

# Vhodno-izhodne naprave (VIN)

Predavanja

## 7. Presluh

Robert Rozman

[rozman@fri.uni-lj.si](mailto:rozman@fri.uni-lj.si)

# Vsebina

---

Uvod

## 7. Presluh

7.1 Izračun presluha

7.2 Bližnji presluh (NEXT - Near End Crosstalk)

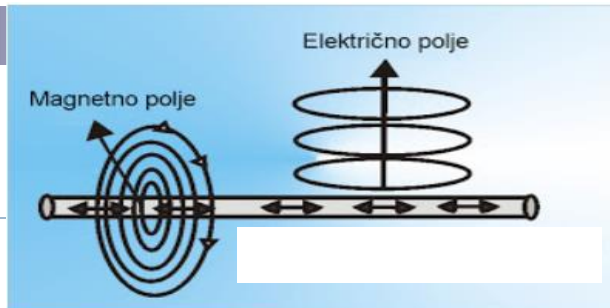
7.3 Daljni presluh (FEXT - Far End Crosstalk)

7.4 Primer izračuna presluha

7.5 Omejevanje presluha

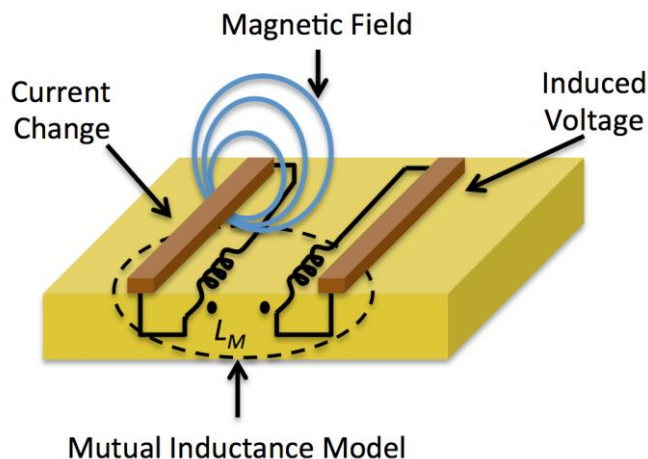
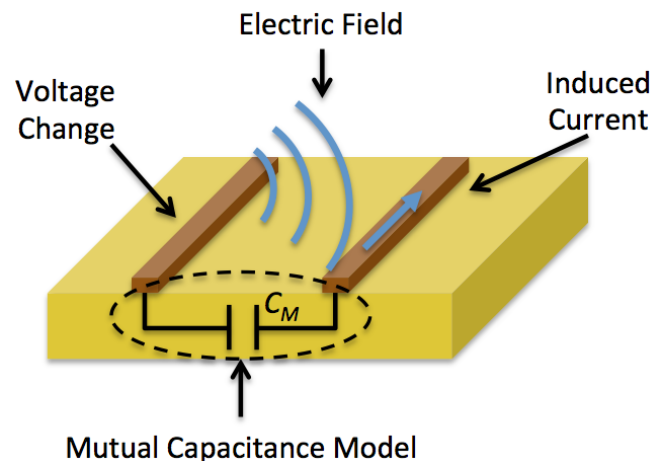
# Uvod

- Linija - žica po kateri teče tok
- Vpliv na sosednje linije preko:
  - Električno polje (medsebojna kapacitivnost)



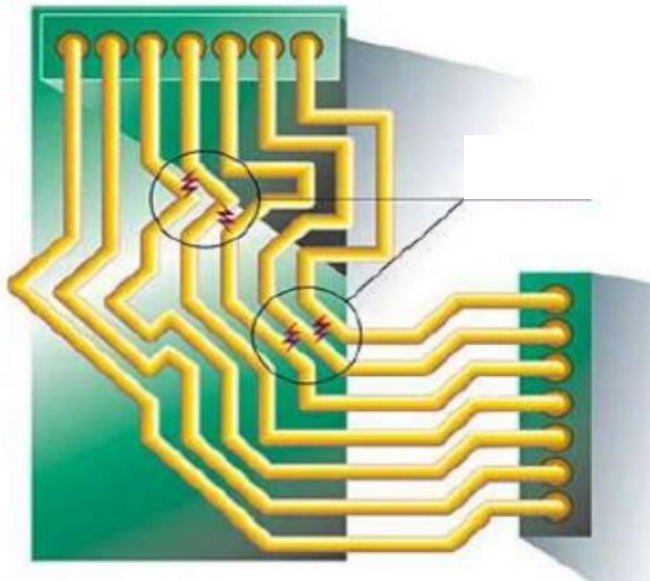
- Magnetno polje (medsebojna induktivnost)

- Presluh (ang. crosstalk)
  - Bližnji presluh (NEXT)
  - Daljni (FEXT) presluh
  - Omejevanje presluha

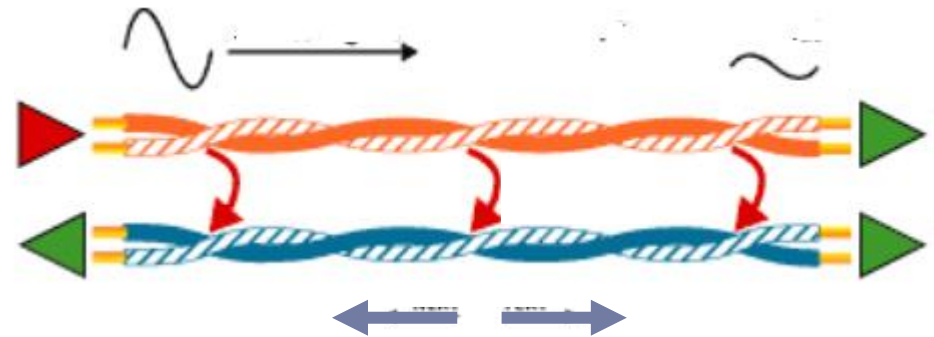


# 7. Presluh

- ❑ Presluh (ang. crosstalk) je motilni signal, ki nastane zaradi medsebojnega vpliva dveh ali več sosednjih povezovalnih linij.
- ❑ Kje se pojavi ? → **tam, kjer je veliko število linij na majhnem prostoru**
  - Tiskano vezje (ang. Printed Circuit Board – PCB)
  - Kabli: parica (ang. twisted pair), ploščat kabel (ang. ribbon)
  - ...



<https://eeestudy.com/what-is-crosstalk-in-pcb-design/>



<https://www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles/cable-testing-101-cross-talk-near-and-far>

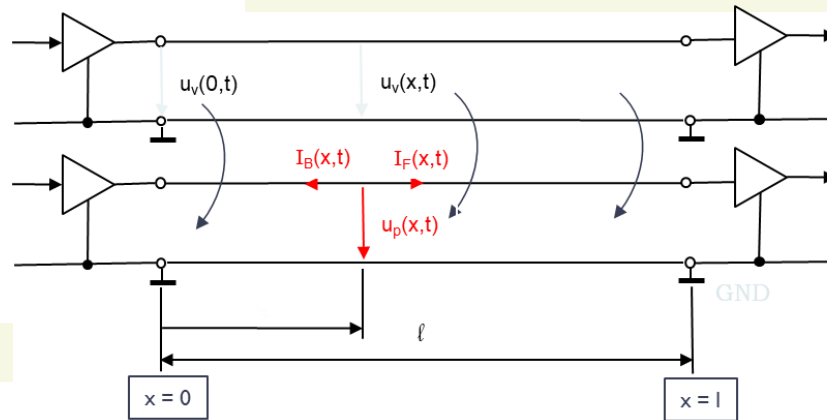
# Presluh (crosstalk)

## Povzetek

Preslušna (motilna) napetost  $u_p(x,t)$  v točki  $x$  linije B:

$$u_p(x,t) = R_0 \cdot [(I_B(x,t) + I_F(x,t))] =$$

$$= K_B \cdot [(u_v(t - x \cdot \delta) - u_v(t - 2 \cdot l \cdot \delta + x \cdot \delta))] + K_F \cdot x \cdot \frac{du_v(t - x \cdot \delta)}{dt}$$



$$K_B = \frac{1}{4\delta} (C_m \cdot R_0 + \frac{L_m}{R_0})$$

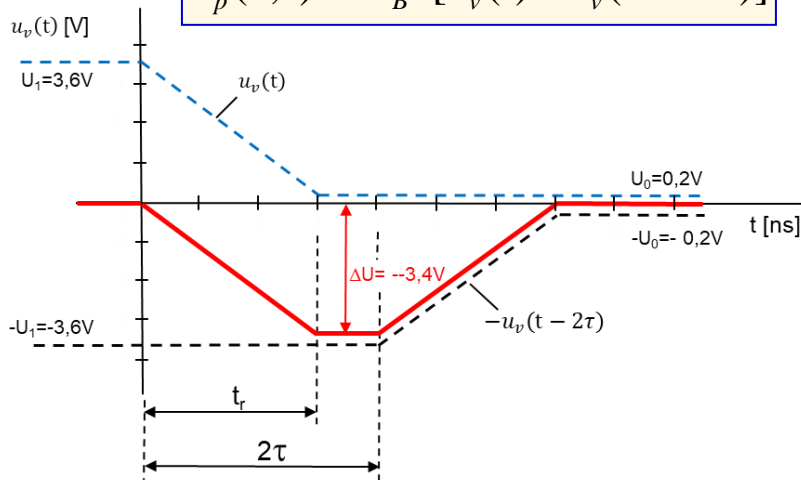
Bližnja presl. konst. 0,04 .. 0,4 [-]

$$K_F = \frac{1}{2} (C_m \cdot R_0 - \frac{L_m}{R_0})$$

Daljina presl. konst. -0,1 .. -0,3 [ns/m]

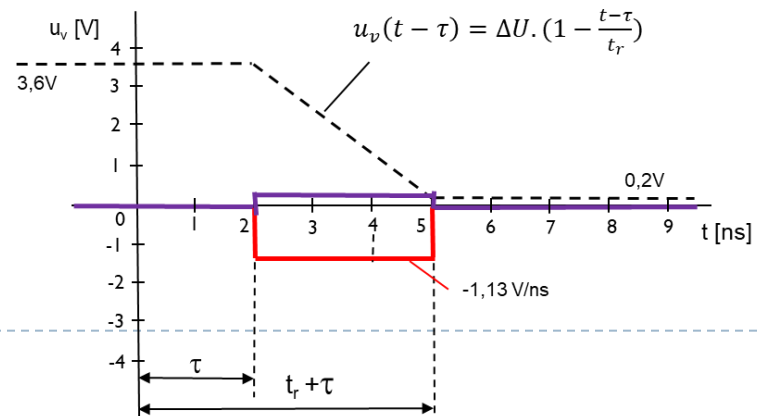
**Bližnji presluh (NEXT)**

$$u_p(0,t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2 \cdot \tau)]$$

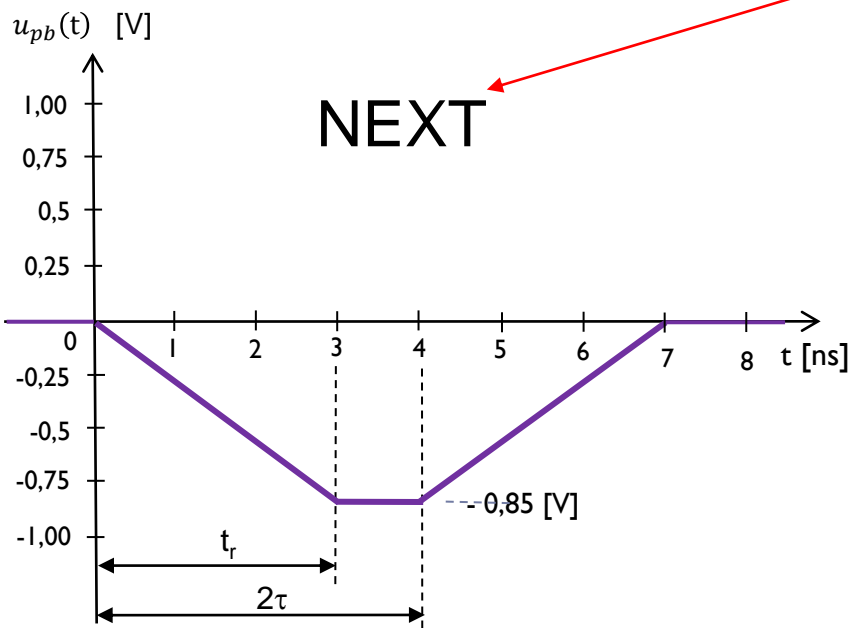
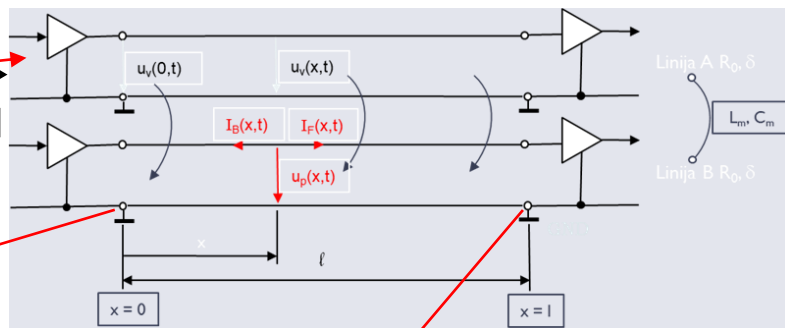
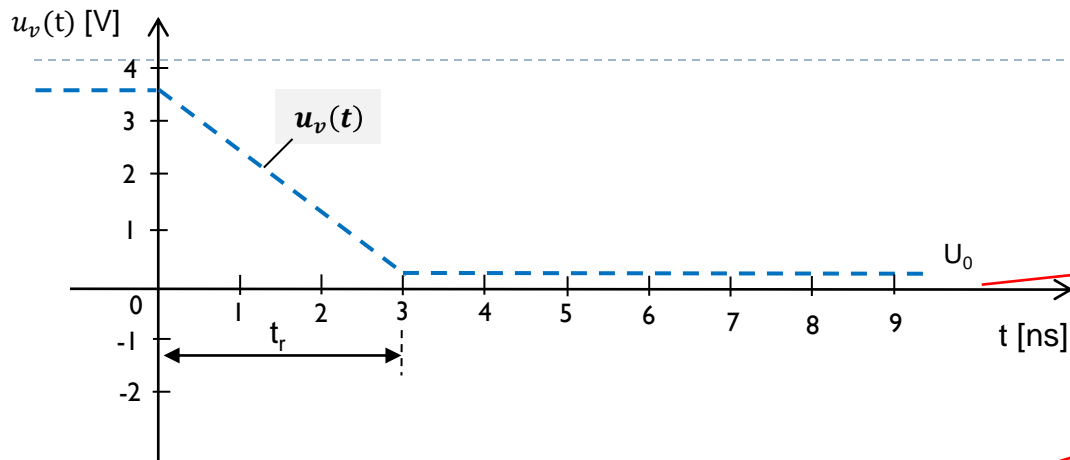


**Daljini presluh (FEXT)**

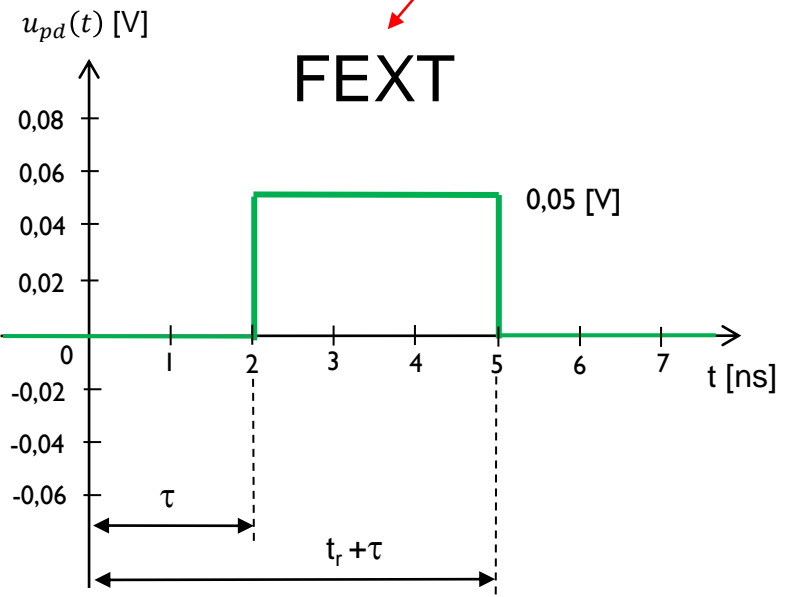
$$u_p(l,t) = K_F \cdot l \cdot \frac{d(u_v(t - \tau))}{dt}$$



# Primer presluha: $u_{pb}(t)$ - NEXT, $u_{pd}(t)$ - FEXT



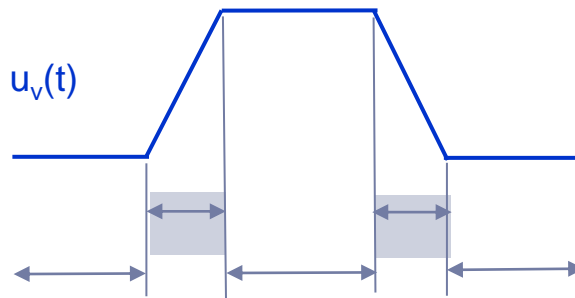
**NEXT**



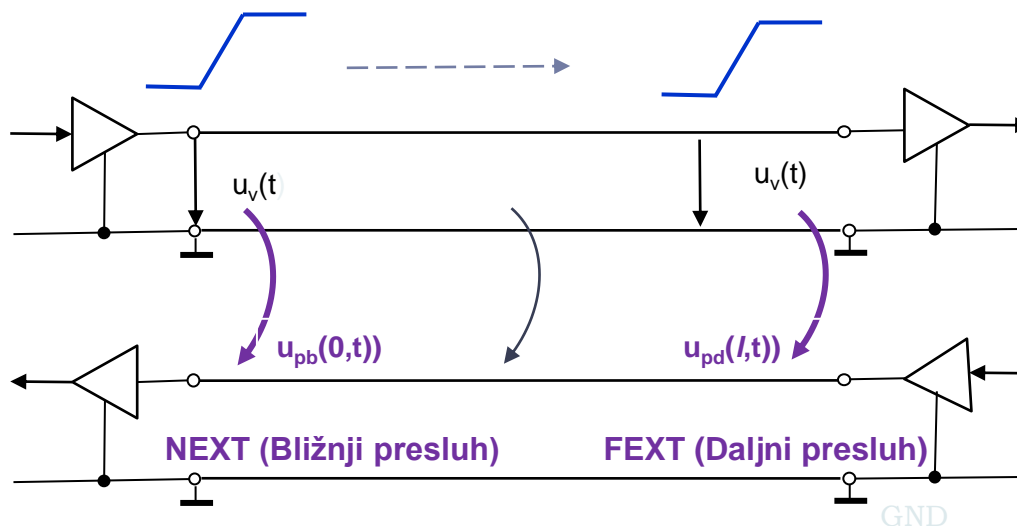
**FEXT**

□ Signal oddajnika v liniji A povzroči presluh v liniji B samo ob preklopu ob:

- pozitivni fronti ( $0 \rightarrow 1$ )
- negativni fronti ( $1 \rightarrow 0$ )

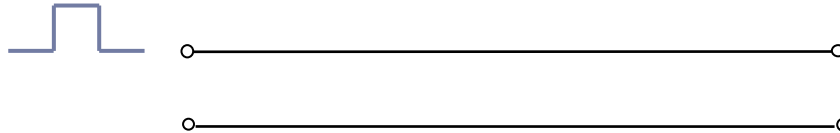


□ Potovanje signala po liniji A in pojav presluha na liniji B

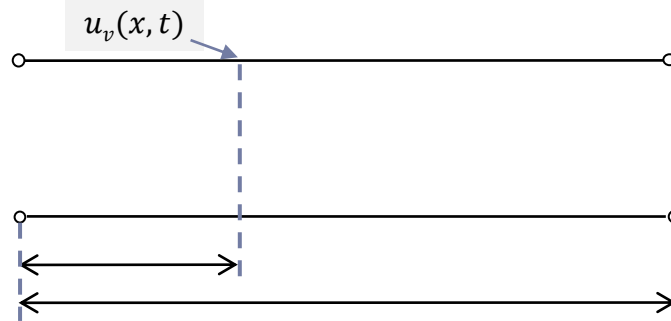


# Pojav presluha: $u_{pb}(t)$ - NEXT, $u_{pd}(t)$ - FEXT

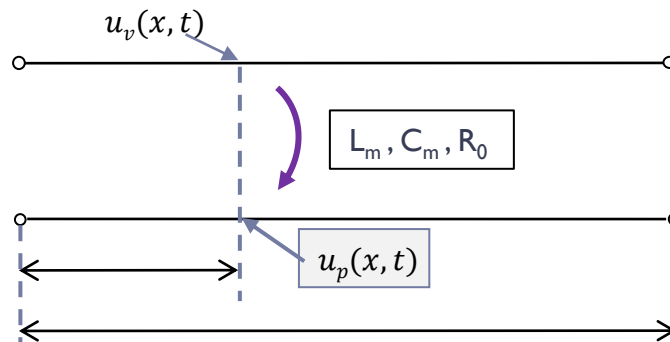
- Imamo dve paralelni liniji A in B in signal potuje po liniji A.



