



Fizica III – Electromagnetism

Aplicații # 5

Circuite electrice cu parametri distribuiți

Prof.dr.ing. Gabriela Ciuprina gabriela@lmn.pub.ro

As.dr.ing. Mihai Popescu mihai_p@lmn.pub.ro

S.I..dr.ing. Sorin Lup sorin@lmn.pub.ro

Transmiterea de date prin comunicație serială în standard RS485

1. Standardul RS-485 pe scurt

1. Caracteristici principale.
2. Topologia unei rețele în standard RS-485
3. Comunicație prin semnal diferențial
4. Caracteristicile electrice ale cablurilor destinate comunicație RS-485

2. Simularea comunicației RS-485 în LTSpice

1. Driver pentru standardul RS-485.
2. Parametrii utilizați pentru simularea liniei lungi fără pierderi
3. Valoarea și locul de montare a rezistențelor de adaptare la impedanța liniei.
4. Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie adaptată.
5. Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie neadaptată.
6. Simularea unei comunicații „half-duplex” cu drivere conectate incorect.

3. Montaj experimental – comunicație RS-485

1. Schema și principiul montajului experimental.
2. Experiment 1: comunicație „half-duplex” cu linie adaptată.
3. Experiment 2: comunicație „half-duplex” cu linie neadaptată.
4. Experiment 3: comunicație „half-duplex” cu drivere conectate incorect.

Standardul RS-485

Caracteristici principale

- Autorizat din 1983
- Cel mai utilizat standard de comunicație în rețele cu echipamente industriale, medicale, pentru mijloace de transport (avion, tren, vapor)
- Caracteristici esențiale:
 - Comunicație prin semnal diferențial – asigură o bună imunitate la „zgomotele” electromagnetice tipice mediilor industriale
 - Permite atât comunicație „half - duplex”, cât și „full – duplex”
 - Toate drivere-le de interfață pot fi alimentate dintr-o unică sursă de 5Vcc
 - Permite conectarea a maxim 32 de drivere pe același canal de comunicație;
 - Viteza maximă de comunicație este de 10Mbps pentru o lungime de cablu de maxim 12m
 - Viteza tipică de comunicație este de 100kbps, pentru o lungime de cablu de maxim 1200m

<https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>

https://en.wikipedia.org/wiki/Balanced_line

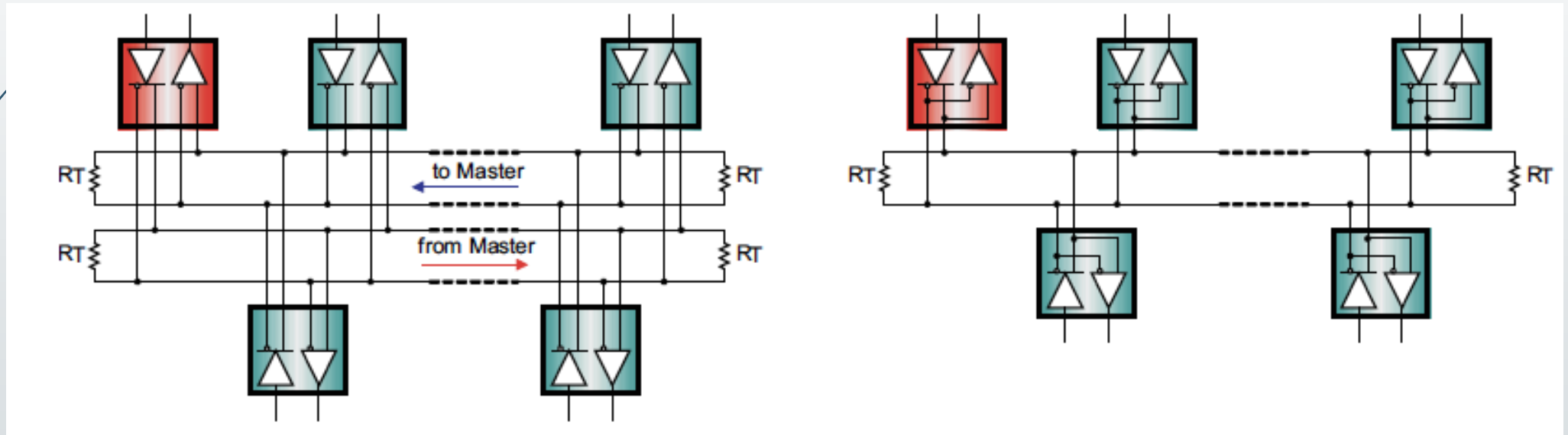
[https://en.wikipedia.org/wiki/Duplex_\(telecommunications\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Duplex_(telecommunications))

FS-EM, 2022-2023

Standardul RS-485

Topologia rețelei

- ▶ Rețea cu topologie liniară la care drivere-le sunt conectate în sistem „daisy chain”. Nu este recomandată cablarea driverelor la trunchiul principal al rețelei prin conexiuni mai mari de 0,5m
- ▶ Comunicația poate fi „full-duplex” – emisie-recepție simultană (stânga), sau „half-duplex” (dreapta)

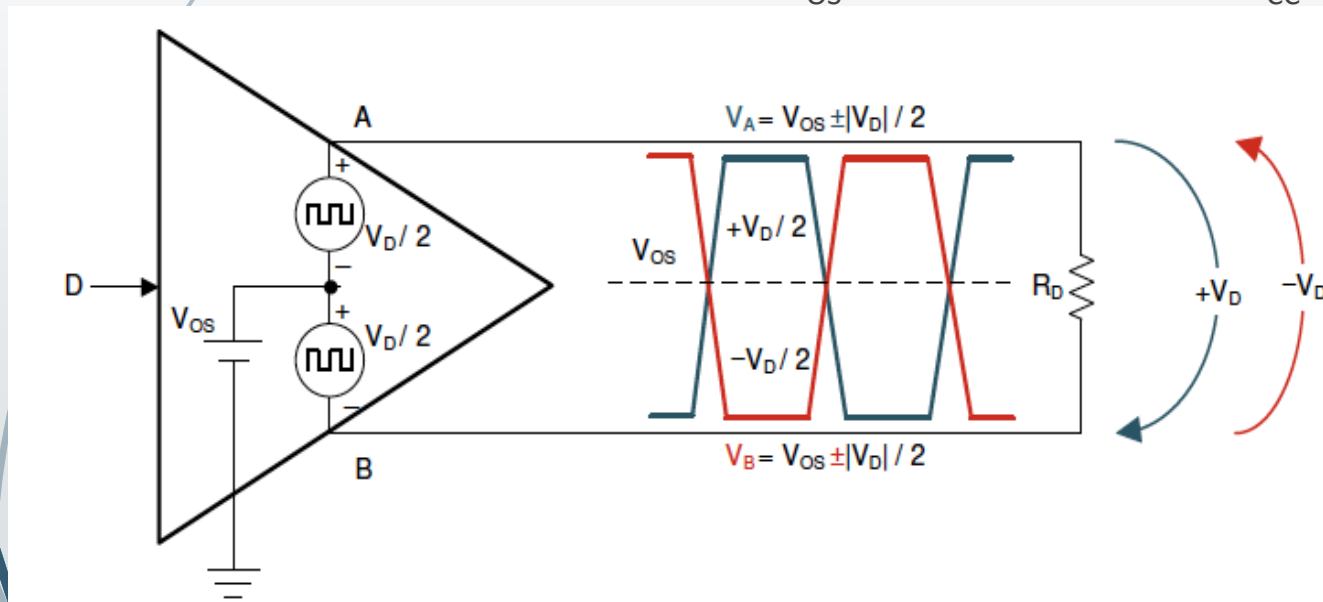


https://www.ti.com/lit/an/slla272d/slla272d.pdf?ts=1670066756387&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fsite%252Fsearch%252Fen-us%252Fdocs%252Funiversalsearch.tsp%253FlangPref%253Den-US%2526searchTerm%253Drs-485%2526nr%253D9624

Standardul RS-485

Comunicație prin semnal diferențial

- Semnalul de ieșire este dat de diferența dintre potențialele ieșirilor A (V_A) și B (V_B). Fiecare potențial este considerat în raport cu potențialul de referință local al circuitului driver.
- Potențialele ieșirilor A și B din driver sunt simetrice față de un potențial comun V_{OS} stabilit de driver ca $U_{CC}/2$ (U_{CC} este tensiunea de alimentare – tipic 5V).



$$D = 1_{LOGIC} : \begin{cases} V_A = V_{OS} + \frac{V_D}{2} \\ V_B = V_{OS} - \frac{V_D}{2} \end{cases} \Rightarrow V_A - V_B = V_D$$

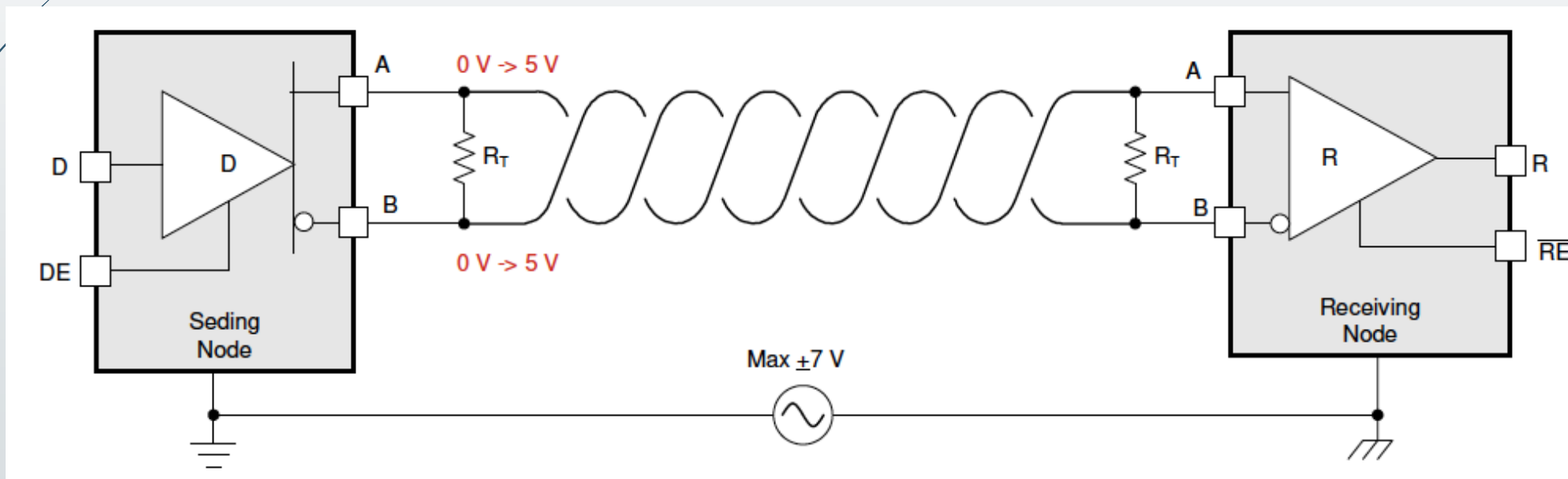
$$D = 0_{LOGIC} : \begin{cases} V_A = V_{OS} - \frac{V_D}{2} \\ V_B = V_{OS} + \frac{V_D}{2} \end{cases} \Rightarrow V_A - V_B = -V_D$$

