



# Vhodno izhodne naprave

Laboratorijski vaja 9 - LV2

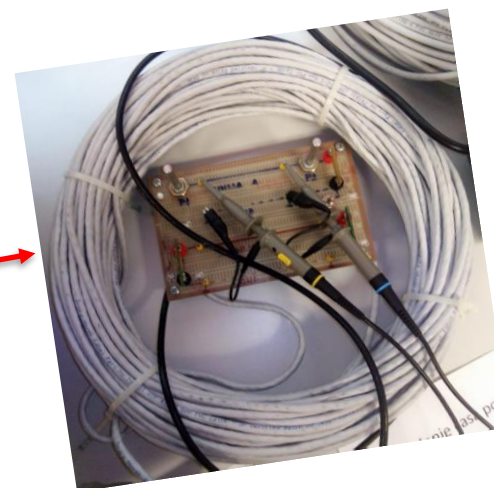
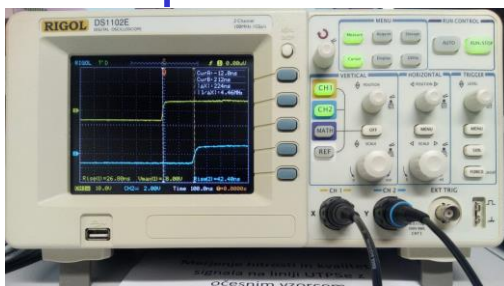
Meritve odbojev in presluhov

## Seznam uporabljenih instrumentov:

- funkcijski generatorji:
  - HP 33120A, RIGOL DG 3101A, RIGOL DG 4062



- osciloskopi RIGOL DS 1102E



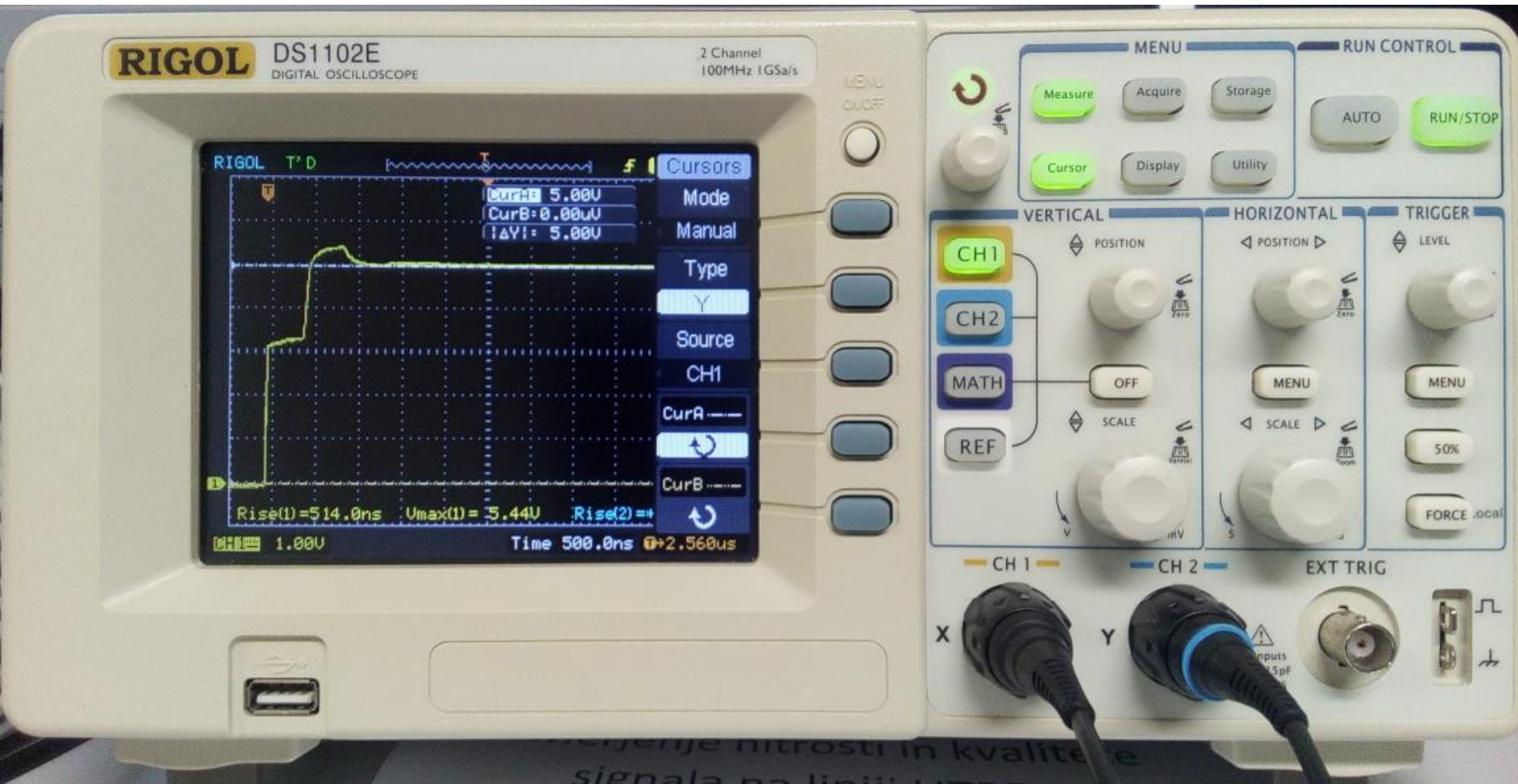
- linije

- koaksialni kabli
- UTP Cat5e

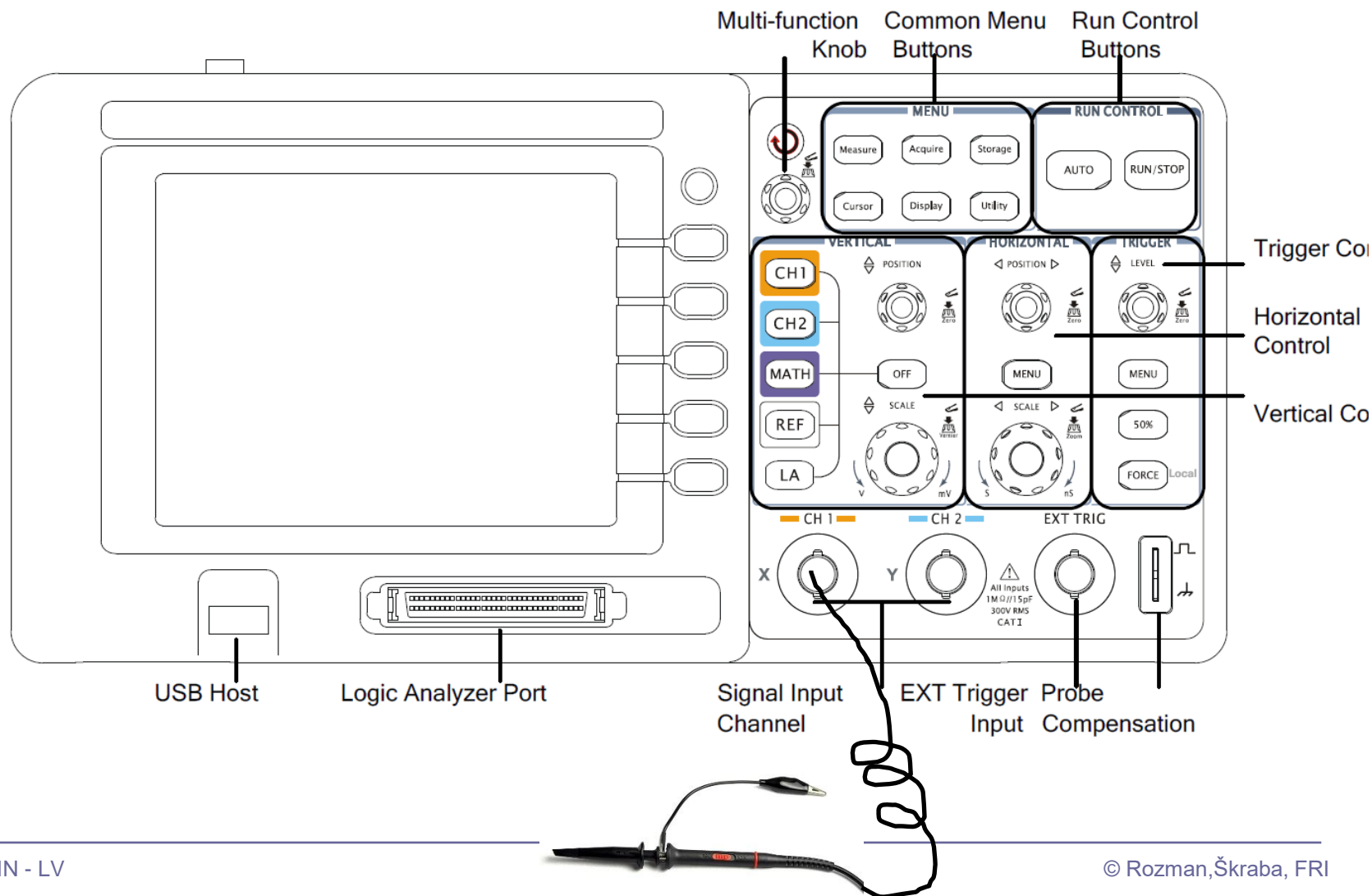
# Generator signalov



# Prednja stran osciloskopa - realna



# Prednja stran osciloskopa - shema

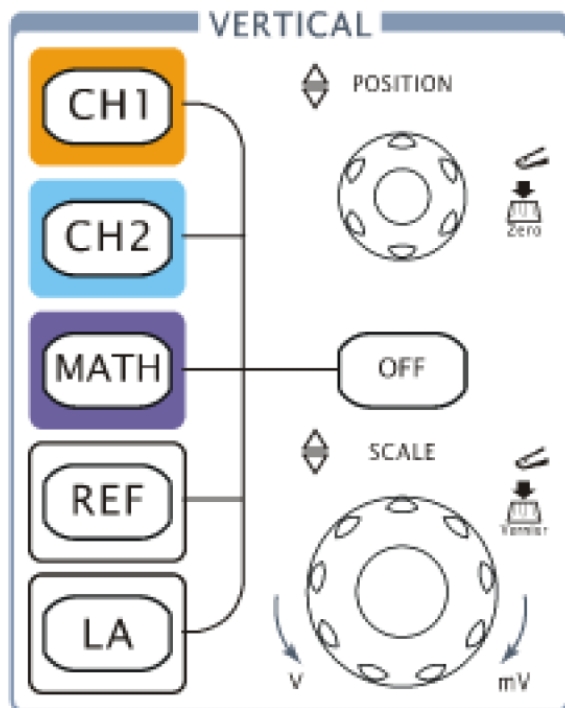


# Prednja stran osciloscopa - kontrole

Ponovitev

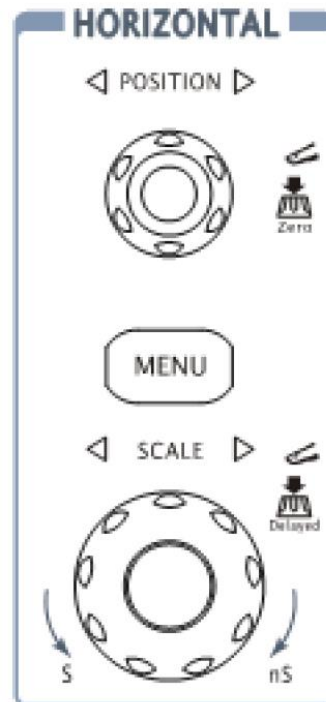
## Y-os (el. napetost)

- nastavitve merila [V/razdelek]
- pozicioniranje



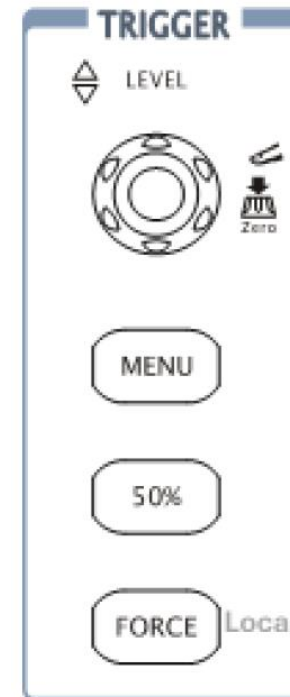
## X-os (čas)

- nastavitve merila [s/razdelek]
- pozicioniranje



## Prožilnik

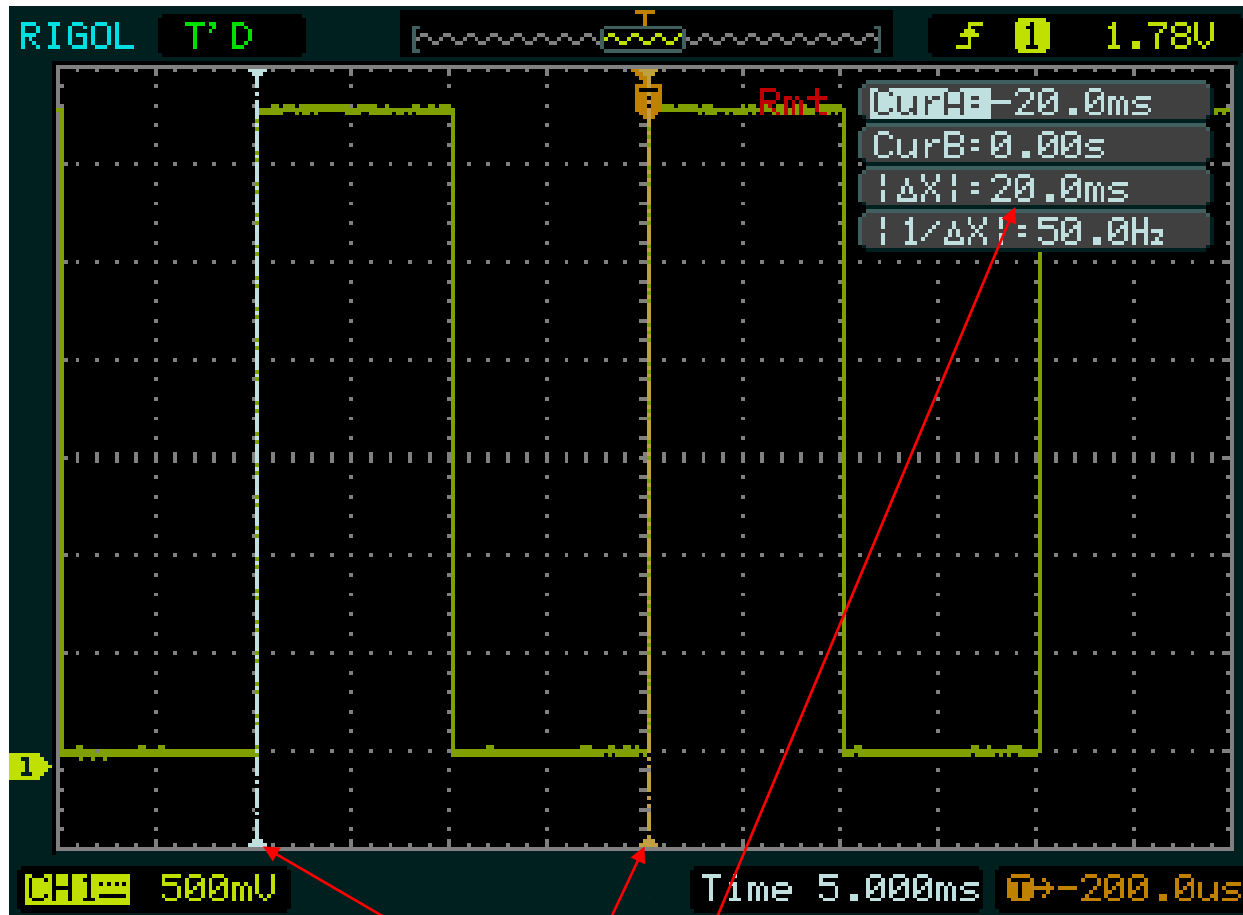
- začetek dogodka
- običajno 50%



<https://www.rigolna.com/products/digital-oscilloscopes/1000/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=TAQfIYAa2VM>

Spoznavanje merilne opreme...

# Zaslón osciloskopa – meritev periode



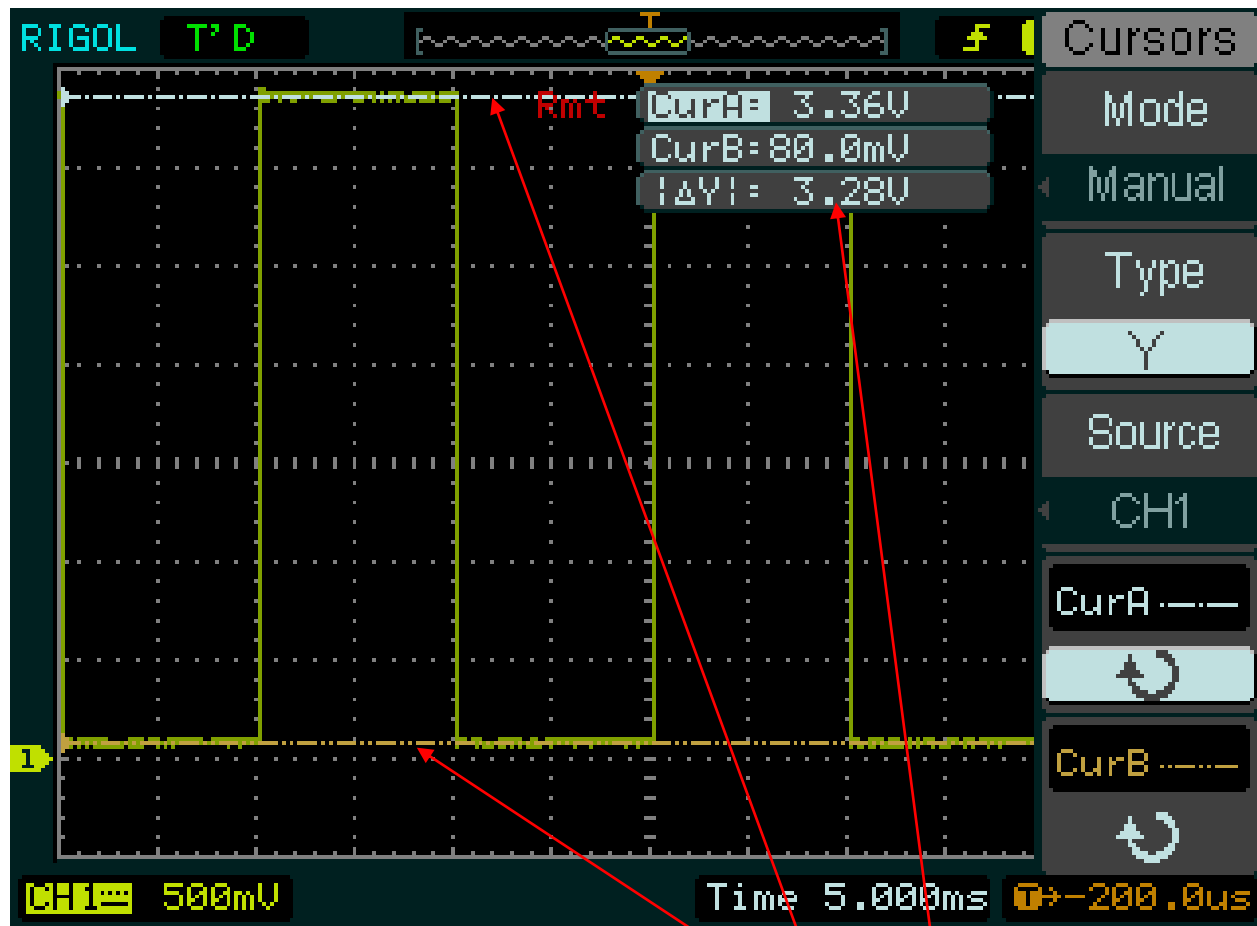
Programska nastavitve:

- Delay 10ms
- Perioda 20ms

Meritev periode signala:

- 20ms

# Zaslón osciloskopa – meritev amplitude

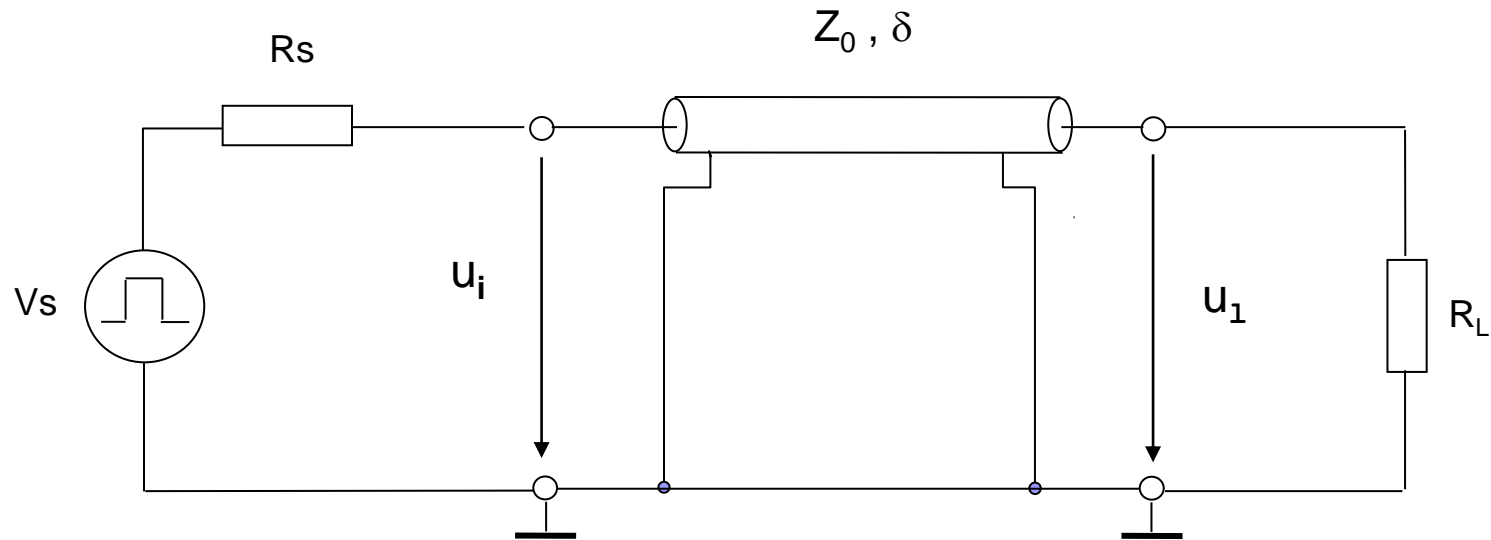


**Meritev amplitude signala:**

- **3.28V**



# Model linije



$V_s$  - Napetost izvora [V]

$R_s$  - Upornost izvora - izhodna upornost oddajnika [Ω]

$Z_0$  - Karakteristična impedanca linije [Ω]

$R_L$  - Upornost bremena - vhodna upornost sprejemnika [Ω]

$\delta$  - Zakasnitev signala na enoto dolžine [ns/m]

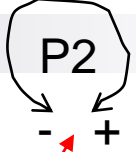
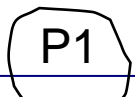
$u_i$  - Napetost na vhodu v linijo [V]

$u_1$  - Napetost na izhodu linije [V]

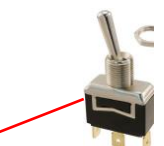
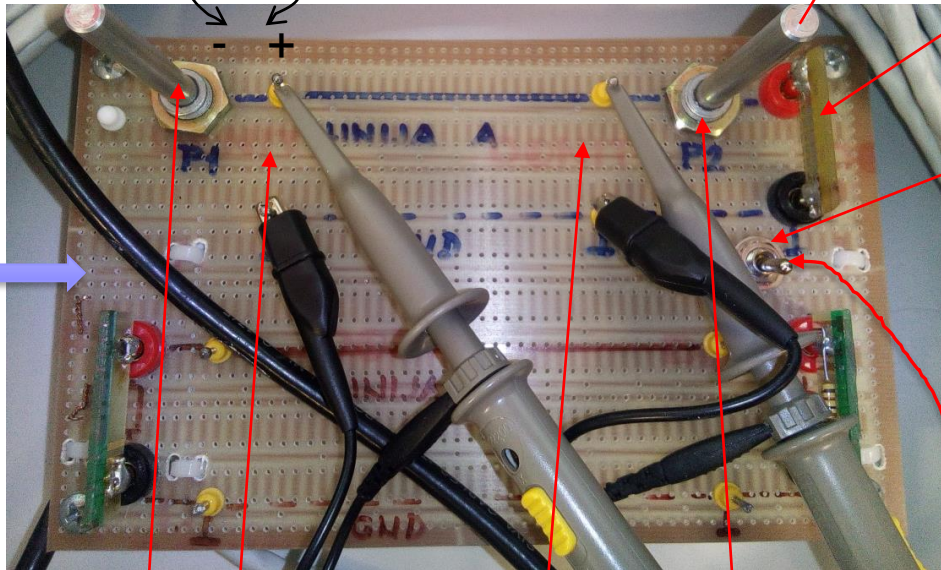
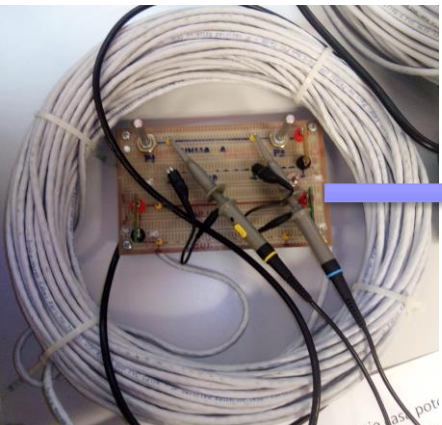
# Laboratorijska vaja 9 - LV2

- 9.1: LV2-1 - Meritve odbojev (razmerja  $R_v$ ,  $R_b$ )
- 9.2: LV2-2 - Vpliv časa vzpona/padca – omejevanje odbojev
- 9.3: LV2 - Presluh – uvod v meritve
- 9.4: LV2-3 - *Presluh – meritve na UTP kablju*
- 9.5\*: LV2-4 - Presluh – meritve na ploščatem kablju
  - (*\*dodatna, neobvezna vsebina*)

# Meritve prenosne linije

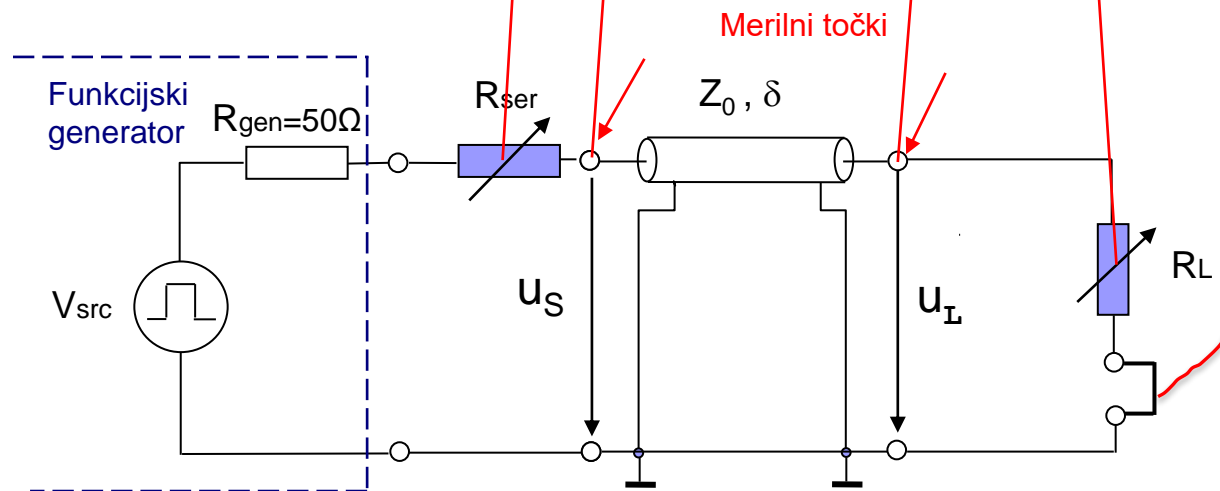


Zaključni upor



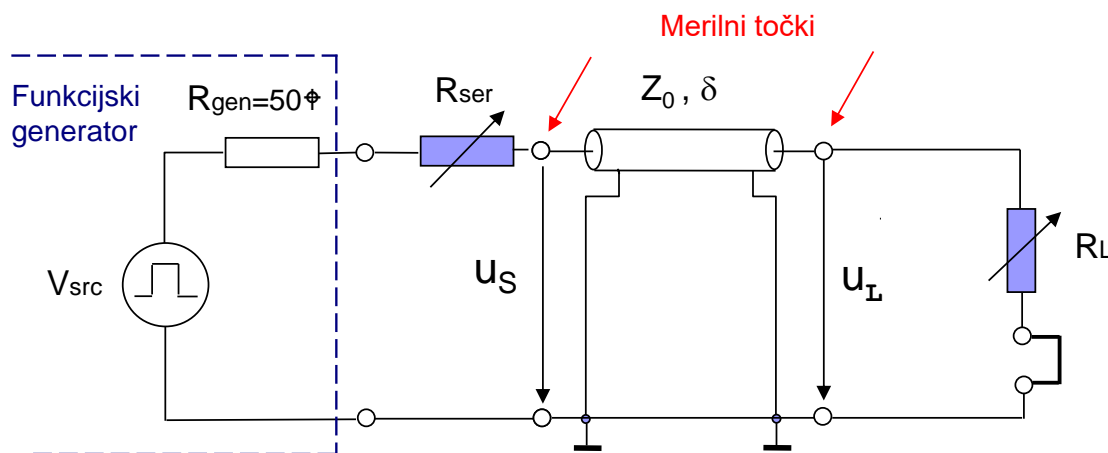
- Stikala – položaji:**
- 0 ...  $R_L = R(P2)$
  - Srednji položaj: odprte sponke ( $R_L = \infty$ )
  - 1 ...  $R_L = R(P2) + 22E$

**Potenciometri:**  
 $R(P1) = 0 \dots 500E$   
 $R(P2) = 0 \dots 500E$



## LV 2-1: Merjenje odbojev pri različnih odbojnih koeficientih na vhodu in izhodu linije

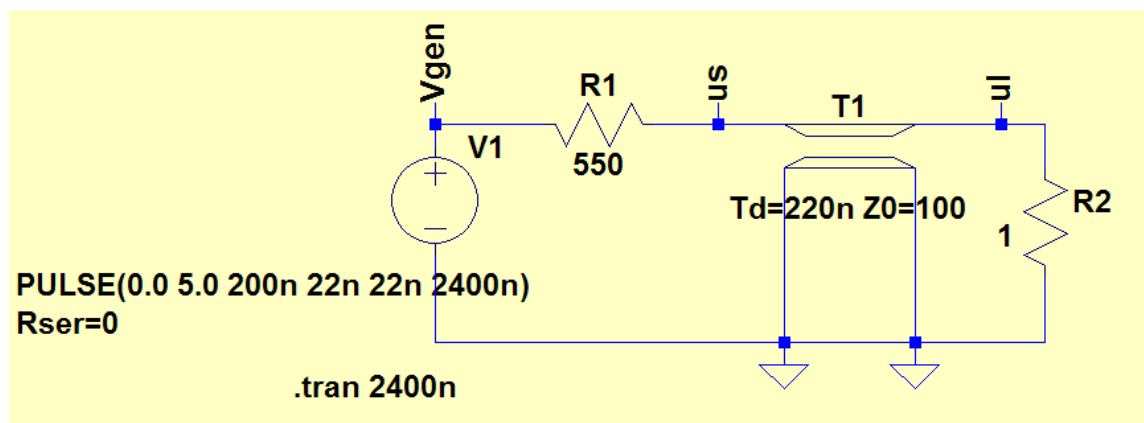
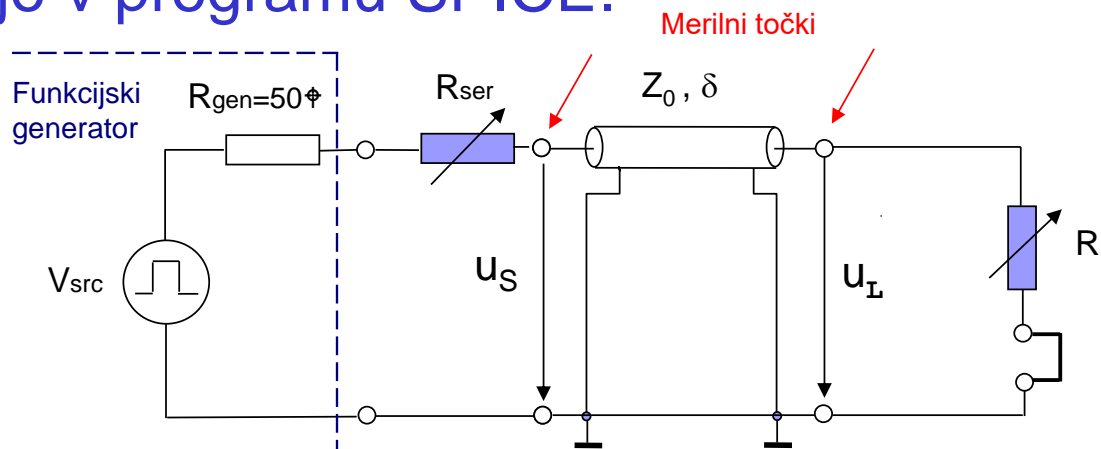
- Impulzni generator uporabite kot izvor signala za napajanje linije, z osciloskopom pa določite potek signala in izmerite napetostne nivoje na vhodu v linijo in na izhodu. Izhodna upornost impulznega generatorja je  $R_{\text{gen}} = 50\Omega$ .



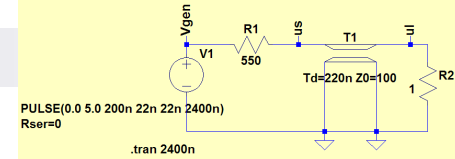
- Izmerite in narišite potek  $u_S(t)$  in  $u_L(t)$  za vseh devet kombinacij  $R_S$  in  $R_L$ . Vse to ponovite tudi s simulacijo v programu SPICE.

----	$R_L > R_0$	$R_L = R_0$	$R_L < R_0$
$R_S < R_0$			
$R_S = R_0$			
$R_S > R_0$			

Izmerite in narišite potek  $u_S(t)$  in  $u_L(t)$  za vseh devet kombinacij  $R_S$  in  $R_L$ . Vse to ponovite tudi s simulacijo v programu SPICE.



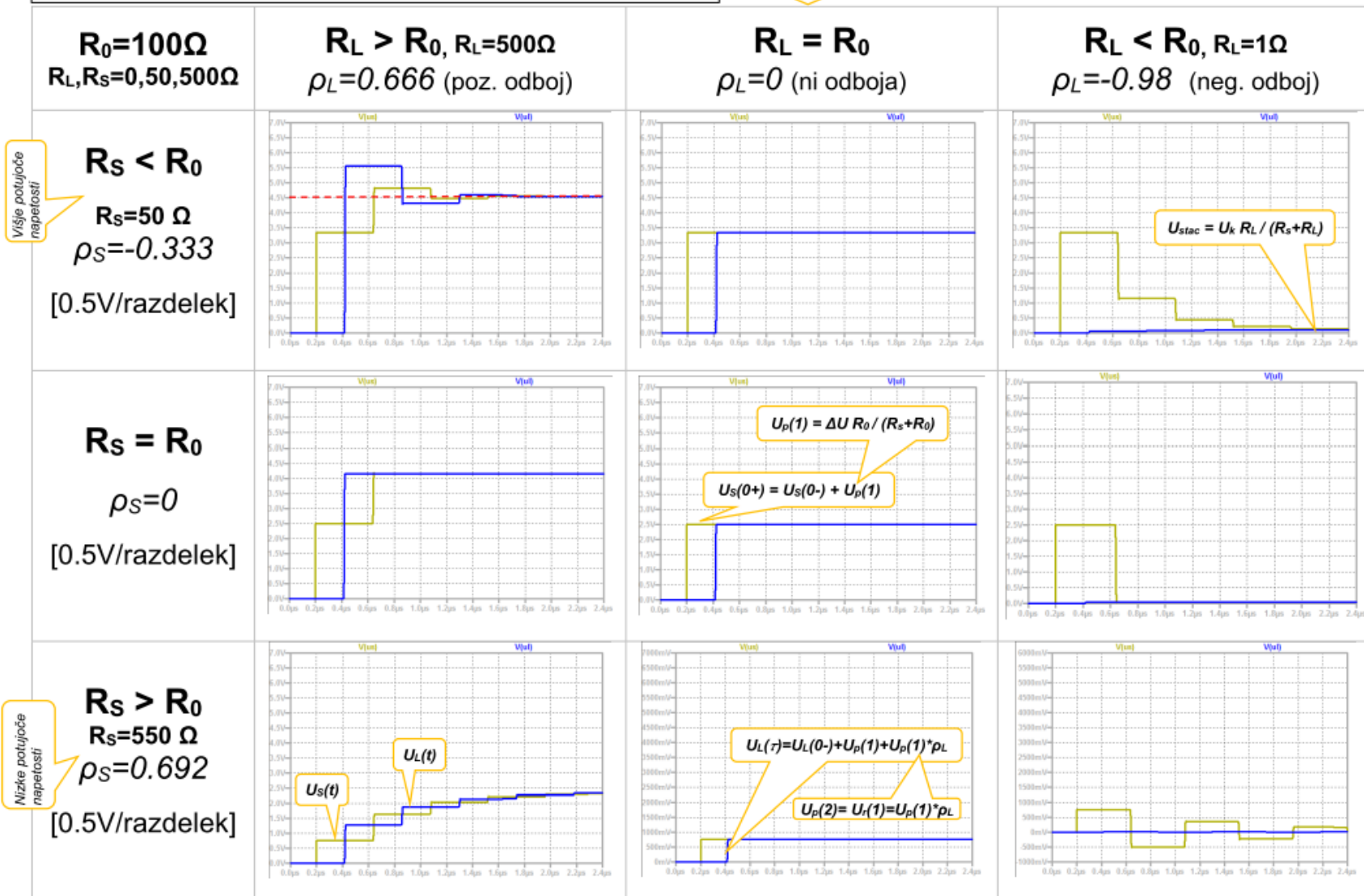
(LV2) - Merjenje odbojev na liniji



... Vse to ponovite tudi s simulacijo v programu SPICE.

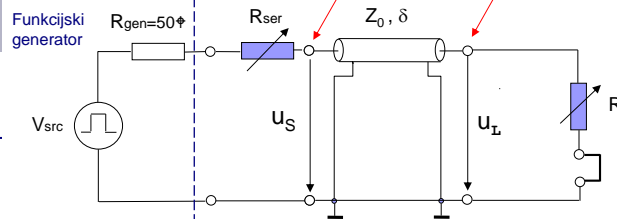
SPICE Simulacije slik iz osciloskopa: UTP kabel,  $R_S = 50..550 \Omega$ ,  $R_L = 1..500 \Omega$

Napetost se že pravilno porazdeli, z zakasnitvijo  $1\tau$  se pojavi tudi na izhodu.



(LV2) - Merjenje odbojev na liniji

...še s praktičnimi meritvami.



- Stikala – položaji:
- 0 ...  $R_L = R(P2)$
  - Srednji položaj: odprte sponke ( $R_L = \infty$ )
  - 1 ...  $R_L = R(P2) + 22\Omega$

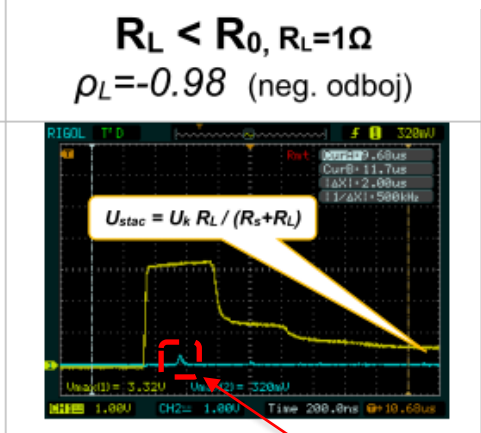
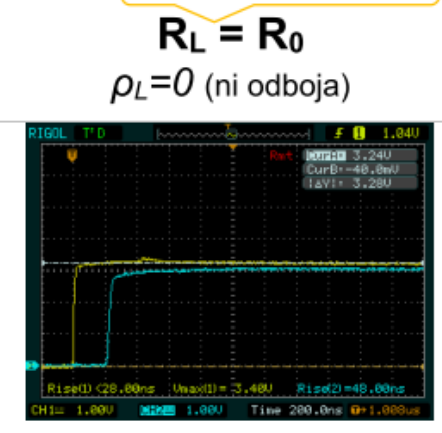
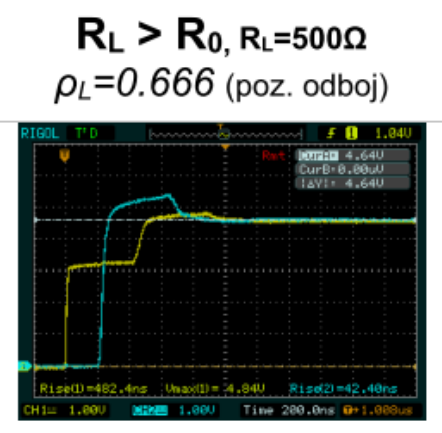
Potenciometri:  
 $R(P1) = 0 \dots 500\Omega$   
 $R(P2) = 0 \dots 500\Omega$

Slike osciloskopa: UTP kabel,  $R_S = 50..550 \Omega$ ,  $R_L = 1..500 \Omega$  ( $R_{gen}=50 \Omega$ ) UTP

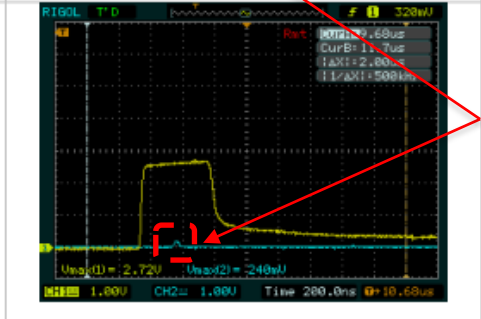
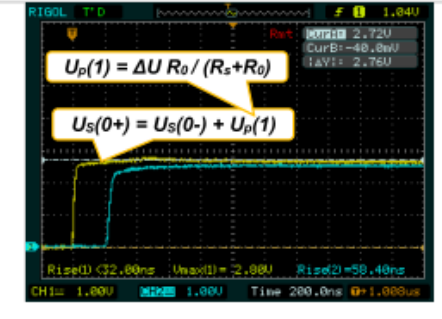
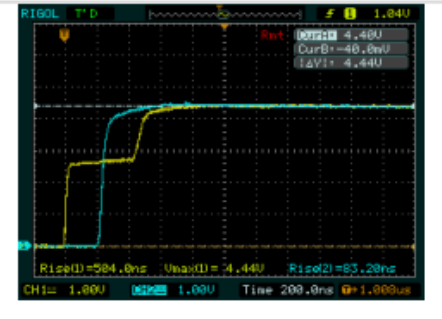
Napetost se že pravilno porazdeli, z zakasnitvijo  $1\tau$  se pojavi tudi na izhodu.