- Ob spremembi signala, ki potuje po liniji A, imamo v točki  $x$  napetost  $u_v(x, t)$ .



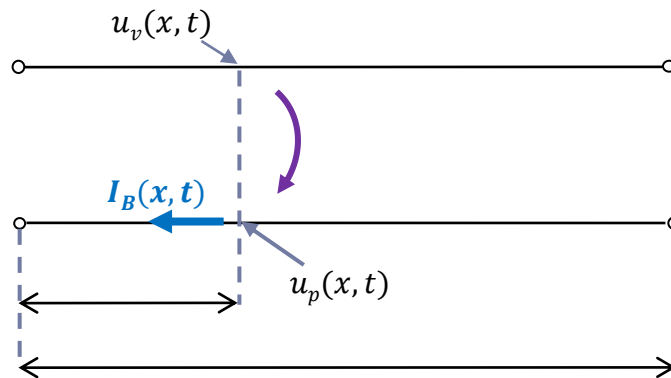
- Zaradi elektromagnetnega polja se na liniji B pojavi preslušna napetost  $u_p(x, t)$ .



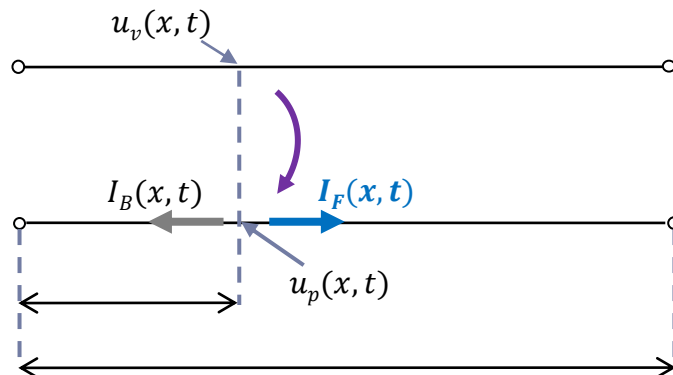


# Pojav presluha: $u_{pb}(t)$ - NEXT, $u_{pd}(t)$ - FEXT

- Na liniji B se pojavi tok, ki teče:
  - nazaj na vhod linije -  $I_B(x, t)$  in

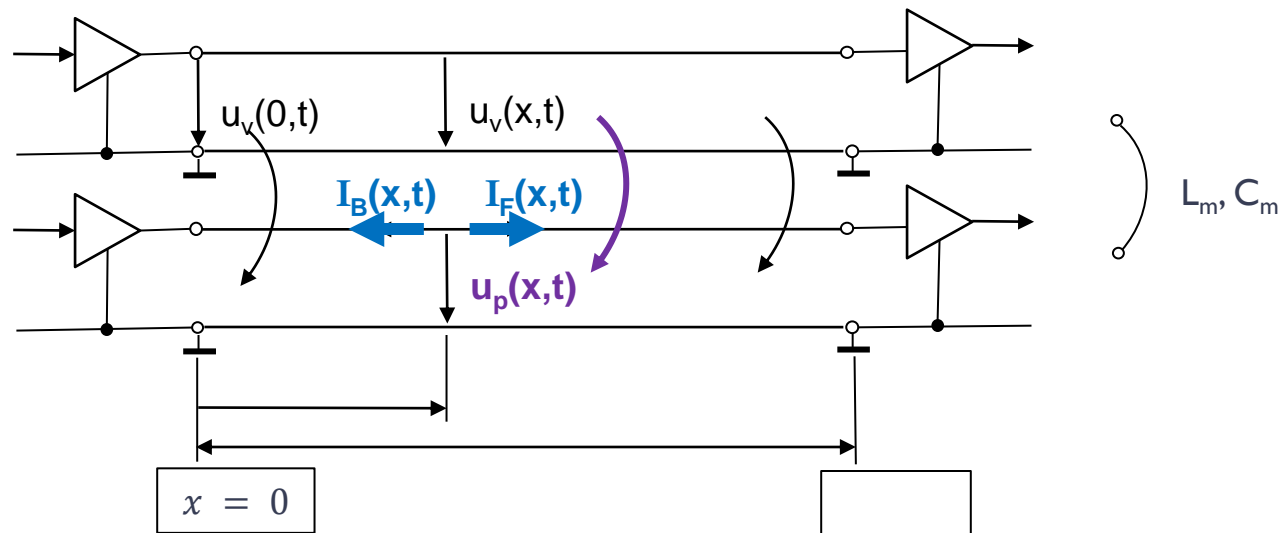


- naprej na izhod linije -  $I_F(x, t)$



## 7.1 Izračun presluha

- ❑ Elektromagnetno polje, ki ga povzroči signal v liniji A, vpliva na linijo B in na njej povzroči motilne signale - **PRESLUH**.
- ❑ Kako izračunamo preslušno napetost:  $u_p(x, t)$ , ki potuje kot val proti levi in desni?
  - Narišemo model linij A in B, njune karakteristike in označimo napetosti in tokove.



- ❑ Preslušna napetost je v točki  $x$  določena z  $u_p(x, t) = R_0 \cdot (I_B(x, t) + I_F(x, t))$ . Določajo jo medsebojna induktivnost ( $L_m$ ), medsebojna kapacitivnost ( $L_m$ ) med linijama A in B in napetost signala v liniji A v točki  $x$ , ob času  $t$  ( $u_v(x, t)$ ).

❑

- Za izračun preslušne napetosti  $u_p(x, t)$  bomo uporabili enačbo, ki je dovolj natančna za praktične primere - enaka je vsoti dveh komponent:
  - tiste, ki jo povzroči tok  $I_F(x, t)$ , ki potuje proti koncu linije B in
  - druge, ki jo povzroči tok  $I_B(x, t)$ , ki potuje nazaj na začetek linije B.

$$u_p(x, t) = R_0 [(I_F(x, t) + I_B(x, t))] =$$

$$u_p(x, t) = K_F \cdot x \cdot \frac{du_v(t-x\delta)}{dt} + K_B \cdot [u_v(t-x\delta) - u_v(t-2l\delta+x\delta)]$$

$K_F$  - Daljna preslušna konstanta (vedno negativna) je enaka od -0,1 do -0,3 [ns/m]

$$K_F = \frac{1}{2} (C_m \cdot R_0 - \frac{L_m}{R_0})$$

$K_B$  - Bližnja preslušna konstanta je od 0,04 do 0,4 [-] in je brez dimenzij

$$K_B = \frac{1}{4\delta} (C_m \cdot R_0 + \frac{L_m}{R_0})$$

- Določimo:

- Bližnji presluh (**NEXT** – Near End Crosstalk), ki ga izračunamo za ..  $x = 0 \rightarrow u_p(0, t) = ?$
- Daljni presluh (**FEXT** – Far End Crosstalk), ki ga izračunamo za ..  $x = l \rightarrow u_p(l, t) = ?$

## 7.2 Bližnji presluh (NEXT - Near End Crosstalk)

- V enačbi za presluh  $u_p(x, t)$  vstavimo  $x = 0$ , dobimo presluh na vhodu v linijo B. Imenujemo ga bližnji presluh, ker je bližje izvoru signala  $u_v(x, t)$ , ki povzroča presluh.

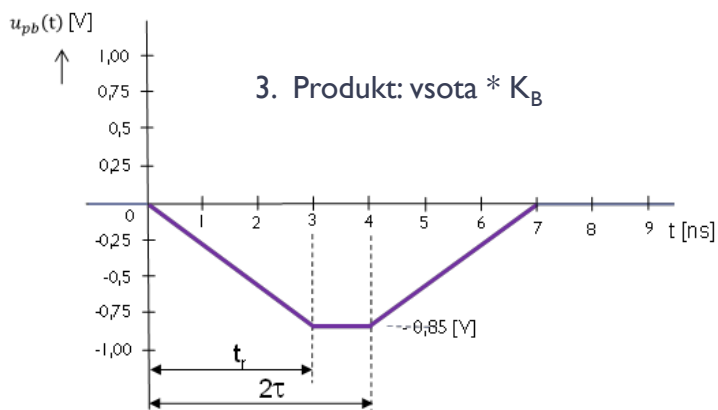
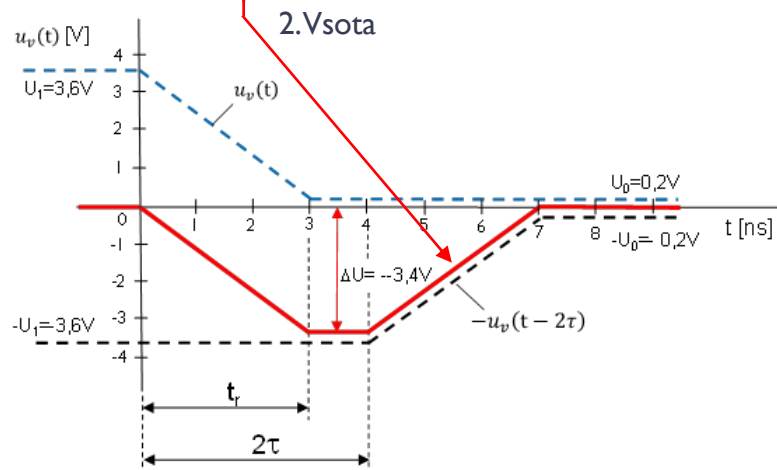
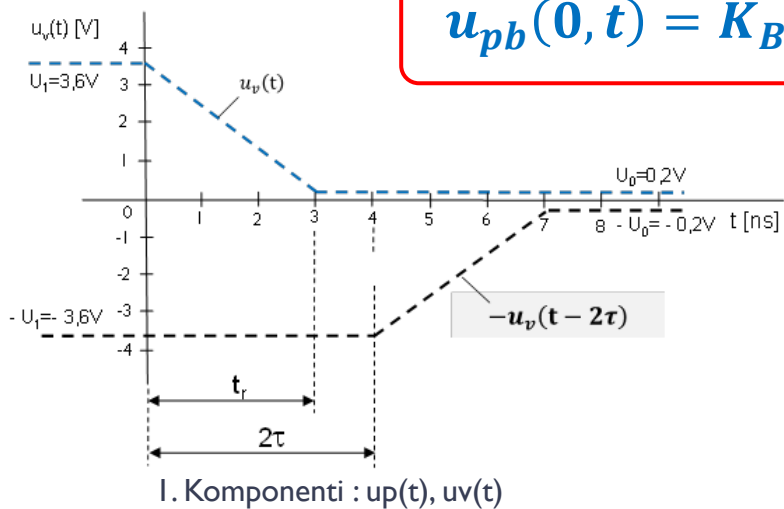
$$\begin{aligned}u_p(x, t) &= R_0 [(I_B(0, t) + I_F(0, t))] = \\ \mathbf{x = 0} \rightarrow &= K_B \cdot [u_v(t - 0 \cdot \delta) - u_v(t - 2 \cdot l \cdot \delta + 0 \cdot \delta) + K_F \cdot 0 \cdot \frac{du_v(t-0 \cdot \delta)}{dt}] = \\ &= K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2 \cdot l \cdot \delta)] = \\ &= K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2 \cdot \tau)]\end{aligned}$$

- Dobimo zelo enostavno enačbo za bližnji presluh  $u_{pb}(\mathbf{0}, t)$ , ki pove, da je velikost bližnjega presluha v času  $t$  odvisna od
  - bližnje preslušne konstante  $K_B$  in
  - razlike med napetostjo vhodnega signala in za  $2\tau$  zakasnjene vhodnega signala.

$$u_{pb}(\mathbf{0}, t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$$

## 7.2 Bližnji presluh (NEXT - Near End Crosstalk)

$$u_{pb}(0, t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$$



$$K_B = \frac{1}{4\delta} \left( C_m \cdot R_0 + \frac{L_m}{R_0} \right)$$

Bližnja presl. konst. 0,04 .. 0,4 [-]

## 7.3 Daljni presluh (FEXT - Far End Crosstalk)

- V enačbi za presluh  $u_p(x,t)$  vstavimo  $x = l$ , dobimo presluh na izhodu iz linije B, ki ga imenujemo daljni presluh.

$$\begin{aligned}u_p(x,t) &= R_0 [(I_B(l,t) + I_F(l,t))] = \\ \mathbf{x = l} \rightarrow &= K_B \cdot [u_v(t - l \cdot \delta) - u_v(t - 2 \cdot l \cdot \delta + l \cdot \delta)] + K_F \cdot l \cdot \frac{du_v(t-l \cdot \delta)}{dt} = \\ &= K_F \cdot l \cdot \frac{du_v(t-l \cdot \delta)}{dt} + K_B \cdot 0 = \\ &= K_F \cdot l \cdot \frac{du_v(t-\tau)}{dt}\end{aligned}$$

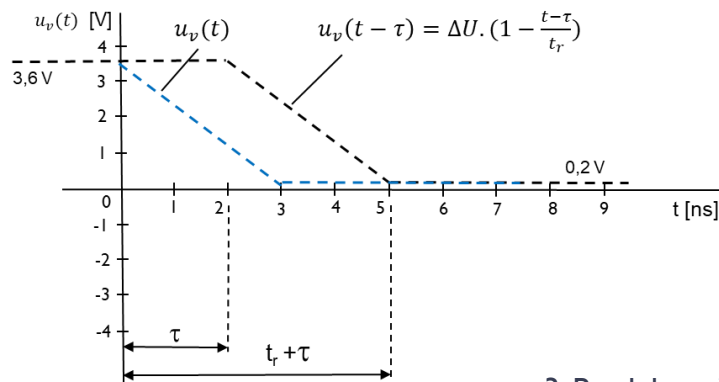
- Enačba se poenostavi, ker je izraz v oglatem oklepaju enak 0 in ostane samo prvi člen enačbe, ki predstavlja daljni presluh  $u_{pd}(l,t)$ . Ta je odvisen od
  - daljne preslušne konstante  $K_F$ ,
  - dolžine linije ( $l$ ),
  - odvoda po času za  $\tau$  zakasnjene vhodnega signala.

$$u_{pd}(l,t) = K_F \cdot l \cdot \frac{du_v(t - \tau)}{dt}$$

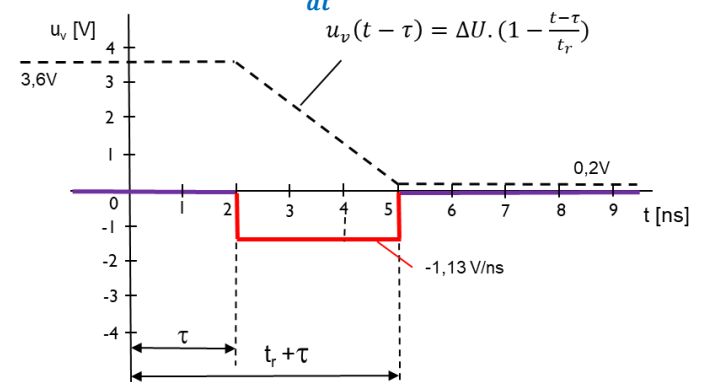
## 7.3 Daljni presluh (FEXT - Far End Crosstalk)

$$u_{pd}(l, t) = K_F \cdot l \cdot \frac{du_v(t - \tau)}{dt}$$

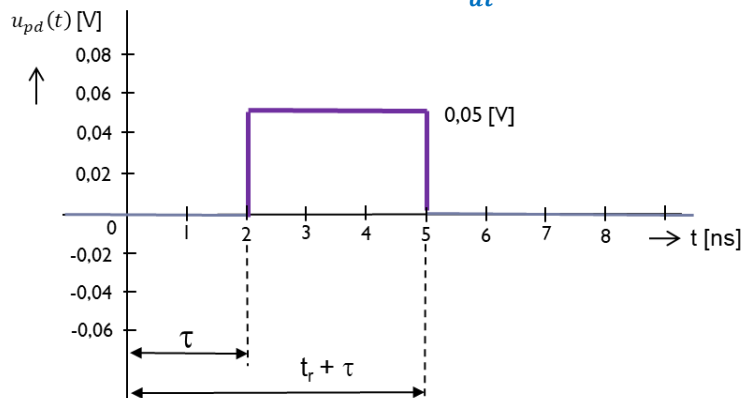
I. Premik :  $u_v(t - \tau)$



2. Odvod :  $\frac{du_v(t - \tau)}{dt}$



3. Produkt :  $K_F \cdot l \cdot \frac{du_v(t - \tau)}{dt}$



$$K_F = \frac{1}{2} \left( C_m \cdot R_0 - \frac{L_m}{R_0} \right)$$

Daljina presl. konst. -0,1 .. -0,3 [ns/m]

# Presluh (crosstalk) Povzetek

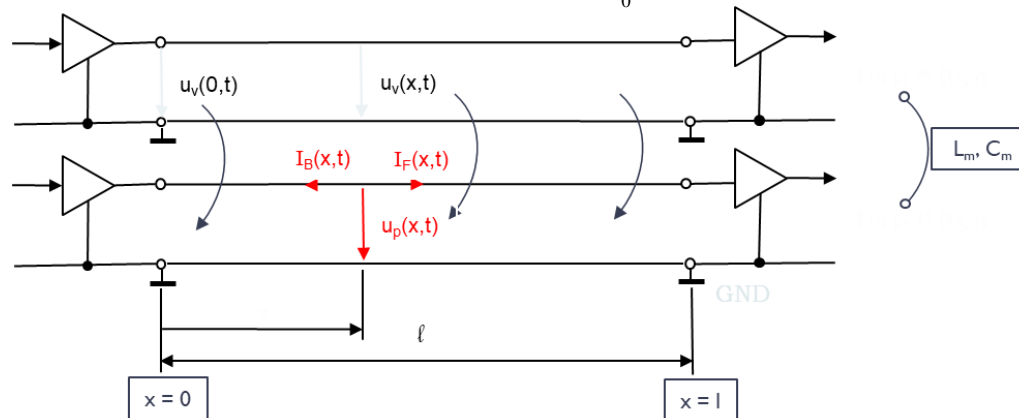
Preslušna (motilna) napetost  $u_p(x,t)$  v točki x linije B:

$$u_p(x,t) = R_0 \cdot [(I_F(x,t) + I_B(x,t))] =$$

$$= K_F \cdot x \cdot \frac{du_v(t-x \cdot \delta)}{dt} + K_B \cdot [(u_v(t-x \cdot \delta) - u_v(t-2 \cdot l \cdot \delta + x \cdot \delta))]$$

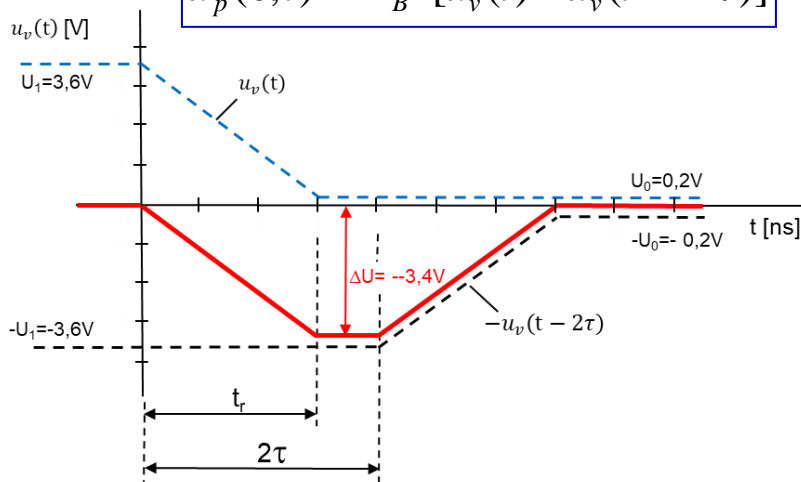
$$K_F = \frac{1}{2} (C_m \cdot R_0 - \frac{L_m}{R_0}) \quad \text{Daljna presl. konst. } -0,1 \dots -0,3 \text{ [ns/m]}$$

$$K_B = \frac{1}{4\delta} (C_m \cdot R_0 + \frac{L_m}{R_0}) \quad \text{Bližnja presl. konst. } 0,04 \dots 0,4 \text{ [-]}$$



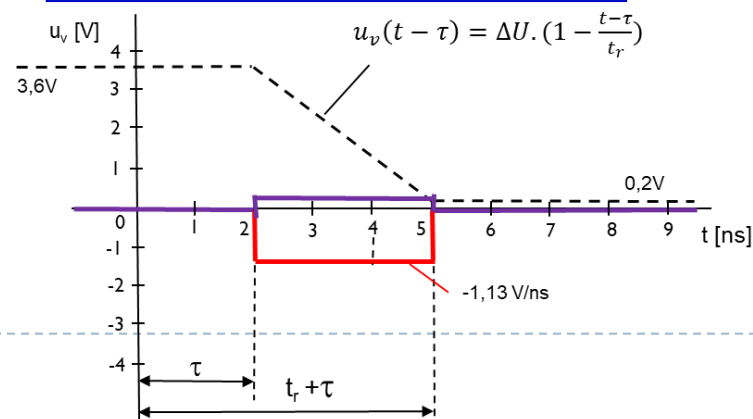
Bližnji presluh (NEXT)

$$u_p(0,t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2 \cdot \tau)]$$



Daljni presluh (FEXT)

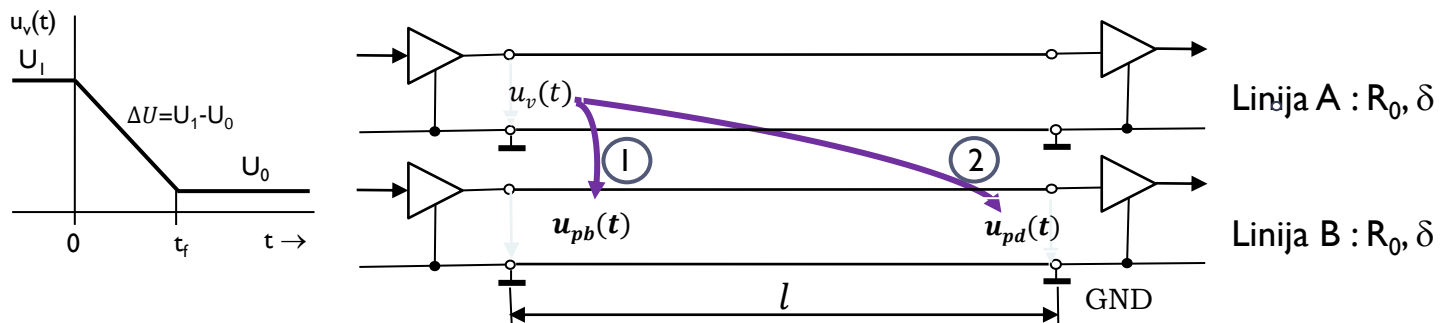
$$u_p(l,t) = K_F \cdot l \cdot \frac{d(u_v(t - \tau))}{dt}$$





## 7.4 Primer izračuna presluha

- Izračunati želimo bližnji (1) in daljni presluh (2) v liniji B, ki ga povzroči sprememba signala  $u_v(t)$  iz visokega v nizko stanje na vhodu v linijo A.



