

MOnitor for Neutron Dose in hadrOntherapy

24 Marzo 2015



1.0 MILESTONS

- 30 Giugno 2015 - Verifica calcolo dell'efficienza attesa
- 30 Giugno 2015 - Verifica accoppiamento GEM con sensori CMOS
- 31 Dicembre 2015 - Verifica software di ricostruzione
- 31 Dicembre 2015 - Realizzazione GEM + fotocatodo

1.1 SOLDI SPESI

Missioni:

- Workshop CERN (256 euro) => ad aprile richiedo a G5 se paga lui
- Varenna di Antek (600 euro?)

Consumo:

- 45 euro di PVC

MONDO Design

2.1 Plastic Scintillator

- $5 \times 5 \times 10 \text{ cm}^3$;
- scintillating fibres $250 \mu\text{m}$;
- 200 squared fibres per layer;
- 400 layers;

2.2 Image Intensifier

- Triple GEM

2.3 Read Out

- CMOS

2.0) SIMULAZIONE

- La simulazione “di Silvia” va rivista pesantemente. Alcune cose in particolare vanno controllate subito:
 - selezione degli eventi (sia protone primario che secondario) => ATT: non c'è nessuna protezione sugli eventi con protoni multipli;
 - fit alle tracce;
 - richiesta sul numero minimo di fibre accese;
 - selezione eventi GOLDEN;
- Bisognerà provare a mettere dentro la ricostruzione del neutrone.. lungo e complicato.. forza lavoro?
- La sezione d'urto dei neutroni nelle fibre è nota?=> come ci misuriamo/calcoliamo efficienza del rivelatore?

2.1) FIBRE

- La ditta che farebbe la meccanica potrebbe iniziare a lavorare quest'estate. Abbiamo due preventivi:
 - automatica sofisticata ~14 keuro (non serve uno che "fila" ma basta qualcuno che la guarda mentre fila da sola)
 - da battaglia ~10 keuro (ma poi bisogna fare le cose "a mano".. se vuoi un omino che viene capace che costa come quella di prima)
- Dobbiamo assemblare qualche fibra per fare i primi test.. quanti fotoni escono per esempio?.. e poi lavorare con il prototipo di FBK (vedi 3.0)
- Quante fibre? facciamo fare un incollaggio a marco? Oppure prendiamo fibre più spesse (tipo da 1 mm) e poi facciamo $\#ph/4$?
- Potremmo pure pensare ad un test con il led.. forse all'inizio è ancora più facile per capire quant'è il loro segnale minimo.. (S/B)

2.2) GEM

- Abbiamo avuto accesso alla camera pulita di Roma 1;
- Montata la prima GEM e black-box in preparazione;
- La bombola Ar/CO₂/CF₄ 45/15/40 è ancora piena per un 1/3 LNF). Iniziamo con quella almeno sappiamo che deve uscire;
- Ancora prima la flussiamo al Segrè così non sprechiamo gas..

2.2.2) PHOTOCATHODE

- RD51 vuole lavorare con noi per lo studio di un photocathodo bi-alkali (o simile CsSb) e per la lettura ottica (misure nei prossimi mesi): Breskin e Pescov saranno contattati
- Quando avremo studiato il problema (possibbbile, non è possibbbile, è impossibbbile) decideremo se vale la pena andare avanti per questa strada;

2.3) READOUT

- Visita ad FBK: hanno realizzato un 8 x 16 (anche 16 x 16) readout con matrici di SPAD;
- Sono potenzialmente interessati ad uno sviluppo toonato su quello che ci serve;

IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 49, NO. 1, JANUARY 2014

301

A Fully Digital 8 × 16 SiPM Array for PET Applications With Per-Pixel TDCs and Real-Time Energy Output

Leo H. C. Braga, *Student Member, IEEE*, Leonardo Gasparini, *Member, IEEE*, Lindsay Grant, *Member, IEEE*, Robert K. Henderson, *Member, IEEE*, Nicola Massari, *Member, IEEE*, Matteo Perenzoni, *Member, IEEE*, David Stoppa, *Senior Member, IEEE*, and Richard Walker, *Member, IEEE*