► <https://www.ti.com/lit/wp/slla545/slla545.pdf?ts=1670015994091>

1. Standardul RS-485

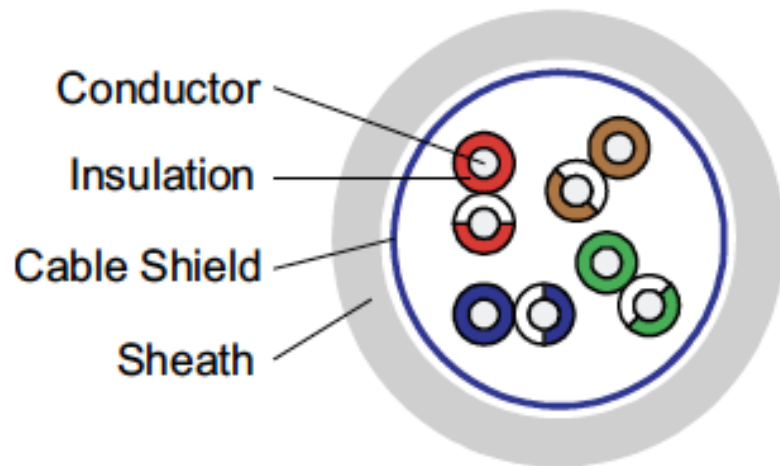
Comunicație robustă prin semnal diferențial

- Orice perturbație de natură electromagnetică va influența tensiunea comună V_{OS} , de care semnalul diferențial nu depinde.
- Tensiunea comună poate diferi de la un driver la altul datorită diferenței de potențial ce poate exista între nodurile de referință ale fiecăruia dintre acestea; limita admisă de standard este suficient de mare (7V) pentru a acoperi majoritatea perturbațiilor ce pot apărea într-o zonă poluată electromagnetic.
- Dacă pentru toate driverele $U_{cc}=5V$, atunci $V_A - V_B \in [-7, 12][V]$



► <https://www.ti.com/lit/wp/slla545/slla545.pdf?ts=1670015994091>

Standardul RS-485

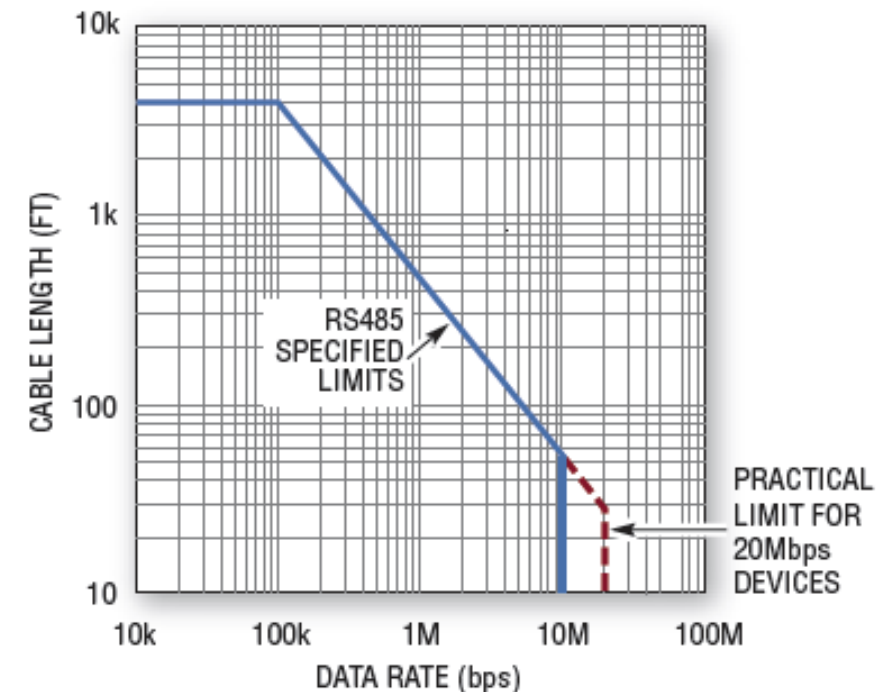


https://www.ti.com/lit/an/slla272d/slla272d.pdf?ts=1670066756387&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fsite%252Fsearch%252Fen-us%252Fdocs%252Funiversalsearch.tsp%253FlangPref%253Den-US%2526searchTerm%253Drs-485%2526nr%253D9624

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/product-selector-card/rs485fe.pdf>

Caracteristicile cablului pentru comunicația RS-485

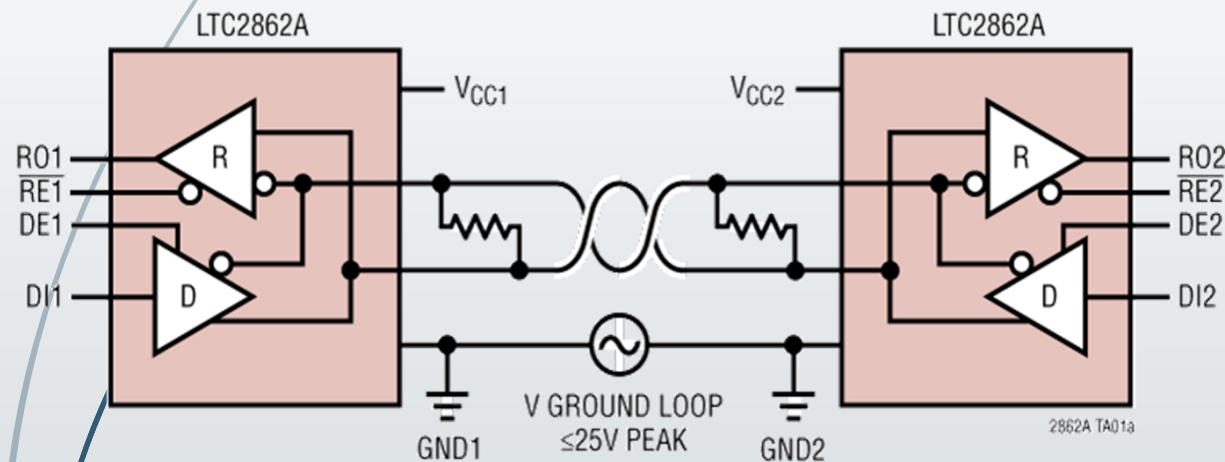
- ▶ Pentru „full duplex” – mănunchi de 4 perechi UTP
- ▶ Impedanța caracteristică pentru fiecare pereche UTP este de $120\ \Omega$
- ▶ Capacitate lineică tipică 52pF/m
- ▶ Inductivitate lineică tipică 750nH/m
- ▶ Rezistență în c.c. tipic $0,18\Omega/\text{m}$



