

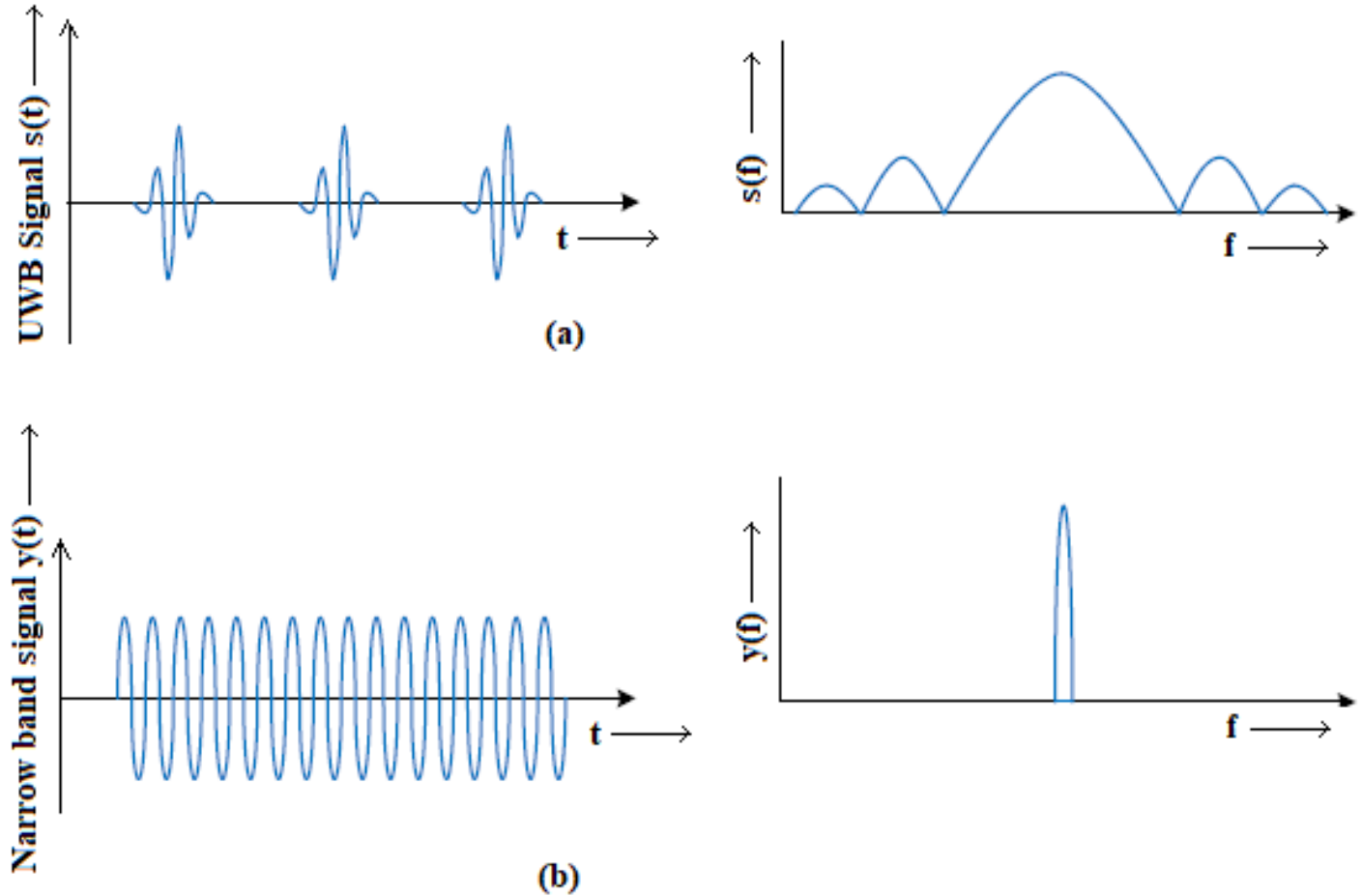
Uz notikumu taimeriem balstīti PPM demodulatori energoefektīvu sakaru sistēmu izveidei.

Dr.Sc.Ing. Artūrs Āboltiņš

13.04.2022

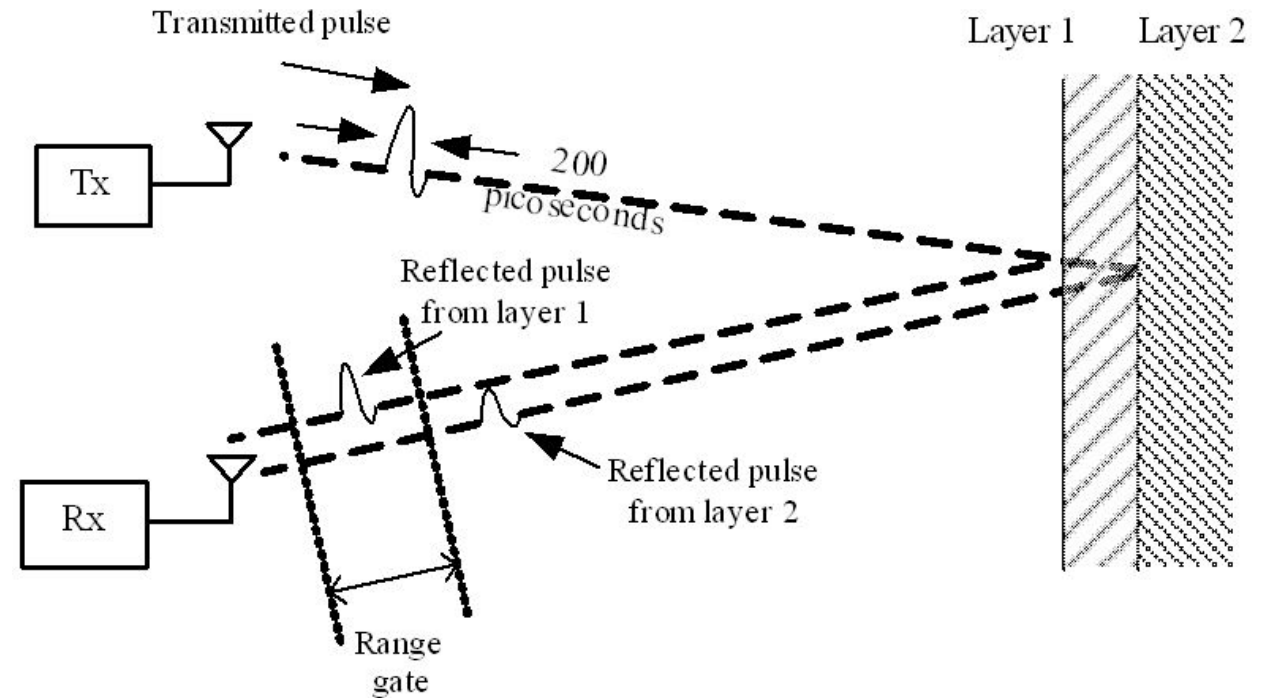
Ultra platjoslas tehnoloģija (UWB)

- Pārtraide notiek izmantojot impulsus



Pozicionēšana

- UWB radari (Latvijā nodarbojas EDI)
- (Iekštelpu) lokalizācija
- Radiolokācija
- Ground penetrating radar (GPR)
- Medicīniskie izmeklējumi





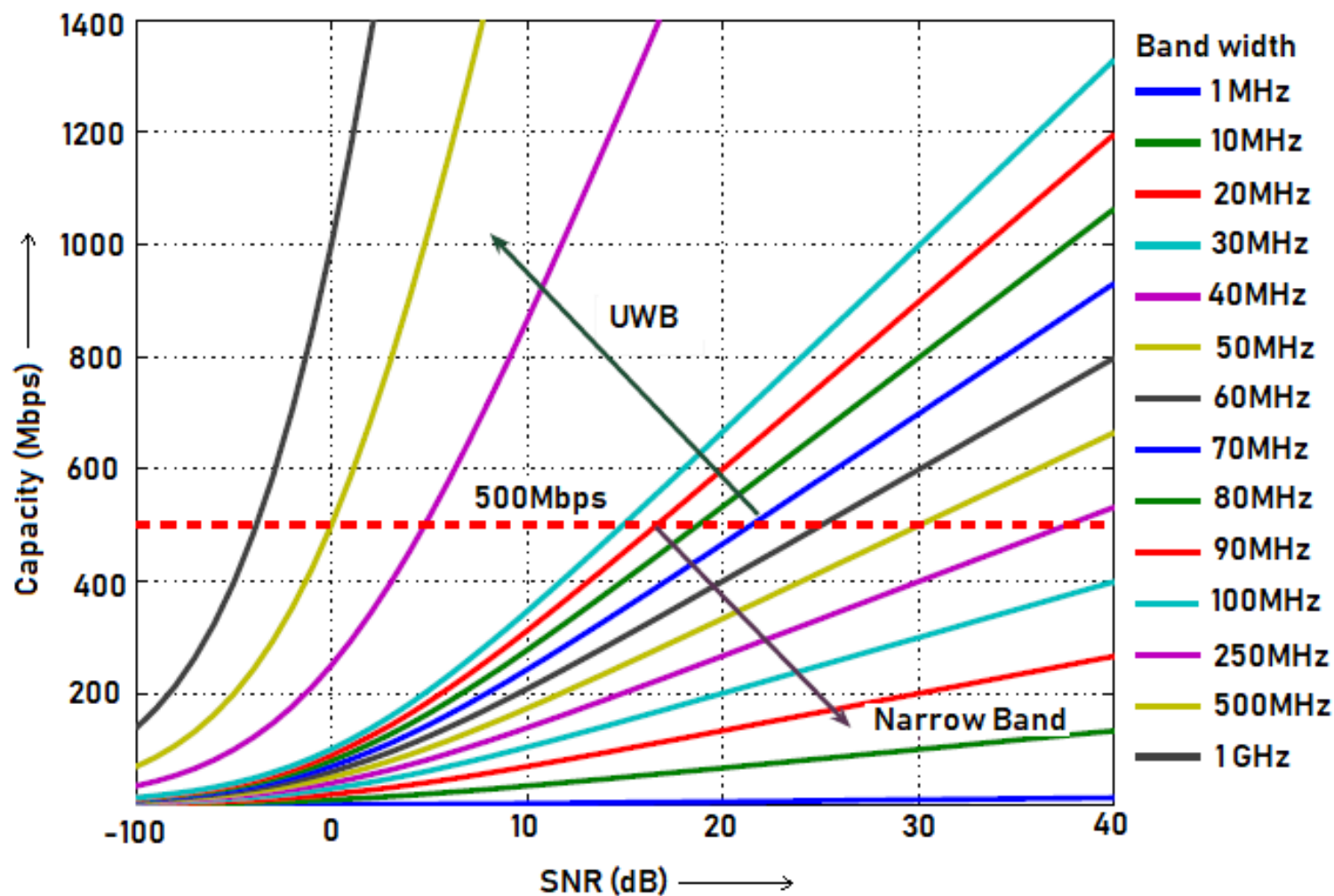
UWB



Komunikācijas

- Plaši tiek lietots “Impulse Radio”
- Maza attāluma datu pārraide tīkli IEEE 802.15x
- UWB čips pārdās arī jaunākajos viedtālruņos
- Mūsdienās aizvien plašāk tiek lietots optiskajos sakaros
- Plašs pielietojums ātrgaitas virknes interfeisos, tai skaitā on-chip
- RFID pielietojumi, UWB enerģijas pārraide

UWB no Šenona teorēmas viedokļa



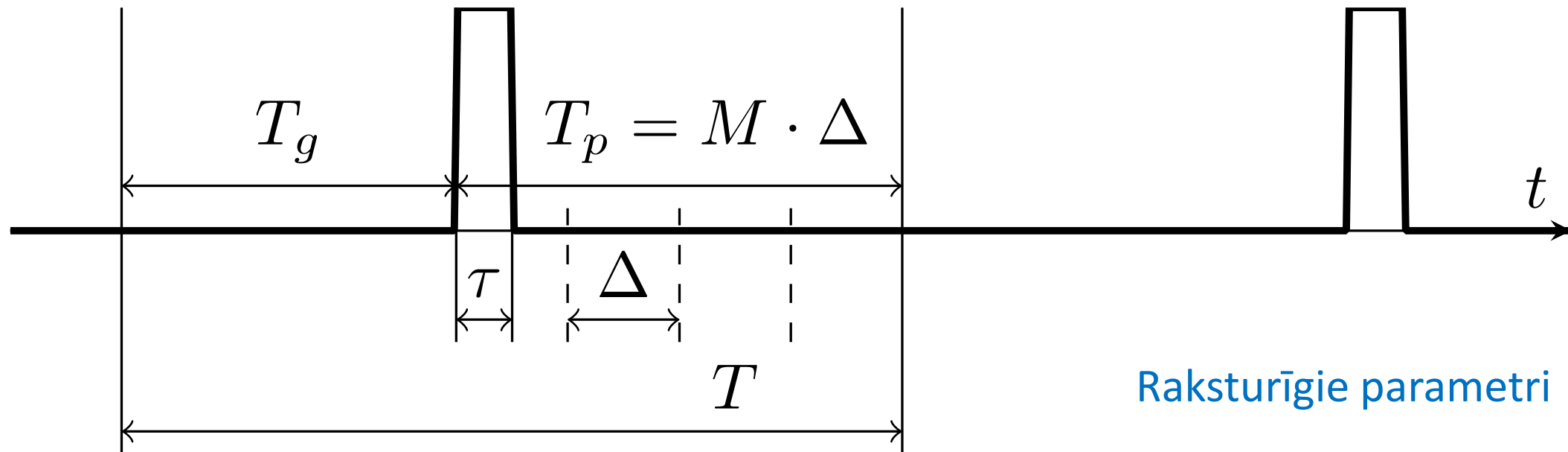
J. Foerster, E. Green, S. Somayazulu, and D. Leeper, "Ultra-wideband technology for short- or medium-range wireless communications," Intel Technology Journal, Q2, 2001.