Abstract - An 8 × 16 pixel array based on CMOS small-area silicon photomultipliers (mini-SiPMs) detectors for PET applications is reported. Each pixel is 570 × 610 μm in size and contains four digital mini-SiPMs, for a total of 720 SPADs, resulting in a full chip fill-factor of 35.7%. For each gamma detection, the pixel provides the total detected energy and a timestamp, obtained through two 7-b counters and two 12-b 64-ps TDCs. An adder tree overlaid on top of the pixel array sums the sensor total counts at up to 100 Msamples/s, which are then used for detecting the asynchronous gamma events on-chip, while also being output in real-time. Characterization of gamma detection performance with an 3 × 3 × 5 mm LYSO scintillator at 20 gamma energy resolution of 10.9% and a coincidence timing resolution of 399 ps.

2.3) READOUT

- Pixel da 600 μm (già suddivisi in 4 pixel da 300 μm);
- La matrice si auto-triggera in modo intelligente selezionando come eventi quelli che "illuminano" un certo numero di SPAD;

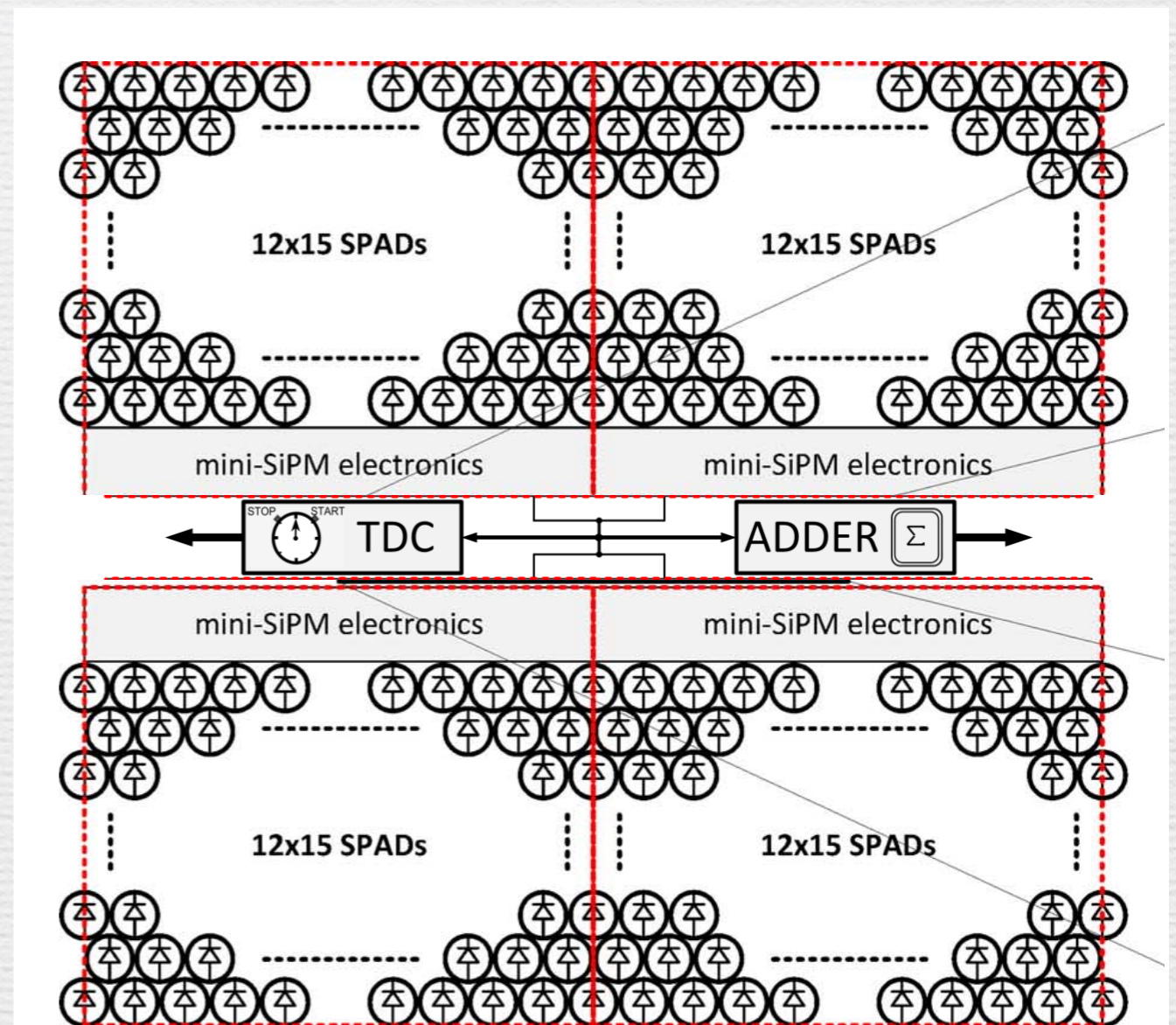
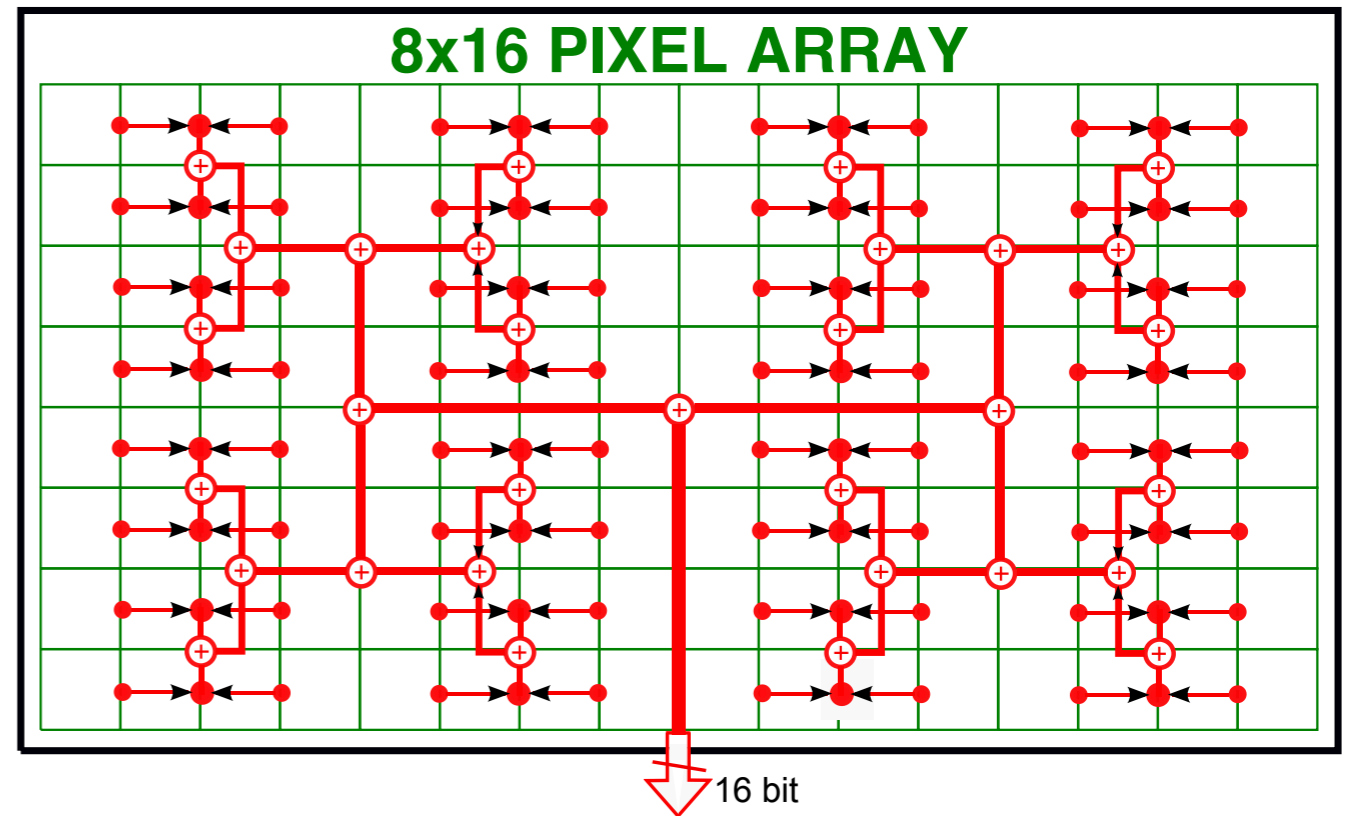


Fig. 4. Pixel block diagram with DAMAC simplified schematic.