1 FT = 0,3m

Simulare cu LTSpice

Principiul schemei de test folosite pentru simulare



<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ltc2862a.pdf>

Driver pentru comunicația RS-485 – de la Analog Devices – seria LTC2862

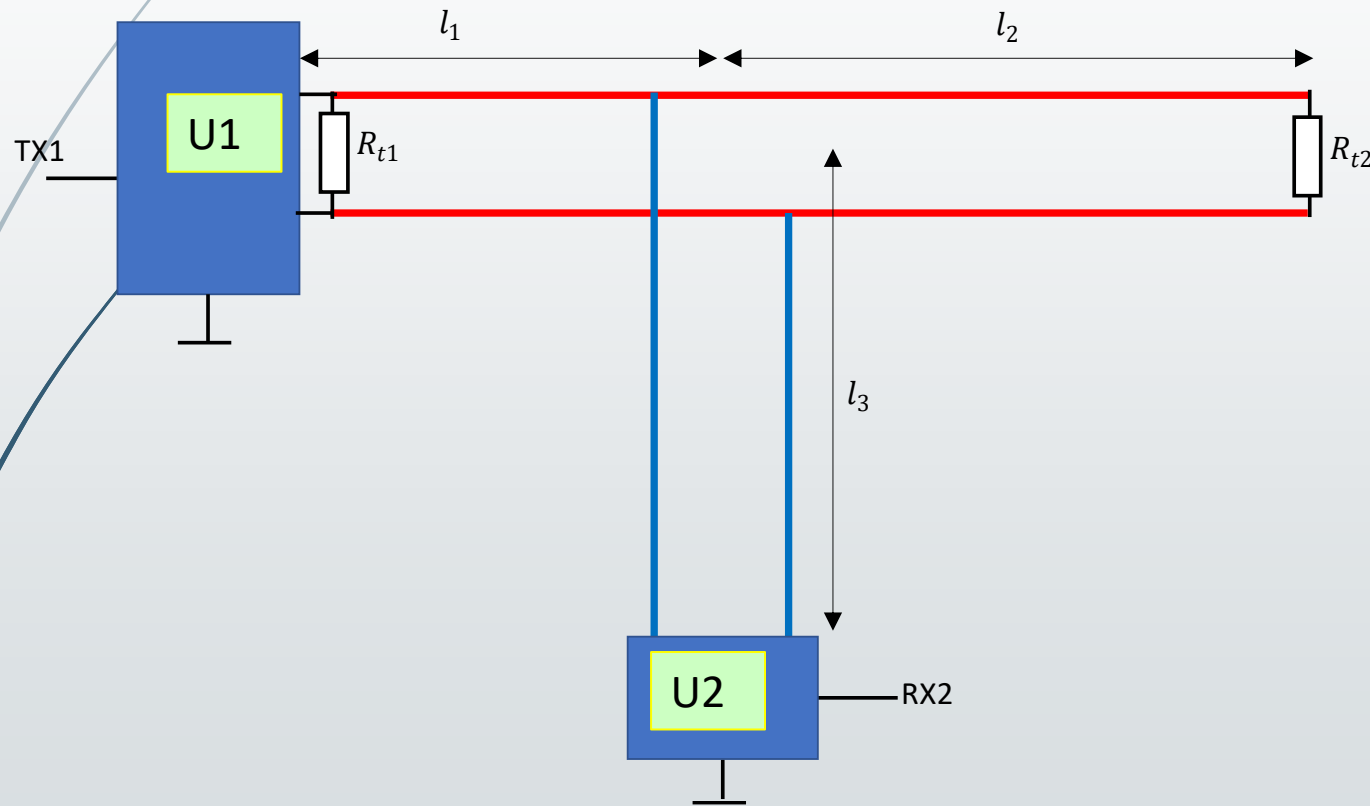
- ▶ Driver „half duplex” ce poate transfera până la 20Mbps
- ▶ Alimentare 3,3V – 5V
- ▶ Admite, între potențialele de referință ale modulelor conectate la aceeași rețea, diferențe de 25V (față de standardul minimal de 7V)
- ▶ Întârziere semnal de la intrare la ieșire: 25 – 50ns

Terminale utilizate

- ▶ Modulul din stânga – emițător (DI → A/B):
 - ▶ Intrare DI1
 - ▶ Selector de mod: $DE1 = 1_{Logic}$
- ▶ Modulul din dreapta – receptor (A/B → RO)
 - ▶ Ieșire RO2
 - ▶ Selector de mod: $\overline{RE2} = 0_{Logic}$

Simulare cu LTSpice

Conceptul schemei de test

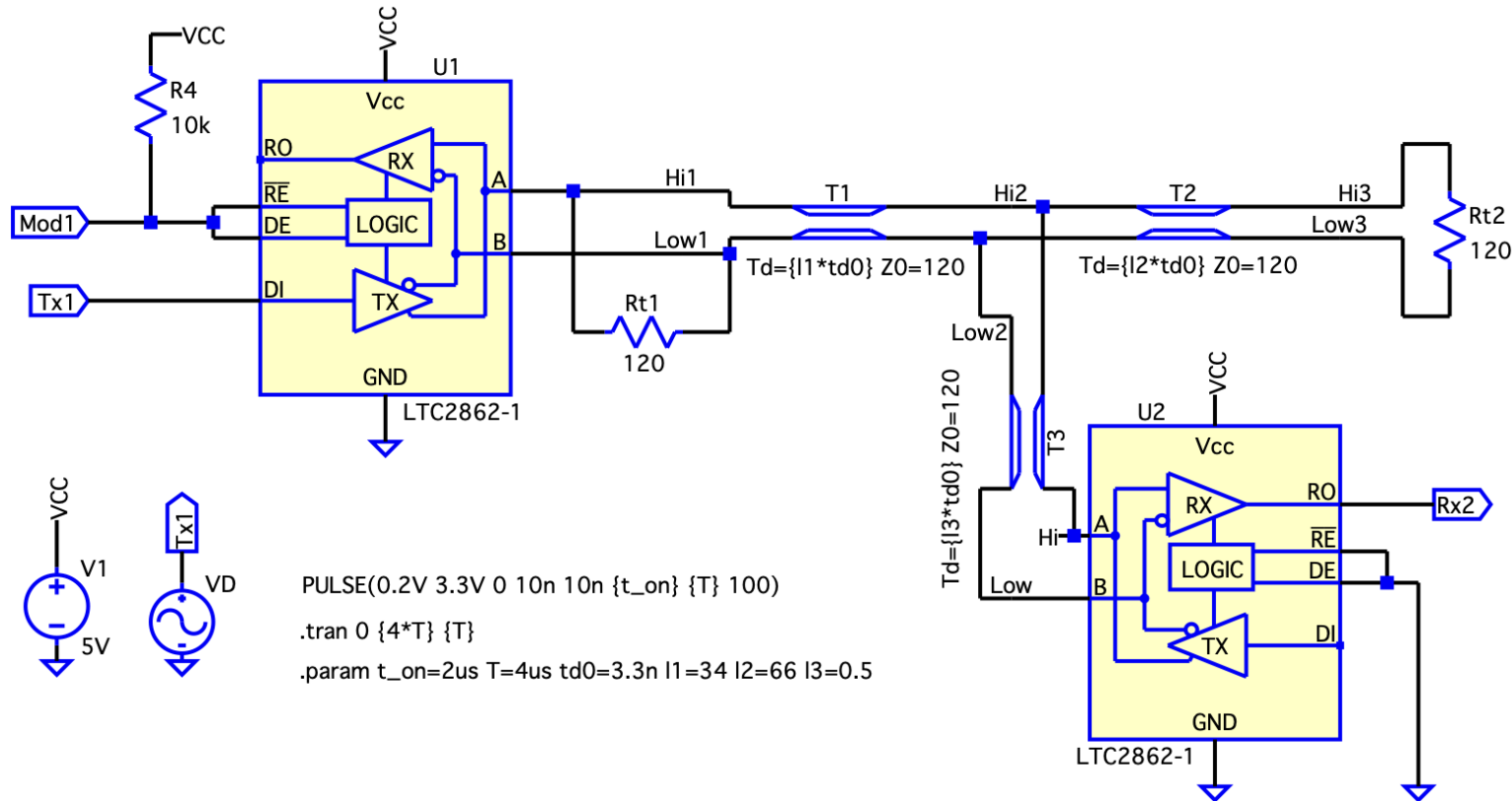


Descrierea cablului de interconectare

- Impedanța caracteristică $Z_0 = 120\Omega$
- $L_0 = 748\text{nH/m}$
- $C_0 = 52\text{pF/m}$
- $td_0 = 3.3\text{ ns/m}$
- Lungimea trunchiului rețelei: $l_1 + l_2$
- Driverul U1 este folosit ca emițător
- La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U2 printr-o linie de lungime l_3
- La cele două capete ale trunchiului rețelei se află câte un rezistor de adaptare $R_{t1} = R_{t2} = 120\Omega$

Simulare cu LTSpice

Schema de test folosită pentru simulare



Descrierea cablului de interconectare

Impedanța caracteristică $Z_0=120\Omega$

$L_0 = 748nH/m$

$C_0 = 52pF/m$

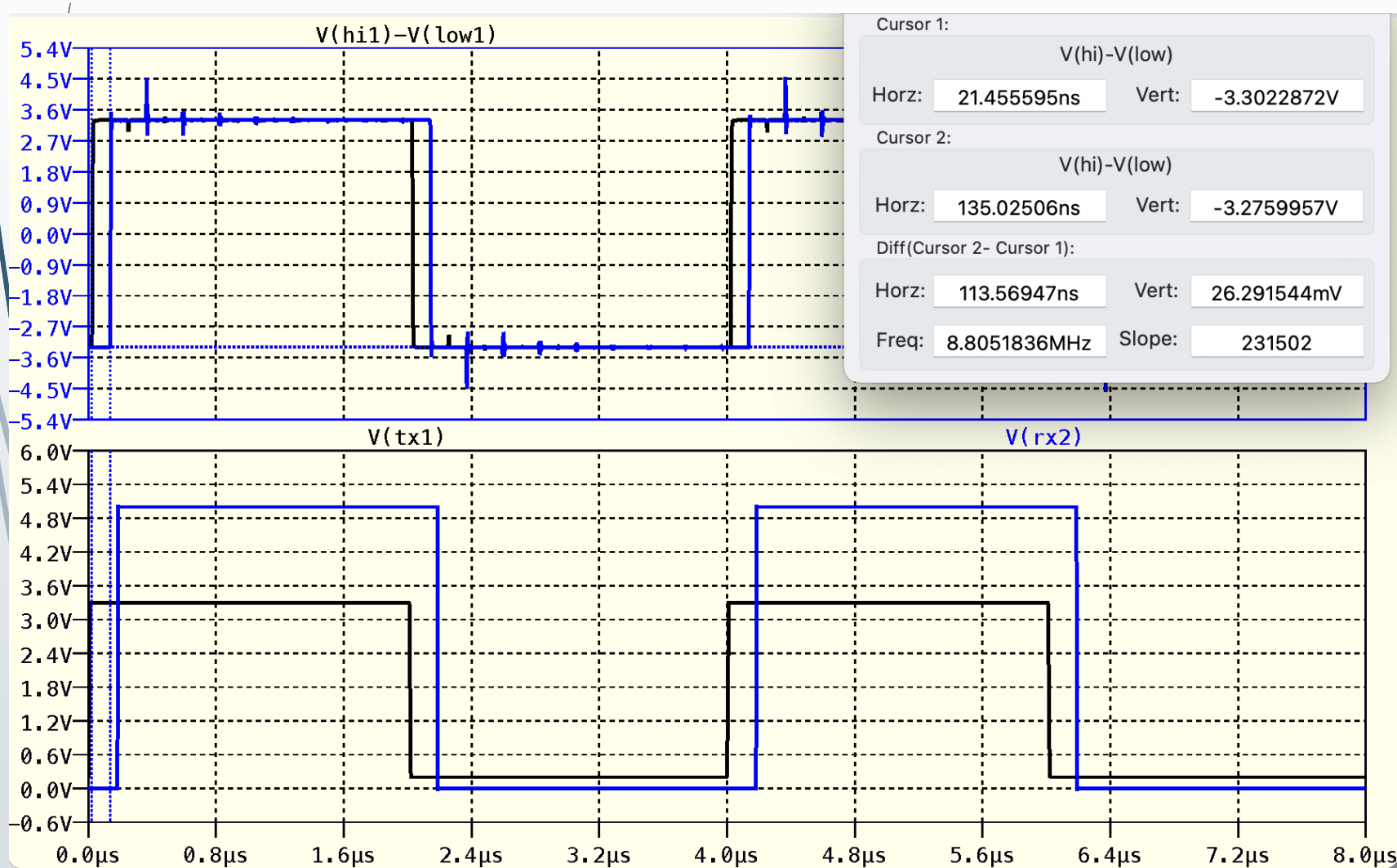
$td_0 = \frac{1}{c} = 3,3\ ns/m$

Lungimea trunchiului rețelei: $l_1 + l_2 = 34 + 66 = 100[m]$

Driver-ul U1 este folosit ca emițător

La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U2 printr-o linie l_3 de 0,5m

La cele două capete ale trunchiului rețelei se află câte un rezistor de adaptare $R_{t1} = R_{t2} = 120\Omega$



Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie adaptată.

