

FEE Proposal for TOF and EMC SPD NICA.

Evgeny Usenko, INR RAS, Moscow

Введение.

1. Предложение накамерной электроники должно основываться на исследованиях всех возможных прототипов FEE и для TOF и для ECAL.
2. В отсутствии необходимого числа ASIC-ов задача усложняется.
3. Практически процесс распадается на два направления работ:
 - Создание и исследование прототипов электроники для эксперимента SPD,
 - Разработка тестовой электроники для исследования камер TOF и элементов калориметра ECAL.

Приоритеты многоканальной накамерной электроники.

1. Стоимость канала считывания:

- для ASIC – около \$4/канал,
- для дискретного - \$25-40/канал .

2. Потребляемая (рассеиваемая) мощность.

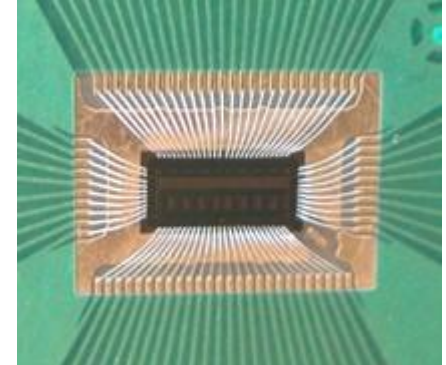
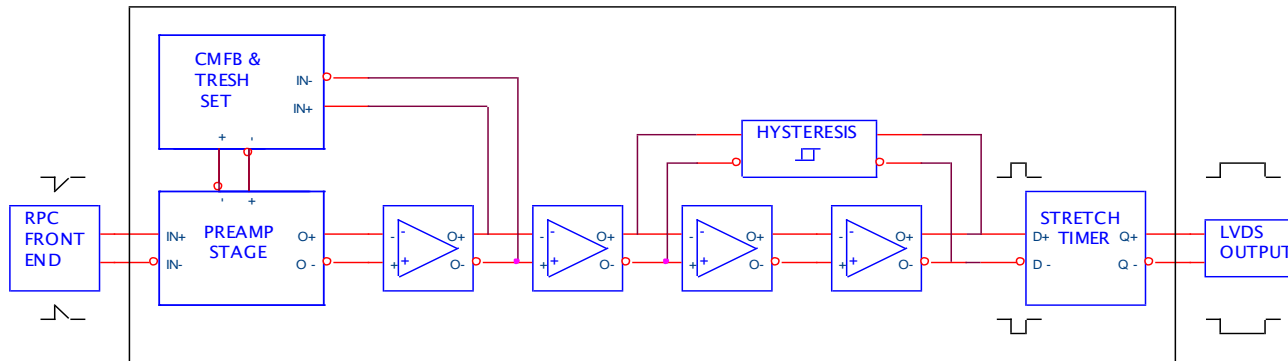
- для ASIC – около 50мВт/канал,
- для дискретного – 250-1000мВт/канал .

3. Функциональность.

1. Исполнение и габариты.

NINO ASIC for ALICE TOF specifications.

NINO ASIC is a first special design for TOT method

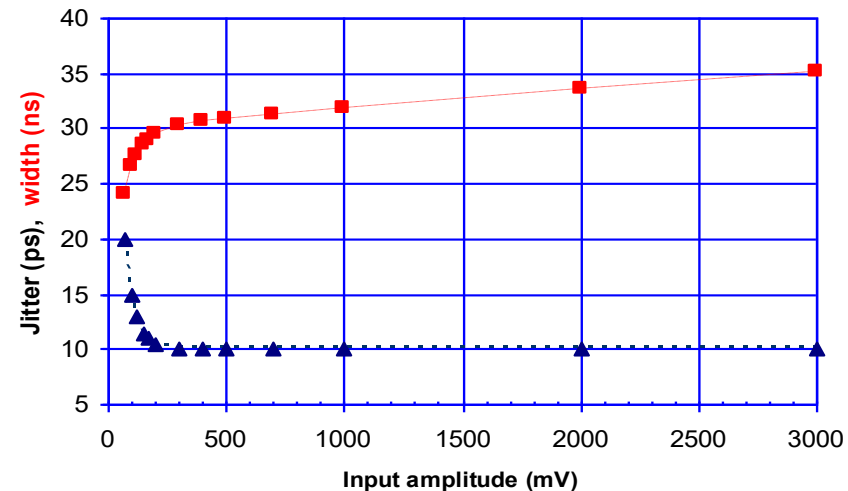


NINO ASIC electronic channel main specs:

- <math><1\text{ns}</math> peaking time (~500 MHz BandWidth)
- ~ 6 ps time jitter
- 1-6ns TOT width
- CMFB for input offset reduction
- diff input resistance matching from 40 to 75 Ohm
- stretch time expanding
- differential input-output structure
- hysteresis 1-12%

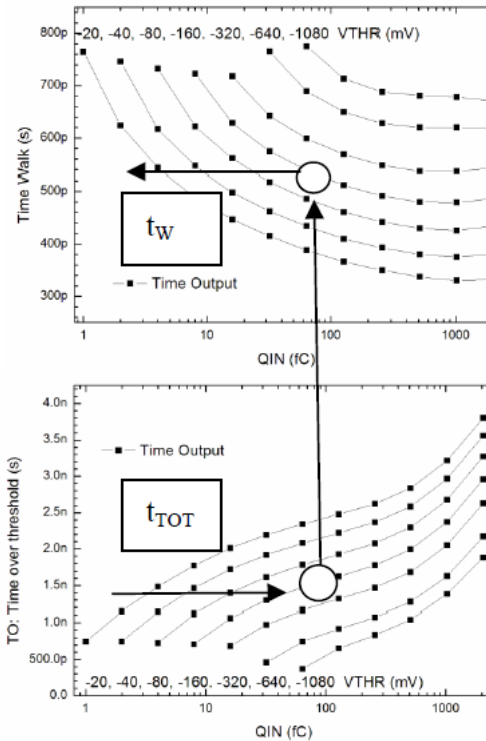
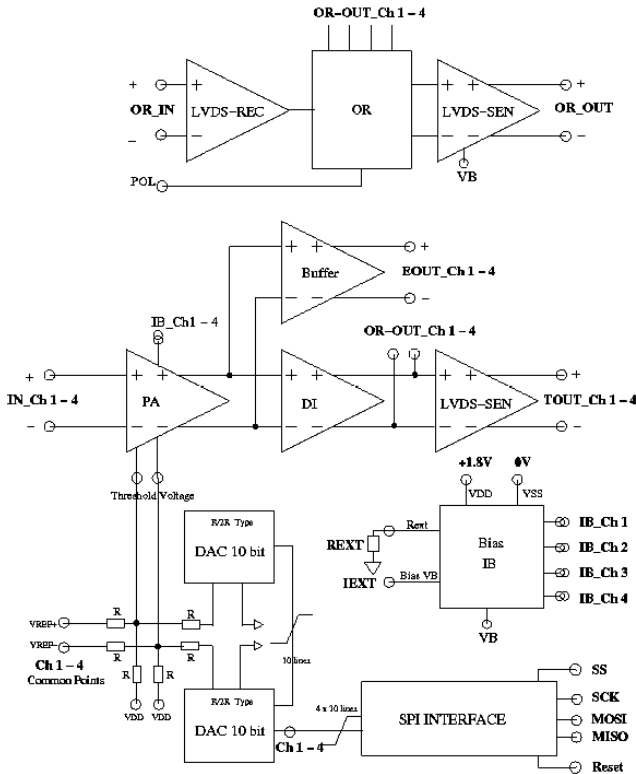
Jitter & width of NINO-chip vs. Input amplitude

Setup: Uthr=70mV, Uhys=0V, Ustr=0.95V, Rext=25 Ohm.



