

Vhodno-izhodne naprave (VIN)

Predavanja

7. Presluh

Robert Rozman

rozman@fri.uni-lj.si

Vsebina

Uvod

7. Presluh

7.1 Izračun presluha

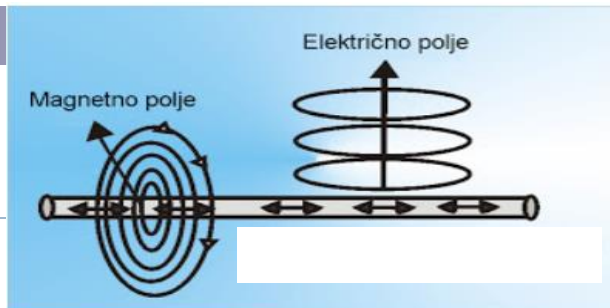
7.2 Bližnji presluh (NEXT - Near End Crosstalk)

7.3 Daljni presluh (FEXT - Far End Crosstalk)

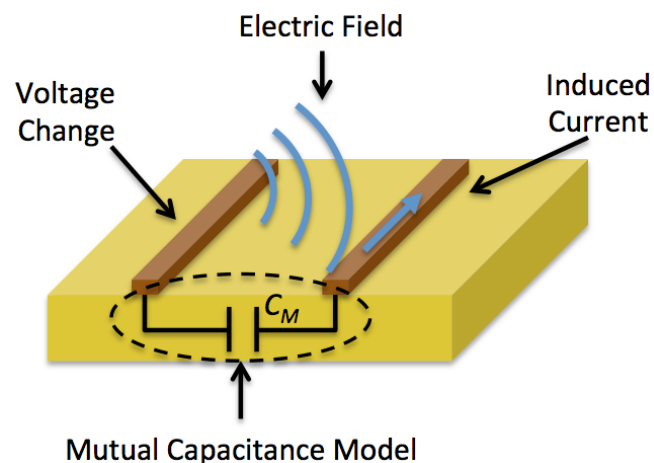
7.4 Primer izračuna presluha

7.5 Omejevanje presluha

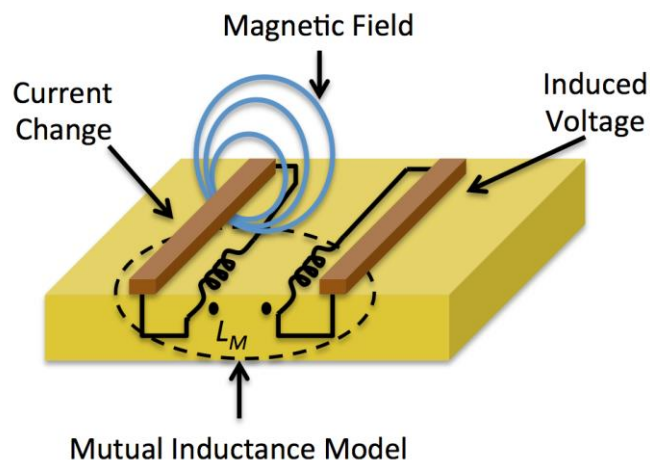
Uvod



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



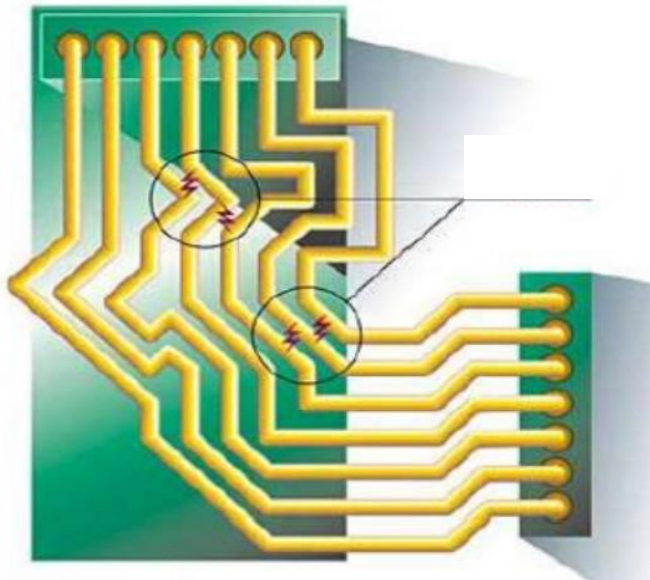
- Magnetno polje (medsebojna induktivnost)



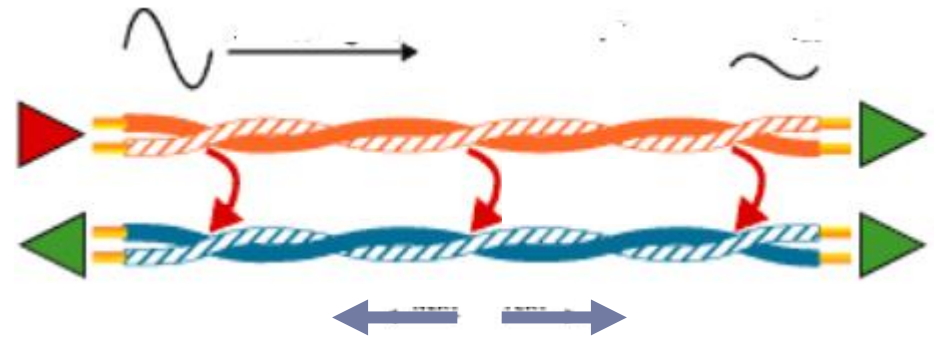
- Presluh (ang. crosstalk)
 - Bližnji presluh (NEXT)
 - Daljni (FEXT) presluh
 - Omejevanje presluha

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-crosstalk-near-and-far>

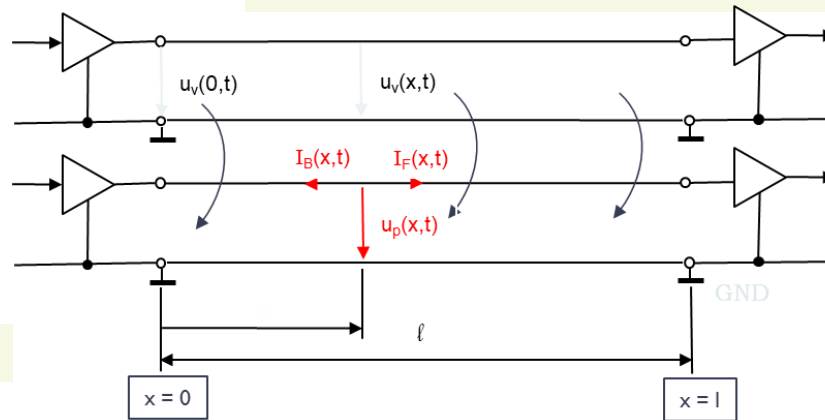
Presluj (crosstalk)

Povzetek

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

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

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



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

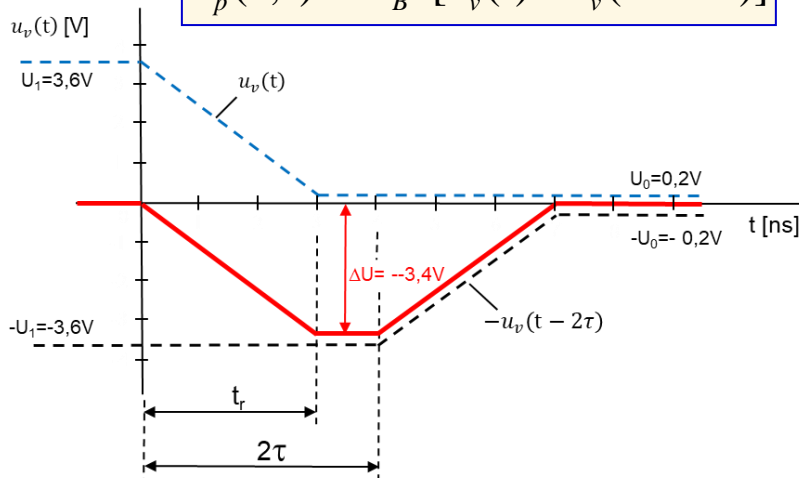
Bližnja presl. konst. 0,04 .. 0,4 [-]

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

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

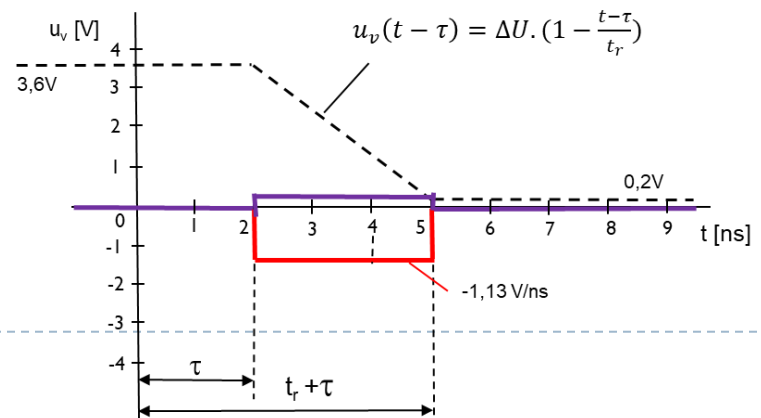
Bližnji presluj (NEXT)

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

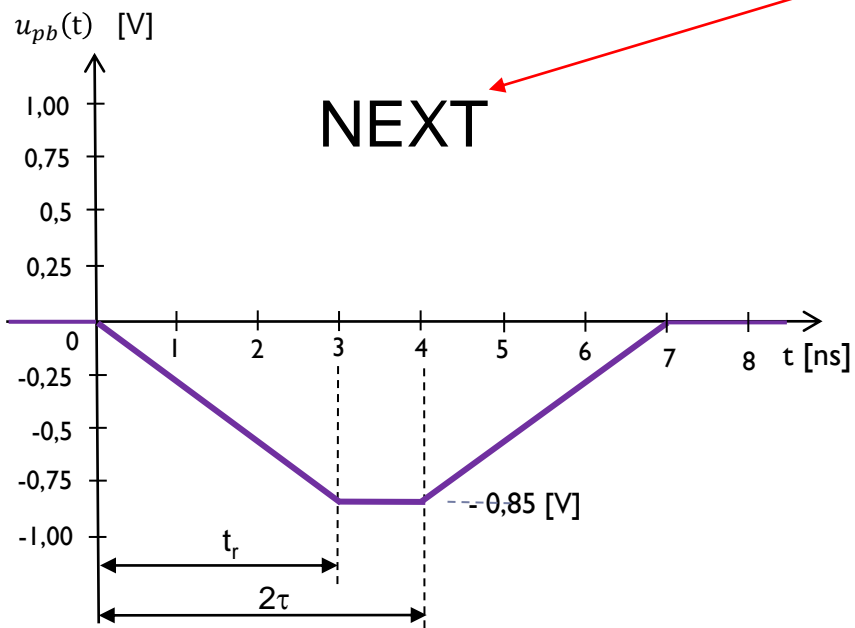
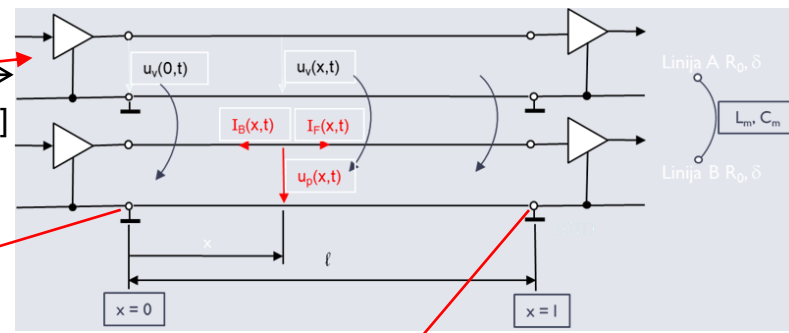
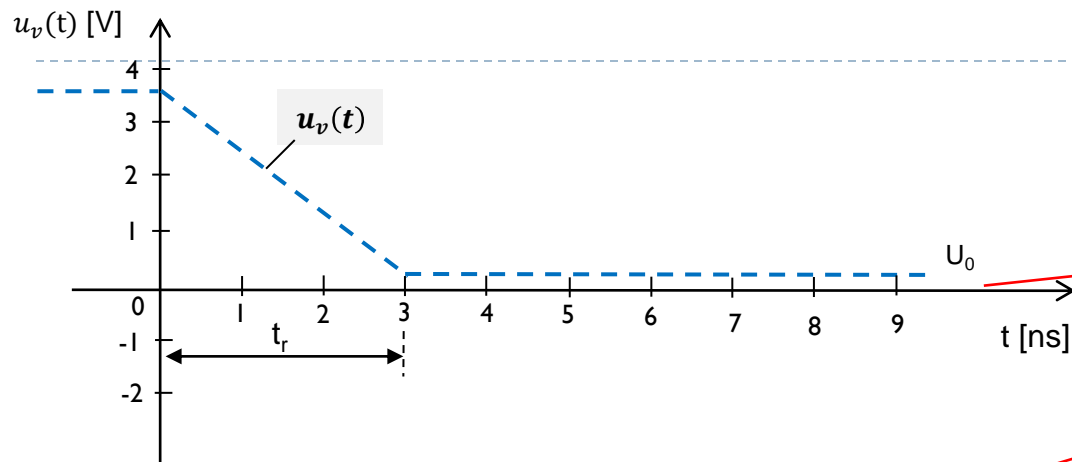


Daljini presluj (FEXT)

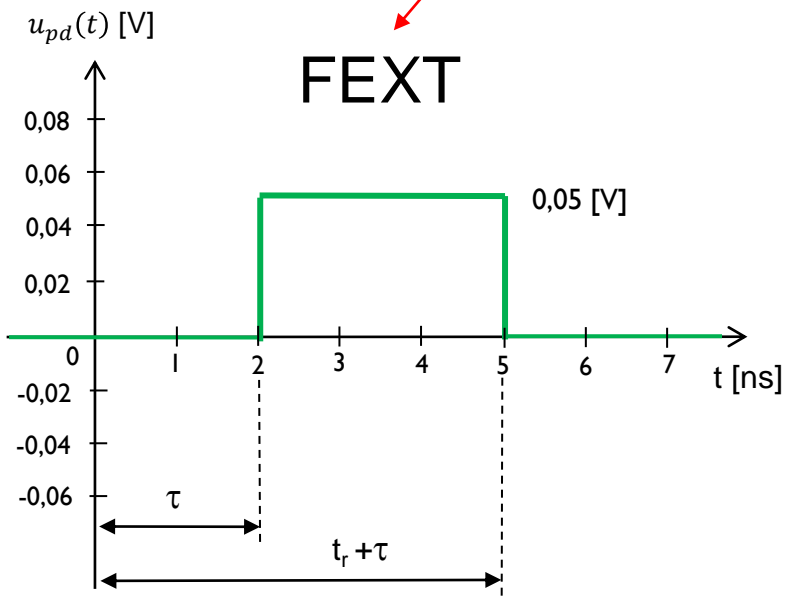
$$u_p(l,t) = K_F \cdot l \cdot \frac{d(u_v(t - \tau))}{dt}$$



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



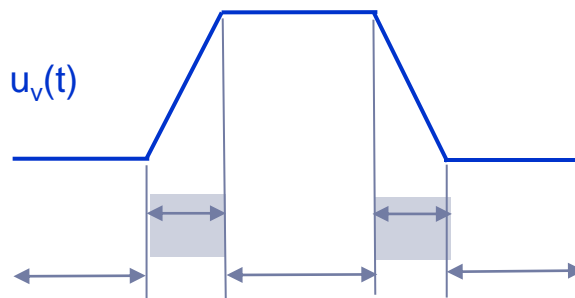
NEXT



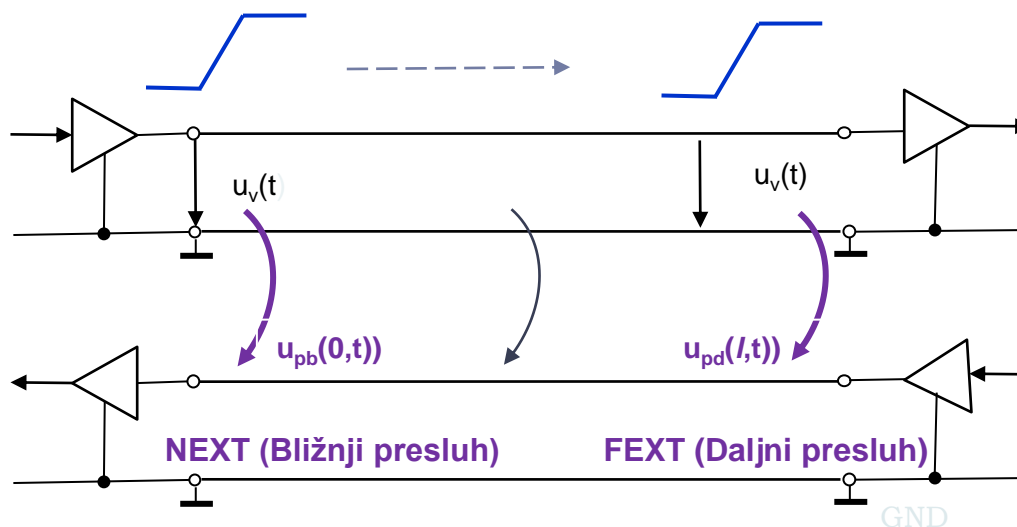
FEXT

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

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

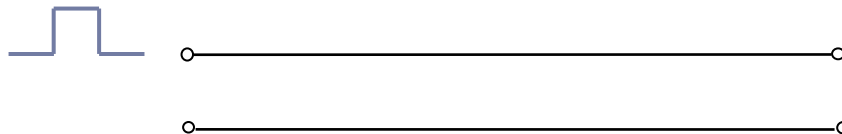


□ Potovanje signala po liniji A in pojav presluha na liniji B

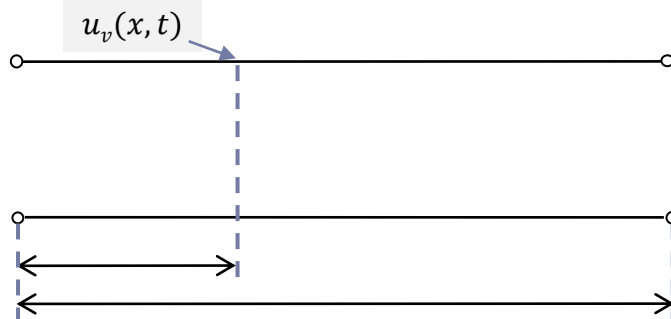


Pojav presluha: $u_{pb}(t)$ - NEXT, $u_{pd}(t)$ - FEXT

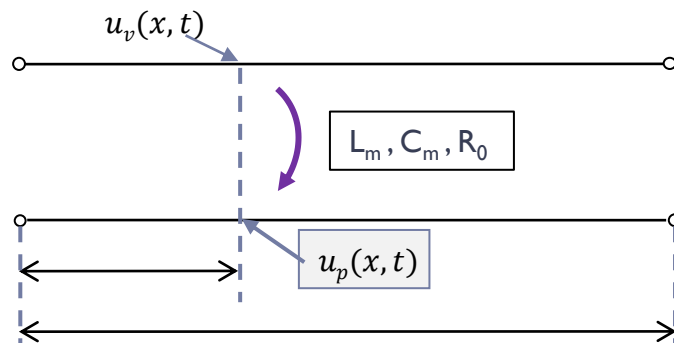
- Imamo dve paralelni liniji A in B in signal potuje po liniji A.