- La cele două capete ale trunchiului rețelei se află câte un rezistor de adaptare $R_{t1} = R_{t2} = 120\Omega$
- Semnalul de intrare în U2 este între -3,3V și +3,3V; el este întârziat față de semnalul de ieșire din U1 cu $l_1 \cdot td_0 + l_3 \cdot td_0 = 112,2 + 1,65 \approx 113,5ns$ intervalul reprezentând timpul de propagare a semnalului pe liniile l_1 și l_3 .
- Semnalul de ieșire din U2, este o replică fidelă a semnalului de intrare, dar pe nivel logic 5V în loc de 3,3V, datorită tensiunii de alimentare folosite pentru U2

Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie lăsată la capăt în gol.

Impedanța caracteristică $Z_0=120\Omega$

$L_0 = 748\text{nH/m}$

$C_0 = 52\text{pF/m}$

$td_0 = \frac{1}{c} = 3.3\text{ ns/m}$

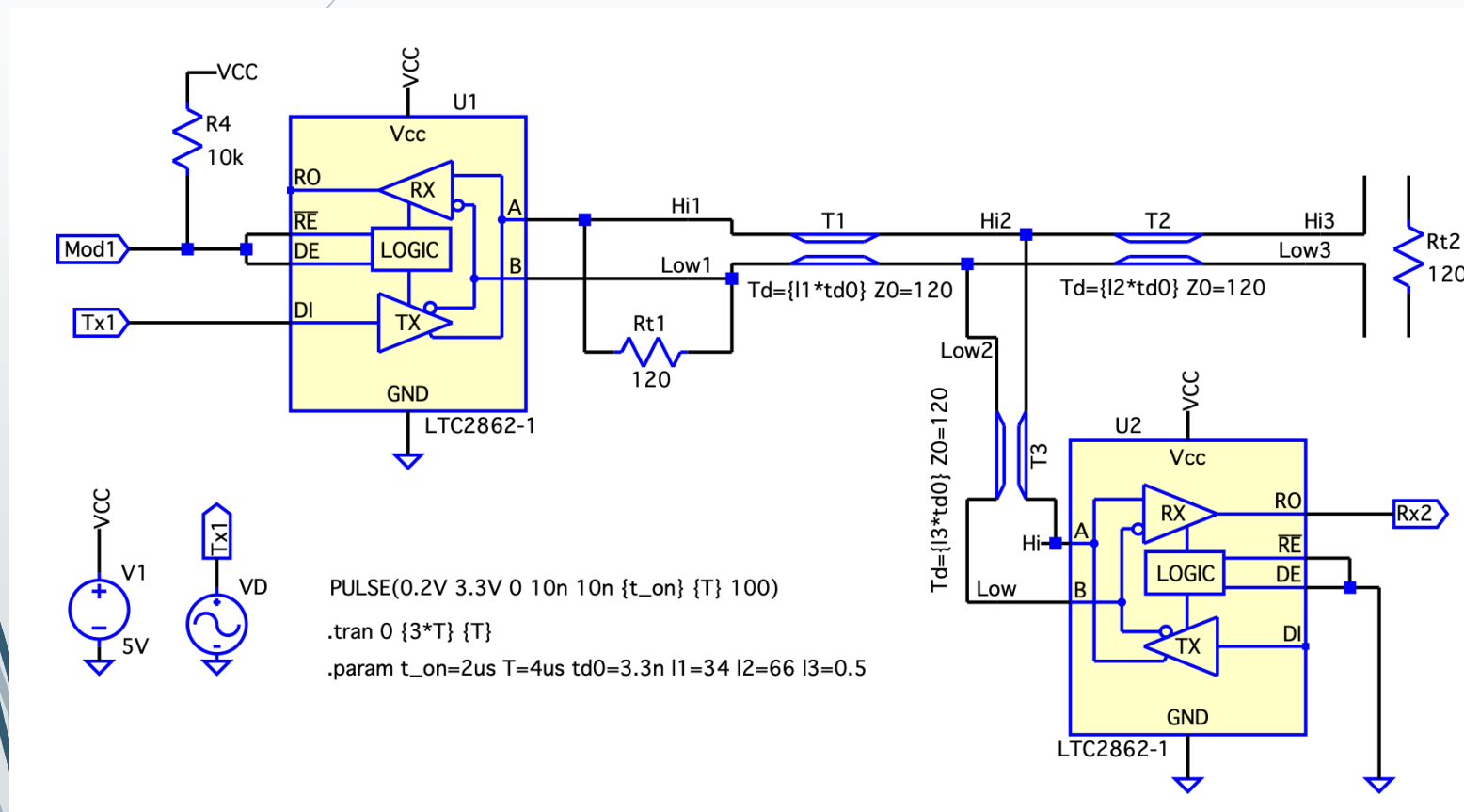
Lungimea trunchiului rețelei: $l_1 + l_2 = 34 + 66 = 100\text{[m]}$

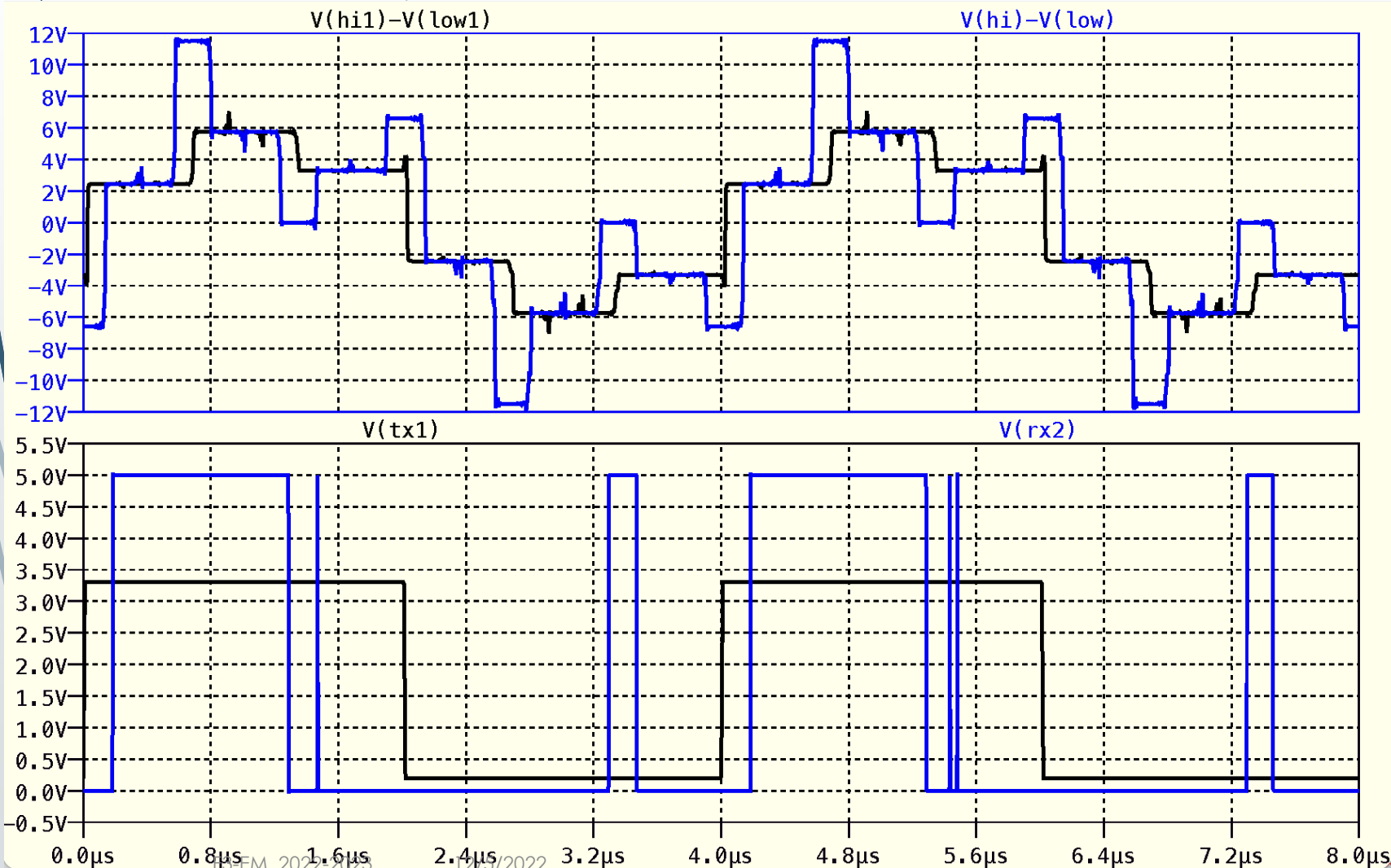
Driver-ul U1 este folosit ca emițător

La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U3 printr-o linie l_3 de 0,5m