UWB modulāciju veidi

- PWM (Pulse width modulation)
- PPM (Pulse position modulation)
- PAM (Pulse amplitude modulation)
- FM-UWB (Frequency modulated UWB)
- Hibrīdas modulācijas

Var pielietot gan analogās komunikācijās gan ciparu datu pārraidē

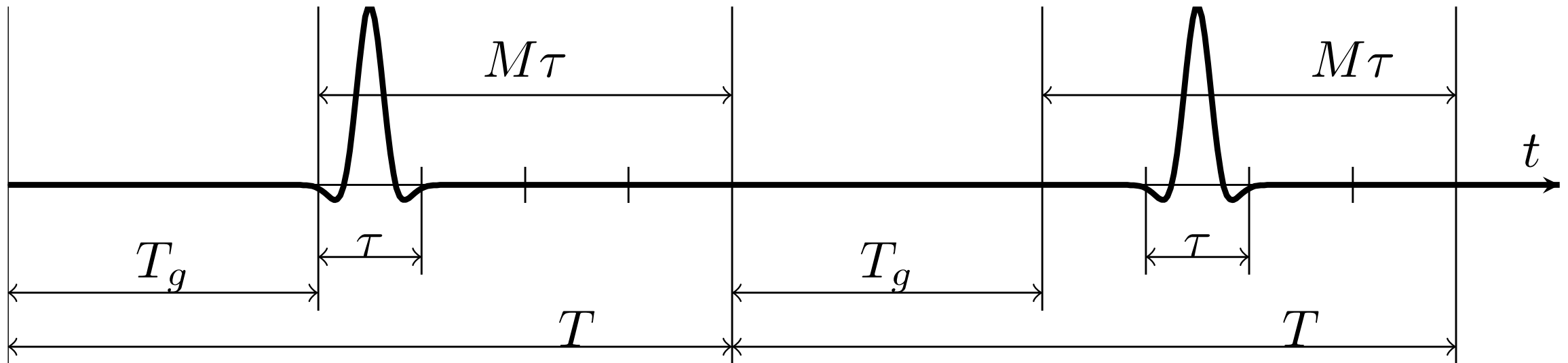
Impulsa pozīcijas modulācija (PPM)



- Īpašības:
- Jo mazāks τ jo augstāka energoefektivitāte
 - Jo mazāks τ jo platāka josla
 - Jo mazāks Δ jo lielāks pārraides ātrums
 - Jo lielāks T jo augstāka energoefektivitāte un zemāks pārraides ātrums
 - τ un Δ savā starpā nav saistīti (pozīcijas var daļēji pārklāties vai otrādi)

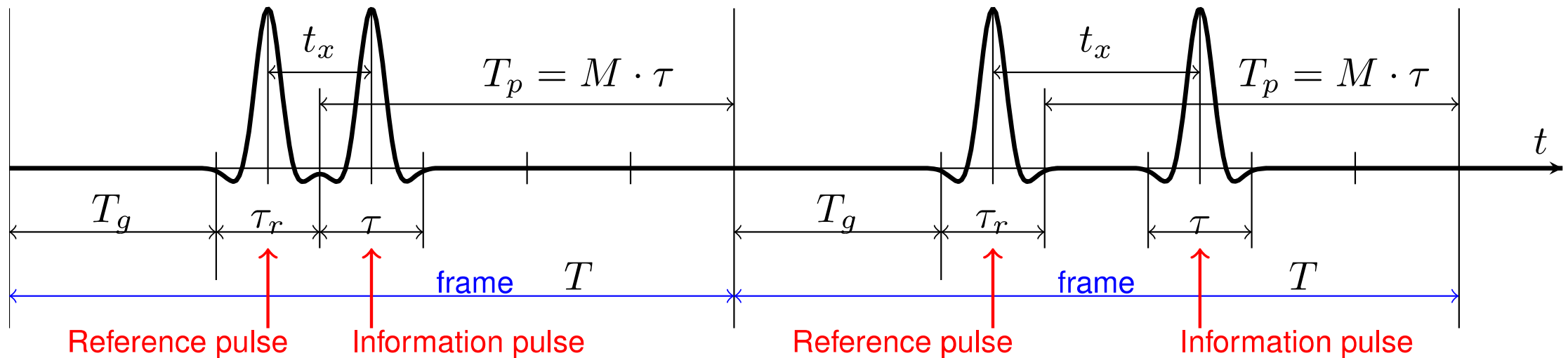
Koherenta Impulsa pozīcijas modulācija

- PPM pārraidē piemērs ($M=4$ pozīcijas). Piemēra parādīti 2 kadri. Pirmajā kadrā tiek pārraidīts simbols "3", otrajā simbols "2"



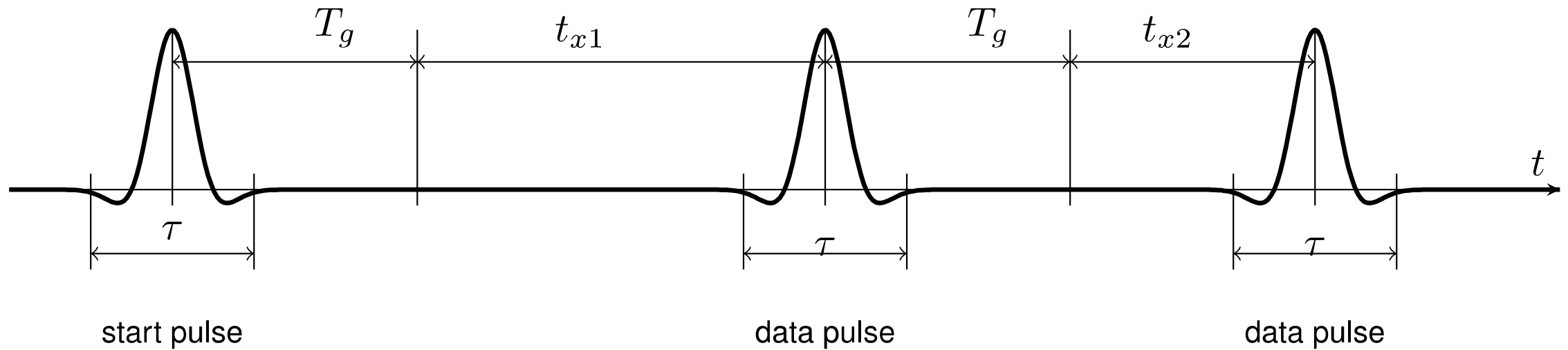
Nekoherenta PPM Transmit reference PPM (TR-PPM)

- TR-PPM pārraides piemērs ($M=4$ pozīcijas). Piemērs; a parādīti 2 kadri. Pirmajā kadrā tiek pārraidīts simbols "3", otrajā simbols "2"



Nekoherenta PPM Differential PPM (DPPM)

- DPPM pārraides piemērs ($M=4$ pozīcijas). Informācija tiek kodēta ar laika intervālu starp impulsiem. Analogue DPPM signāli ir līdzīgi FM-UWB.



Sasniedzamie parametri, piemērs

Expected characteristics

Parameter	Optical	Radio
pulse length τ	50ps	100ps
frame length T	72ns	72ns
guard time T_g	20 ns	20 ns
expansion time T_e	0.75 ns	0.8 ns
nbr of positions M	1024	512
bitrate	139 Mb/s	125 Mb/s
pulse jitter	< 25 ps	< 25 ps
peak radiated power	40mW	40mW
average power	< 100 μ W	< 200 μ W

PPM modulācija

- Analogie modulatori izmantojot zāgveida impulsus
- Ātra ciparu loģika (**ECL**) un ciparu aiztures līnijas¹
- FPGA pielietošana (MicroSemi u.c.)
- Impulsu formēšanai var izmantot **Step Recovery Diodes (SRD)**
- Optiskai modulācijai nepieciešami ātri modulatori (Mach–Zehnder).
- Ir publicēti pirmie eksperimenti ar tīri optisku PPM signāla ģenerāciju.

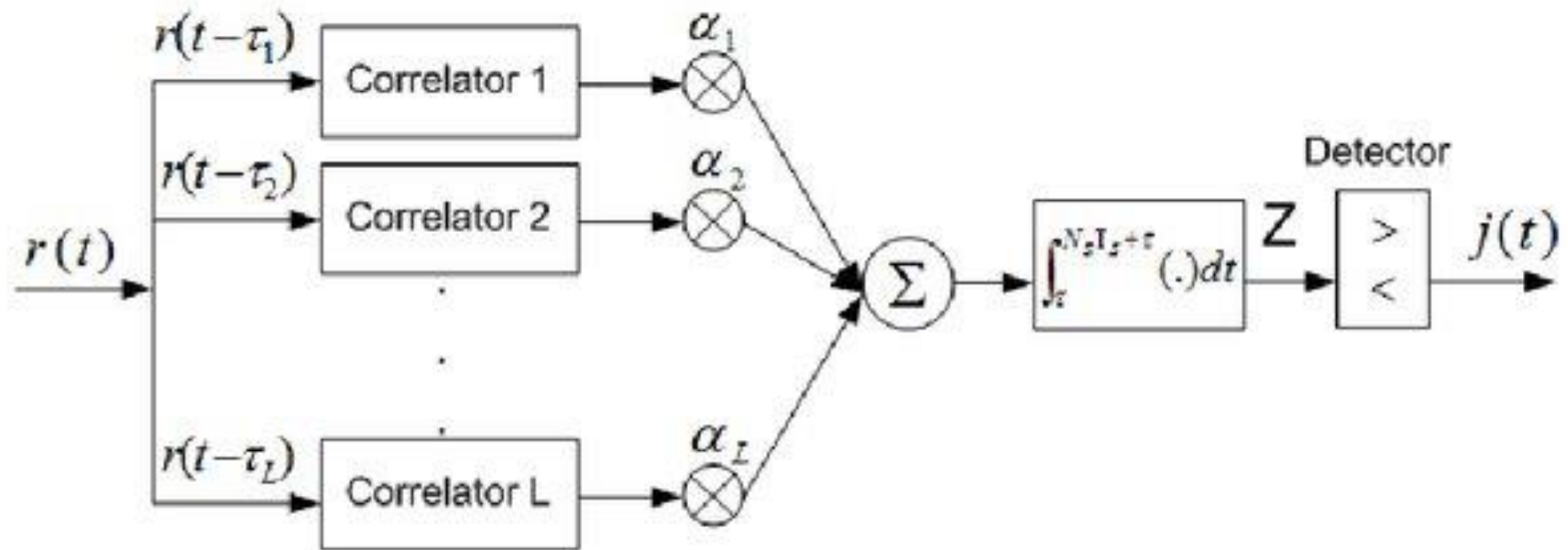
¹ Vairāk par šo tēmu šodien pastāstīs izstrādes inženieris Viktors Kurtenoks no Eventech

