

Adriano Lai
INFN Cagliari

CdS Preventivi

Cagliari 5 Luglio 2024

1. Il progetto **IGNITE**
2. 4D-Tracking e fisica ad alta intensità: **LHCb-U2**
3. Obiettivi e Stato delle attività ad oggi
4. Programma 2025
5. Preventivi 2025

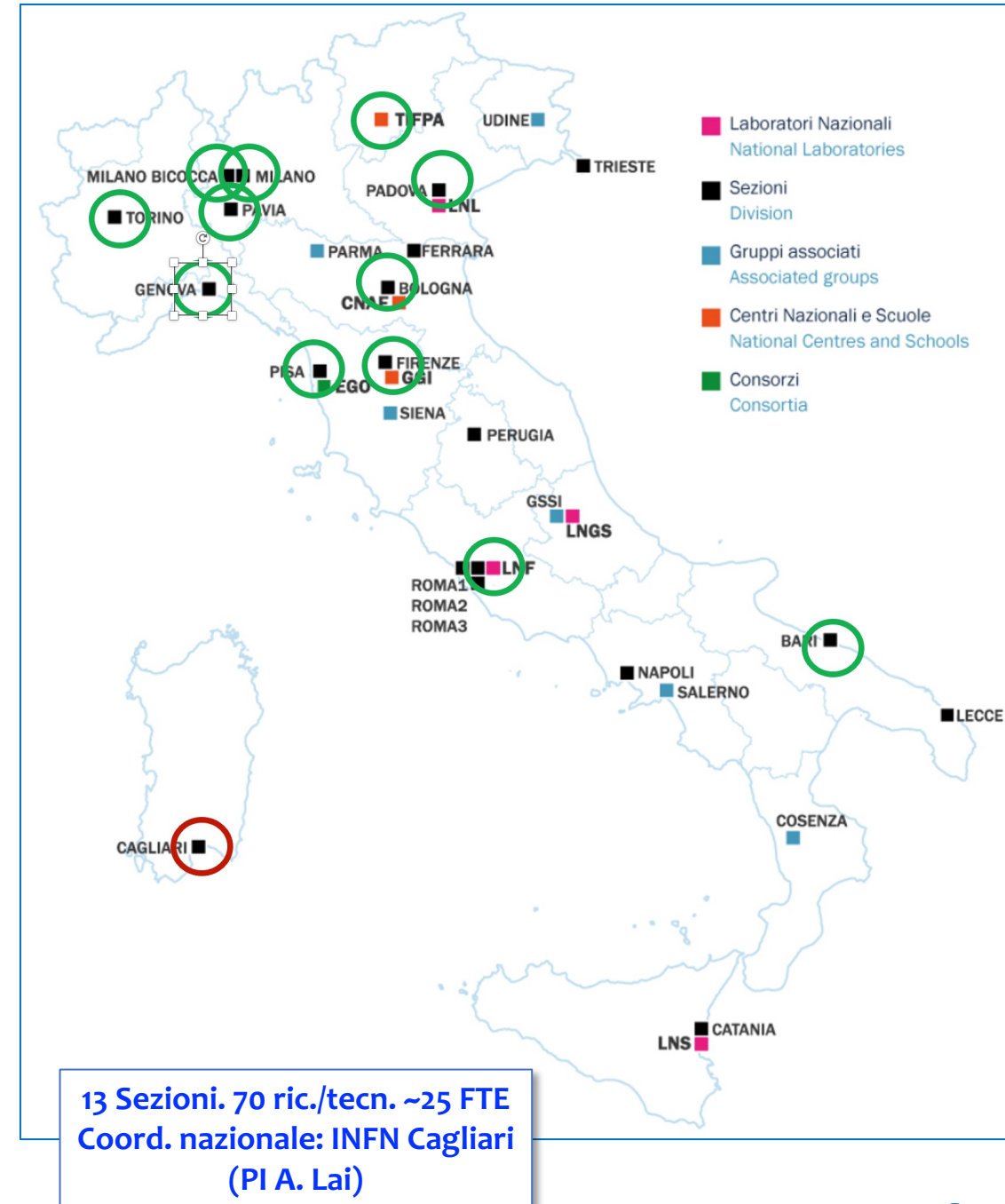
Obiettivi e risorse

1. Portare a maturazione i risultati degli ultimi ~5 anni in progetti di R&D (CSN5) su **sensori ed elettronica** verso un loro effettivo utilizzo in fisica sperimentale, in particolare per quanto riguarda il **4D-Tracking**
→ sviluppo di un dimostratore completo per un tacciatore 4D, soddisfacente le prestazioni richieste
2. Compiere l'obiettivo 1 attraverso la costruzione ed il funzionamento di una **rete di competenza nazionale trans-esperimento**, specialmente riguardo alla microelettronica
3. Essere un polo ed un **contesto attrattivo per giovani ricercatori e tecnologi** sia rispetto agli aspetti formativi, sia rispetto al loro inserimento nel corpo INFN (contratti)