La capătul dinspre emițător se află un rezistor de adaptare $R_{t1} = 120\Omega$

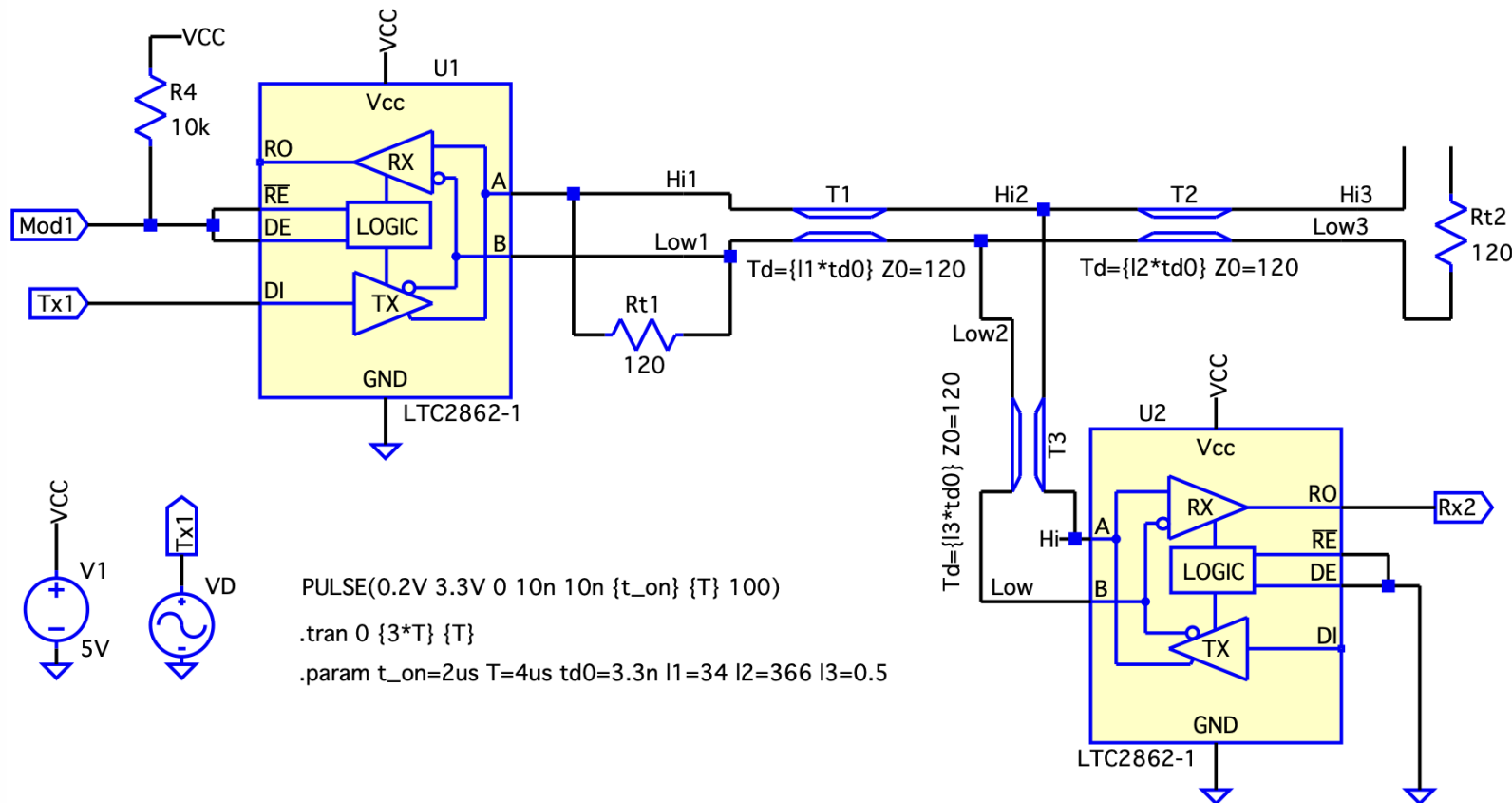
Capătul terminal al trunchiului rețelei este lăsat în gol.





Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie lăsată la capăt în gol – lungime trunchi rețea – 100m

- Capătul terminal al trunchiului rețelei este lăsat în gol.
- Semnalul de intrare în U2 este între -10V și +10V fiind puternic deformat față de cel original, dar și față de cel de ieșire din U1; se pot observa efectul reflexiilor pe cablu datorate lipsei de adaptare la capăt a liniei;
- Semnalul de ieșire din U2, este deformat și el în sensul că el nu mai reflectă corect semnalul de intrare în U1



Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie lăsată la capăt în gol.

Impedanța caracteristică $Z_0=120\Omega$

$L_0 = 748\text{nH/m}$

$C_0 = 52\text{pF/m}$

$td_0 = \frac{1}{c} = 3.3\text{ ns/m}$

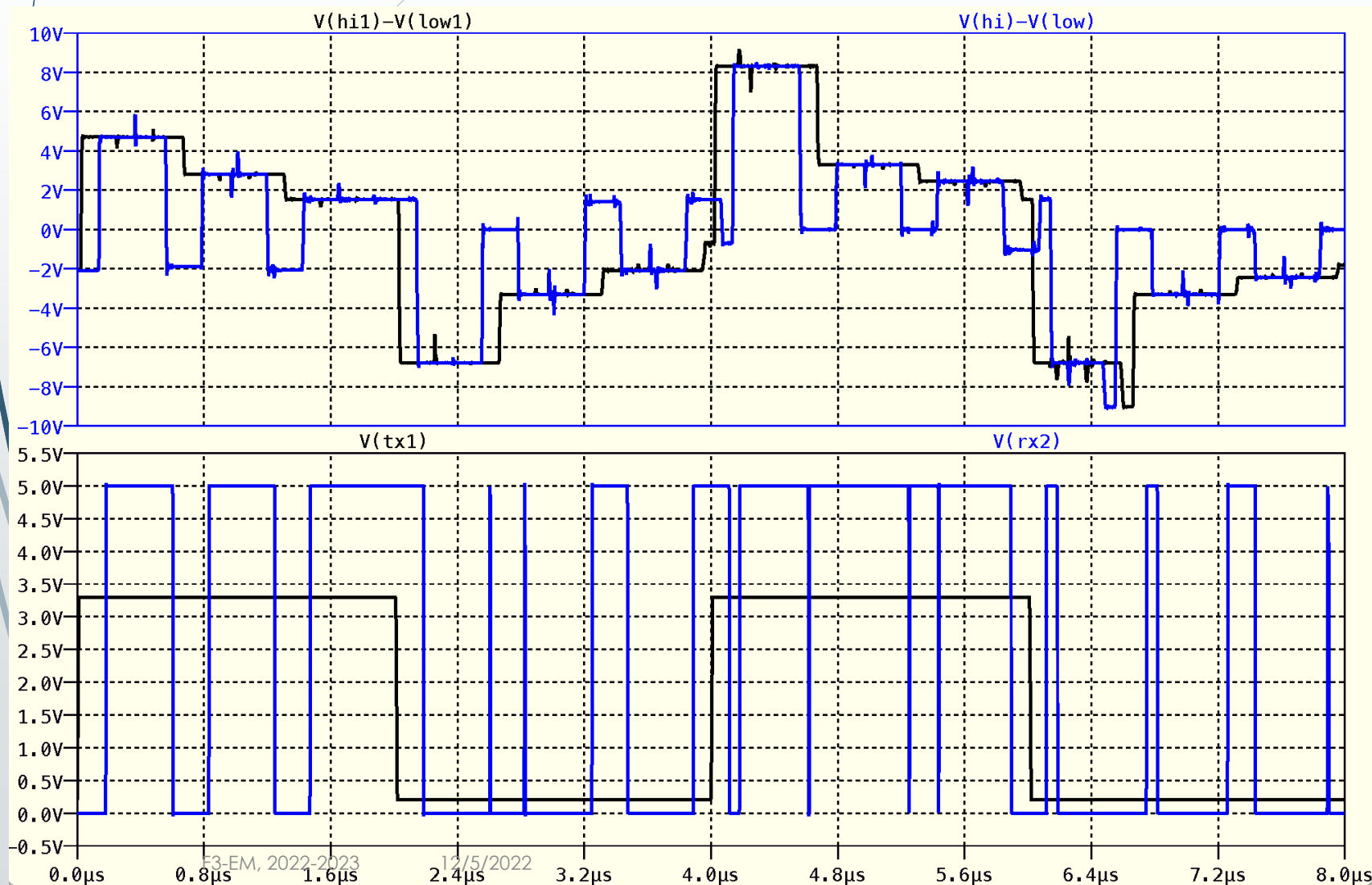
Lungimea trunchiului rețelei: $l_1 + l_2 = 34 + 366 = 400\text{[m]}$

Driver-ul U1 este folosit ca emițător

La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U3 printr-o linie l_3 de 0,5m

