

Точностные характеристики ТОТ (Time Over Threshold) метода измерения зарядов.

Евгений Усенко, ИЯИ РАН.

ТОТ метод, введение в проблему.

1. Общее описание метода преобразования заряда во временной интервал Q–T.
2. Ошибки неоднозначности преобразования Q–T.
3. Ограничение диапазона измеряемых величин.
4. Систематическая ошибка Q–T преобразования.
5. Применение Функции Приподнятого Косинуса (ФПК) для преодоления ошибок ТОТ метода.

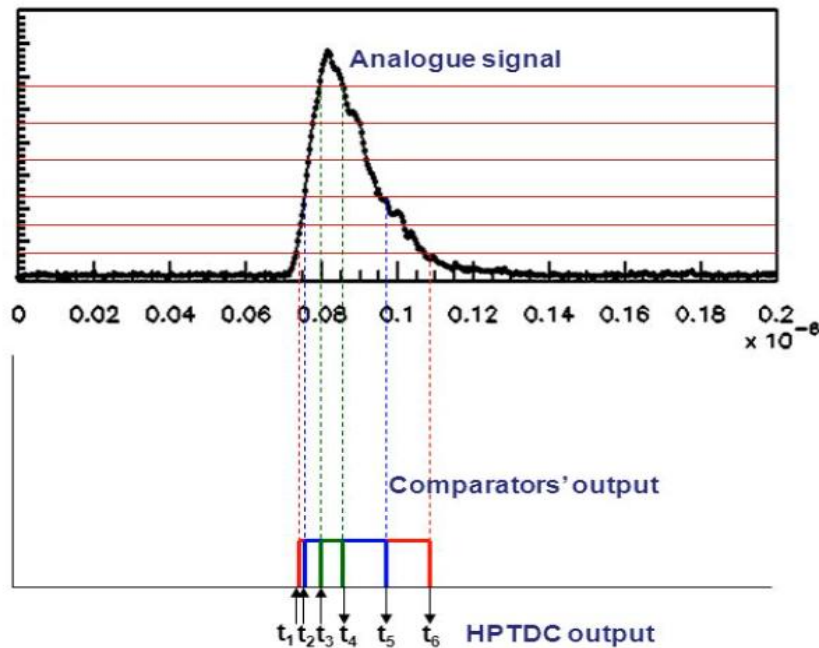
ТОТ метод – графическая интерпретация.

ТОТ метод предназначен решать задачу снижения издержек многоканальной считывающей электроники. Он позволяет снизить:

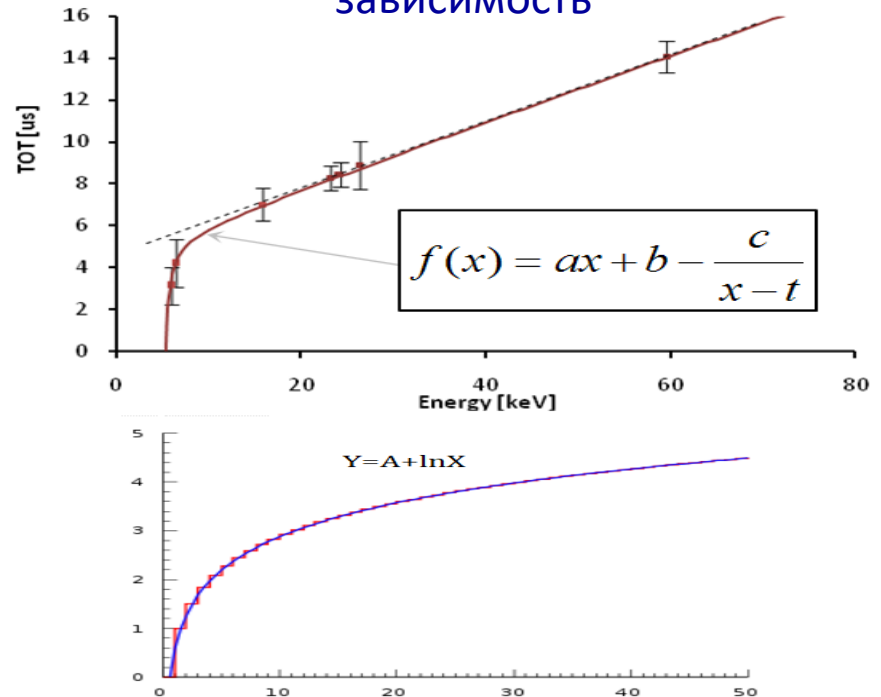
- энергопотребление,
- габариты,
- стоимость.

