



**POLITECNICO
DI TORINO**

La nuova elettronica di front-end per il calorimetro elettromagnetico di CMS in vista di HL-LHC

IFAE 2018 - Incontri di Fisica delle Alte Energie – Edizione XVII

Milano 4-6 Aprile 2018

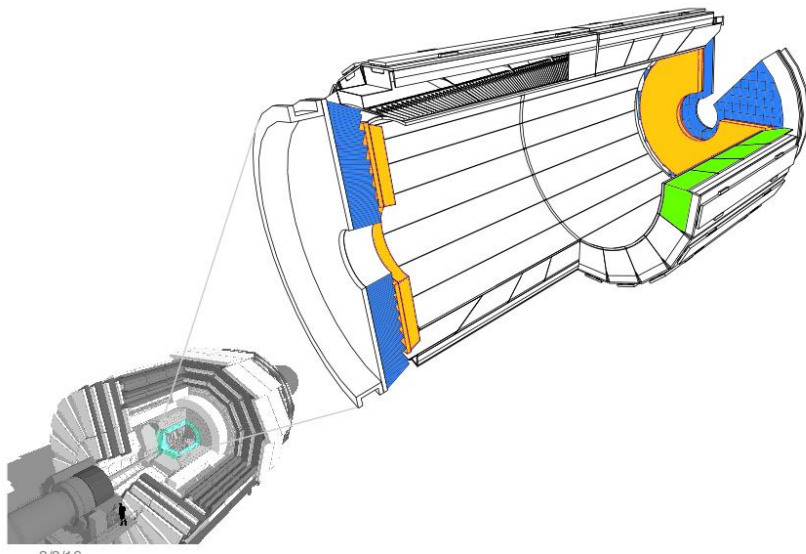
Simona Cometti *in rappresentanza della collaborazione CMS*

Calorimetro elettromagnetico ECAL

Misura dell'energia di elettroni e fotoni

Rivelatore composto da cristalli scintillanti di tungstato di piombo (PbWO_4)

Compatto, ermetico, elevata risoluzione energetica



Regione barrel (EB):

- pseudorapidità: $|\eta| < 1.48$
- 36 moduli contenenti ognuno 1700 cristalli

Regione di endcap (EE):

- pseudorapidità: $1.48 < |\eta| < 3.0$
- 2 anelli con 7324 cristalli ciascuno

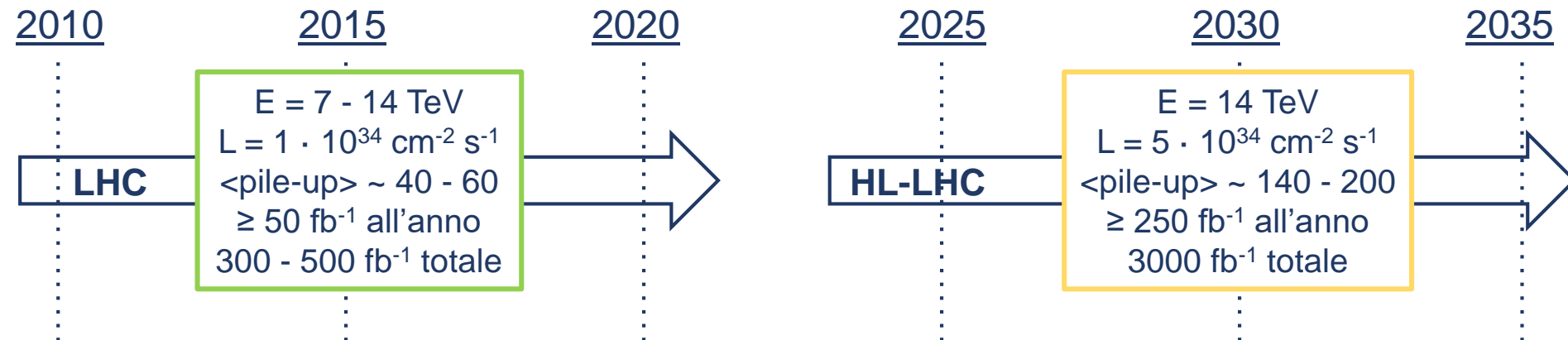
Detector di preshower (ES):