4 anni di attività: 2023–26 + 1 possibile anno di estensione a budget fissato. **Finanziamento GE fuori bilancio diretto in CSN1.**

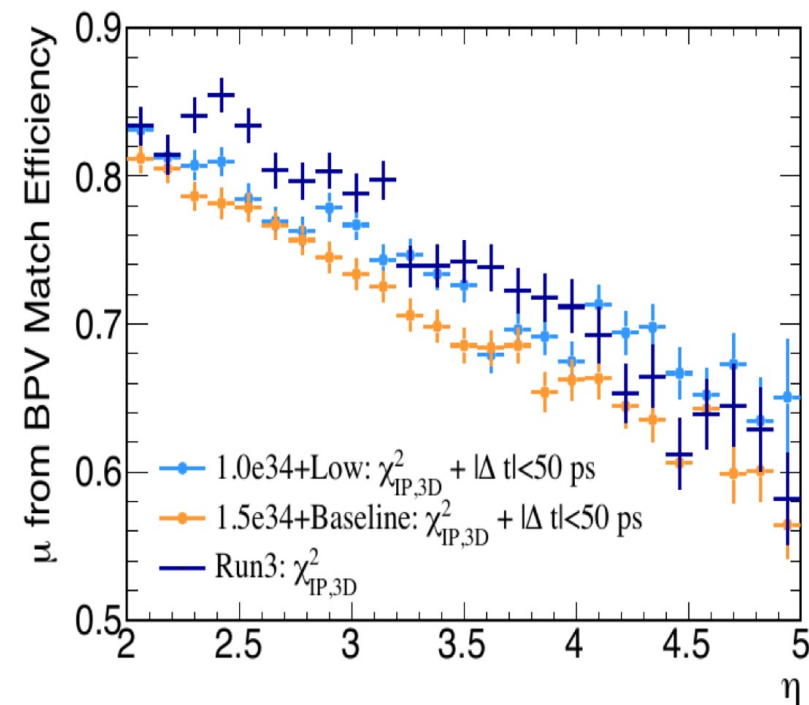
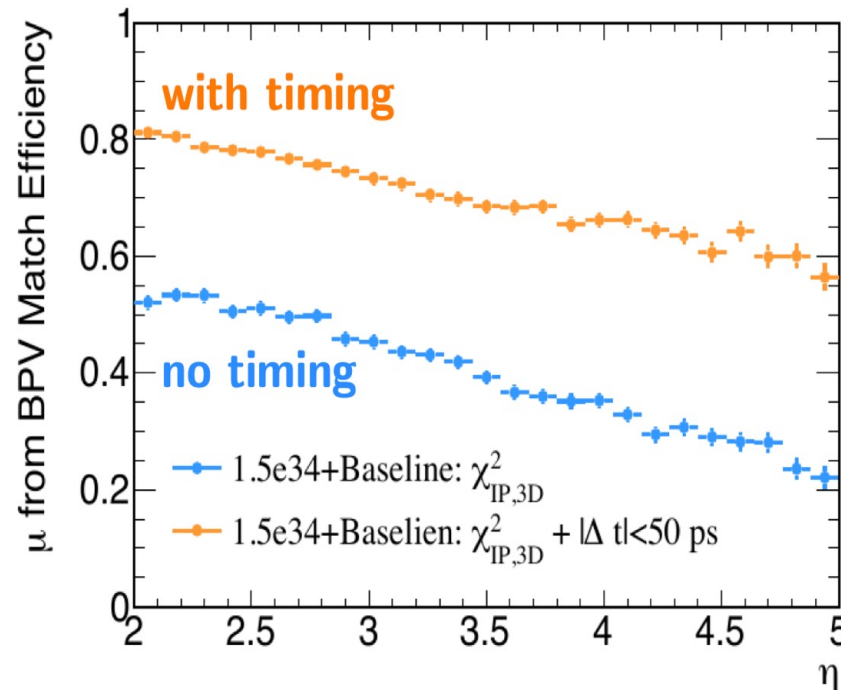
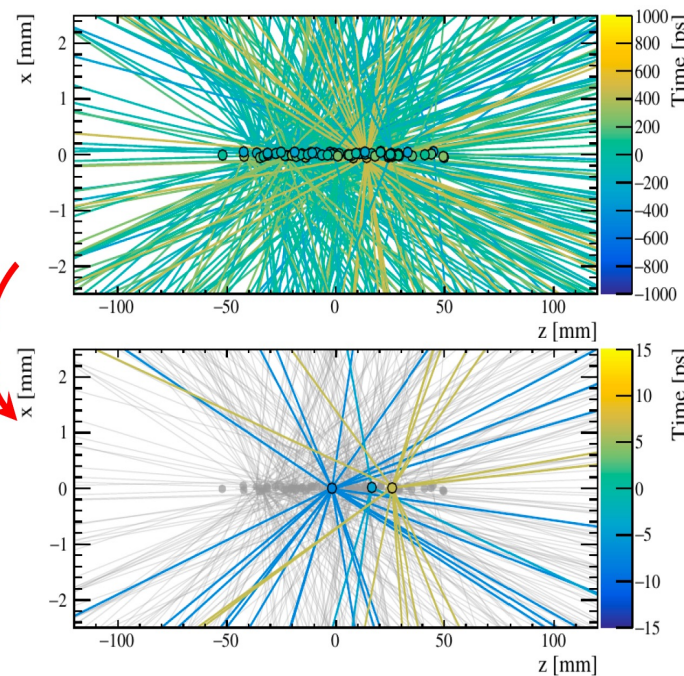
Budget:

- 300 k€ per anno = 1.2 M€ totali
- + 1.2 M€ per Engineering run
- + 120 k€ in contratti di ricerca
- + borse di dottorato tematiche in caso di giovani interessati e meritevoli (2 nel 2023, 2 nel 2024 ...).



4D-tracking molto in breve

Timing window 30 ps



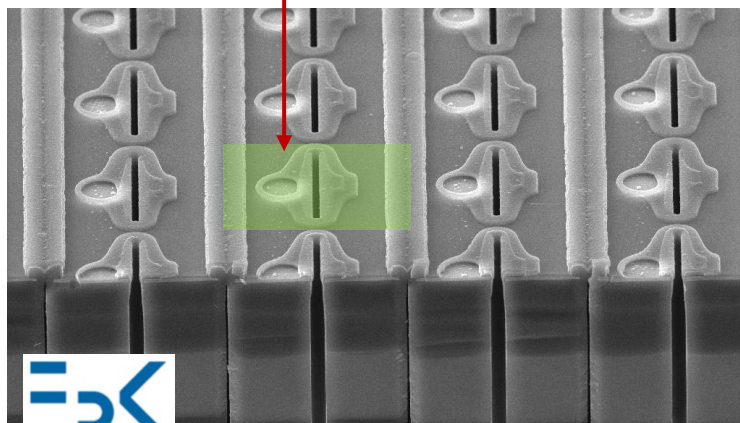
- Using $B^+ \rightarrow J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^- K^+$ U2 MC, cuts $p_T(\mu) > 0.5 \text{ GeV}$, $p(\mu) > 2 \text{ GeV}$
- matching μ to PV using $\chi^2_{\text{IP},3\text{D}}$ or $\chi^2_{\text{IP},3\text{D}} + |\Delta t| < 50 \text{ ps}$
- Matching fraction of best PV corresponding to true PV: **timing is critical in U2**
- **With timing PV matching, performance is comparable to Run 3**