Однако, в процессе прямого преобразования исходного детекторного импульса происходят искажения.

Преобразование импульса во временной интервал



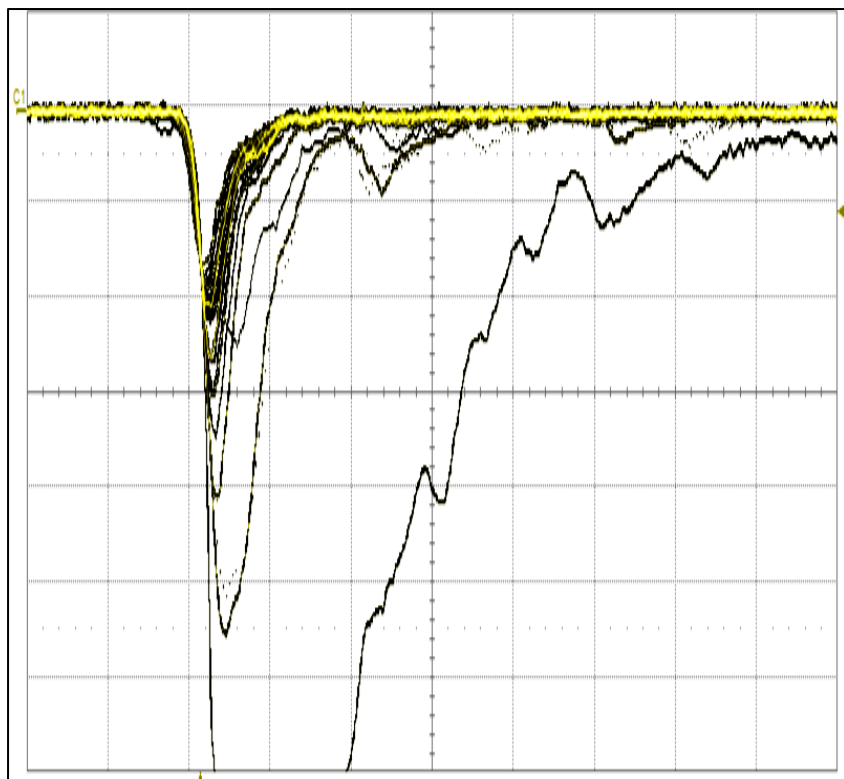
Формализованная ТОТ зависимость



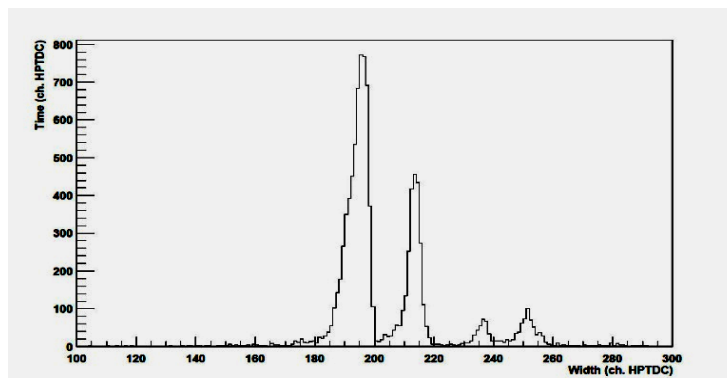
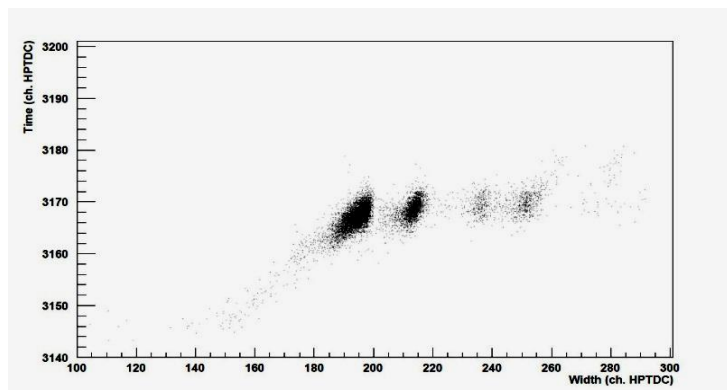
Пример прямого ТОТ преобразования входного импульса. Неоднозначность Q–T зависимости.

