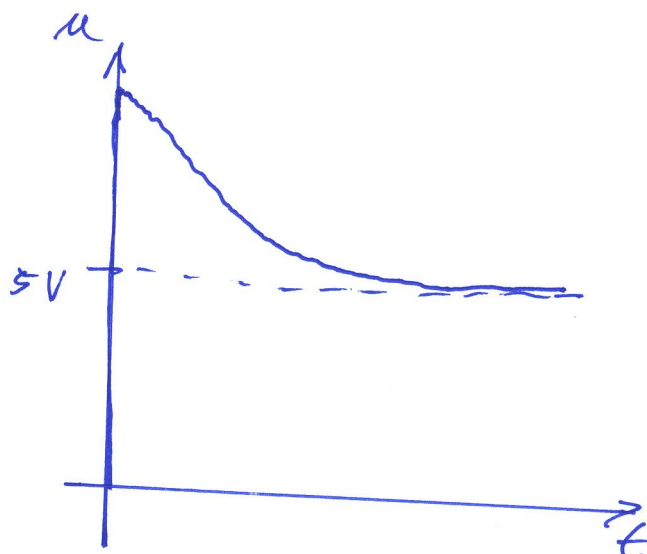
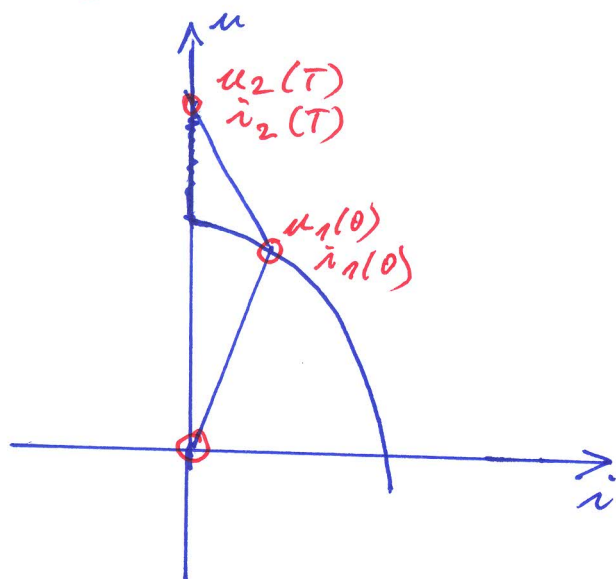
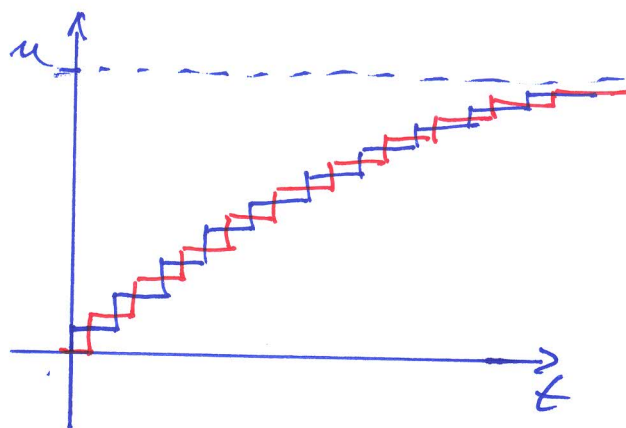
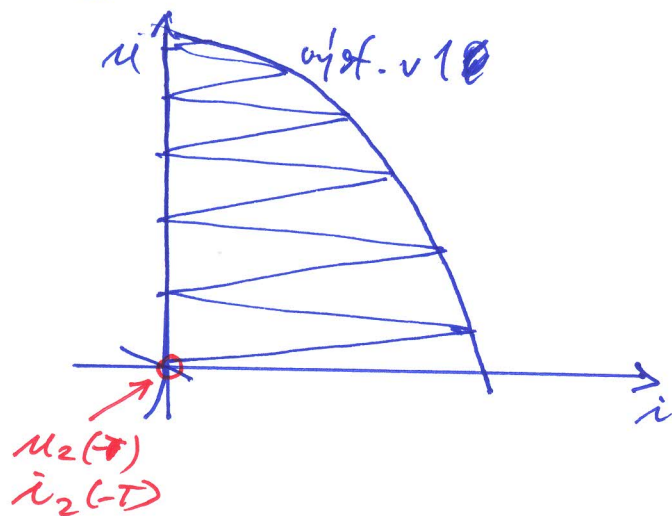
Prechod $1 \rightarrow 0$



Průchod $0 \rightarrow 1$ Průchod $1 \rightarrow 0$ 

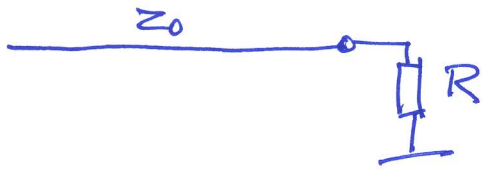
Pozn.: Zo veľmi malej

14.