Višje potujoče napetosti

$R_0 = 100\Omega$   
 $R_L, R_S = 0,50,500\Omega$   
 $R_S < R_0$   
 $R_S = 50 \Omega$   
 $\rho_S = -0.333$   
 [1V/razdelek]



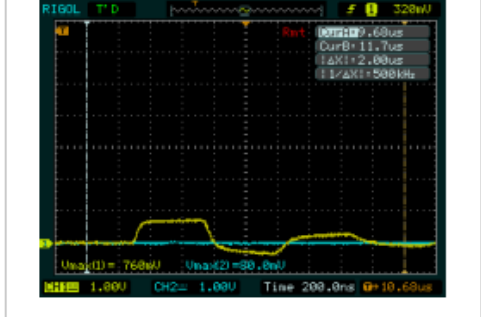
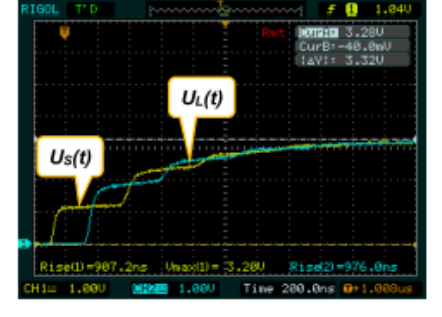
$R_S = R_0$   
 $\rho_S = 0$   
 [1V/razdelek]



Odboj  $\rho \approx -1$

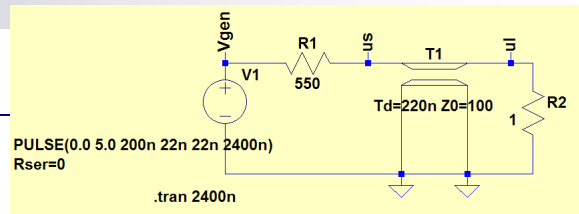
Nizke potujoče napetosti

$R_S > R_0$   
 $R_S = 550 \Omega$   
 $\rho_S = 0.692$   
 [1V/razdelek]





# Primerjava: Simulacija - Meritve



SPICE Simulacije slik iz osciloskopa: UTP kabel,  $R_S = 50..550 \Omega$ ,  $R_L = 1..500 \Omega$

Napetost se že pravilno porazdeli, z zakasnitvijo  $1\tau$  se pojavi tudi na izhodu.

$R_0 = 100 \Omega$   
 $R_L, R_S = 0,50,500 \Omega$

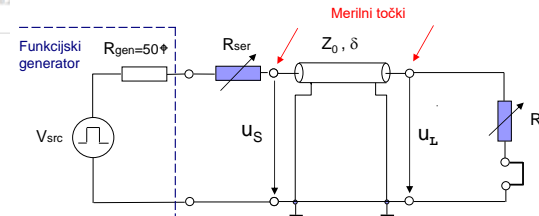
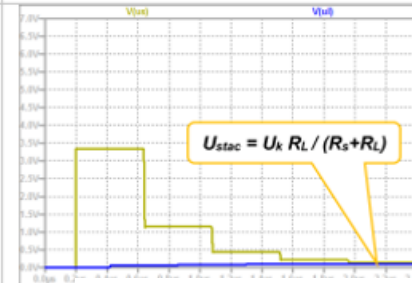
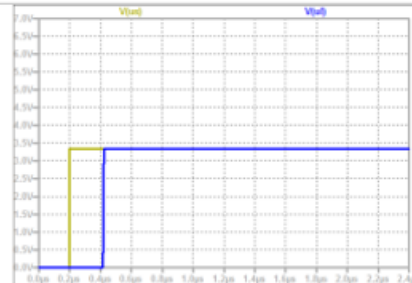
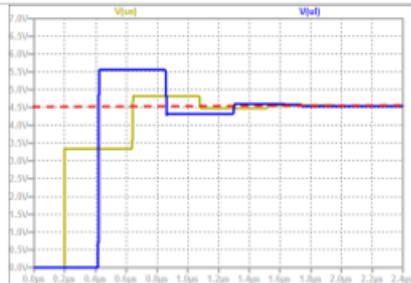
$R_L > R_0, R_L = 500 \Omega$   
 $\rho_L = 0.666$  (poz. odboj)

$R_L = R_0$   
 $\rho_L = 0$  (ni odboja)

$R_L < R_0, R_L = 1 \Omega$   
 $\rho_L = -0.98$  (neg. odboj)

Višje potujoče napetosti!

$R_S < R_0$   
 $R_S = 50 \Omega$   
 $\rho_S = -0.333$   
[0.5V/razdelek]



Slike osciloskopa: UTP kabel,  $R_S = 50..550 \Omega$ ,  $R_L = 1..500 \Omega$  ( $R_{gen} = 50 \Omega$ ) UTP

Napetost se že pravilno porazdeli, z zakasnitvijo  $1\tau$  se pojavi tudi na izhodu.

$R_0 = 100 \Omega$   
 $R_L, R_S = 0,50,500 \Omega$

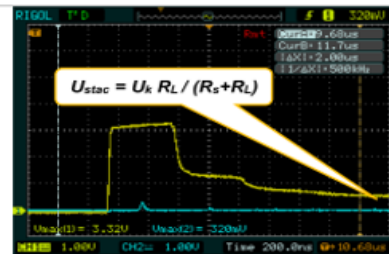
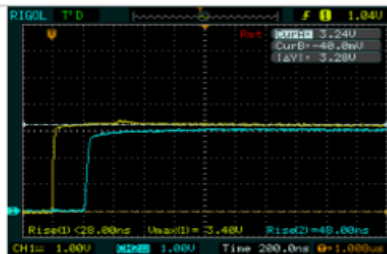
$R_L > R_0, R_L = 500 \Omega$   
 $\rho_L = 0.666$  (poz. odboj)

$R_L = R_0$   
 $\rho_L = 0$  (ni odboja)

$R_L < R_0, R_L = 1 \Omega$   
 $\rho_L = -0.98$  (neg. odboj)

Višje potujoče napetosti!

$R_S < R_0$   
 $R_S = 50 \Omega$   
 $\rho_S = -0.333$   
[1V/razdelek]

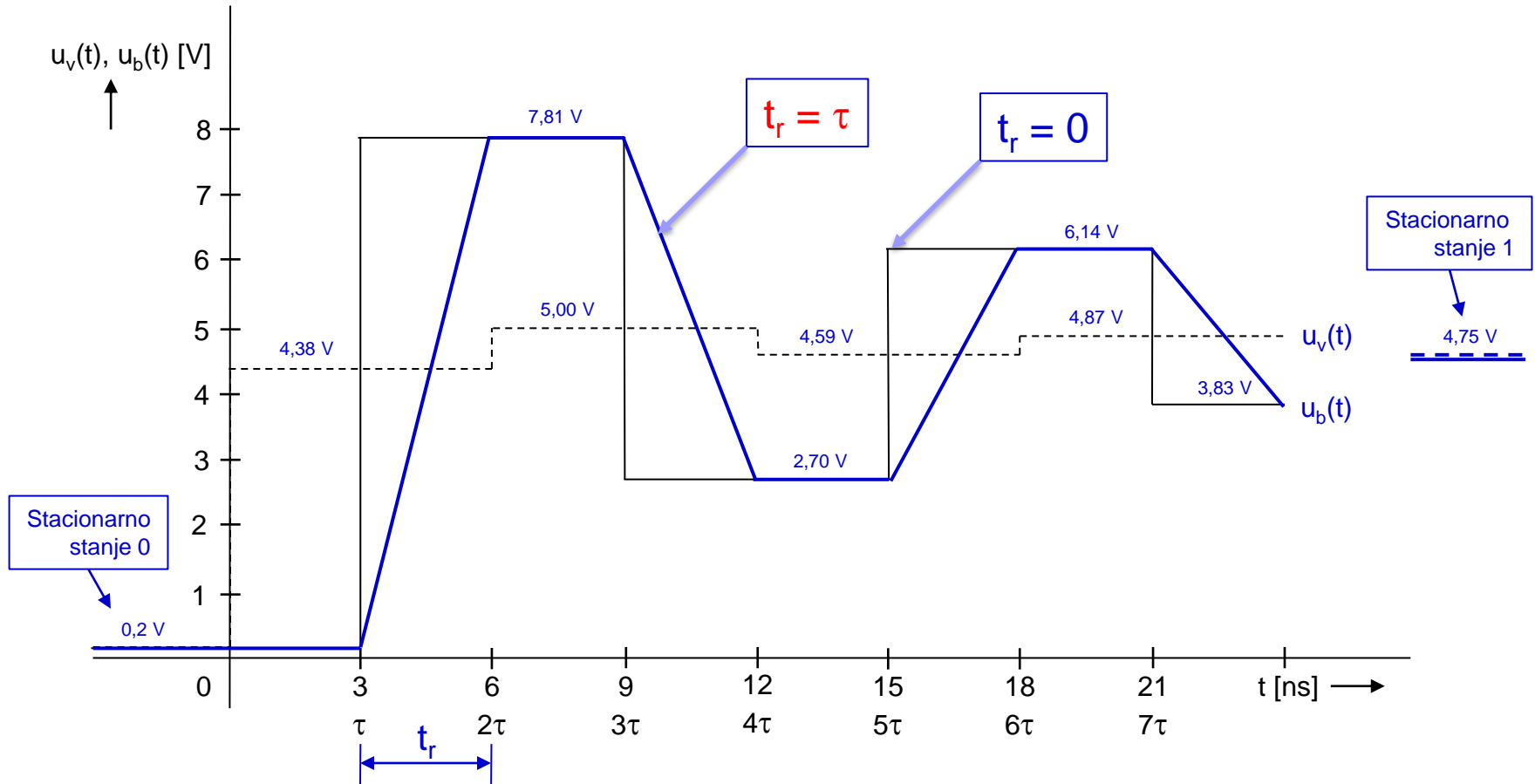


# Laboratorijska vaja 9 - LV2

- 9.1: LV2-1 - Meritve odbojev (razmerja  $R_v$ ,  $R_b$ )
- 9.2: LV2-2 - Vpliv časa vzpona/padca – omejevanje odbojev
- 9.3: LV2 - Presluh – uvod v meritve
- 9.4: LV2-3 - *Presluh – meritve na UTP kablju*
- 9.5\*: LV2-4 - Presluh – meritve na ploščatem kablju
  - (*\*dodatna, neobvezna vsebina*)

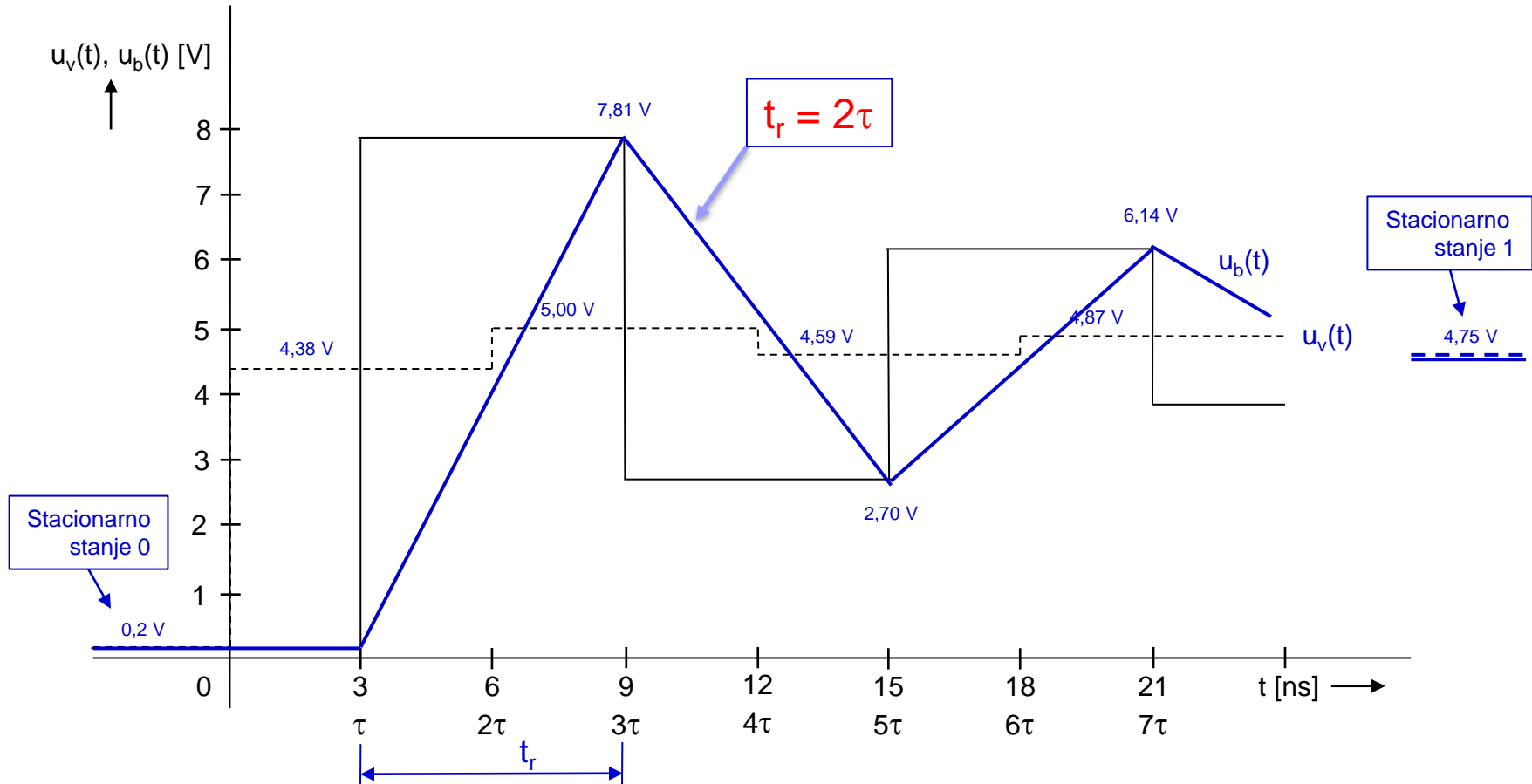
Lastnosti električnih linij – analiza odbojev

Časovni diagram poteka napetosti na izhodu iz linije do časa  $t = 7\tau$ , če je čas vzpona signala enak času potovanja signala po liniji  $t_r = \tau$ .



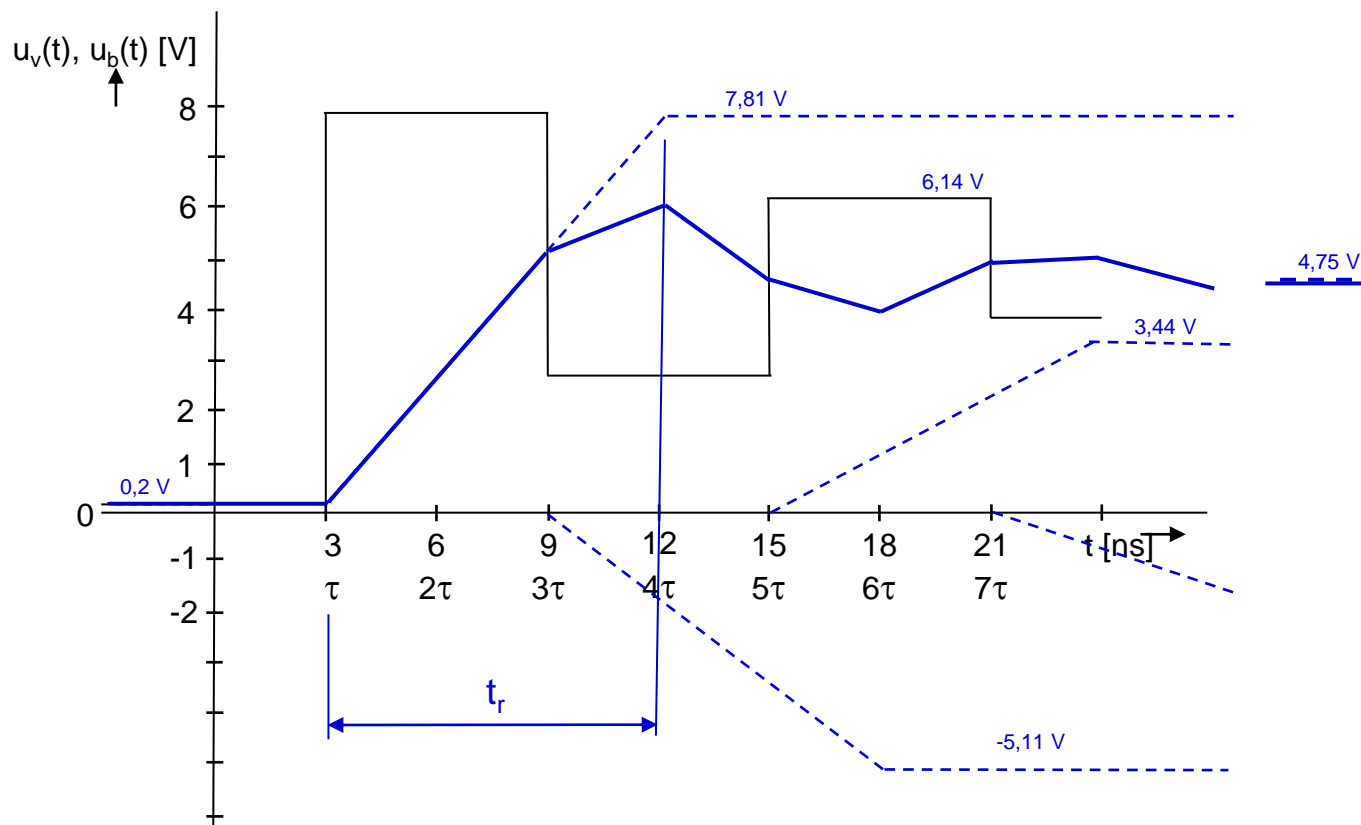
## Lastnosti električnih linij – analiza odbojev

Časovni diagram poteka napetosti izhodu iz linije do časa  $t = 7\tau$ , če je čas vzpona signala enak času potovanja signala po liniji  $t_r = 2\tau$



## Lastnosti električnih linij – analiza odbojev

Časovni diagram poteka napetosti izhodu iz linije do časa  $t = 7\tau$ , če je čas vzpona signala enak času potovanja signala po liniji  $t_r = 3\tau$  ( $t_r > 2\tau$ )



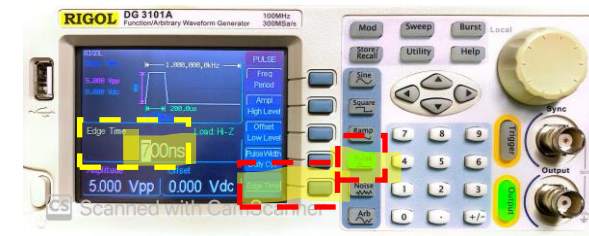
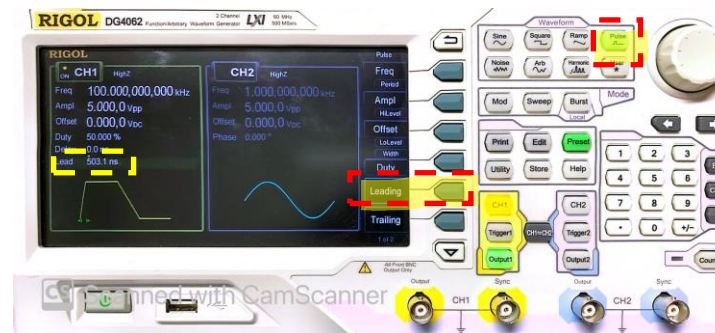
## LV 2-1: Merjenje odbojev pri različnih odbojnih koeficientih na vходу in izhodu linije

- Na impulznem generatorju spreminjajte čas vzpona signala  $t_r$  in opazujte vpliv na odboje.
- Pri kateri vrednosti  $t_r$  se odboji začnejo manjšati?