2.3) READOUT

Photons are counted in time bins
discrete derivative

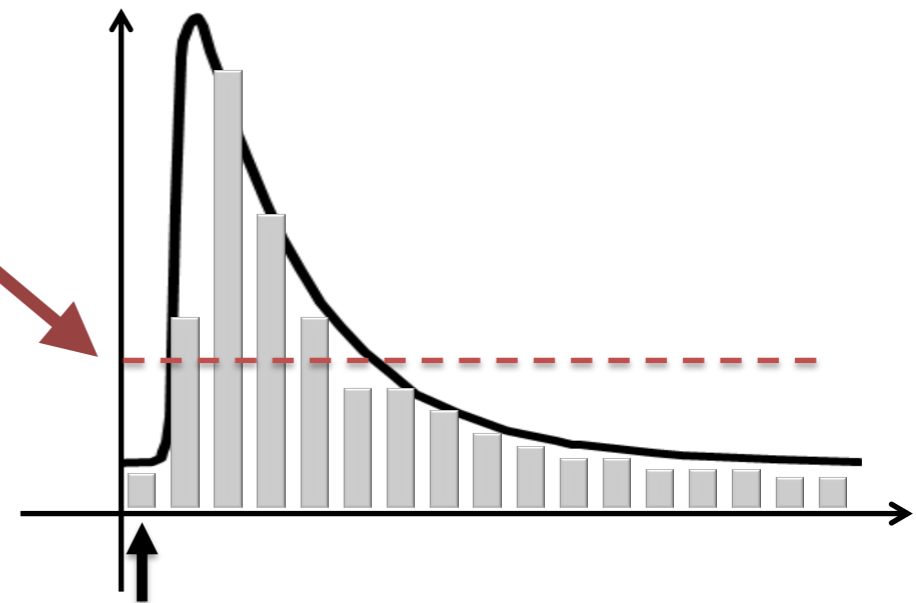
⇒



discriminator

Discrimination and exposure control

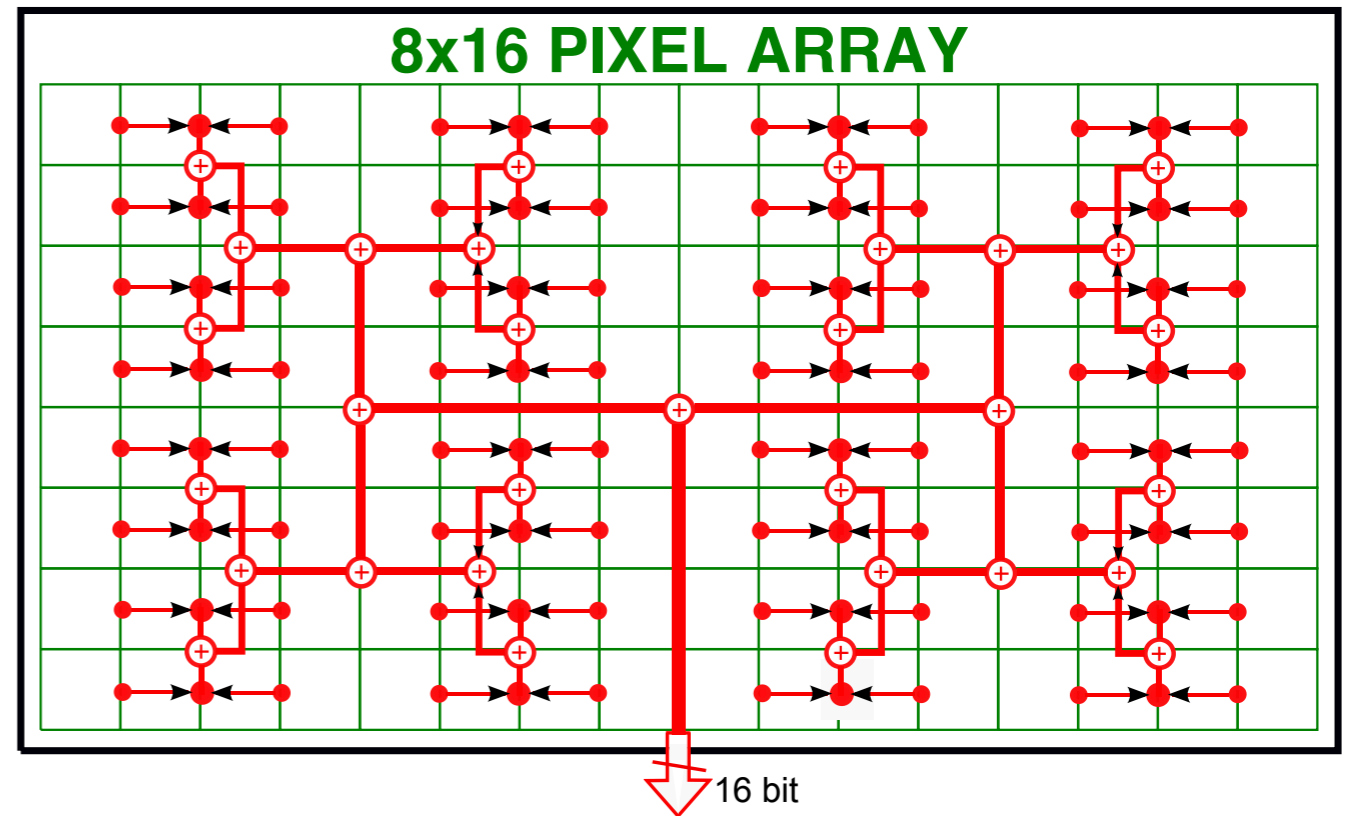
- Top-level sensor time diagram



2.3) READOUT

Photons are counted in time bins
discrete derivative

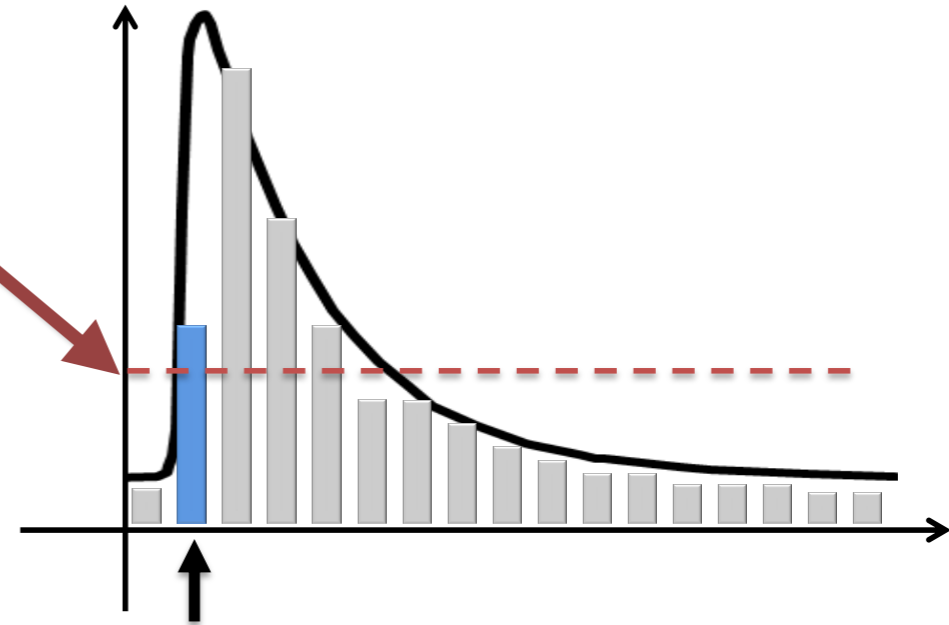
⇒



discriminator

Discrimination and exposure control

- Top-level sensor time diagram

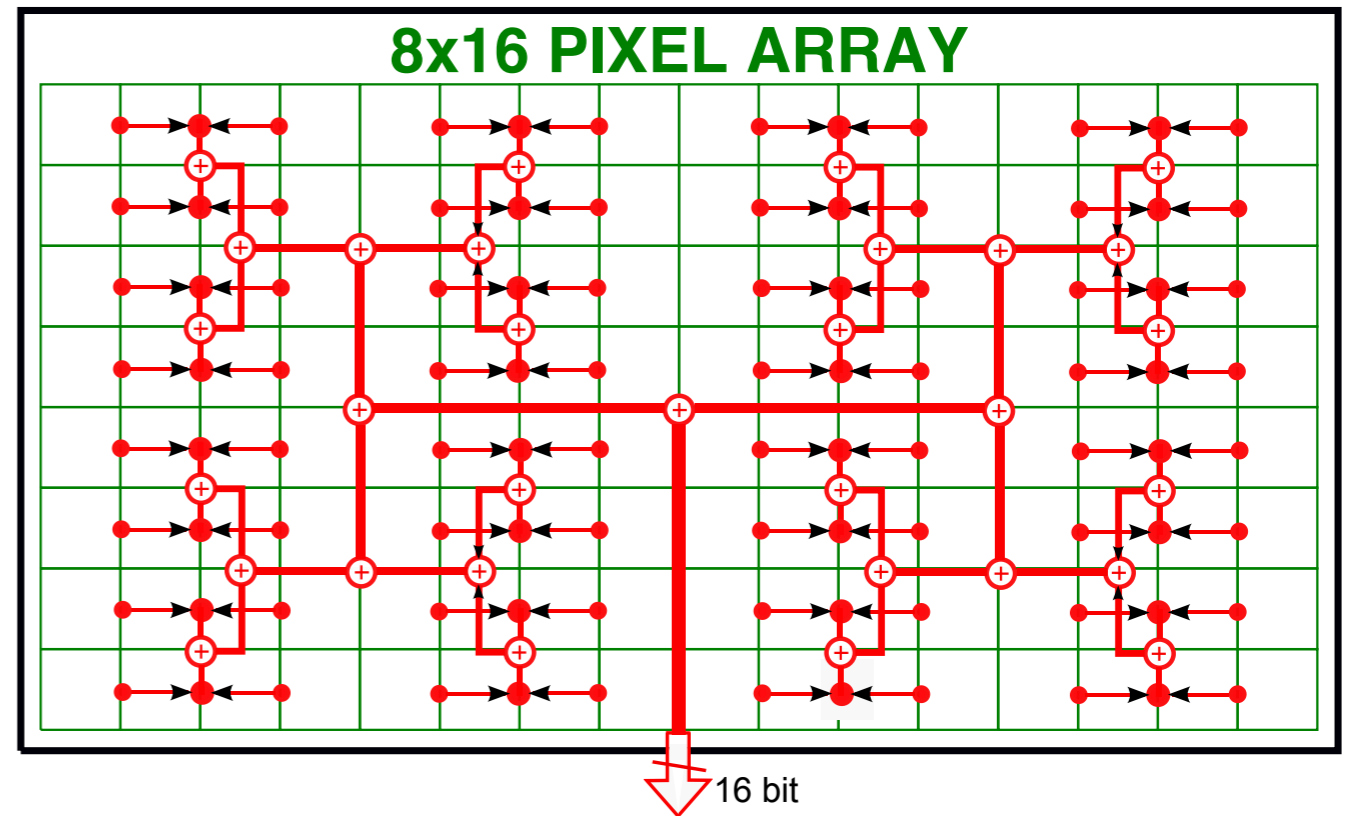


Exposure starts at threshold crossing

2.3) READOUT

Photons are counted in time bins
discrete derivative

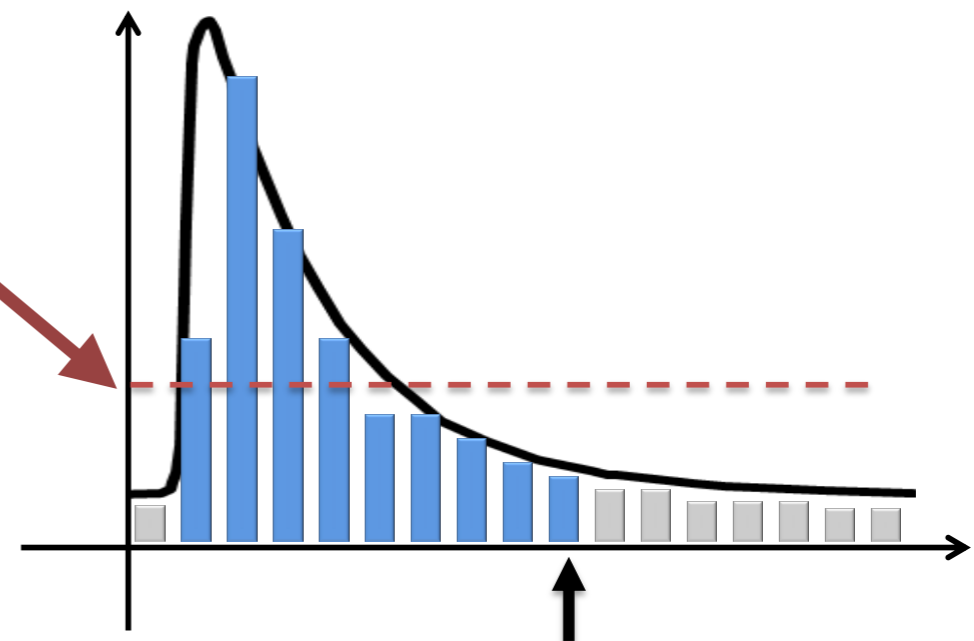
⇒



discriminator

Discrimination and exposure control

- Top-level sensor time diagram