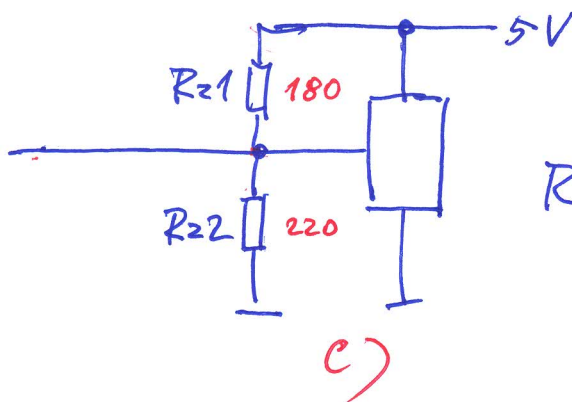
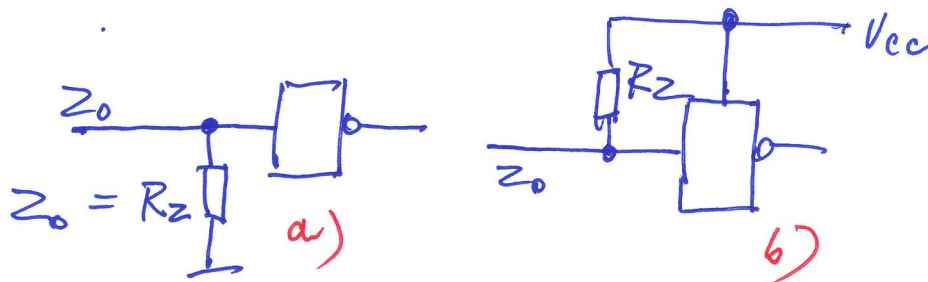
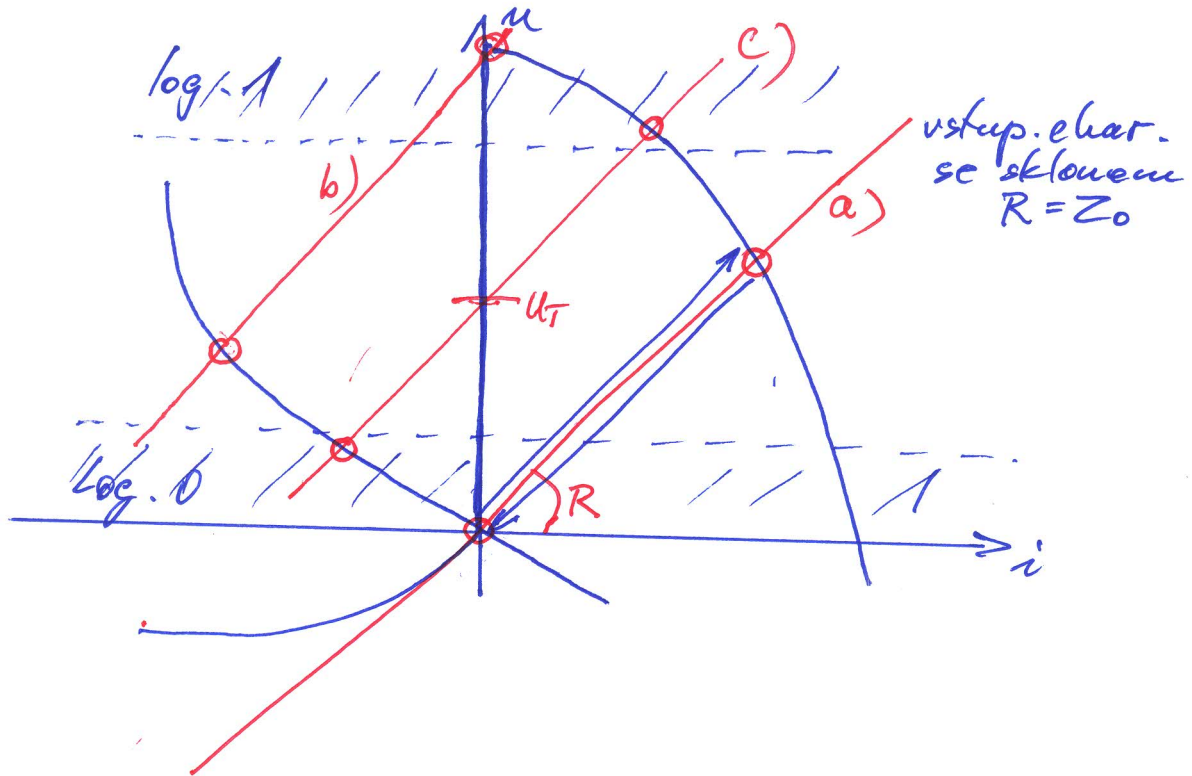
Pozn.: impedancní přizpůsobení