Nastavitve za funkcijska generatorja RIGOL:

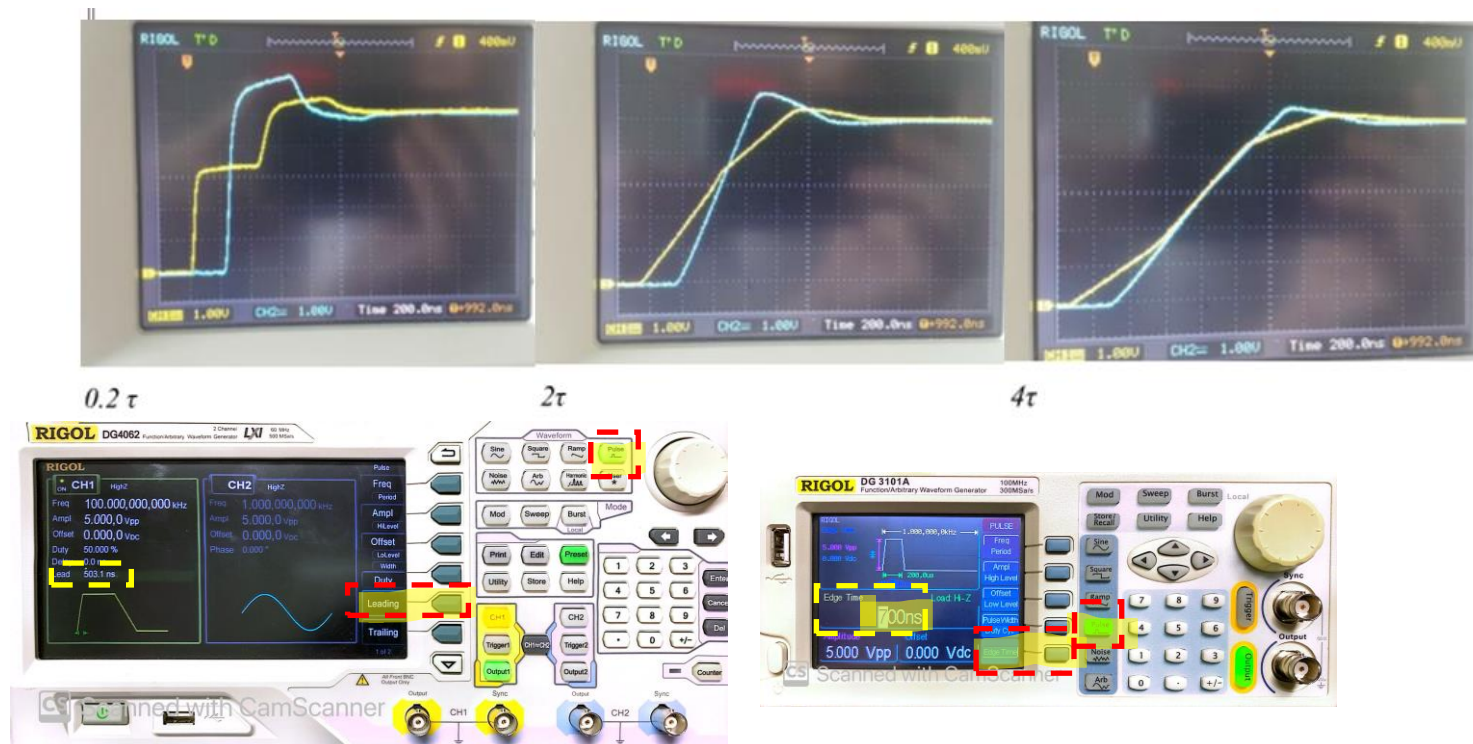
**Pulse:** ampl.=5V,  
offset=2.5V, frekv.=100kHz

**$t_r$ ...** Edge, Leading



## LV 2-1: Merjenje odbojev pri različnih odbojnih koeficientih na vходу in izhodu linije

- Na impulznem generatorju spreminjajte čas vzpona signala  $t_r$  in opazujte vpliv na odboje.
- Pri kateri vrednosti  $t_r$  se odboji začnejo manjšati?
- Prikaz meritev :



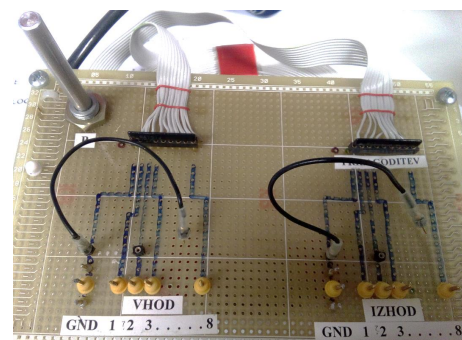
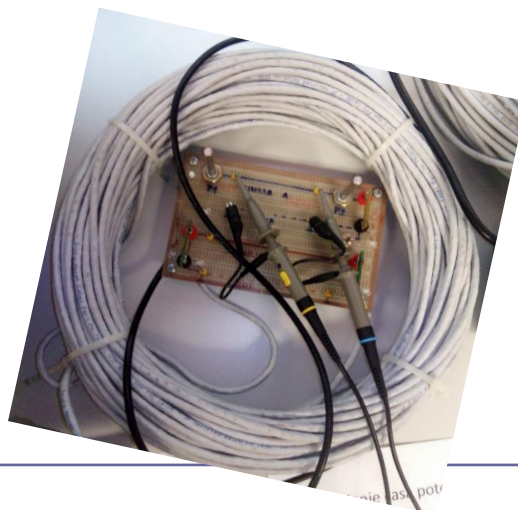
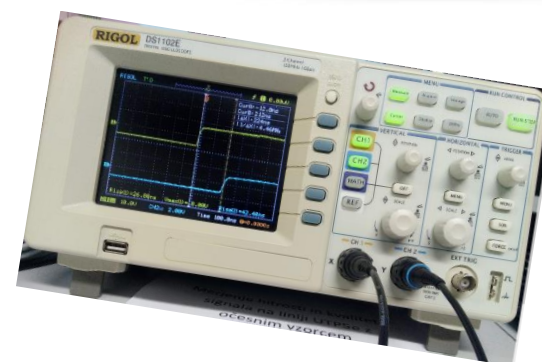
# Laboratorijska vaja 9 - LV2

- 9.1: LV2-1 - Meritve odbojev (razmerja  $R_v$ ,  $R_b$ )
- 9.2: LV2-2 - Vpliv časa vzpona/padca – omejevanje odbojev
- 9.3: LV2 - Presluh – uvod v meritve
- 9.4: LV2-3 - *Presluh – meritve na UTP kabl*
- 9.5\*: LV2-4 - Presluh – meritve na **ploščatem kabl**
  - (*\*dodatna, neobvezna vsebina*)



## Seznam uporabljenih instrumentov:

- Funkcijski generator RIGOL DG 4062
- Osciloskop RIGOL DS 1102E
- Linije
  - UTP Cat5e
  - Ploščati kabel z 9 vodniki



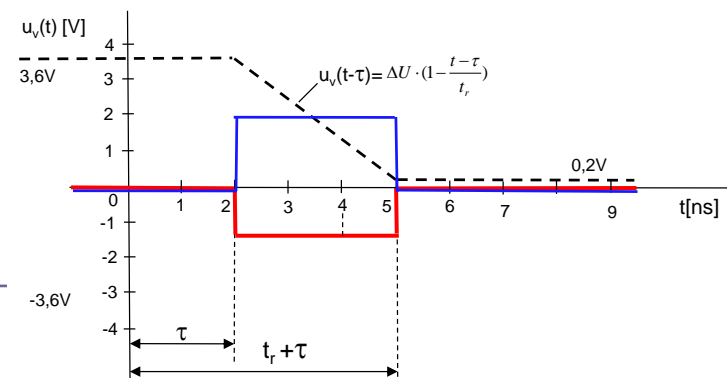
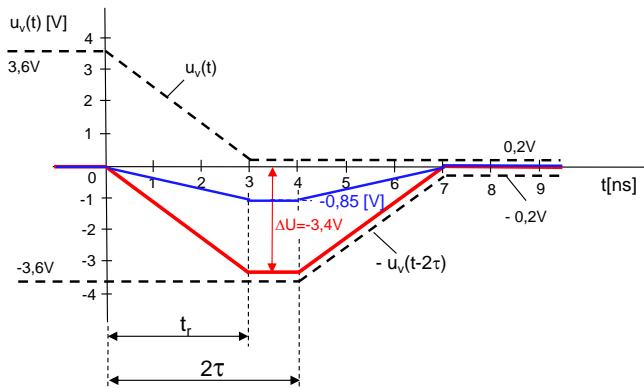
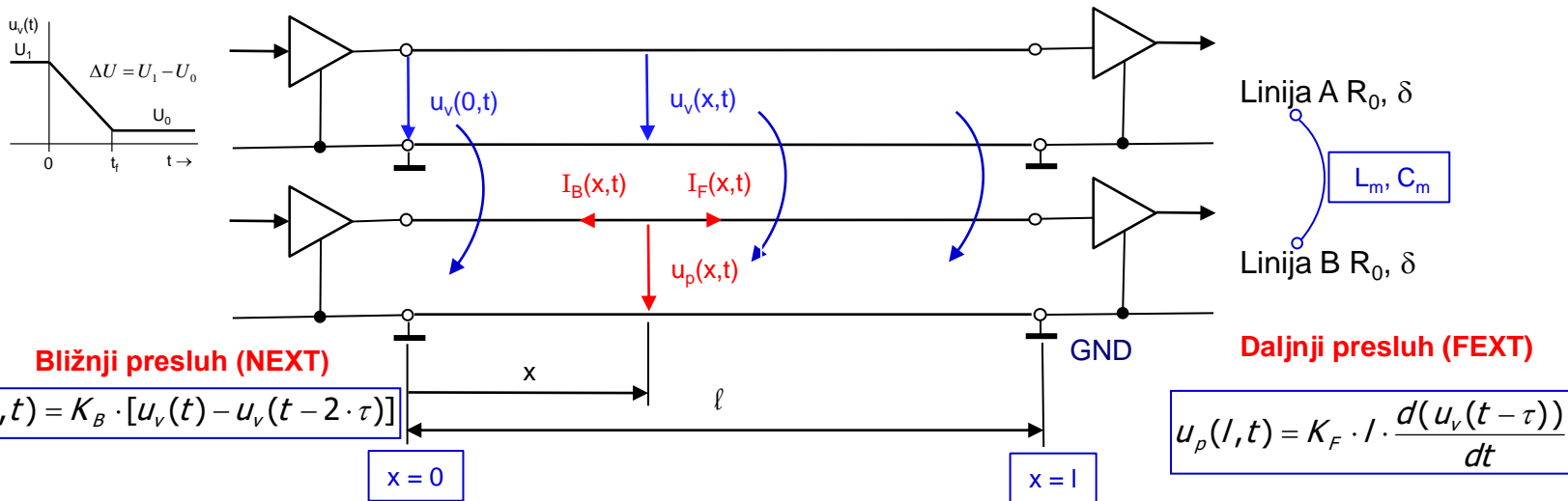
Preslušna (motilna) napetost  $u_p(x,t)$  v točki x linije B:

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

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

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

## Presluh (crosstalk) Povzetek

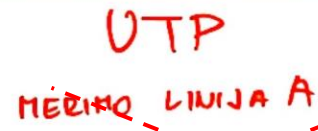


# PROŠČATI KABEL

NERIMO 0-1

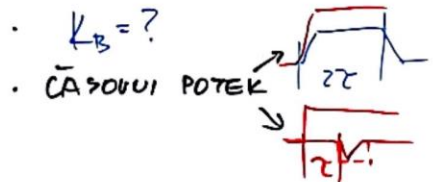
LINIJE 0-2 → GND

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



- ① ČAS POTOVÁNIA  $\tau$
- ② KAB. UPOBNOST  $P_0$ 
  - $P_{v=0} (50 \Omega)$
  - BREĚE
  - $U_{v=1} \cdot 50$
  - $U_{v=2}$  (ODPĚTE SP.)
  - $P_0 \approx \frac{U_{v=1} \cdot 50}{U_{v=1} - U_{v=2}}$

## ③ BLIŽNJI, DALJŠI



• VPLIV ODPOLGV:

• BREŽ

IZHOD: OBE LETVICY  
UPDE 100\Omega NA 0-1  
(OSTAVE ZAKLJUČENA)

- BREZ LETVICE NA ISTI STRANI
- 1- NA OBEH STRANAH

• OBOJ NA ISTI STRANI

• 1- NA OBEH STRANAH

• OBE ZAKLJUČTVI

• BREZ NA ISTI STRANI

• BREZ NA OBEH STRANAH

## ④ OMEJEVANJE PRESLUHA

• OZBUJTEK VESVE LINIJE

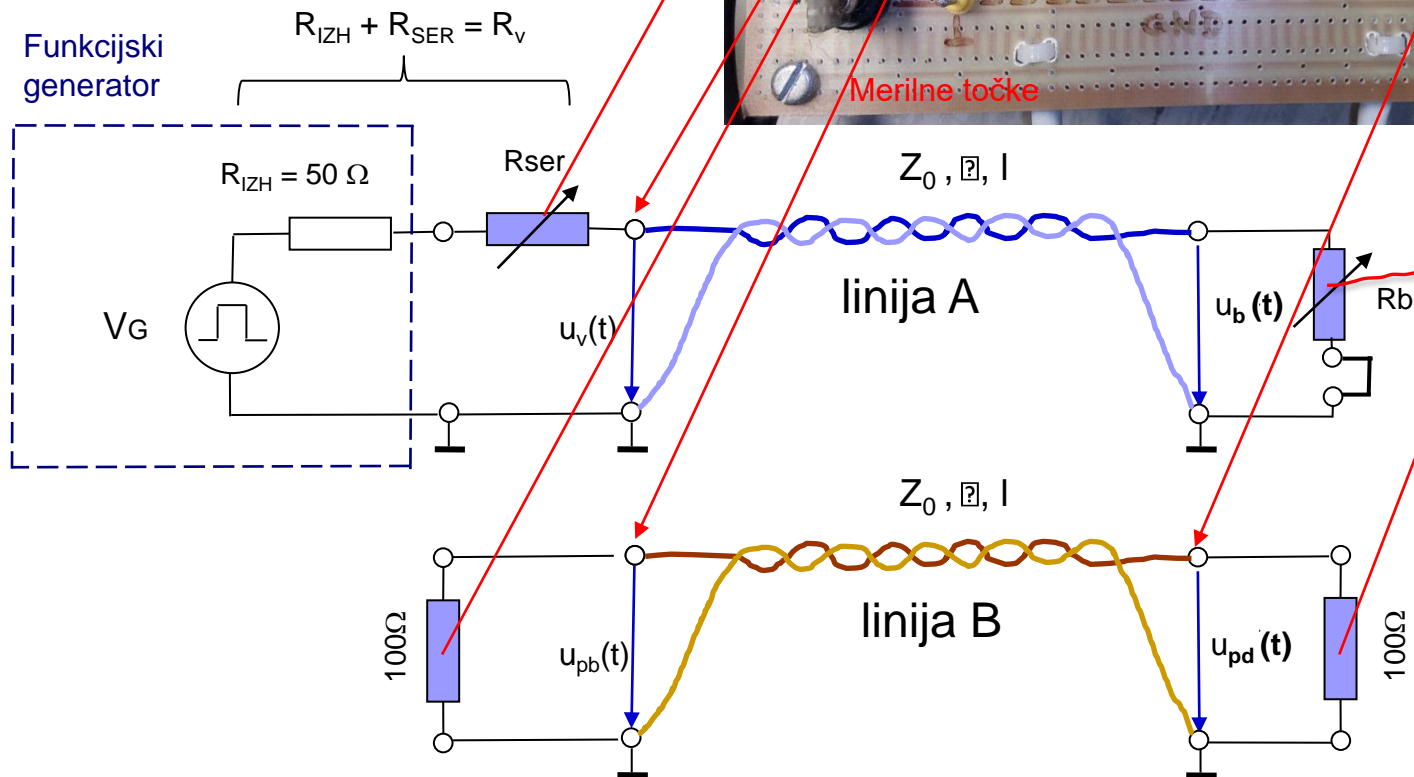
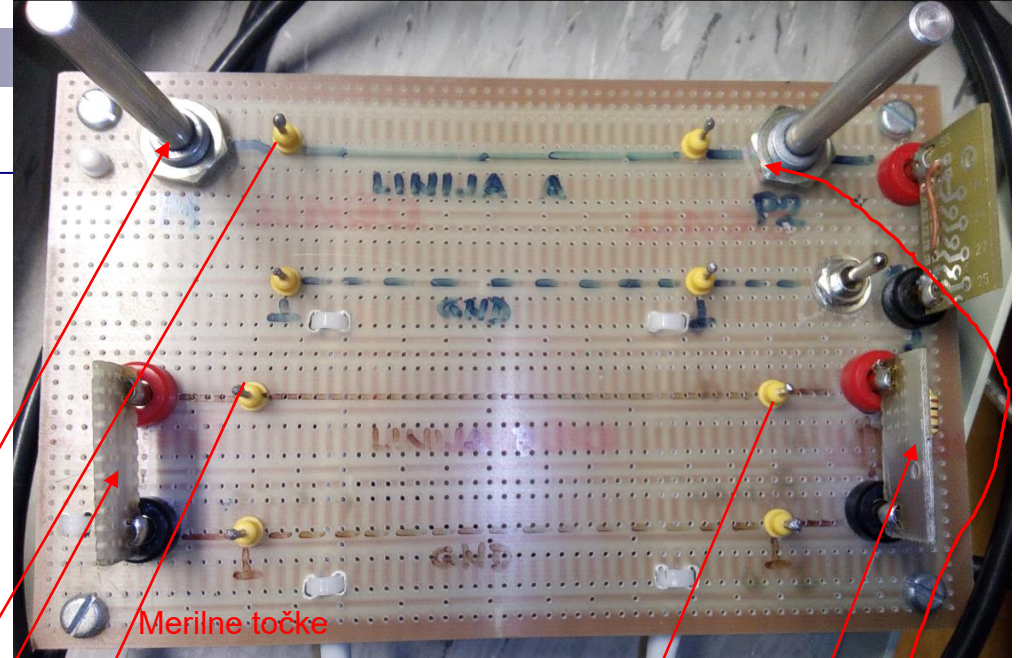
0-2 OZBUJIMO  
IN SPREMLJAMO 0-3  
(PREČRUKJEND MANJŠI  
PRESLUH)

• DALJŠI ČAS VĚPOVA/PADCA  
UČINEK:  $t_H > 2\tau$   
UČINEK: TAKOJ (ODVOD MANJŠI!)

# Laboratorijska vaja 9 - LV2

- 9.1: LV2-1 - Meritve odbojev (razmerja  $R_v$ ,  $R_b$ )
- 9.2: LV2-2 - Vpliv časa vzpona/padca – omejevanje odbojev
- 9.3: LV2 - Presluh – uvod v meritve
- 9.4: LV2-3 - *Presluh – meritve na UTP kablju*
- 9.5\*: LV2-4 - Presluh – meritve na ploščatem kablju
  - (*\*dodatna, neobvezna vsebina*)

# LV3-D: Merjenje presluha na UTP kablu



## LV2-3a: Merjenje presluha na sosednjih paricah UTP kabla

- Uporabite kabel UTP Cat5e,  $R_0=100\Omega$ ,  $\delta= 4,8\text{ns/m}$  ( $6,7\text{ns/m}$ )
- Na prvo parico (**linija A**) priključite funkcijski generator in nastavite primerno obliko signala  $u_v(t)$ .
  - Nastavitve za funkcijski generator RIGOL
    - Square: ampl.=5V, offset=2.5V, frekv.=100kHz
- Vhod in izhod linije A **prilagodite karakteristični upornosti**  $R_0$  z nastavitvijo potenciometrov tako, da **ne bo odbojev** (ponovitev iz LV1).
- Izmerite in določite :
  - **čas potovanja signala** po liniji
  - **karakteristično upornost** linije ( $R_0$ )

Ponovitev LV1

- 8.1: LV1-1: Meritev dolžine linije (l)
- 8.2: LV1-2: Meritev karakteristične upornosti linije ( $R_0$ )

UTP:

LINIJA A:

- ①
- a. ČAS POTOVANJA -  $\tau$  ?  
• OBOJESTRANSKA ZAKLJ. LINIJE A
  - b. KARAKTERISTIČNA UPORNOST -  $R_0$  ?