PPM demodulācija

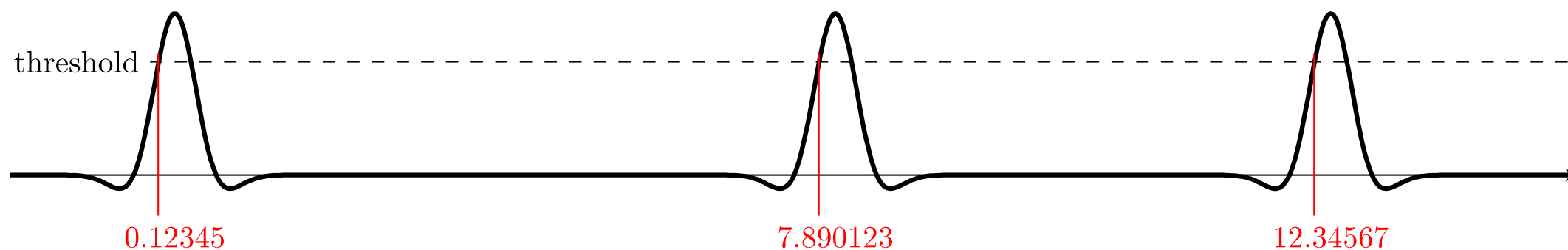
RAKE
uztvērēji

Notikumu
taimeri

RAKE uztvērējs



Notikumu taimera pielietošana



- PPM demodulācija notiek atņemot laika tegus (absolūto laiku)
- Dod iespēju izmantot loti lielu pozīciju skaitu un līdz ar to **sasniegt nepieredzēti augstu energoefektivitāti.**
- Strādā ja sakaru kanālā nav daudzceļu izplatīšanās
- Sakaru kanālam ir viens lietotājs
- Visiem taimeriem ir “dead time”
- Var būt nepieciešama impulsu paplašināšana taimera ieejā

PPM Pielietošanas sfēras

- Sistēmas, kur nepieciešama vienlaicīga precīza lokalizācija un datu pārrade (jaunie viedtālruņi)
- Sistēmas ar ierobežotu enerģijas bužetu – autonomi mezgli, kosmiskie sakari.
- Citas tālvadības un maza pārraides rādiusa sistēmas

Pētījums ar TDC-GPX2 taimera pielietošanu PPM demodulatorā sakariem ar nanosatelītu.



Article

The Miniature Optical Communication Transceiver—A Compact, Power-Efficient Lasercom System for Deep Space Nanosatellites

Nathan Barnwell ^{1,*}, Tyler Ritz ¹, Samantha Parry ¹ , Myles Clark ¹ , Paul Serra ^{1,2} and John W. Conklin ¹

¹ Precision Space Systems Laboratory (PSSL), Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Florida (UF), Gainesville, FL 32611, USA; tritz@ufl.edu (T.R.); parrysd1@ufl.edu (S.P.); myles.clark@ufl.edu (M.C.); pserra@mit.edu (P.S.); jwconklin@ufl.edu (J.W.C.)

² Space Telecommunications Astronomy and Radiation (STAR) Lab, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA 02139, USA

* Correspondence: nathan.s.barnwell@gmail.com

Received: 28 November 2018; Accepted: 24 December 2018; Published: 31 December 2018



Eksperimenta shēma

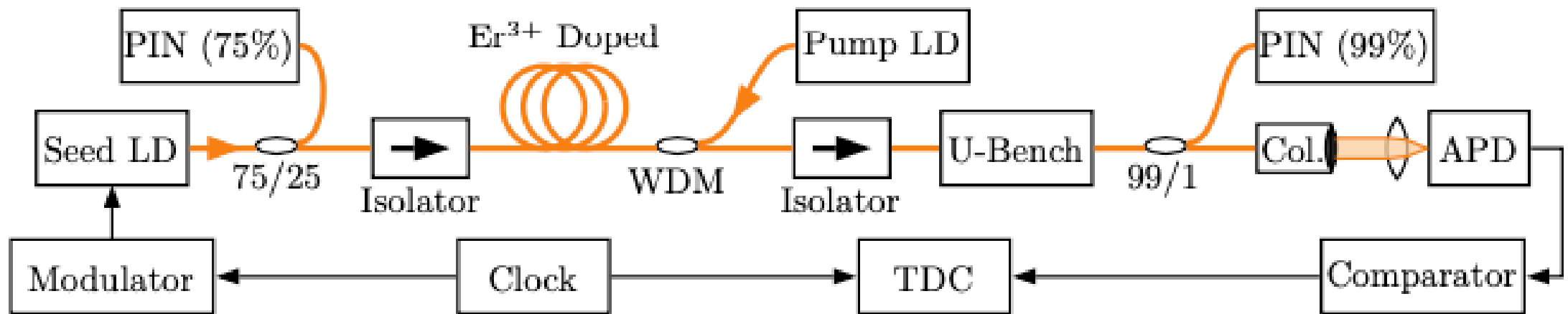
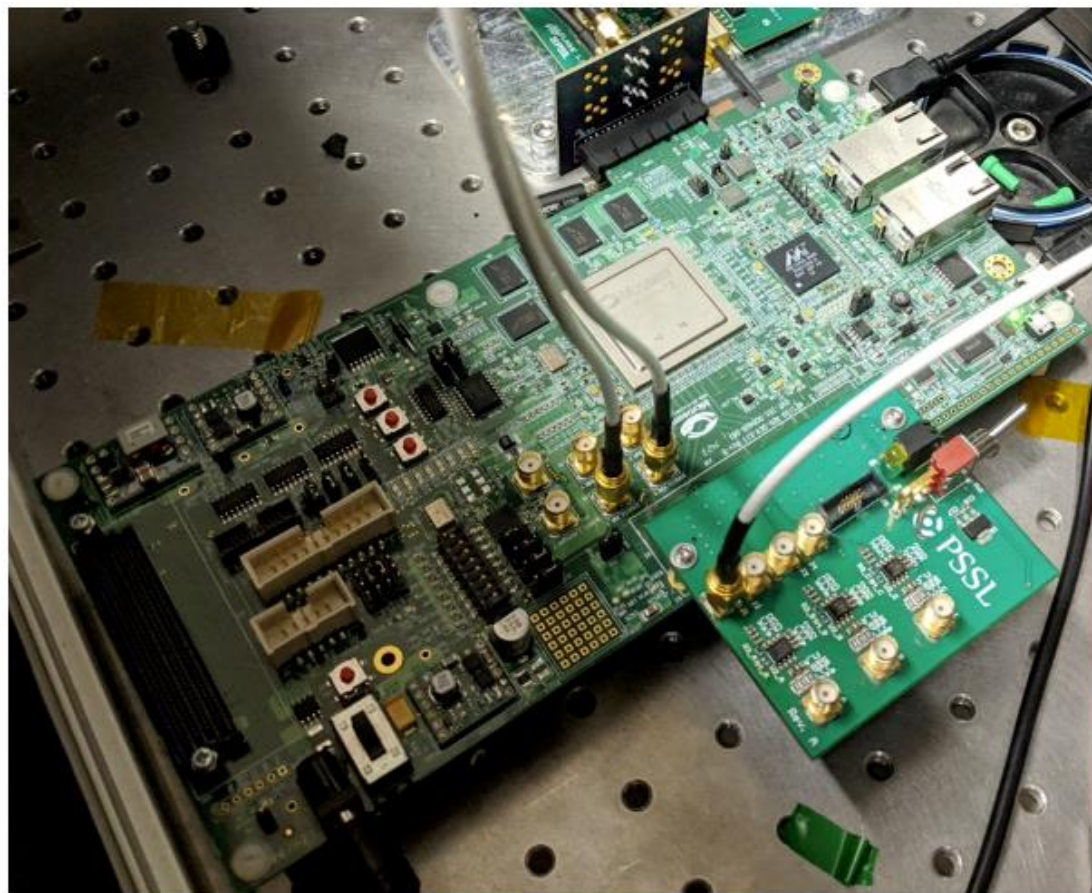


Figure 12. Block diagram of the end-to-end MOCT benchtop transceiver testing setup. Both of the PIN diodes and the APD are also monitored by an oscilloscope. The TDC is connected to a computer via USB cable. The orange lines are optical signals and the black arrows are electrical connections.

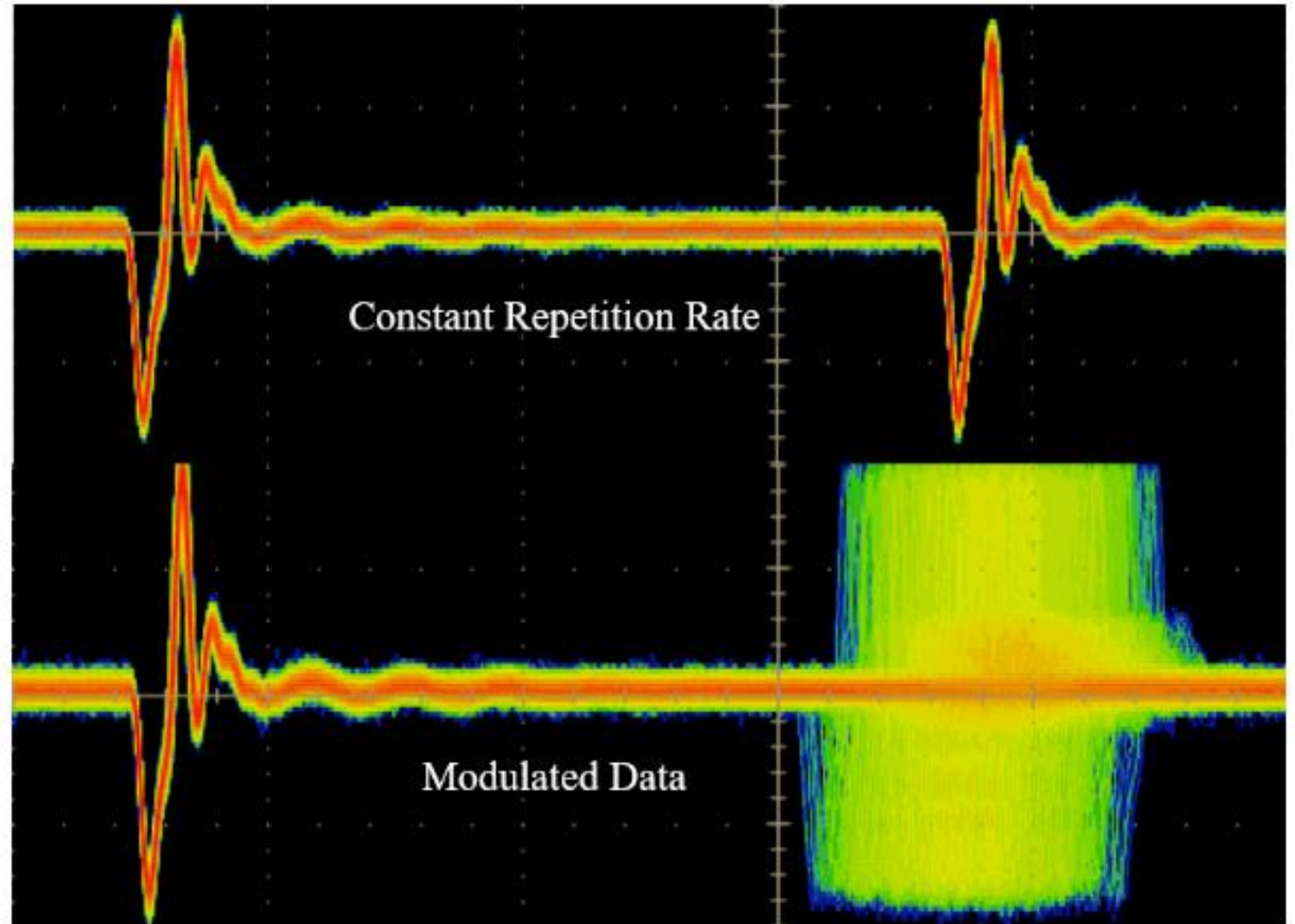
TX



RX



Impulsi GPX taimera ieejā



FLPP Projekts

Pikosekunžu izšķirtspējas impulsa pozīcijas modulācija nepieredzēti augstas energoefektivitātes komunikācijām (Nr. Izp-2021/1-0475)

Projekta komanda:

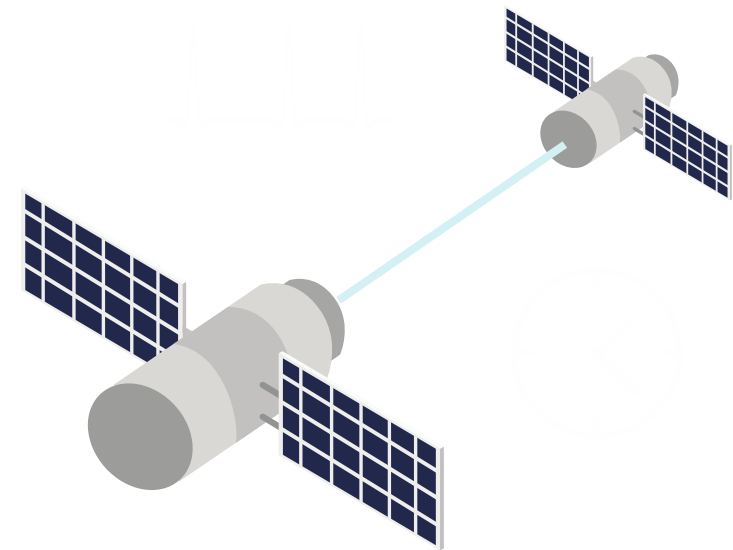
Projekta vadītājs: Dr. Sc.Ing A.Āboltiņš

Galvenais izpildītājs: Dr.Sc.Ing. S.Spolītis

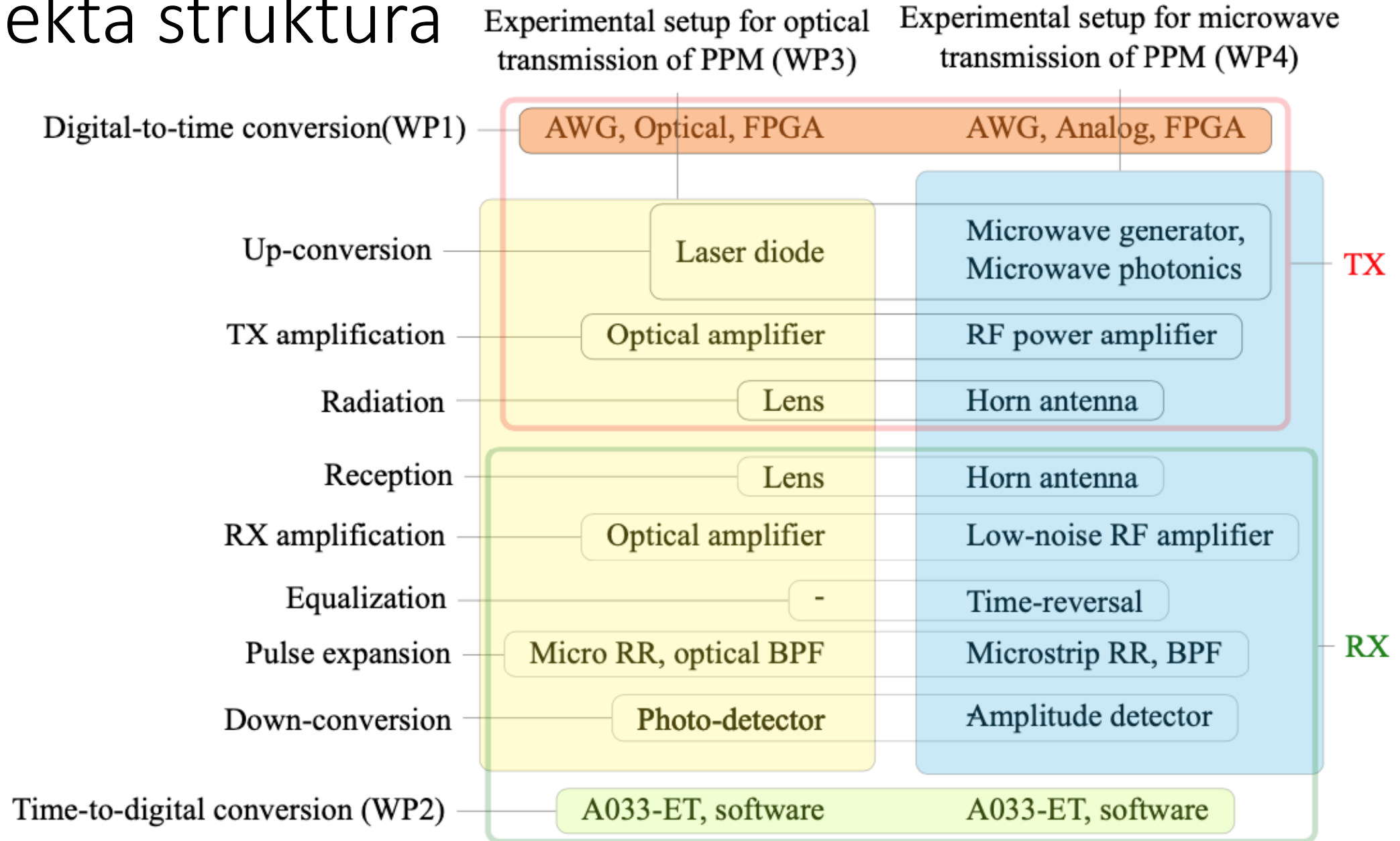
Budžets: 300k EUR

Sākums: 01.01.2022

Ilgums: 3 gadi



Projekta struktūra



Projekta mērķi

- PPM pārraides demonstrācija optikā
- PPM pārraides demonstrācija caur mikroviļņiem
- Vienotas UWB sakaru sistēmu simulācijas vides izveide. Notikumu taimeru precīza simulācija.
- Pieredzes iegūšana darbā GHz un ps sistēmām

Izstrādājamo PPM sakaru sistēmu parametri

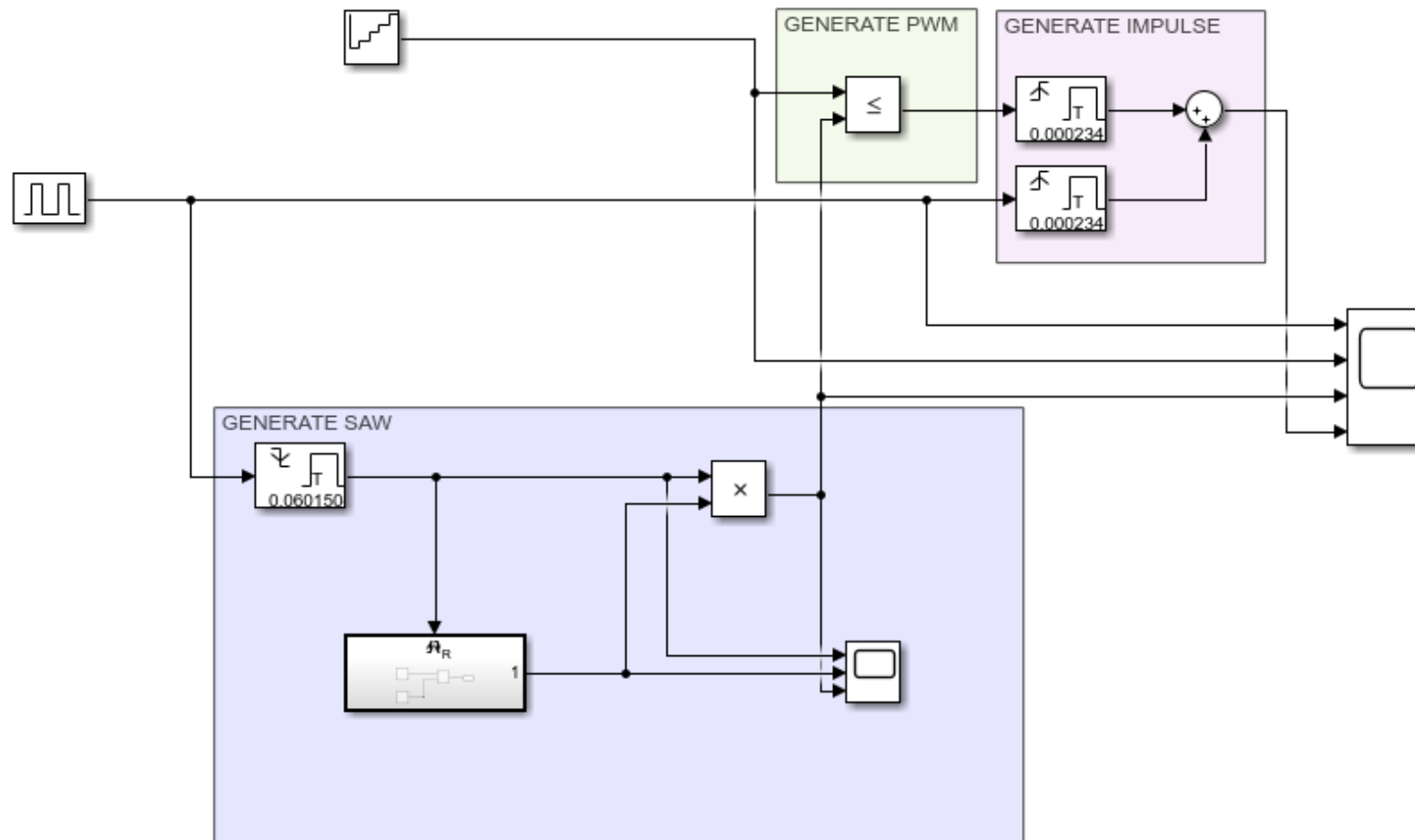
Parameter	Optical	Microwave
pulse length τ	50ps	100ps
frame length T	72ns	72ns
guard time T_g	20.8ns	20.8ns
number of positions M	1024	512
bitrate	139 Mbit/s	125 Mbit/s
pulse jitter	< 25 ps	< 25 ps
peak radiated power P_b	40mW	40mW
average power	< 100 μ W	< 200 μ W

PPM Modulators

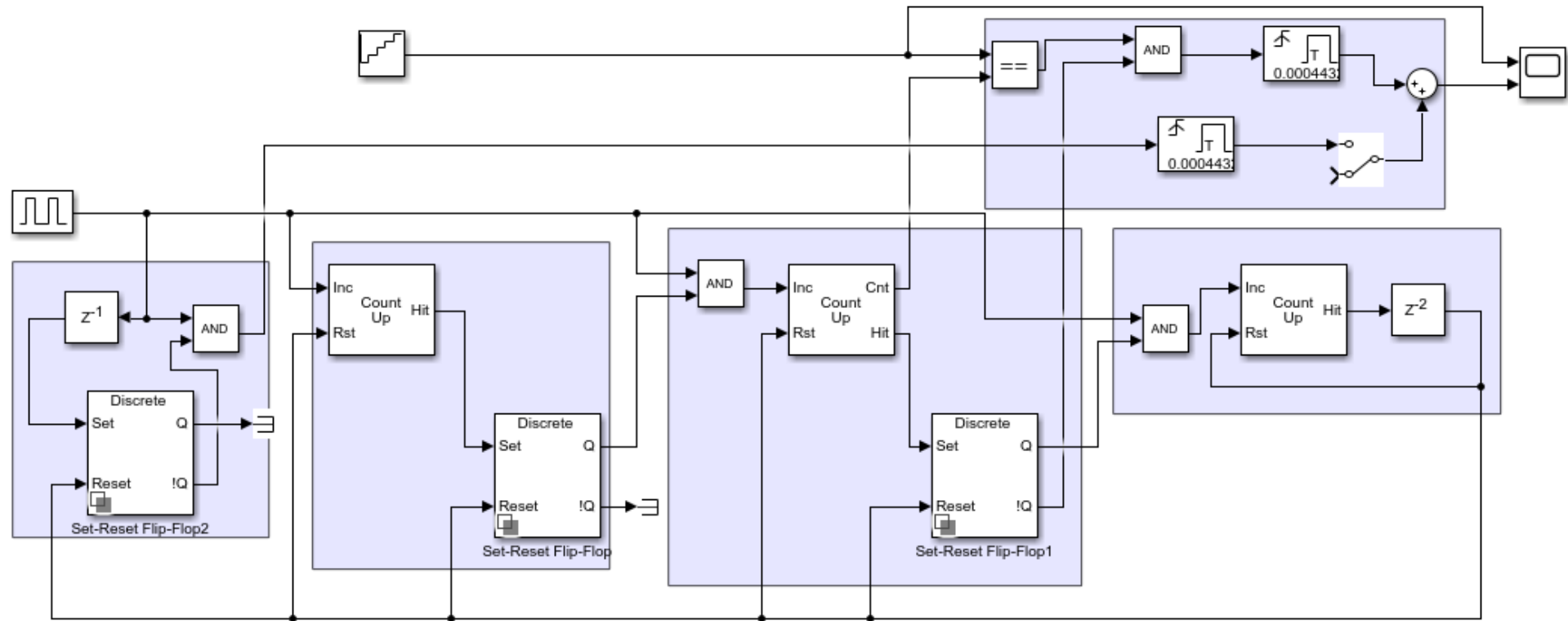
Projekta gaitā tiks realizēti 3 dažādi PPM modulatori (koherentie un nekoherentie):