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

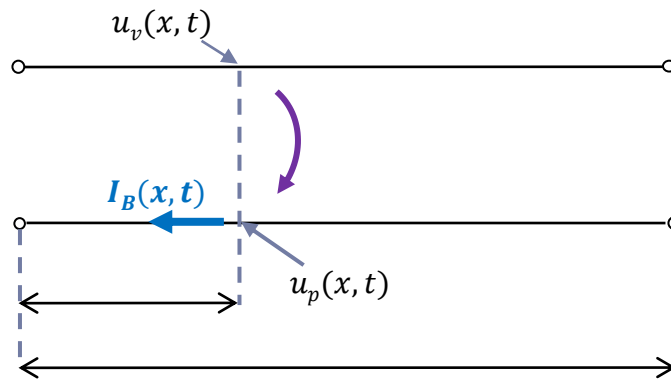


- Zaradi elektromagnetnega polja se na liniji B pojavi preslušna napetost $u_p(x, t)$.

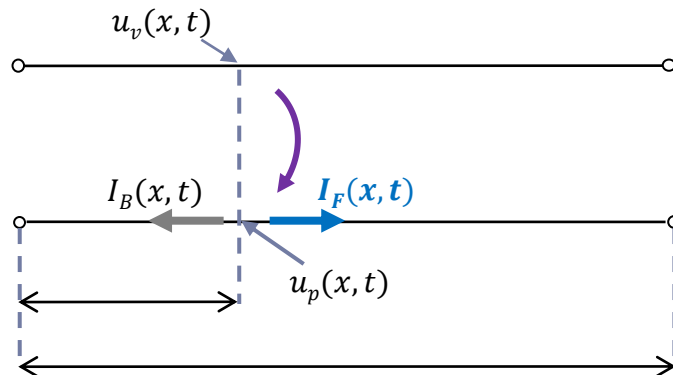


Pojav presluha: $u_{pb}(t)$ - NEXT, $u_{pd}(t)$ - FEXT

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

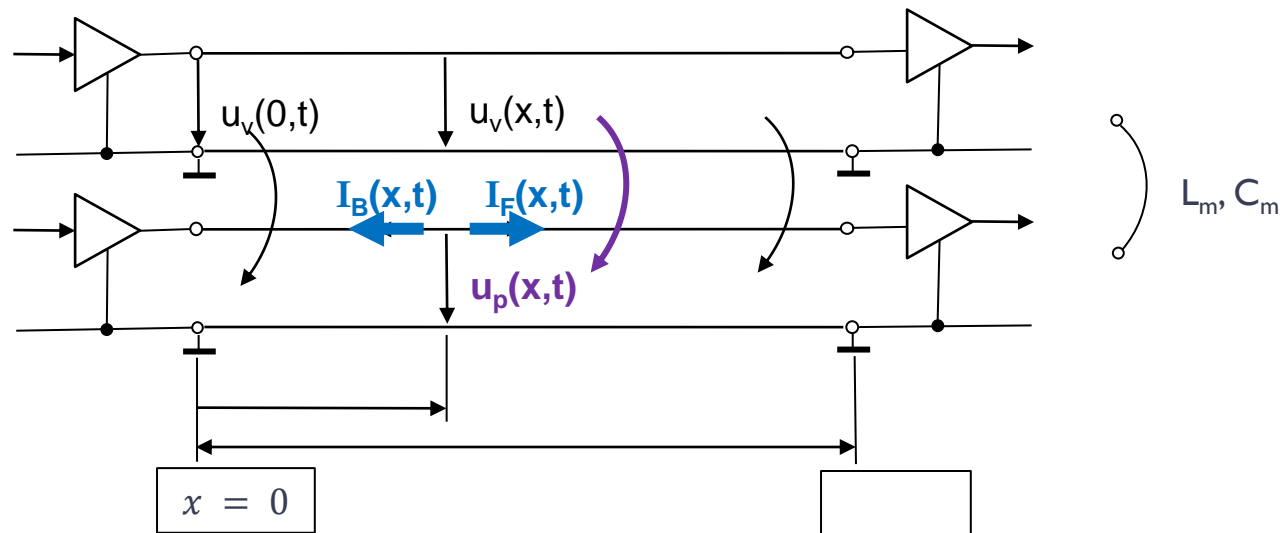


- naprej na izhod linije - $I_F(x, t)$



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.

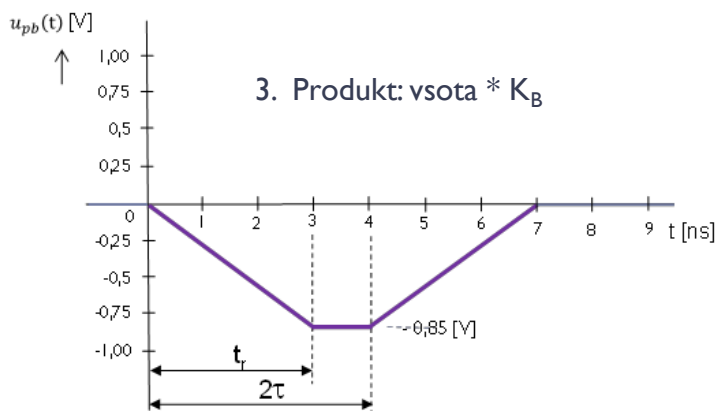
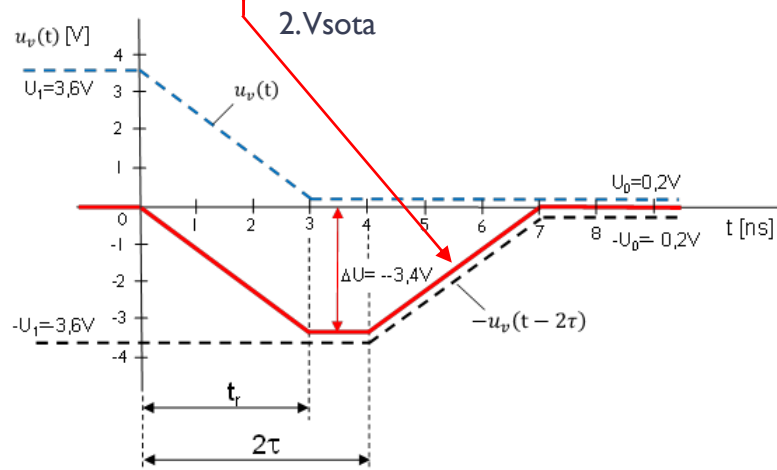
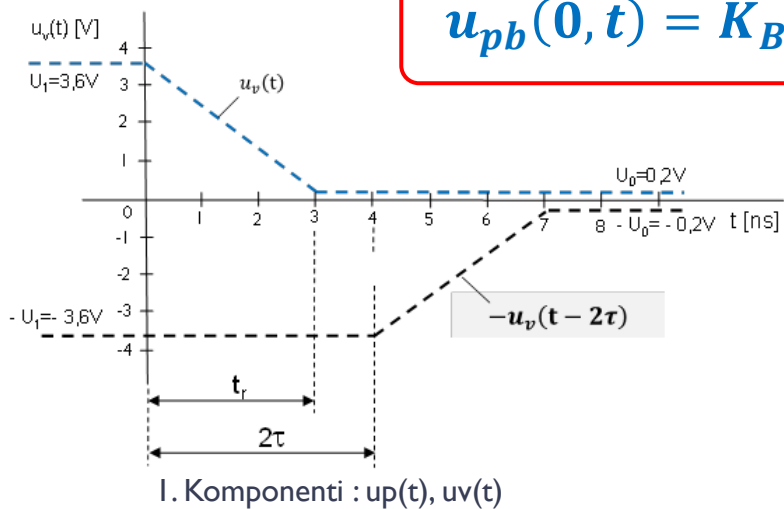
$$\begin{aligned}u_p(x, t) &= R_0 [(I_B(0, t) + I_F(0, t))] = \\ \mathbf{x = 0} \rightarrow &= K_B \cdot [u_v(t - 0 \cdot \delta) - u_v(t - 2 \cdot l \cdot \delta + 0 \cdot \delta) + K_F \cdot 0 \cdot \frac{du_v(t-0 \cdot \delta)}{dt}] = \\ &= K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2 \cdot l \cdot \delta)] = \\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

- 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 2τ 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)

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



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.

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

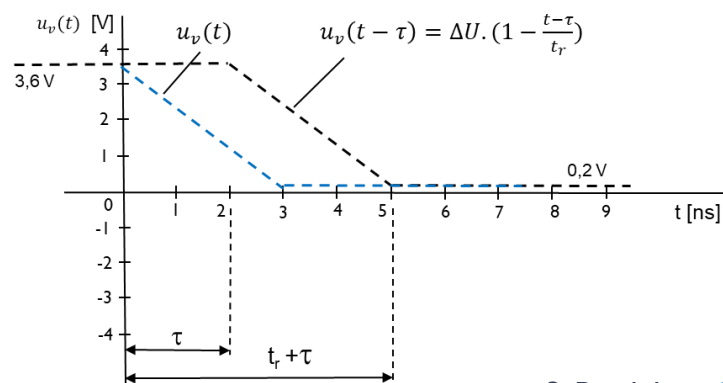
- Enačba se poenostavi, ker je izraz v oglatem oklepaju enak 0 in ostane samo prvi člen enačbe, ki predstavlja daljni presluh $u_{pd}(l,t)$. Ta je odvisen od
 - daljne preslušne konstante K_F ,
 - dolžine linije (l),
 - odvoda po času za τ zakasnjene vhodnega signala.

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

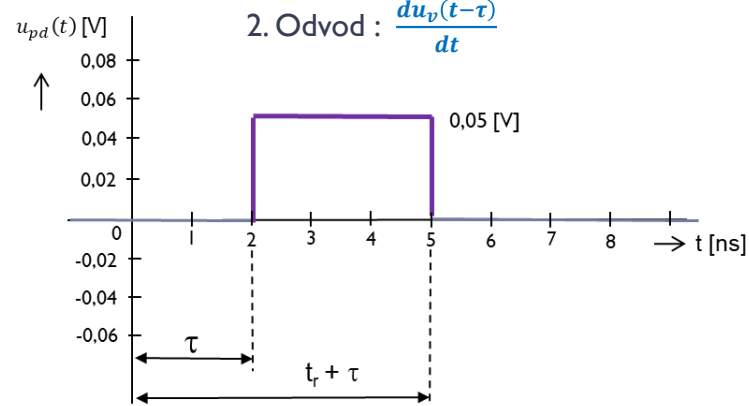
7.3 Daljni presluh (FEXT - Far End Crosstalk)

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

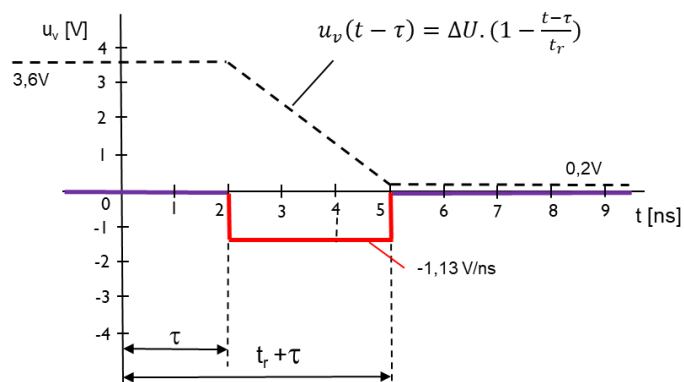
I. Premik : $u_v(t - \tau)$



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



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



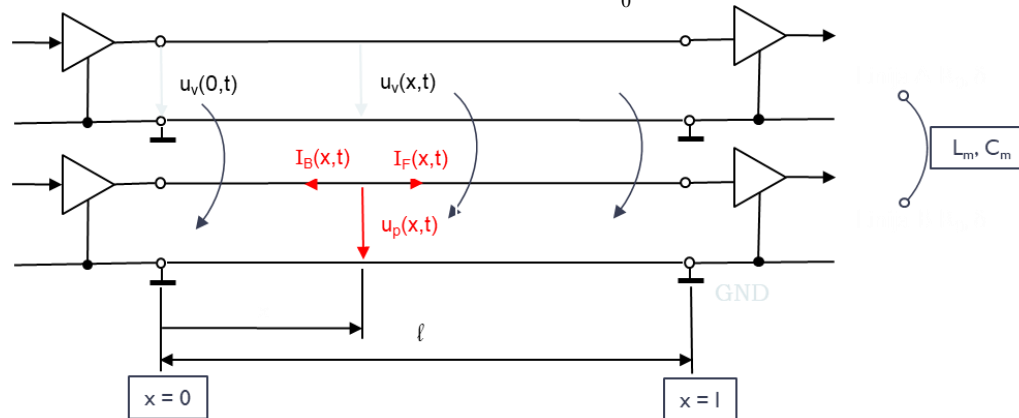
Presluh (crosstalk) Povzetek

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

$$u_p(x,t) = R_0 \cdot [(I_F(x,t) + I_B(x,t))] = K_F \cdot x \cdot \frac{du_v(t-x \cdot \delta)}{dt} + K_B \cdot [(u_v(t-x \cdot \delta) - u_v(t-2 \cdot l \cdot \delta + x \cdot \delta))]$$

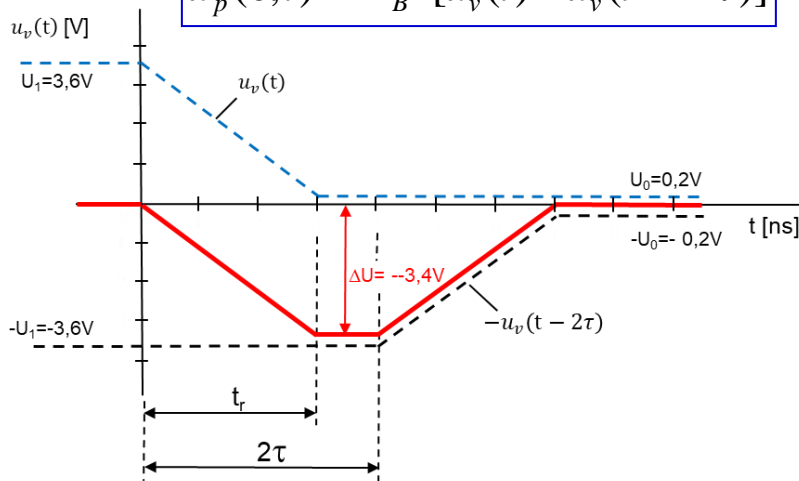
$$K_F = \frac{1}{2} (C_m \cdot R_0 - \frac{L_m}{R_0}) \quad \text{Daljna presl. konst. } -0,1 \dots -0,3 \text{ [ns/m]}$$

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



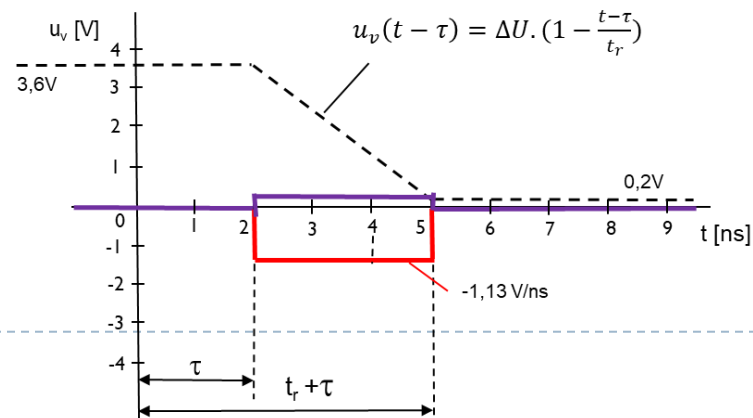
Bližnji presluh (NEXT)

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



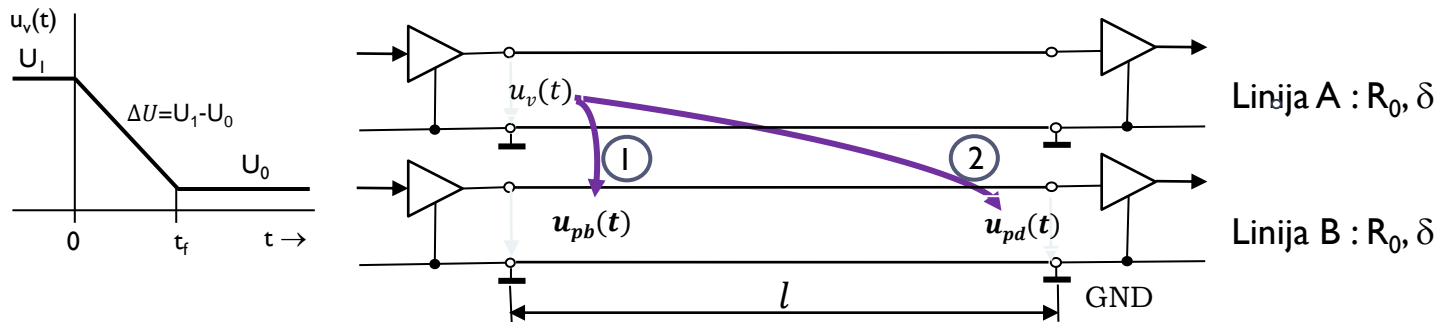
Daljini presluh (FEXT)