PADI, an ultrafast Preamplifier - Discriminator ASIC for Time-of-Flight Measurements.

M. Ciobanu *, N. Herrmann, K.D. Hildenbrand, M. Kiš, A. Schüttauf, H. Flemming, H. Deppe,
S. Löchner, J. Frühauf, I. Deppner, P.A. Loizeau, M. Träger

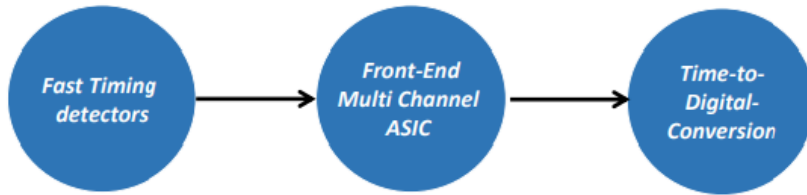


MAIN PARAMETERS OF THE PADI FAMILIES

Main parameters comparison	PADI-1	PADI-2	PADI-6	PADI-8
Channels per chip	3	4	4	8
PA Bandwidth (MHz)	280	293	416	411
PA Voltage Gain	74	87	244	251
Conversion Gain (mV/fC)	6.3	7.8	35	30
Baseline DC offset, σ (mV)	6.7	21.9	5.9	1
PA Noise (mV _{RMS})	3.37	2.19	5.82	5.5
Equivalent Noise Charge (e _{RMS})	3512	1753	1039	1145
Threshold type	Extern	Extern	Ext. & DAC	DAC
Threshold dynamics (+/- mV)	Non.lin. 280	Non.lin. 300	Lin 500	Lin 750
Input Impedance Range (Ω)	30 - 450	37 - 370	38 - 165	30 - 160
Power consumption (mW/channel)	21.6	17.4	17.7	17

- Дополнительный аналоговый выход для оцифровки ЦАП (цена!)
- Усиления в 2,5 раза больше NINO (устойчивость + кросс толк!)
- Отсутствует растяжитель длительности (неэффективность TOT)

The FastIC project: motivation



SiPMs, MCPs, PMTs

NINO (0.25 μ m, 2004)

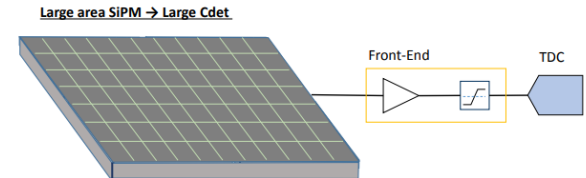
HPTDC (0.25 μ m, 25ps (8ch); 100ps (32ch) bin)

Advanced SiPMs, MCPs, PMTs

FastIC (65nm, 2020)

picoTDC (65nm, 3ps (64ch); 12ps (64ch) bin, 2019)

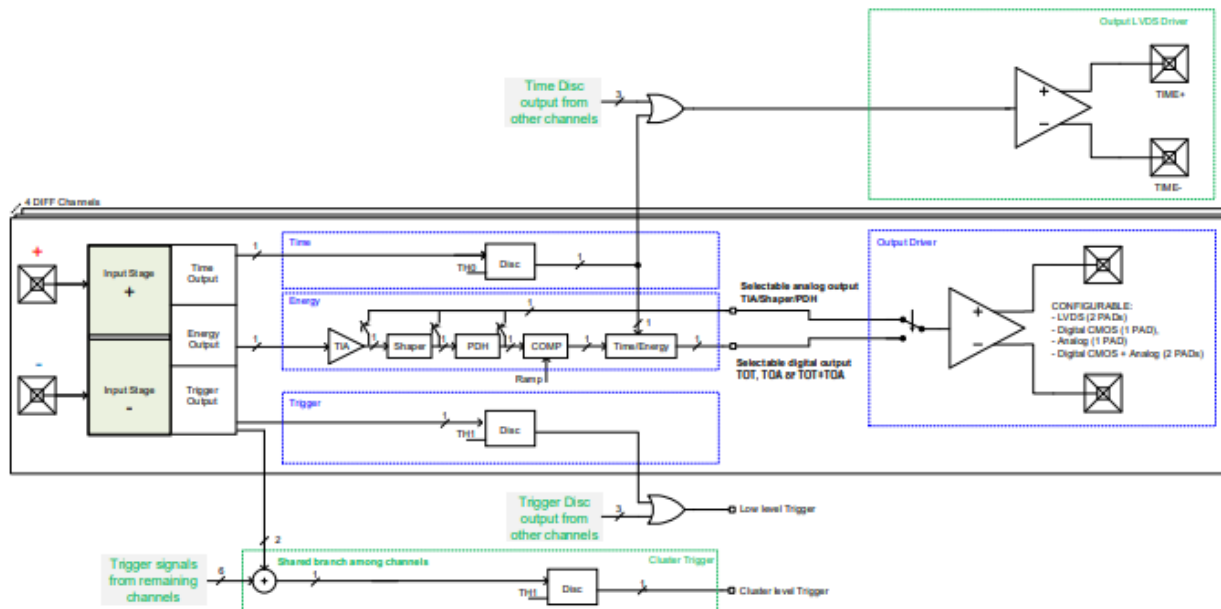
Implementation: combination of signals



FastIC addresses limitations from NINO: mainly linearity of the energy measurement and power consumption

Highly configurable: Singled ended, differential and summation of 4 single-ended channels (+/-) to explore benefits of segmentation of detector areas