Integration time is externally configurable

2.3) READOUT

- Pixel da 600 μm (già sottodivisi in 4 pixel da 300 μm);
- La matrice si auto-triggera in modo intelligente selezionando come eventi quelli che "illuminano" un certo numero di SPAD;

Potremmo leggere direttamente le fibre senza intensificatore di immagine!!!!

- L'oggetto è stato pensato da mettere su un LYSO, quindi molta luce. Il segnale di una fibra però dovrebbe essere sopra il rumore di fondo (~ 20 ph. per 150 keV di protone);

Sensor			
Process technology	CMOS 1P4M 0.13 μm Imaging	Maximum clock frequency	100MHz
Array Size	8 \times 16 pixels	Output data rate	1.6Gb/s
In-pixel photodetectors	4 mini-SiPMs of 180 16.27 μm SPADs each	Chip size	9.85 \times 5.452 mm ²
Array fill factor	42.6%	Supply voltage	3.3V for digital 1.2V for core
Pixel pitch	610.5 \times 571.2 μm^2	Chip power consumption	200 mW (dark) 300 mW (light)

- La risoluzione temporale è ~ 200 ps.. (non so se per pixel?) quindi si possono pensare anche modi più furbi di estrarre l'energia cinetica del protone;

2.3) READOUT

- Pixel da 600 μm (già suddivisi in 4 pixel da 300 μm);
- La matrice si auto-triggera in modo intelligente selezionando come eventi quelli che "illuminano" un certo numero di SPAD;

Potremmo leggere direttamente le fibre senza intensificatore di immagine!!!!

TDC			
TDC range (12b)	261.59ns	TDC DNL (50 ns range)	-0.24 ... +0.28LSB
TDC resolution (1 LSB)	64.56ps	TDCs spatial uniformity (σ across a chip)	0.81ps
TDC INL (50 ns range)	-3.9 ... +2.3LSB	TDC current consumption (for a single running TDC)	0.79mA
SPAD (@ 1.5V excess bias)			
Jitter (incl. 70 ps laser)	171 ps (142 ps @ 3V)	Peak PDP	45%
Median DCR	13.7 kHz	Average DCR	42.1 kHz
System jitter			
Single photon, average of all pixels jitter	266 ps ($\sigma = 16$ ps)		

- La risoluzione temporale è ~200 ps.. (non so se per pixel?) quindi si possono pensare anche modi più furbi di estrarre l'energia cinetica del protone;

2.3) READOUT

^{22}Na
source

Gamma detection performance (using $3\times 3\times 5\text{ mm}^3$ LYSO scintillator, @ 20°C)

511 keV peak energy resolution	10.9%
Compression loss with 511 keV gammas	$\sim 10\%$
CRT (using 7 timestamps w/ estimator in [22])	399 ps