Искажения формы детекторных импульсов – основная причина неоднозначности ТОТ преобразования, приводящая к расколам зарядового спектра, резко ограничивающая точность измерения.

Сигнальный спектр ФЭУ



Соответственно двумерный плот Width(T) и временная гистограмма.



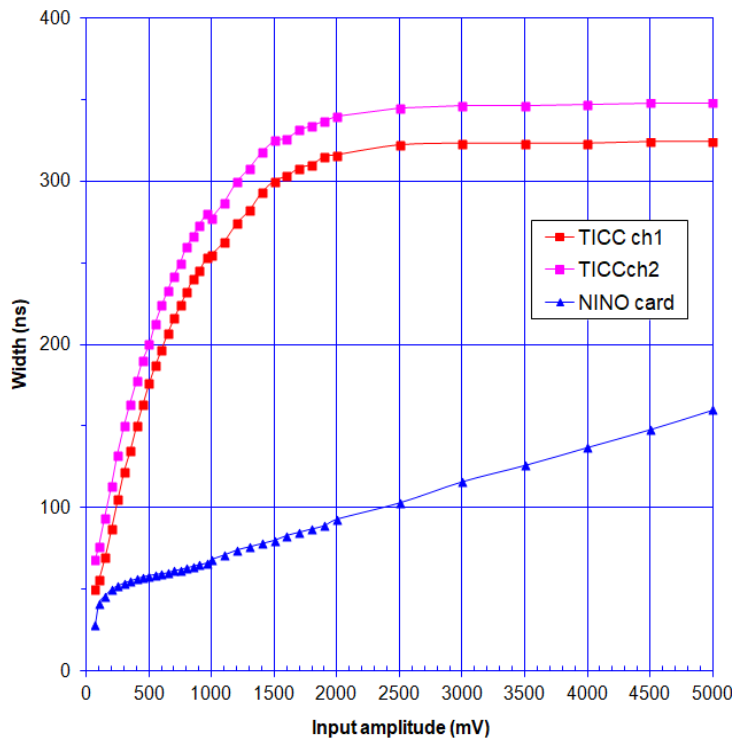
Интегрирование. Ограничение амплитудного диапазона и рост систематической ошибки.

Интегрирование детекторных импульсов – основной метод избавления от неоднозначности ТОТ преобразования, однако, это приводит к новым проблемам:

- Ограничению амплитудного диапазона,
- Росту систематической ошибки.