Differential configuration

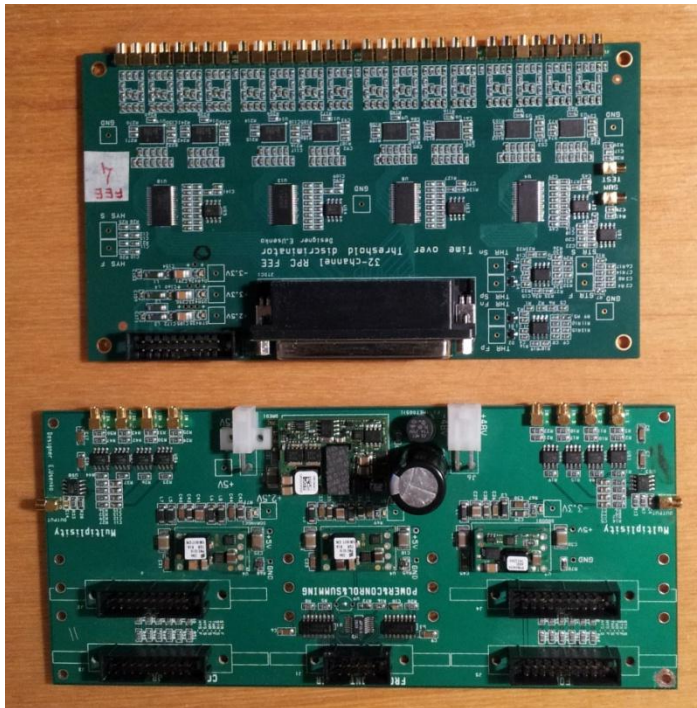


Два направления в работе по FEE TOF.

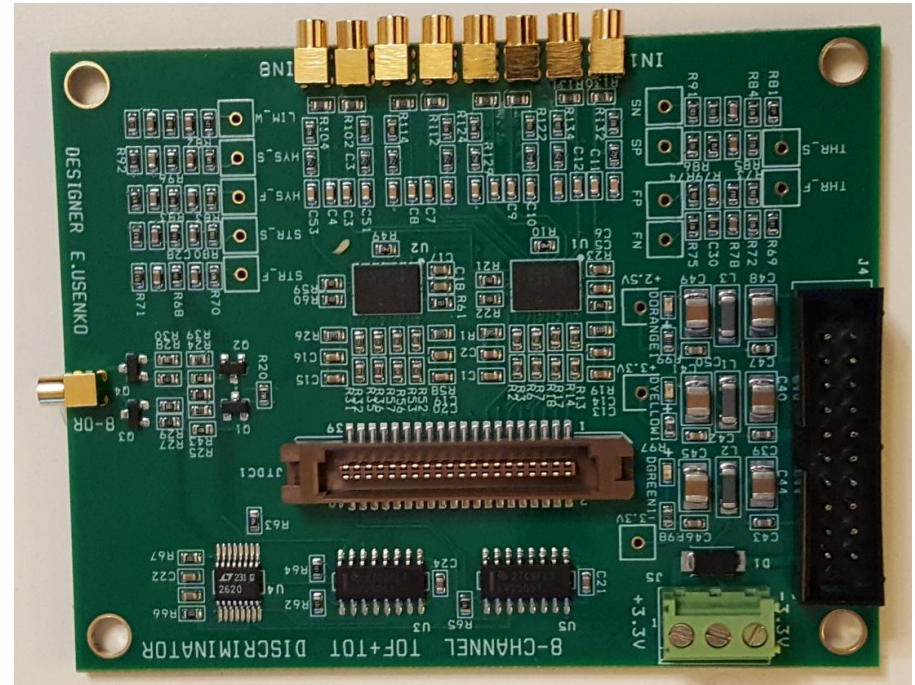
Первое направление.

- Для исследований прототипов детекторов предлагаю создавать временные прототипы FEE на основе NINO чипа – больше ничего нет.
- В качестве DAQ использовать TRB3 до появления TRB-DUBNA.

Прототип TOF VM&N



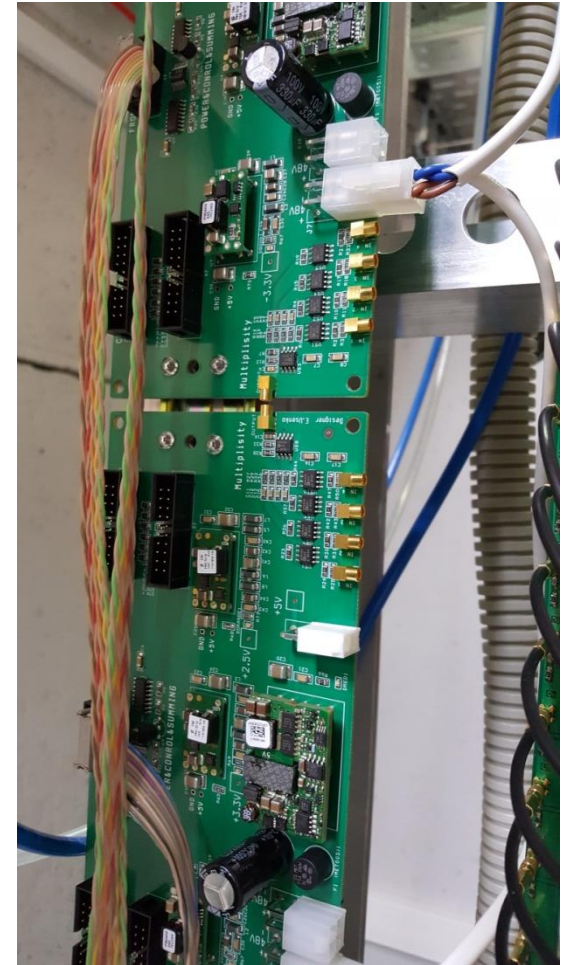
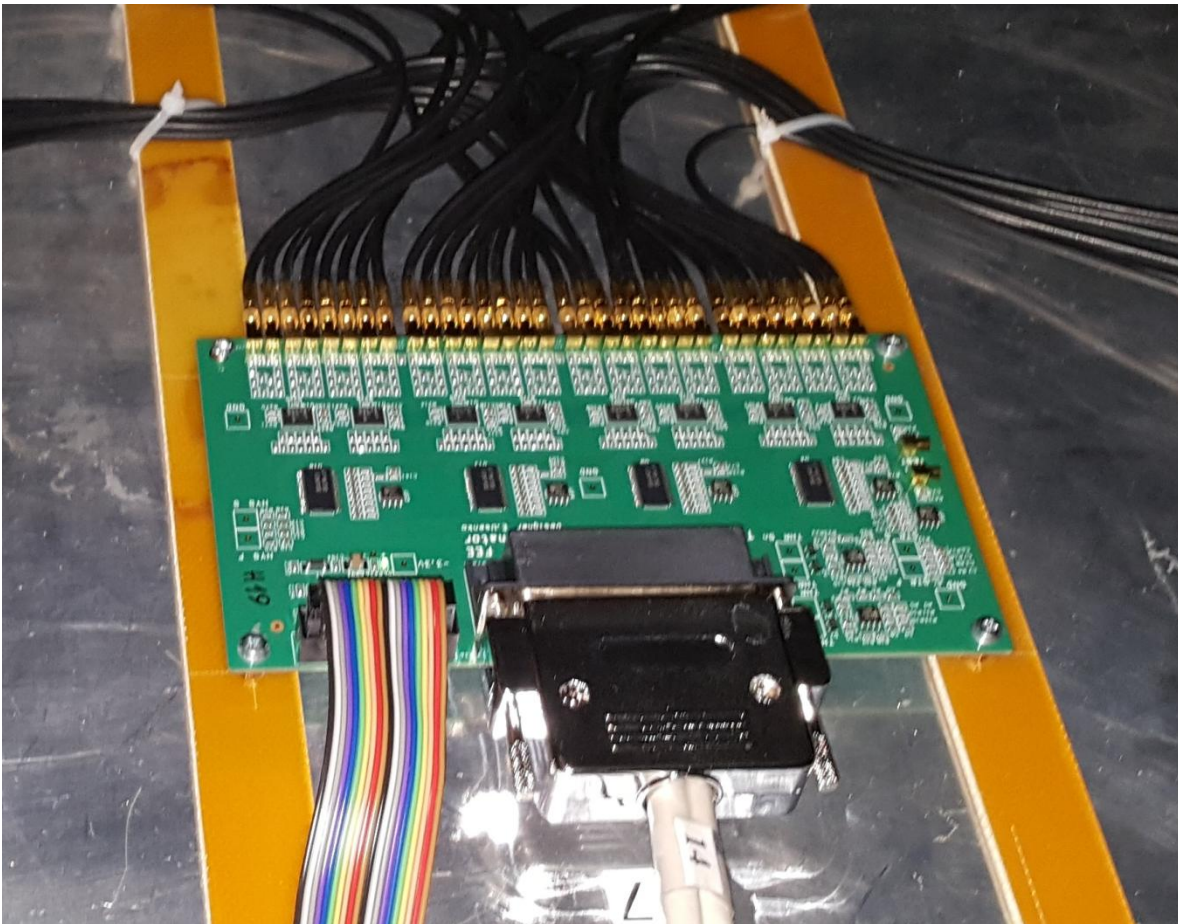
Прототип TOF - ECAL CBM-HADES