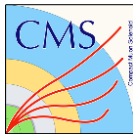
- pseudorapidità: $1.65 < |\eta| < 2.6$
- sensori di silicio alternati con assorbitori in piombo

HL-LHC e le performance di ECAL

Le condizioni HL-LHC rappresentano una sfida per il rivelatore sia dal punto di vista della longevità che delle prestazioni, poiché HL-LHC fornirà:

- Livelli di luminosità istantanea e integrata elevati
- Aumento del numero di interazioni protone-protone per bunch crossing
- Aumento di un fattore 6 della dose di radiazione accumulata rispetto ai valori ottenuti con LHC
- Alti valori di dose e fluenza comporteranno perdite significative di performance del rivelatore

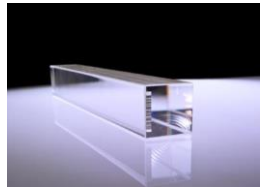




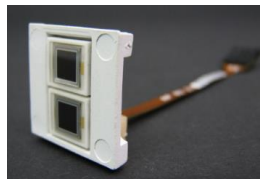
Motivazioni dell'aggiornamento

- Aumento del Level-1 trigger rate (150 kHz \rightarrow 750 kHz)
- Aumento della latenza di trigger (6.4 μ s \rightarrow 12.5 μ s)
- Granularità delle informazioni per il trigger: 5x5 cristalli \rightarrow 1x1 cristallo
- Risoluzione in tempo ottimizzata (\sim 30 ps)
 - Sovra-campionamento del segnale: 40 MS/s \rightarrow 160 MS/s
 - Migliore localizzazione del vertice
 - Migliore riconoscimento dei segnali generati dalle particelle che interagiscono direttamente con i fotodiodi ("spikes")
- Minore rumore dovuto al danno da radiazione: $T_{\text{fotodiodi}} 18^{\circ}\text{C} \rightarrow 9^{\circ}\text{C}$