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



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):

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

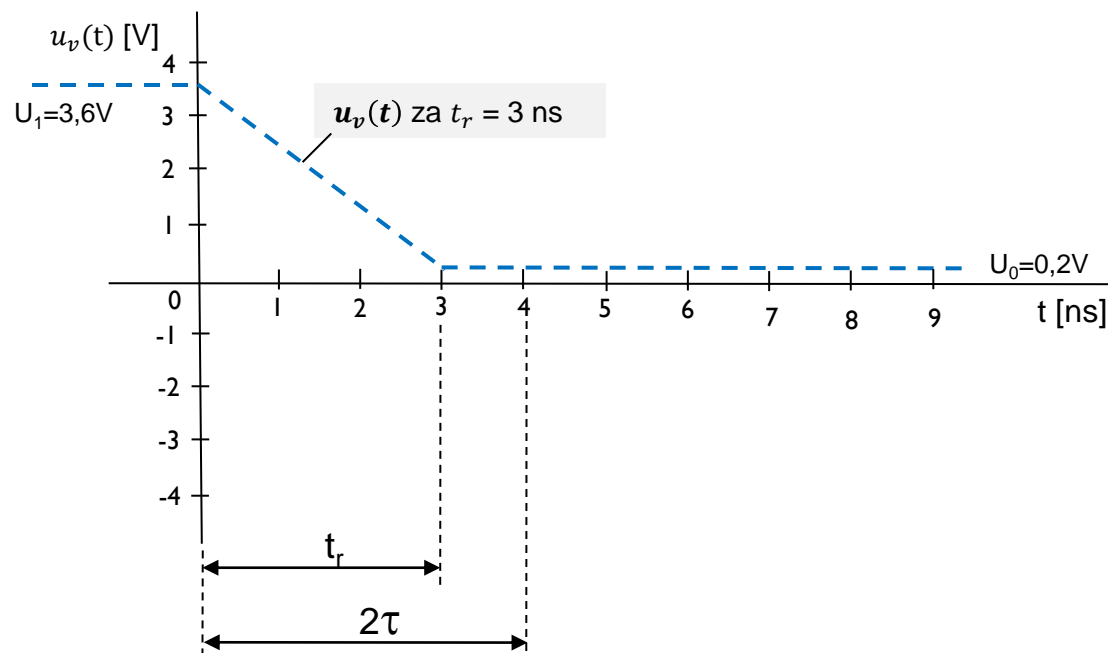
- Čas potovanja signala po liniji

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

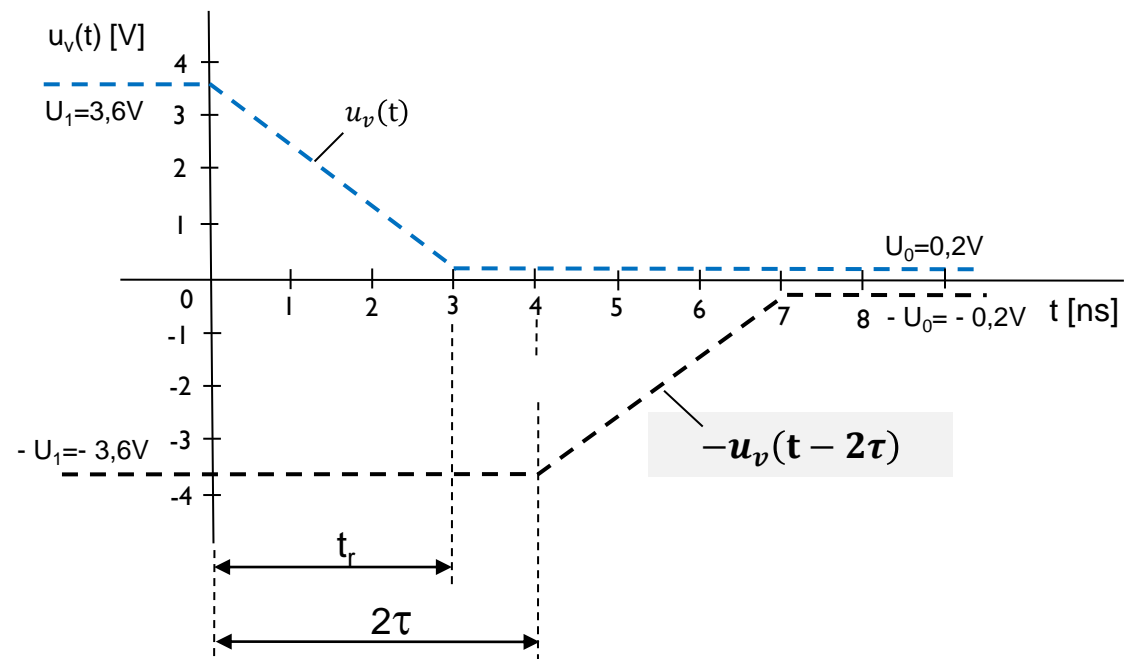
- Pomembno je razmerje $\frac{t_r}{\tau} = ?$ če je $\frac{t_r}{\tau} < 2$, je bližnja preslušna napetost $u_{pb}(t)$ v polni vrednosti (amplitudi)

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

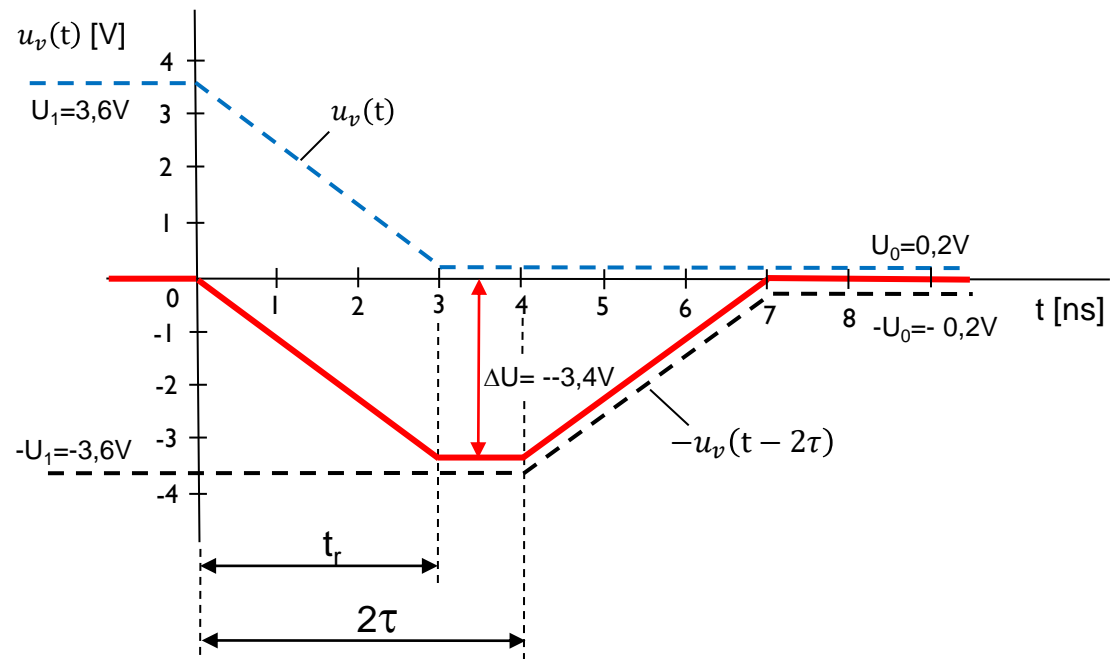
- (I) Časovni diagram
signala $u_v(t)$



(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 $-u_v(t - 2\tau)$.



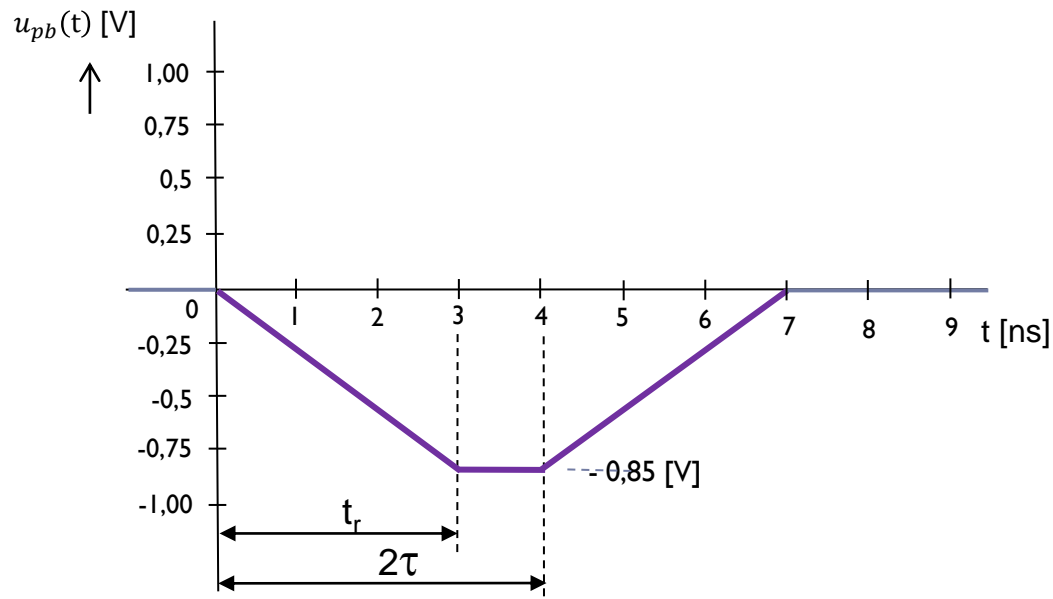
□ Maksimalna vrednost razlik napetosti je v času od $t_r = 3$ [ns] do $2\tau = 4$ [ns]:

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

- ❑ 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.

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

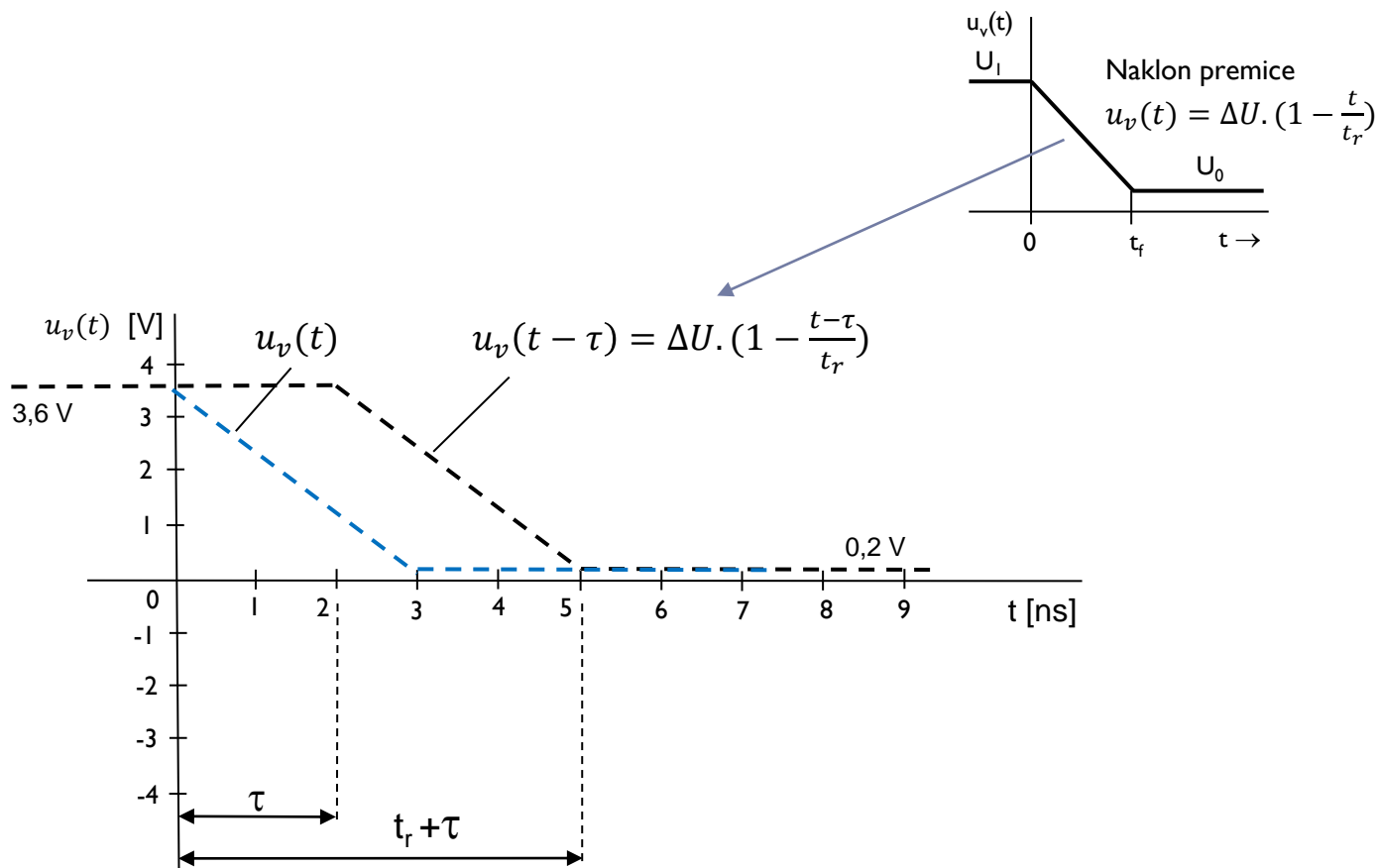
(4) Časovni diagram
bližnje preslušne
napetosti $u_{pb}(t)$



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 $u_v(t - \tau)$

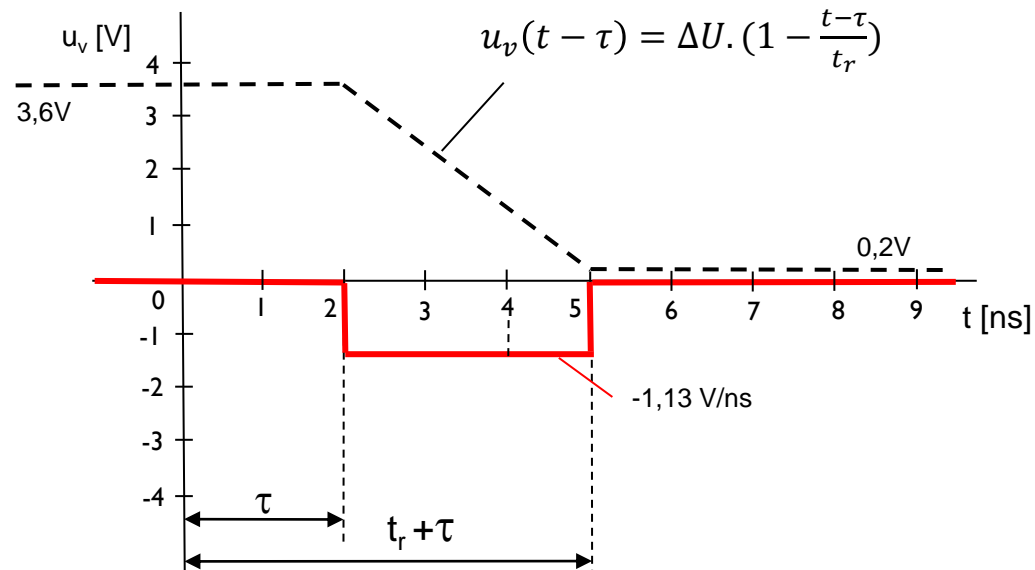


- Izračunajmo odvod za spremembo napetosti $u_v(t - \tau)$ iz stanja I v stanje 0.

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

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

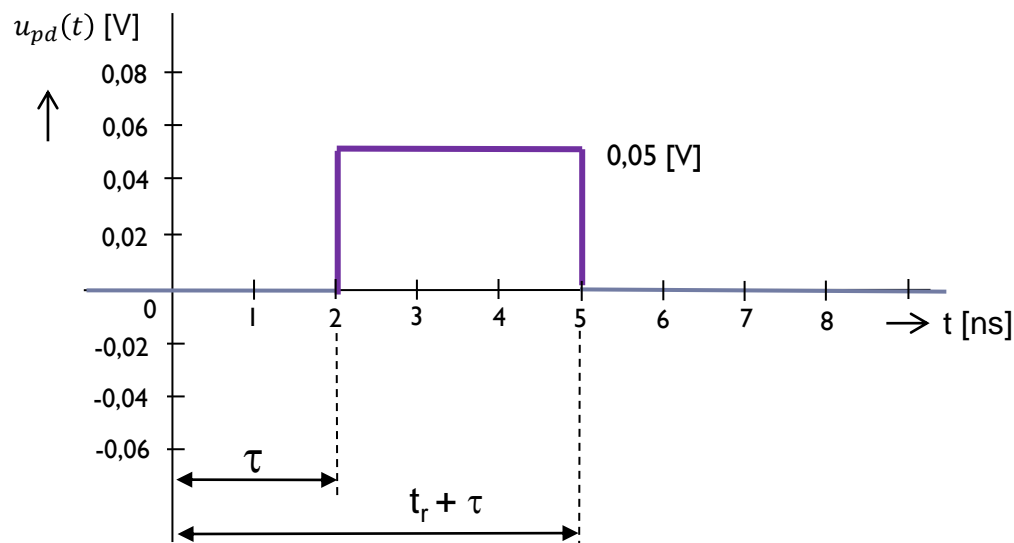
- (2) V časovni diagram narišemo odvod signala $u_v(t - \tau)$ po času t od 2 ns do 5 ns.