JINR BM&N experience. 32-channel TOT RPC discriminator

32-channel FEE + TOT card

128-channel Power and Control cluster




Intrinsic electronic jitter NINO ASIC.

Intrinsic FEE TOF time resolution.

Rise time of usual FEE from 0.5ns up to 2ns.

Noise can calculate us:


$$ENC_s^2 = 4kT \cdot \frac{2}{3} \cdot \Gamma gm_{sb}^{-1} \cdot \tau^{-1} \cdot C_{det}^2 \quad (gmsb=5mS, G=1.5, Cdet=10pF, t=2ns)$$

The calculated noise is ~3000 electrons rms (0.53fC). Signal to noise ratio 50/1-100/1, referred to threshold range 25-50fC.

Estimates time resolution can calculate:



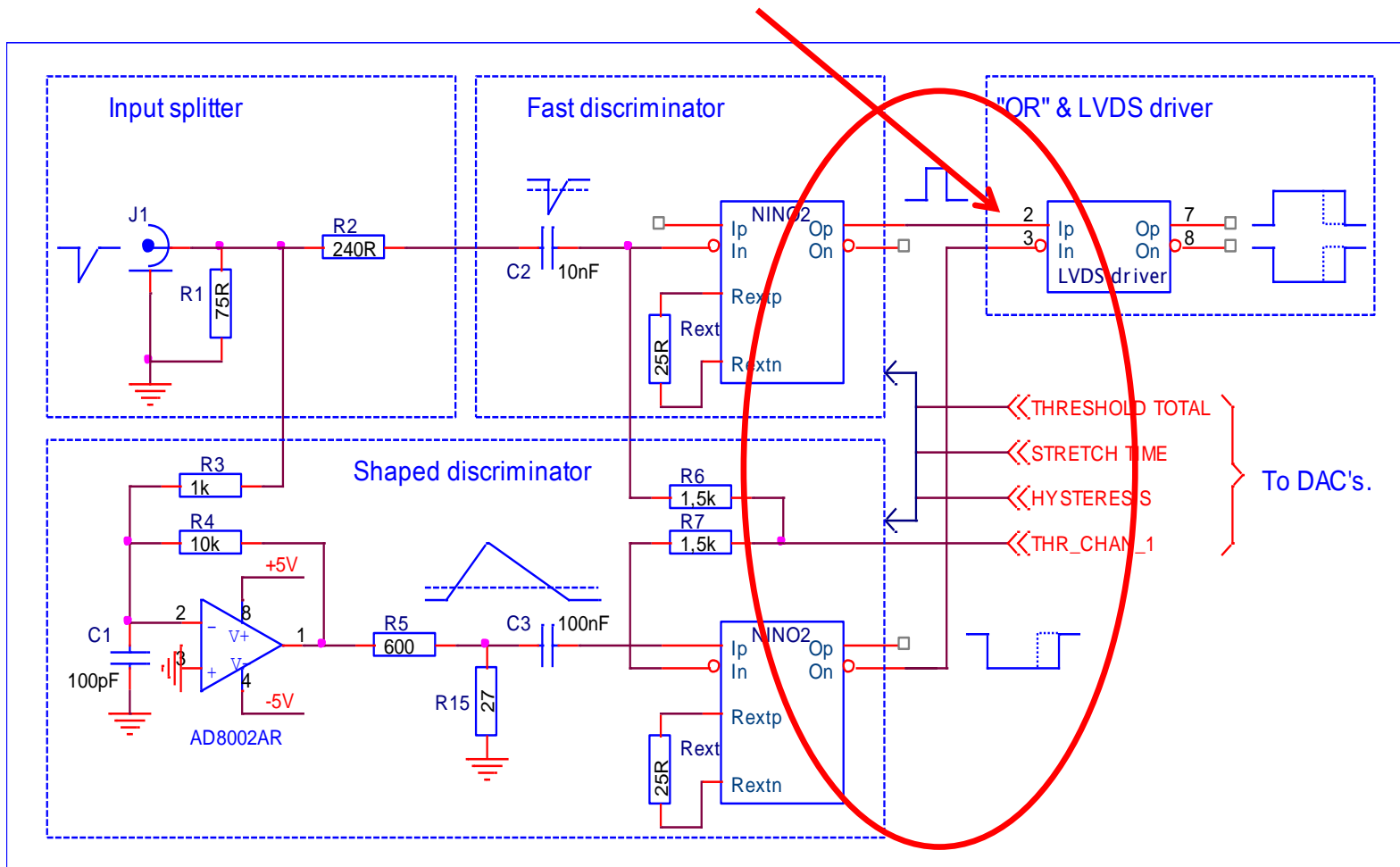
$$\sigma_t = \frac{\sigma_N}{\left. \frac{dV}{dt} \right|_{Thr}}$$

Intrinsic electronic jitter < 5ps!