- Podatki za izračun bližnjega ( $u_{pb}(t)$ ) in daljnega presluha ( $u_{pd}(t)$ )

- Napetosti:  $U_1 = 3,6\text{ V}$  in  $U_0 = 0,2\text{ V}$
- Dolžina linije:  $l = 30\text{ cm}$
- Zakasnitev:  $\delta = 6,67\text{ ns/m}$
- Bližnja preslušna konstanta:  $K_B = 0,25$
- Daljna preslušna konstanta  $K_F = -0,15\text{ ns/m}$
- Čas vzpona (padca) signala:  $\tau_r = 3\text{ ns}$

## BLIŽNJI PRESLUH (NEXT):

$$u_{pb}(\mathbf{0}, t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$$

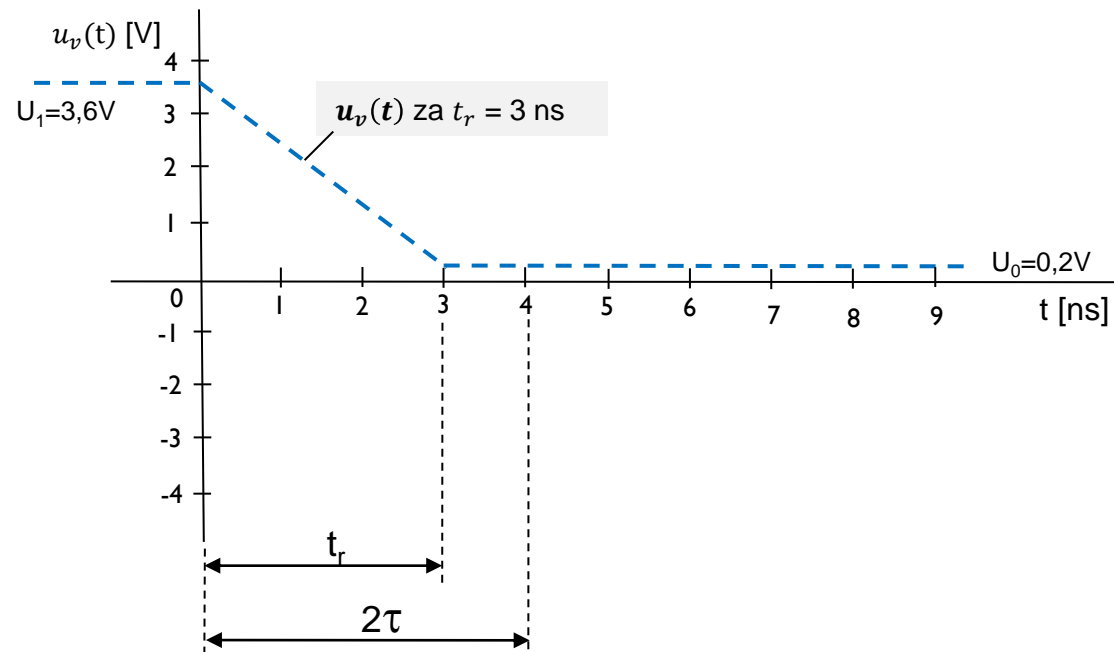
- Čas potovanja signala po liniji

$$\tau = l \cdot \delta = 0,3 [m] \cdot 6,67 \left[ \frac{ns}{m} \right] = 2,001 [ns] = 2 [ns]$$

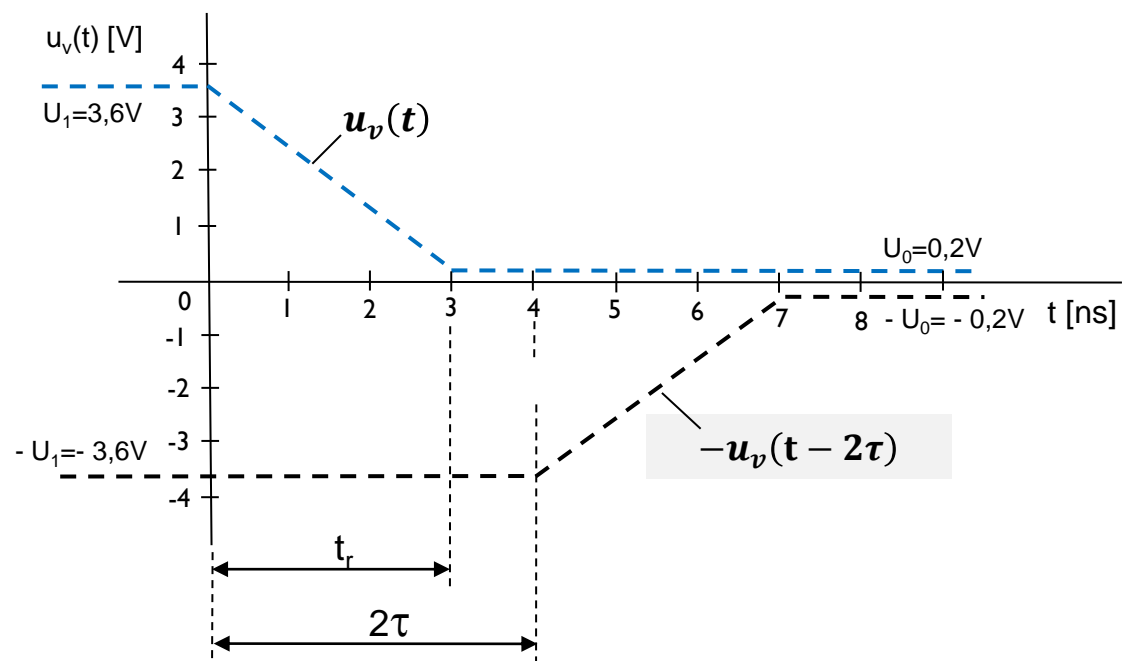
- Pomembno je razmerje  $\frac{t_r}{\tau} = ?$  če je  $\frac{t_r}{\tau} < 2$ , je bližnja preslušna napetost  $u_{pb}(t)$  v polni vrednosti (amplitudi)

$$\frac{t_r}{\tau} = \frac{3 [ns]}{2 [ns]} = 1,5 < 2 \quad (t_r < 2\tau)$$

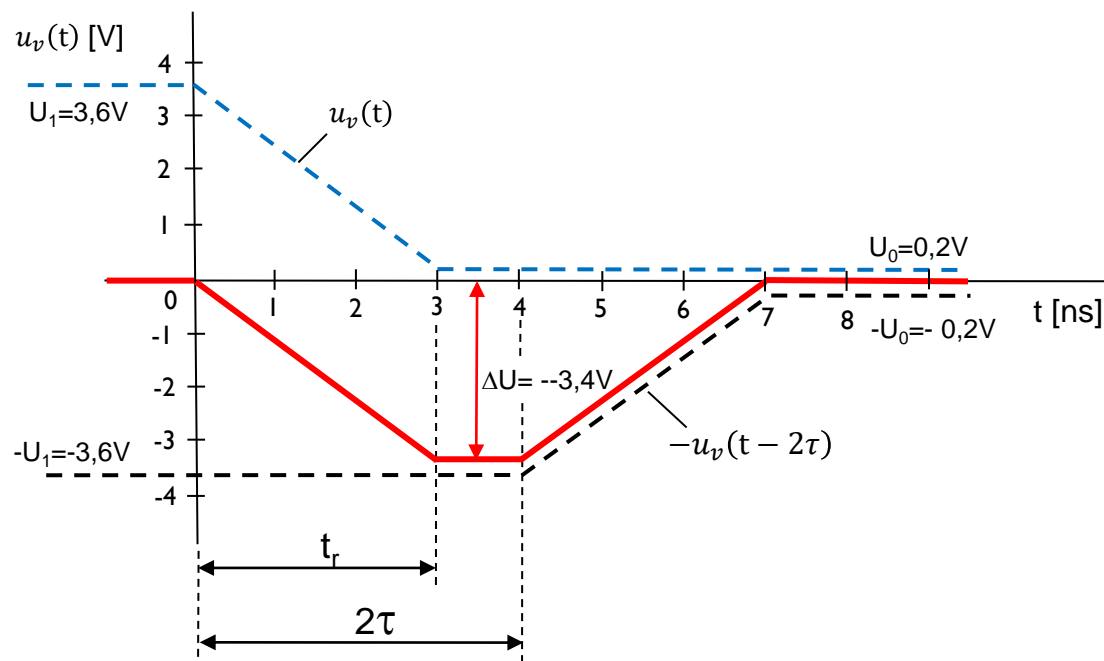
(I) Časovni diagram  
signala  $u_v(t)$



(2) V časovni diagram z  $u_v(t)$  dodamo zakasnjjen negativen signal  $-u_v(t - 2\tau)$



(3) V časovni diagram narišemo izraz v oklepaju  $[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$  tako, da v grafu seštejemo signala  $u_v(t)$  in  $-u_v(t - 2\tau)$ .



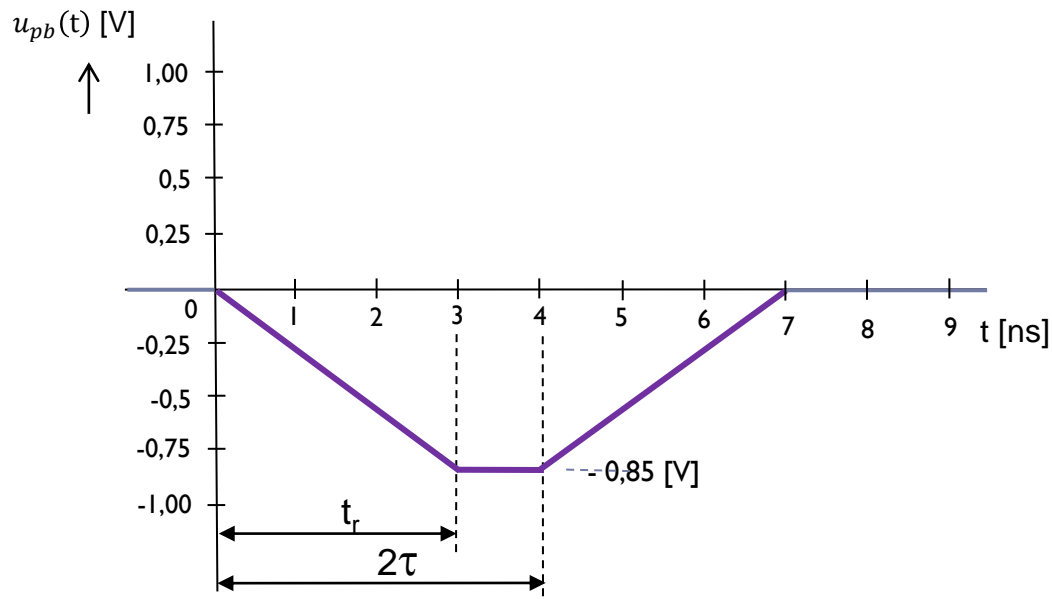
□ Maksimalna vrednost razlik napetosti je v času od  $t_r = 3$  [ns] do  $2\tau = 4$  [ns]:

$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U = [U_0 - U_1] = [0.2 - 3.6] = -3.4 \text{ [V]}$$

- ❑ Vhodni signal v linijo A pada, povzroča bližnji presluh, ki je negativen.
- ❑ Bližnji presluh traja od 0 do 7 ns.
- ❑ Maksimalno vrednost ima v času od 3 do 4 ns.
- ❑ Izračunamo jo tako, da izraz  $[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$  pomnožimo še z bližnjo preslušno konstanto  $K_B = 0,25$ . Za čas od  $t = 3$  ns do 4 ns izračunamo bližnji presluh.

$$u_{pb}(t) = K_B [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = K_b \cdot \Delta U = 0.25 * -3.4 [V] = -0.85 [V]$$

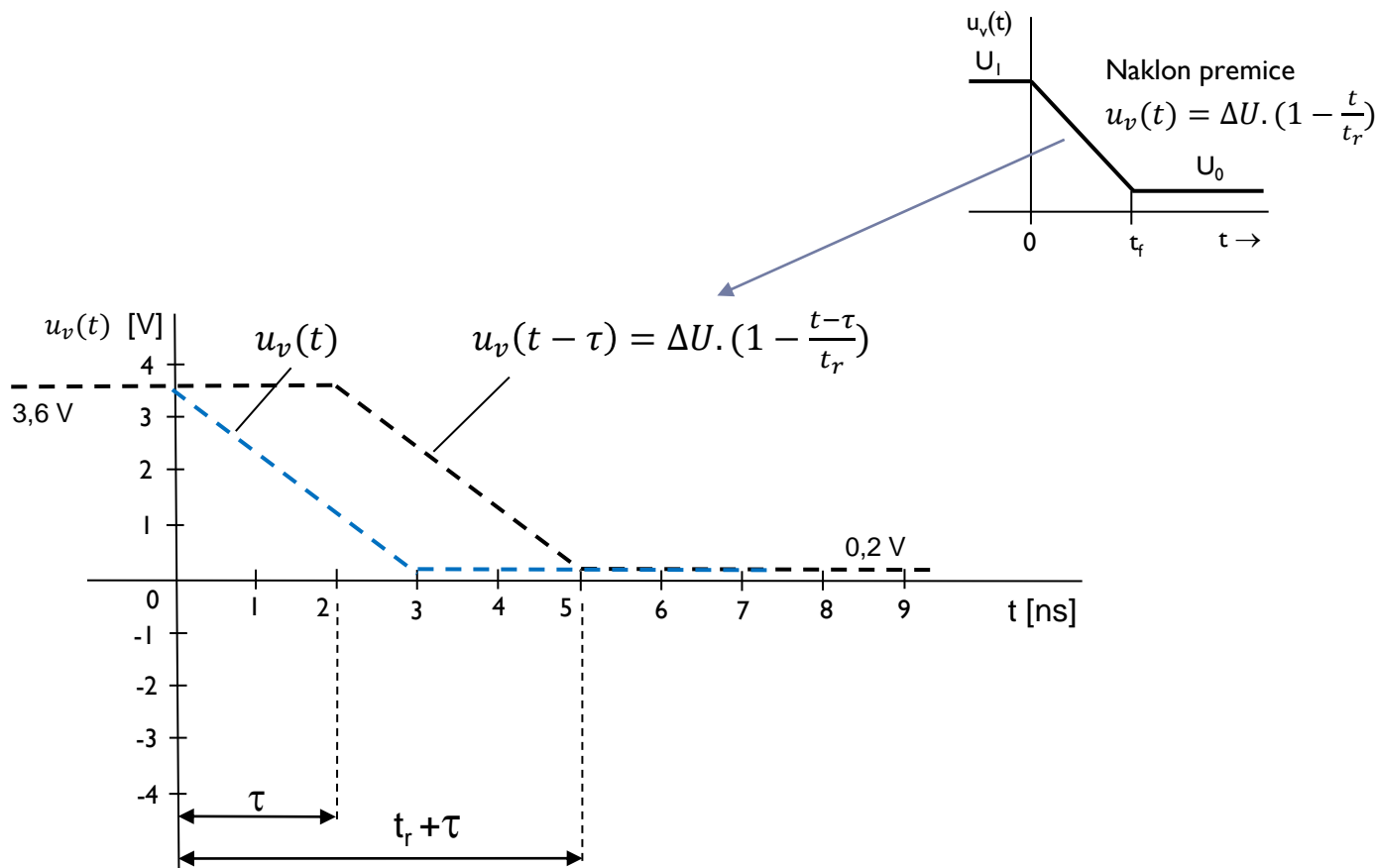
(4) Časovni diagram  
bližnje preslušne  
napetosti  $u_{pb}(t)$



DALJNI PRESLUH (FEXT):

$$u_{pd}(t) = K_F \cdot l \cdot \frac{d(u_v(t-\tau))}{dt}$$

(I) V časovni diagram narišemo signala  $u_v(t)$  in  $u_v(t - \tau)$

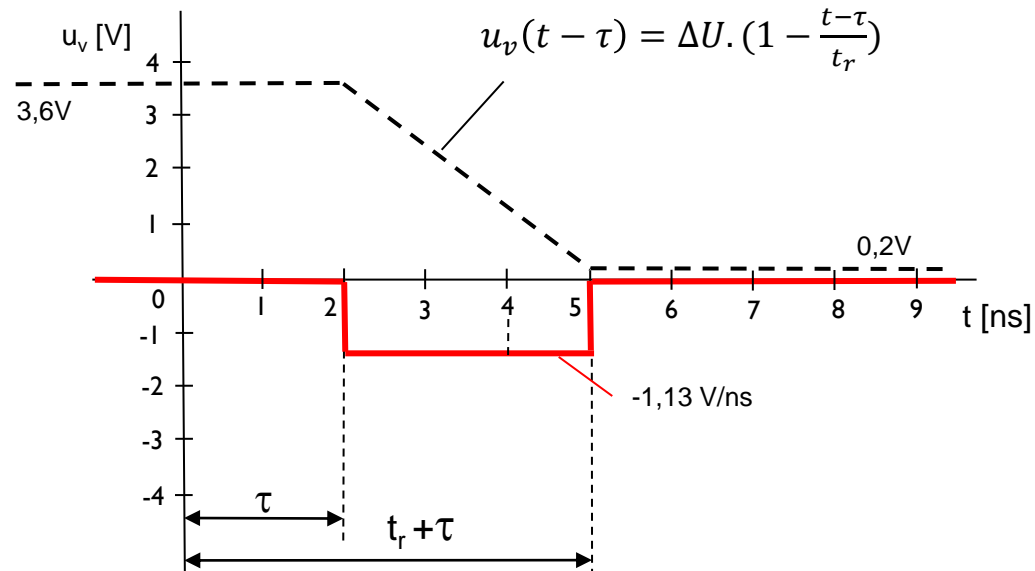


- Izračunajmo odvod za spremembo napetosti  $u_v(t - \tau)$  iz stanja I v stanje 0.

$$\frac{d(u_v(t - \tau))}{dt} = \frac{d(\Delta U \cdot (1 - \frac{t - \tau}{t_r}))}{dt} = \Delta U \cdot \frac{d(1 - \frac{t}{t_r} + \frac{\tau}{t_r})}{dt} = \Delta U \cdot \left(-\frac{1}{t_r}\right) = 3.4 \text{ [V]} \left(-\frac{1}{3 \text{ [ns]}}\right)$$

Dobimo, da je odvod  $\frac{d(u_v(t - \tau))}{dt} = -1,13 \left[\frac{\text{V}}{\text{ns}}\right]$

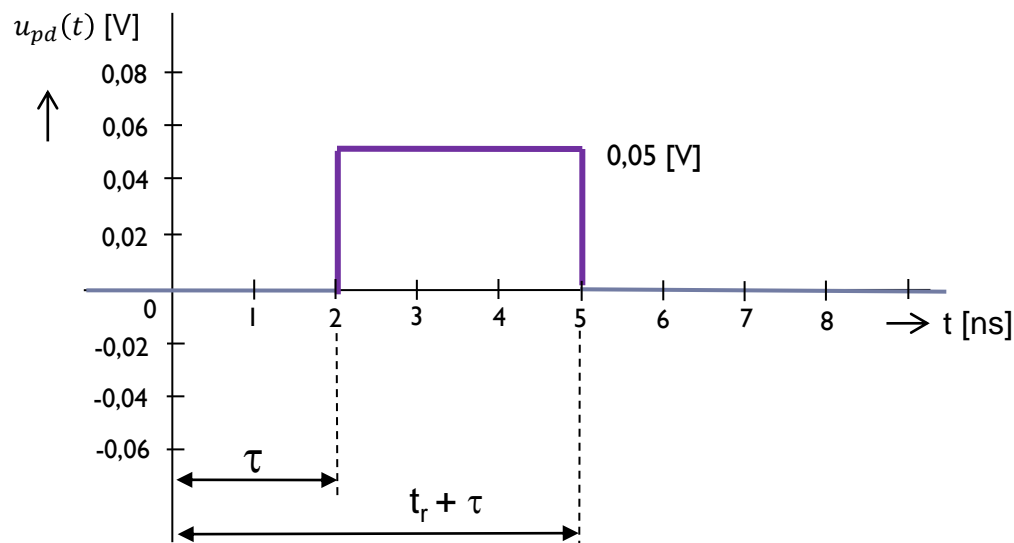
- (2) V časovni diagram narišemo odvod signala  $u_v(t - \tau)$  po času  $t$  od 2 ns do 5 ns.