Choice on sensors

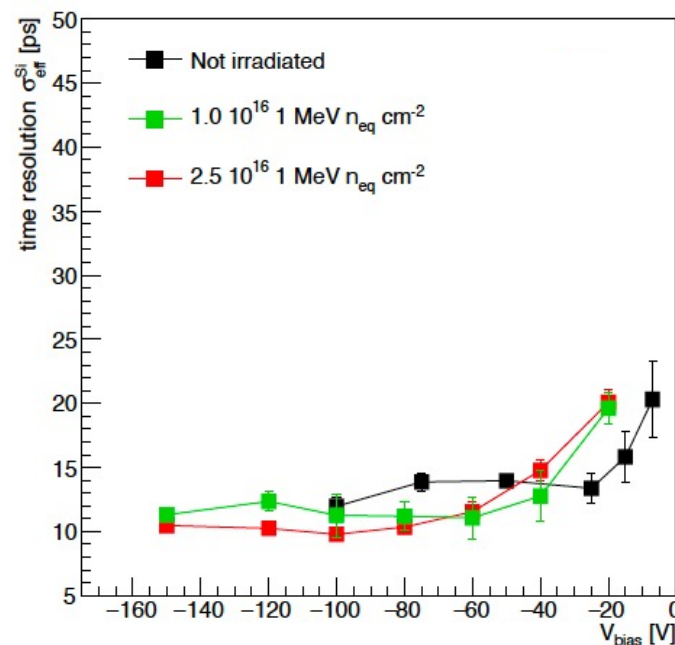
TimeSPOT 3D silicon sensors

TimeSPOT pixel
(size $55 \times 55 \times 150 \mu\text{m}^3$)
~2 fC MPV

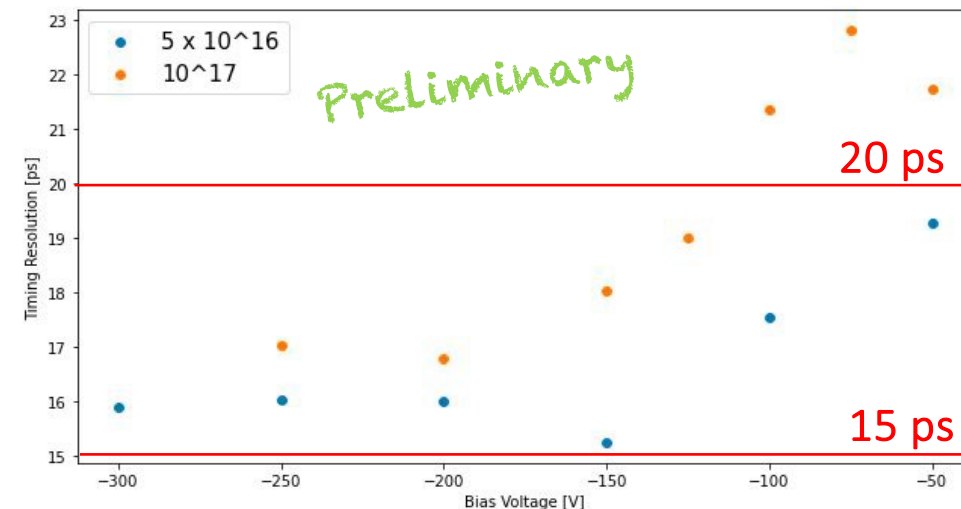


Trench electrodes:
SEM image from TimeSPOT
production batch#2 (Dec 2020)

1. Unmatched time resolution (~10 ps with fast electronics)
2. Unmatched radiation resistance (operation proved up to 10^{17} n/cm^2)
3. Some issues on production process (yield) pose the need for further R&D batches
4. Probable switch towards column-based geometries (ongoing R&D)



Time resolution of single pixels as
a function of the bias voltage for
different irradiation fluences.
Not irradiated @RT, Irradiated @ $< -20^\circ\text{C}$ [1]



Timing resolution as a function of VBIAS for sensors
irradiated at 5×10^{16} and 10^{17} n/cm^2
Preliminary results from May 2024 test-beam

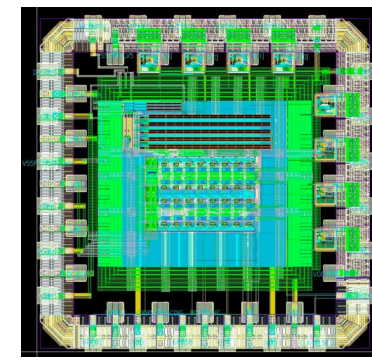
INFN has gained a leading role in 3D silicon sensors
Strategic collaboration with FBK-Trento

[1] for details: Characterisation of highly irradiated 3D trench silicon pixel sensors for 4D tracking with 10 ps timing accuracy, Front. Phys., 22 April 2024 - Sec. Radiation Detectors and Imaging - Volume 12 - 2024