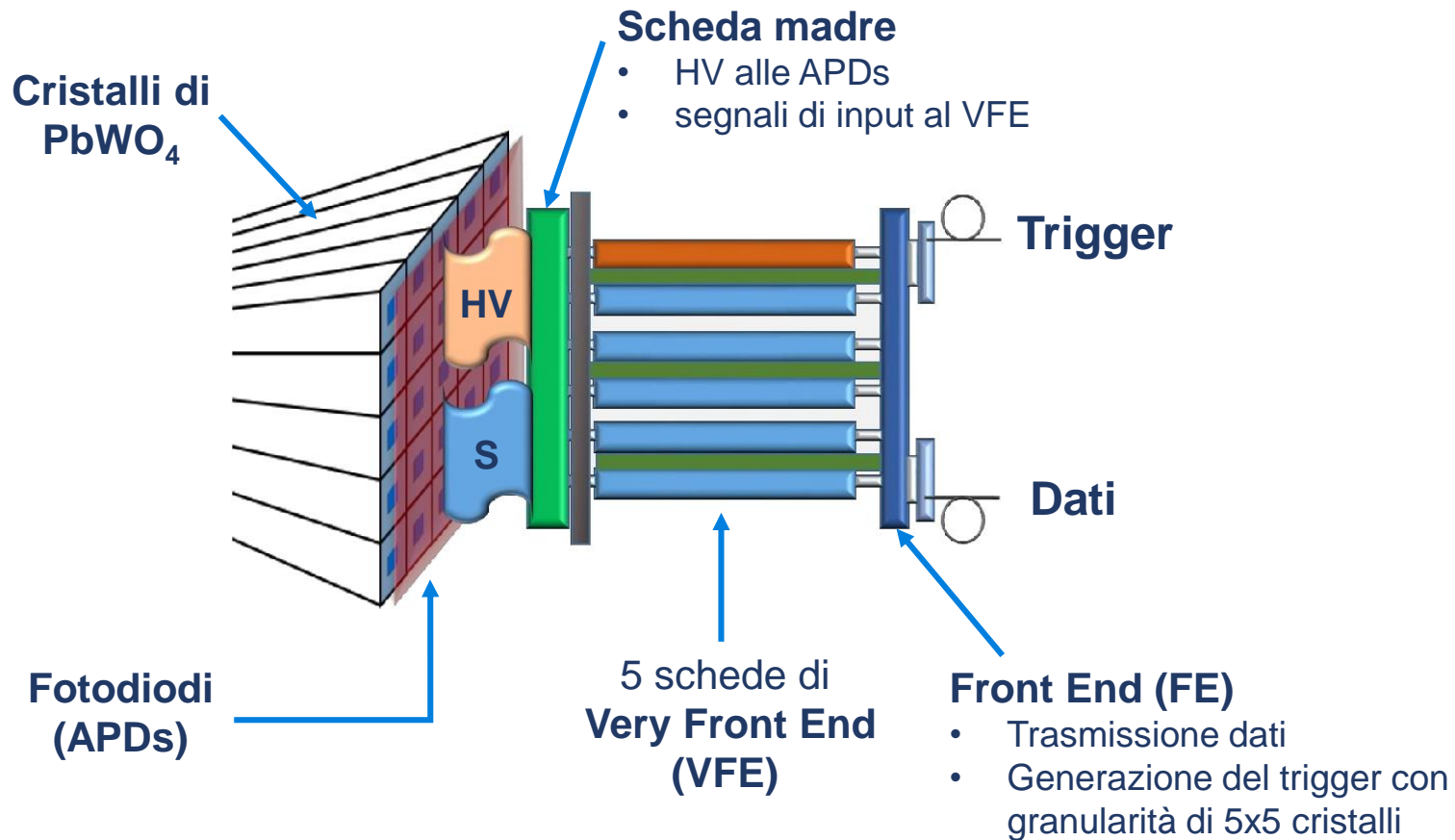
Matrice di lettura - Trigger tower



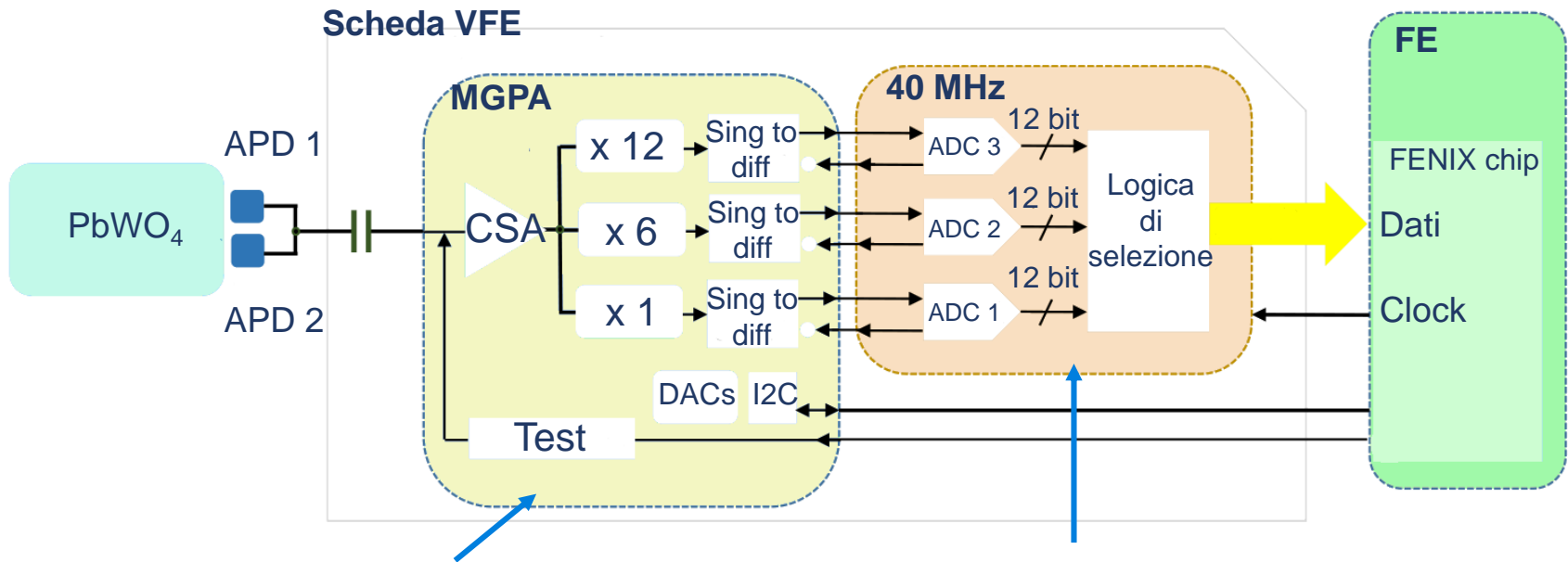
Cristalli di