Подтверждается измеренным временным джиттером
NINO чипа 5-6 пс.

BM&N FEE TOF two channel structure.

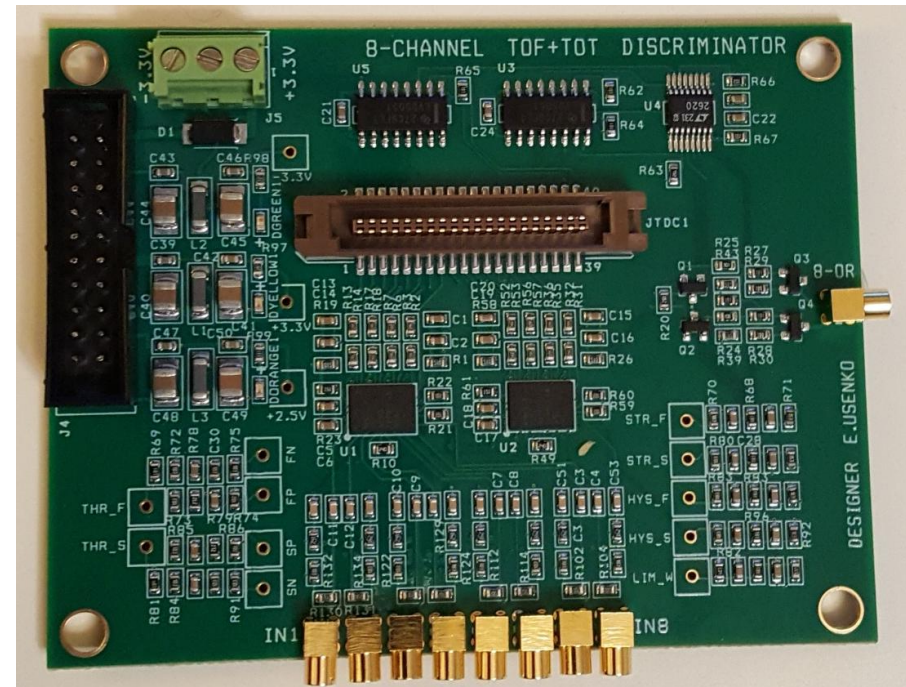
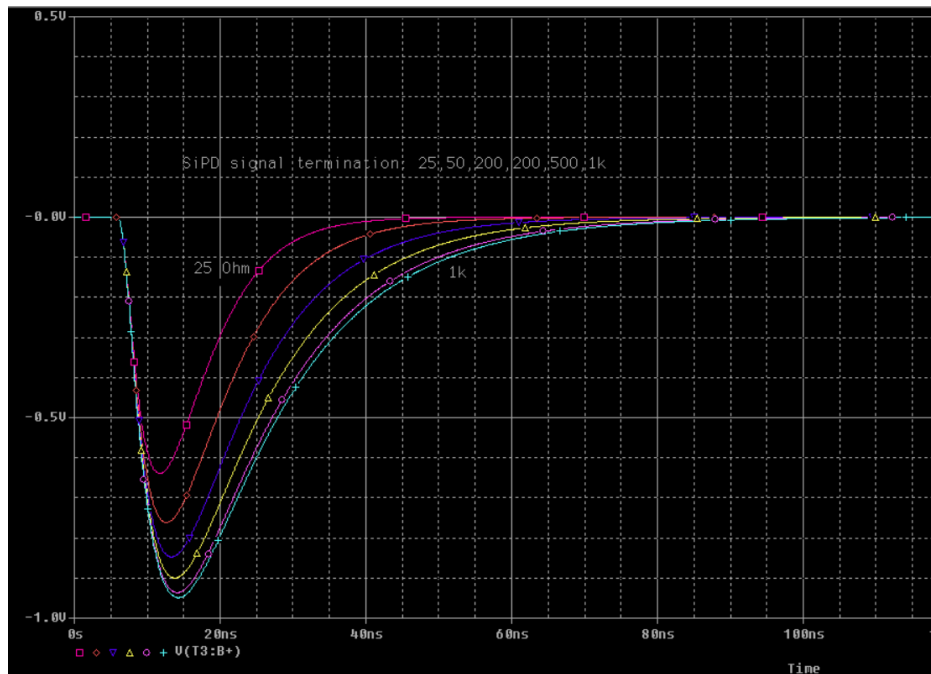
OR schematic reduce time resolution $\sim 20\text{ps}$



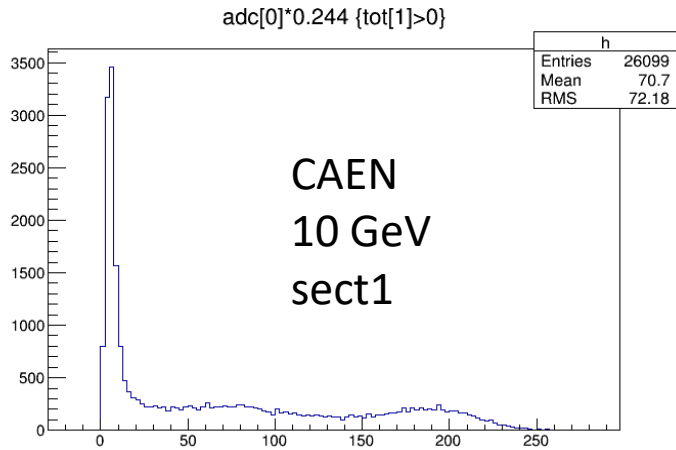
8-channel TOT discriminator for CBM ECAL calorimeter (GSI, Germany).

- Design for data rate up to 10^7 p/s,
- Especially for APD applications,
- Expanded dynamic range,
- Readout by 10ps /b TDC on TRB3,
- control by SPI interface TRB3.