- Ker vhodni signal v linijo A pada, je njegov odvod po času  $t$  negativen.
  - Daljni presluh je zakasnjjen za čas potovanja signala po liniji  $\tau$  in traja od 2 do 5 ns.
- (3) Vrednost daljnega presluha dobimo, če odvod pomnožimo še z daljno preslušno konstanto  $K_F$  in z dolžino linije  $l$ .
- $K_F$  je vedno negativna, zato je daljni presluh pri padajočem vhodnem signalu pozitiven.

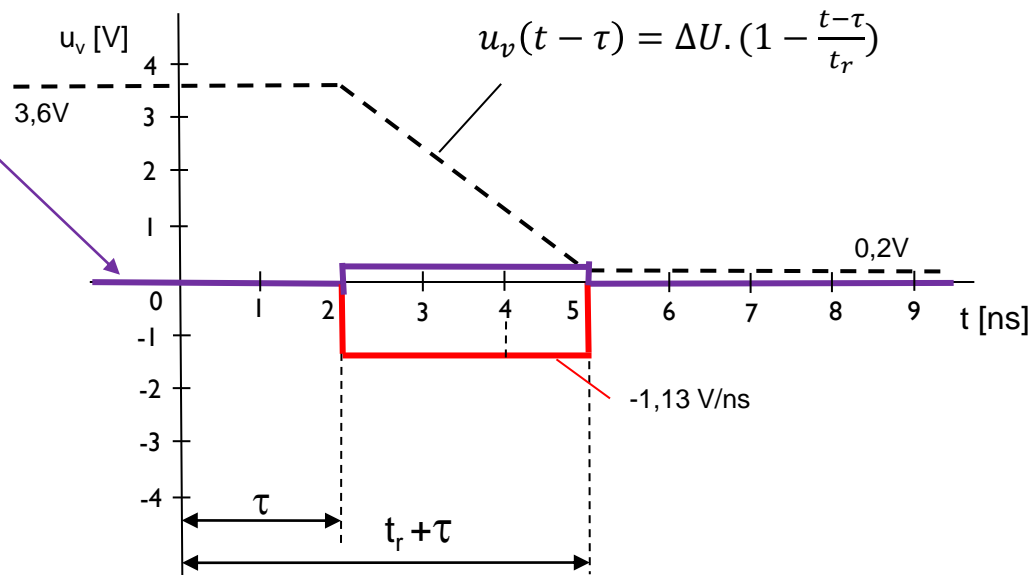
$$u_{pd}(t) = K_F \cdot l \cdot \frac{d(u_v(t-\tau))}{dt} = -0,15 \left[ \frac{ns}{m} \right] \cdot 0,3 [m] \cdot \left( -1,13 \left[ \frac{V}{ns} \right] \right) = 0,05 [V]$$

- (4) Časovni diagram daljne preslušne napetosti  $u_{pd}(t)$ .





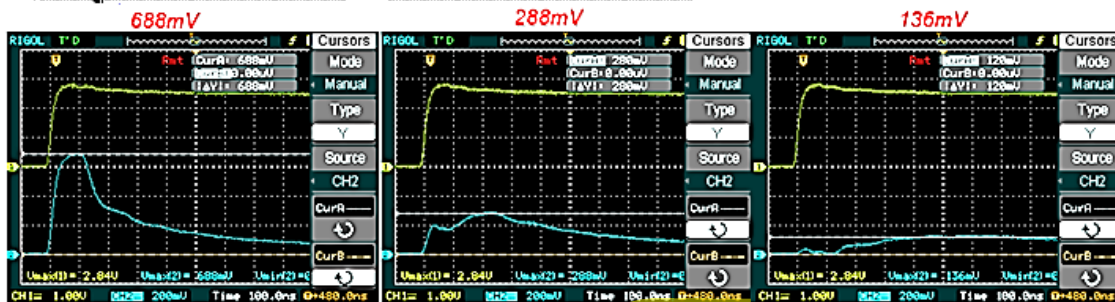
(4) Časovni diagram  
daljne preslušne  
napetosti  $u_{pd}(t)$ .



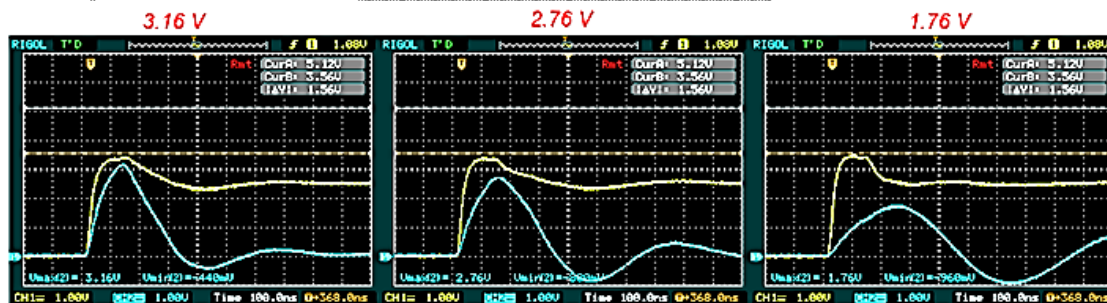
# Meritev NEXT presluha – ploščati k.

Bližnji-presluh

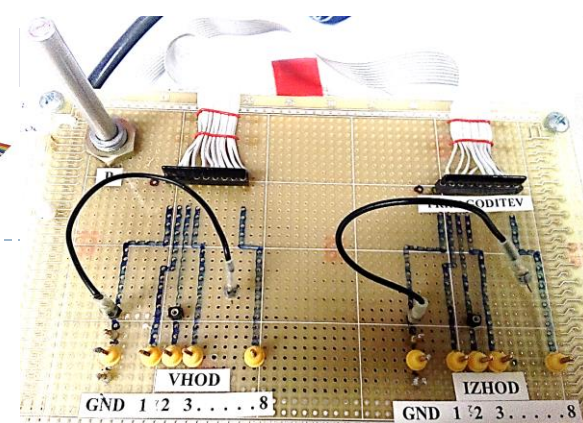
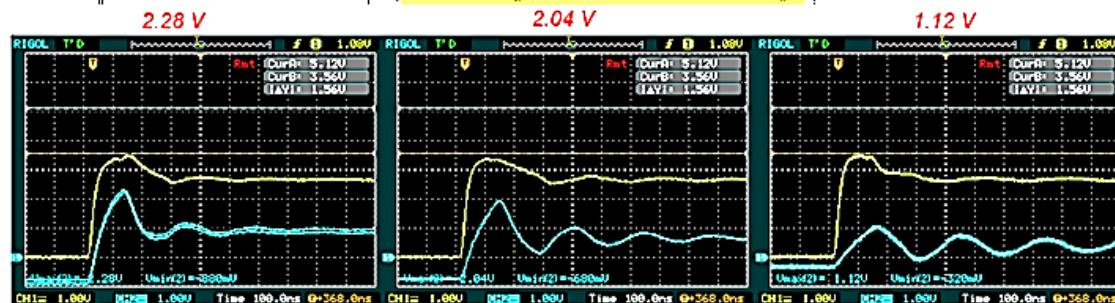
A) Vstavljene zaključitve



B) Brez zaključitev na isti strani



C) Brez zaključitev na obeh straneh



Vpliv razdalje in zaključitev na linjah 2, 3 in 8 na amplitudo in potek bližnjega presluha

Stolpci prikazujejo primerjave linij

VIN – 7 –

0-2

0-3

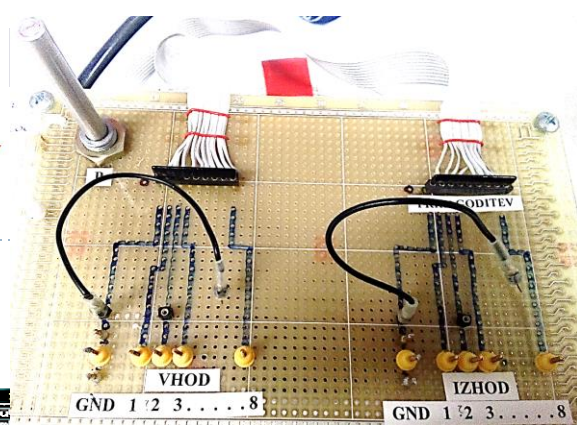
0-8

26

# Meritev FEXT presluha – ploščati k.

REŠ: Merjenje presluha na ploščatem kablu : Daljnji presluh

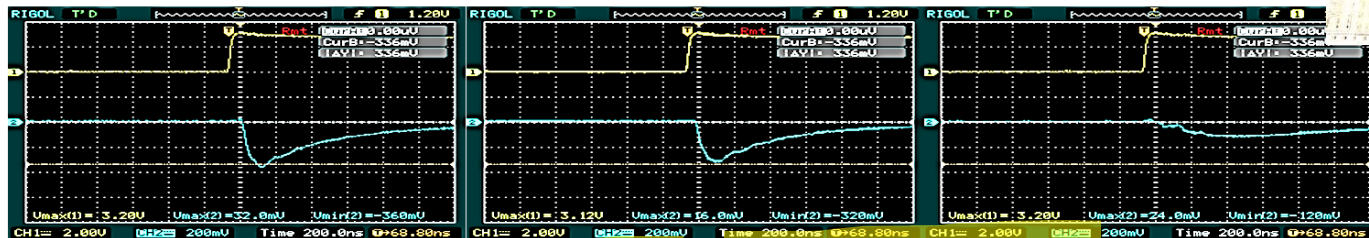
Izmerite napetostne nivoje daljnega presluha  $u_{pd}(l,t)$  na izhodih linij 2,3 in 8.



-360mV

-320mV

-120mV

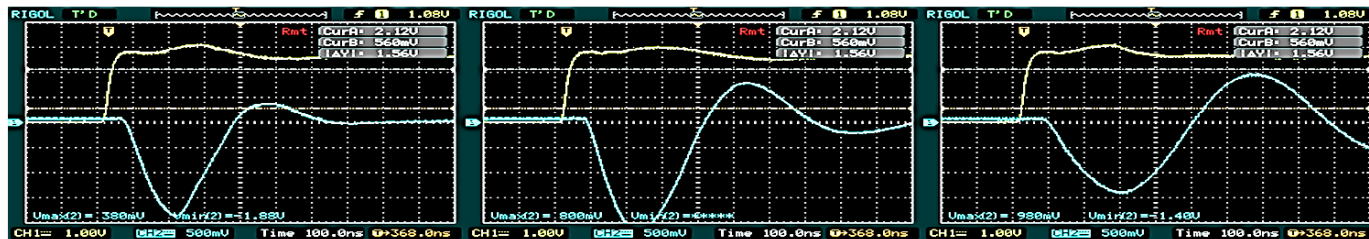


Brez zaključitve na daljnji strani (spodaj) in obeh straneh (čisto spodaj)

-1.88 V

<-2V

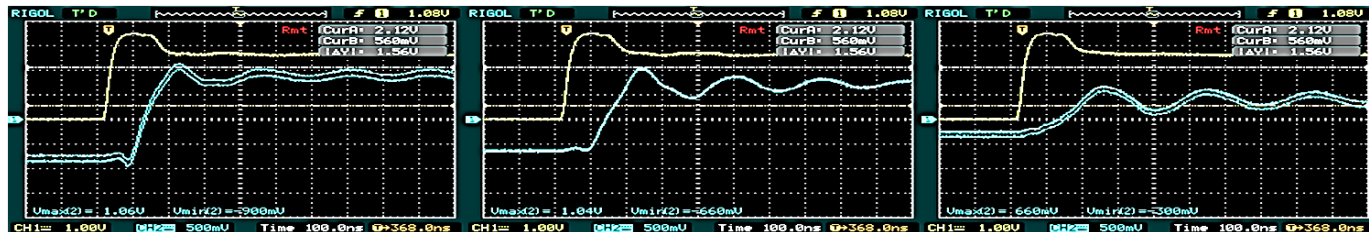
-1.4 V



1.06 V

1.04 V

0.66 V



Stolpci prikazujejo primerjave linij

0-2

0-3

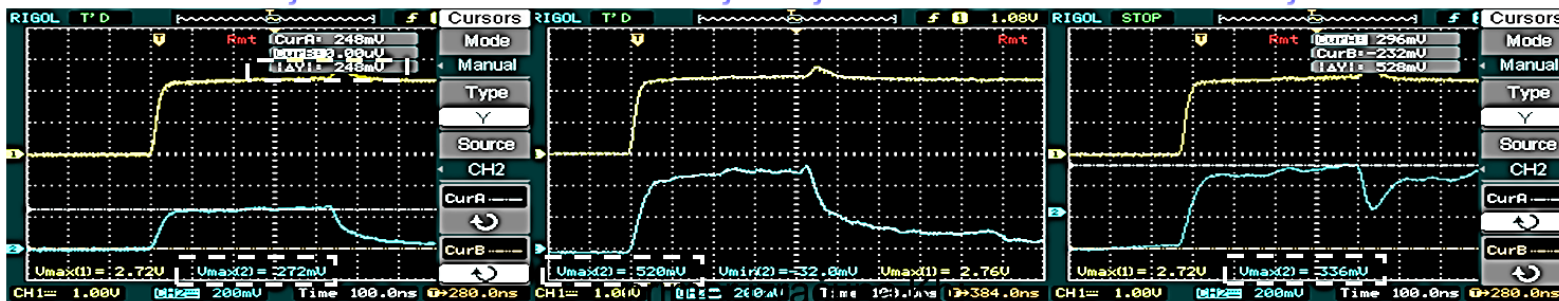
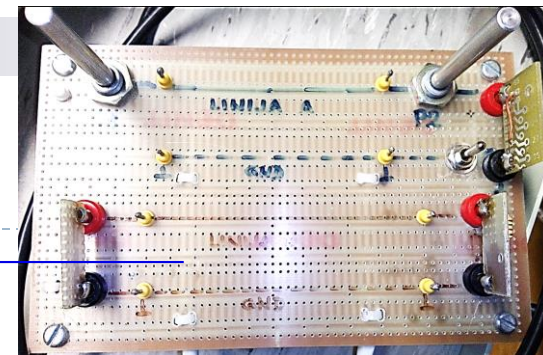
0-8

Vpliv zaključitev na linijah 2, 3 in 8 na amplitudo in potek daljnega presluha

# Primeri meritev presluha – UTP kabel

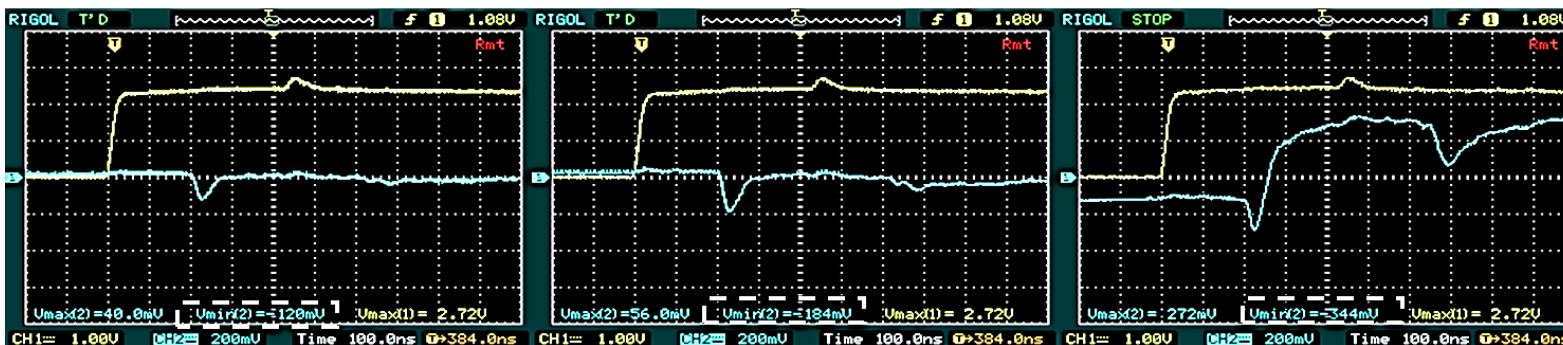
- Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje bližnjega presluha  $u_p(0,t) = u_{pb}(t)$  na vhodu linije in

ni odbojev **248 mV**      brez zaklj. bližja stran **520 mV**      brez zaklj. obe **336 mV**



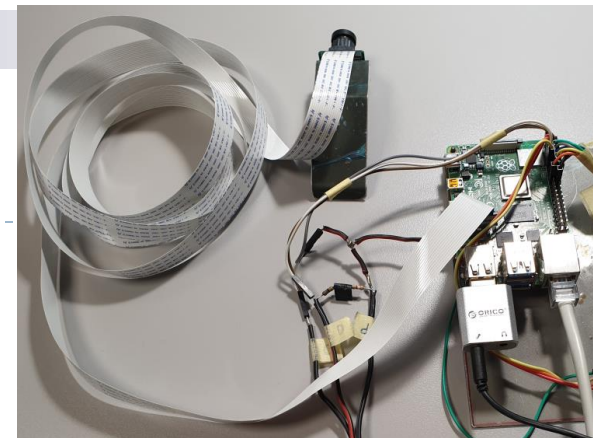
daljnjega presluha  $u_p(l,t) = u_{pd}(t)$  na izhodu linije,

ni odbojev **-120 mV**      brez zaklj. daljna stran **-184 mV**      brez zaklj. obe **-344 mV**