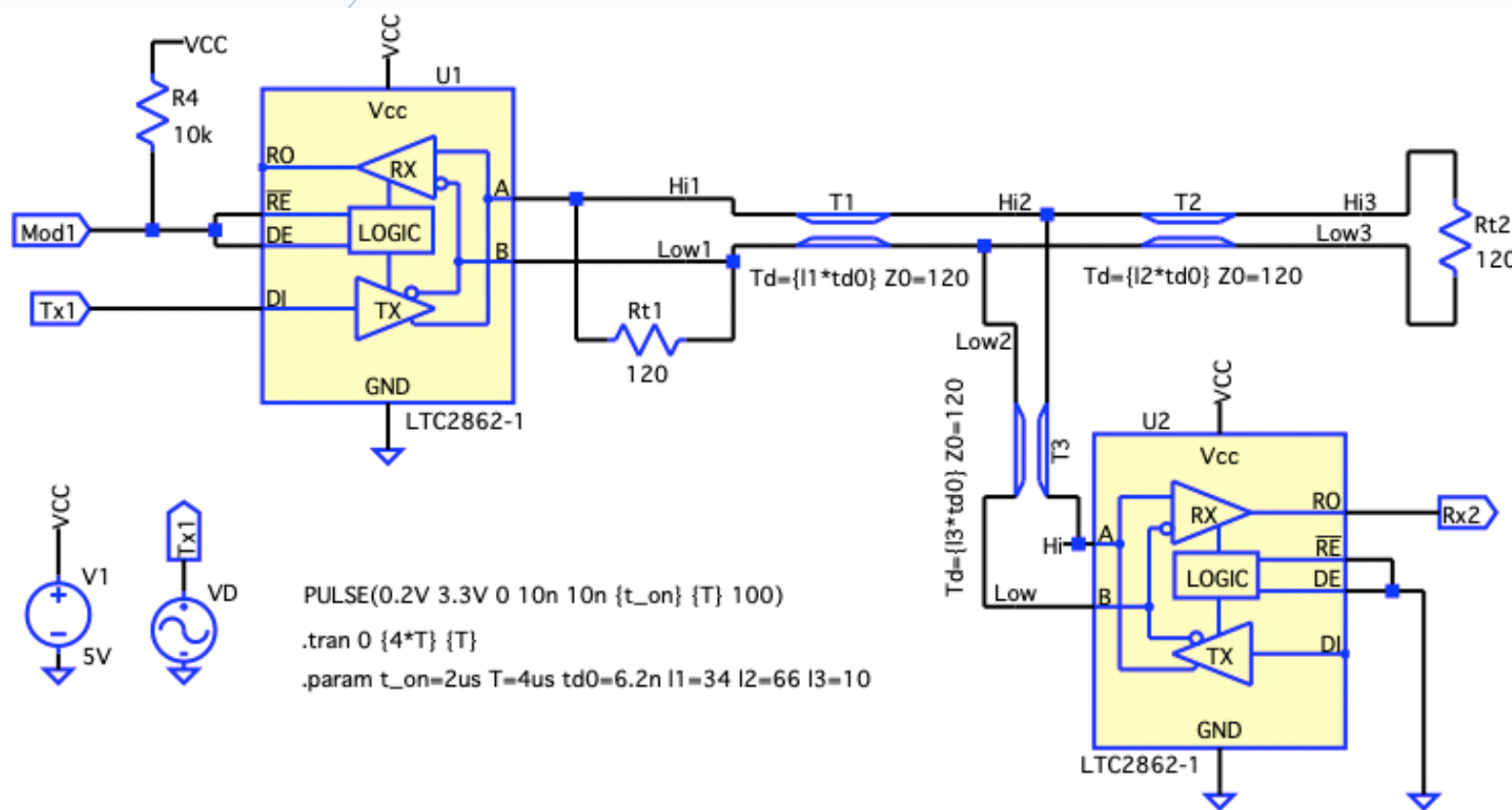
La capătul dinspre emițător se află un rezistor de adaptare $R_{t1} = 120\Omega$

Capătul terminal al trunchiului rețelei este lăsat în gol.



Simularea unei comunicații „half-duplex” cu linie lăsată la capăt în gol – lungime trunchi rețea – 400m

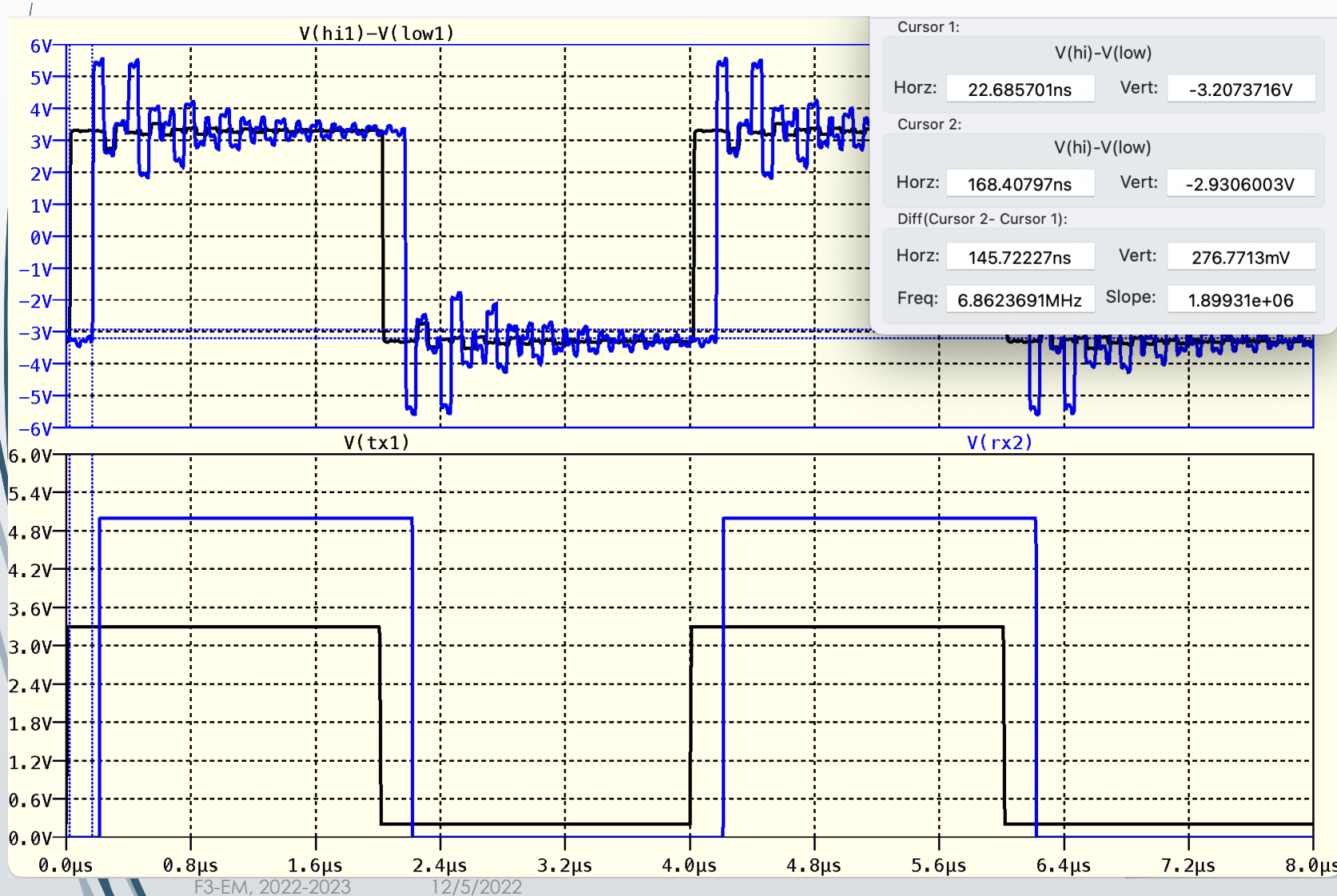
- ▶ Capătul terminal al trunchiului rețelei este lăsat în gol.
- ▶ Semnalul de intrare în U2 este între -10V și +10V fiind puternic deformat față de cel original; se pot observa efectul reflexiilor pe cablu datorate lipsei de adaptare la capăt a liniei; acest efect este mult mai vizibil în cazul liniei l2 de aproape 5,5 ori mai lungă decât în cazul precedent
- ▶ Semnalul de ieșire din U2, este deformat și el în sensul că semnalul de ieșire nu mai reflect corect semnalul de intrare.



Simularea unei comunicații „half-duplex” adaptată, dar cu un driver conectat la distanță prea mare de trunchiul principal

- Impedanța caracteristică $Z_0=120\Omega$
- $L_0 = 748\text{nH/m}$
- $C_0 = 52\text{pF/m}$
- $td_0 = \sqrt{L_0 C_0} = 6,2\text{ns/m}$
- Lungimea trunchiului rețelei: $l_1 + l_2 = 34 + 66 = 100\text{[m]}$
- Driver-ul U1 este folosit ca emițător
- La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U2 printr-o linie l_3 de 10m
- La cele două capete ale trunchiului rețelei se află câte un rezistor de adaptare $R_{t1} = R_{t2} = 120\Omega$

Simulare cu LTSpice



Simularea unei comunicații „half-duplex” adaptată, dar cu un driver conectat la distanță prea mare de trunchiul principal