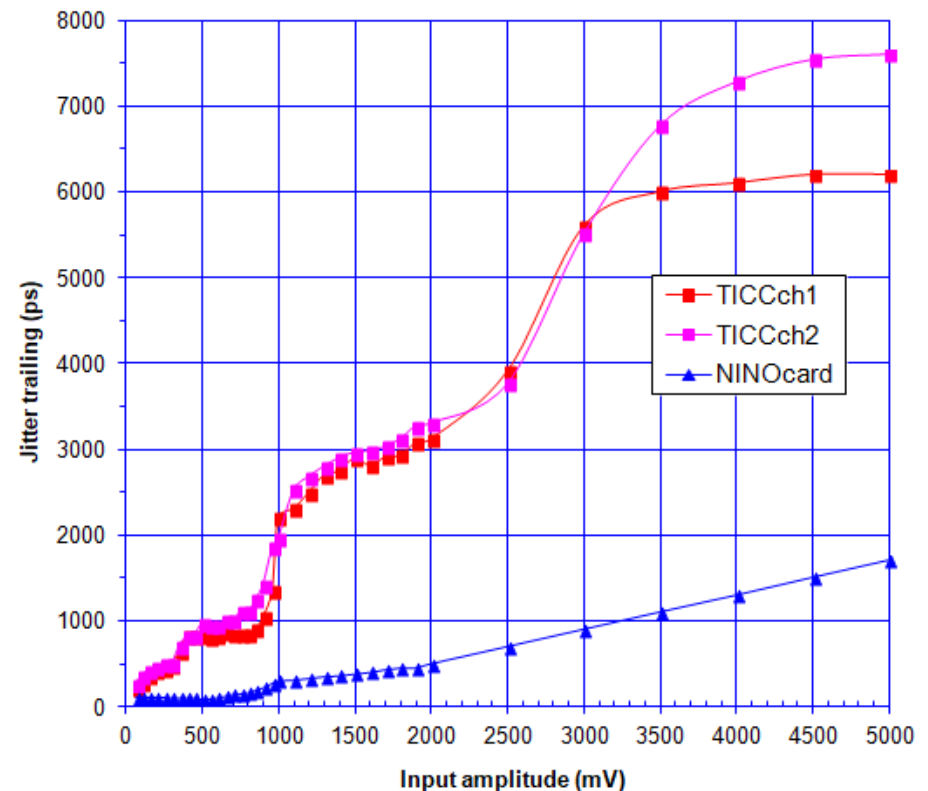
Width vs. Input amplitude

Setup: Uthr=70mV, Input rise/fall time=5ns, pw=8ns



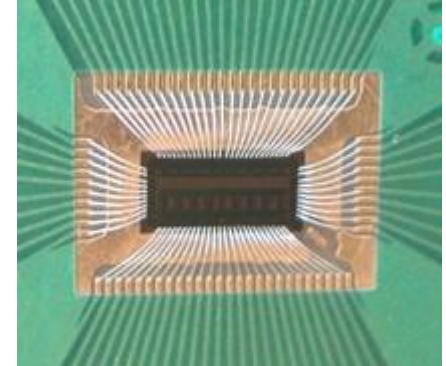
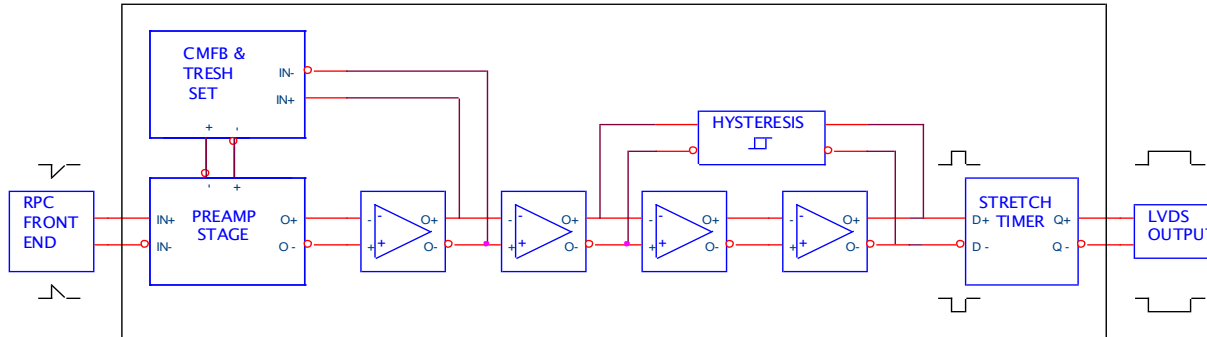
Jitter Width vs. Q

Setup: Uthr=70mV, Input rise/fall time=5ns, pw=8ns



NINO ASIC for ALICE TOF specifications.