1. Uz patvaļīgas formas ģeneratora bāzes (arbitrary waveform generator – AWG), izmantojot iepriekš sagatavotus signālus.
2. Uz ECL loģikas un ciparu aiztures līnijas bāzes.
3. Uz FPGA bāzes

PPM ģenerācija izmantojot hibrīdu shēmu

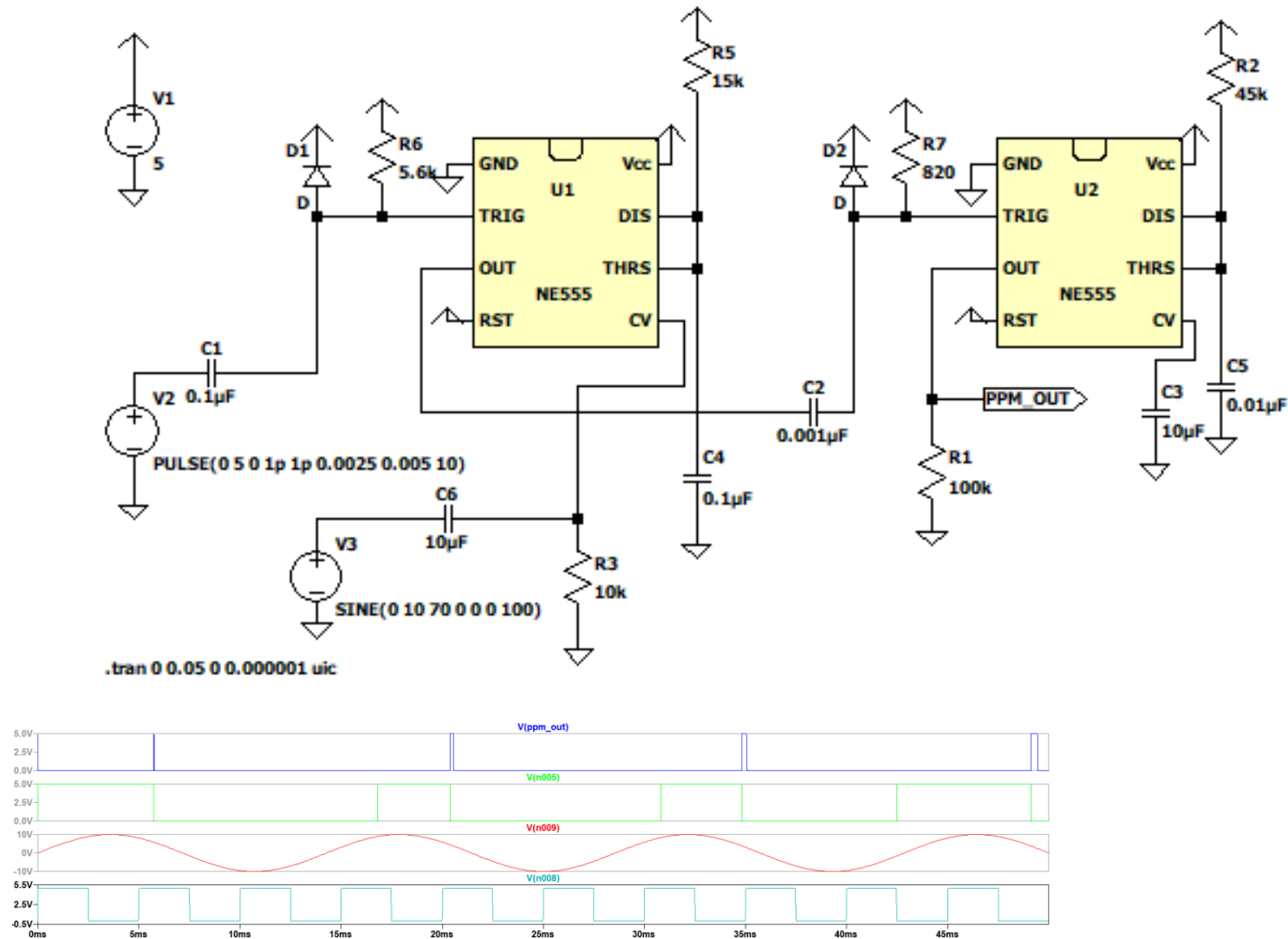


PPM ģenerācija izmantojot ciparu skaitītājus

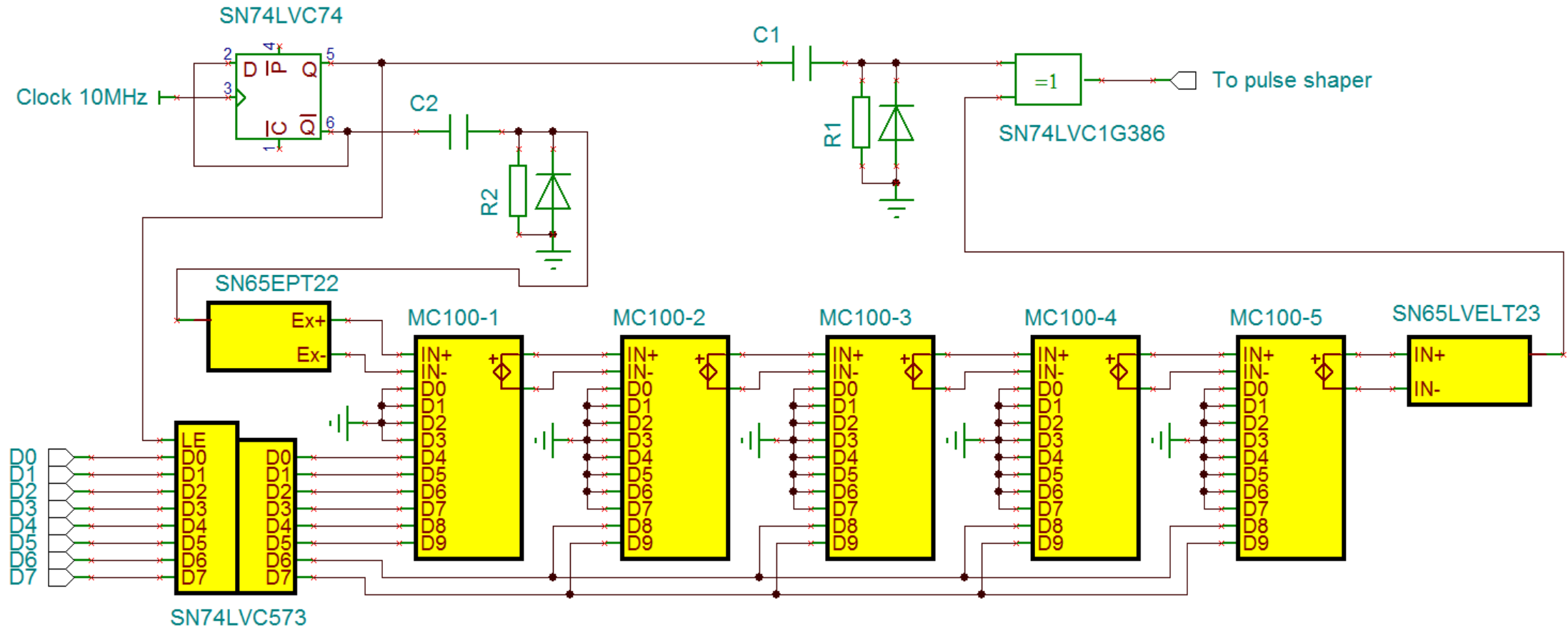


PPM signāla ģenerēšana, izmantojot NE555 taimera mikroshēmas.

Tiek ģenerēts asinhronais PPM signāls, pirmajam NE555 taimerim strādājot kā PWM signāla ģeneratoram un otrajam kā impulsa formētājam, kurš nostrādā uz PWM signāla krītošo fronti.

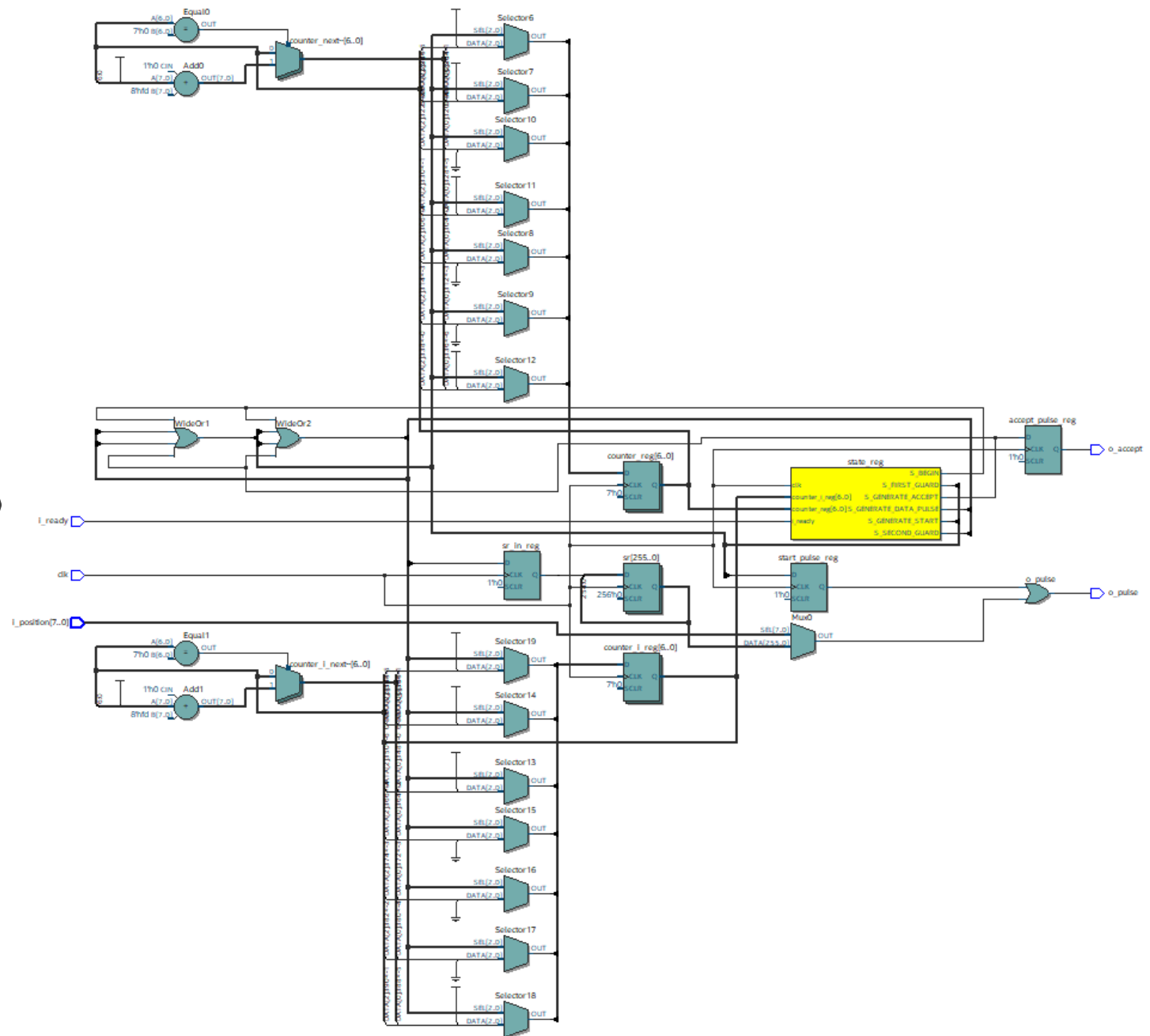


PPM raidītājs uz ātrgaitas DDL (OnSemi MC100EP196B)