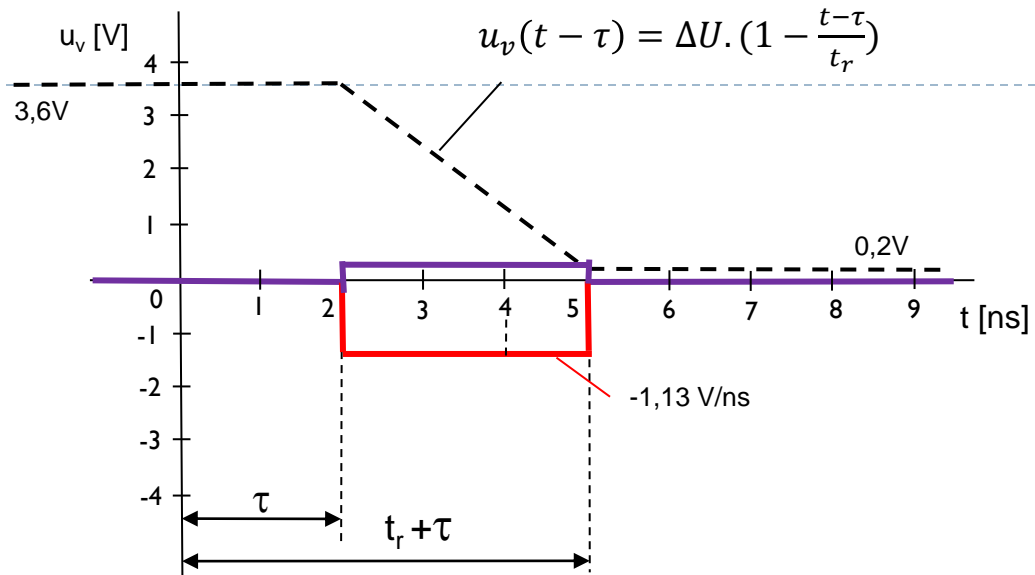
- Ker vhodni signal v linijo A pada, je njegov odvod po času t negativen.
 - Daljni presluh je zakasnjjen za čas potovanja signala po liniji τ in traja od 2 do 5 ns.
- (3) Vrednost daljnega presluha dobimo, če odvod pomnožimo še z daljno preslušno konstanto K_F in z dolžino linije l .
- K_F je vedno 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 $u_{pd}(t)$.



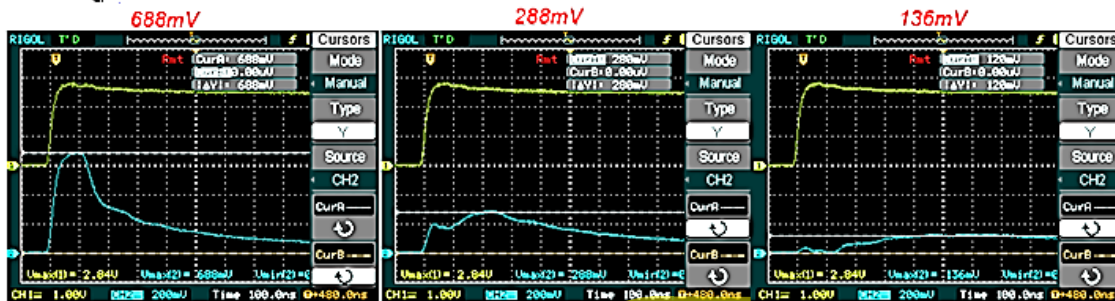
(4) Časovni diagram
daljne preslušne
napetosti $u_{pd}(t)$.



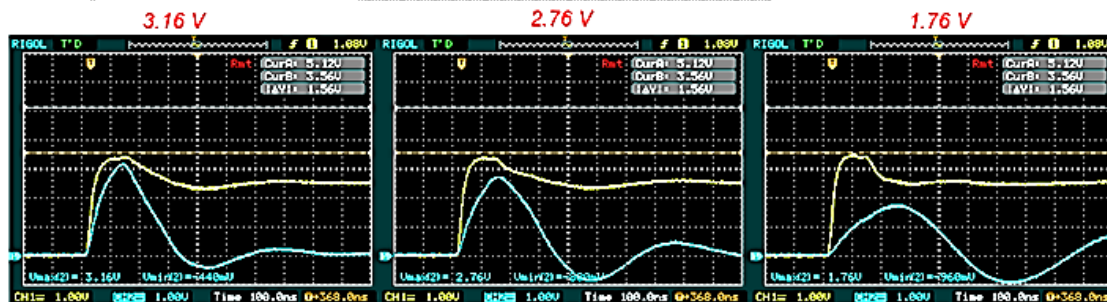
Meritev NEXT presluha – ploščati k.

Bližnji presluh

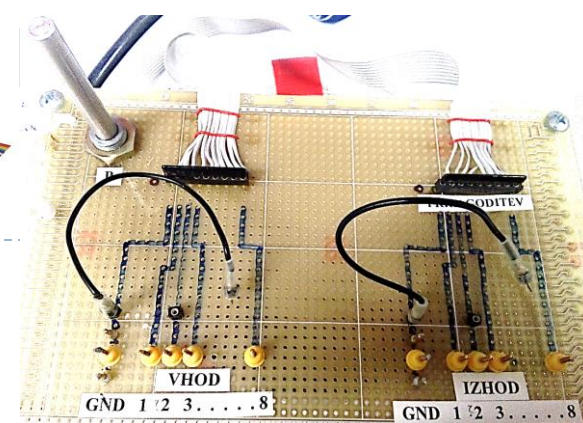
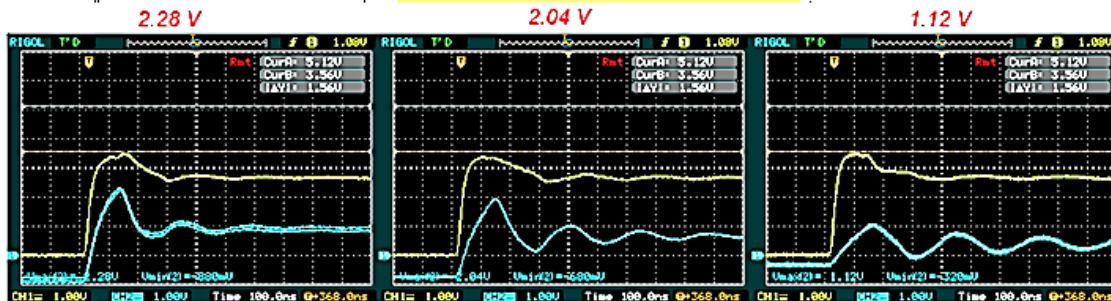
A) Vstavljene zaključitve



B) Brez zaključitev na isti strani



C) Brez zaključitev na obeh straneh



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

Stolpci prikazujejo primerjave linij

VIN – 7 –

0-2

0-3

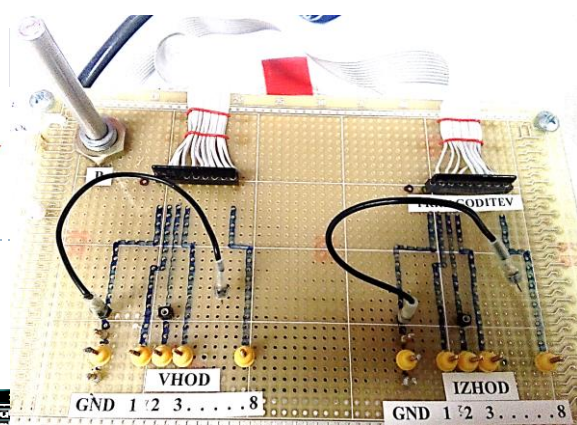
0-8

26

Meritev FEXT presluha – ploščati k.

REŠ: Merjenje presluha na ploščatem kablu : Daljnji presluh

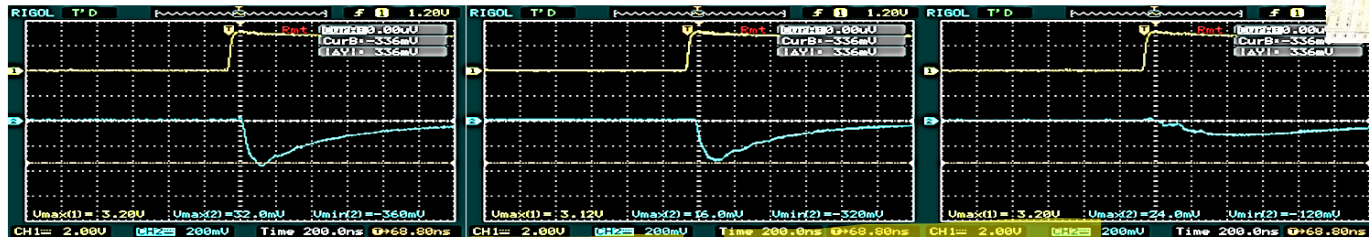
Izmerite napetostne nivoje daljnega presluha $u_{pd}(l,t)$ na izhodih linij 2,3 in 8.



-360mV

-320mV

-120mV

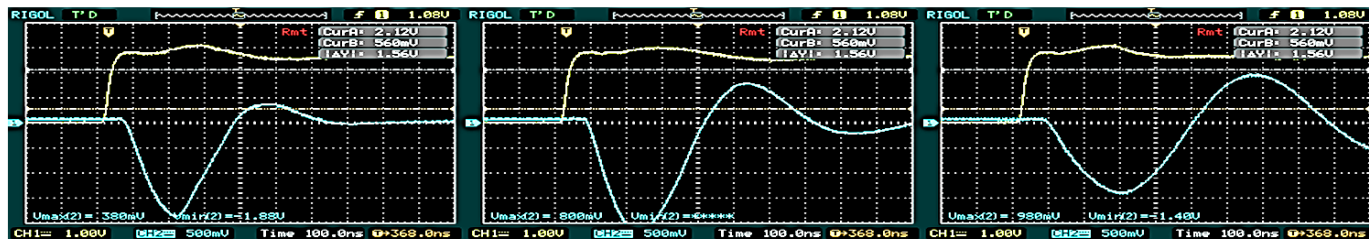


Brez zaključitve na daljnji strani (spodaj) in obeh straneh (čisto spodaj)

-1.88 V

<-2V

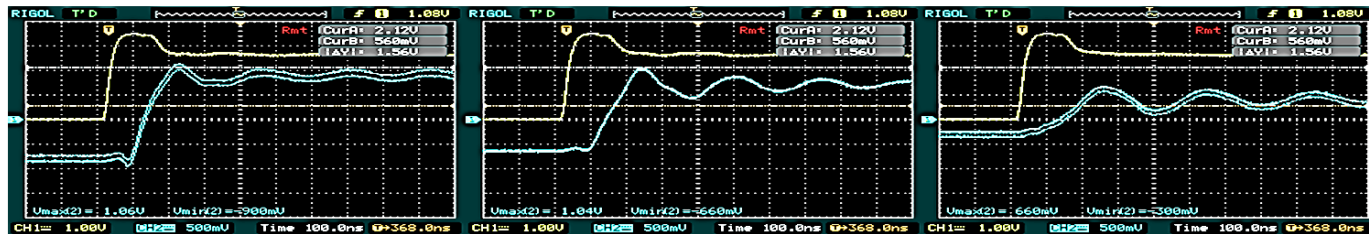
-1.4 V



1.06 V

1.04 V

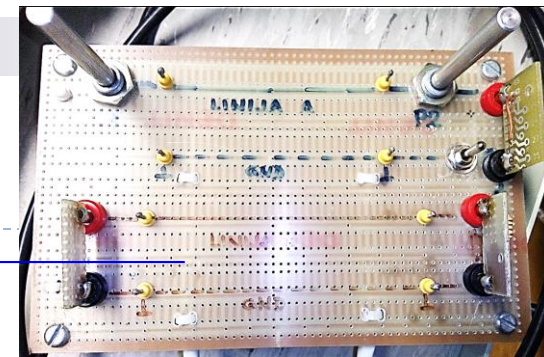
0.66 V



Stolpci prikazujejo primerjave linij
0-2 0-3 0-8

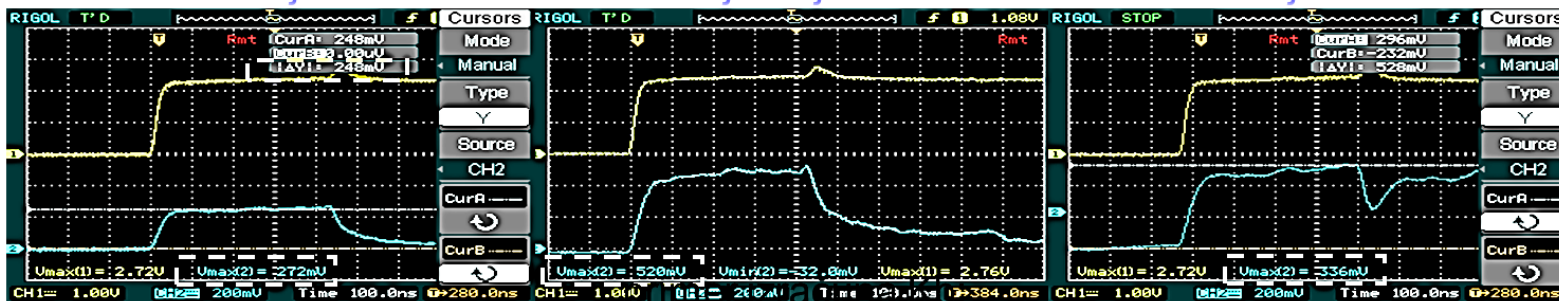
Vpliv zaključitev na linijah 2, 3 in 8 na amplitudo in potek daljnega presluha

Primeri meritev presluha – UTP kabel



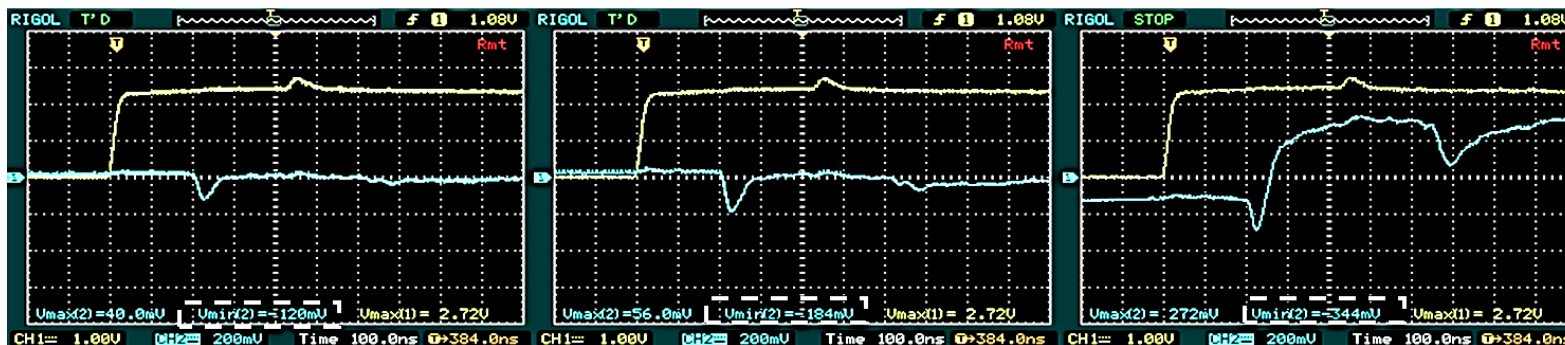
- Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje bližnjega presluha $u_p(0,t) = u_{pb}(t)$ na vhodu linije in

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



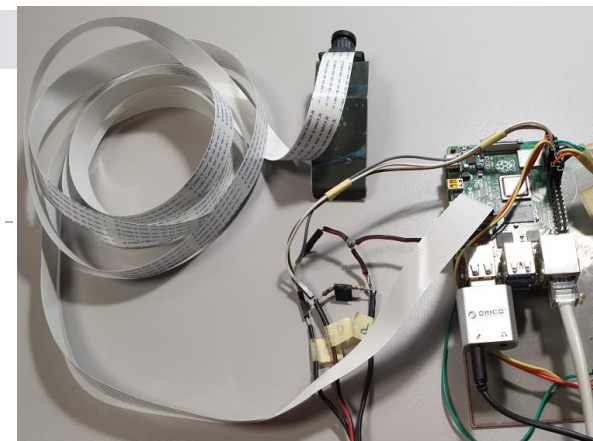
daljnega presluha $u_p(l,t) = u_{pd}(t)$ na izhodu linije,