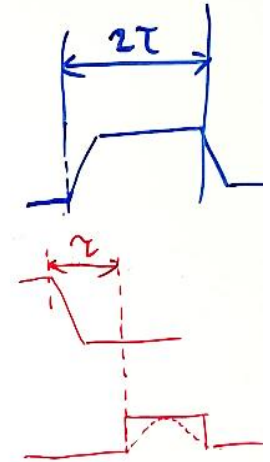
LINIJA B:

- 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  $X_L$  e

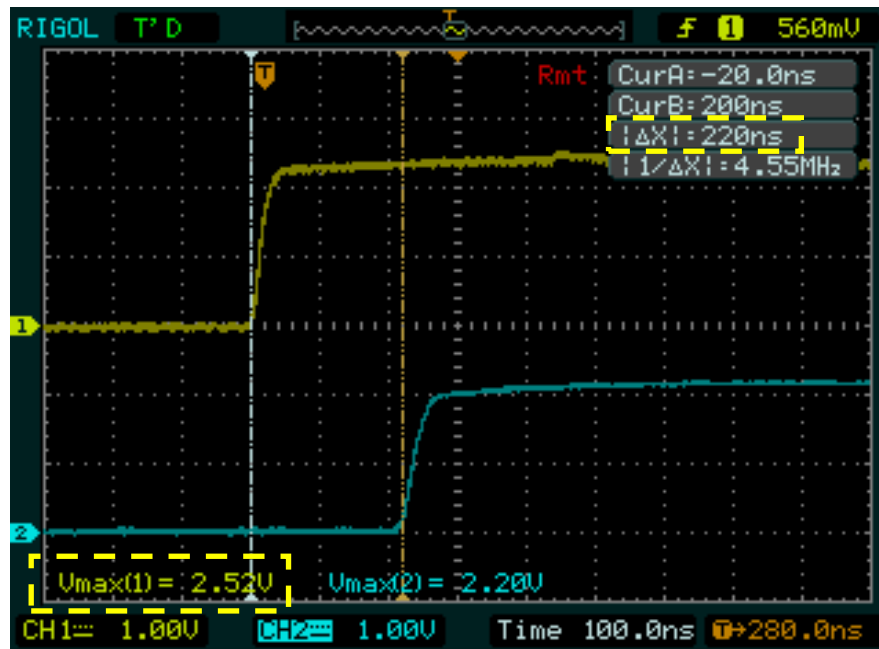
BLIŽNJI:



POROČILO

### LV 1-1: Meritev dolžine prenosne linije

- Vhod in izhod linije A prilagodite prilagodite karakteristični upornosti  $R_0$  z nastavitvijo potenciometrov tako, da ne bo odbojev (ponovitev iz LV1,2).
- Izmerite čas potovanja signala po liniji



$\tau \approx 220 \text{ ns}$

Meritev LV 1-1:

I. Izberemo srednji kvadrant:

- P2: zaključimo (ni odbojev)
- P1: srednji nivo napetosti na 2.5V

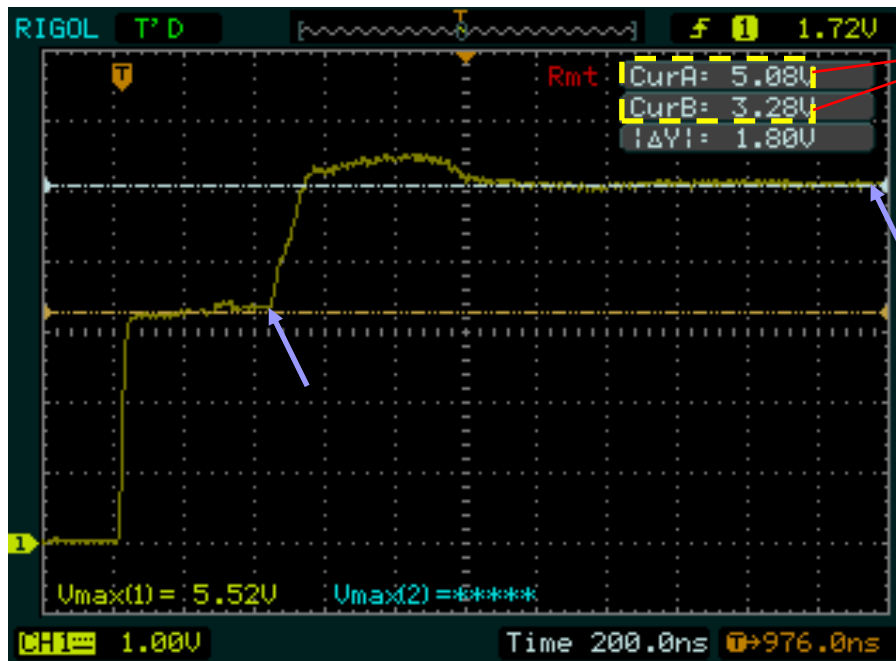
II. Točki meritve bolj spodaj:

- cursor  $\rightarrow X$
- meritev  $\Delta X =$  čas potovanja  $\tau$
- izračun dolžine
- preveritev izračuna z oznakami na kablu



## LV 1-2: Meritev karakteristične upornosti prenosne linije

- Določite **karakteristično upornost** UTP kabla



$$\text{-->} 3.28 \cdot 50 / (5.08 - 3.28)$$

ans =

91.111111

Meritev LV 1-2:

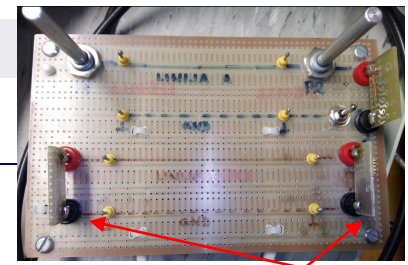
I. Izberemo prvi kvadrant:

- P2: odprte sponke (stikalo srednji položaj)
- P1: na  $0\Omega$  ( $R_s = R_v = R_{gen} = 50\Omega$ )

II. Meritev in izračun:

- cursor -> Y, meritvi:
- $V_1 = u_p(1)$  (1. stopnička),
- $V_2 = \Delta U$  (konvergentna napet.)
- izračun karakt. upornosti  $R_0$
- preveritev izračuna s specifikacijo kabla

$$R_0 = \frac{U_1 \cdot 50\Omega}{(U_2 - U_1)}$$



## LV2-3b: Merjenje presluha v UTP kablu

- Sosednja parica (linija B) je na vhodu in izhodu zaključena s  $100 \Omega = R_0$ , tako da **se presluh ne odbije** (upora sta odstranljiva).
- Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje
  - **bližnjega presluha**  $u_p(0,t) = u_{pb}(t)$  na vhodu linije in
  - **daljnjega presluha**  $u_p(l,t) = u_{pd}(t)$  na izhodu linije,
    - če ni odbojev
    - če je odboj na istem koncu (umik zaključitve na isti strani)
    - če je na obeh koncih odboj (umik zaključitev na obeh straneh)
- Izmerite **čas trajanja preslušnih signalov** in ga primerjajte s časom potovanja signala po liniji.
- \*Podajte postopek in izračun **bližnje preslušne konstante  $K_B$**
- Preiskusite omejevanje presluha s spreminjanjem **razmerja  $t_r/\tau$** .

UTP:

LINIJA A:

- ① a. ČAS POTOUVANJA -  $\tau$  ?  
• OBOJESTRANSKA ZAKLJ. LINIJE A
- b. KARAKTERISTIČNA UPORNOST -  $R_0$  ?

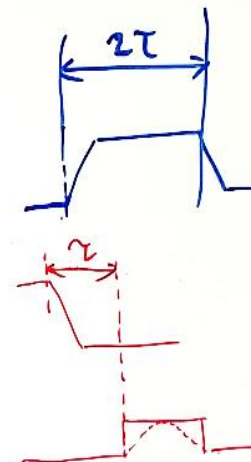
LINIJA B:

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

MERITVE:

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

BLIŽNJI:



POROČILO

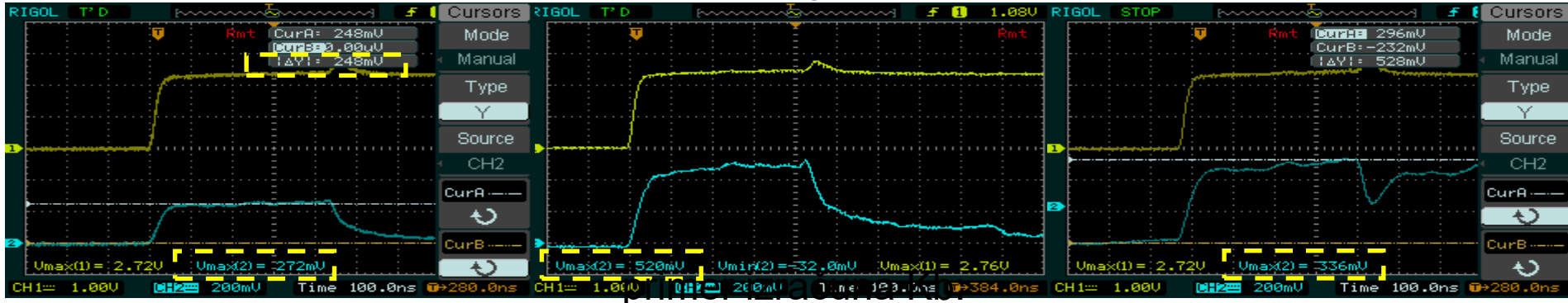
Merjenje presluha na UTP kablu – primer:

$$\rightarrow K_b = 0.272 / 2.72$$

■ Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje

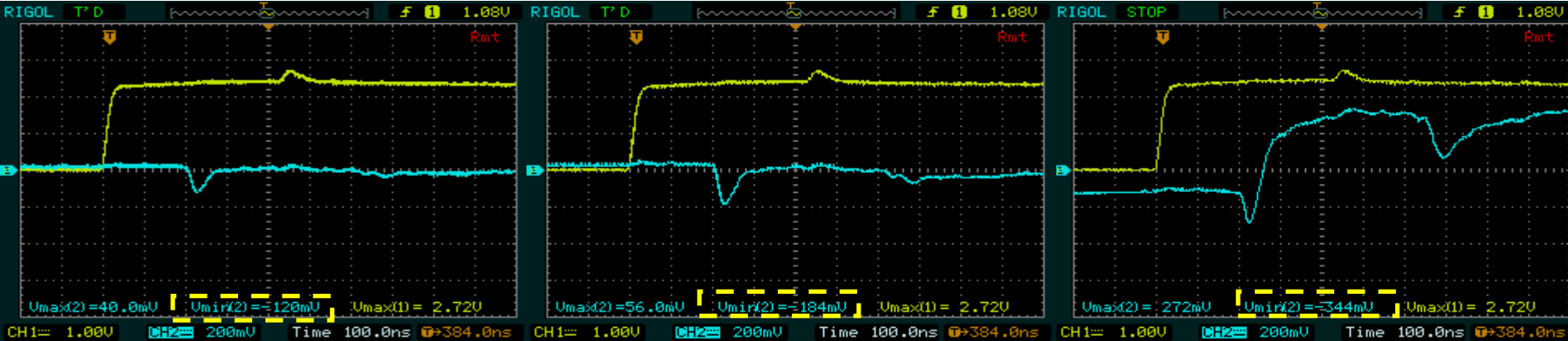
$$K_b = 0.1$$

□ 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**



VIN - LV

UTP:

LINIJA A:

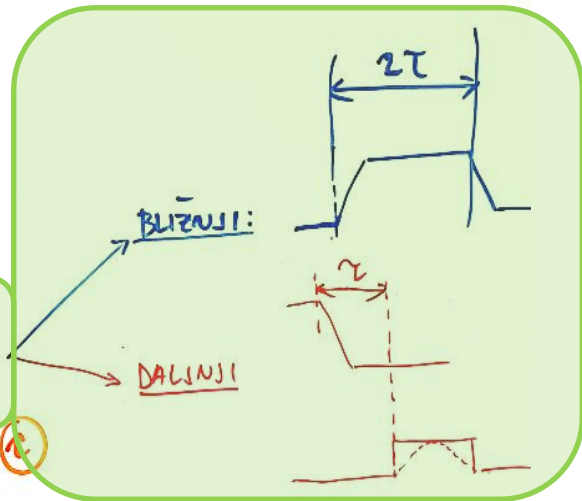
- ① a. ČAS POTOUVANJA -  $\tau$  ?  
• OBOJESTRANSKA ZAKLJ. LINIJE A
- b. KARAKTERISTIČNA UPORNOST -  $R_0$  ?

LINIJA B:

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

MERITVE: a  
• ČASOVNI POTEK

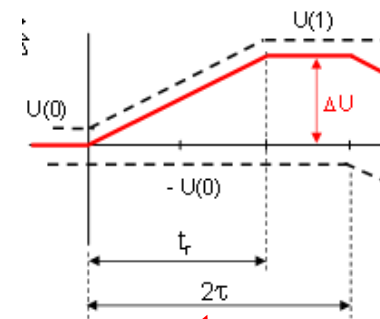
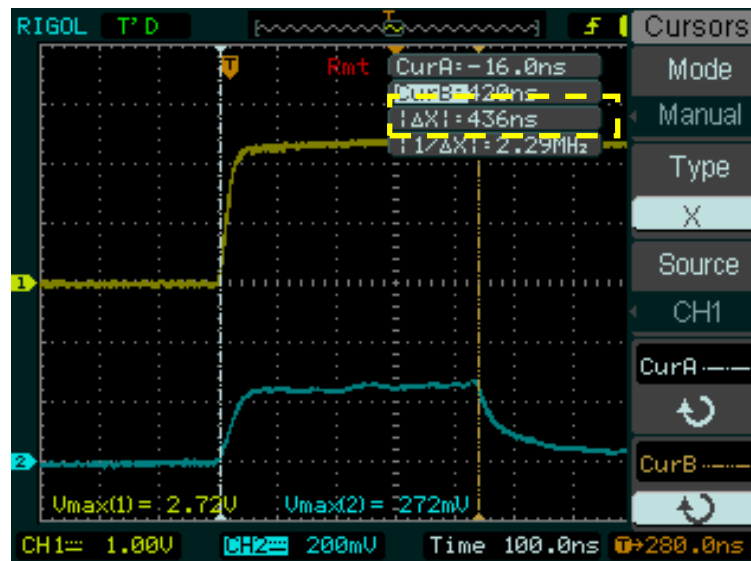
- VPLIV ODBOJEV: a
- BREZ
- ODBOJ NA ISTI STRANI
- ODBOJ NA OBEH STRANEH
- ONEJEVANJE PRESLUHA S  $X_L$  e



POROČILO

REŠ: Merjenje presluha na UTP kablu 1

- Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje
  - bližnjega presluha  $u_p(0,t) = u_{pb}(t)$  na vhodu linije in
- Izmerite čas trajanja preslušnih signalov – bližnji  $2\tau \approx 436 \text{ ns}$

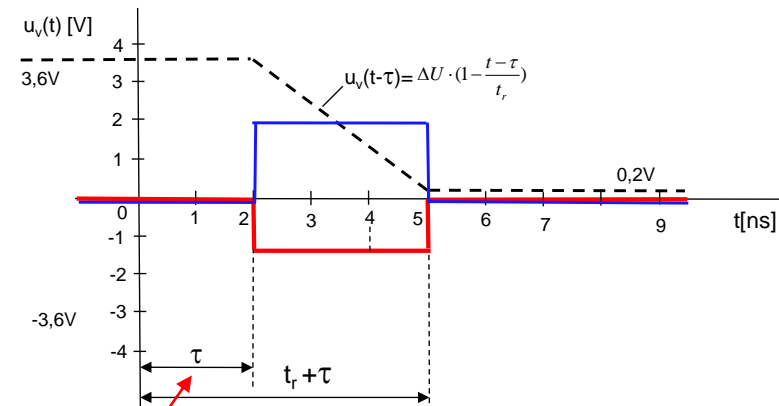
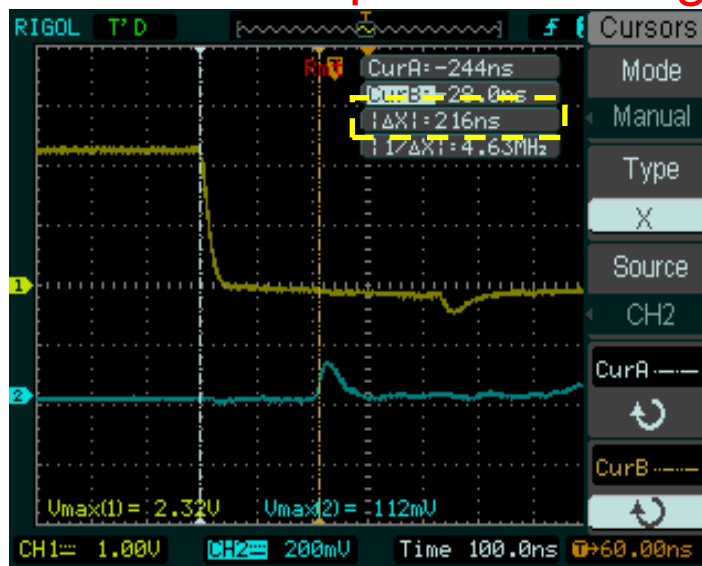


- Bližnji presluh
  - trajanje do konca vrhnjega dela „trapeza“ =  $2\tau$

REŠ: Merjenje presluha na UTP kabl

- Na sosednji parici (linija B) izmerite napetostne nivoje
  - daljnega presluha  $u_p(l,t) = u_{pd}(t)$  na izhodu linije,

- Izmerite **zakasnitev preslušnih signalov – daljni**  $\tau \approx 216 \text{ ns}$



- Daljni presluh

- **Zakasnitev daljnega presluha =  $1\tau$**

## 2.8 Omejevanje presluha

### ■ Presluh lahko zmanjšamo z več različnimi ukrepi:

- Z večanjem razmerja  $t_r / \tau$  (čas vzpona signala / čas potovanja signala po liniji)
- Z manjšanjem spremembe napetosti  $\Delta U$  pri spremembi stanja ( $0 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 0$ )
- Z manjšanjem preslušnih konstant  $K_B$  in  $K_F$  :
  - Večplastna tiskana vezja
  - Večje število povratnih (ozemljitvenih) vodnikov
  - Prepleteni vodniki (parica)
  - Oklopljena parica
  - Koaksialni kabel
  - Simetrični (diferencialni) prenos
  - Optični vodniki
- Upoštevanje občutljivosti na presluh pri različnih vrstah signalov



UTP:

LINIJA A:

- ① a. ČAS POTOUVANJA -  $\tau$  ?  
• OBOJESTRANSKA ZAKLJ. LINIJE A
- b. KARAKTERISTIČNA UPORNOST -  $R_0$  ?