NINO ASIC is a first special design for TOT method

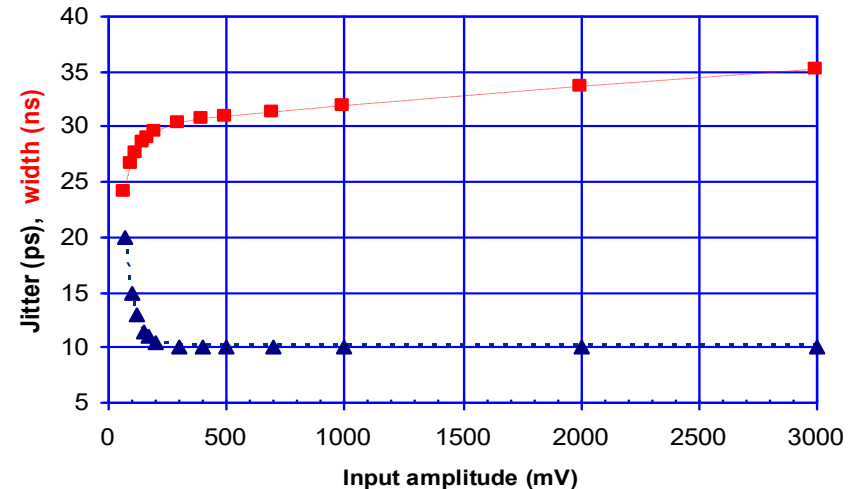


NINO ASIC electronic channel main specs:

- <1ns peaking time
- ~ 10ps time jitter
- 1-6ns TOT width
- input resistance matching from 40 to 75 Ohm
- stretch time expanding
- differential input-output structure
- hysteresis setting