15.

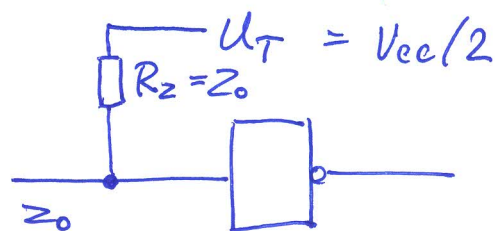


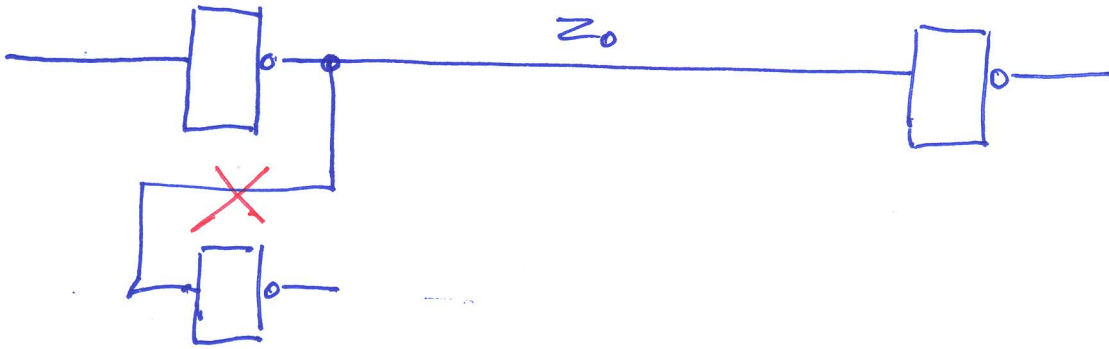
$$\rho = \frac{R - Z_0}{R + Z_0}$$

je-li $R = Z_0$, je $\rho = 0$



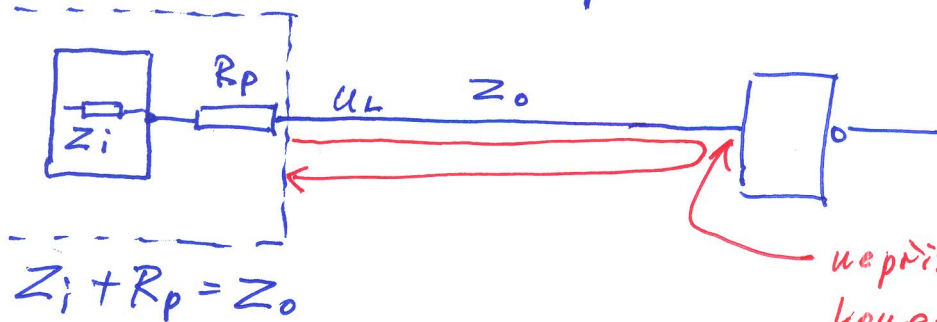
$$R_{Z1} // R_{Z2} = Z_0$$



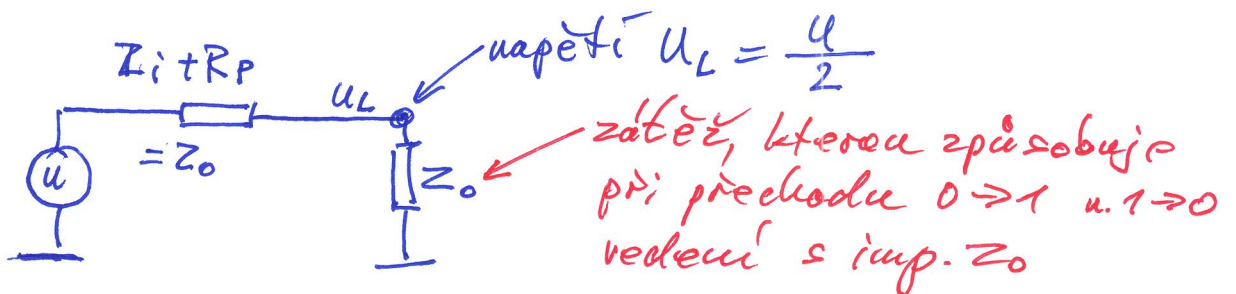


Prizpůsobení na začátku vedení

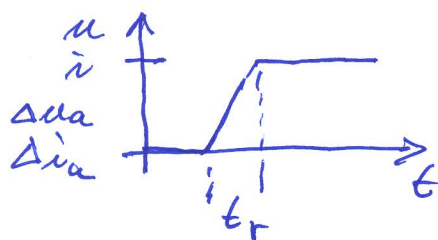
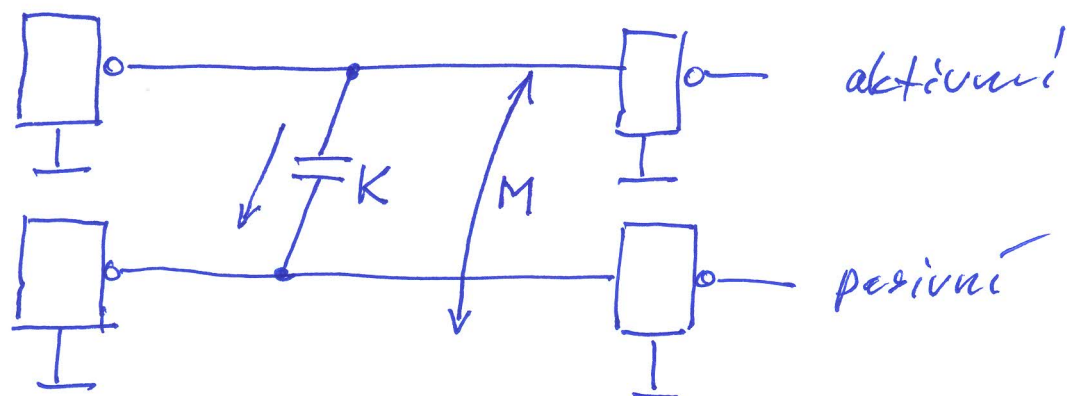