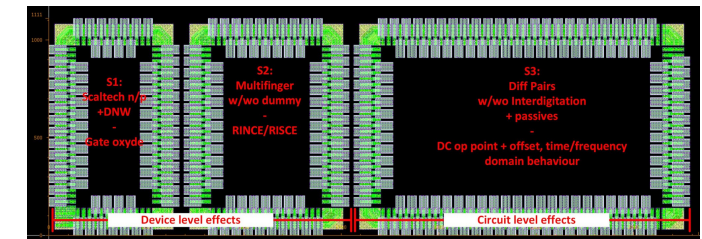
2° anno di attività (2024)

Attività concluse/in corso

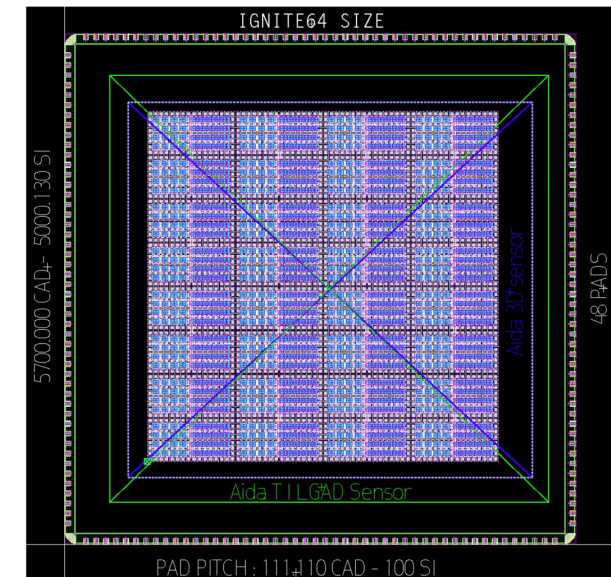
- Il costituirsi di una rete attiva ed efficace per la progettazione μ -elettronica è già da solo un risultato di grande valore per **IGNITE** e l'INFN
- Realizzazioni e studi in corso:
 - 2 ASIC in CMOS 28-nm progettati e prodotti (2023): **Ignite-0** (Cagliari-Milano) e **Ignite-RAD** (Milano Bicocca, Padova) (2023)
 - Sviluppo di schede (LNF) per il test dei prototipi (2023)
 - Test e caratterizzazione ASIC **Ignite-0** e **Ignite-RAD**
 - Definizione dell' Architettura del sistema finale
 - Studio delle modalità di μ -integrazione del sistema finale (integrazione verticale)
 - Design del primo ASIC completo (**Ignite64**): submission Ottobre 2024 (Cagliari, LNF, Milano, Milano B., Pisa, Torino).