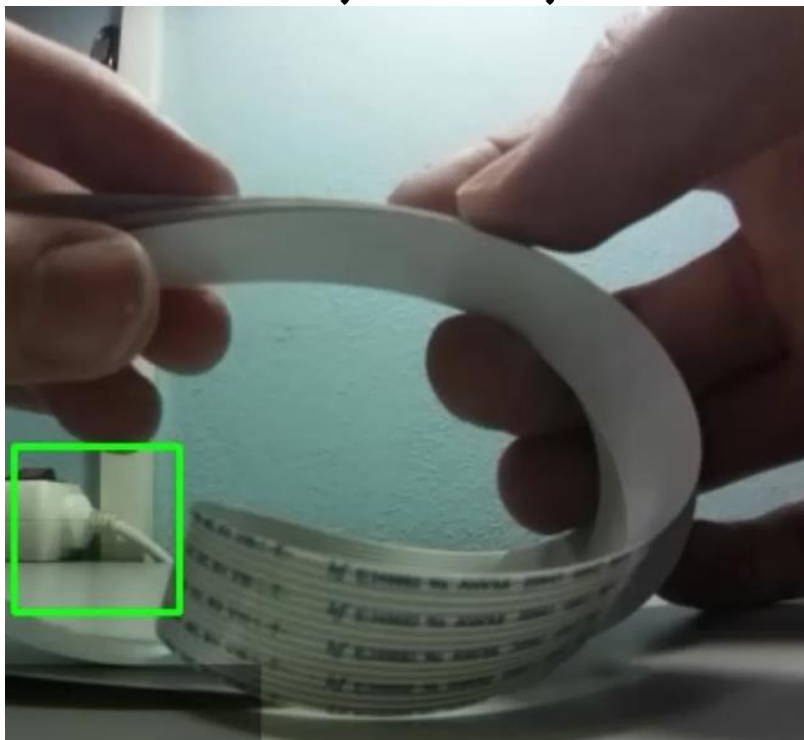


# Primer presluha iz prakse: RPI kamera na ploščatem kablu

Ovoji zelo blizu skupaj povzročajo medsebojni presluh



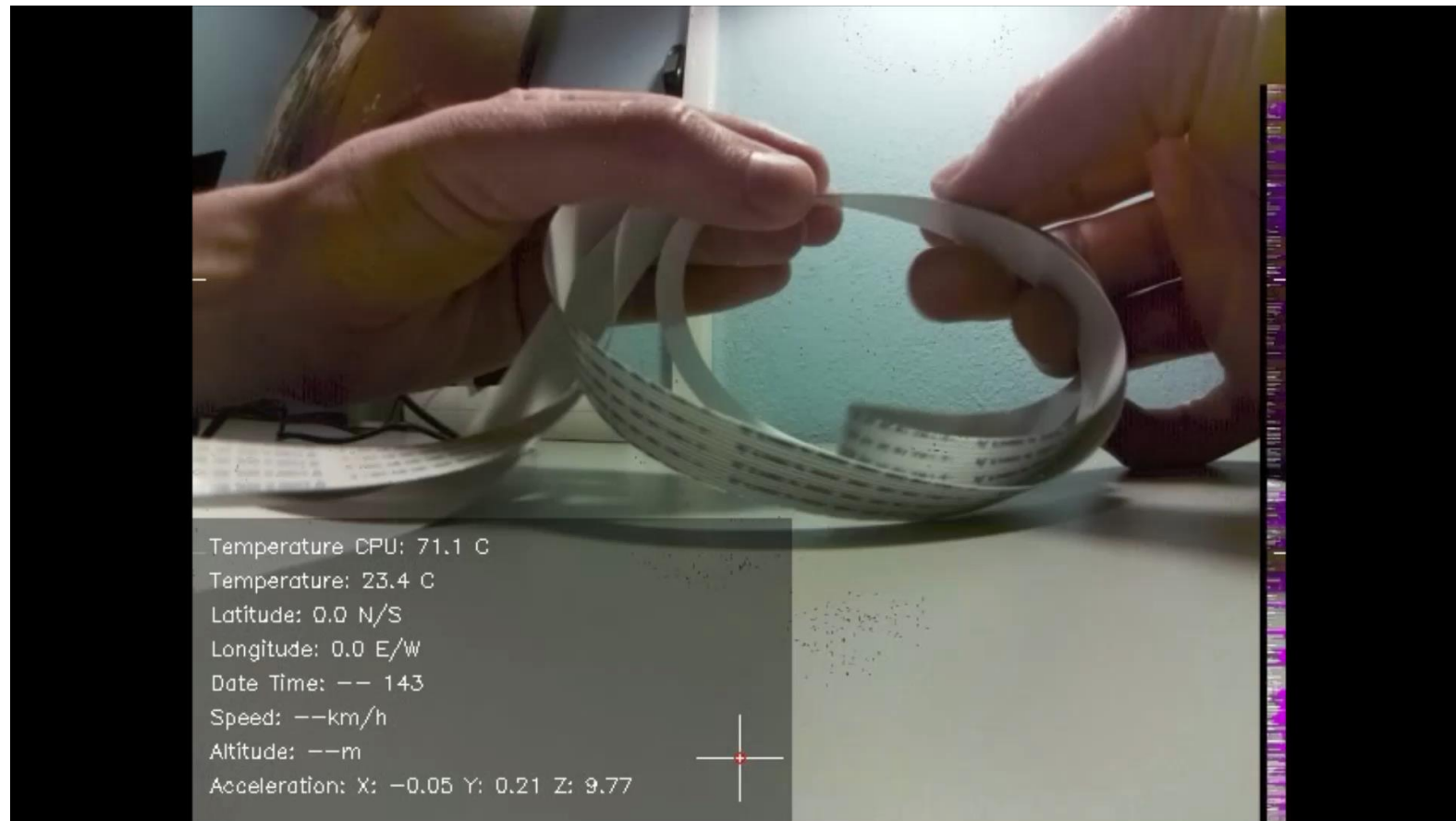
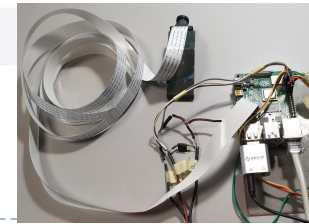
### Nestisnjeni ovoji



### Stisnjeni ovoji

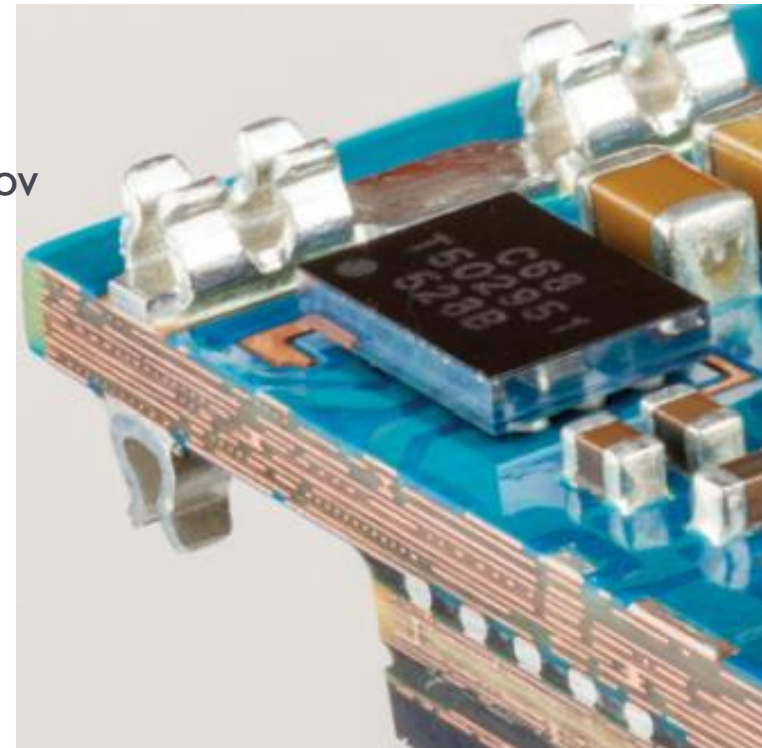


# Primer presluha iz prakse: RPI kamera na ploščatem kablu - video



## 7.5 Omejevanje presluha

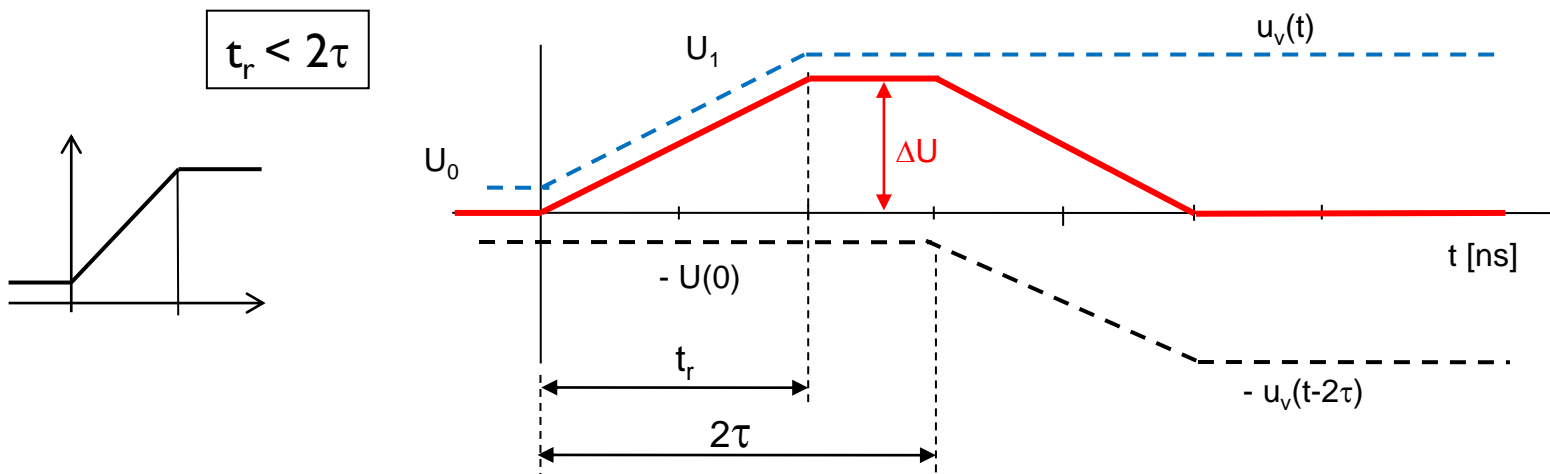
1. **Večanje razmerja  $t_r / \tau$**  (čas vzpona signala / čas potovanja signala po liniji)
2. **Manjšanje** spremembe napetosti  $\Delta U$  pri spremembi stanja ( $0 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 0$ )
3. **Manjšanje** preslušnih konstant  $K_B$  in  $K_F$ :
  - Večplastna tiskana vezja
  - Večje število povratnih (ozemljitvenih) vodnikov
  - Prepleteni vodniki (oklopljena parica)
  - Koaksialni kabel
  - Simetrični (diferencialni) prenos
  - Optični vodniki



## 1. Večanje razmerja $\frac{t_r}{\tau}$ in vpliv na velikost bližnjega presluha

Primer 1:  $\frac{t_r}{\tau} < 2$  (razmerje, ki smo ga imeli že pri prejšnjem primeru izračuna presluha)

□ napetost bližnjega presluha:  $u_{pb}(t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$



□ Napetost v času od  $t_r$  do  $2\tau$ :

$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = U_1 - U_0 = \Delta U$$

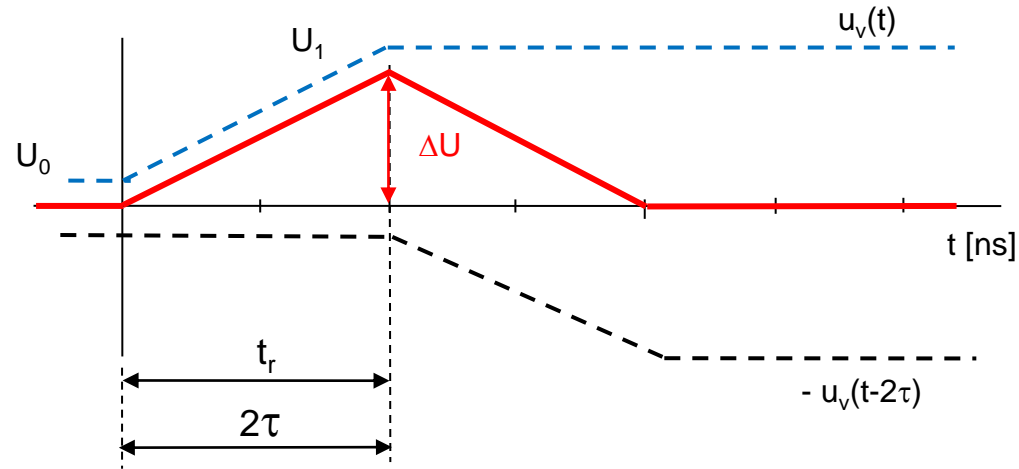
□ Napetost bližnjega presluha dobimo, če  $\Delta U$  pomnožimo s  $K_B$  :

$$u_{pb}(t) = K_B \cdot \Delta U, \text{ za čas } t_r \leq t \leq 2\tau$$



Primer 2:  $\frac{t_r}{\tau} = 2$

$$t_r = 2\tau$$



- Preslušna napetost ob času  $t = t_r$ :

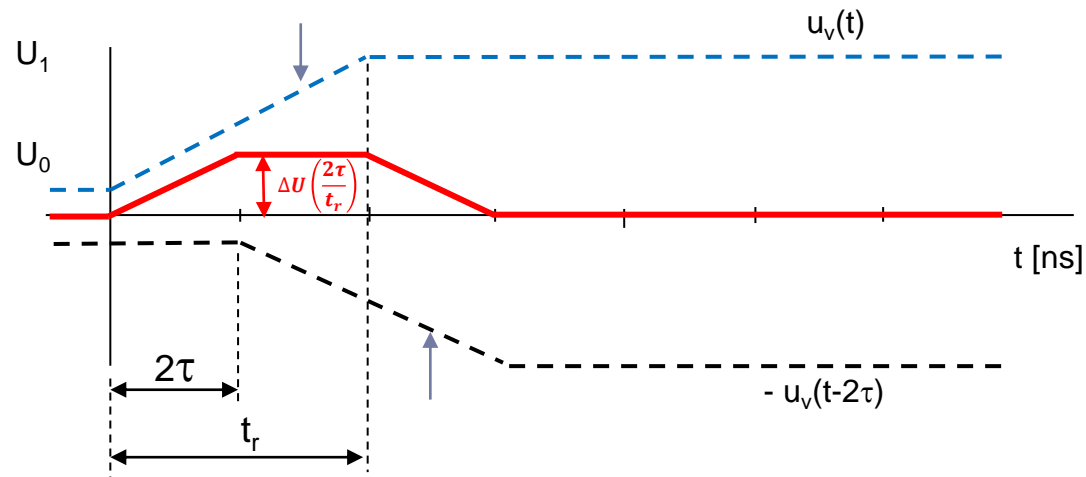
$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = U_1 - U_0 = \Delta U$$

- Napetost bližnjega presluha dobimo, če  $\Delta U$  pomnožimo s  $K_B$ :

$$u_{pb}(t) = K_B \cdot \Delta U, \text{ v času } t = t_r$$

Primer 3:  $\frac{t_r}{\tau} > 2$

$$t_r > 2\tau$$



- Napetost v času od  $2\tau$  do  $t_r$ :

$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U \left( \frac{t}{t_r} \right) - \Delta U \left( \frac{t-2\tau}{t_r} \right) = \Delta U \left( \frac{2\tau}{t_r} \right)$$

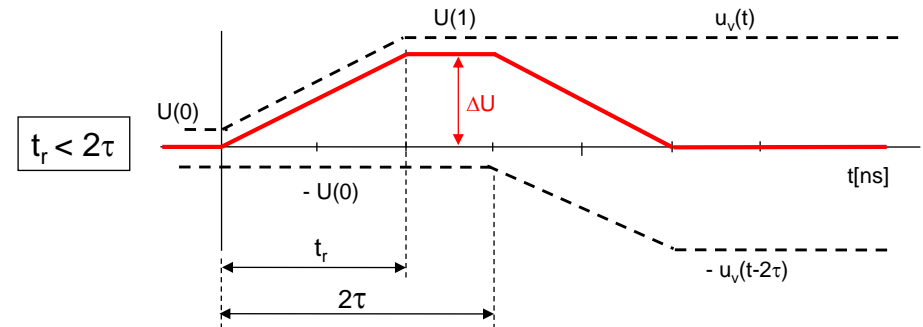
- Napetost bližnjega presluha dobimo, če izraz pomnožimo s  $K_B$

$$u_{pb}(t) = K_B \cdot \Delta U \left( \frac{2\tau}{t_r} \right), \text{ za čas } 2\tau \leq t \leq t_r$$

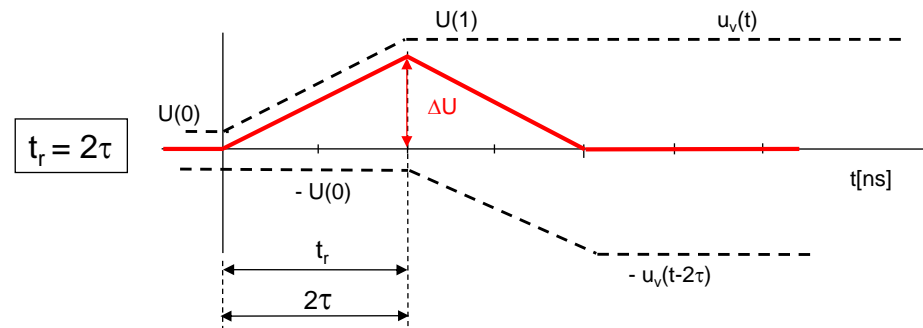
- Bližnji presluh se začne manjšati, če je razmerje  $t_r / \tau$  večje od 2 (čas vzpona signala je daljši kot dvakratni čas potovanja signala po liniji).

# Večanje razmerja $t_r / \tau$ in vpliv na velikost bližnjega presluha

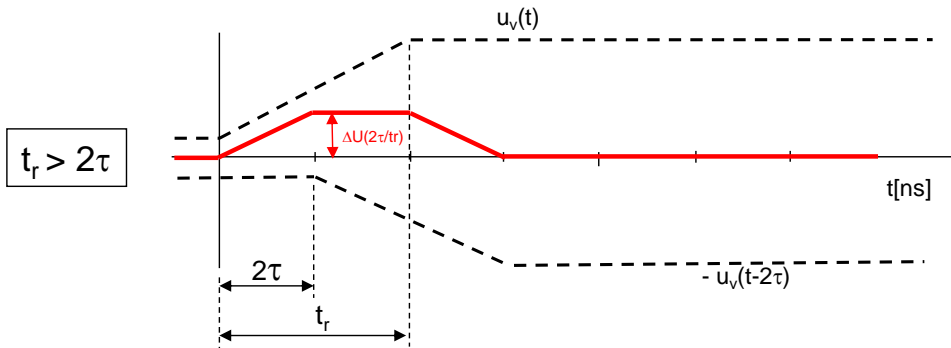
Pozor: različne časovne osi



$$\max[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U$$

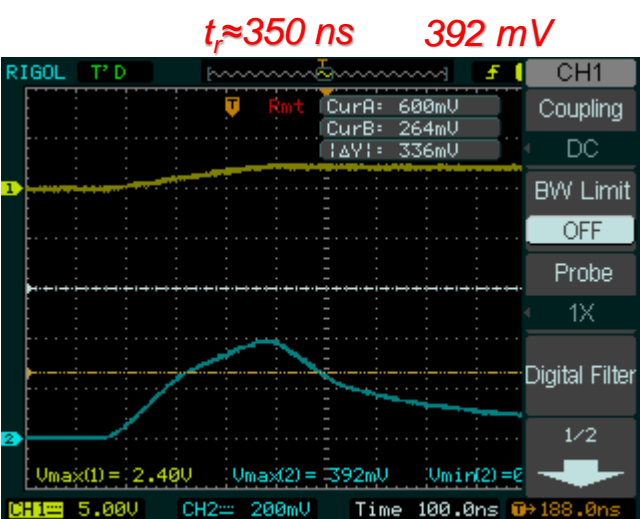
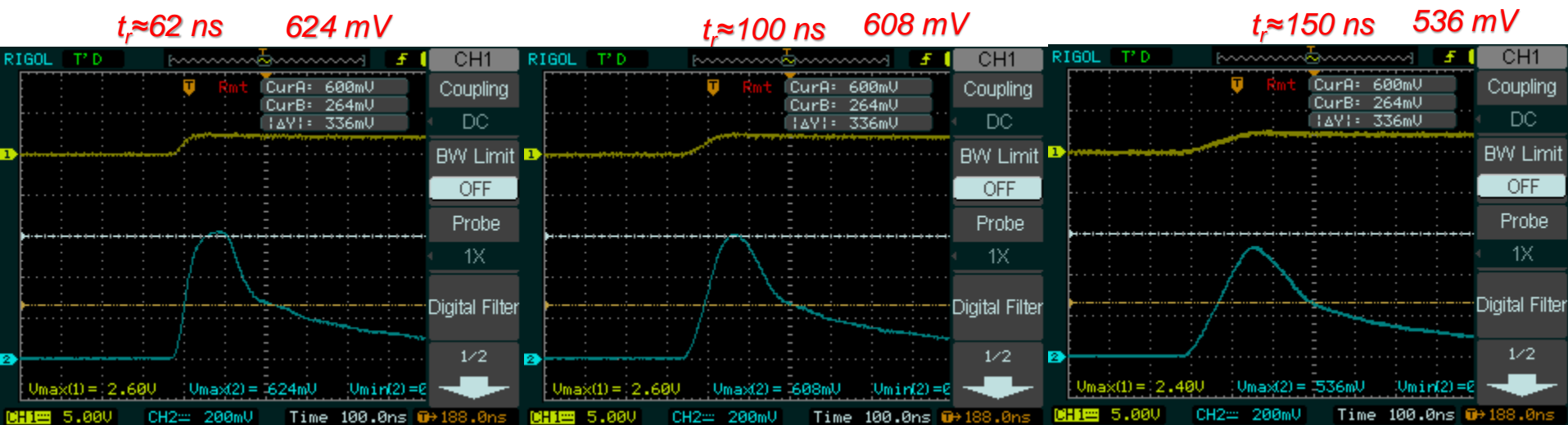


$$\max[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U$$

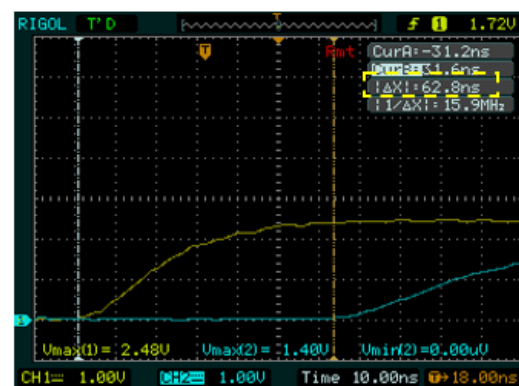


$$\max[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U \left( \frac{2\tau}{t_r} \right)$$