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

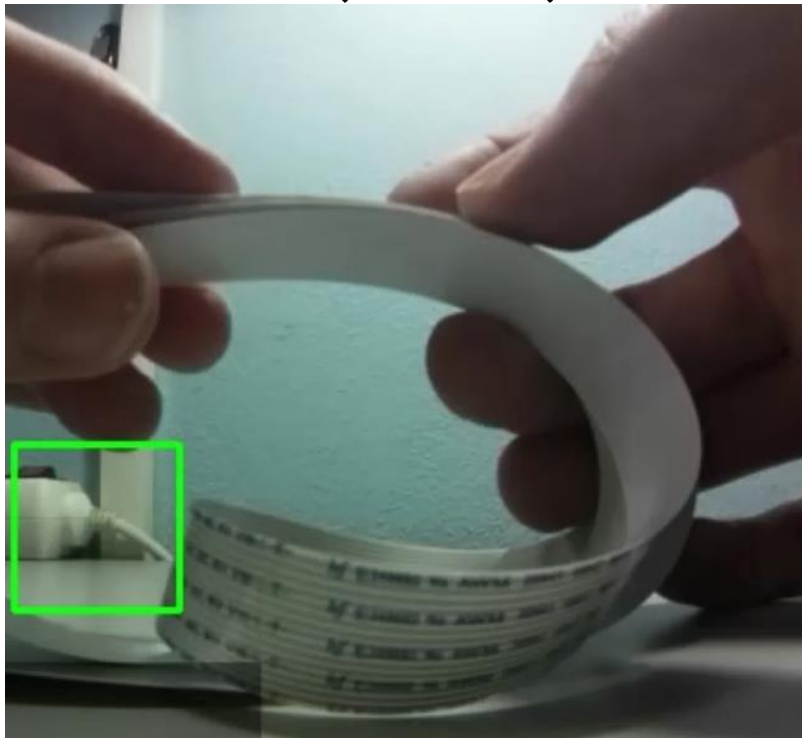


Primer presluha iz prakse: RPI kamera na ploščatem kablu

Ovoji zelo blizu skupaj povzročajo medsebojni presluh



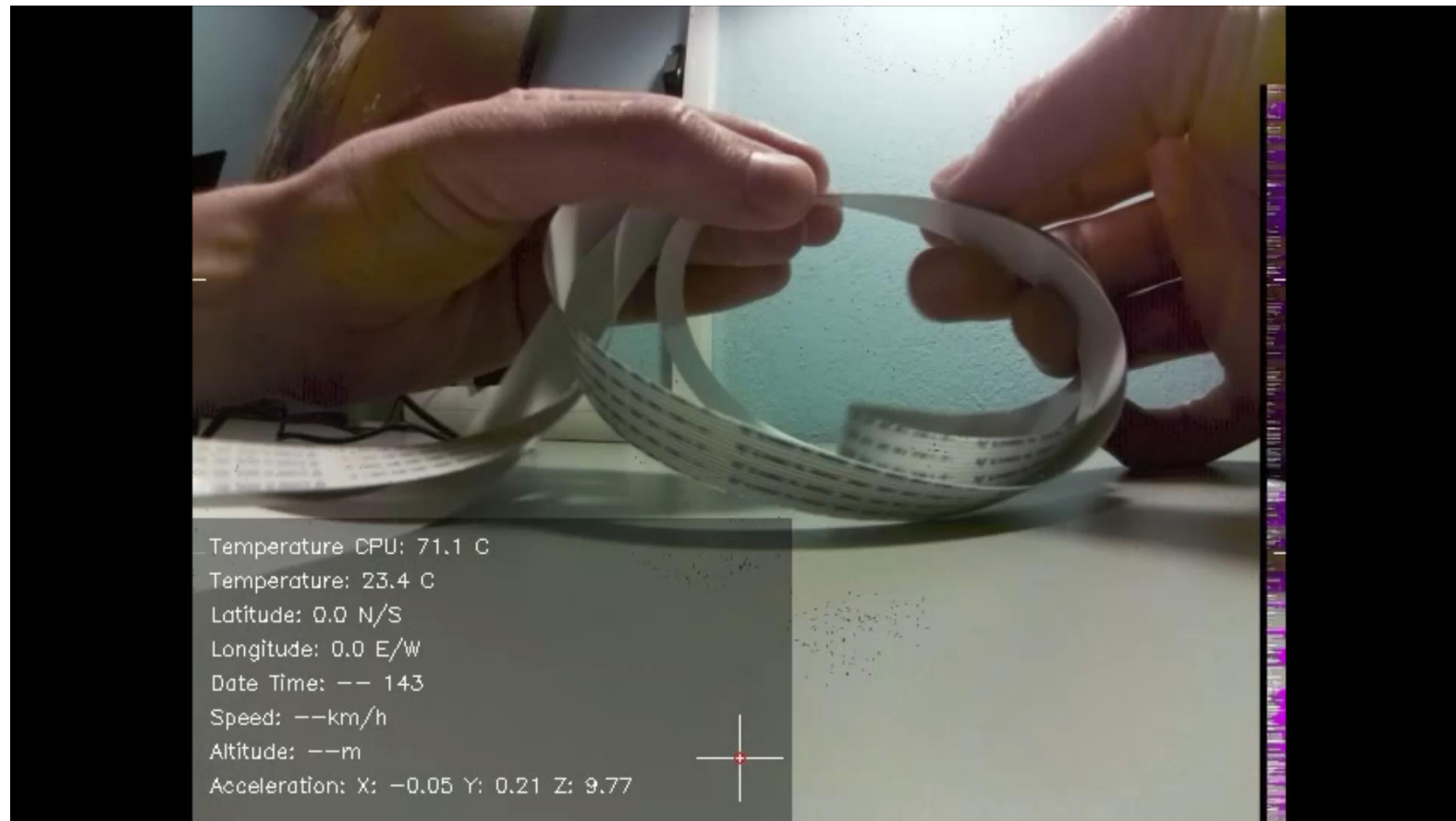
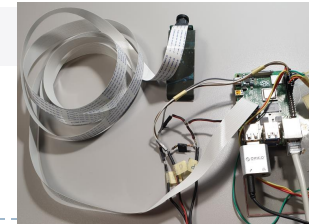
Nestisnjeni ovoji



Stisnjeni ovoji



Primer presluha iz prakse: RPi kamera na ploščatem kablu - video



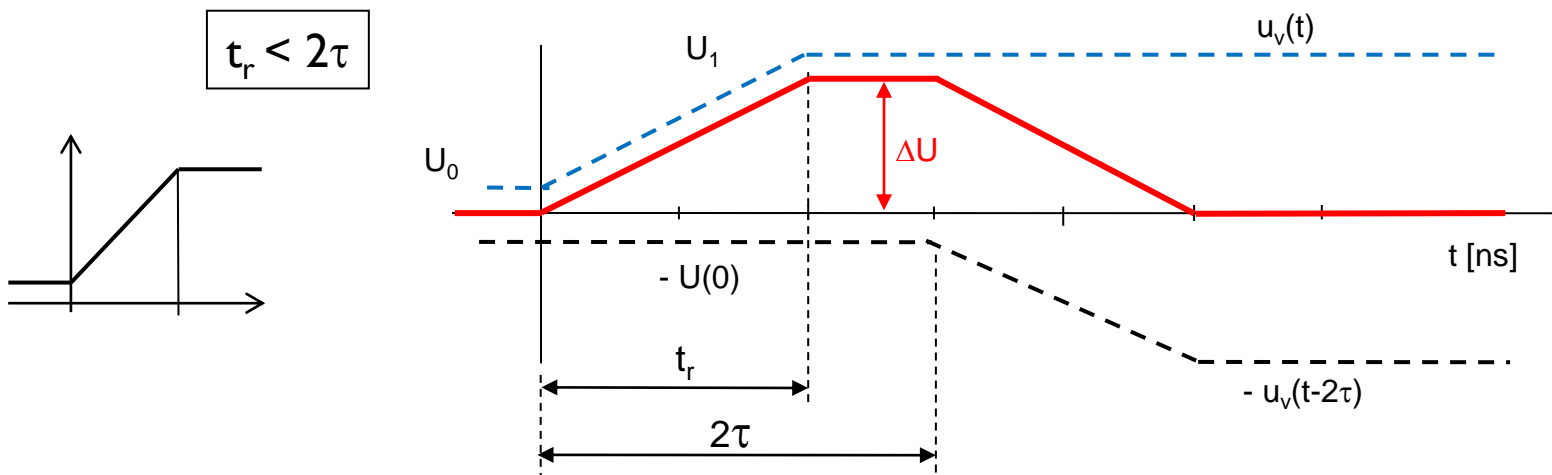
7.5 Omejevanje presluha

1. **Večanje razmerja t_r / τ** (čas vzpona signala / čas potovanja signala po liniji)
2. **Manjšanje** spremembe napetosti ΔU 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 2τ :

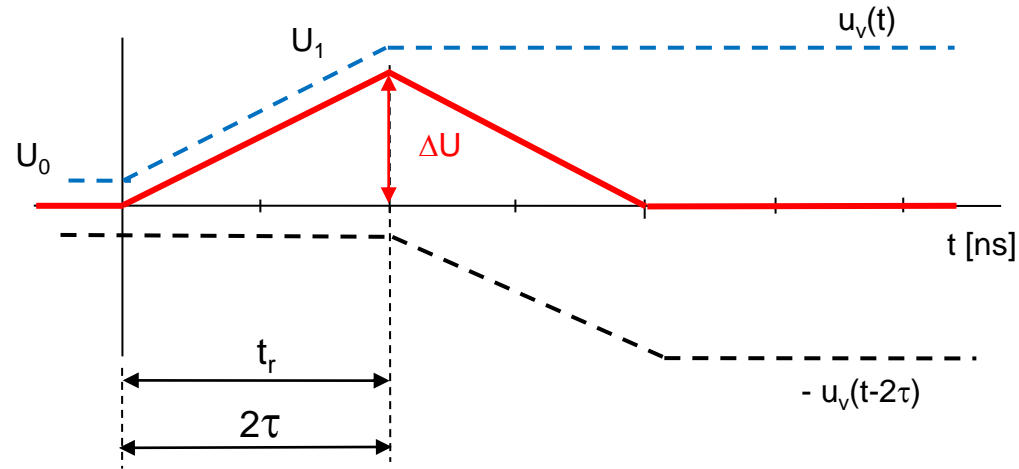
$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = U_1 - U_0 = \Delta U$$

□ Napetost bližnjega presluha dobimo, če ΔU 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 $t = t_r$:

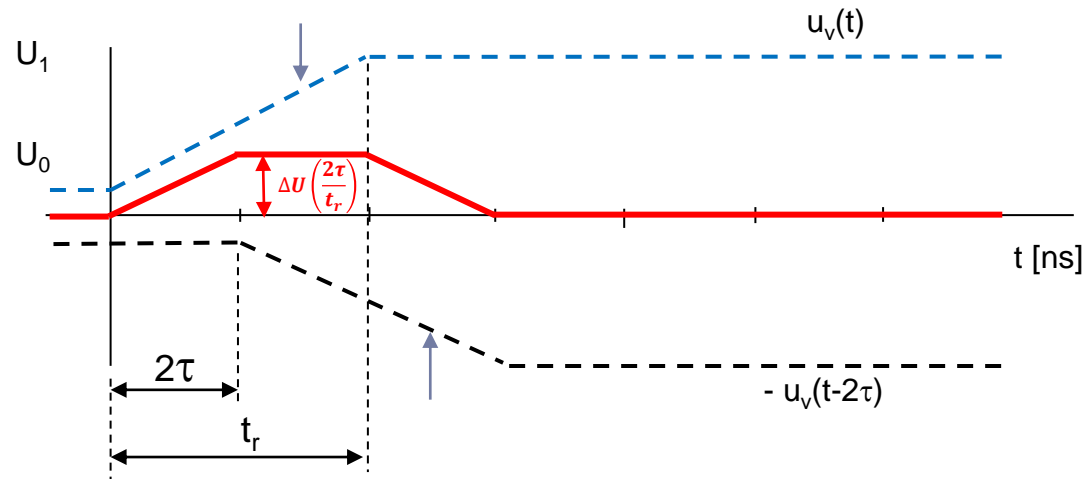
$$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = U_1 - U_0 = \Delta U$$

- Napetost bližnjega presluha dobimo, če ΔU 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 2τ do t_r :

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

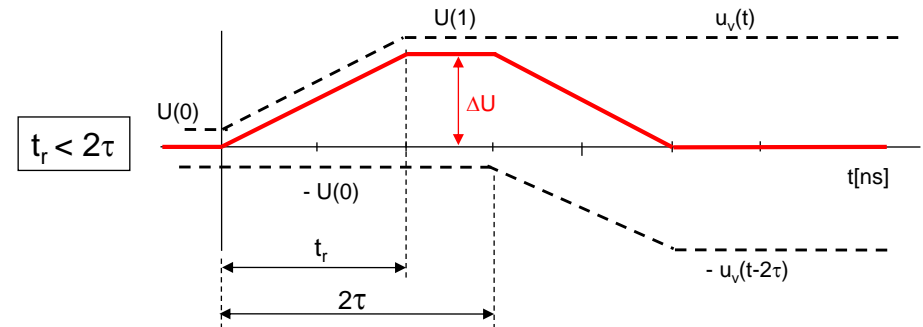
- Napetost bližnjega presluha dobimo, če izraz pomnožimo s K_B

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

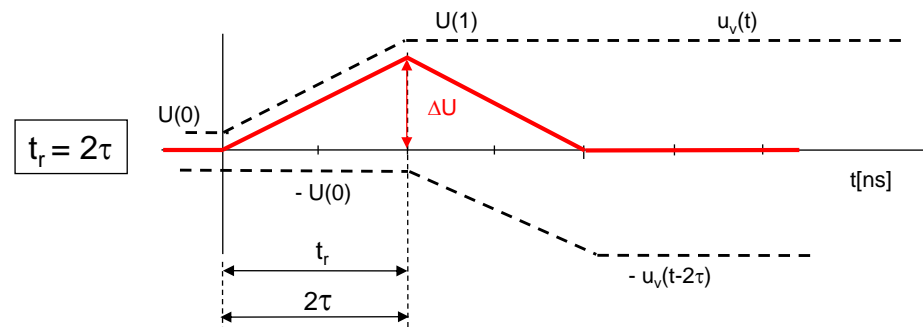
- Bližnji presluh se začne manjšati, če je razmerje t_r / τ večje od 2 (čas vzpona signala je daljši kot dvakratni čas potovanja signala po liniji).

Večanje razmerja t_r / τ in vpliv na velikost bližnjega presluha

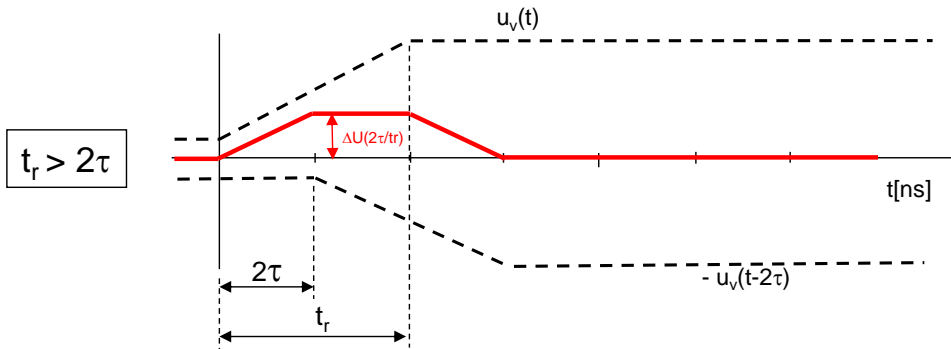
Pozor: različne časovne osi



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

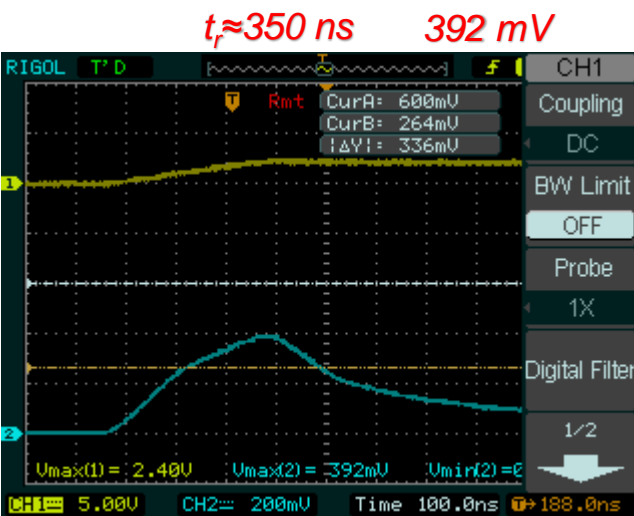
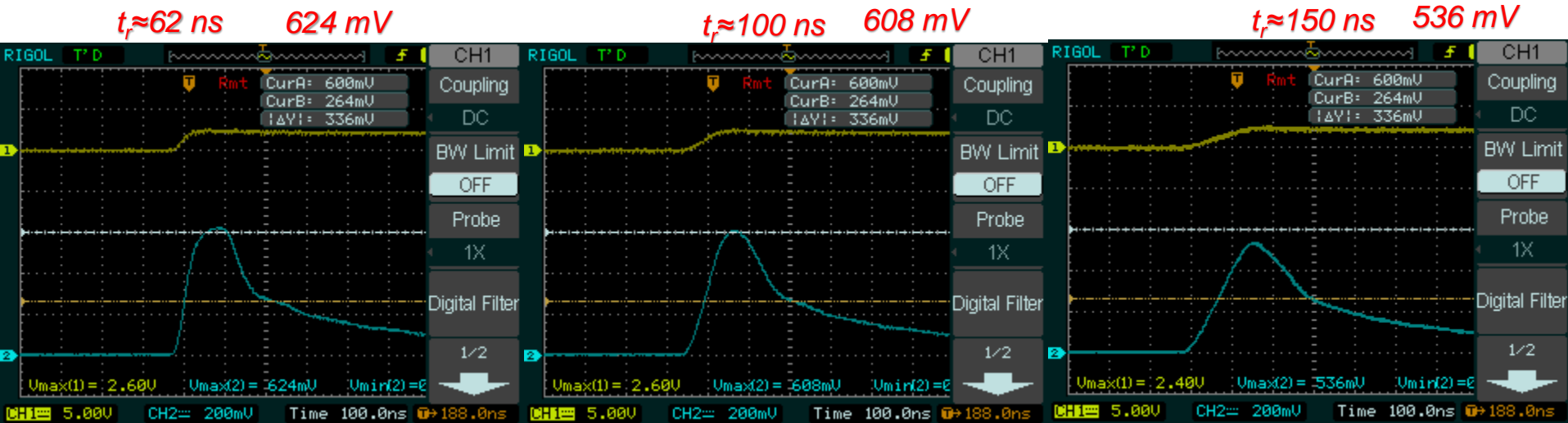


$$\max[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U$$

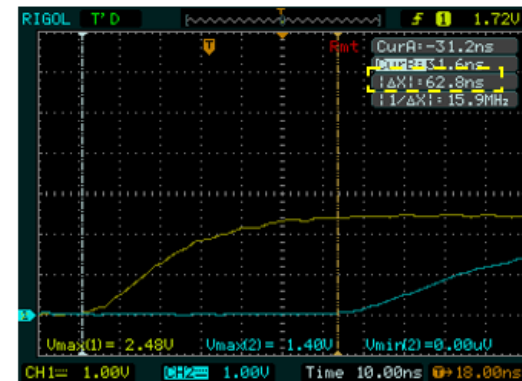


$$\max[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] = \Delta U \left(\frac{2\tau}{t_r} \right)$$

Večanje razmerja t_r / τ in vpliv na velikost bližnjega presluha – ploščati kabel