Impedance koncového stupně je $< Z_0$



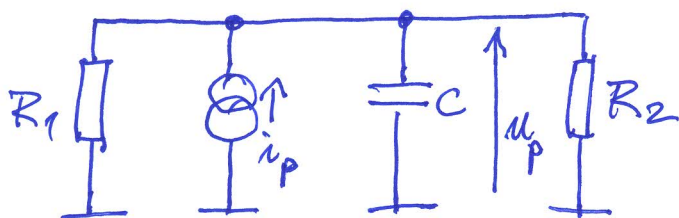
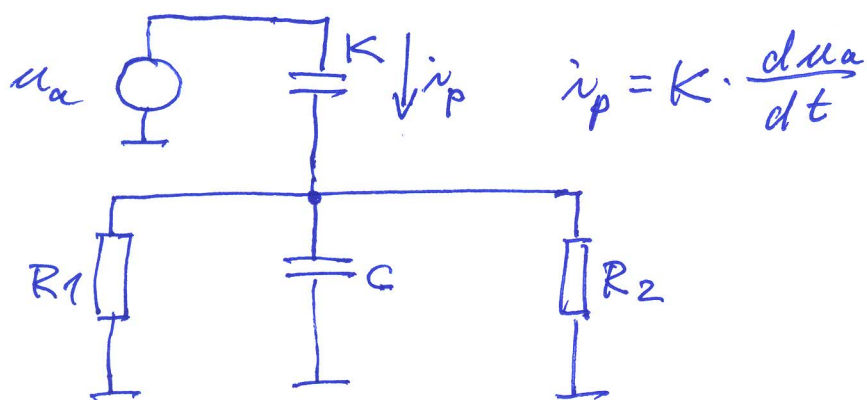
neprizpůsobení
konec vedení



Rušení v el. obvodech



a) vliv parazitní kapacity



$$K \cdot \frac{d\mu_a}{dt} = \frac{\mu_p}{R_1 // R_2} + C \frac{d\mu_p}{dt}$$

$$\frac{d\mu_a}{dt} = \begin{cases} \frac{\Delta\mu_a}{t_r} & \text{pro } 0 < t \leq t_r \\ 0 & \text{pro } t > t_r \end{cases}$$