Ignite-0



Ignite-RAD

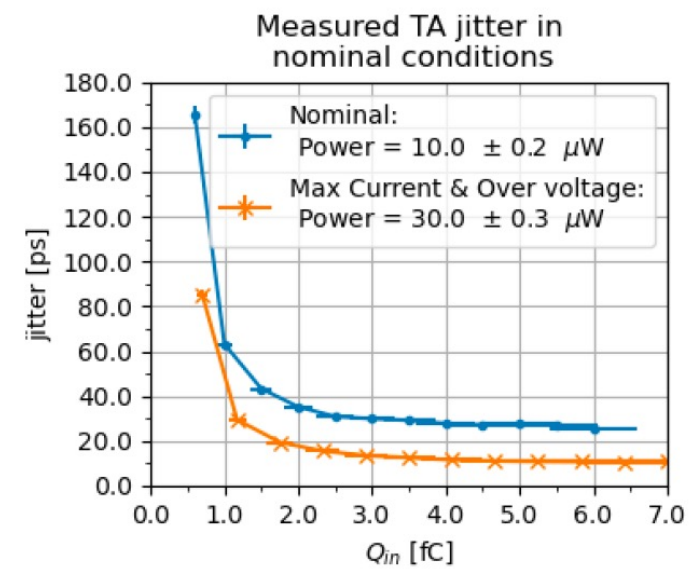
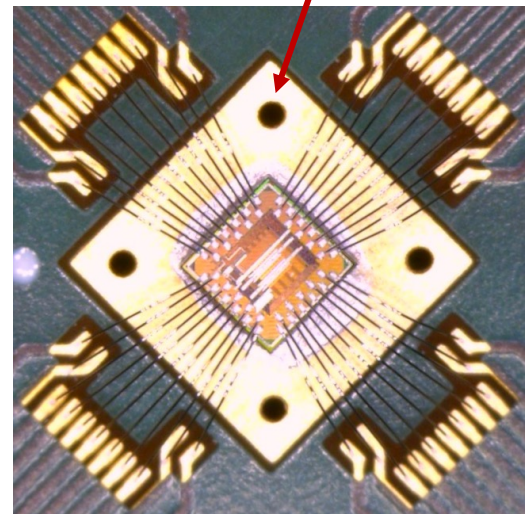
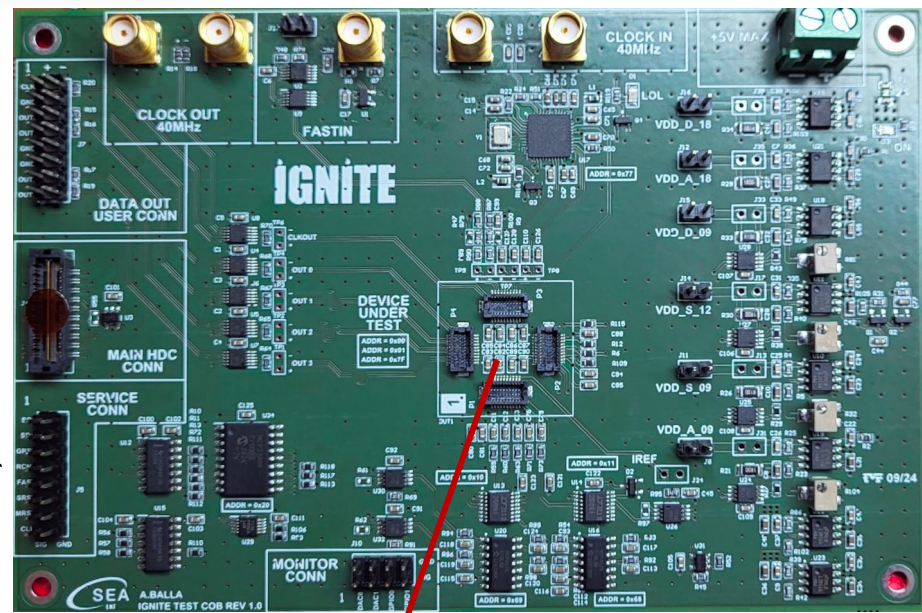


Ignite-64

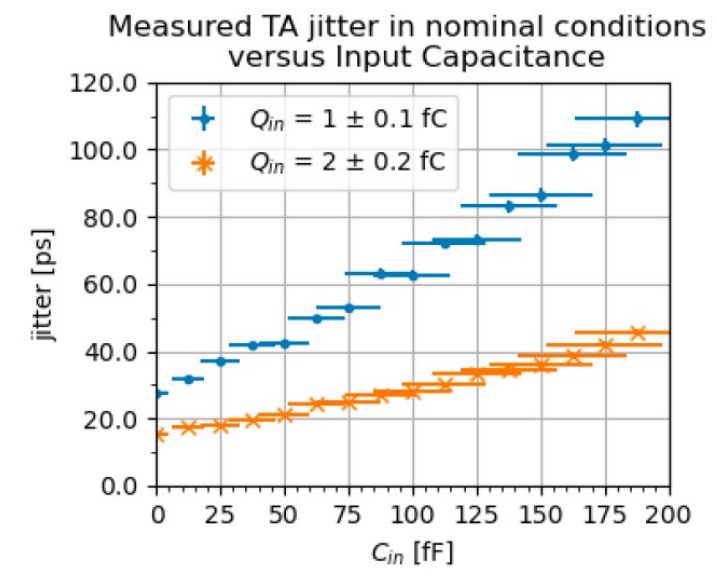
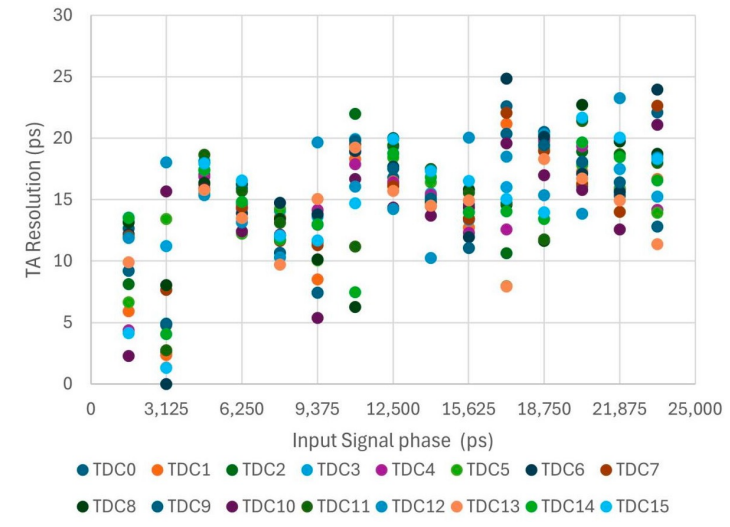
A. Balla, P.Ciambrone INFN Frascati