# Večanje razmerja $t_r / \tau$ in vpliv na velikost bližnjega presluha – ploščati kabel



Izmerite čas potovanja po ploščatem kablu  $\approx 62 \text{ ns}$

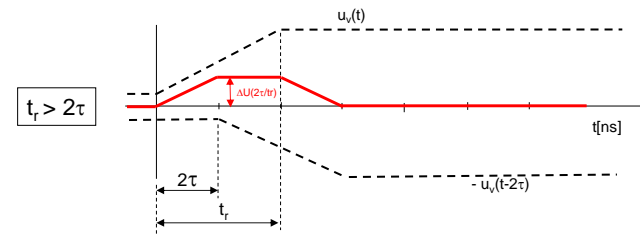
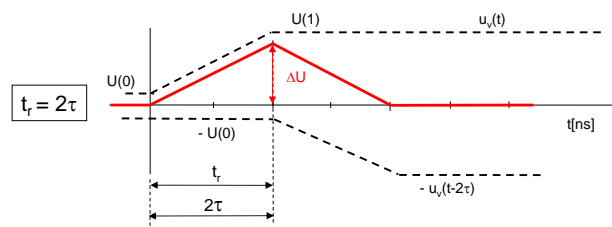
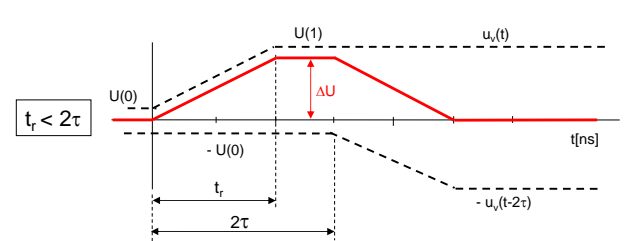
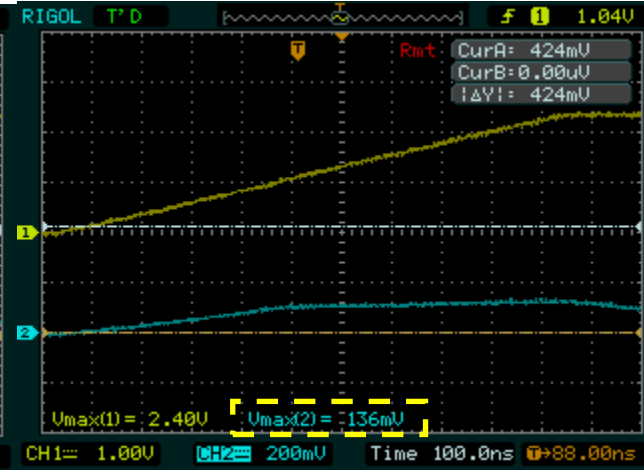
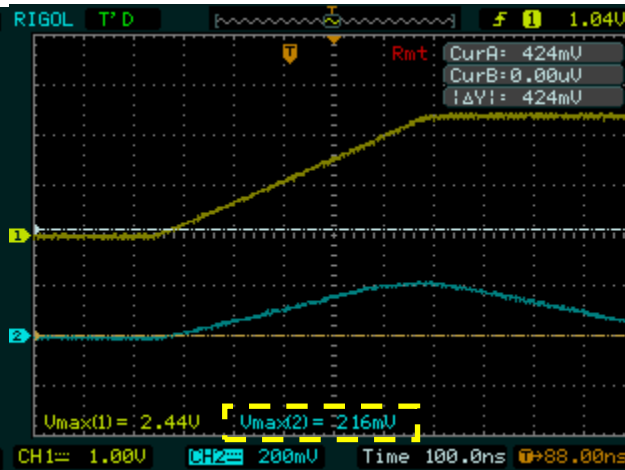
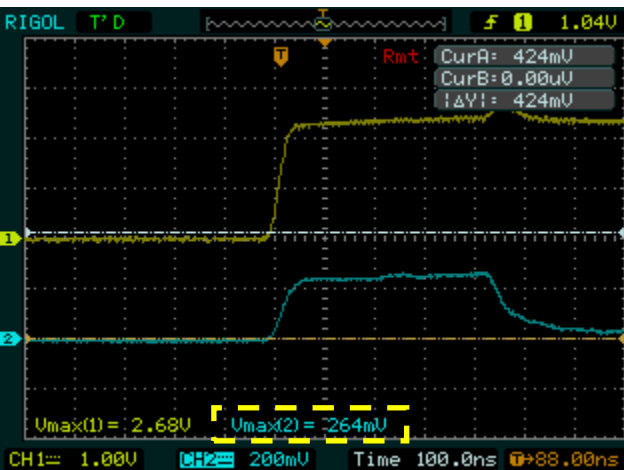


# Večanje razmerja $t_r / \tau$ in vpliv na velikost bližnjega presluha – UTP kabel

$t_r = 25\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . **264 mV**

$t_r = 500\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . **216 mV**

$t_r = 800\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . **136 mV**



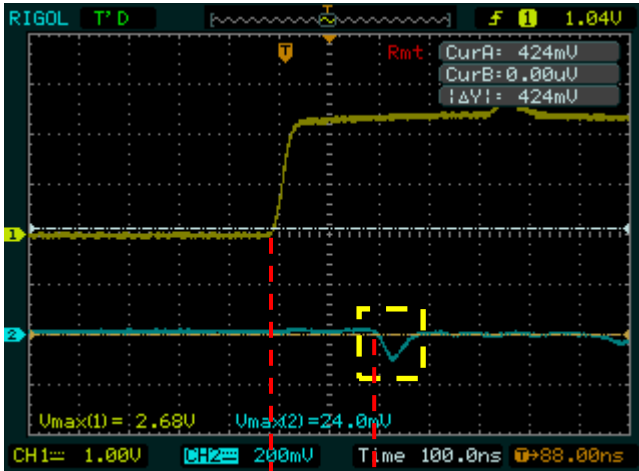
Nastavitve za funkcijski generator RIGOL:

Pulse: ampl=5V, offset=2.5V, frekv=100kHz

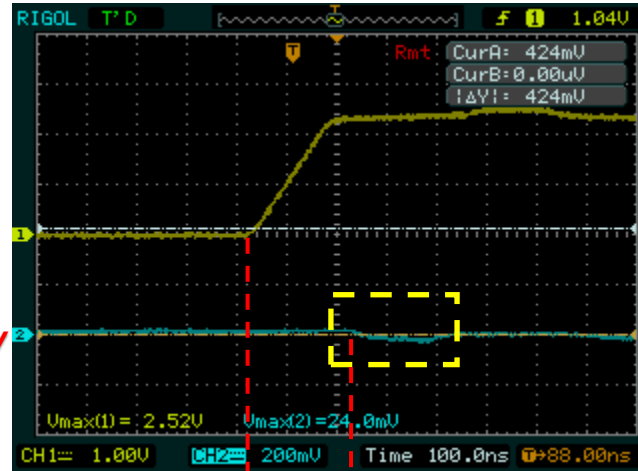
# Večanje razmerja $t_r / \tau$ in vpliv na velikost daljnega presluha – UTP kabel

$t_r = 25\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  .

$t_r = 175\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  .

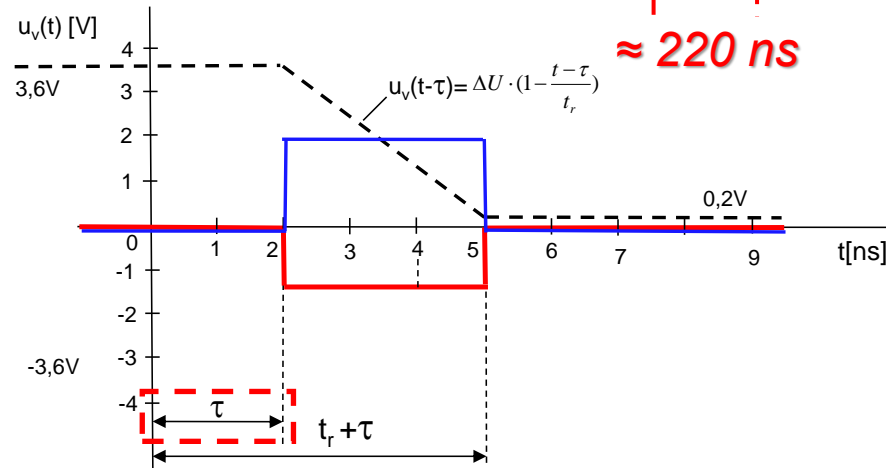


$\approx -100\text{ mV}$



$\approx -40\text{ mV}$

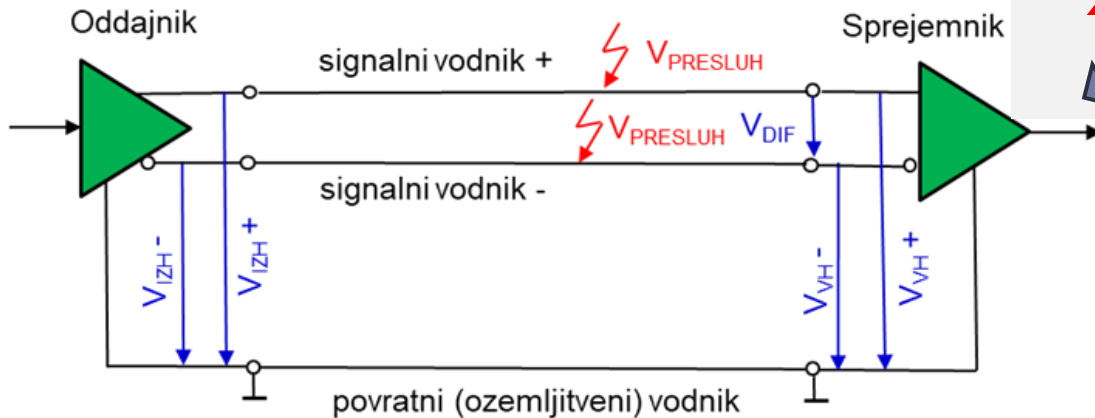
$\approx 220\text{ ns}$



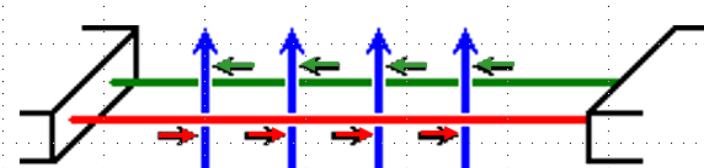
$\approx 220\text{ ns}$

### 3. Manjšanje preslušnih konstant $K_B$ in $K_F$ .

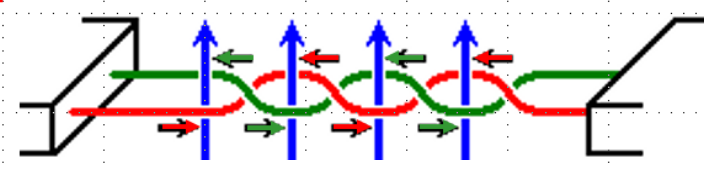
- **Simetrični prenos** – ker sprejemnik reagira na razliko napetosti, se presluh, ki se pojavi na obeh vodnikih, izniči.



- **Ploščati kabel**



- **Sukana parica**



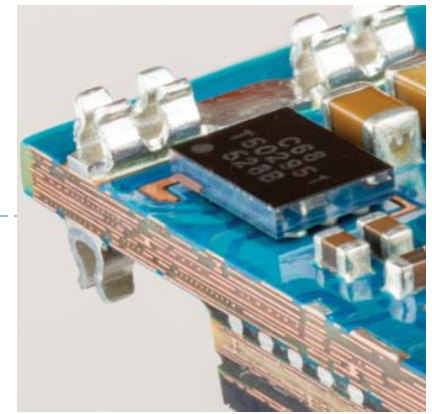
motilno magnetno polje sosednje linije

tok, ki ga povzroči motilno magnetno polje

v enem in drugem vodniku

## 2. Manjšanje preslušnih konstant $K_B$ in $K_F$ .

**Večje število povratnih (ozemljitvenih) vodnikov – ploščati kabel**



Vpliv ozemljitve povezave 2 na bližnji (levo) in daljni (desno) presluh med 1 in 3

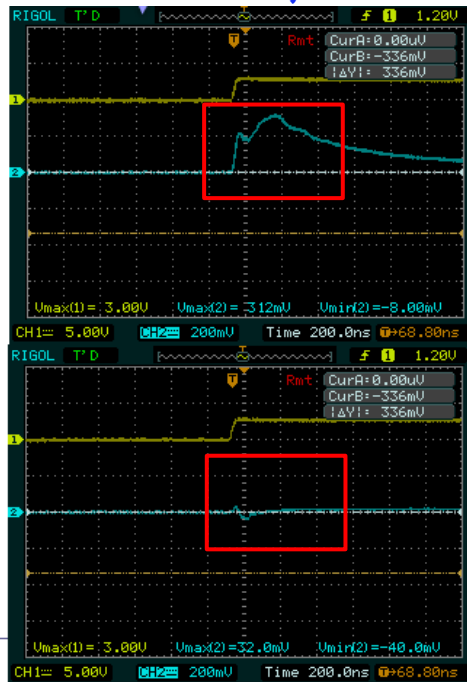
Bližnji

Daljni

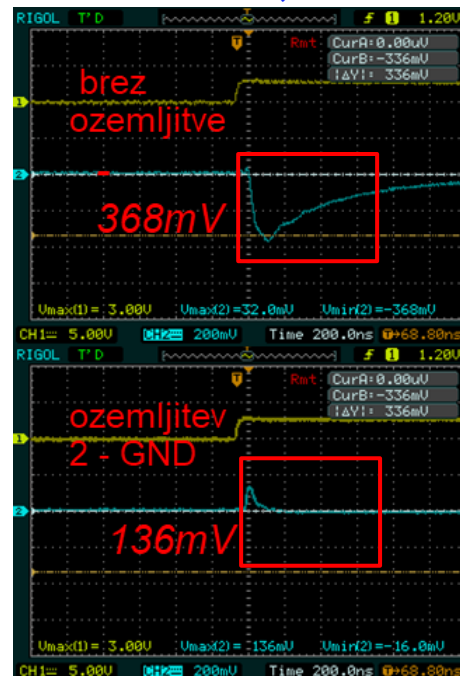
brez  
ozemljitve  
312 mV

ozemljitev  
2 - GND  
32 mV

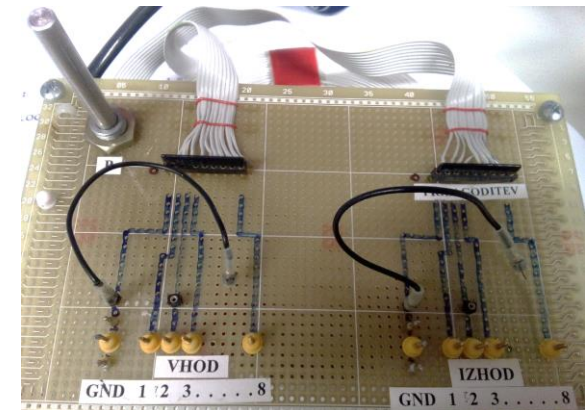
VIN - LV



Bližnji presluh



Daljni presluh

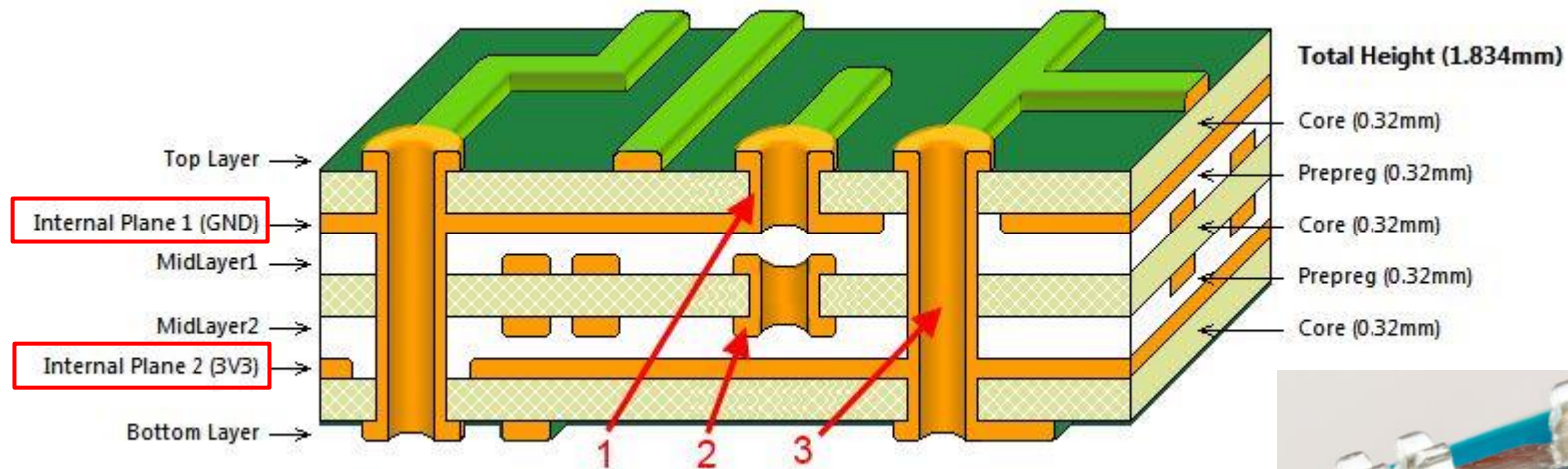


Ozemljitev vmesnega vodnika 2 bistveno zmanjša presluh iz linije 1 na linijo 3.



## 2. Manjšanje preslušnih konstant $K_B$ in $K_F$ .

### Večplastna tiskana vezja



Nekaj osnovnih pravil za manjše presluhe :

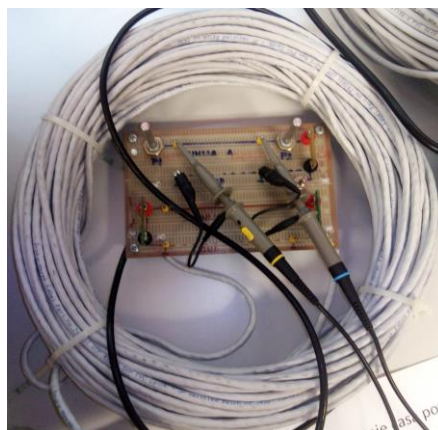
- Čimvečje razdalje med prevodniki
- Povezave blizu GND vodnikov, plasti
- Uporabiti simetrični prenos (če je mogoče)
- Ortogonalni prehodi – križanja povezav čimkrajša, čimmanj vzporedne skupne površine
- Uporaba počasnejšega časa vzpona/padca
- Vmesni plasti z ozemljitvenimi in napajalnimi povezavami zmanjšujeta medsebojni vpliv povezav v plasti „Midlayer1“ in zgornji plasti ter povezav v plasti „Midlayer2“ in spodnji plasti.

# Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

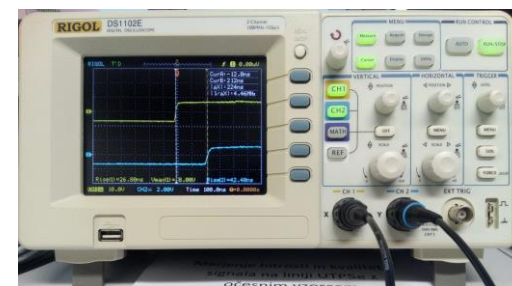
## Shema meritev lastnosti prenosnih linij



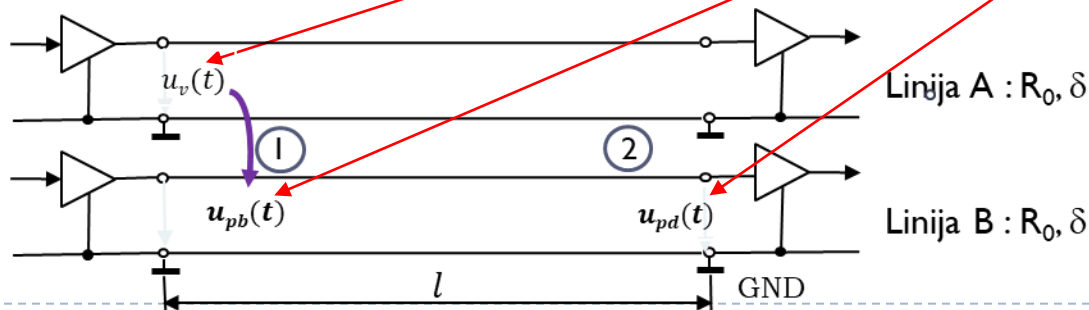
Generator pravokotnega signala



Prenosna linija (ploščat, UTP)

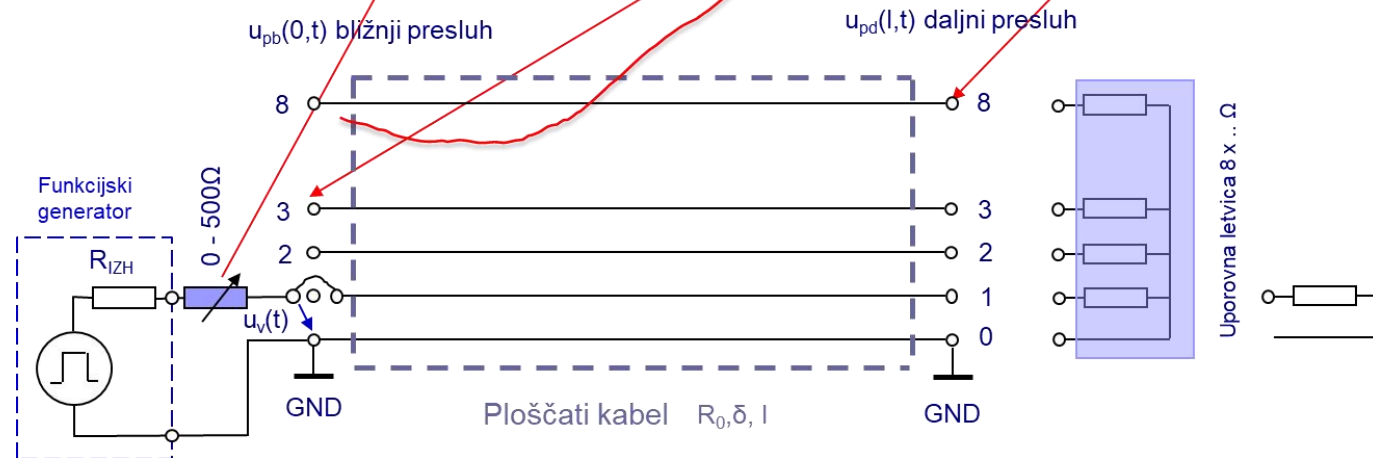
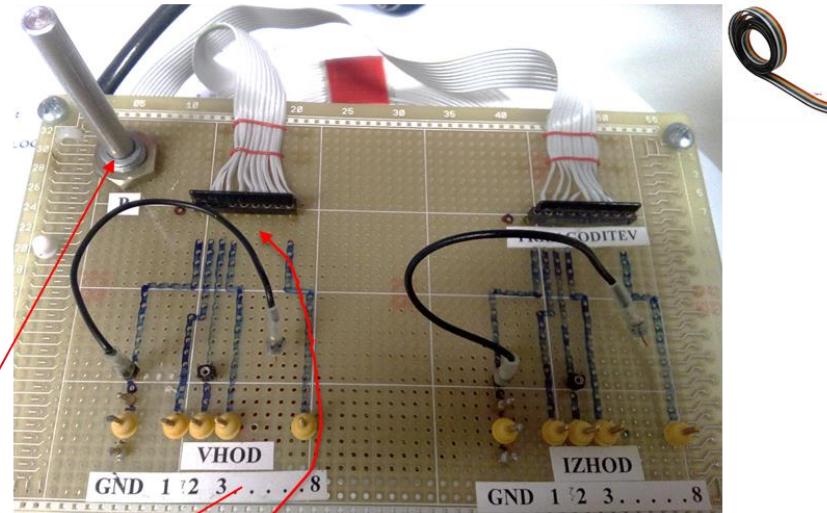


Osciloskop  $U_v(t)$ ,  $U_{pb}(t)$ ,  $U_{pd}(t)$



# Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

## Meritve presluhov – ploščat kabel



# Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

## Meritve presluhov – ploščat kabel

### PLOŠČATI KABEL

LINIJA 0-1:

- ⓐ • ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - ⓑ • KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- LIN. 0-2 ← GND

LINIJE 0-2, 0-3, 0-8:

- ⓓ  $K_B = ?$  ←
- BLIŽNJI PRESLUH
- DALJNI PRESLUH

MERITVE:

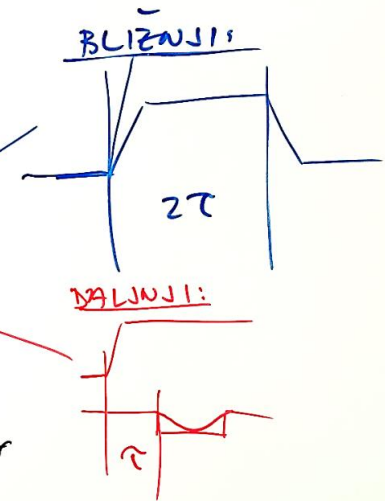
- ČASOVNI POTEK
- VPLIV ODBOSEV:
- BREZ

- ⓓ { • ODBOS NA ISTI STRANI
- ODBOS NA OBEH STRANEH
- ZARJUCITEV 0-1 Z UPOROM!
- (DEŠNA STRAN)

• DMEJEVANJE PRESLUHOV:

- ⓕ { • OZEMLJITEV LINIJE 0-2
- ⓖ • DALJŠANJE  $t_{11}, t_{12}$

POLOČILO:

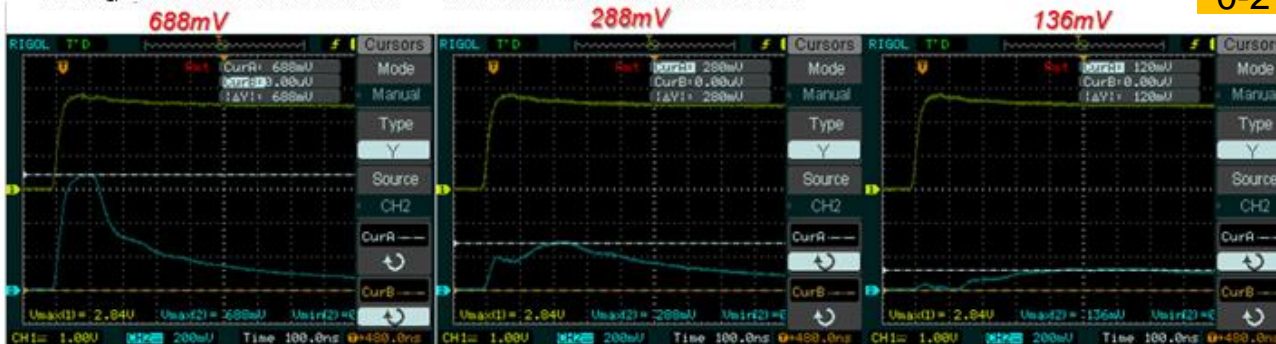


# Vpliv zaključitev na linijah 2,3 in 8 na amplitudo in potek bližnjega presluha

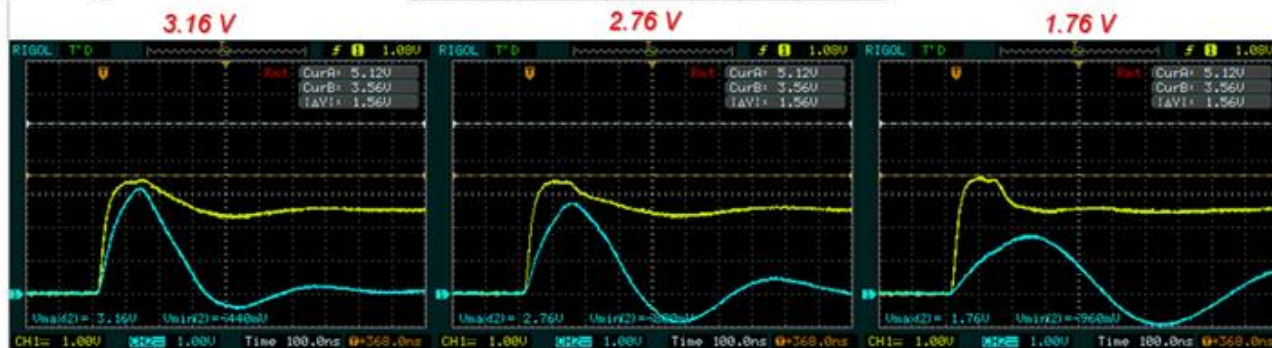
Bližnji-presluh

A) Vstavljene zaključitve

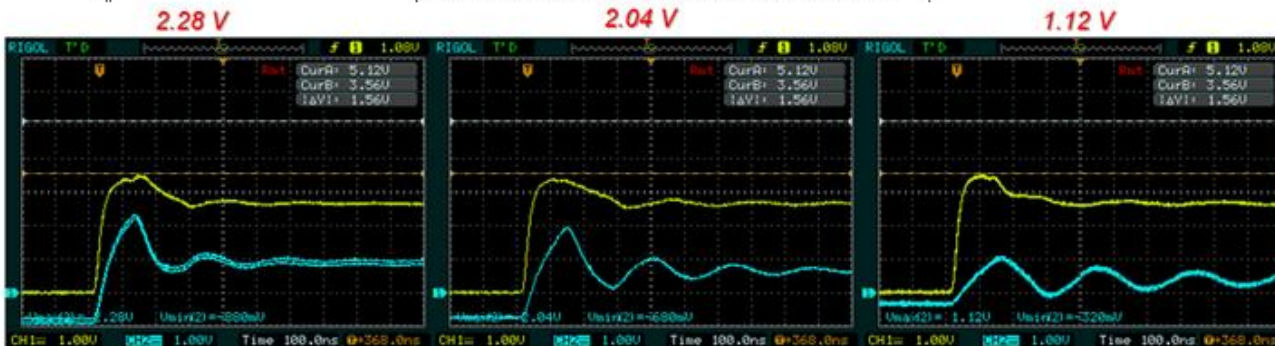
Stolpci prikazujejo povezave  
0-2      0-3      0-8



B) Brez zaključitev na isti strani



C) Brez zaključitev na obeh straneh



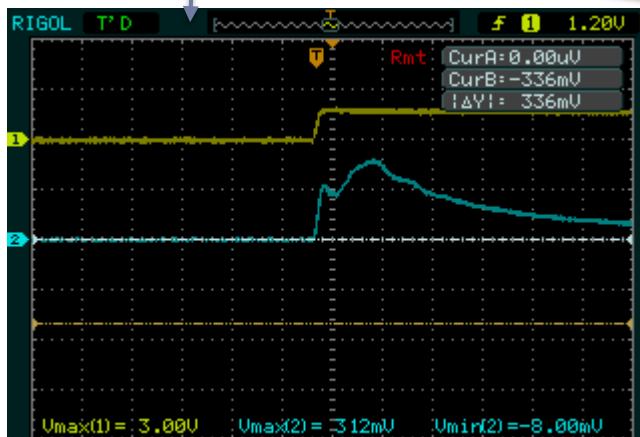
REŠ: Merjenje presluha na ploščatem kablu

## Omejevanje presluha na ploščatem kablu - ozemljitev

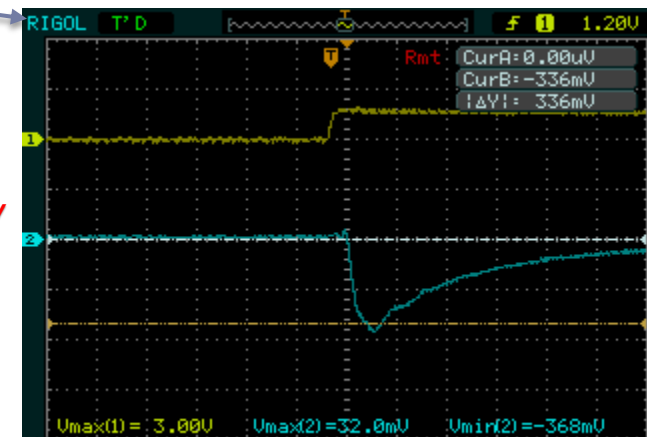
- Opazujte vpliv ozemljitve na liniji 2 (na enem ali obeh koncih) na amplitudo bližnjega in daljnega presluha na liniji 3.

brez  
ozemljitve

312 mV

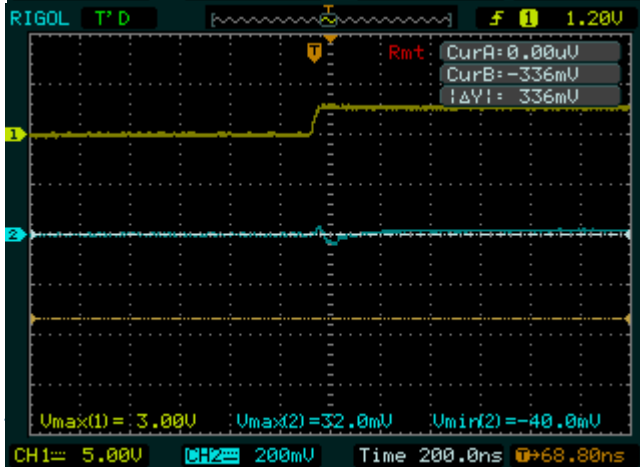


-368mV

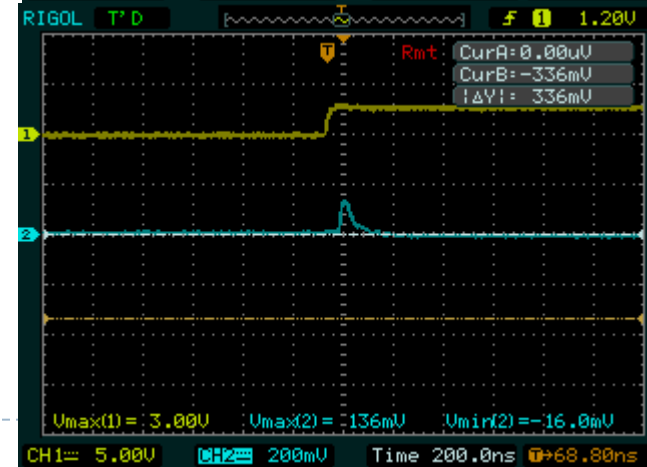


ozemljitev  
2 - GND

32 mV



136mV

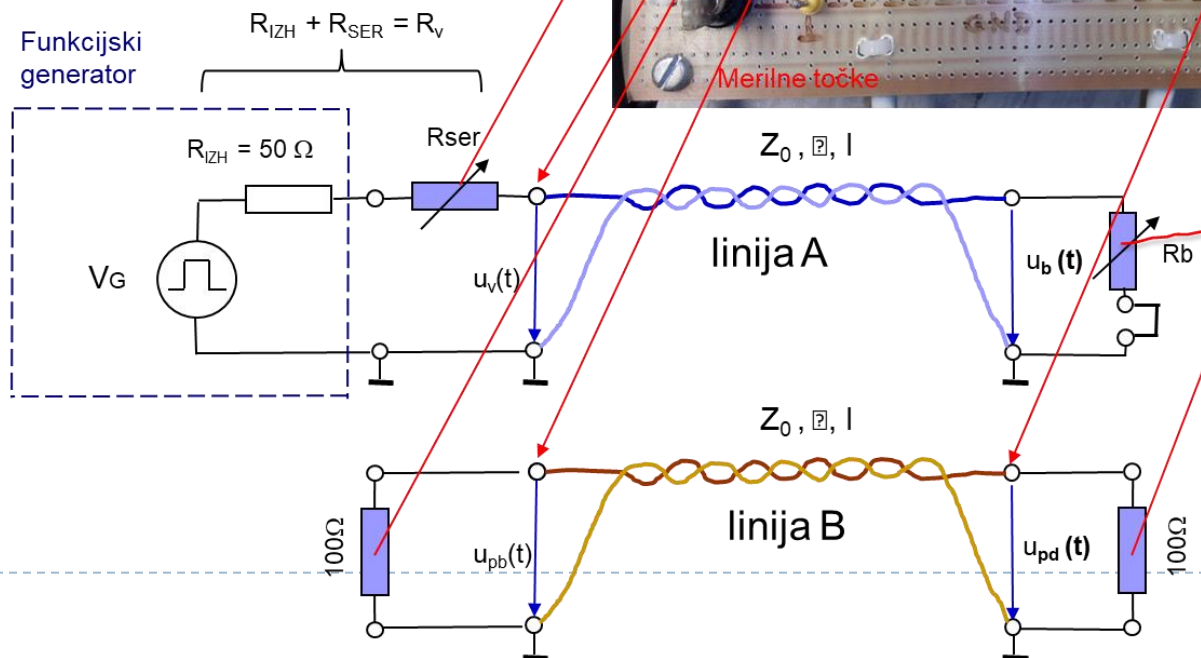
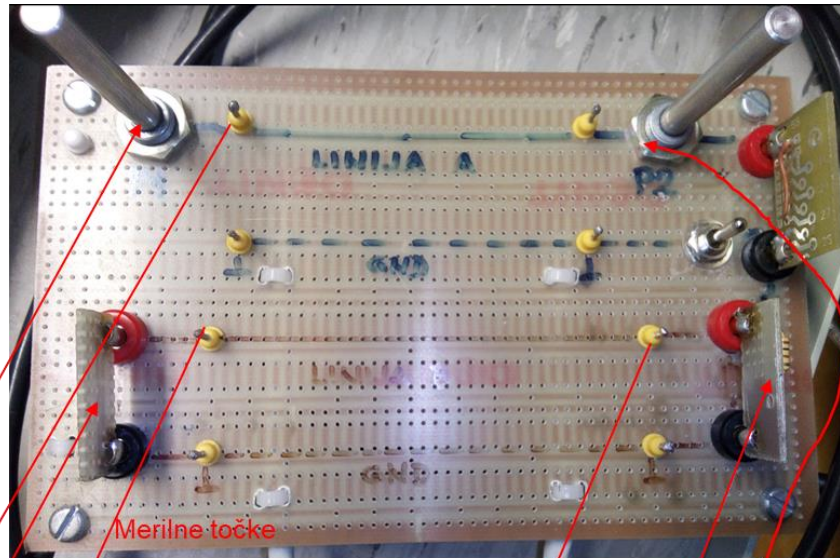


Bližnji presluh

Daljnji presluh

# Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

## Meritve presluhov – UTP kabel



# Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

## Meritve presluhov - UTP

UTP:

LINIJA A:

- ①
- a. ČAS POTOVANJA -  $\tau$  ?  
• OBOJESTRANSKA ZAKLJ. LINIJE A
  - b. KARAKTERISTIČNA UPORNOST -  $Z_0$  ?