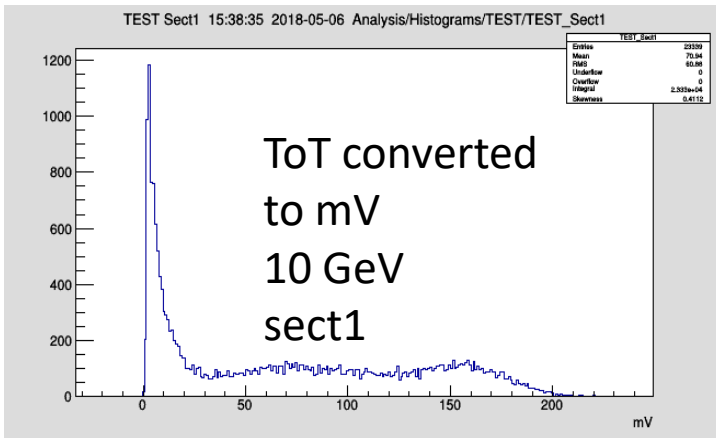
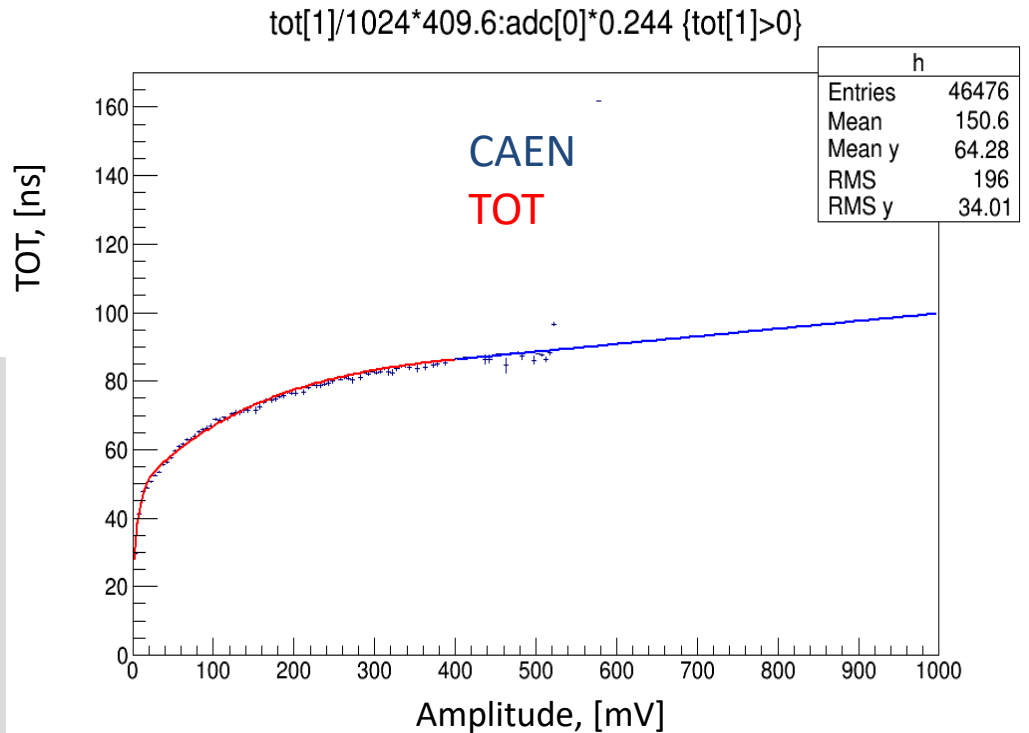
APD signal waveform for different resistive load: 25, 50, 100, 200, 500, 1k.



TOT response for protons. CERN PS test beam 05.2018

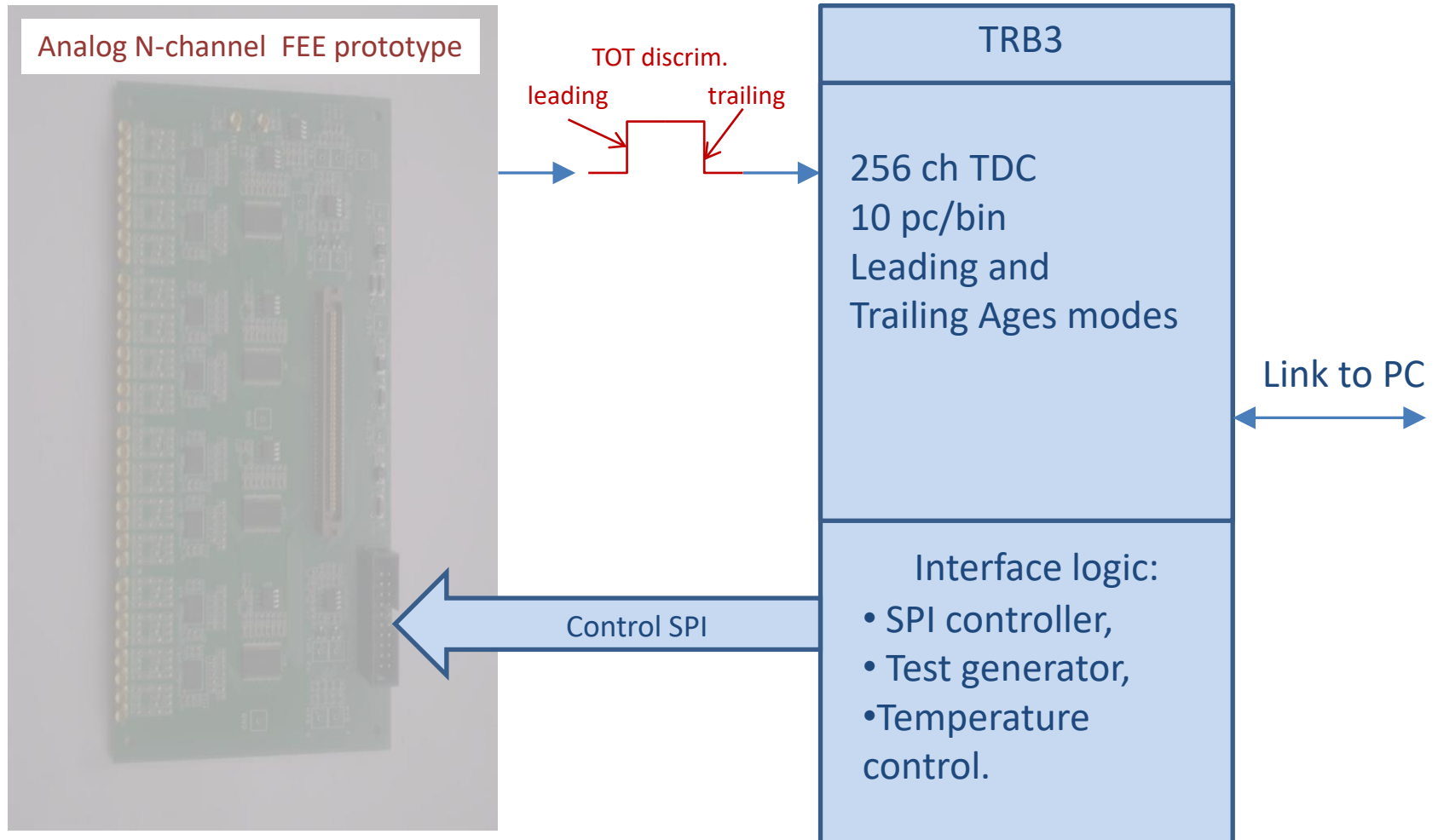


Time-amplitude curve 10GeV



Оцифровка и управление FEE.

FEE на основе VM&N 32-канального TOT дискриминатора.



Второе направление в работе по FEE TOF и ECAL.