Ignite-0 tests

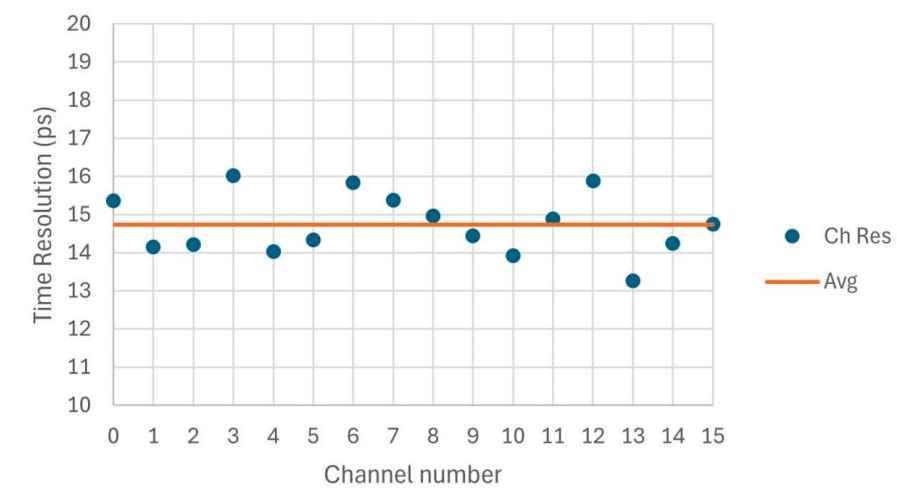
INFN Cagliari, Lab Frascati, Milano



TDC resolution vs Input TA Phase



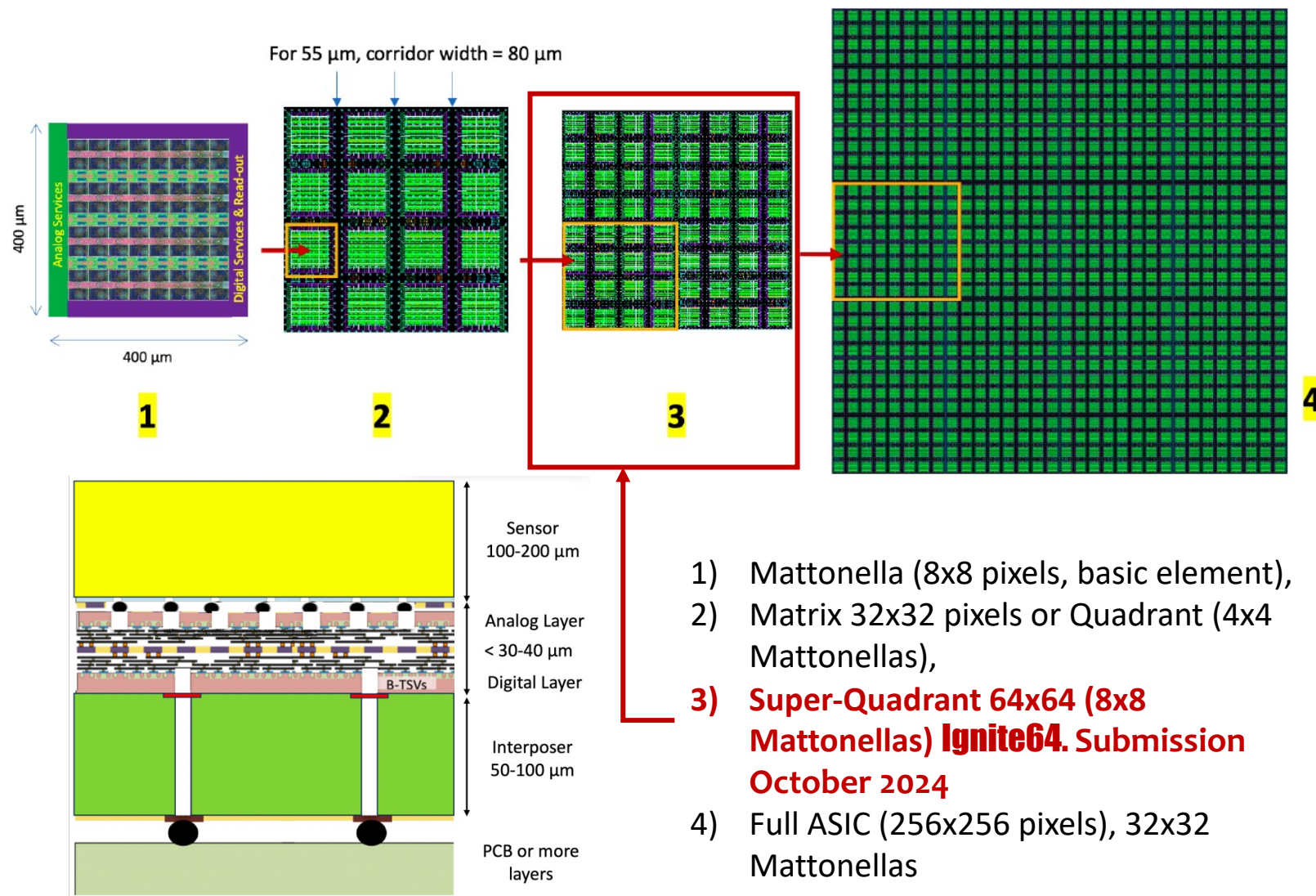
Average TDC resolution vs channel



TDC Avg $\approx 14.7 \text{ ps}$

Ignite64 ASIC: a pilot-prototype ASIC for 4D-tracking ... and FractalDesign[©]

1. After 2 test ASICs, a third ASIC is in the design phase, to be submitted this year 2024.
2. It features a **64x64 pixel matrix** (to be used also in test-beams for sensor characterization). Purpose of this submission:
 - Full validation of front-end
 - Test of high-resolution time sensors (see next slide)
3. For the larger area ASIC, starting from the experience gained in the **TimeSPOT** developments (first 4D ASIC ever in CMOS 28-nm), we **follow an alternative approach in design**. Such approach (**FractalDesign[©]**) is mainly aimed at minimizing the known risks in this kind of implementation: accurate clock and power distribution.



NB: The **FractalDesign** approach requires the use of 3D integration (ASIC stack)

Programma attività 2025



1. Test di **Ignite64** su banco e sotto fascio
2. Probabile submission di una coppia A+D pitch 45 μm , matrice 64x64 (metà anno?)