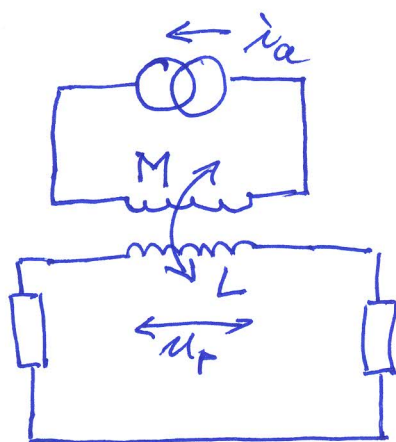
pro $0 < t \leq t_r$

$$\mu_p = K \cdot (R_1 // R_2) \cdot \frac{\Delta\mu_a}{t_r} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau_c}}); \tau_c = (R_1 // R_2) \cdot C$$

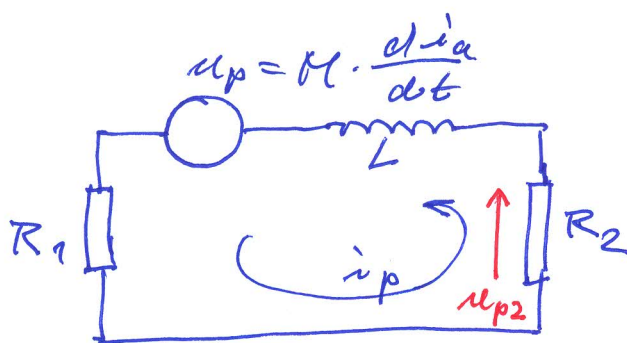
pro $t > t_r$

$$\mu_p = K \cdot (R_1 // R_2) \cdot \frac{\Delta\mu_a}{t_r} \cdot (1 - e^{-\frac{t_r}{\tau_c}}) \cdot e^{-\frac{t-t_r}{\tau_c}}$$

b) vliv vzájemné indukčnosti



$$\mu_p = M \cdot \frac{di_a}{dt}$$



$$M \cdot \frac{di_a}{dt} = i_p \cdot (R_1 + R_2) + L \cdot \frac{di_p}{dt}$$

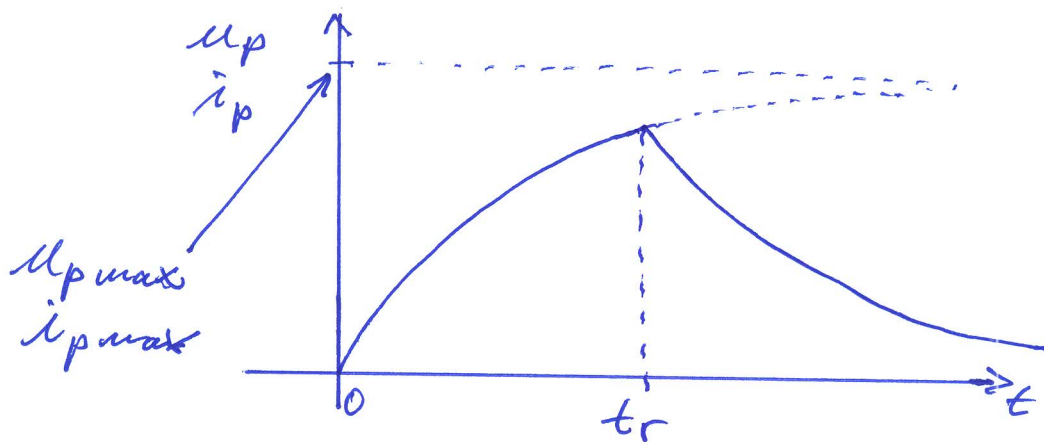
$$\frac{di_a}{dt} = \begin{cases} \frac{\Delta i_a}{t_r} & ; 0 < t \leq t_r \\ 0 & ; t > t_r \end{cases}$$

pro $0 < t \leq t_r$

$$i_p = \frac{M}{R_1 + R_2} \cdot \frac{\Delta i_a}{t_r} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}\right); \quad \tau_L = \frac{L}{R_1 + R_2}$$

pro $t > t_r$

$$i_p = \frac{M}{R_1 + R_2} \cdot \frac{\Delta i_a}{t_r} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_r}{\tau_L}}\right) \cdot e^{-\frac{t - t_r}{\tau_L}}$$