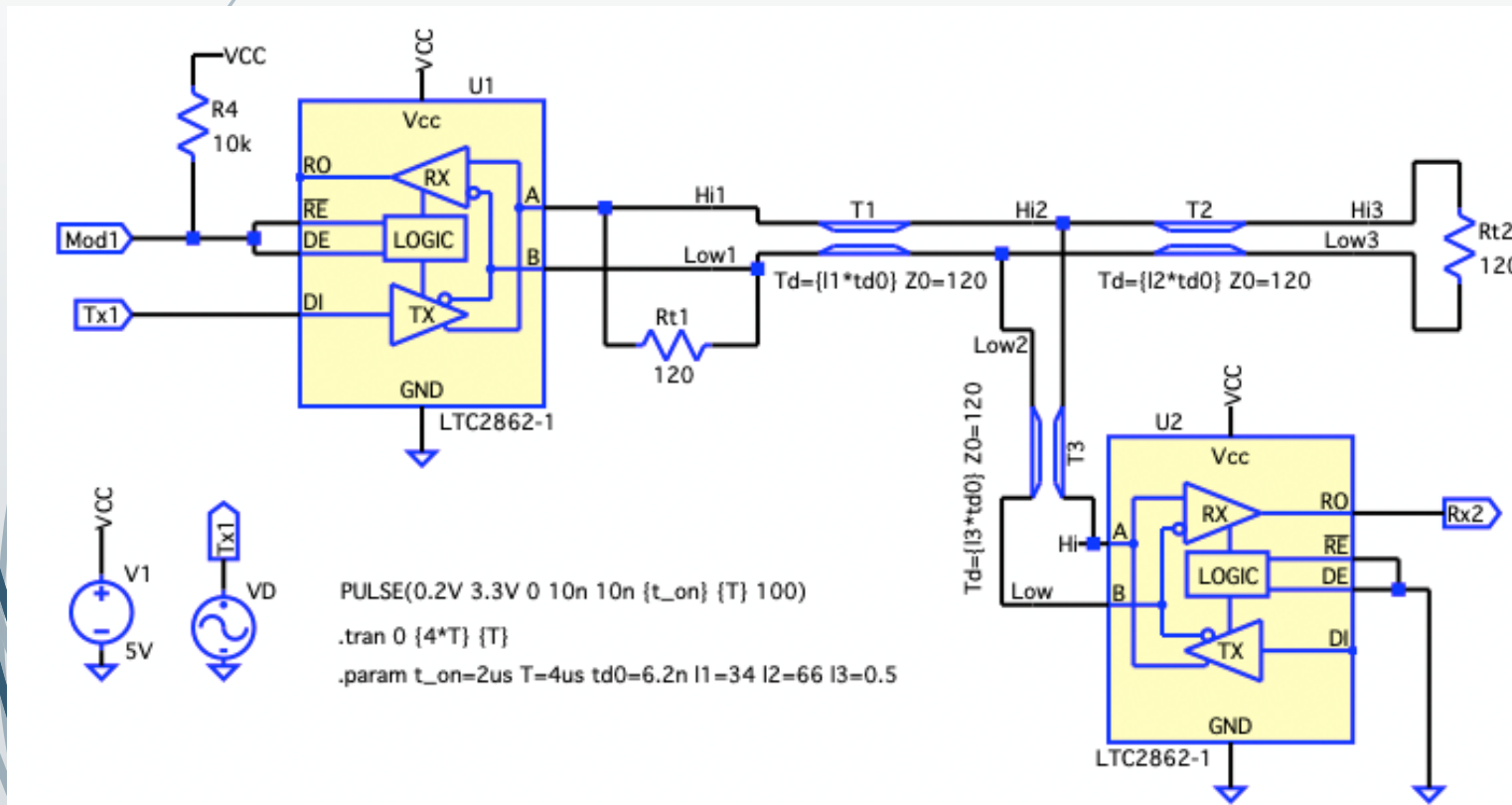
- La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U2 printr-o linie l_3 de 10m
- La cele două capete ale trunchiului rețelei se află câte un rezistor de adaptare $R_{t1} = R_{t2} = 120\Omega$
- Semnalul de intrare în U2 este între -6V și +6V fiind afectat de oscilații pe fiecare palier logic; timpul de propagare de la ieșirea U1 la intrarea U2 este de 146ns
- Semnalul de ieșire din U2, este o replică bună a semnalului de intrare numai datorită caracteristicilor bune ale driverului LTC2862-1 și a lipsei oricăreia alte perturbații exterioare

Montaj experimental – comunicație RS-485

Schema folosită pentru testare practică este cea folosită pentru simulare în LTSpice, cu excepția drivere-lor care sunt MAX-485 de la Texas Instruments

Descrierea cablului de interconectare

- Impedanța caracteristică $Z_0 = 120\Omega$
- $L_0 = 748\text{nH/m}$
- $C_0 = 52\text{pF/m}$
- $td_0 = \frac{1}{c} = 3.3\text{ ns/m}$
- Lungimea trunchiului rețelei: $l_1 + l_2 = 34 + 66 = 100\text{[m]}$
- Driver-ul U1 este folosit ca emițător
- La distanța l_1 de driverul U1 se află conectat receptorul U2 printr-o linie l_3 de 0,5m
- La cele două capete ale trunchiului rețelei se află câte un rezistor de adaptare $R_{t1} = R_{t2} = 120\Omega$



Montaj experimental – comunicație RS-485

Montaj folosit pentru testare practică

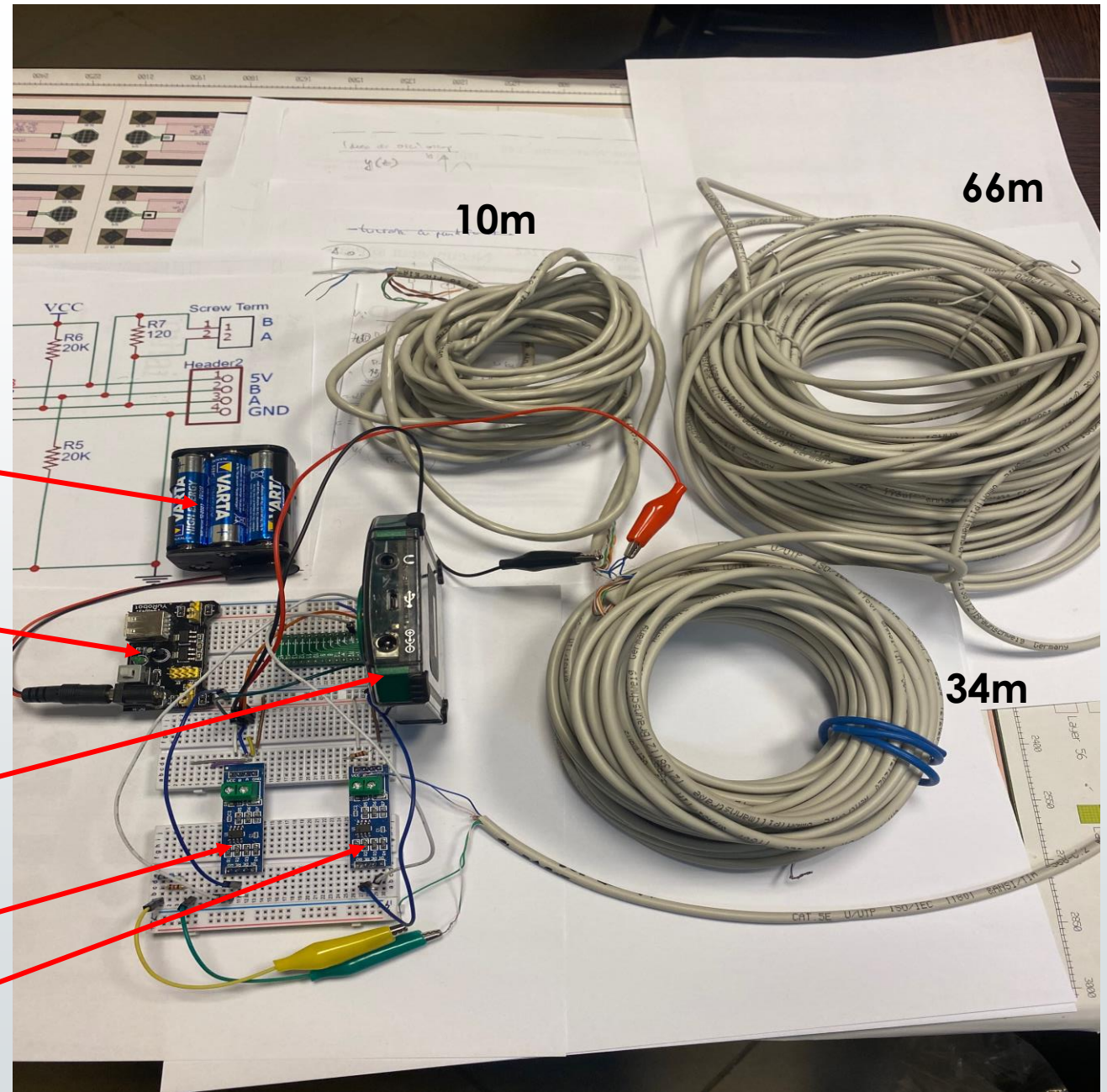
Baterii alimentare (9V)