Времяпролетный детектор TOF:

Создание и исследований прототипов FEE для эксперимента SPD на основе различных подходов:

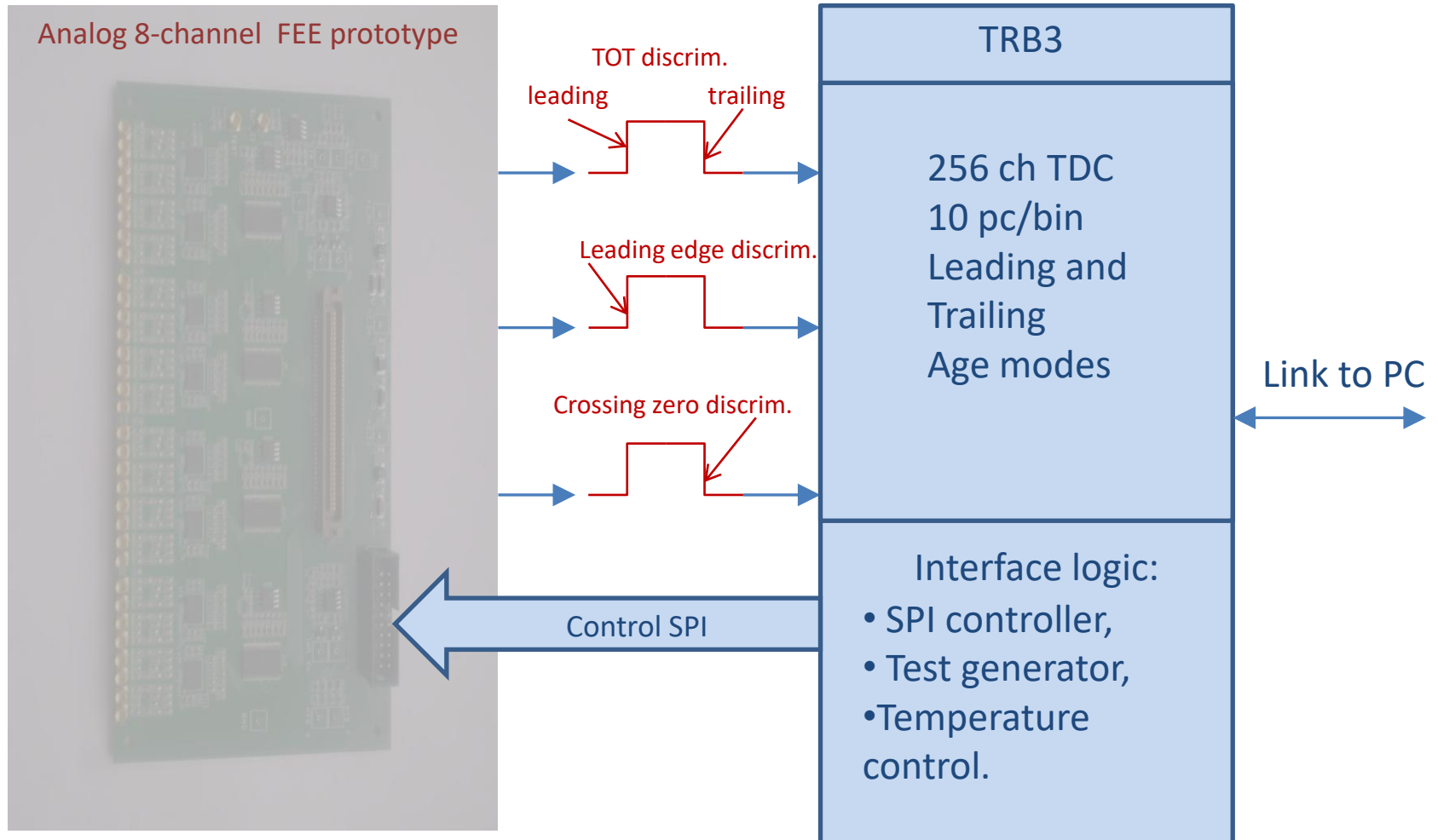
- пороговый дискриминатор с параллельным каналом АЦП,
- дискриминатор постоянной фракции,
- дискриминатор с функцией TOT,
- экзотические варианты?

ECAL FEE:

Немного проще т.к. не требуется рекордного временного разрешения.

Второе направление

LE, CFD, TOT common 8-channel FEE board for combining with TRB3 readout.



FEE plus DAQ cluster structure proposal TRB2(3) example.

Требования к DAQ со стороны FEE.

- снижение стоимости,
- одно питание 48V,
- Развязка земель,
- минимальная длина кабелей связи,
- объединение функций DAQ и Controll.

Большое НО – цифровые шумы – необходимость перехода на LVDS FPGA.

The TRB TOF AddOn – 128-Channel TOF TOT FEE

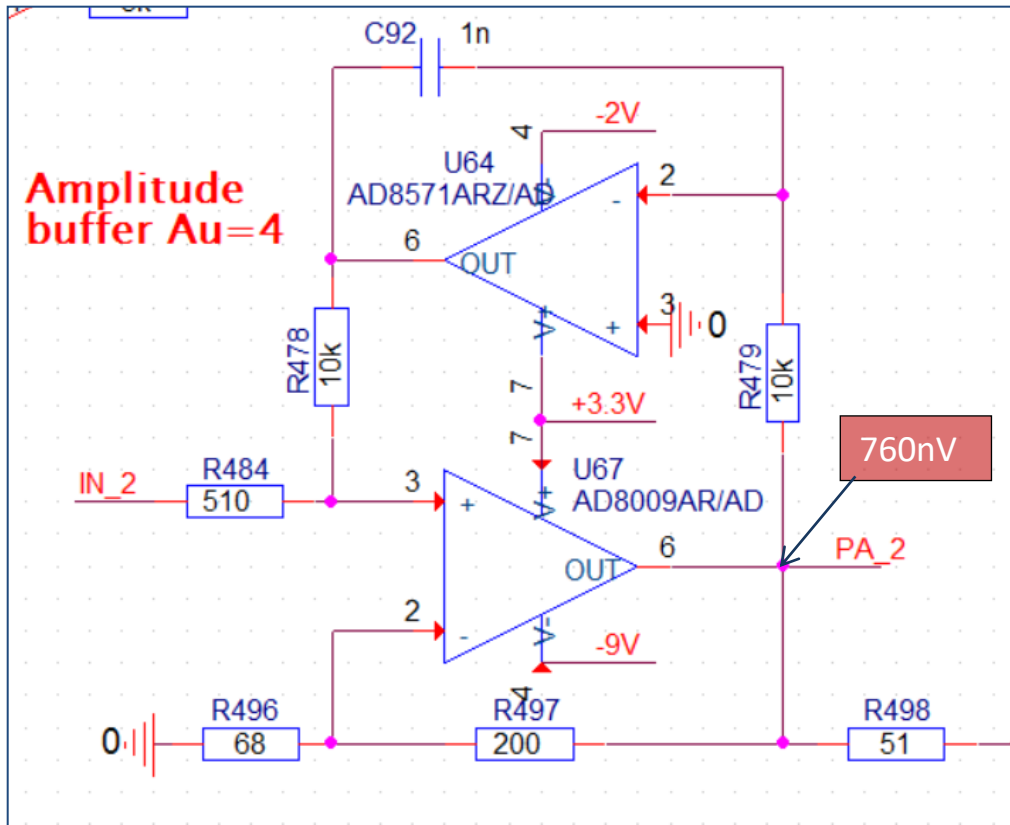


Front-end schematic CFD.