Izstrādāja M.Zeltiņš

PPM Modulators uz FPGA



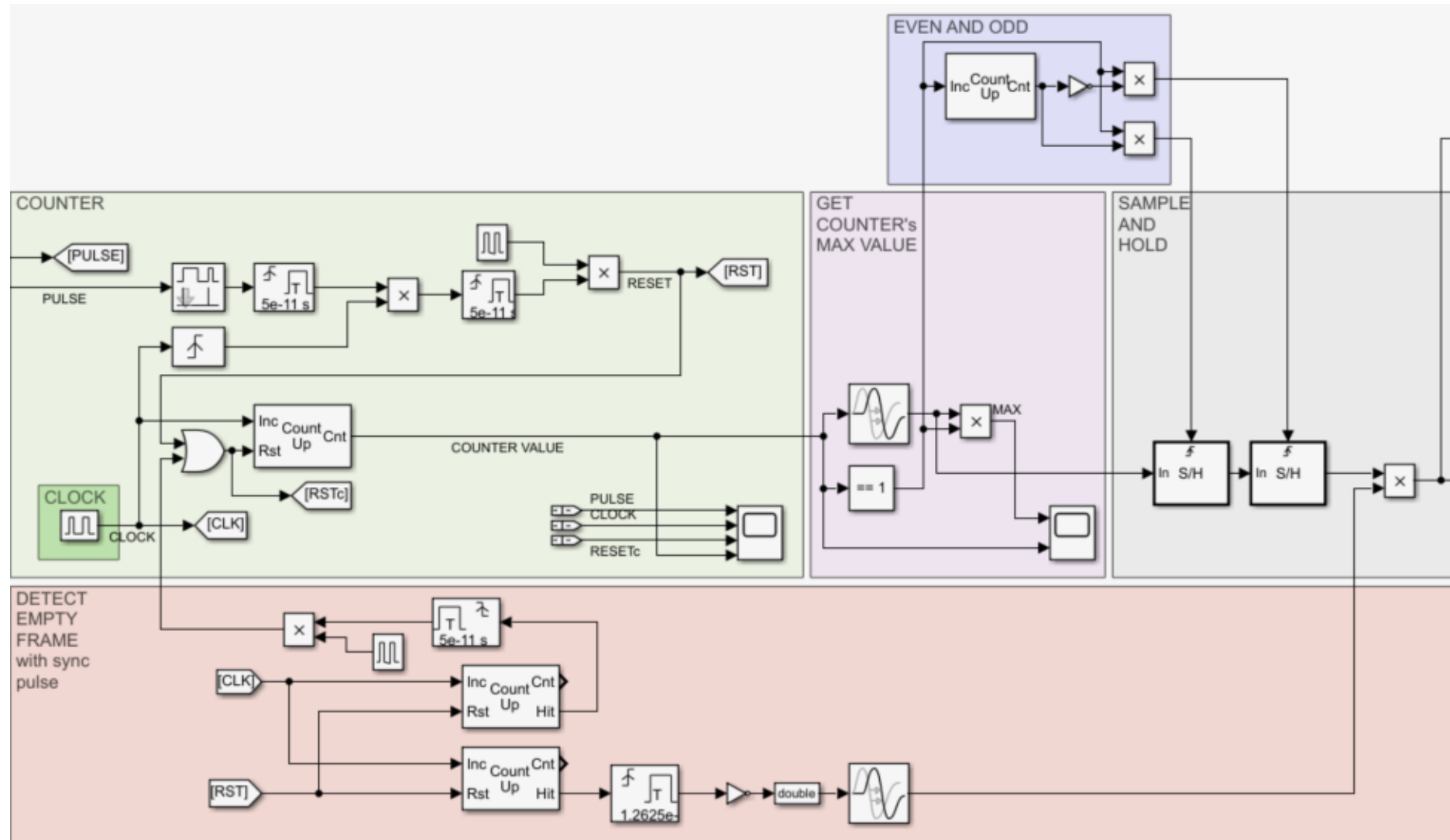
S.Miglas darbs FPGA SoC kursā

PPM demodulators



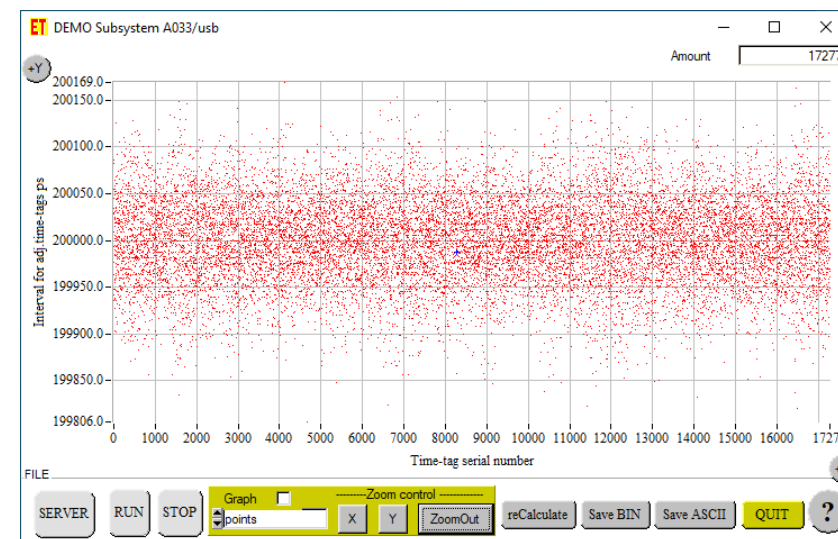
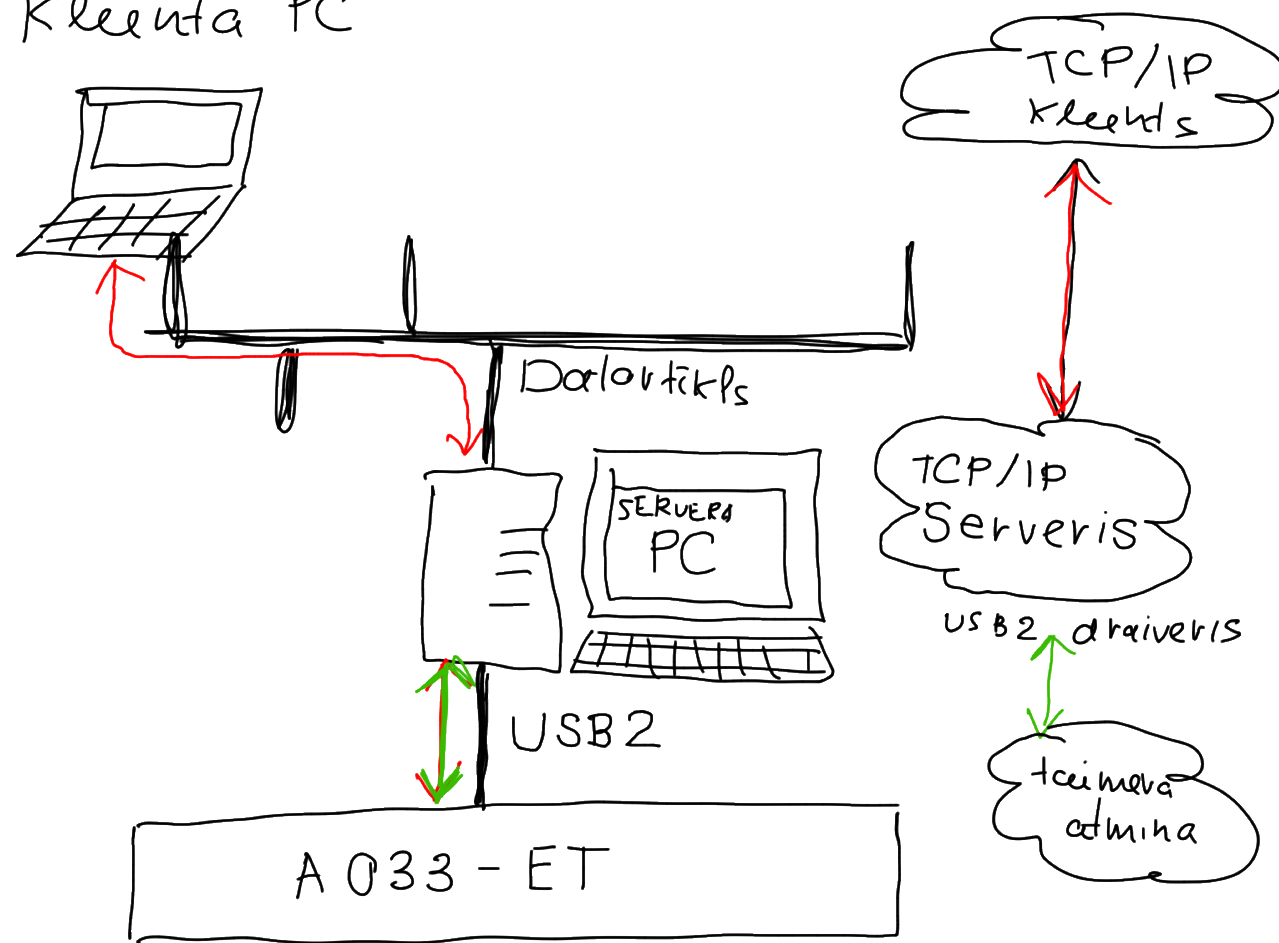
Demodulatora pamatā ir notikumu taimeris A033-ET ko ražo Latvijas uzņēmums “Eventech”. Tas ir uzkonstruēts Elektronikas un datorzinātņu institūtā (EDI).

Notikumu taimera simulator (O.Šēlis)



Demodulatora programmatūras arhitektūra

Klienta PC



TCP/IP apmaiņas protokola reverse engineering

M.Pudžs un komanda

1. Veiksmīga sesijas izveide

SERVER → CLIENT

01 00 00 00 00 00 00 00 02 00 00 00 40 00 00 00 00 00 00

- Sesijas numurs: 0x 00 00 00 01 → 1
- Laika Korekcija (sec): 0x 00 00 00 00 → 0
- Int or Ext Triggering: 0x 00 00 00 02 → 2 (INT: 2, EXT: 4)
- Events in pack: 0x 00 00 00 40 → 64
- Total events (K): 0x 00 00 00 00 → 0 (SET_WAIT)

1. Neveiksmīga sesijas izveide (serverim ir jau savienojums ar citu klientu)

SERVER → CLIENT

01 00 00 00 18 FC FF FF

- Sesijas numurs: 0x 00 00 00 01 → 1
- Error code: 0x FF FF FC 18 → -1000

1. “Time Calibration”