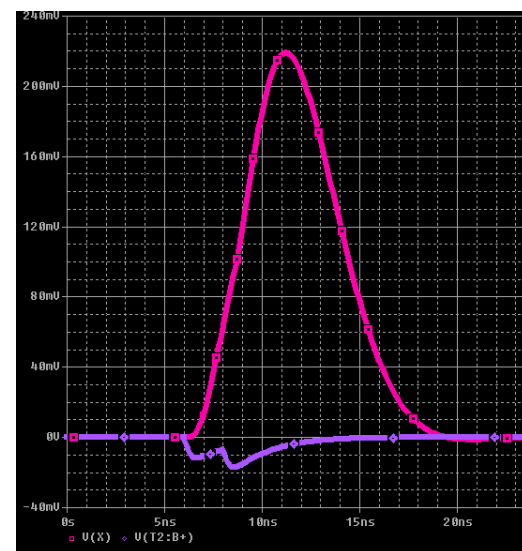
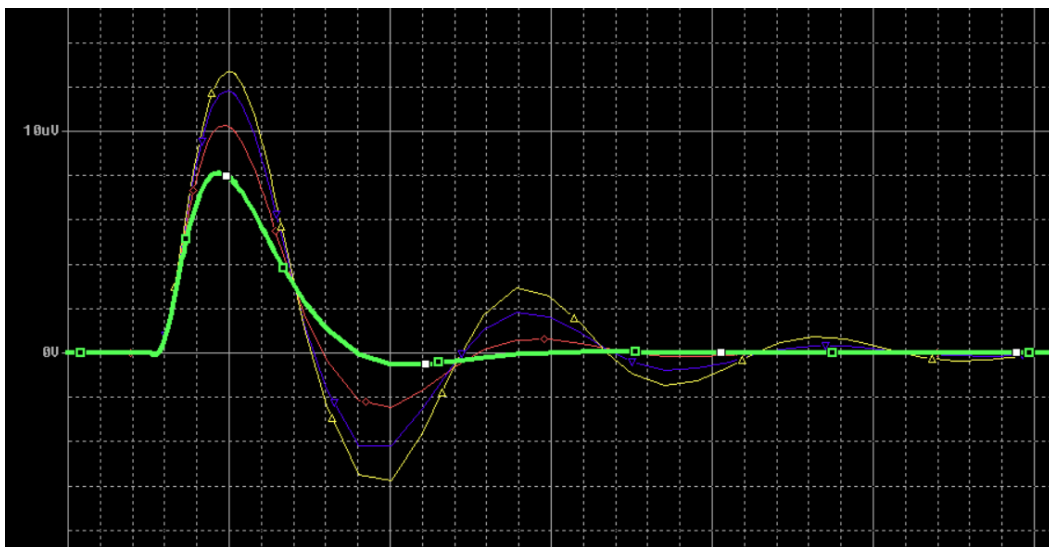
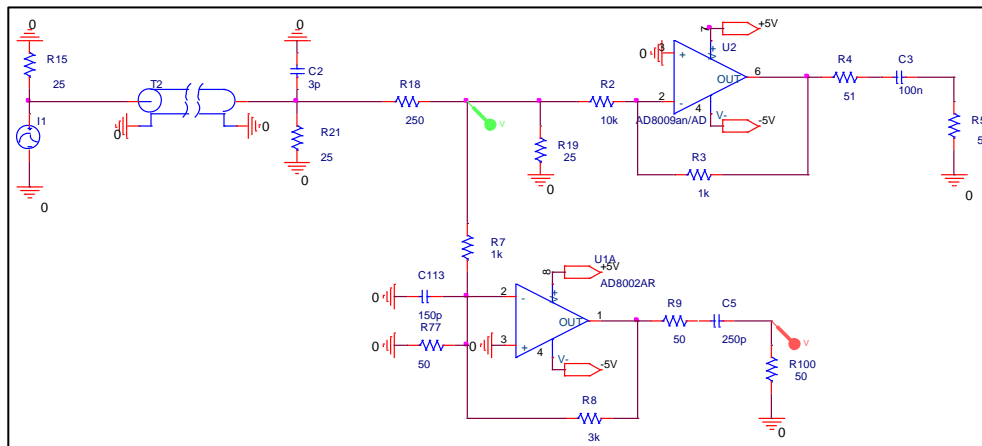
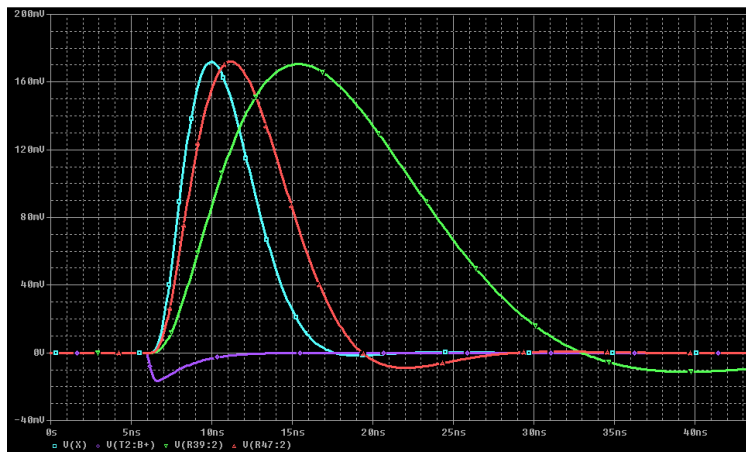
Jitter & width of NINO-chip vs. Input amplitude

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



Формирователь аналогового импульса на основе Функции Приподнятого Косинуса (ФПК).

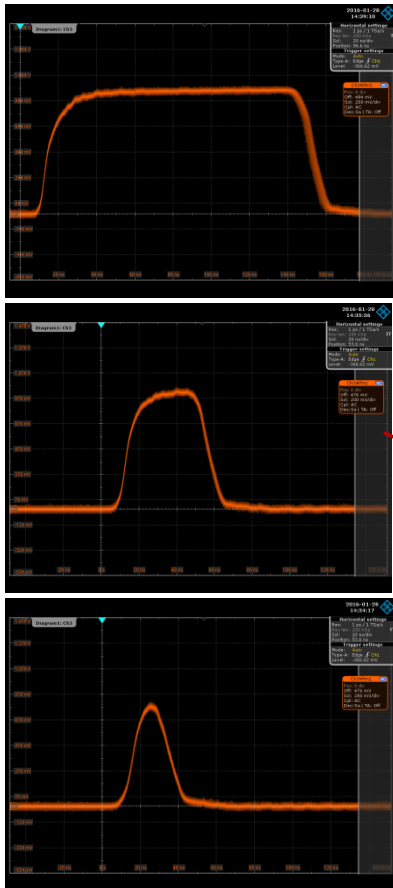
PSPICE simulation.