LINIJA B:

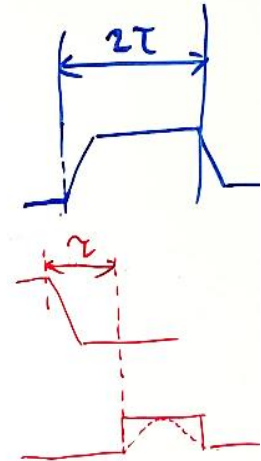
- ②
- $K_B$  ? ← • BLIŽNJI PRESLUH
  - DALJNJI PRESLUH

MERITVE:

- ČASOVNI POTEK a
- VPLIV ODBOJEV: c
  - BREZ
  - ODBOJ NA ISTI STRANI
  - ODBOJ NA OBEH STRANEH
- ONEJEVANJE PRESLUHA S  $\lambda$  e

BLIŽNJI:

DALJNJI



POROČILO



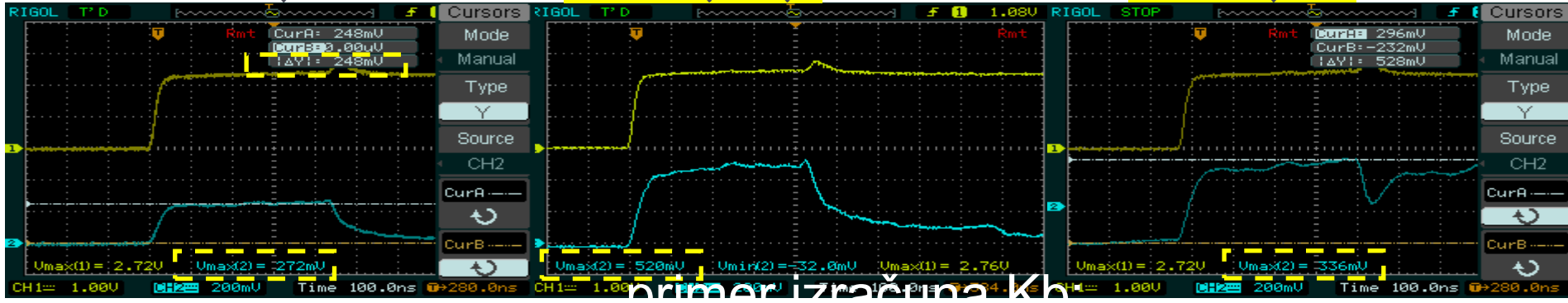
REŠ: Merjenje presluha na UTP kablu 1

-->  $K_b = 0.272 / 2.72$

▶ Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje

▶ bližnjega presluha  $u_p(0,t) = u_{pb}(t)$  na vходу linije in  
ni odbojev **248 mV** brez zaklj. bližja stran **520 mV** brez zaklj. obe **336 mV**

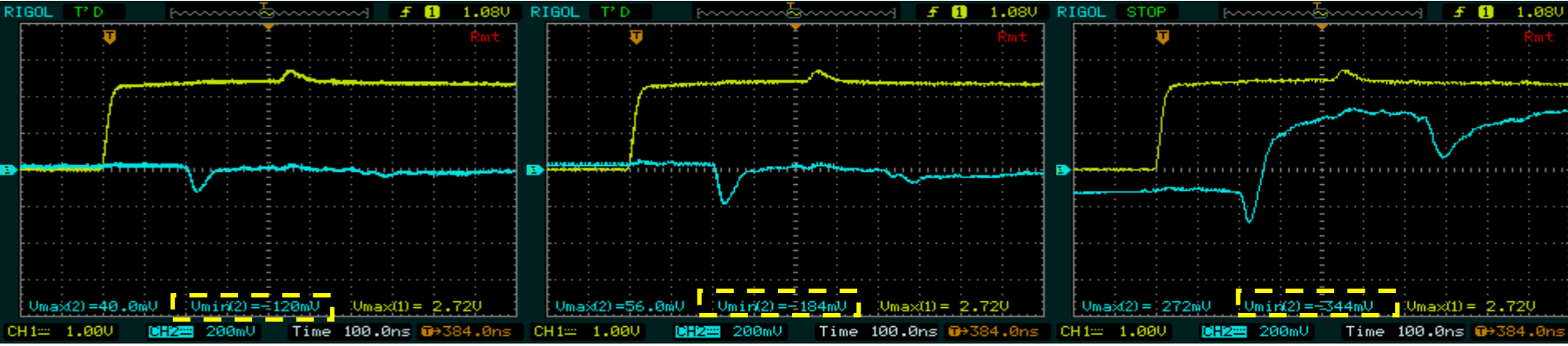
$K_b =$   
 $0.1$



primer izračuna  $K_b$

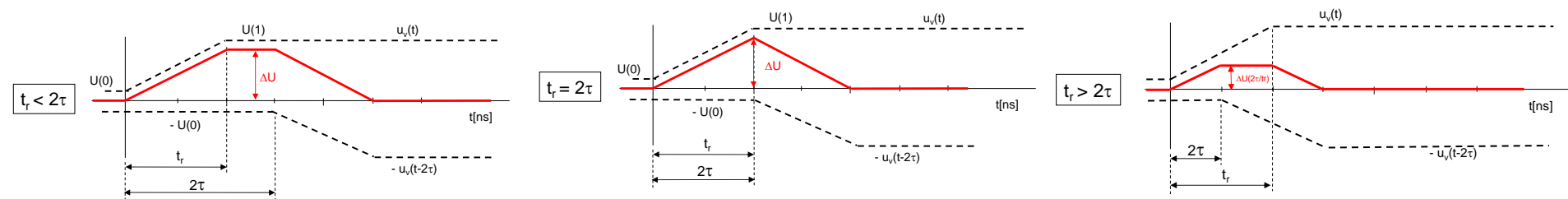
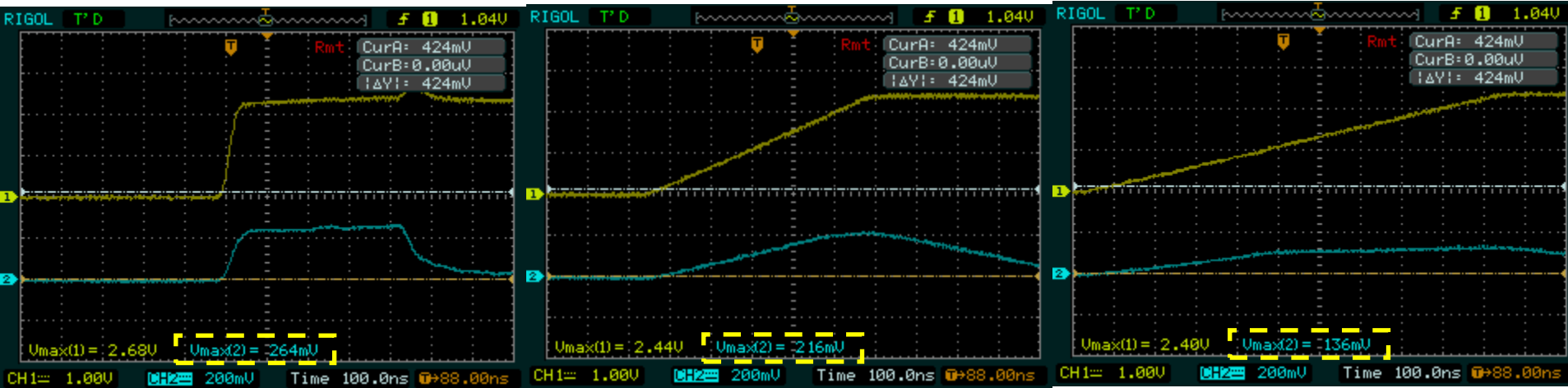
□ daljnega presluha  $u_p(l,t) = u_{pd}(t)$  na izhodu linije,

ni odbojev **-120 mV** brez zaklj. daljna stran **-184 mV** brez zaklj. obe **-344 mV**



REŠ: Merjenje presluha na UTP kablju: BLIŽNJI : Omejevanje presluha s spreminjanjem razmerja  $t_r / \tau$ .

$t_r = 25\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . **264 mV**       $t_r = 500\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . **216 mV**       $t_r = 800\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . **136 mV**

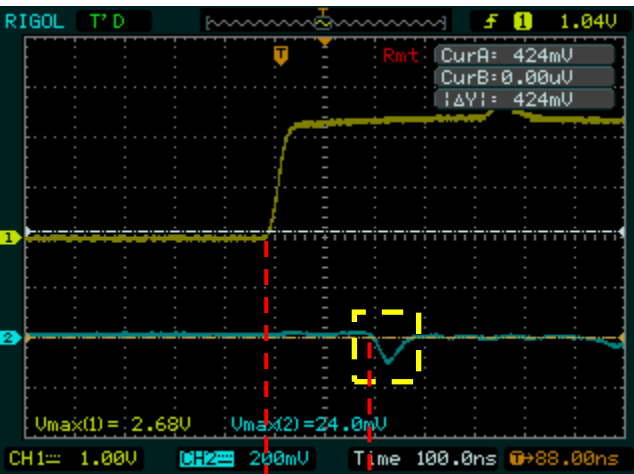


Nastavitve za funkcijski generator RIGOL:

Pulse: ampl=5V, offset=2.5V, frekv=100kHz

**REŠ:** Merjenje presluha na UTP kablu: DALJNJI : Omejevanje presluha s spreminjanjem razmerja  $t_r/\tau$ .

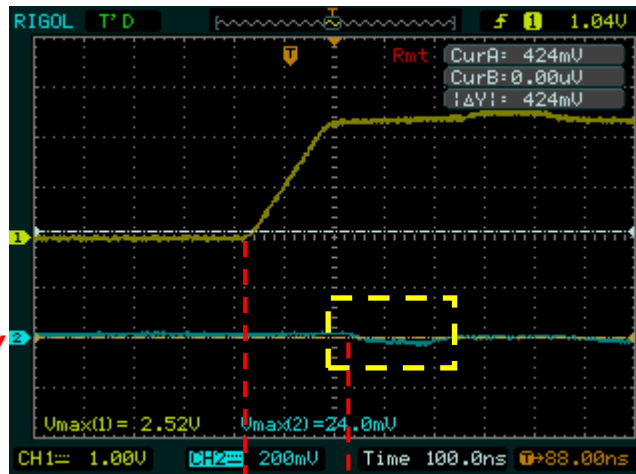
$t_r = 25\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$ .



$\approx -100\text{ mV}$

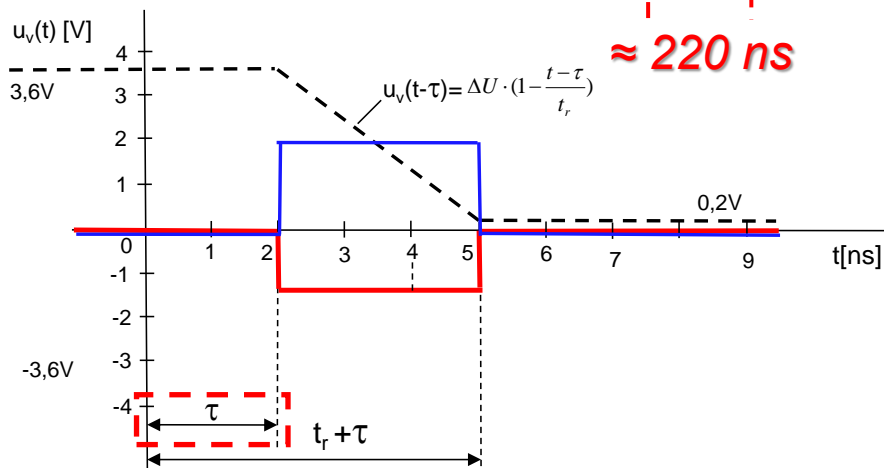
$\approx 220\text{ ns}$

$t_r = 175\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$ .



$\approx -40\text{ mV}$

$\approx 220\text{ ns}$

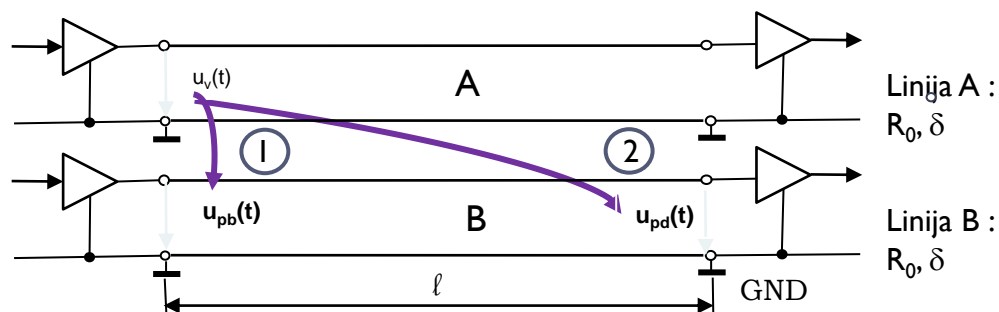


# Naloga 1

- Zanima nas kakšen je bližnji presluh (I) v liniji B, ki ga povzroči sprememba signala  $u_v(t)$  na vhodu v linijo A za različne čase  $t_r$ .

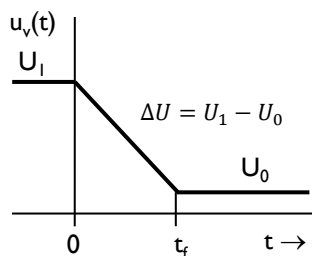
## Podatki:

- Napetosti:  $U_1 = 3,6\text{ V}$  in  $U_0 = 0,2\text{ V}$
- $\delta = 6,67\text{ ns/m}$
- $K_B = 0,25$ ;  $K_F = -0,15\text{ ns/m}$
- $t_r = 3\text{ ns}$



## Naloga:

- Izračun bližnje preslušne napetosti  $u_{pd}(t)$  za  $t_r = 1, 2, 4, 5\text{ [ns]}$ , če je sprememba signala  $u_v(t)$  na vhodu v linijo A določena s preходом iz visokega stanja v nizko (1 v 0).



- Narišite časovni diagram za primer, če je razmerje (a)  $\frac{t_r}{\tau} > 2$ , (b)  $\frac{t_r}{\tau} = 2$ , (c)  $\frac{t_r}{\tau} < 2$

BLIŽNJI PRESLUH (NEXT):  $u_{pb}(\mathbf{0}, t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$

- Čas potovanja signala po liniji

$$\tau = l \cdot \delta = 0,3 [m] \cdot 6,67 [ns/m] = 2,00 [ns]$$

- Razmerje  $\frac{t_r}{\tau} = ?$ :

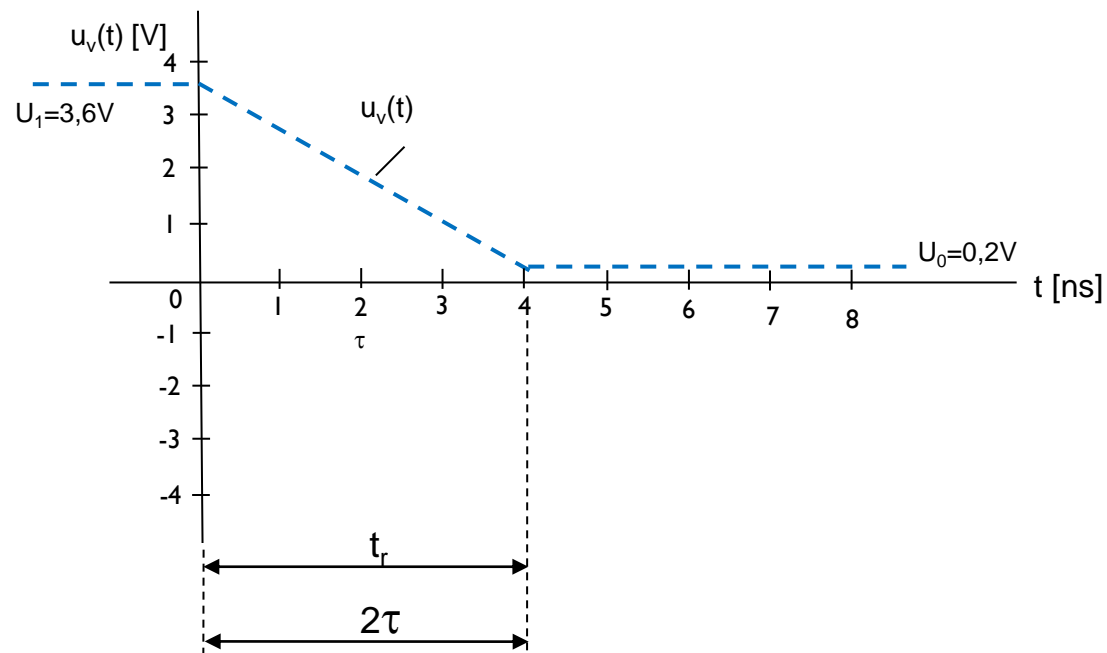
$t_r [ns]$	$\frac{t_r}{\tau}$	$\frac{t_r}{\tau} \quad ??? \quad 2$	$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] [V]$	$u_{pb}(t)_{MAX} [V]$
1	$1 / 2 = 0,5$	<		
2	$2 / 2 = 1$	<		
4	$4 / 2 = 2$	=	-3.4	- 0,85
5	$5 / 2 = 2,5$	>		
6	$6 / 2 = 3$	>		

Maksimalna vrednost razlike napetosti  $[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$

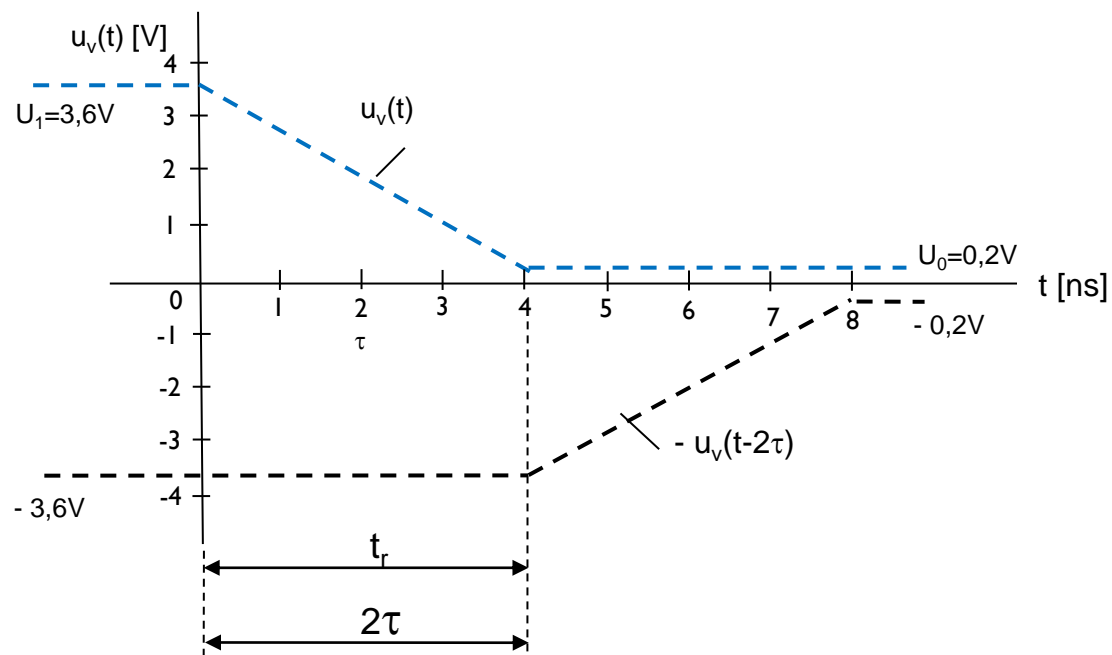
**NALOGA: Dopolnite tabelo!**

□ Časovni diagram za  $\frac{t_r}{\tau} = 2$

$$t_r = 4 \text{ [ns]}, \quad \frac{t_r}{\tau} = \frac{4 \text{ [ns]}}{2 \text{ [ns]}} = 2$$

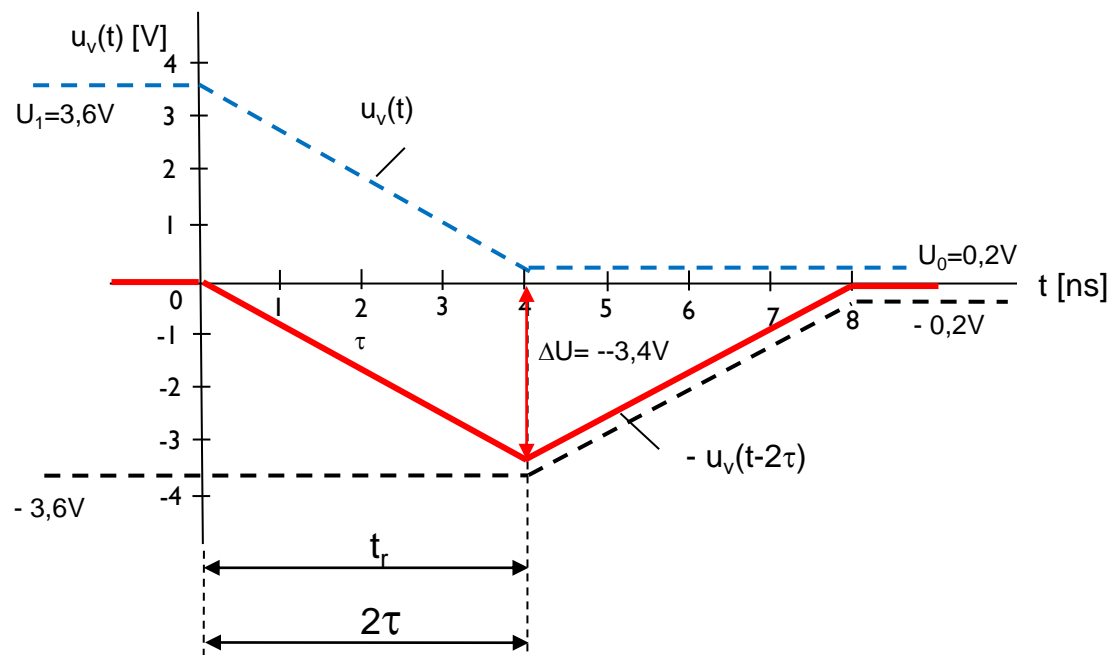


- V časovni diagram dodamo zakasnjjen negativen signal  $-u_v(t - 2\tau)$



- V časovni diagram narišemo izraz v oklepaju  $[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$  (seštejemo signala  $u_v(t)$  in  $-u_v(t - 2\tau)$ )
- Maksimalna vrednost v času  $t_r = 2\tau = 4$  [ns]:

$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = [U_0 - U_1] = [0.2 - 3.6] = -3.4$$
 [V]





- ❑ Vhodni signal v linijo A pada, povzroča bližnji presluh, ki je negativen.
- ❑ Bližnji presluh traja od 0 do 8 ns.
- ❑ Maksimalno vrednost ima v času  $t = 4$  ns.
- ❑ Izračunamo jo tako, da izraz  $[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)]$  pomnožimo še z bližnjo preslušno konstanto  $K_B = 0,25$ . Za  $t = 4$  ns dobimo bližnji presluh

$$u_{pb}(t) = K_B [u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = K_b \cdot \Delta U = 0.25 * -3.4 [V] = -0.85 [V]$$

- ❑ Časovni diagram  $u_{pb}(t)$