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

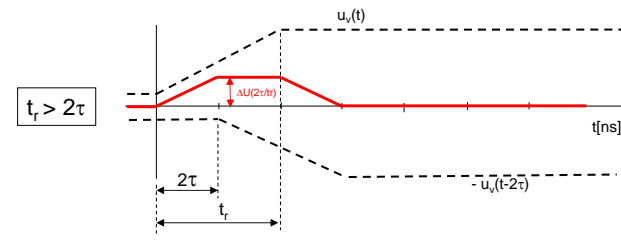
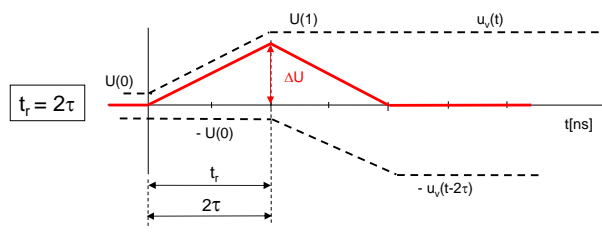
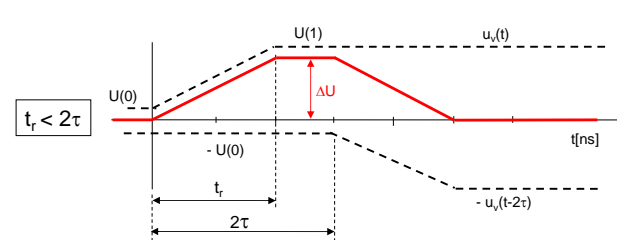
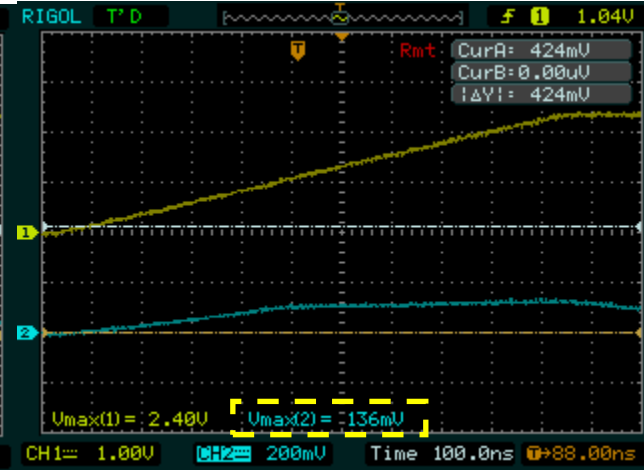
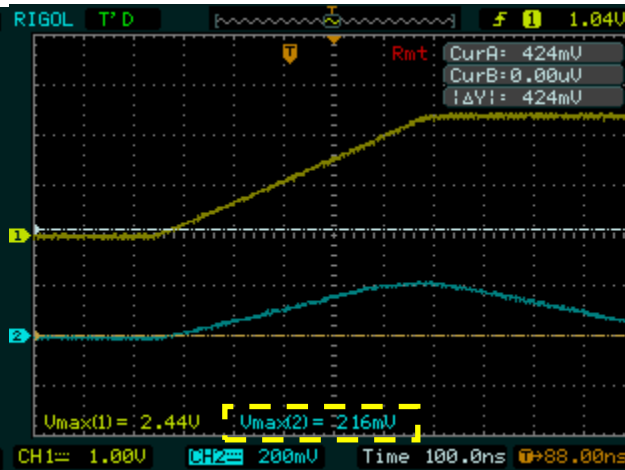
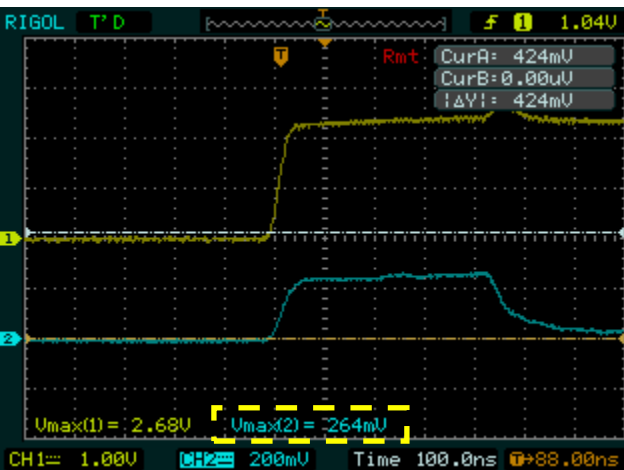


Večanje razmerja t_r / τ in vpliv na velikost bližnjega presluha – UTP kabel

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

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

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

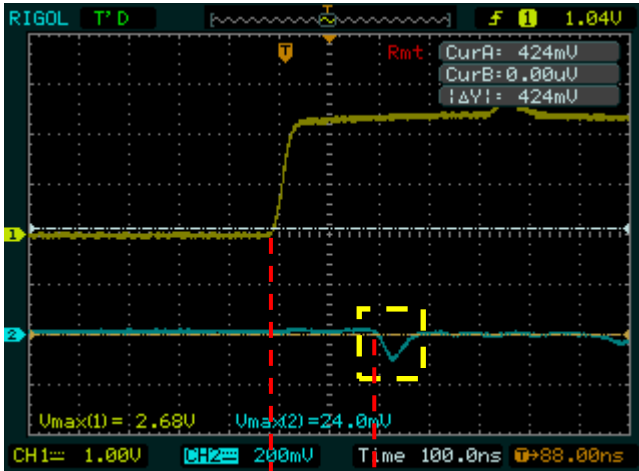


Nastavitve za funkcijski generator RIGOL:

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

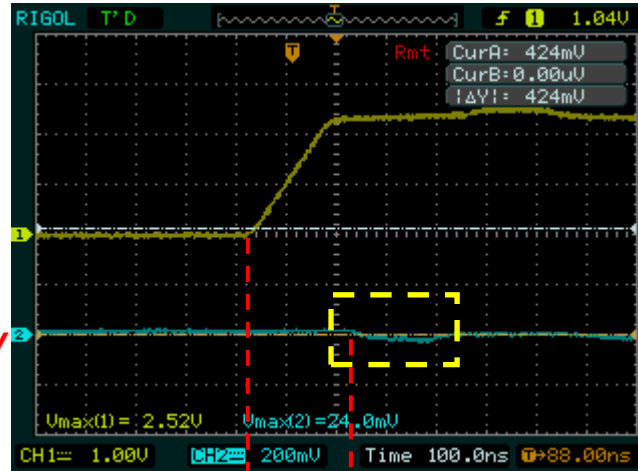
Večanje razmerja t_r / τ in vpliv na velikost daljnega presluha – UTP kabel

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



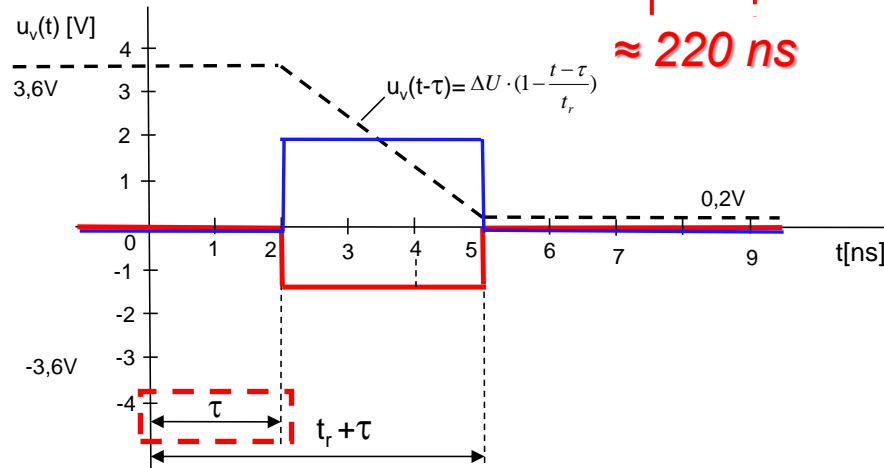
$\approx -100\text{ mV}$

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



$\approx -40\text{ mV}$

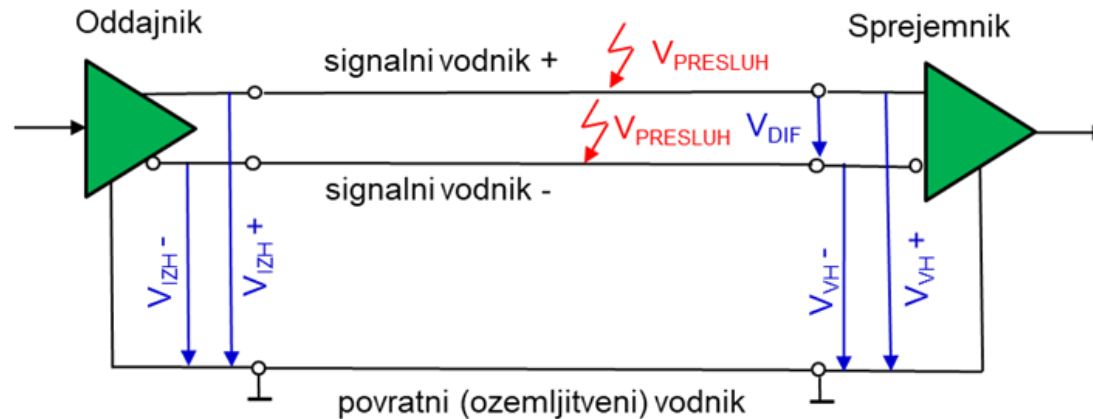
$\approx 220\text{ ns}$



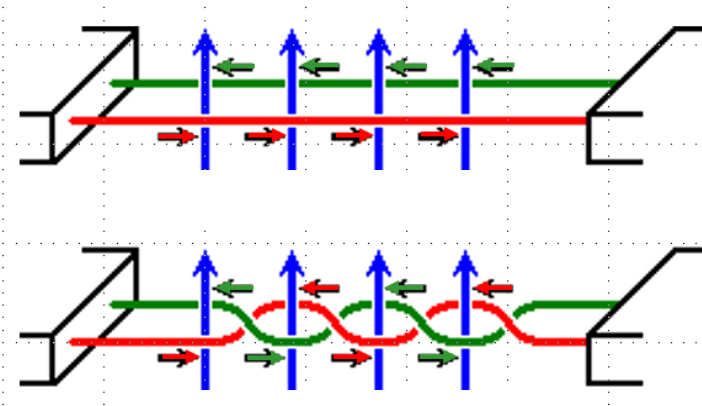
$\approx 220\text{ ns}$

2. Manjšanje preslušnih konstant K_B in K_F .

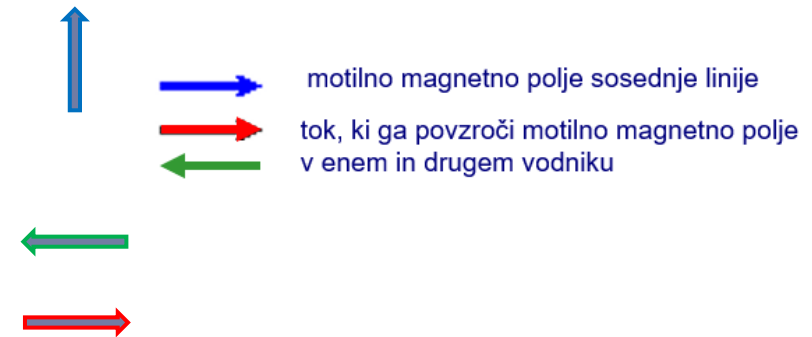
- ❑ **Simetrični prenos** – ker sprejemnik reagira na razliko napetosti, se presluh, ki se pojavi na obeh vodnikih, izniči.



- ❑ **Ploščati kabel**



- ❑ **Parica**



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

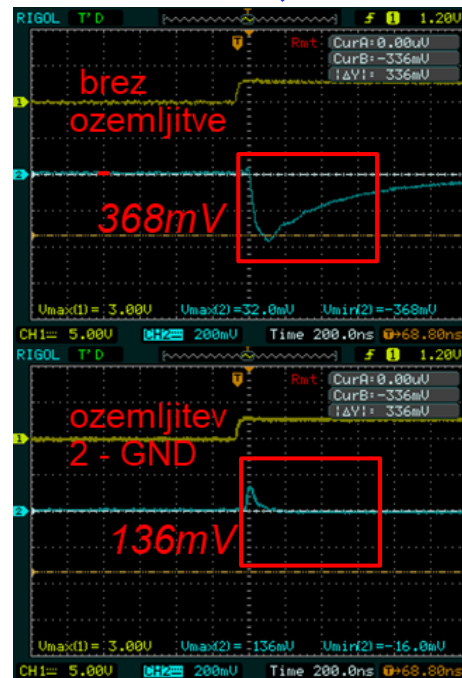
brez
ozemljitve
312 mV

ozemljitev
2 - GND
32 mV

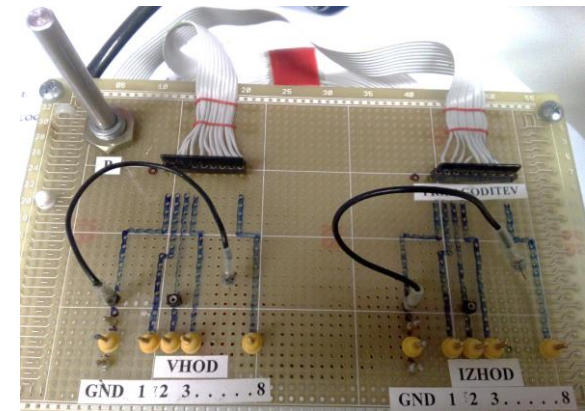
VIN - LV



Bližnji presluh



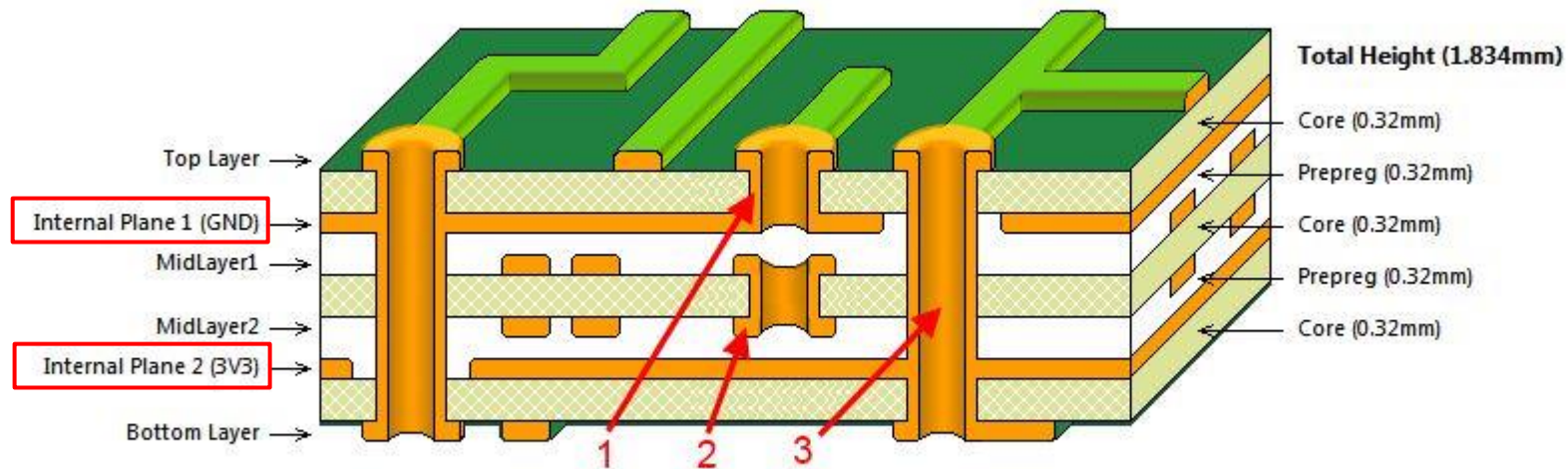
Daljni presluh



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 :

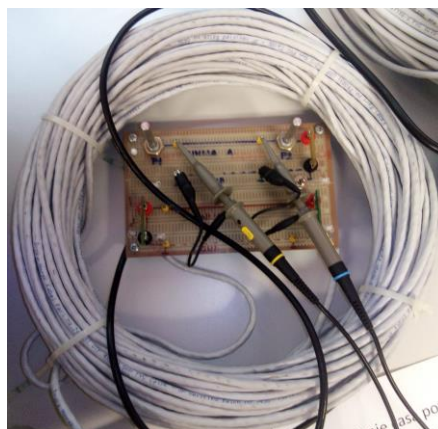
- Čimvečje razdalje med prevodniki
- Povezave blizu GND vodnikov, plasti
- Uporabiti simetrični prenos (če je mogoče)
- Ortogonalni prehodi – križanja povezav čimkrajša, čimmanj vzporedne skupne površine
- Uporaba počasnejšega časa vzpona/padca
- Vmesni plasti z ozemljitvenimi in napajalnimi povezavami 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

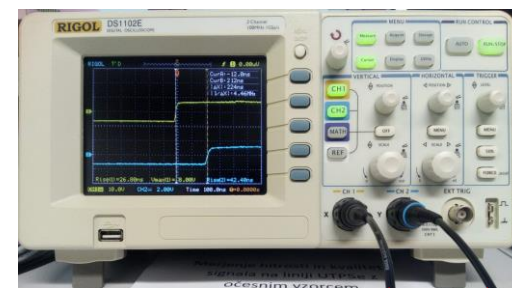
Shema meritev lastnosti prenosnih linij



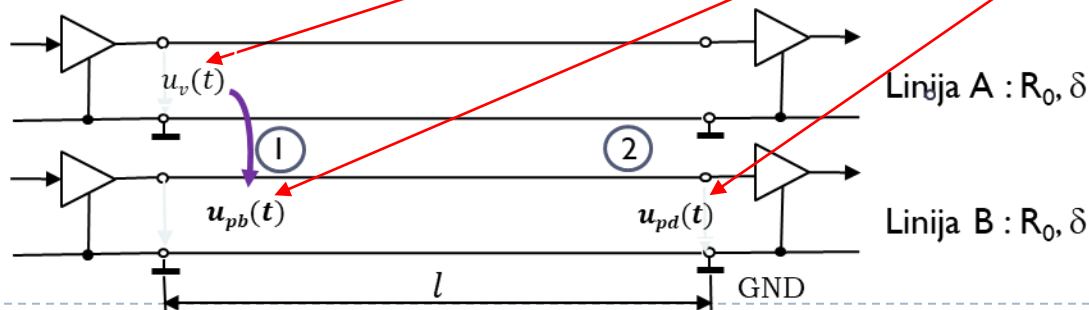
Generator pravokotnega signala



Prenosna linija (ploščat, UTP)