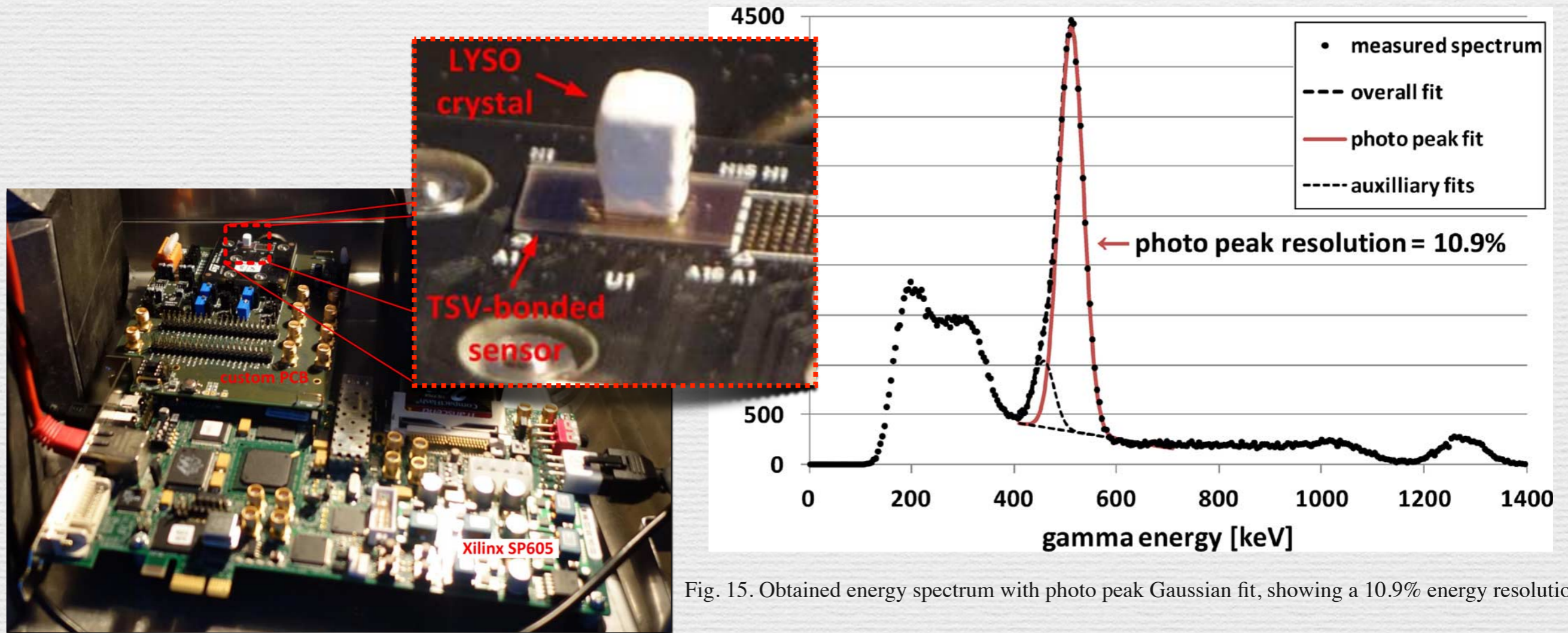


Fig. 15. Obtained energy spectrum with photo peak Gaussian fit, showing a 10.9% energy resolution.

2.3) READOUT

- FBK ci presterebbe il prototipo (8 x 16) e il postdoc che lo sa usare per qualche tempo in modo da poter fare dei test con delle fibre e capire se abbiamo abbastanza luce..
- Dobbiamo poi, conseguentemente alle misure, decidere come procedere.
 - ▶ facciamo partire un progetto con loro? I soldi necessari sono qualcosa tra i 150 e i 300 keuro.. considerando che nei progetti con l'INFN in realtà ci sono delle cose che si pagano a metà..
 - ▶ la scala dei tempi cmq è lunga.. sarebbe meglio partire subito.. se decidiamo/scopriamo/confermiamo che è una buona idea..
 - ▶ forse gruppi come quello di Giusy sono interessati allo sviluppo di questo tipo di readout.. vogliamo chiederglielo (dopo le misure ovviamente)?