Sursă 5V

Generator semnal și
osciloscop – 2 canale

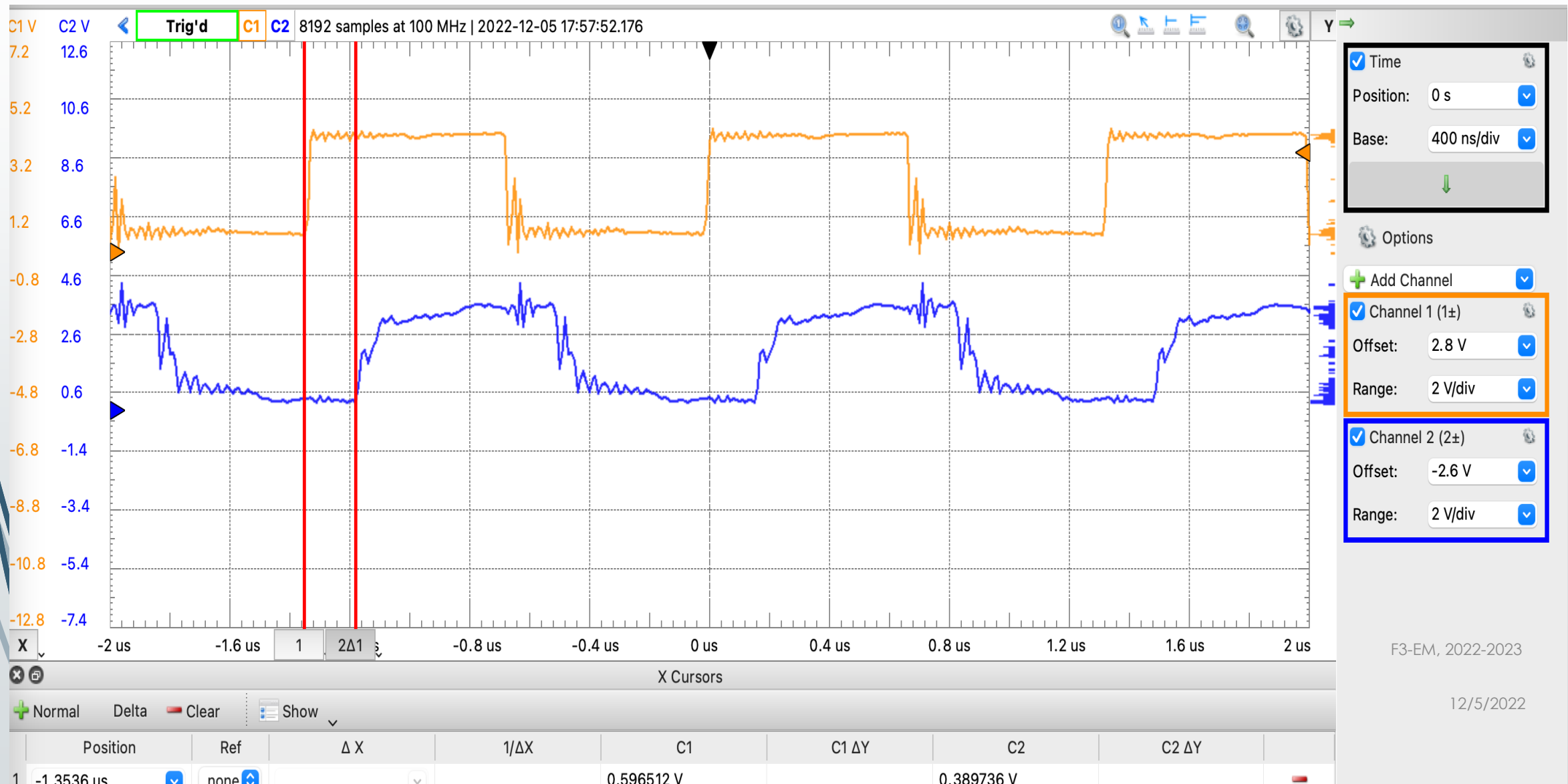
Rx – MAX485 converter TTL-RS-485-U2

Tx – MAX485 converter TTL-RS-485-U1



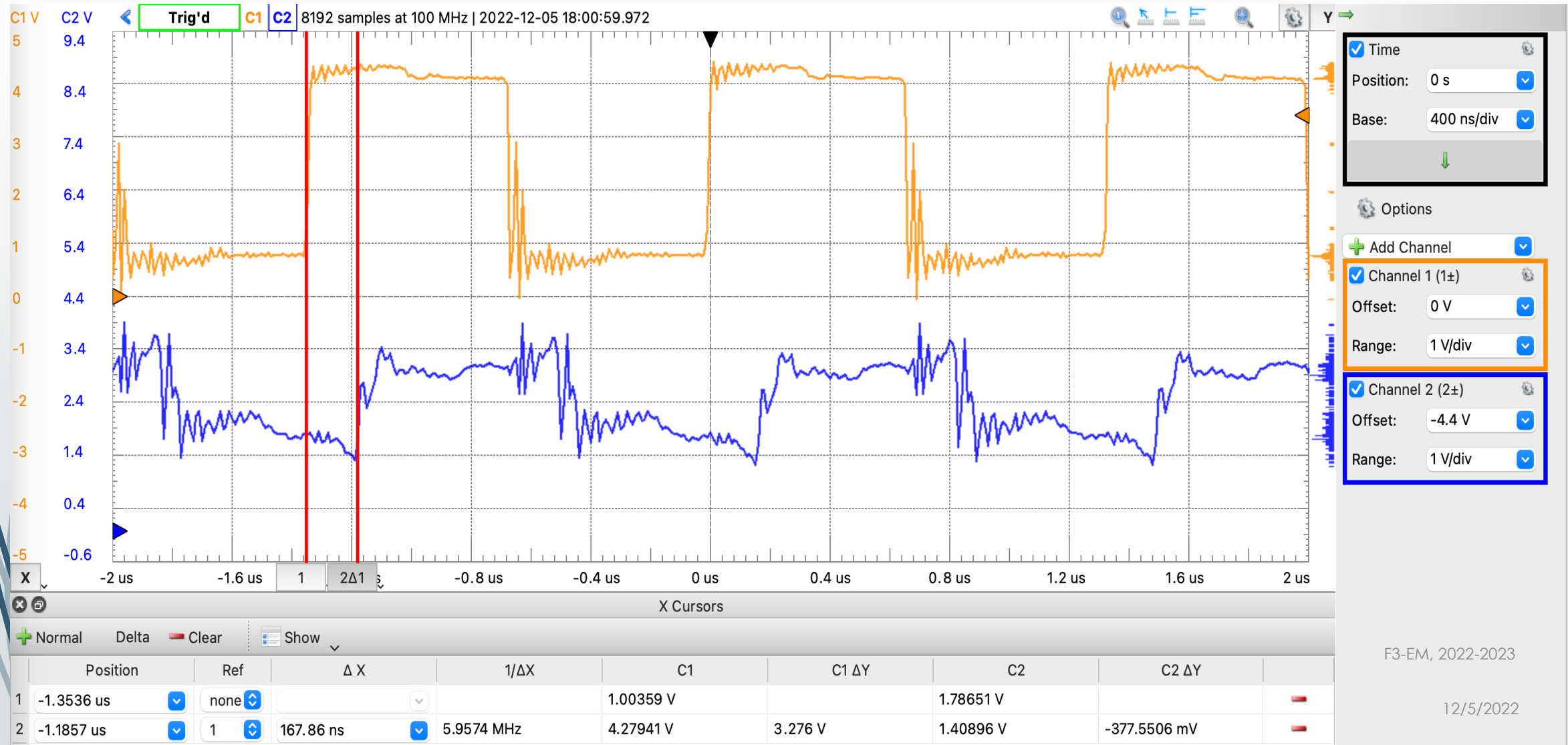
Montaj experimental – comunicație RS-485

Linie adaptată – jos semnalul diferențial la intrarea în U2, sus semnalul de ieșire din U1 (750kHz/50%)



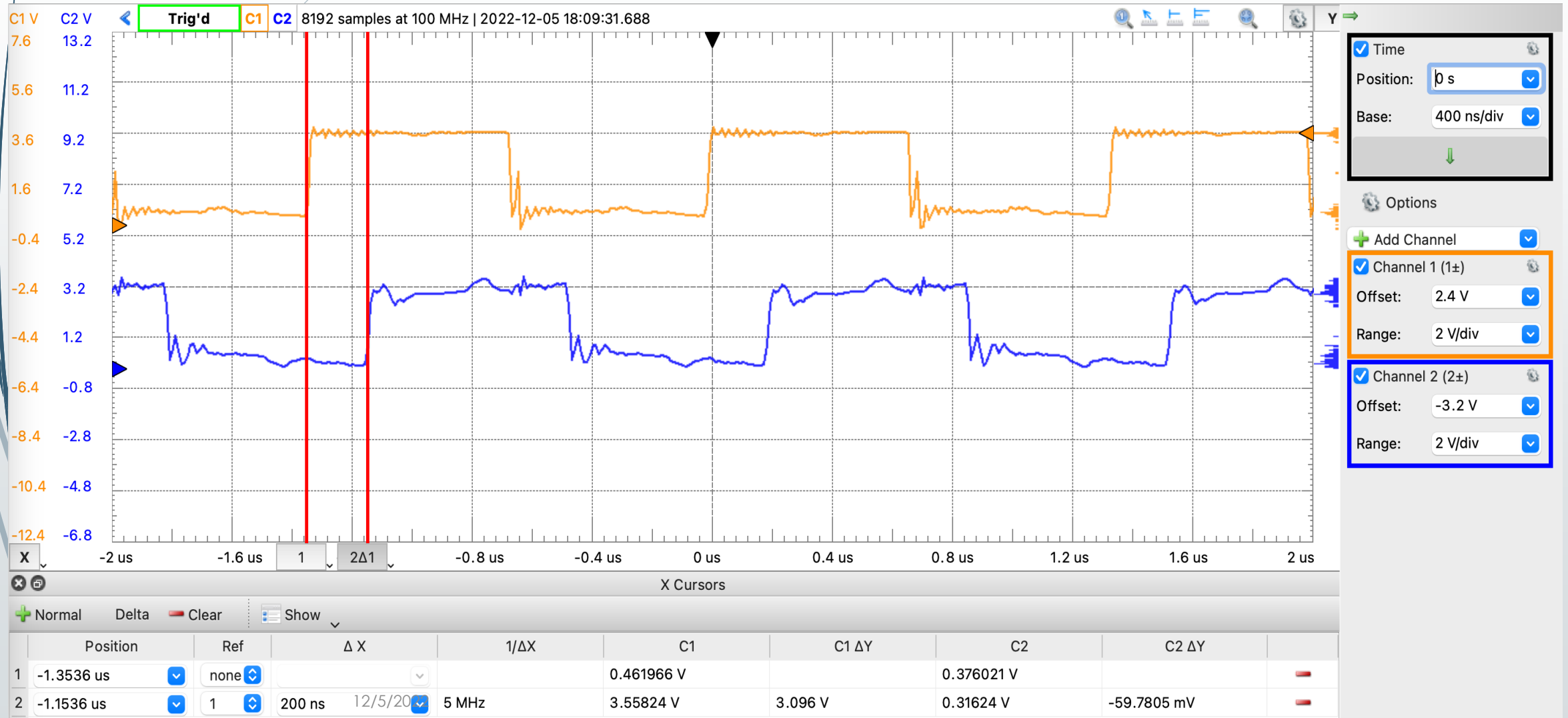
Montaj experimental – comunicație RS-485

Linie în gol – jos semnalul diferențial
la intrarea în U2, sus semnalul de
ieșire din U1 (750kHz/50%)



Montaj experimental – comunicație RS-485

Linie adaptată, modul Rx conectat la 10m de trunchi – jos semnalul diferențial la intrarea U2, sus semnalul de ieșire U1 (750kHz/50%)



CONCLUZIE

Parametrii lineici determina

- **intarzierea si perturbarea semnalului** transmis pe linie, deci si
- **frecventa maxima** la care poate fi folosit un cablu pentru transmiterea datelor digitale.

Adaptarea inseamna asigurarea **egalitatii dintre impedanta sarcinii si impedanta liniei**. Ea trebuie realizata la **ambele capete** ale unei linii pe care se transmit semnale.

Notare

- Rezolvati quiz-ul P4.
- Pentru bonus (pana in saptamana 14)
 - – crearea unor figuri/animatii proprii ilustrative pentru cursul de EM, folosind coduri proprii si instrumente software mai performante, de exemplu <https://vtk.org/>, <https://www.paraview.org/>
 - - realizarea unor experimente virtuale/reale care sa ilustreze conceptele discutate.