TOT width & accuracy vs. charge.

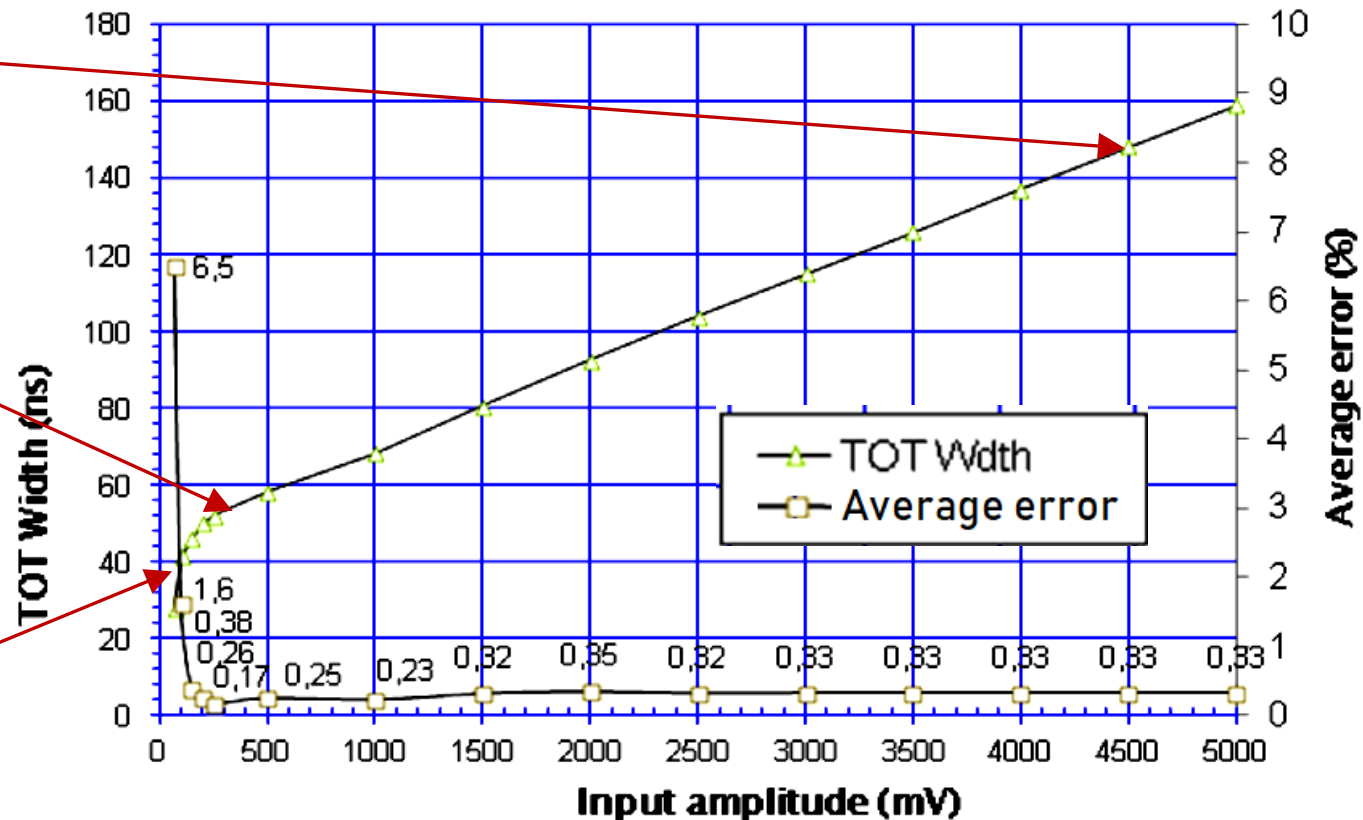
PMT HADES version of TRB TOF AddOn charge vs. width accuracy for example.