CLIENT → SERVER

BC 01 00 00

- Handle numurs: 0x 00 00 01 BC → 444

1. Veiksmīga kalibrācija

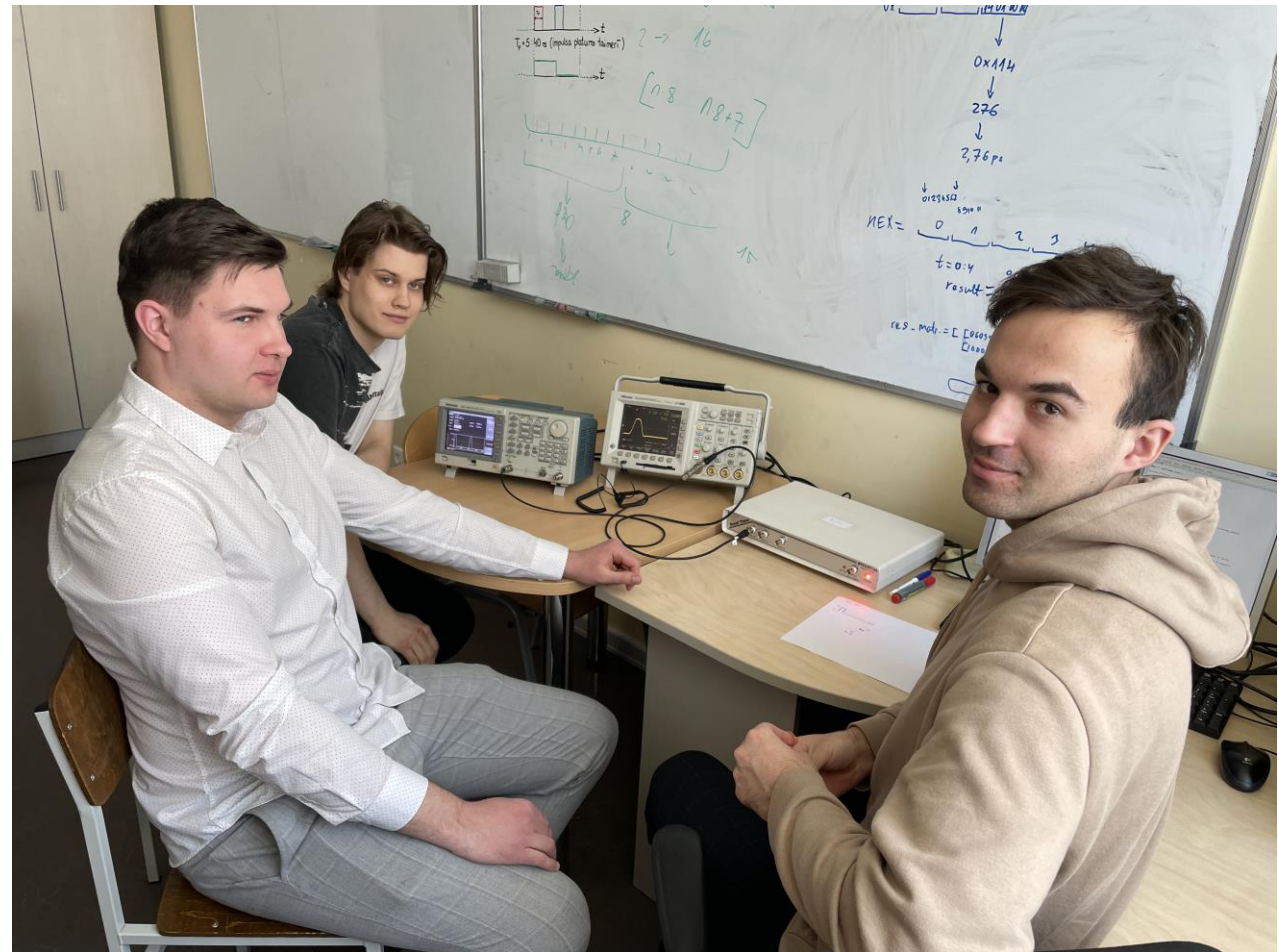
SERVER → CLIENT

BC 01 00 00 01 00 00 00 14 01 00 00

- Handle numurs: 0x 00 00 01 BC → 444
- REF IN → 1 (EXT found: 0, EXT not found: 1)
- Taimera izšķirtspēja: 0x 00 00 01 14 → 2,76 ps

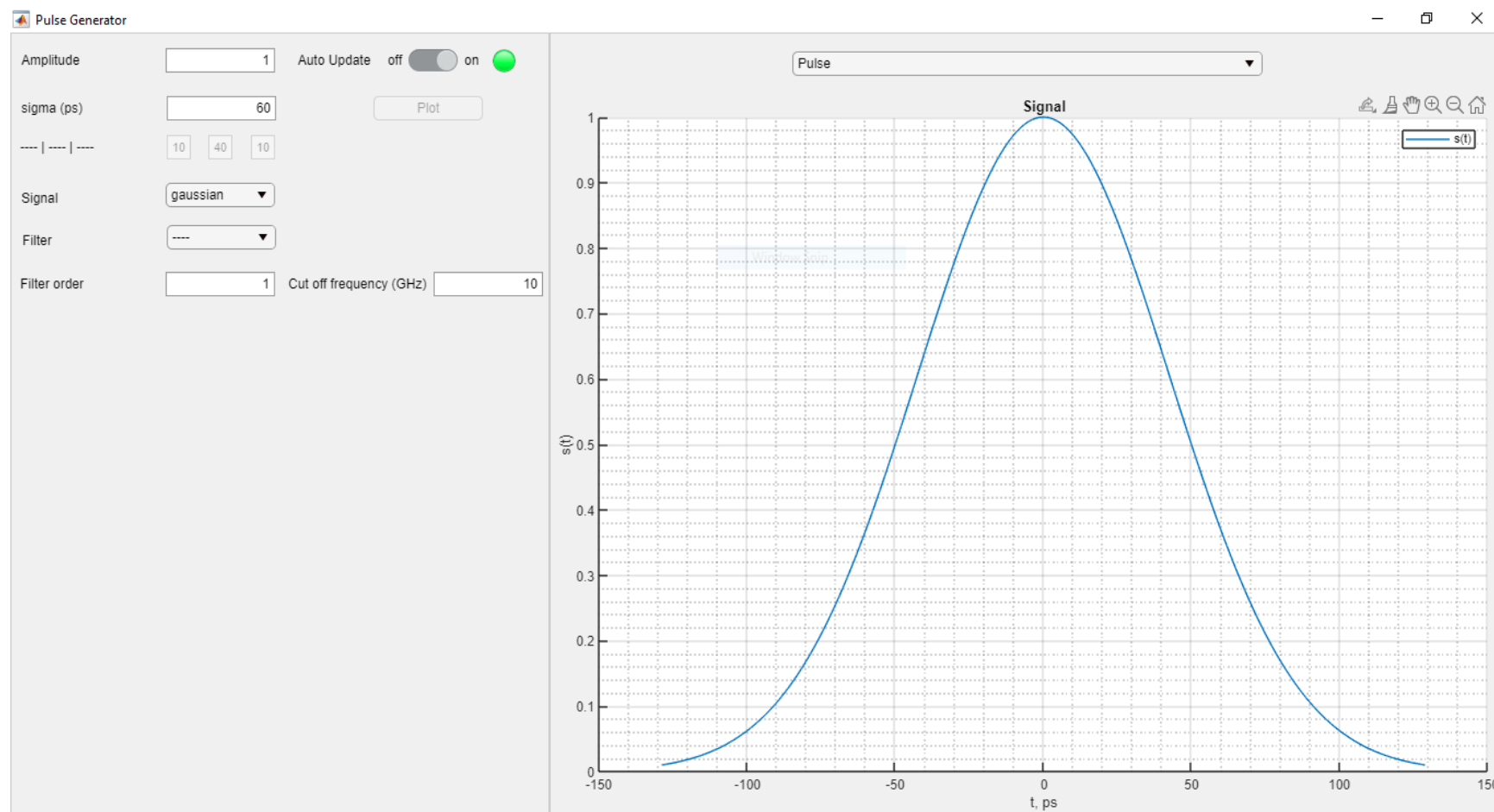
REI Maģistratūras studentu darbs

- P.Šics
- S.Migla
- O.Šēlis



Impulsu paplašinātājs uz mikroslokšņu filtra

- J.Semeņako
- T.Solovjova



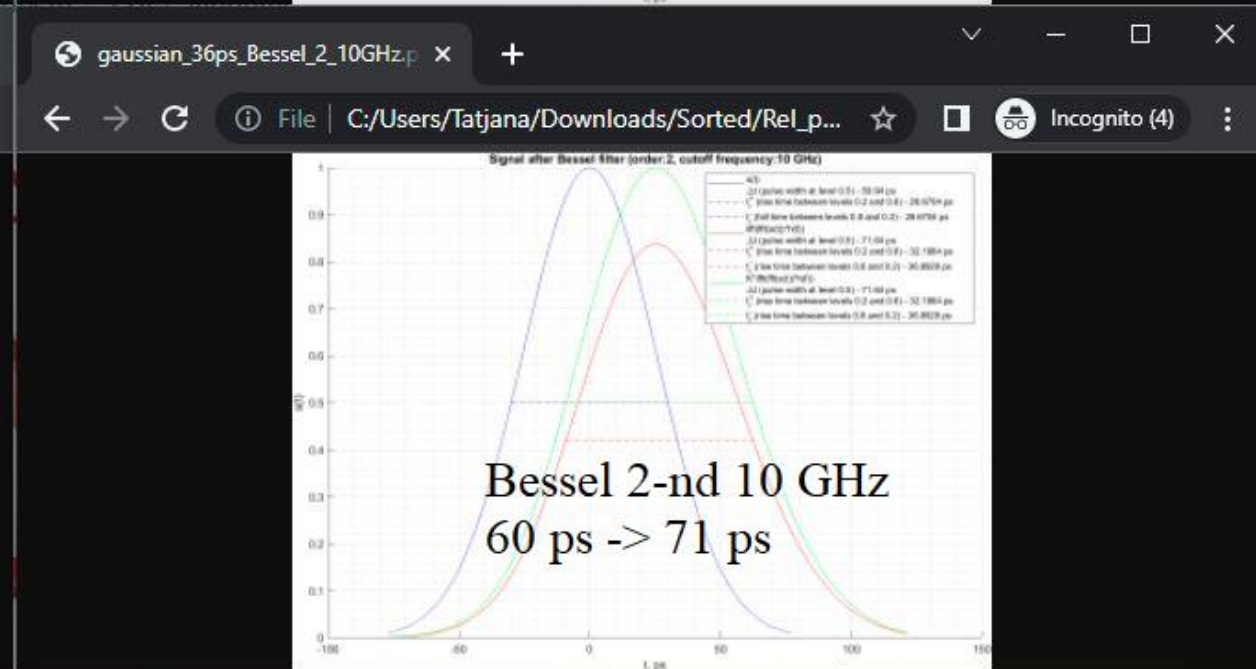
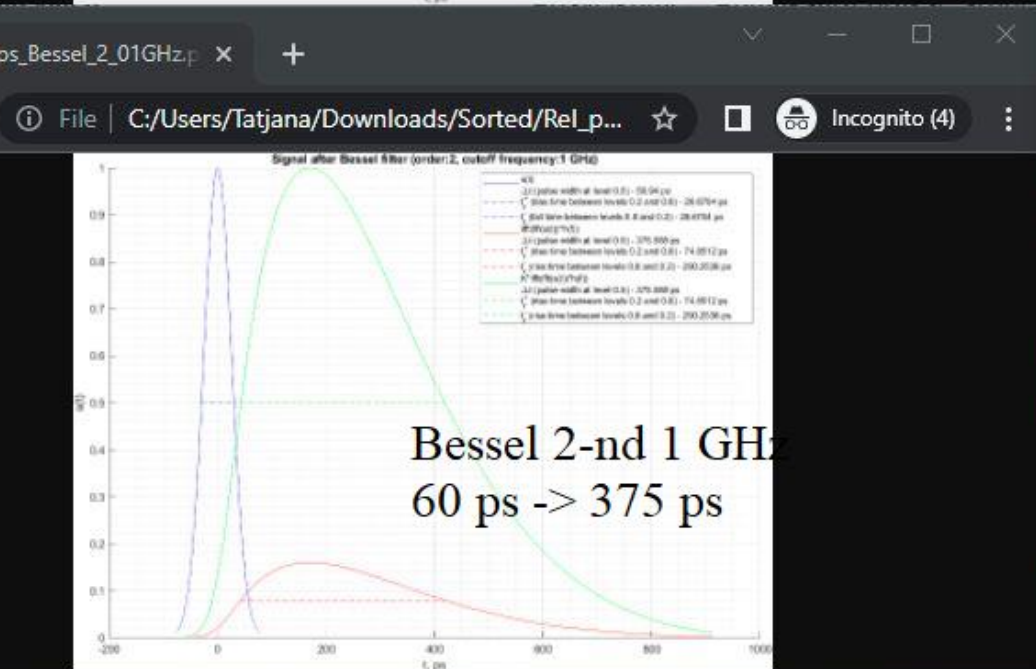
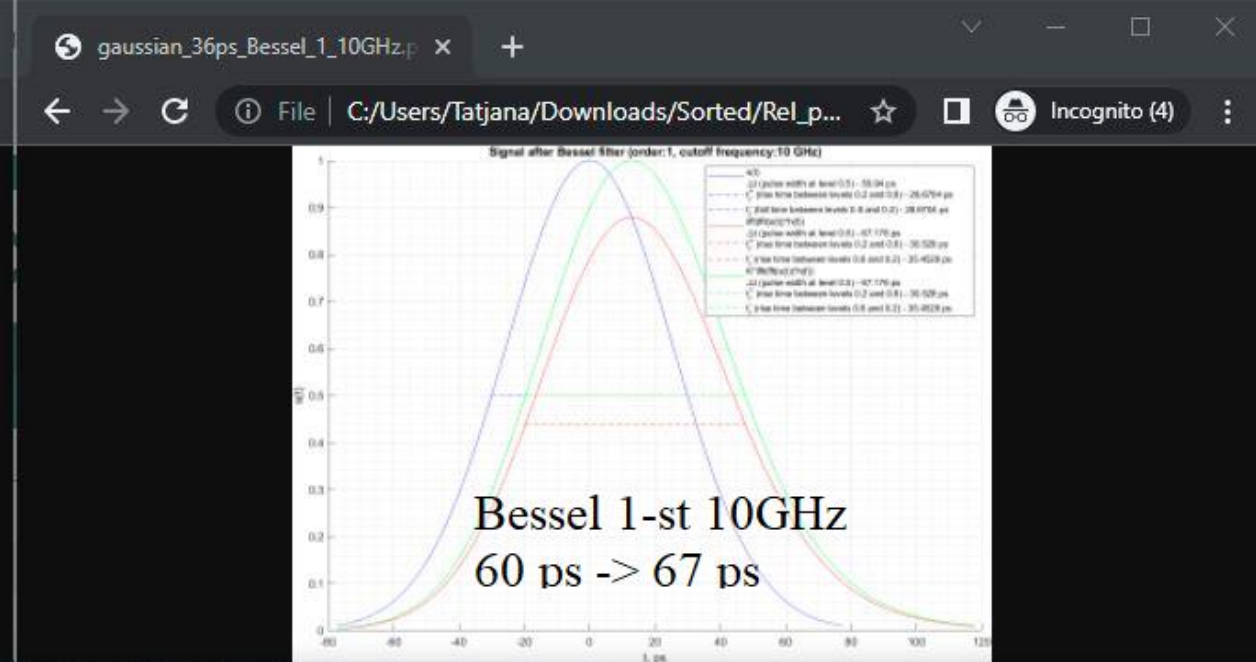
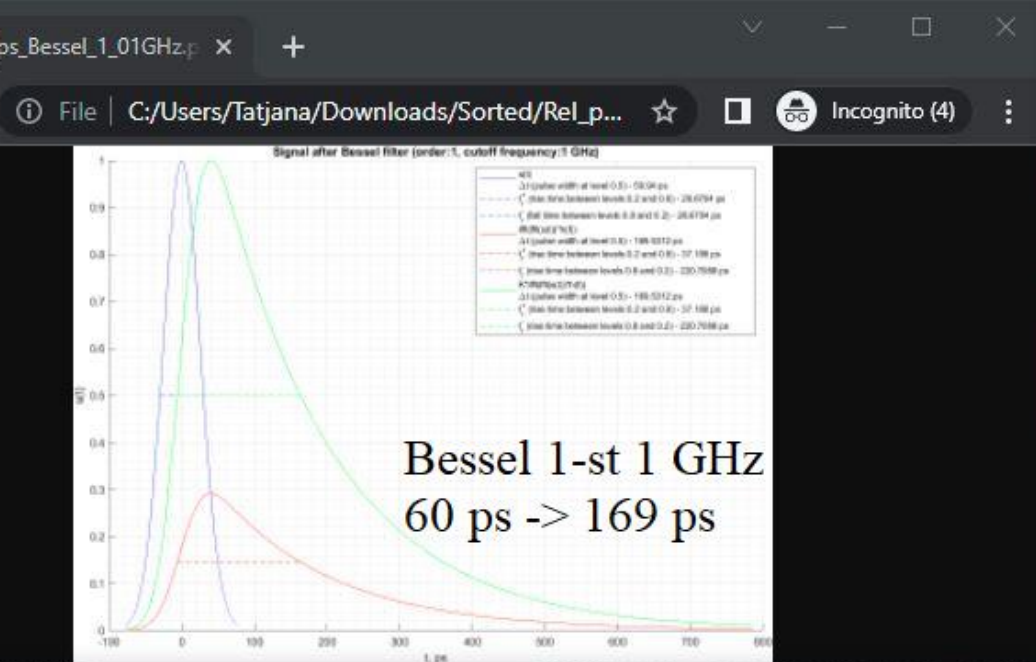
Trapezoīdu spektra aprēķini