LINIJA B:

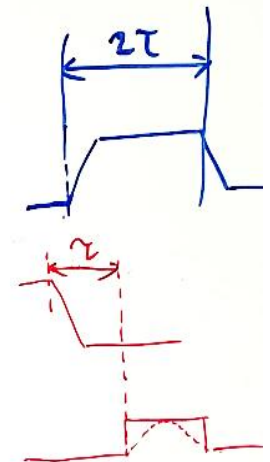
- ②  $K_B$  ? ← • BLIŽNJI PRESLUH
- d • DALJNJI PRESLUH

MERITVE:

- ČASOVNI POTEK a
- VPLIV ODBOJEV: c
- BREZ
- ODBOJ NA ISTI STRANI
- ODBOJ NA OBEH STRANEH

• ONEJEVANJE PRESLUHA S  $X_L$  e

BLIŽNJI:



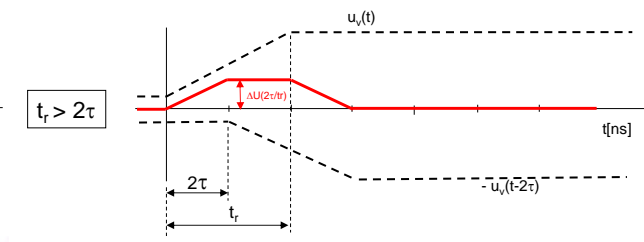
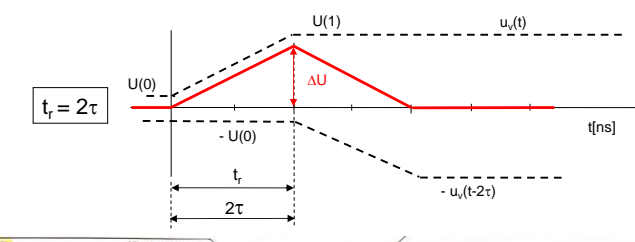
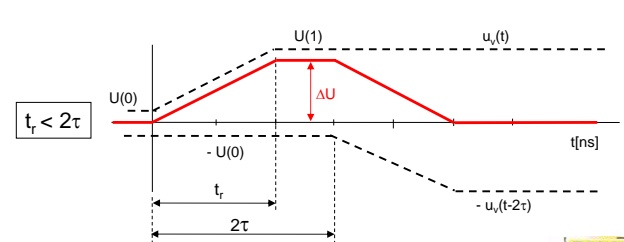
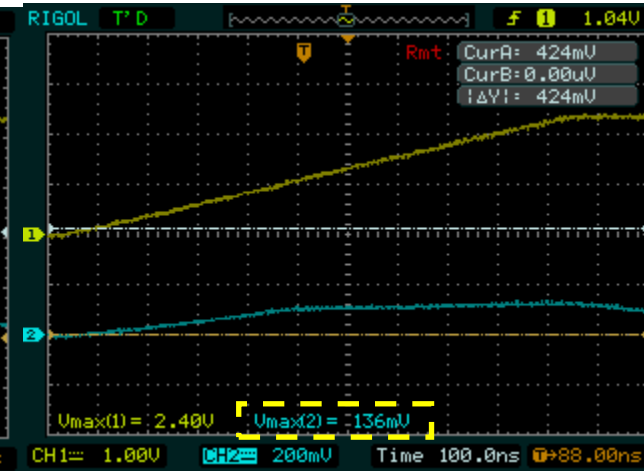
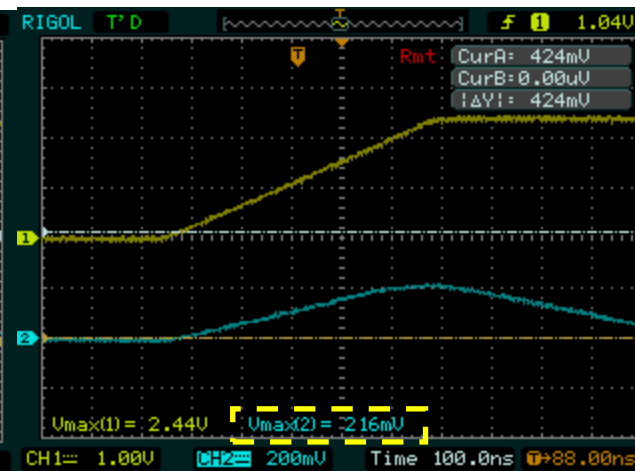
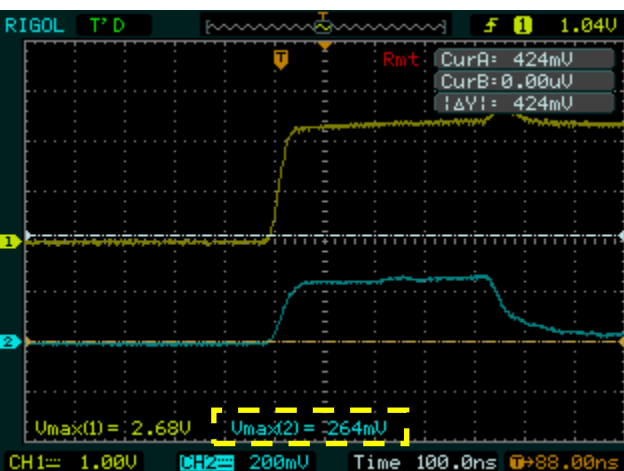
POROČILO

Merjenje presluha na UTP kablju: **BLIŽNJI primer**: 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

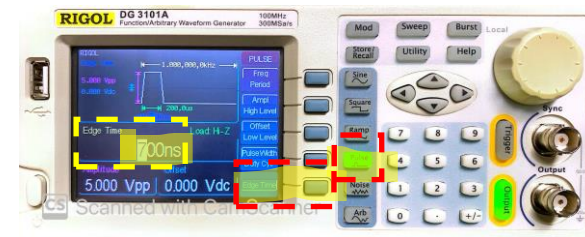
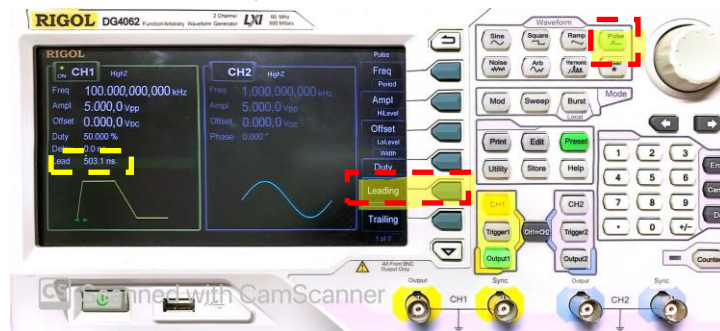
$t_r = 800\text{ns}$   $\tau = 220\text{ns}$  . 136 mV



Nastavitve za funkcijska generatorja RIGOL:

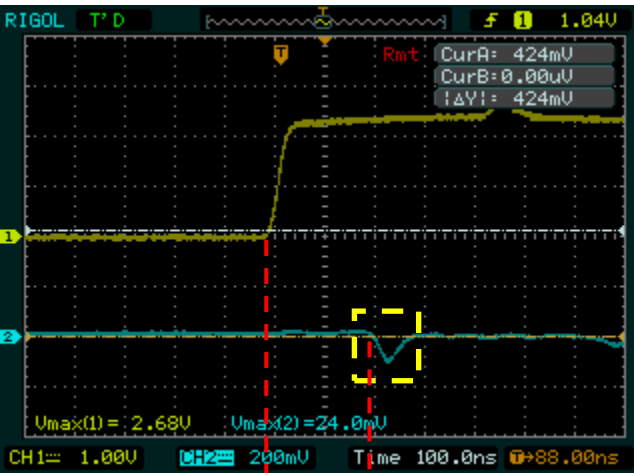
**Pulse:** ampl.=5V, offset=2.5V, frekv.=100kHz

$t_r$  ... Edge, Leading



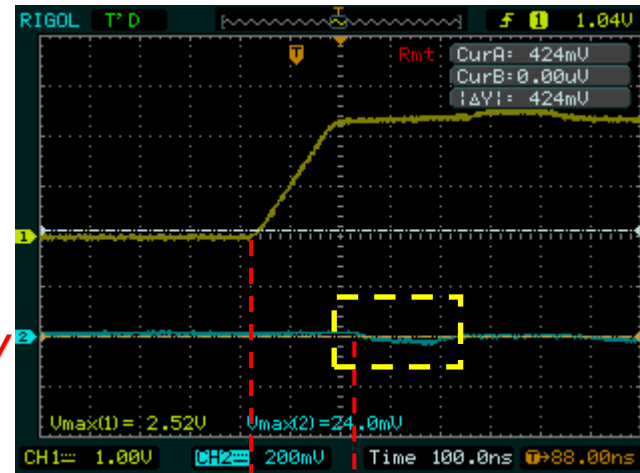
Merjenje presluha na UTP kablju: **DALJNI primer** : Omejevanje presluha s spreminjanjem razmerja  $t_r/\tau$ .

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



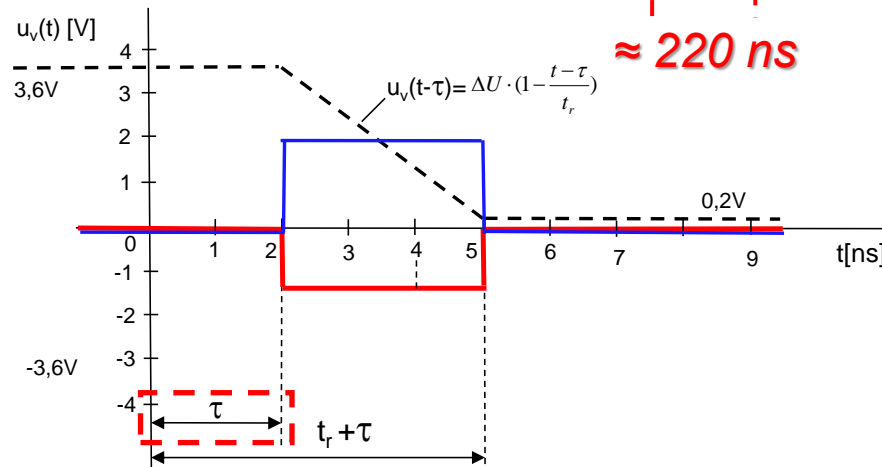
$\approx -100\text{ mV}$

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



$\approx -40\text{ mV}$

$\approx 220\text{ ns}$



$\approx 220\text{ ns}$

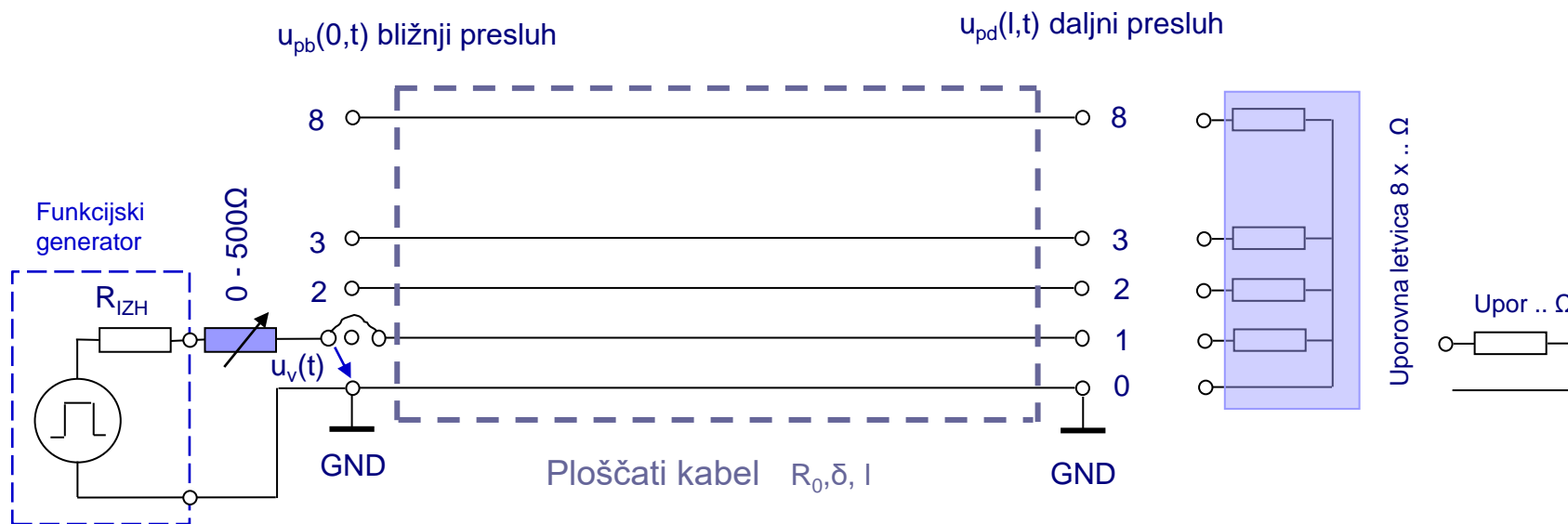
# Laboratorijska vaja 9 - LV2

- 9.1: LV2-1 - Meritve odbojev (razmerja  $R_v$ ,  $R_b$ )
- 9.2: LV2-2 - Vpliv časa vzpona/padca – omejevanje odbojev
- 9.3: LV2 - Presluh – uvod v meritve
- 9.4: LV2-3 - *Presluh – meritve na UTP kabl*
- 9.5\*: LV2-4 - Presluh – meritve na ploščatem kabl
  - (*\*dodatna, neobvezna vsebina*)



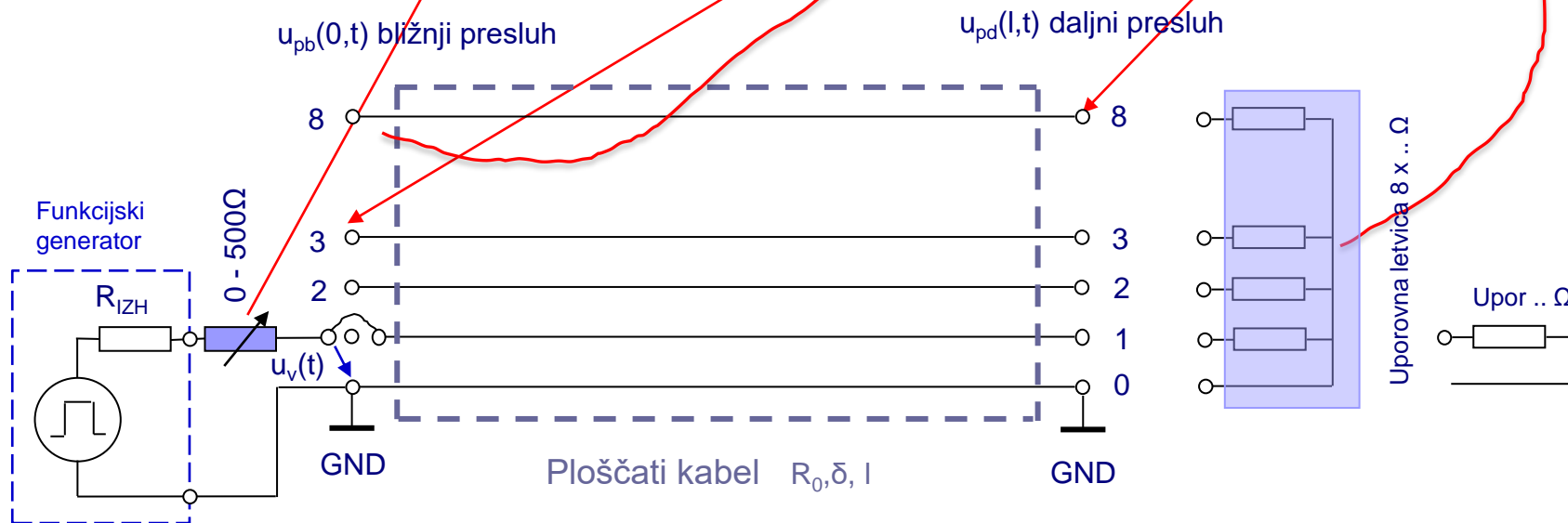
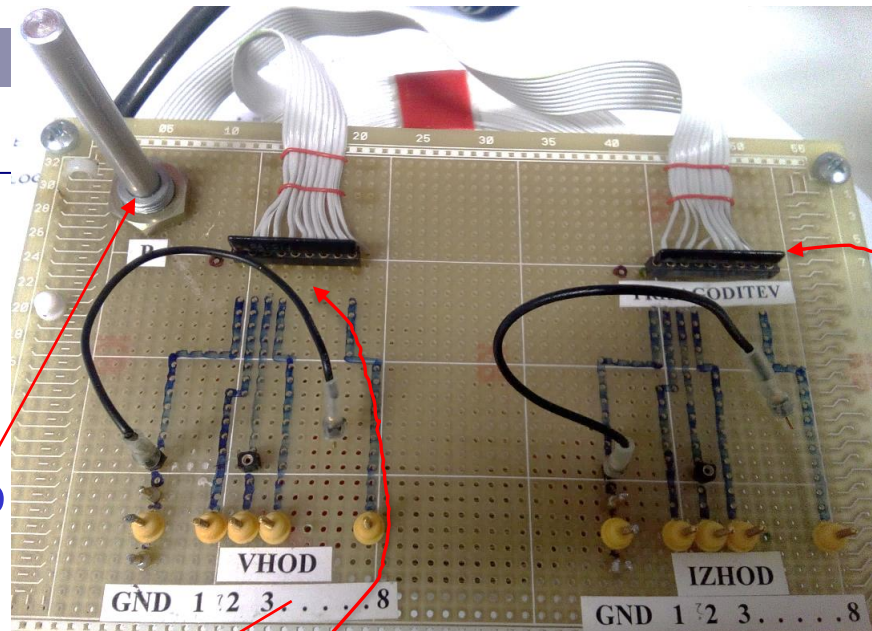
## LV2-4: Merjenje presluha na ploščatem kablu

- Funkcijski generator priključite na vodnik 1, vodnik 0 pa uporabite kot skupni povratni vodnik GND in nastavite primerno obliko signala  $u_v(t)$ .



## Merjenje presluha na ploščatem kabl

Funkcijski generator priključite na vodnik 1, vodnik 0 pa uporabite kot skupni povratni vodnik GND in nastavite primerno obliko signala  $u_v(t)$ .



PLOŠČATI KABEL

LINIJA 0-1:

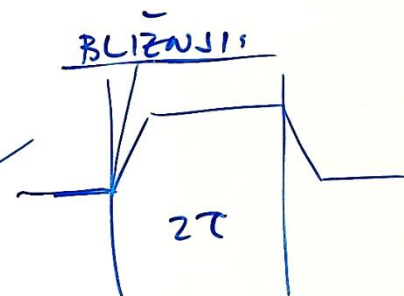
- Ⓐ . ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - Ⓑ . KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- } - LIN. 0-2 ← GND

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

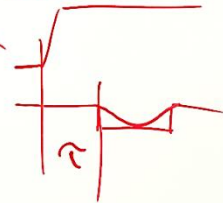
- Ⓒ  $K_B = ? \leftarrow$  . BLIŽNJI PRESLUH
- . DALJNI PRESLUH

MERITVE:

- . ČASOVNI POTEK
  - . VPLIV ODBOSEV:
  - . BREZ
- Ⓒ
- Ⓓ . ODBOS NA ISTI STRANI
  - . ODBOS NA OBEH STRANEH
- ZAJLJUČITEV 0-1 Z UPOROM!  
(DEŠNA STRAN)



DALJNI:



. OMEJEVANJE PRESLUHOV:

- Ⓕ . OZEMLJITEV LINIJE 0-2
- Ⓖ . DALJŠANJE  $x_{tr}, t_d$

POROČILO:

Izhodna upornost funkcijskega generatorja je  $R_{IZH}=50\Omega$ , zakasnitev ploščatega kabla  $\delta=4,53\text{ns/m}$

- Izmerite čas potovanja po ploščatem kablu.
- Izmerite in izračunajte karakteristično upornost ploščatega kabla in izberite primerno zaključitev za linije 2 do 8, da ne bo odbojev (podobno kot v LV 2-2, linijo 2 ozemljite).
  - Kaj se zgodi, če linije 2 ne ozemljite?
- Izmerite napetostne nivoje bližnjega presluha  $u_{pb}(0,t)$  na vseh linijah v linije 2,3 in 8 in daljnega presluha  $u_{pd}(l,t)$  na izhodih linij 2,3 in 8.
- Opazujte vpliv zaključitev na linijah 2 do 8 na amplitudo in potek bližnjega in daljnega presluha (brez odboja, odboj na isti in še na obeh straneh).
- Podajte postopek in izračun bližnje preslušne konstante  $K_B$ .