 PbWO_4



Fotodiodi
(APDs)



Attuale scheda di VFE



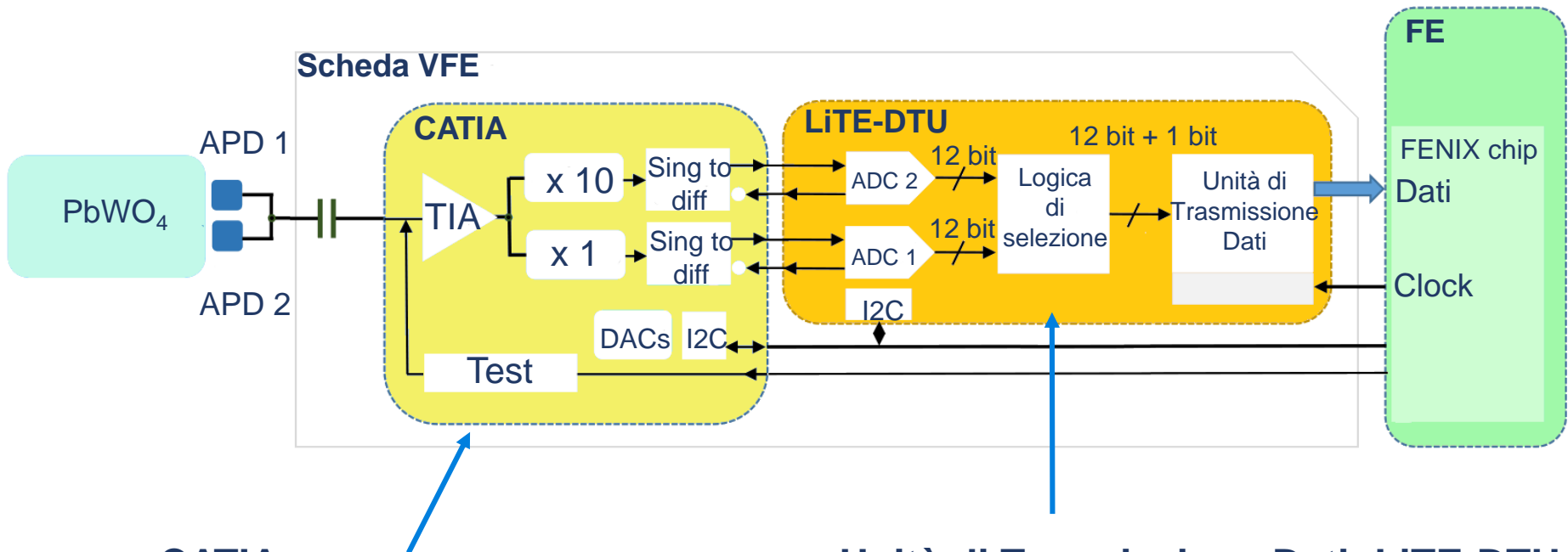
Preamplificatore a multi-guadagno:

- Preamplificazione con un Charge Sensitive Amplifier (CSA)
- Shaping del segnale
- 3 diversi range di guadagno: x12, x6, x1

Multicanale:

- 3 ADC: 12 bit, 40 MS/s
- 3 segnali digitali paralleli

Upgrade della scheda di VFE



CATIA:

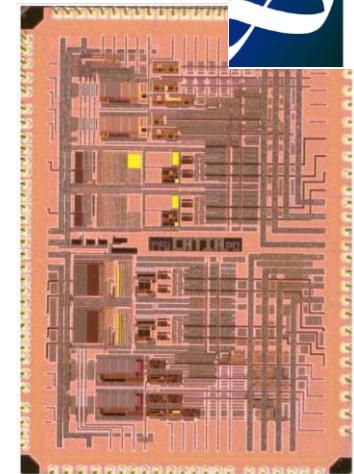
- Amplificatore a Trans-Impedenza (TIA)
- 2 range di guadagno: $\times 10$, $\times 1$
- Tecnologia TSMC 130 nm

Unità di Trasmissione Dati: LiTE-DTU

- 2 ADC: 12 bit, 160 MS/s
- 2 segnali digitali paralleli
- Unità di Trasmissione Dati: selezione, compressione e trasmissione dati

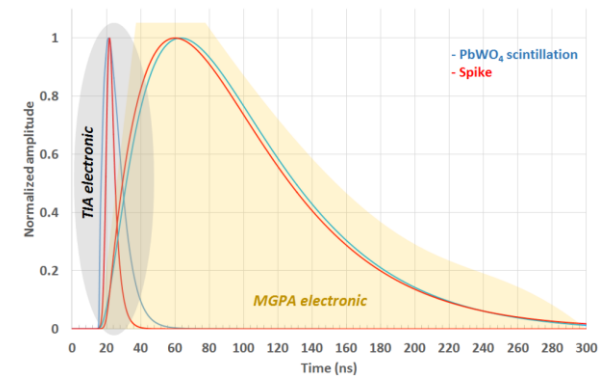
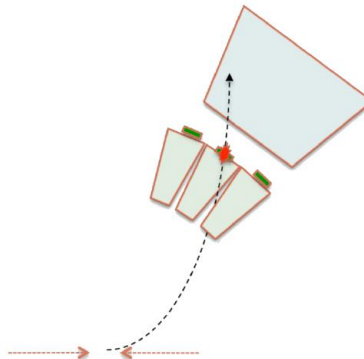
CATIA

- Primo stage di amplificazione: TIA
- Range dinamico compreso tra 50 MeV e 2 TeV
- CATIA-v0: è il prototipo disegnato da Irfu/SEDI
 - Architettura: Regulated Common-Gate (RCG)
 - Larghezza di banda fornita: 50 MHz
 - Fase di test (2017 – 2018)



CATIA primo prototipo

Riduzione del pile-up di eventi e migliore riconoscimento dei segnali generati dalle particelle che interagiscono direttamente con i fotodiodi