DC cancellation schematic solution.

Offset voltage (base line level) less **1uV**

Temperature drift is **0.005uV/C°**



Zero-Drift, Single-Supply, Rail-to-Rail Input/Output Operational Amplifiers

Data Sheet

AD8571/AD8572/AD8574

FEATURES

- Low offset voltage: 1 μV
- Input offset drift: 0.005 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- Rail-to-rail input and output swing
- 5V/2.7V single-supply operation
- High gain: 145 dB typical
- CMRR: 140 dB typical
- PSRR: 130 dB typical
- Ultralow input bias current: 10 pA typical
- Low supply current: 750 μA per op amp
- Overload recovery time: 50 μs
- No external capacitors required

APPLICATIONS

- Temperature sensors
- Pressure sensors
- Precision current sensing
- Strain gage amplifiers
- Medical instrumentation
- Thermocouple amplifiers

GENERAL DESCRIPTION

This family of amplifiers has ultralow offset, drift, and bias current. The AD8571/AD8572/AD8574¹ are single, dual, and quad amplifiers, respectively, featuring rail-to-rail input and

PIN CONFIGURATIONS

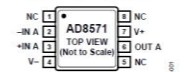


Figure 1. 8-Lead MSOP (RM Suffix)

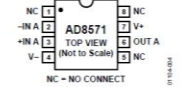


Figure 2. 8-Lead SOIC (R Suffix)



Figure 3. 8-Lead TSSOP (RU Suffix)

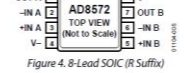


Figure 4. 8-Lead SOIC (R Suffix)



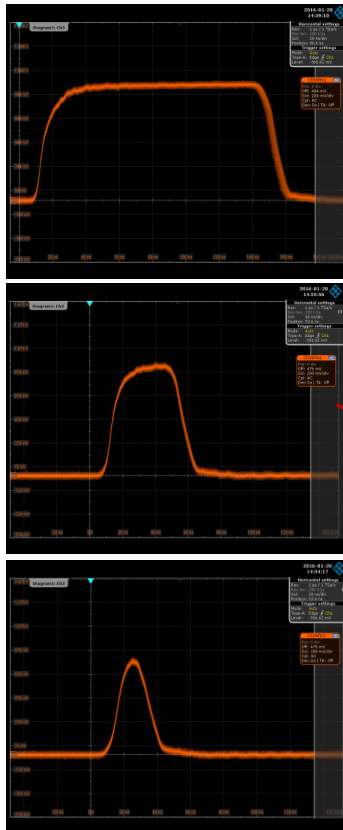


TOT width vs. amplitude and accuracy

HADES TRB TOF AddOn charge vs. width accuracy.

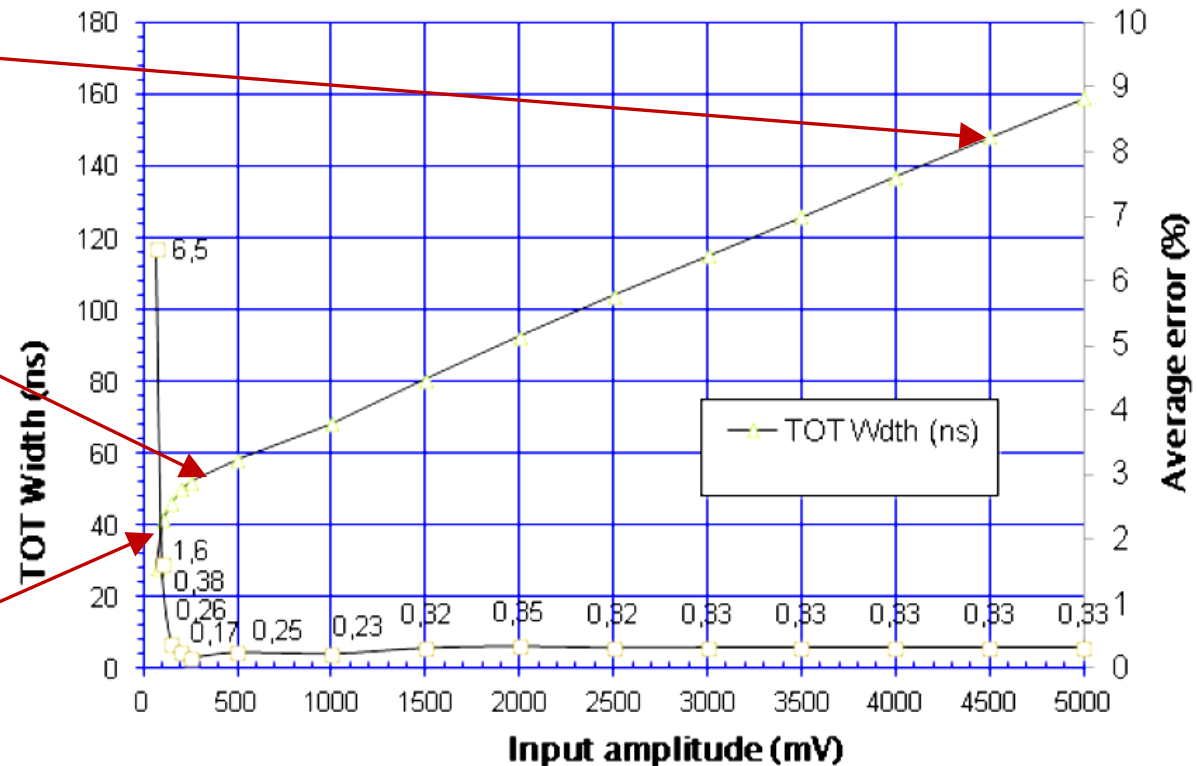
Average error is <0.4% on (2-200)xThreshold range

Shapers probes



TOT Width & Average error vs. Input amplitude

Setup: Generator test, input rise/fall time=5ns, pw=10ns



Заключение.

1. У нас нет чипов для построения системы считывания для реального эксперимента.
2. Есть прототипы FEE для текущих исследований камер возможность их модернизации до требований SPD.
3. На данный момент остро нужны специалисты по работе с TRB3.