Bližnji presluh (NEXT)

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



PLOŠČATI KABEL

LINIJA 0-1:

- Ⓐ . ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - Ⓑ . KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- } - LIN. 0-2 ← GND

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

- Ⓒ  $K_B = ? \leftarrow$  . BLIŽNJI PRESLUH
- . DALJNI PRESLUH

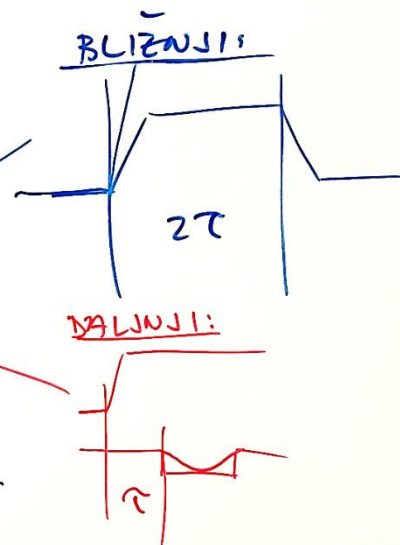
MERITVE:

- . ČASOVNI POTEK
  - . VPLIV ODBOSEV:
  - . BREZ
- Ⓓ } . ODBOS NA ISTI STRANI  
 . ODBOS NA OBEH STRANAH  
 → ZAJLJUČITEV 0-1 Z UPOROM!  
 (DEŠNA STRAN)

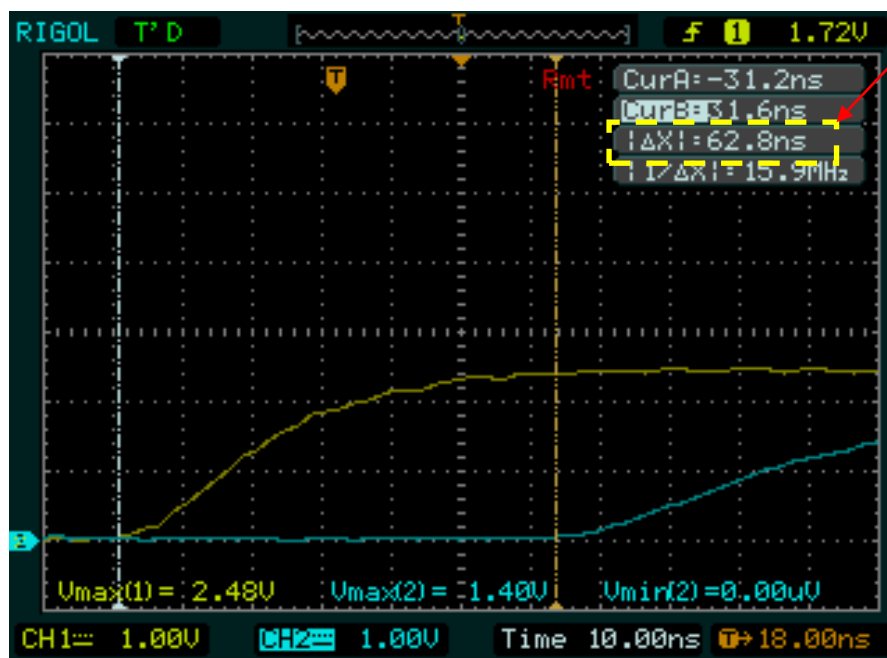
. OMEJEVANJE PRESLUHOV:

- Ⓕ } . OZEMLJITEV LINIJE 0-2
- Ⓖ . DALJŠANJE  $x_{tr}, t_d$

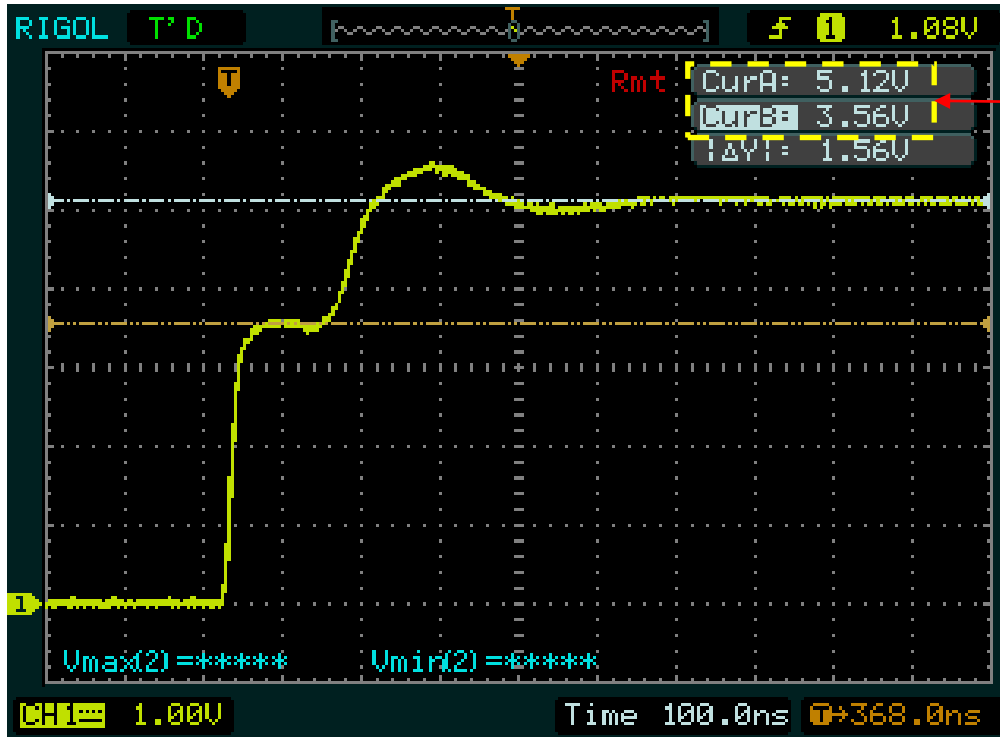
POROČILO:



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



■ Določite karakteristično upornost ploščatega kabla – GND na #2 !



KABEL #1

$$\begin{aligned} & \rightarrow U1 * 50 / (U2 - U1) \\ & \rightarrow 3.56 * 50 / (5.12 - 3.56) \\ & \text{ans} = 114.10256 \end{aligned}$$

Preverim tudi z modrim potenciometrom (109ohm)

Letvice pa so 100 ohm – dobim konsistentne slike

**characteristic impedance ribbon**

Simple, flat 0.05" IDC ribbon is generally around 95Ω to 110Ω. Some can go as high as 210Ω. I have seen jacketed cables down to 62Ω

The manufacturers' datasheets will tell you, if you are using surplus cable it might be hard to identify though.

Z naslova <<http://www.edaboard.com/thread41343.html>>

PLOŠČATI KABEL

LINIJA 0-1:

- Ⓐ . ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - Ⓑ . KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- } - LIN. 0-2 ← GND

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

Ⓒ  $K_B = ? \leftarrow$  . **BLIŽNJI PRESLUH**

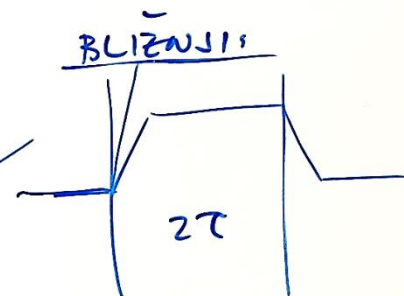
. **DALJNI PRESLUH**

. DMEJEVANJE PRESLUHOV:

- Ⓕ . DZEMLJITEV LINIJE 0-2
- Ⓖ . DALJŠANJE  $x_{tr}, t_d$

MERITVE:

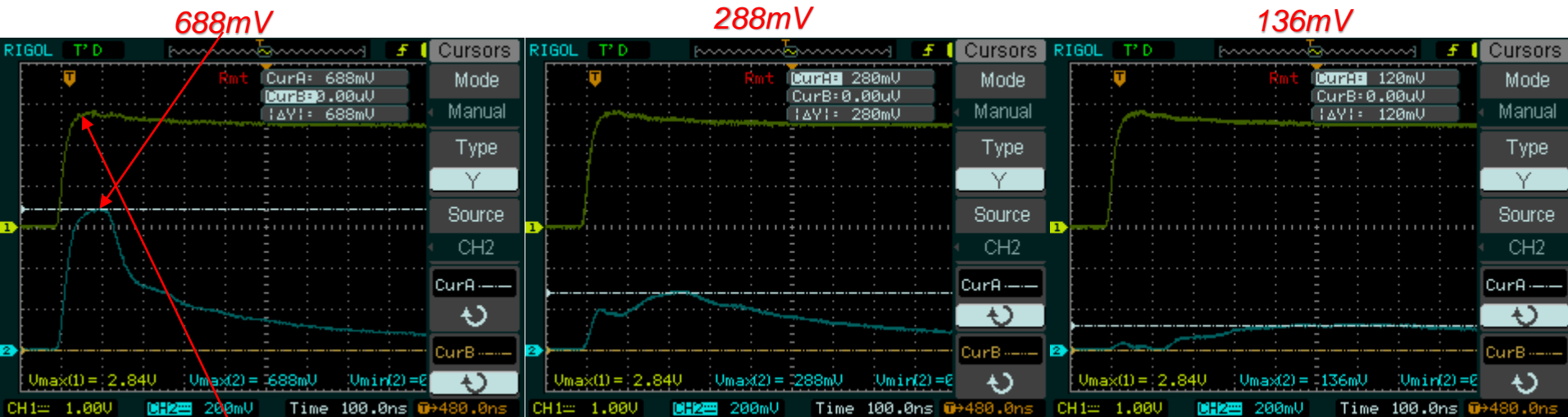
- . ČASOVNI POTEK:
- . VPLIV ODBOSEV:
  - . BREZ } Ⓒ
  - Ⓓ . ODBOS NA ISTI STRANI
  - . ODBOS NA OBEH STRANEH
- ZAJLJUČITEV 0-1 Z UPOROM! (DESNA STRAN)



POROČILO:

**REŠ:** Merjenje presluha na ploščatem kablu : Bližnji presluh

- Izmerite napetostne nivoje bližnjega presluha  $u_{pb}(0,t)$  na vloh in 8



- Primer izračuna  $K_b$  (vstavljene zaključitve)

KABEL #N

-->  $K_b = 0.688 / 2.86$

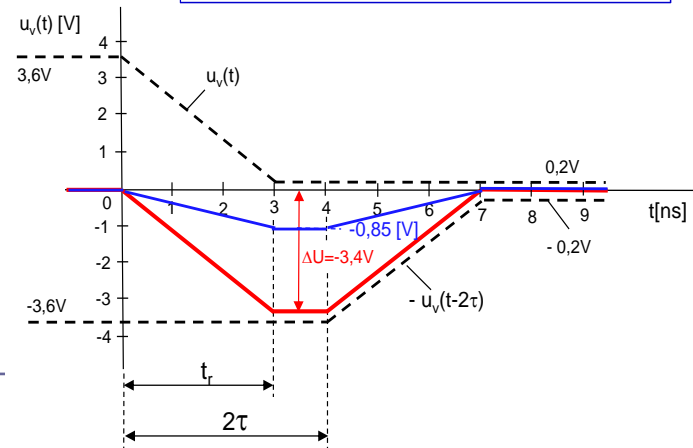
$K_b =$

0.240559

*Komentar:* 1.slika – vzamem max (2.86V) namesto  $V_{stac}$  (2.54V) za izračun

Bližnji presluh (NEXT)

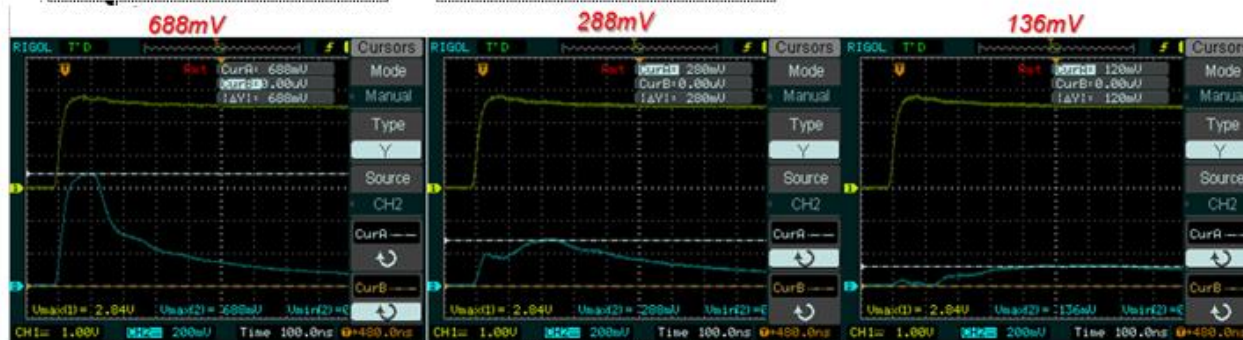
$$u_p(0,t) = K_B \cdot [u_v(t) - u_v(t - 2 \cdot \tau)]$$



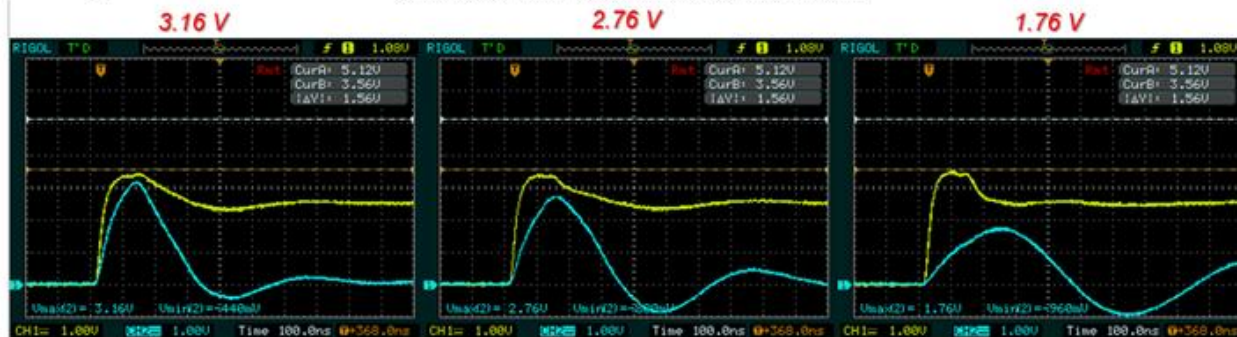
# Vpliv zaključitev na linijah 2, 3 in 8 (stolpci) na amplitudo in potek bližnjega presluha

Bližnji-presluh

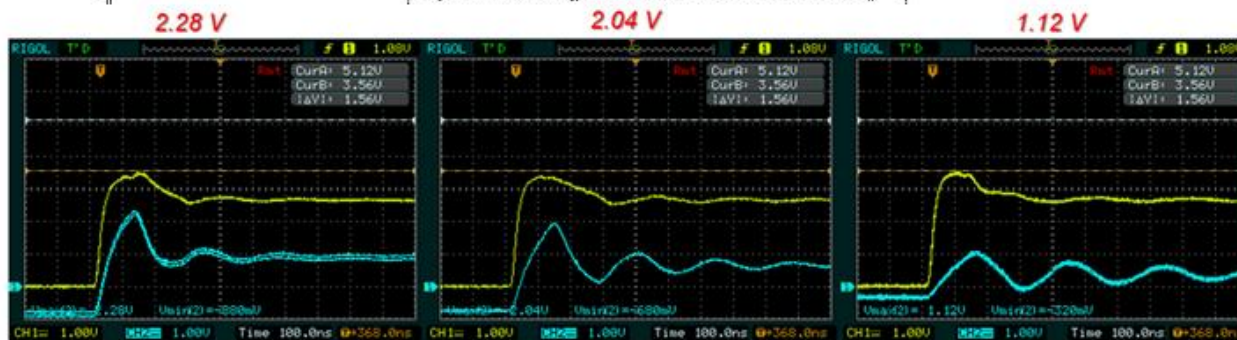
A) Vstavljene zaključitve



B) Brez zaključitev na isti strani



C) Brez zaključitev na obeh straneh



VIN - L

Stolpci prikazujejo povezave

0-2

0-3

0-8

© Rozman, Škraba, FRI

# PLOŠČATI KABEL

## LINIJA 0-1:

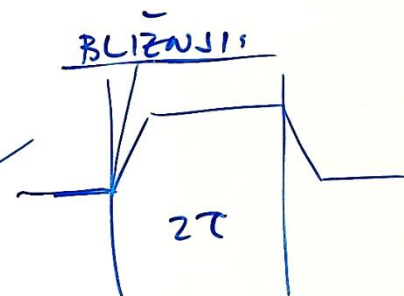
- Ⓐ . ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - Ⓑ . KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- } - LIN. 0-2 ← GND

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

- Ⓒ  $K_B = ? \leftarrow$  . BLIŽNJI PRESLUH
- . DALJNI PRESLUH

### MERITVE:

- . ČASOVNI POTEK
- . VPLIV ODBOSEV:
  - . BREZ } Ⓒ
  - Ⓓ . ODBOS NA ISTI STRANI
  - . ODBOS NA OBEH STRANEH
- ZAJLJUČITEV 0-1 Z UPOROM! (DESNA STRAN)



### . OMEJEVANJE PRESLUHOV:

- Ⓕ . OZEMLJITEV LINIJE 0-2
- Ⓖ . DALJŠANJE  $x_m, t_d$

### POROČILO:

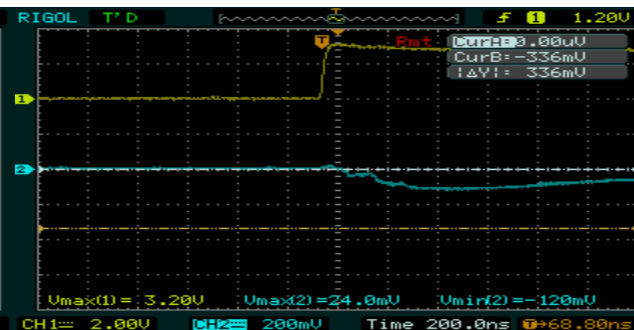
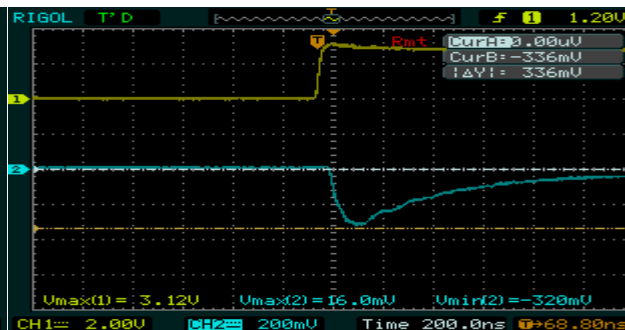
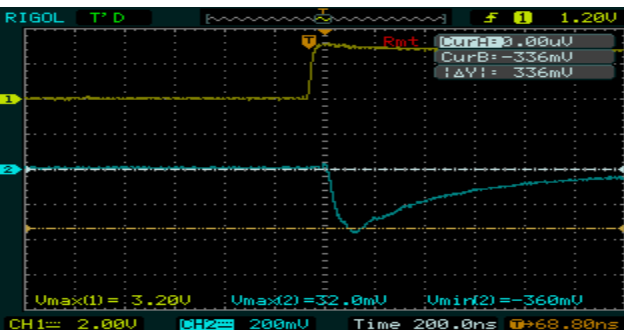
**REŠ:** Merjenje presluha na ploščatem kablu : Daljnji presluh

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

-360mV

-320mV

-120mV

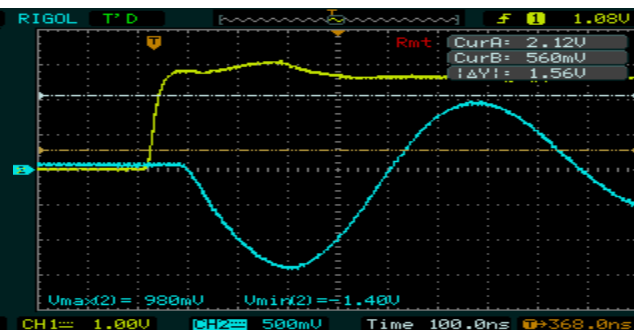
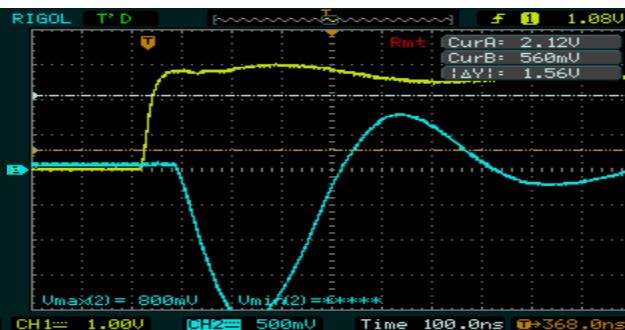
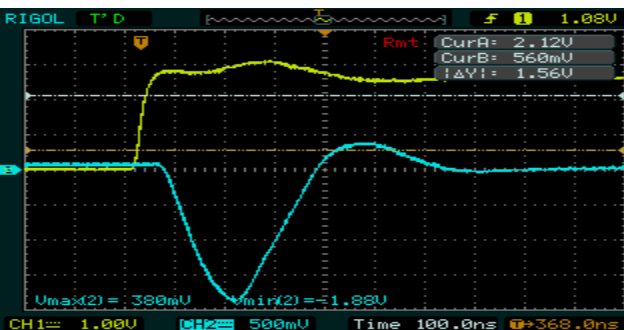


□ Brez zaključitve na daljni strani (spodaj) in obeh straneh (čisto spodaj)

-1.88 V

< -2V

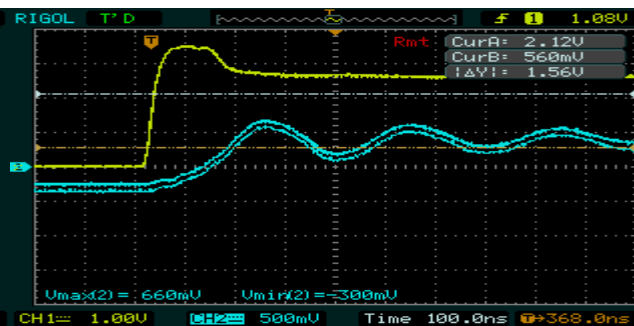
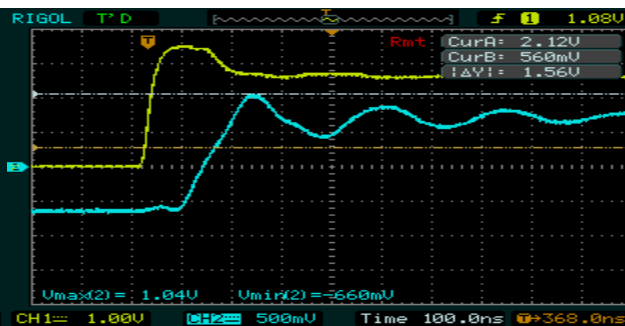
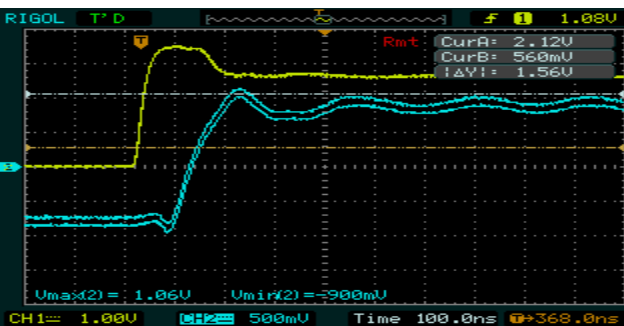
-1.4 V