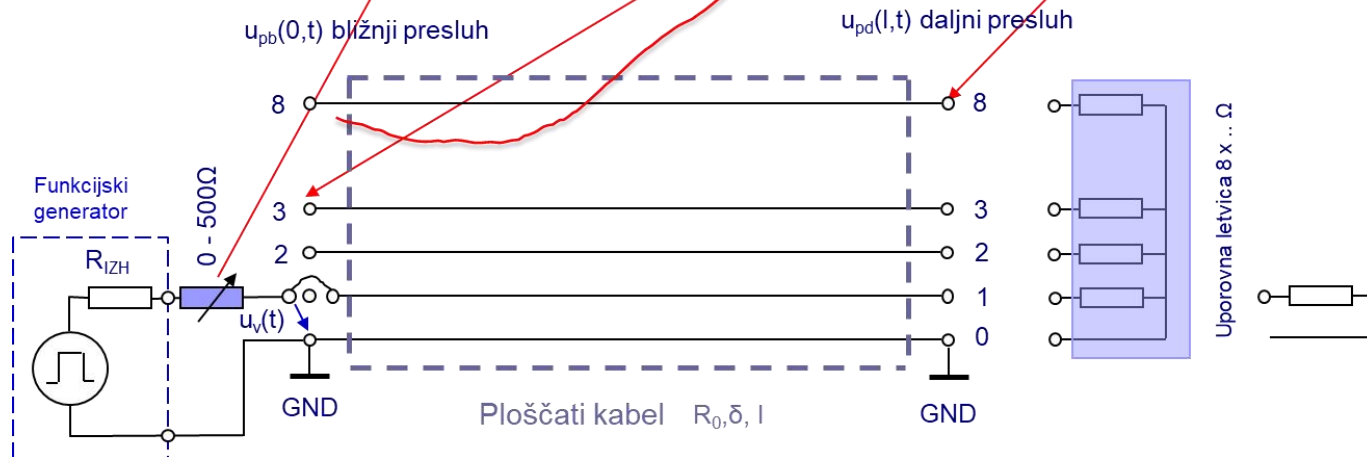
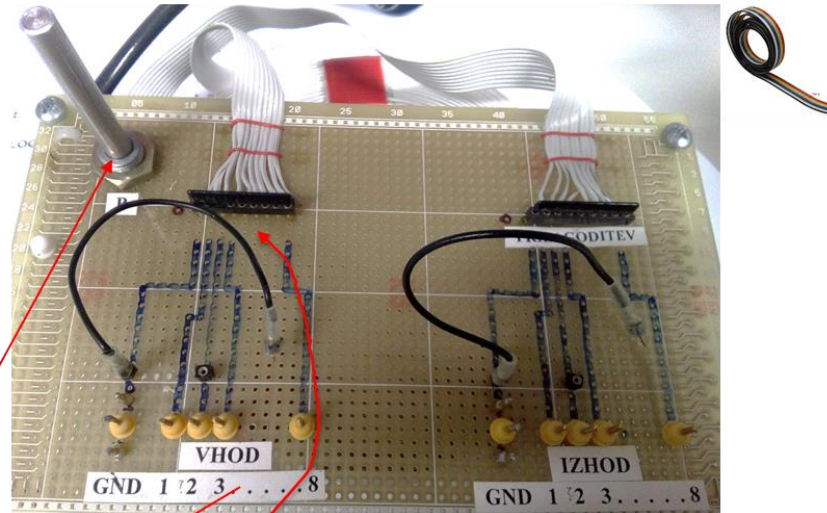


Osciloskop $U_v(t)$, $U_{pb}(t)$, $U_{pd}(t)$



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 - τ
 - ⓑ • KARAKT. UPORNOST - R_0
- LIN. 0-2 ← GND

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

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

MERITVE:

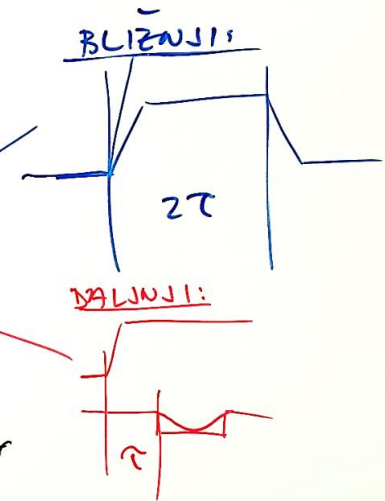
- ČASOVNI POTEK
- VPLIV ODBOSEV:
- BREZ

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

• DMEJEVANJE PRESLUHOV:

- ⓕ {
- OZEMLJITEV LINIJE 0-2
- ⓖ • DALJŠANJE t_{ov} , t_d

POLOČILO:

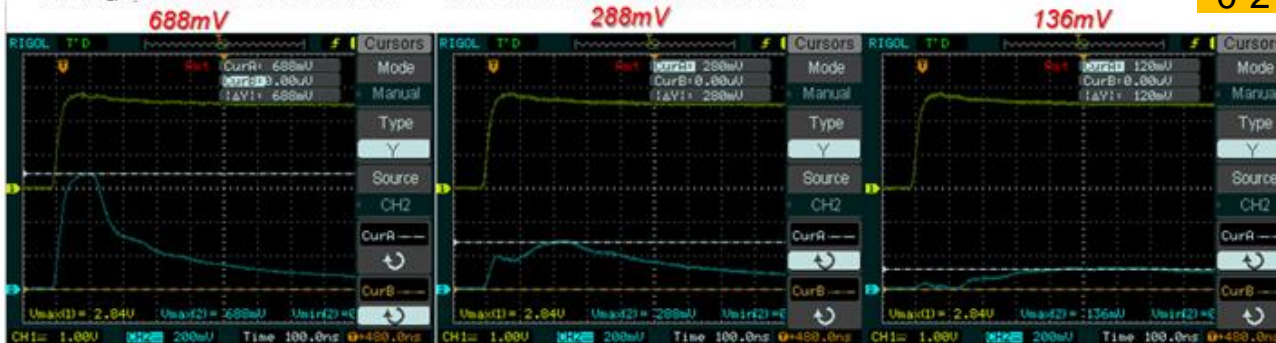


Vpliv zaključitev na linijah 2,3 in 8 na amplitudo in potek bližnjega presluha

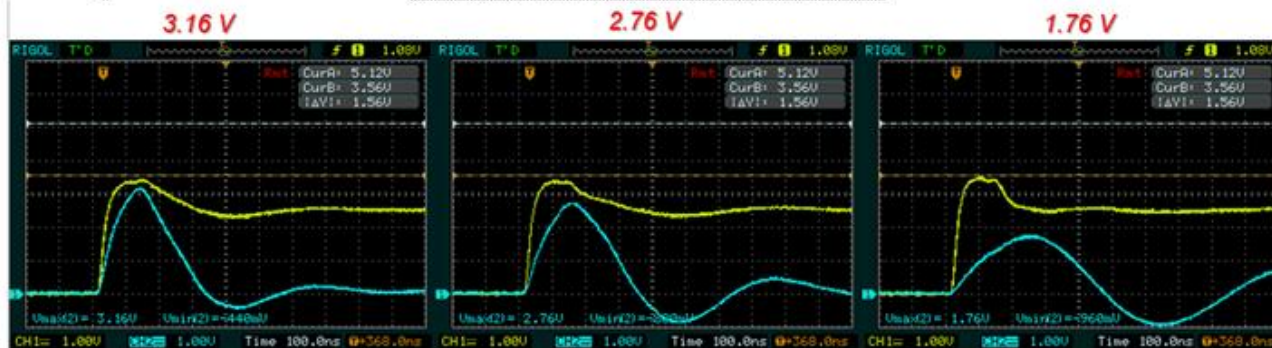
Bližnji-presluh

A) Vstavljene zaključitve

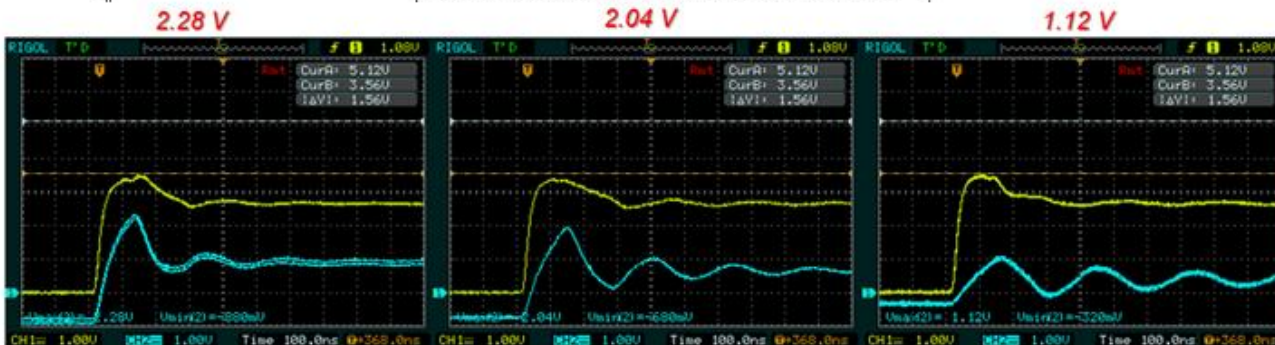
Stolpci prikazujejo povezave
0-2 0-3 0-8



B) Brez zaključitev na isti strani



C) Brez zaključitev na obeh straneh



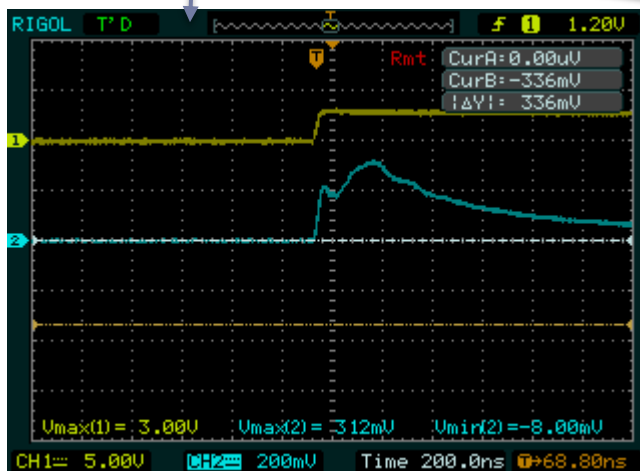
REŠ: Merjenje presluha na ploščatem kablu

Omejevanje presluha na ploščatem kablu - ozemljitev

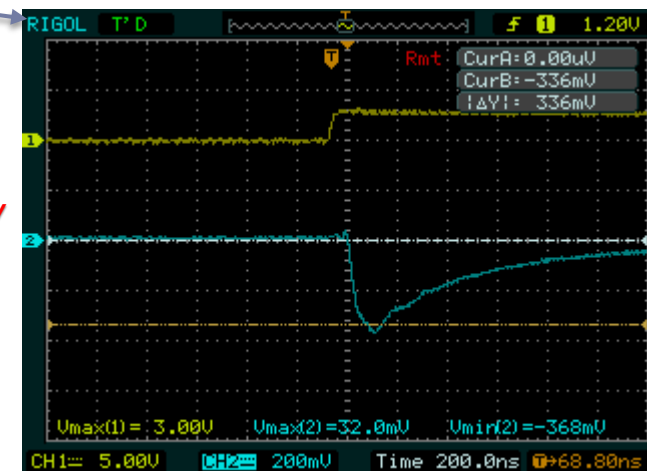
- Opazujte **vpliv ozemljitve na liniji 2** (na enem ali obeh koncih) na amplitudo bližnjega in daljnega presluha na liniji 3.

brez
ozemljitve

312 mV

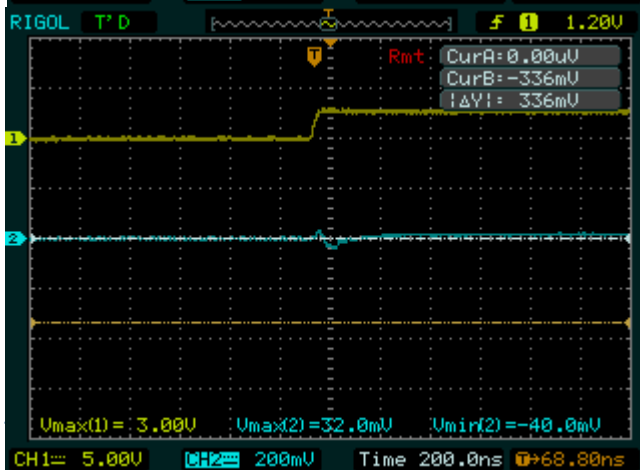


-368mV

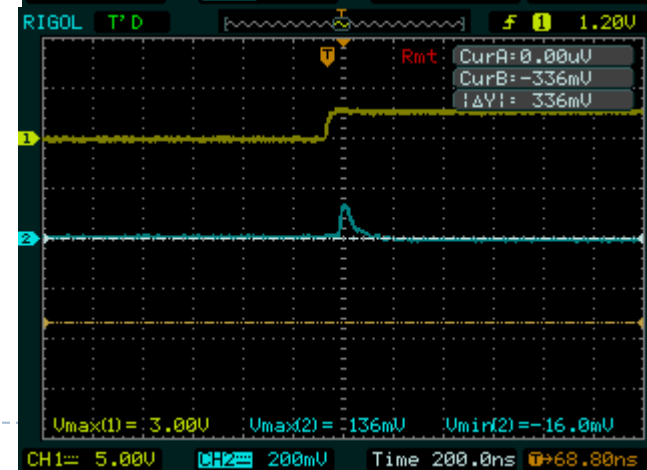


ozemljitev
2 - GND

32 mV



136mV

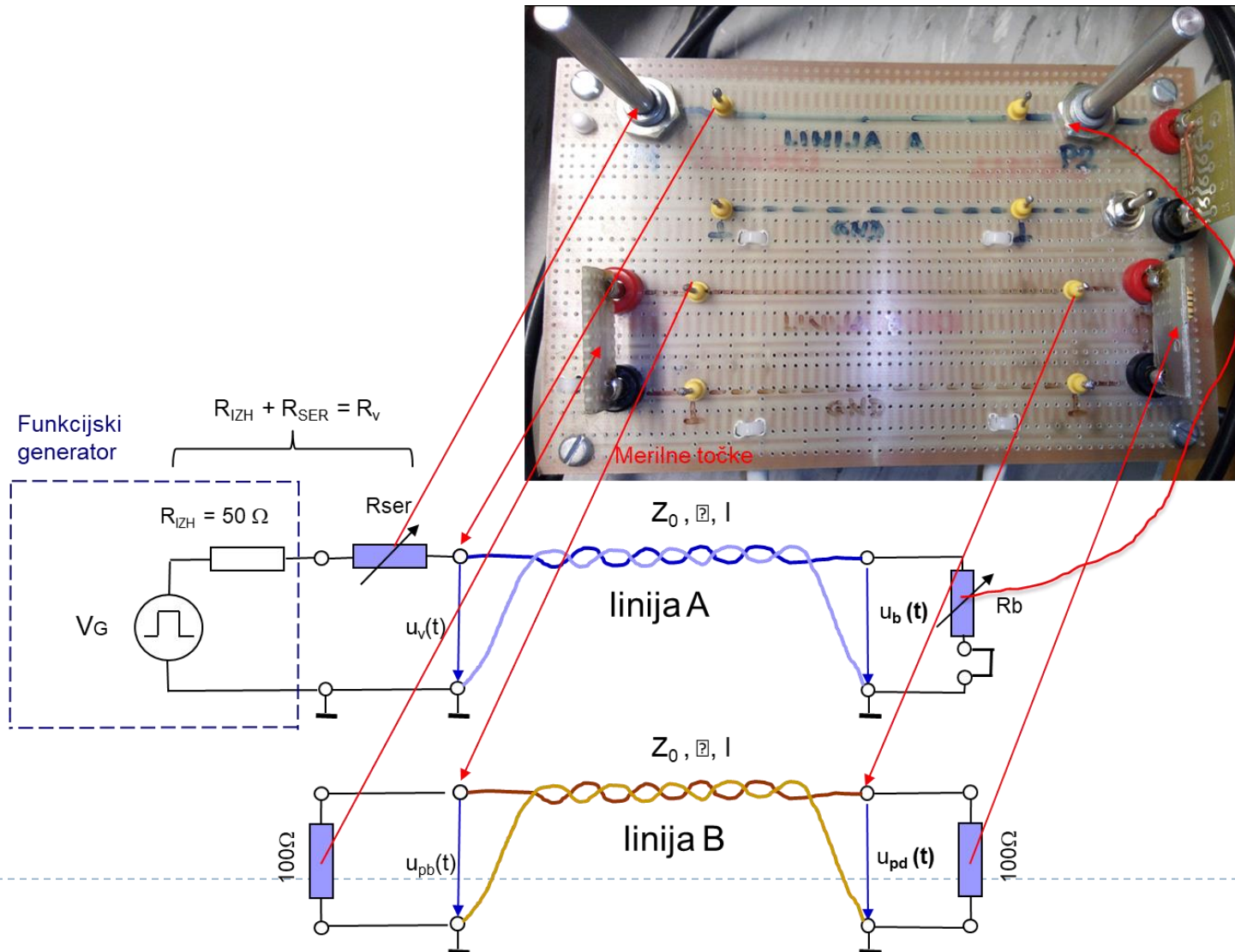


Bližnji presluh

Daljnji presluh

Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

Meritve presluhov - UTP



Dodatek I: Praktične meritve na LAB vajah

Meritve presluhov - UTP

UTP:

LINIJA A:

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

LINIJA B:

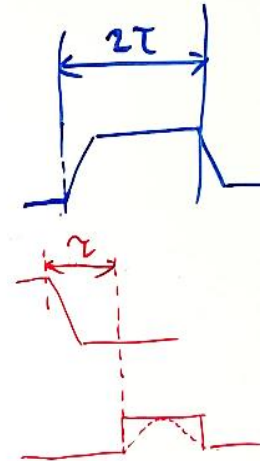
- ②
- K_B ? ← • BLIŽNJI PRESLUH
 - DALJNJI PRESLUH

MERITVE:

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

BLIŽNJI:

DALJNJI



POROČILO

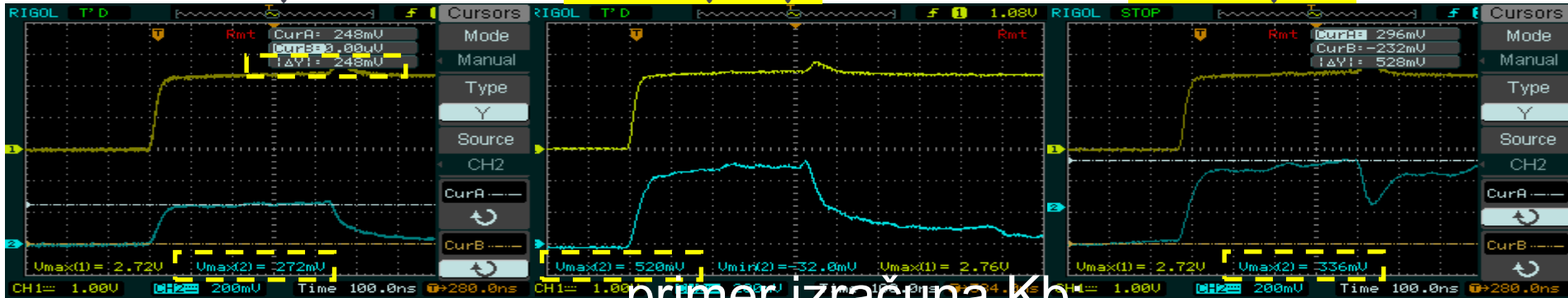
REŠ: Merjenje presluha na UTP kablu 1

--> $K_b = 0.272 / 2.72$

▶ 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**

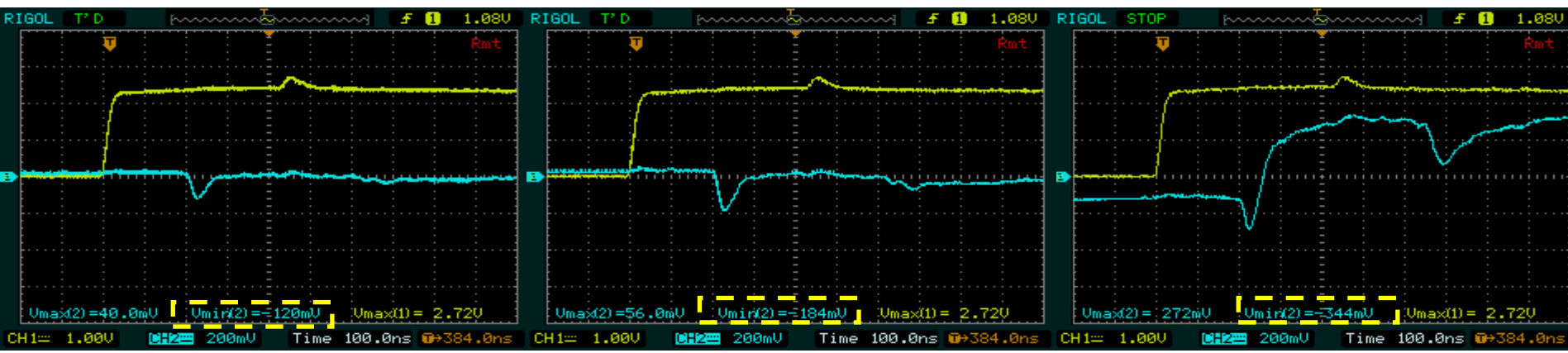
$K_b =$
 0.1



primer izračuna K_b

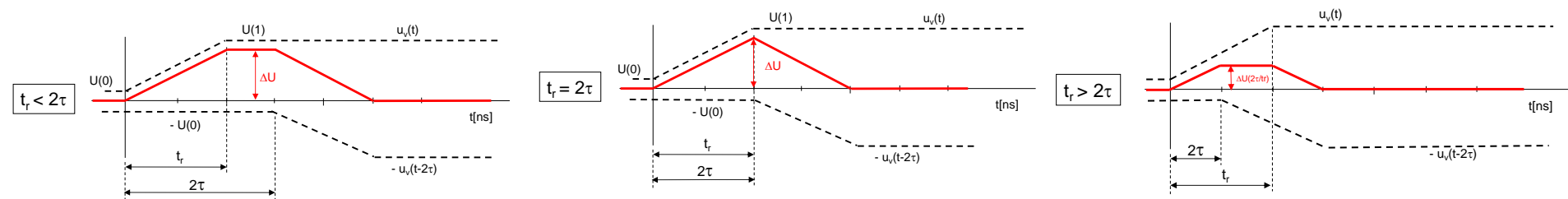
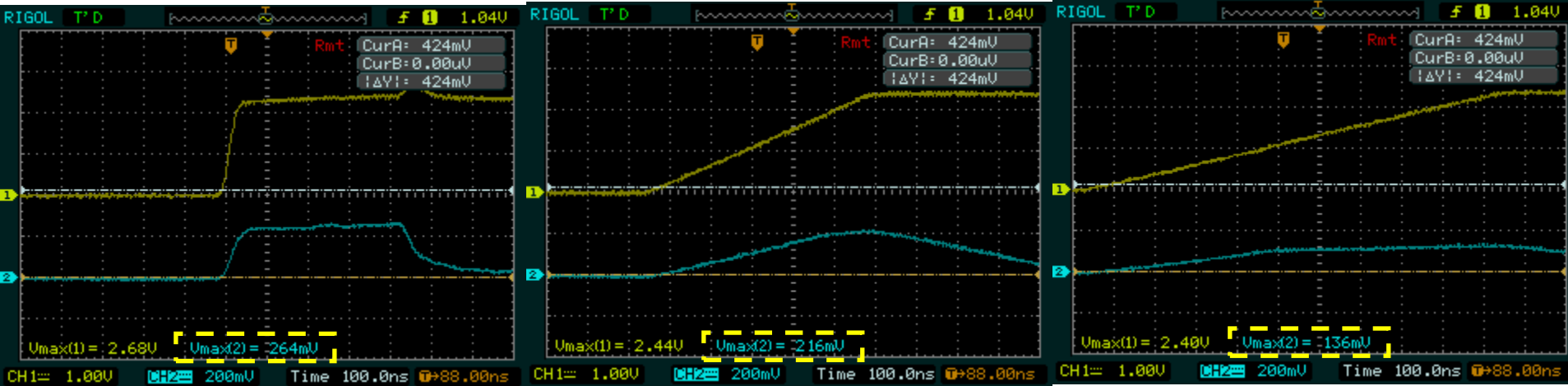
□ daljnega presluha $u_p(l,t) = u_{pd}(t)$ na izhodu linije,

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 / τ .

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

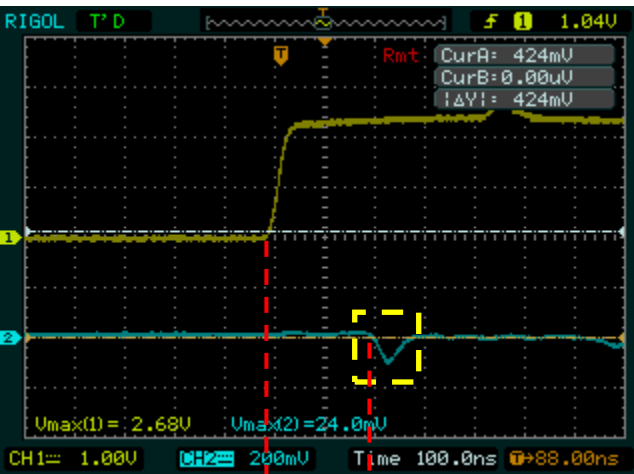


Nastavitve za funkcijski generator RIGOL:

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

REŠ: Merjenje presluha na UTP kablu: DALJNJI : Omejevanje presluha s spreminjanjem razmerja t_r/τ .

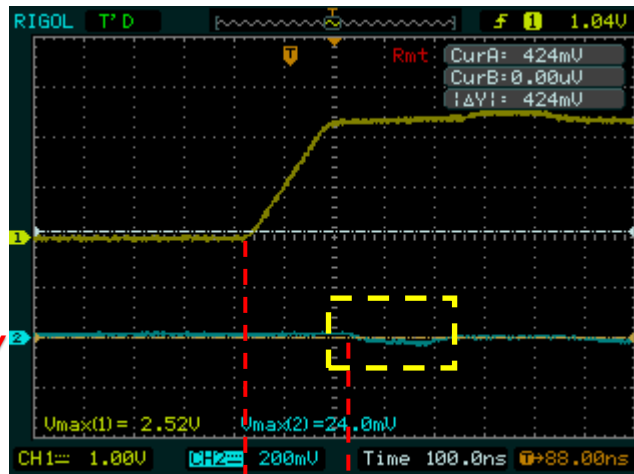
$t_r = 25\text{ns}$ $\tau = 220\text{ns}$.



$\approx -100\text{ mV}$

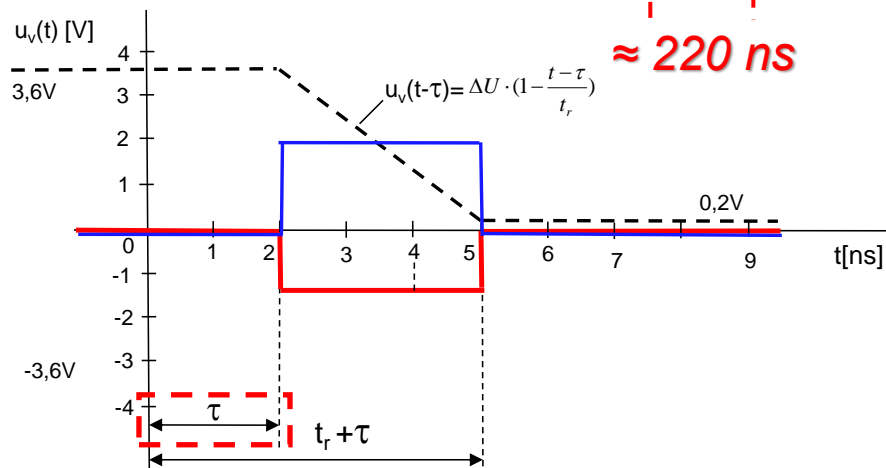
$\approx 220\text{ ns}$

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



$\approx -40\text{ mV}$

$\approx 220\text{ ns}$

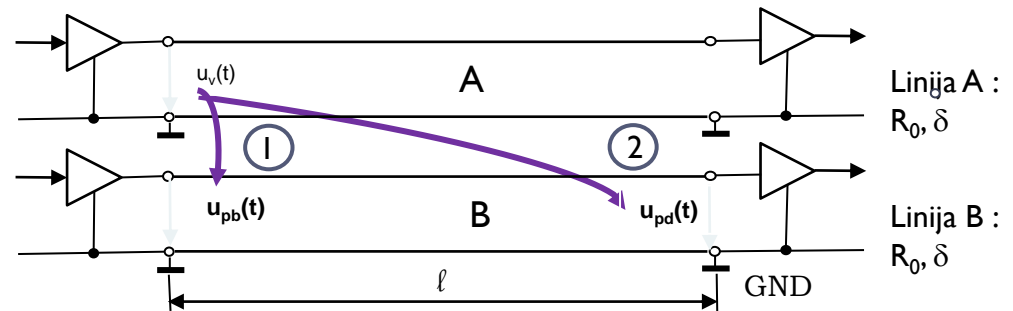


Naloga 1

- 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 .

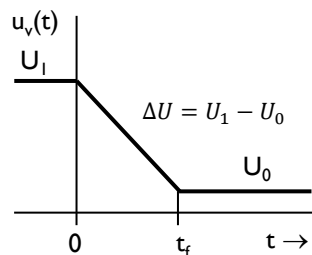
Podatki:

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

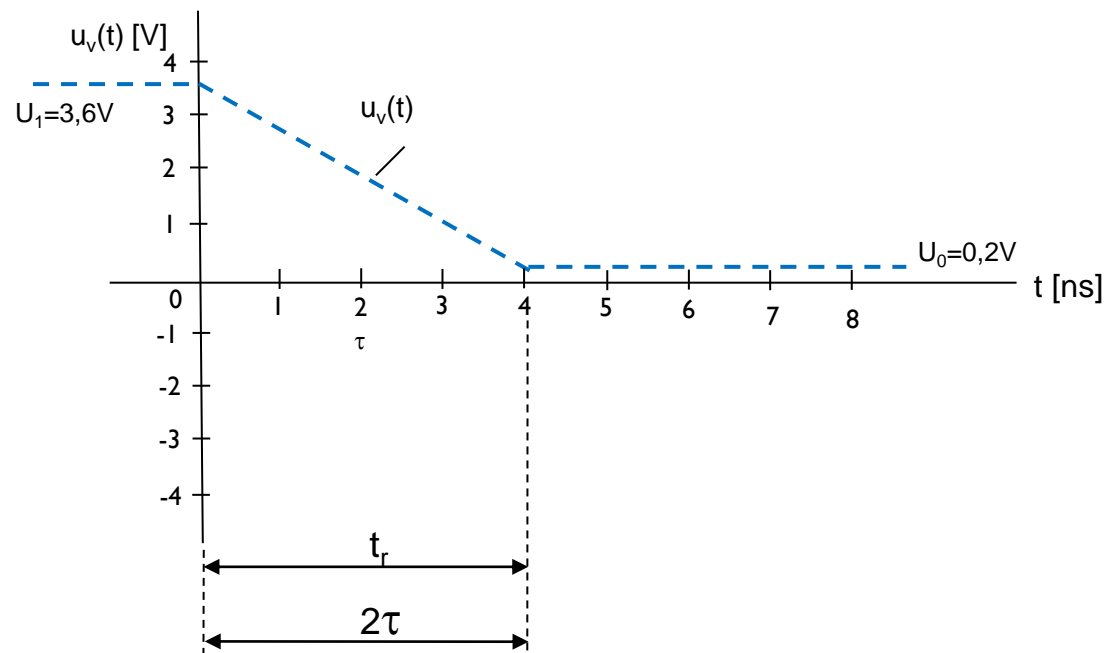
$t_r [ns]$	$\frac{t_r}{\tau}$	$\frac{t_r}{\tau} \quad ??? \quad 2$	$[u_v(t) - u_v(t - 2\tau)] [V]$	$u_{pb}(t)_{MAX} [V]$
1	$1 / 2 = 0,5$	<		
2	$2 / 2 = 1$	<		
4	$4 / 2 = 2$	=	-3.4	- 0,85
5	$5 / 2 = 2,5$	>		
6	$6 / 2 = 3$	>		

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

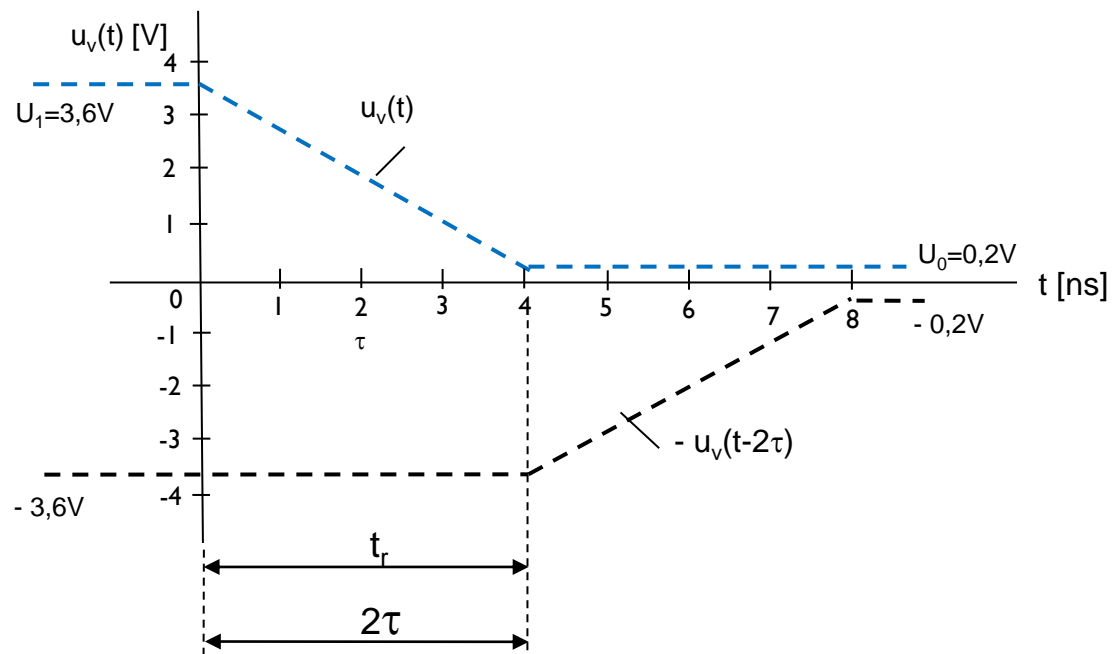
NALOGA: Dopolnite tabelo!

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

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

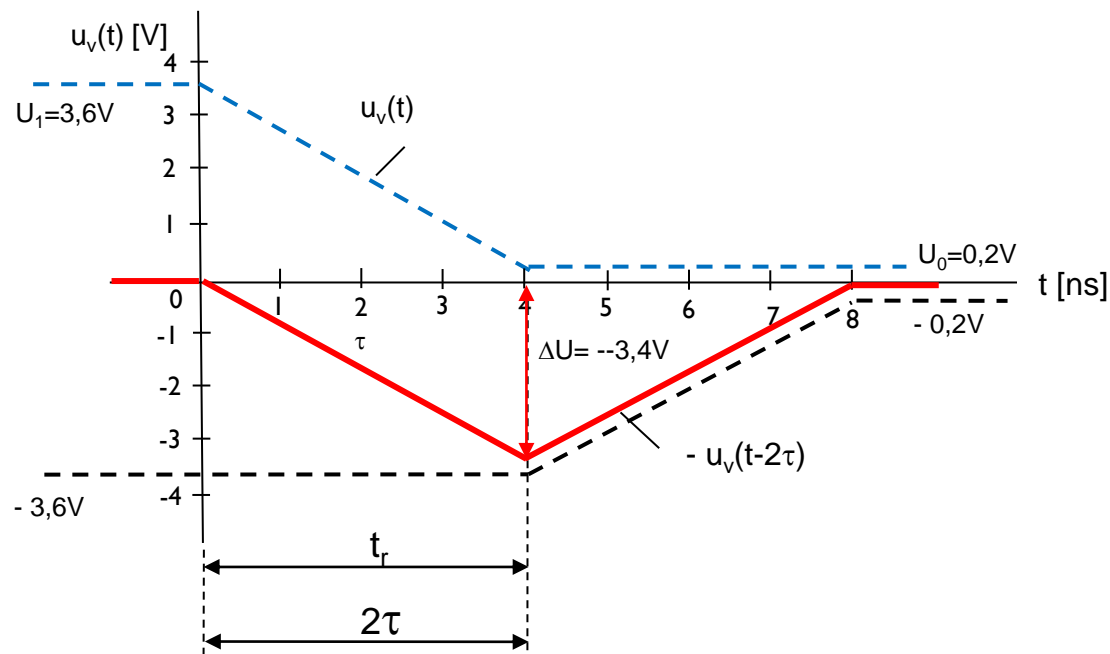


- V časovni diagram dodamo zakasnjjen negativen signal $-u_v(t - 2\tau)$



- 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 $u_{pb}(t)$