Simetriskas trapeces impulss $\tau_1 = \tau_2$, $(t^{\min} = -\tau_1, t^{\max} = \tau_1)$.

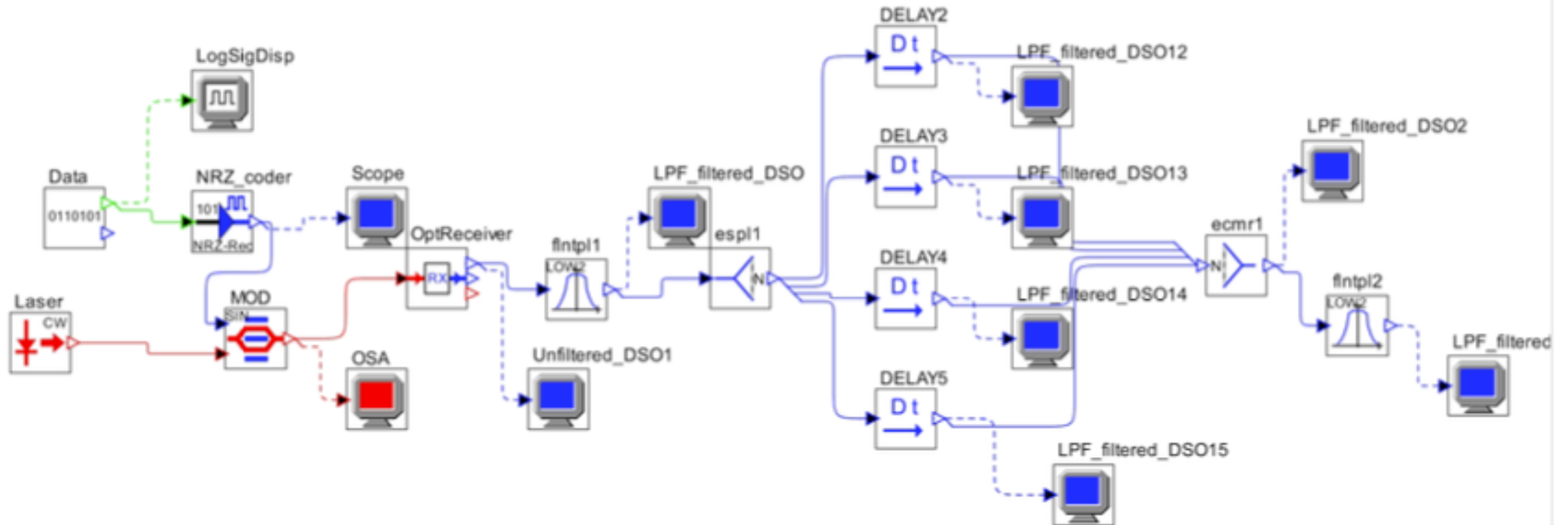
$$\begin{aligned}
 S_{\text{Tsimetr}}(\tau_1 = \tau_2) &= \frac{A}{\omega^2} \cdot \left(\frac{e^{+j\omega\tau} - e^{+j\omega\tau_2}}{\tau_2 - \tau} - \frac{e^{-j\omega\tau_1} - e^{-j\omega\tau}}{\tau_1 - \tau} \right) = \\
 &= \frac{A}{\omega^2 \cdot (\tau_1 - \tau)} \cdot [e^{+j\omega\tau} + e^{-j\omega\tau} - (e^{+j\omega\tau_1} + e^{-j\omega\tau_1})] = \\
 &= \frac{2 \cdot A}{\omega^2 \cdot (\tau_1 - \tau)} \cdot (\cos \omega \cdot \tau - \cos \omega \cdot \tau_1) = \frac{2 \cdot A}{\omega^2 \cdot (\tau_1 - \tau)} \cdot \sin \frac{(\tau + \tau_1) \cdot \omega}{2} \cdot \sin \frac{(\tau_1 - \tau) \cdot \omega}{2} \\
 \frac{1}{\omega^2 \cdot (\tau_1 - \tau)} &= \frac{2 \cdot \frac{\tau_1 + \tau}{2}}{\frac{(\tau_1 - \tau) \cdot \omega}{2} \cdot \frac{(\tau_1 + \tau) \cdot \omega}{2}} = \frac{\tau_1 + \tau}{\frac{(\tau_1 - \tau) \cdot \omega}{2} \cdot \frac{(\tau_1 + \tau) \cdot \omega}{2}}
 \end{aligned}$$

Simetriskam trapeceveida impulsam spektrs ir

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Tsim}} &= \frac{2 \cdot A}{\omega^2 \cdot (\tau_1 - \tau)} \cdot \sin \frac{(\tau + \tau_1) \cdot \omega}{2} \cdot \sin \frac{(\tau_1 - \tau) \cdot \omega}{2} = \\
 &= 2 \cdot A \cdot (\tau_1 + \tau) \cdot \frac{\sin \frac{(\tau + \tau_1) \cdot \omega}{2}}{\frac{(\tau_1 + \tau) \cdot \omega}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{(\tau_1 - \tau) \cdot \omega}{2}}{\frac{(\tau_1 - \tau) \cdot \omega}{2}} \quad (2.33)
 \end{aligned}$$



Impulsu paplašināšana izmantojot vairākas aiztures līnijas



Vairāku aiztures
līniju shēmas
OptSim
simulācijas
rezultāti

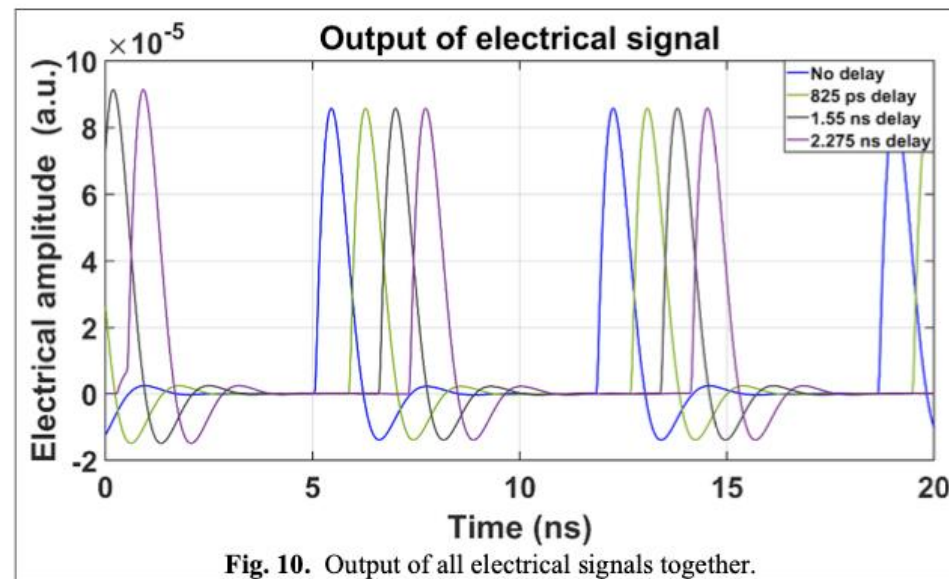


Fig. 10. Output of all electrical signals together.

Output of electrical signals before and after passing through second two-pole LPF

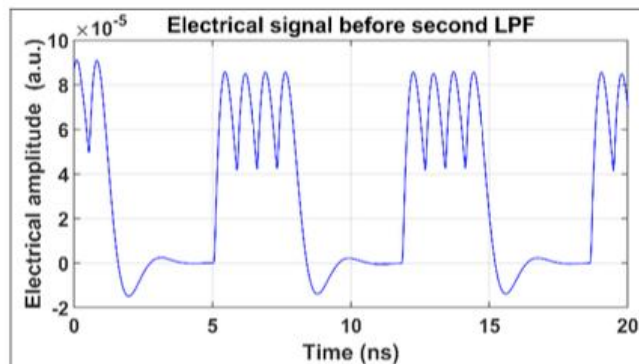


Fig. 11. Output of combined electrical signal before second LPF.

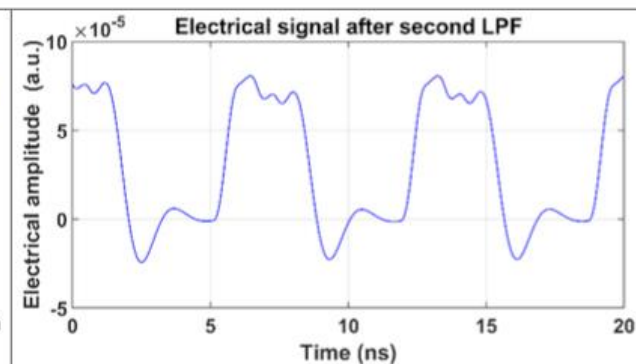


Fig. 12. Output of combined electrical signal after second LPF.

Paldies par uzmanību!