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



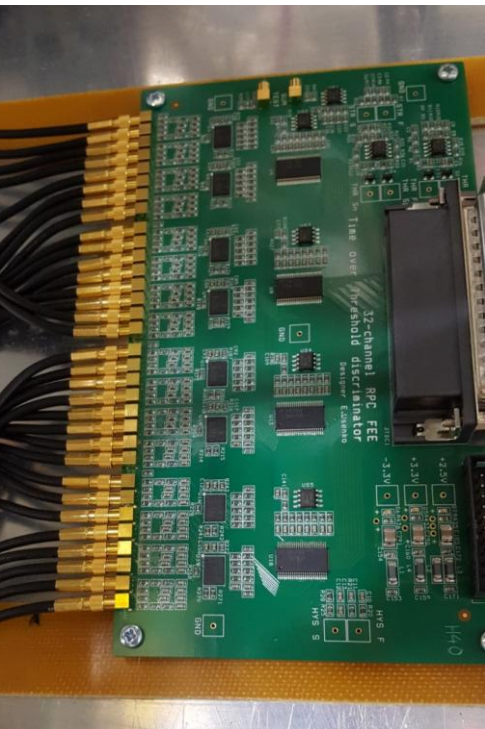
TOT Width & Average error vs. Input amplitude

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

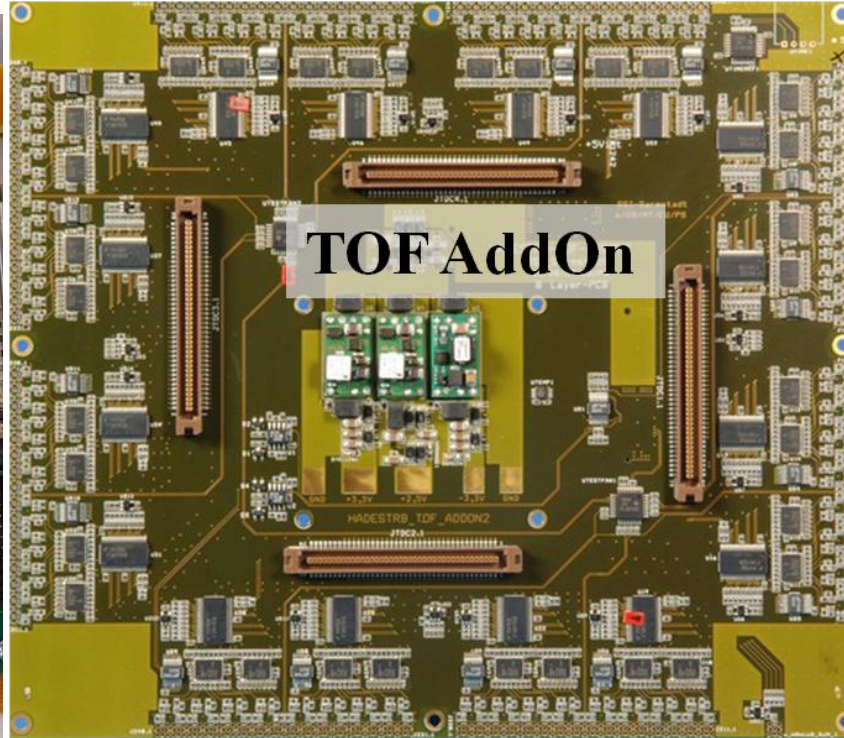


Электроника TOT метода измерения заряда в различных экспериментах.

32-канальный FEE + TOT модуль в эксперименте BM&N ОИЯИ.



128-канальный FEE + TOT модуль в эксперименте HADES GSI, Darmstadt.



8-канальный исследовательский модуль TOT дискриминаторов. Позволяет исследовать свойства TOT метода в применении с различными детекторами.



Выводы.

1. Недостатки ТОТ метода могут быть преодолены, а ошибки снижены до уровня 0,3%, но это требует применения сложных аналоговых методов:

- интегрирование с оптимальной фильтрацией по Найквисту (Функция Приподнятого Косинуса),
- метода сохранения заряда при клампировании импульса.

1. Применение сложных аналоговых методов требует исполнения в виде специализированной интегральной схемы.

Такая разработка сейчас ведется для эксперимента SPD NICA ОИЯИ в кооперации ОИЯИ-ИЯИ РАН-ИФАНБел.