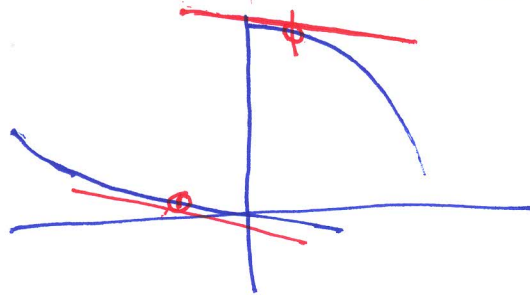


$$u_{p\max} = K \cdot (R_1 // R_2) \cdot \frac{\Delta i_a}{t_r}$$

$$i_{p\max} = \frac{M}{R_1 + R_2} \cdot \frac{\Delta i_a}{t_r}$$

$$U_{pmax} = K \cdot (R_1 \parallel R_2) \cdot \frac{\Delta U_a}{t_r}$$

$$R_1 \ll R_2 \Rightarrow R_1 \parallel R_2 \doteq R_1$$



$$U_{pmax} = K \cdot R_1 \cdot \frac{\Delta U_a}{t_r}$$

$$K = \frac{U_{pmax}}{R_1} \cdot \frac{t_r}{\Delta U_a}$$

$$K = \frac{0.4}{20} \cdot \frac{10^{-8}}{3} = \frac{4 \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 10^1} \cdot 10^{-8} \cdot 3.3 \cdot 10^{-1}$$

$$K = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-8} \cdot 3.3 \cdot 10^{-1} = 6 \cdot 10^{-11} [F]$$

$$\boxed{K < 60 \text{ pF}} \quad = 60 \text{ pF}$$

$$U_{pmax} = \frac{M}{R_1 + R_2} \cdot \frac{\Delta i_a}{t_r}$$

$$R_1 \ll R_2 \Rightarrow R_1 + R_2 \doteq R_2$$

$$U_{p2} = M \cdot \frac{\Delta i_a}{t_r}$$

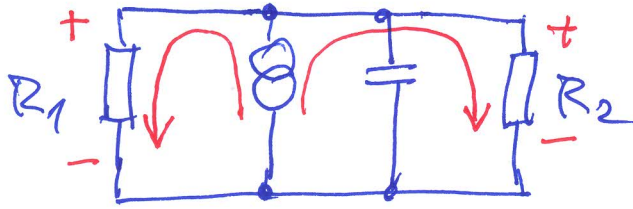
$$M = U_{p2} \cdot \frac{t_r}{\Delta i_a}$$

$$M = 4 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{10^{-8}}{10^{-3}}$$

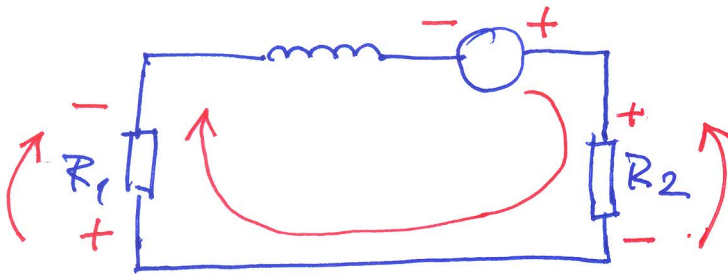
$$M = 4 \cdot 10^{-6} [H]$$

$$\boxed{M \doteq 4 \mu H}$$

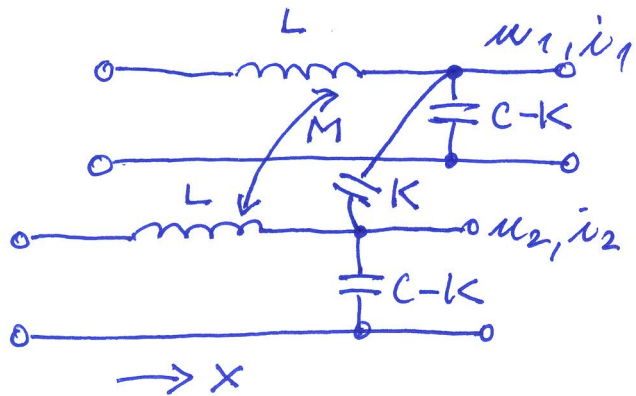
Vliv vzáj. kapacity:



Vliv vzájemné indukčnosti:



Vzájemné vedení



$$u = u(x, t)$$

$$\dot{i} = \dot{i}(x, t)$$

$$\frac{\partial \dot{i}_1}{\partial x} = -C \frac{\partial u_1}{\partial t} + K \frac{\partial u_2}{\partial t} ; \quad \frac{\partial \dot{i}_2}{\partial x} = -C \frac{\partial u_2}{\partial t} + K \frac{\partial u_1}{\partial t}$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial x} = -L \frac{\partial \dot{i}_1}{\partial t} - M \frac{\partial \dot{i}_2}{\partial t} ; \quad \frac{\partial u_2}{\partial x} = -L \frac{\partial \dot{i}_2}{\partial t} - M \frac{\partial \dot{i}_1}{\partial t}$$

—
—
—
—
—

Lze odvodit :

- Na vedení se vyskytuje součtový signál
 $u_1 + u_2$

Pro něj má vedení impedanci

$$Z_{os} = \sqrt{\frac{L+M}{C-K}}$$

a zpoždění

$$\tau_s = \sqrt{(L+M)(C-K)}$$

- Dále se na vedení vyskytuje rozdílový
signál $u_1 - u_2$

Pro něj platí

$$Z_{od} = \sqrt{\frac{L-M}{C+K}} ; \tau_d = \sqrt{(L-M)(C+K)}$$

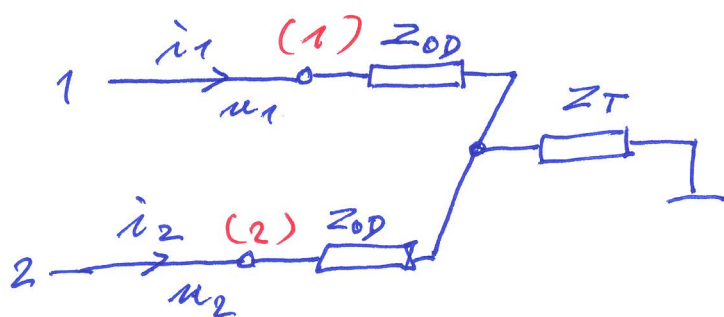
(je $Z_{os} \geq Z_{od}$)

Vázané vedení musí být přizpůsobené
pro součtový i rozdílový signál

Pro přizpůsobení lze použít

T-článek nebo π -článek

a) T-článek :

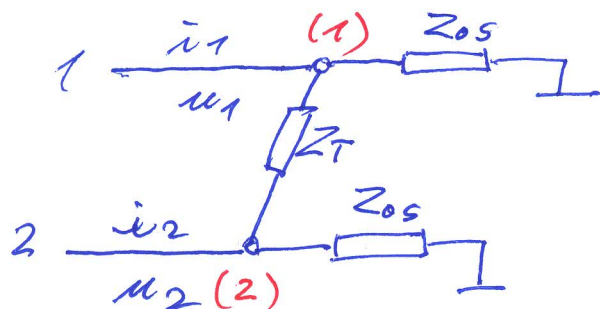


pro vchozích signál musí být mezi body
(1) a (2) impedance $2Z_{0D}$

pro současný signál musí být mezi spojenými
body (1) a (2) impedance $\frac{Z_{0S}}{2}$

$$Z_T = (Z_{0S} - Z_{0D})/2$$

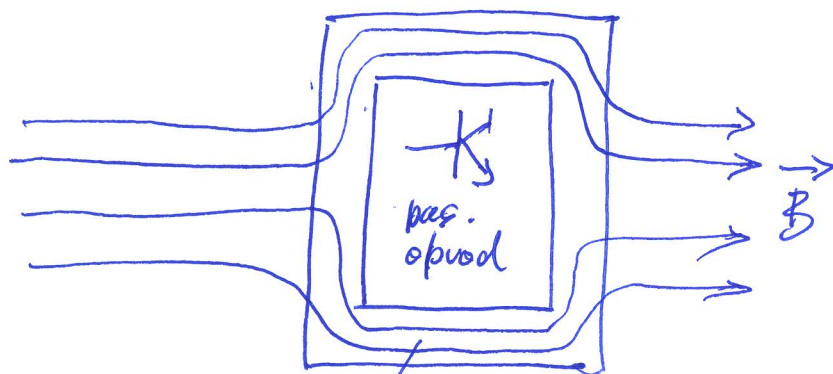
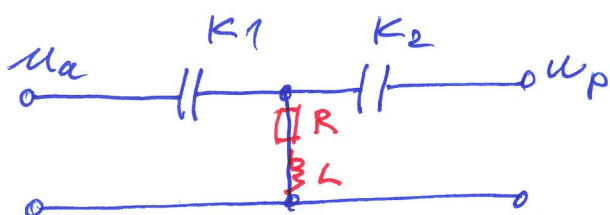
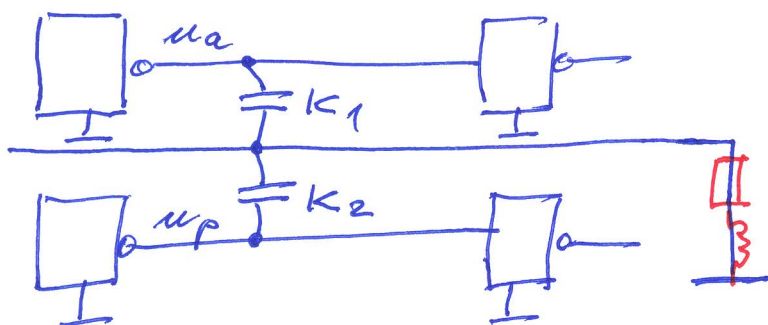
b) π -článek