ADC - requisiti

Frequenza di campionamento: 160 MS/s

Risoluzione: 12 bit

Larghezza di banda analogica in input: 50 MHz

INL < 1.5 LSB

DNL < 0.9 LSB

ENOB > 10.2 bit

SNDR > 63 dB

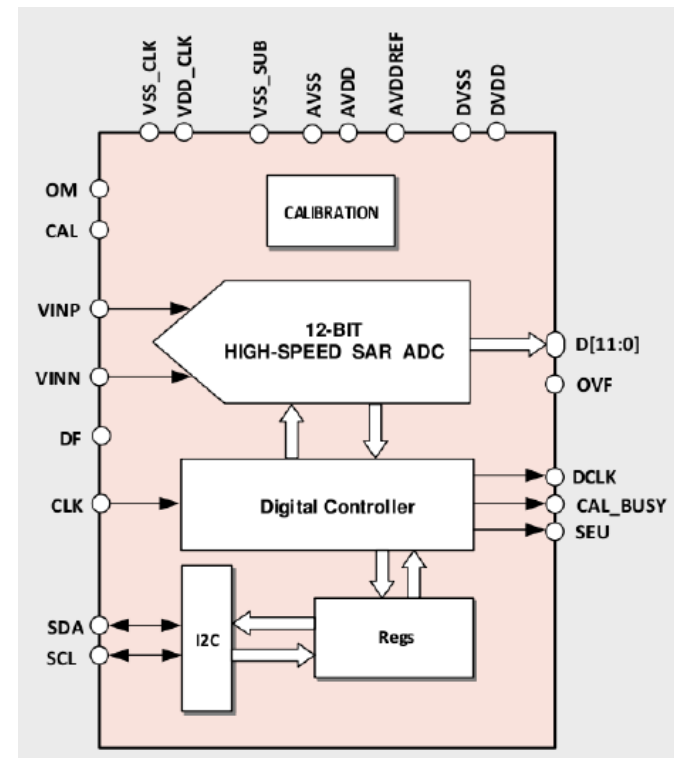
Tensione di alimentazione: 1,08 V - 1.32 V

Range di temperatura: -20 °C ÷ 85 °C

Dose Ionizzante Totale (TID): 100 kGy

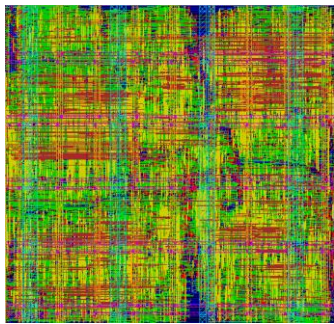
SEU: Ridondanza tripla TMR

Tecnologia: CMOS 65 nm (9+1 metalli)