1.06 V

1.04 V

0.66 V





# Omejevanje presluha

## ■ Presluh lahko zmanjšamo z več različnimi ukrepi:

- Z večanjem razmerja  $t_r / \tau$  (čas vzpona signala / čas potovanja signala po liniji)
- Z manjšanjem spremembe napetosti  $\Delta U$  pri spremembi stanja ( $0 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 0$ )
- Z manjšanjem preslušnih konstant  $K_B$  in  $K_F$  :
  - Večplastna tiskana vezja
  - Večje število povratnih (ozemljitvenih) vodnikov
  - Prepleteni vodniki (parica)
  - Oklopljena parica
  - Koaksialni kabel
  - Simetrični (diferencialni) prenos
  - Optični vodniki
- Upoštevanje občutljivosti na presluh pri različnih vrstah signalov

# PLOŠČATI KABEL

## LINIJA 0-1:

- Ⓐ . ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - Ⓑ . KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- } - LIN. 0-2 ← GND

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

- Ⓒ  $K_B = ? \leftarrow$  . BLIŽNJI PRESLUH
- . DALJNI PRESLUH

### MERITVE:

- . ČASOVNI POTEK
  - . VPLIV ODBOSEV:
  - . BREZ
- } Ⓒ

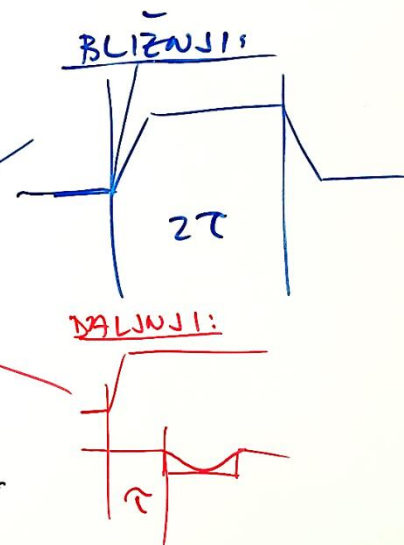
- Ⓓ . ODBOS NA ISTI STRANI
  - . ODBOS NA OBEH STRANEH
- ZAKLJUČITEV 0-1 Z UPOROM!  
(DEŠNA STRAN)

• OMEJEVANJE PRESLUHOV:

• OZEMLJITEV LINIJE 0-2

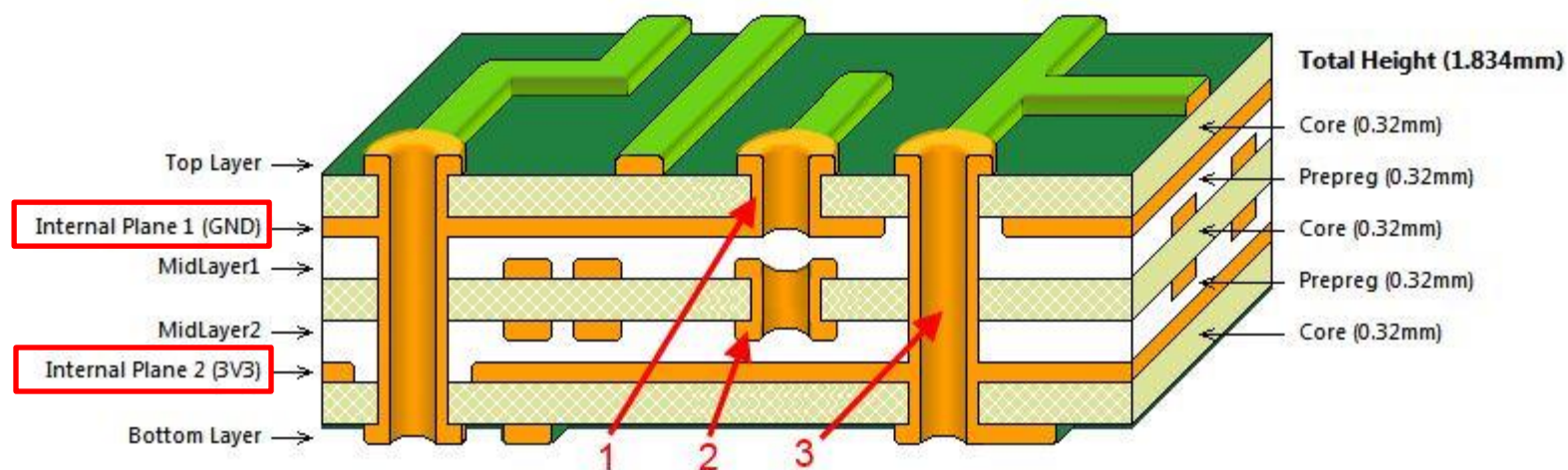
- Ⓕ . DALJŠANJE  $x_{tr}, t_d$

POROČILO:



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

### Večplastna tiskana vezja



Vmesna plast z ozemljitvenimi in napajalnimi povezavami zmanjšuje medsebojni vpliv povezav v plasti 1 in zgornji plasti ter povezav v plasti 2 in spodnji plasti.

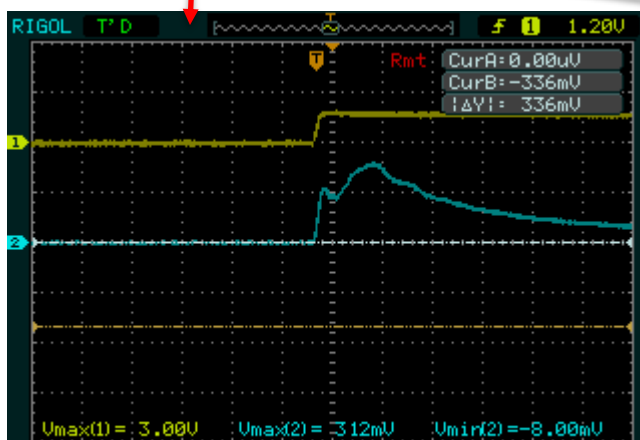
## Omejevanje presluha na ploščatem kablu

- Opazujte **vpliv ozemljitve na liniji 2** (na enem ali obeh koncih) na amplitudo bližnjega in daljnega presluha na liniji 3.
- Na funkcijskem generatorju **spreminjajte čas vzpona  $t_r$**  in čas padca signala  $t_f$  in opazujte vpliv na presluh (bližnji in daljnji).
  - Pri kateri vrednosti  $t_r$  oziroma  $t_f$  se presluh začne manjšati ?
  - Kako se to vidi na osciloskopu ?

## Omejevanje presluha na ploščatem kablu - ozemljitev

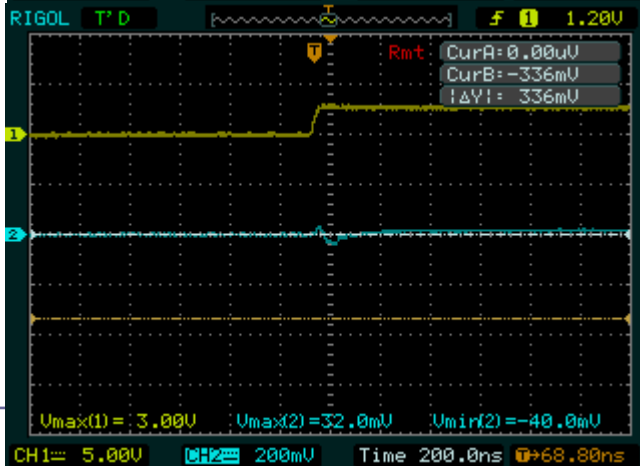
- Opazujte vpliv ozemljitve na liniji 2 (na enem ali obeh koncih) na amplitudo bližnjega in daljnega presluha na liniji 0-3.

brez  
ozemljitve  
312 mV

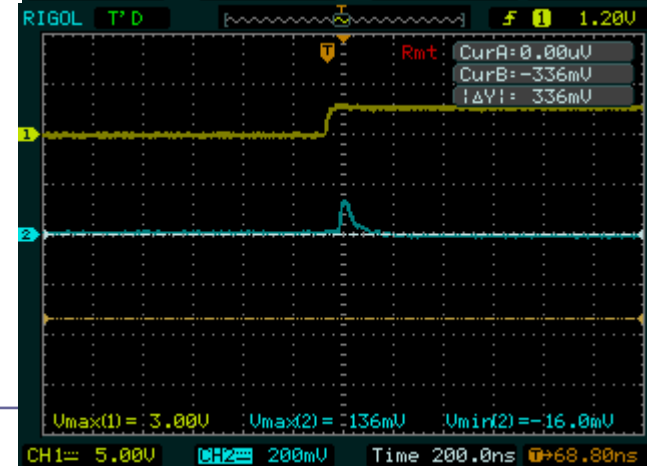
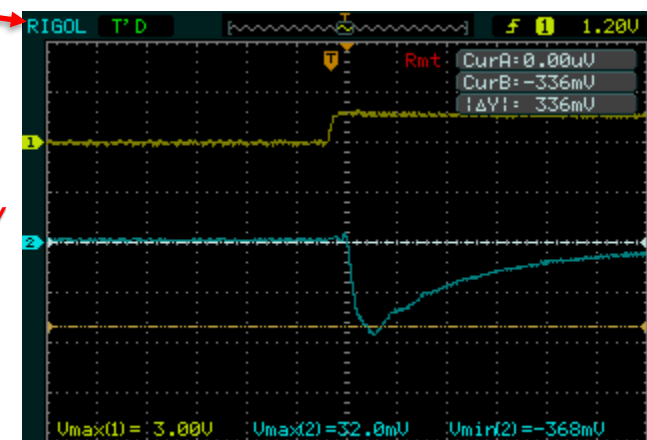


-368mV

ozemljitev  
2 - GND  
32 mV



136mV



Bližnji presluh

Daljnji presluh

PLOŠČATI KABEL

LINIJA 0-1:

- Ⓐ . ČAS POTOVANJA -  $\tau$
  - Ⓑ . KARAKT. UPORNOST -  $R_0$
- } - LIN. 0-2 ← GND

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

- Ⓓ  $K_B = ? \leftarrow$  . BLIŽNJI PRESLUH
- . DALJNI PRESLUH

MERITVE:

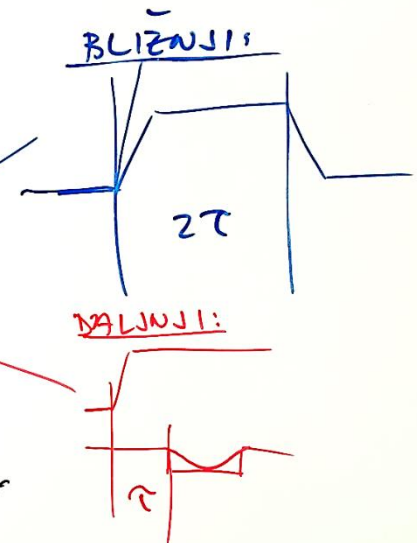
- . ČASOVNI POTEK
  - . VPLIV ODBOSEV:
  - . BREZ
- } Ⓒ

- Ⓐ } . ODBOS NA ISTI STRANI
  - . ODBOS NA OBEH STRANEH
- ZAJLJUČITEV 0-1 Z UPOROM! (DESNA STRAN)

. OMEJEVANJE PRESLUHOV:

- Ⓕ } . OZEMLJITEV LINIJE 0-2
- Ⓖ } . DALJŠANJE  $x_{tr}, t_d$

POROČILO:



REŠ: Merjenje presluha na ploščatem kablu

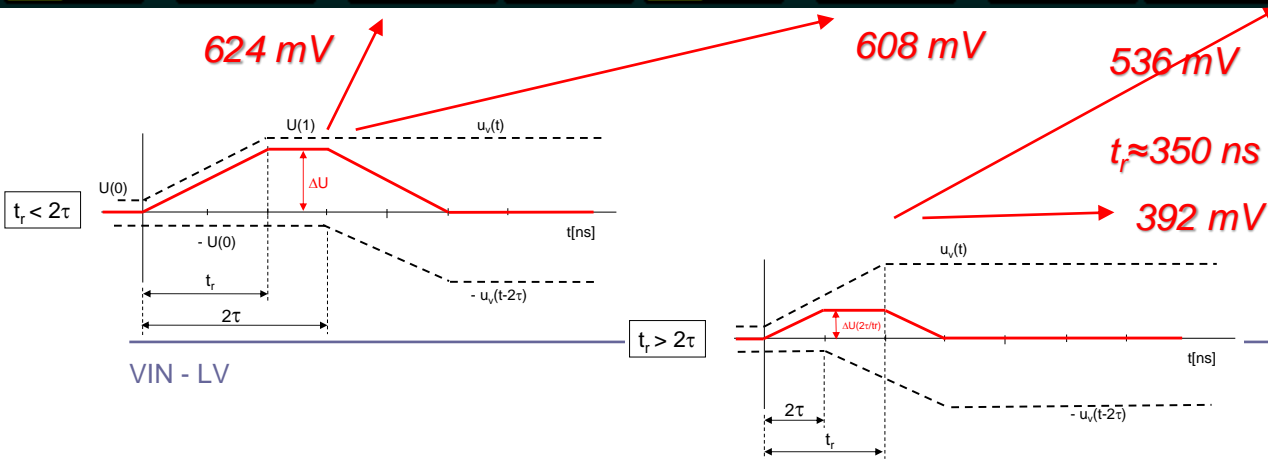
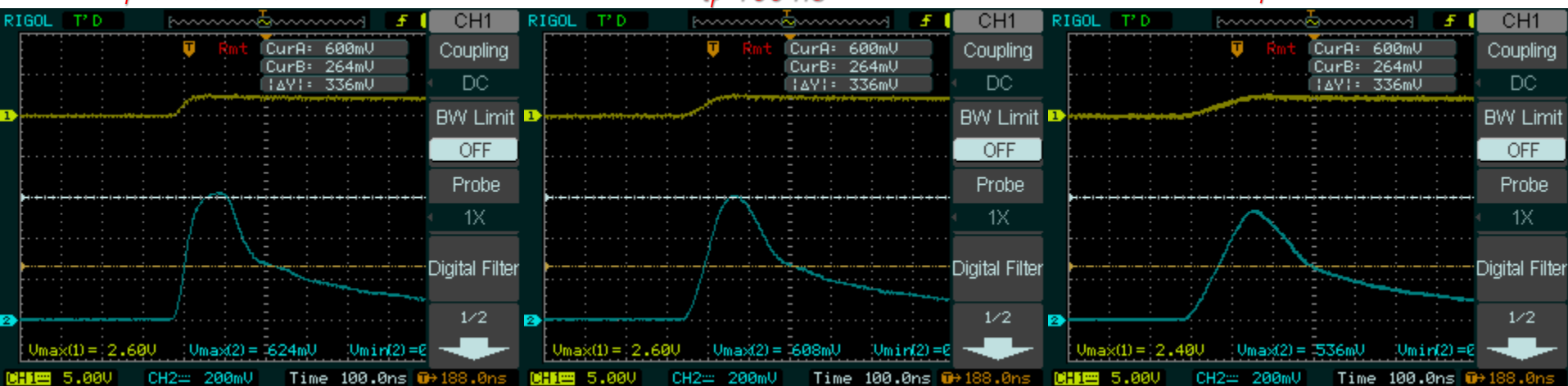
## Omejevanje presluha na ploščatem kablu – čas vzpona

- Na funkcijskem generatorju spreminjajte čas vzpona  $t_r$  in čas padca signala  $t_f$  in opazujte vpliv na presluh.
  - Pri kateri vrednosti  $t_r$  oziroma  $t_f$  se presluh začne manjšati?
  - Kako se to vidi na osciloskopu ?

$t_r \approx 62 \text{ ns}$

$t_r \approx 100 \text{ ns}$

$t_r \approx 150 \text{ ns}$



## • DN2-LV2: Meritve odbojev in presluhov

### • LV2-1 Meritve odbojev (razl. razmerja $R_v$ , $R_b$ – matrika $3 \times 3$ )

Izmerite in skicirajte potek  $u_s(t)$  in  $u_r(t)$  za vseh devet mogočih kombinacij razmerij  $R_S$  in  $R_L$  v primerjavi z  $R_0$ .

- Prikažite ustrezne **posnetke ekranov osciloskopa in simulacij (DN2-3)**
- s **simulacijo v programu LTSPICE (DN2-AV1.1)** poskusite biti **čim bližje realnim meritvam**
- Preverite in komentirajte: **ujemanje** simulacije pravih meritev, **pravilnost delovanja**, **prednosti/slabosti različnih kombinacij**.

### • LV2-2 Vpliv časa vzpona/padca – omejevanje odbojev

**Kratko razložite, pri kateri vrednosti za čas vzpona ( $t_r$ ) se začne manjšati vpliv odbojev.**

Vse odgovore utemeljite s pomočjo teoretičnega znanja in rezultatov realnih meritev z zaslonскими slikami ter oboje povežite z ustrežno razlago.

### • LV2-3 Presluh – meritve na UTP kablu

LV2-3a Meritve bližnjega in daljnega presluha

Podajte **izmerjene vrednosti napetostnih nivojev** bližnjega presluha  $u_{pb}(0, t)$  na vhodu linije in daljnega presluha  $u_{pd}(l, t)$  na izhodu linije.

Preverite in komentirajte tudi **pravilnost časovnega poteka** glede na prej izmerjen čas potovanja po povezavi (LV1-1).

LV2-3b Vpliv zaključitev linij na bližnji in daljni presluh

Opazujte vpliv zaključitev na liniji B na amplitudo in potek bližnjega in daljnega presluha (najprej obojestransko zaključitev, potem pa zaključitev iztaknite na isti strani, kjer merite presluh in nato še na obeh straneh).

\***Izziv:** **Kratko** pojasnite, ali in kako bi lahko izračunali bližnjo **preslušno** konstanto  $K_B$ .

LV2-3c Omejevanje presluhov v UTP kablu

Opišite in v praksi izvedite postopek za omejevanje presluha na UTP kablu. Opišite in prikažite **ekranske** slike za obe vrsti presluha ter za vsakega analizirajte učinkovitost postopka.

Kako se (bližnji, daljni) presluh spremeni s **spremenbo razmerja  $t_r/\tau$** ? Kako spremenjen čas vzpona vpliva na bližnji in daljni presluh? Kako se to vidi na osciloskopu?

## • \*LV2-4 Neobvezno: Meritve presluhov na ploščatem kablu

LV2-4a Meritev časa potovanja

Izmerite čas potovanja signala po ploščatem kablu (opišite postopek in rezultat). Meritev izvedite ob zaključenih linijah in ozemljeni povezavi št. 2.

LV2-4b Meritev karakteristične upornosti

Izmerite in podajte izračun za karakteristično upornost ploščatega kabla (opišite postopek in rezultat). Meritev izvedite podobno kot **smo** to naredili v podobnih prejšnjih primerih – ob primerno zaključenih linijah ( $50\Omega$ ,  $\infty\Omega$ ) in ozemljeni povezavi št. 2.

LV2-4c Meritve bližnjega in daljnega presluha

Podajte izmerjene vrednosti napetostnih nivojev bližnjega presluha  $u_{pb}(0, t)$  na vhodu linije in daljnega presluha  $u_{pd}(l, t)$  na izhodu linije (priključki 2, 3, 8).

Preverite in komentirajte tudi **pravilnost časovnega poteka** glede na izmerjen čas potovanja po povezavi (LV3-1a).

LV2-4d Vpliv zaključitev linij na bližnji in daljni presluh

Opazujte vpliv zaključitev na linijah 2 do 8 (uporovne letvice) na amplitudo in potek bližnjega in daljnega presluha (najprej obojestransko zaključitev, potem pa zaključitev iztaknite na isti strani, kjer merite presluh in nato še na obeh straneh).

\***Izziv:** **Kratko** pojasnite, ali in kako bi lahko izračunali bližnjo **preslušno** konstanto  $K_B$ .

LV2-4e Omejevanje presluhov v ploščatem kablu

Opišite in v praksi izvedite dva postopka za omejevanje presluha na ploščatem kablu. Opišite in prikažite **ekranske** slike ter analizirajte njuno učinkovitost.

a) → Opazujte **vpliv ozemljitve na liniji 2** (na enem ali obeh koncih, izberite bolj izrazito **situacijo**) na amplitudo bližnjega in daljnega presluha na liniji 3.

b) → Kako se presluh spremeni s **spremenbo razmerja  $t_r/\tau$** ? Kako spremenjen čas vzpona vpliva na bližnji in daljni presluh? Kako se to vidi na osciloskopu?

————— Prelom strani —————