3. Definizione della strategia di micro-integrazione e scelta del fornitore (prob. già nel 2024)
4. Disegno dell'ASIC finale (submission fine 2025)



1. Test nuovo batch sensori 3D-trench su banco
2. Produzione nuovo batch FBK 3D-Colonn (design e simulazione già iniziato)
3. Irraggiamento 3D-trench a $10^{18} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ (+test?)
4. Decisioni politiche e tecniche su U2:
 - a. Si fa? Quale envelope?
 - b. Definizione della Money Matrix e impegni italiani sul VELO (sensori, elettronica, costruzione moduli: Cagliari, Firenze, Milano+?)
 - c. Scelta delle tecnologie e inizio scrittura del TDR

Personale e richieste 2025

preliminare

- **Ricercatori/Tecnologi (IGNITE):**
M. Barbaro 0.6, D. Brundu 0.2, S. Cadeddu 0.8, A. Cardini 0.2, G.M. Cossu 0.5, A. Lai 0.4, L. Piccolo 0.6 → 3.3 FTE
- **Richieste IGNITE**
 - Su Cagliari sono concentrate le richieste di missioni per la collaborazione e i SJ
 - Le richieste sono quasi tutte SJ (tranne piccoli consumi distribuiti alle sezioni)
 - 40 k€ Missioni
 - 10 k€ Consumi di laboratorio
 - 120 k€ nuova submission CMOS 28nm (SJ)
 - 100 k€ μ -integrazione (SJ)
 - 1200 k€ submission ASIC finale (SJ)
- **Richieste LHCb-U2 (su RD Flavour)**
 - 50 k€ Contributo per rinnovo setup laser per caratterizzazione sensori