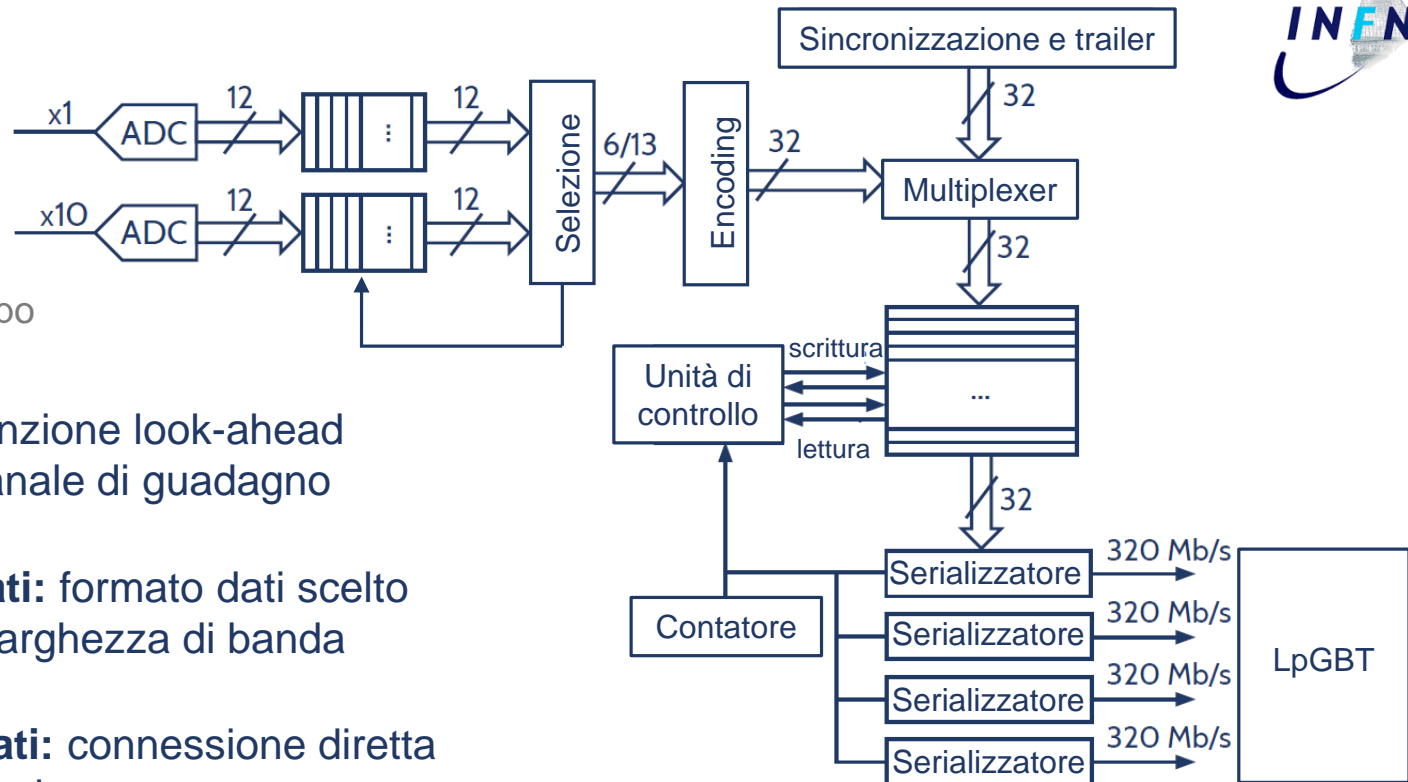


Componente critico

Unità di trasmissione dati: LiTE-DTU



LiTE-DTU primo prototipo



Selezione dati: funzione look-ahead per la scelta del canale di guadagno

Compressione dati: formato dati scelto per ottimizzare la larghezza di banda

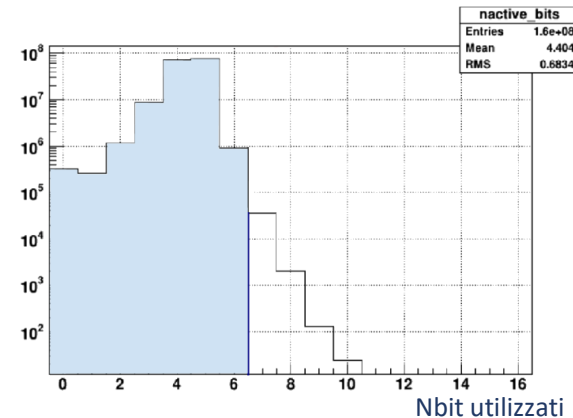
Serializzazione dati: connessione diretta con l'LpGBT transceiver

Codifica di Huffman e formato dati

Non è prevista alcuna soppressione di dati a livello di VFE-FE, perciò la larghezza di banda dei dati in output può essere ridotta implementando la codifica di Huffman

Probabilità di ottenere un evento con più di 6 bit:

$$P_{6\text{bit} < N < 12\text{bit}} < 2.4 \cdot 10^{-4}$$



01	6 bit	6 bit	6 bit	6 bit	6 bit
10	sample map	6 bit/000000	6 bit/000000	6 bit/000000	6 bit
001010	13 bit		13 bit		
001011	0101010101010			13 bit	
1101	# samples - 8 bit	CRC -12 bit		# frame - 8 bit	
1110	010101010101010101010101010101				

Baseline

Segnale

Trailer al termine del frame

Parola di sincronizzazione

Conclusioni

Nuova elettronica di Front-End per ECAL:

- Frequenza di campionamento e shaping time del segnale ottimizzati
 - ↳ Risoluzione in tempo < 30 ps
- Informazioni di trigger con granularità maggiore
- Raffreddamento dei fotodiodi per mitigare il rumore

- CATIA:
 - Tecnologia CMOS 130 nm
 - Primo prototipo: test 2017-2018
 - Secondo prototipo: 2018
- LiTE-DTU: Unità di Trasmissione Dati
 - Tecnologia CMOS 65 nm
 - ADC - IP in fase di sviluppo (compagnia esterna)
 - Primo prototipo: fine 2018