$$Z_T = \frac{2 \cdot Z_{0S} \cdot Z_{0D}}{Z_{0S} - Z_{0D}}$$

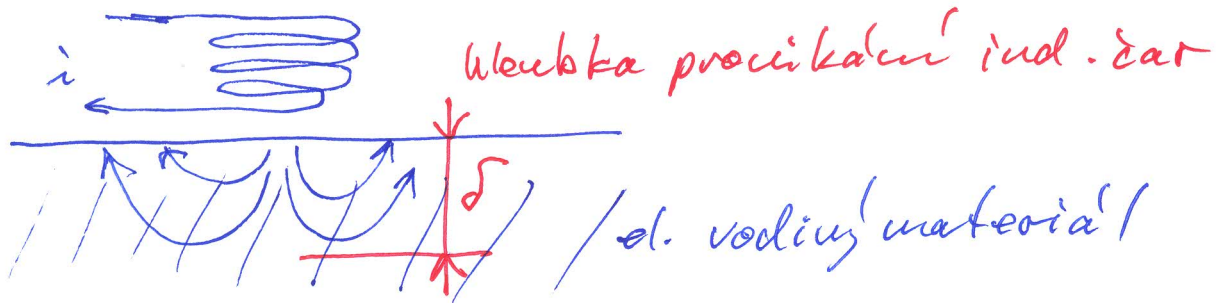
Ochrana proti rušení

- a) Použití stínění --- zabránění rušení
rušivého signálu do pasivního obvodu



magnetické
stínění z magneticky vodivého
materiálu

Pro šíření proti vt. mag. rušení
 lze využít ulivu vřdivých proudů :



$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

f ... frekvence

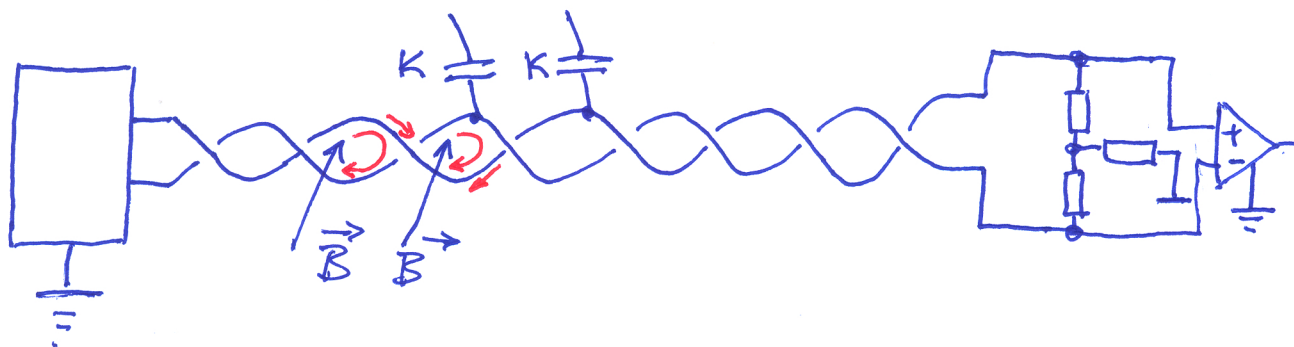
μ ... permeabilita

σ ... měrná vodivost

Hloubka pronikání ind. dar : (na hodnotu $\frac{1}{e} \approx 0.37$)

	100Hz	10kHz	1MHz	
Fe	0.9	0.09	0.009	($\mu_r \approx 300$)
Cu	6.6	0.66	0.066	
Al	8.4	0.84	0.084	
				[mm]

b) Návrh obvodů odolných proti
rušení - symetrické vedení



Vliv rušení na společnou zemní
vodičku

