

*Status e prospettive future  
dell'elettronica dei  
fotomoltiplicatori di grandi  
dimensione dell'esperimento  
JUNO*

A. Giaz

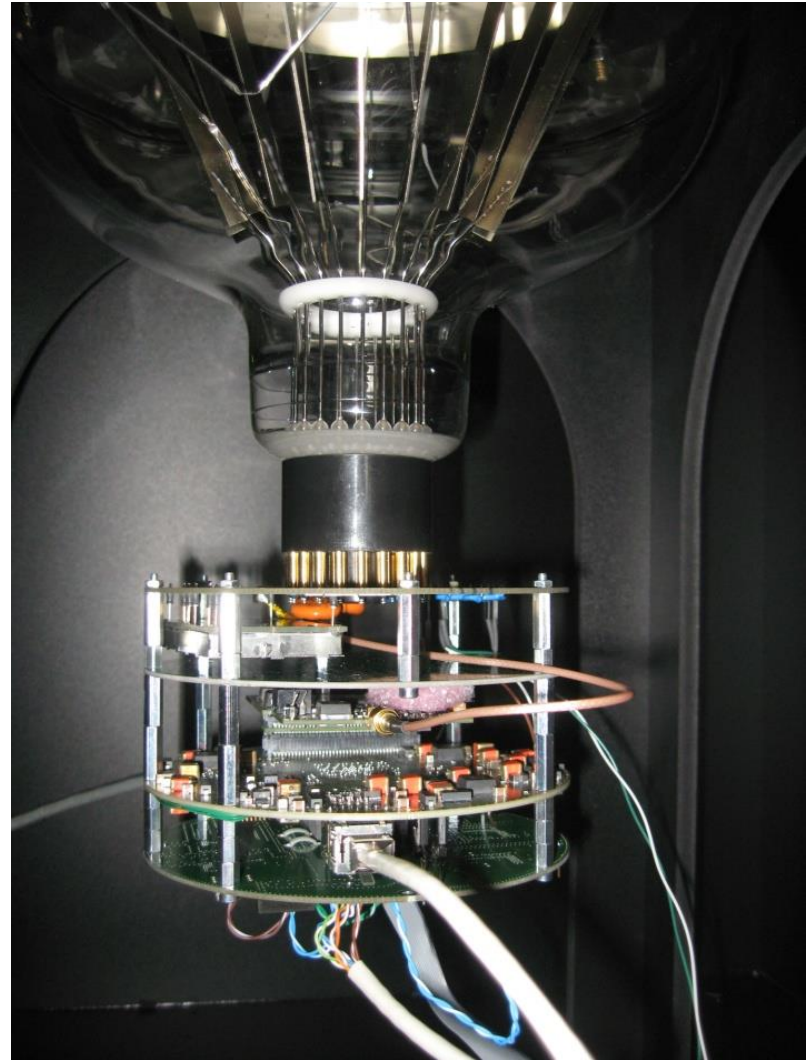
*Università di Padova e INFN sezione di Padova*



# Indice

---

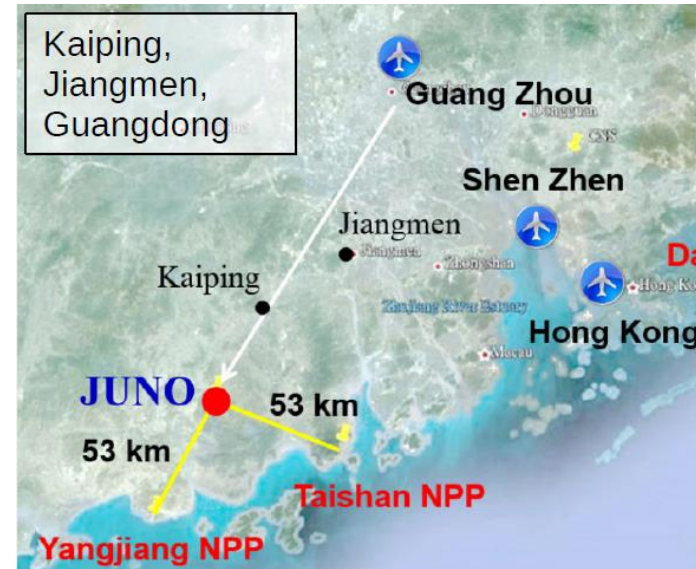
- ✓ Introduzione
  - L'esperimento JUNO
  - Il rivelatore JUNO
- ✓ I requisiti dell'elettronica
- ✓ Lo schema 1F3
  - Il partitore di tensione
  - Gli alimentatori di alta tensione
  - La GCU
  - Gli ADU
  - La scheda di alimentazione
  - La BEC
- ✓ Conclusioni



# L'esperimento JUNO

Gli obiettivi dell'esperimento JUNO (Jiangmen Underground Neutrino Observatory) sono:

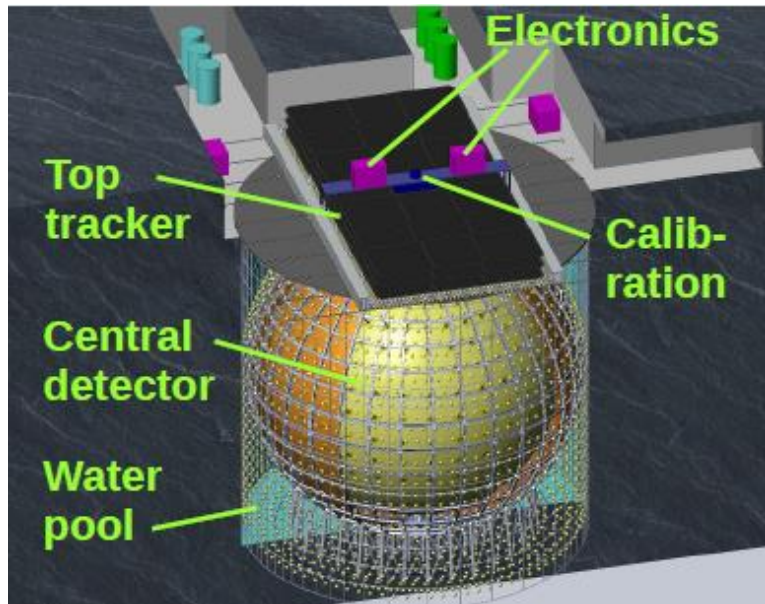
- la misura della **gerarchia di massa** dei neutrini;
- la misura di alcuni **parametri di oscillazione** dei neutrini con una precisione migliore dell'1%.



Il rivelatore JUNO è in costruzione a Kaiping, Jiangmen nel sud della Cina.

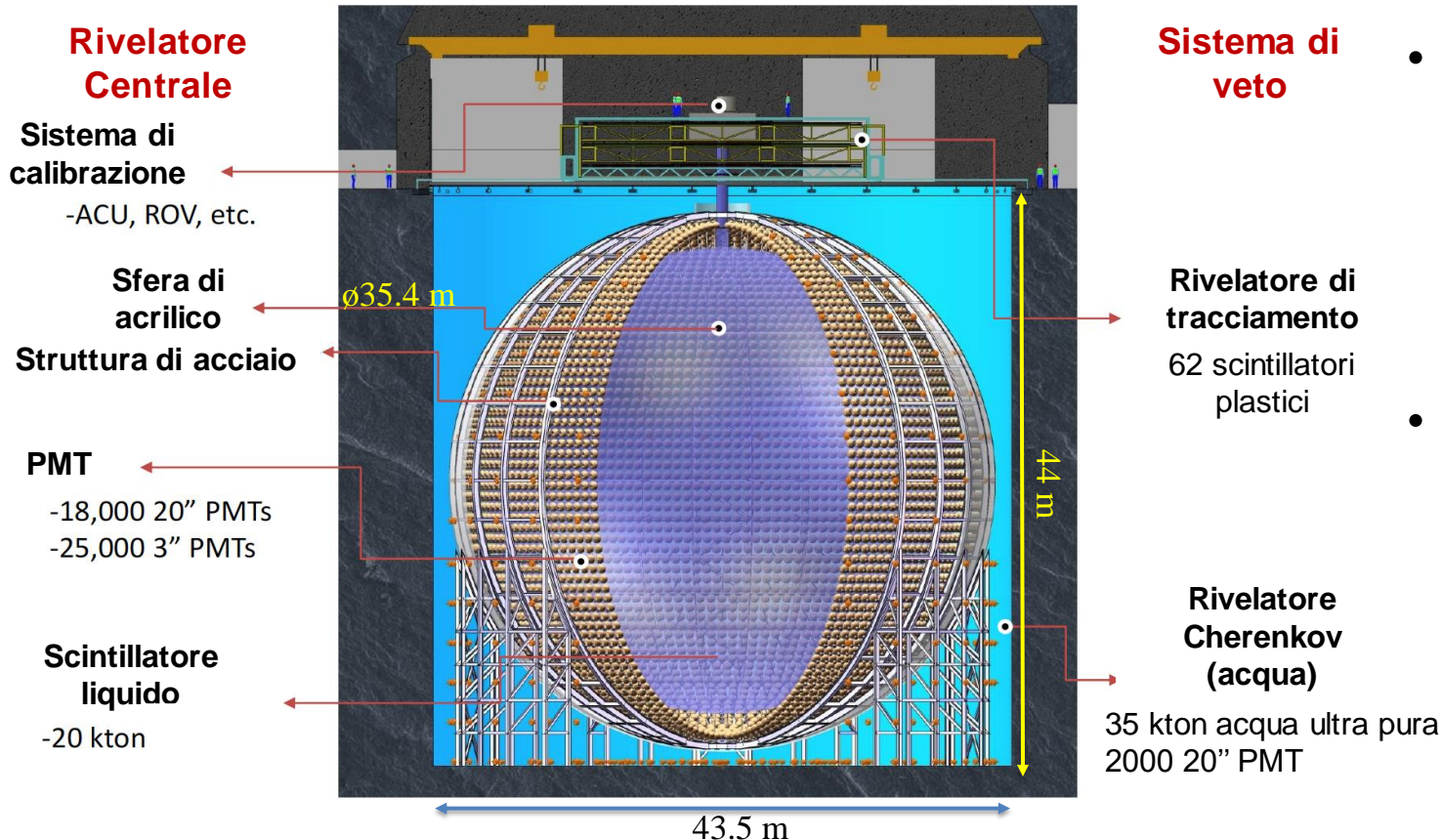
Gli obiettivi:

- ✓ **Grande massa attiva**
- ✓ **Eccellente risoluzione energetica** (grazie a elevata resa di luce e grande copertura ottica)
- ✓ **Incertezza a bassa energia minore dell'1%**



# Il rivelatore JUNO

- **Il rivelatore centrale:** ~ 20 kton di scintillatore liquid LAB (contenuto in una sfera di acrilico di 35.4 m di diametro).
- **Rivelazione della luce:** 18000 PMT di 20" di diametro e 25000 PMT di 3" di diametro (due sistemi indipendenti e complementari, copertura del 78%)



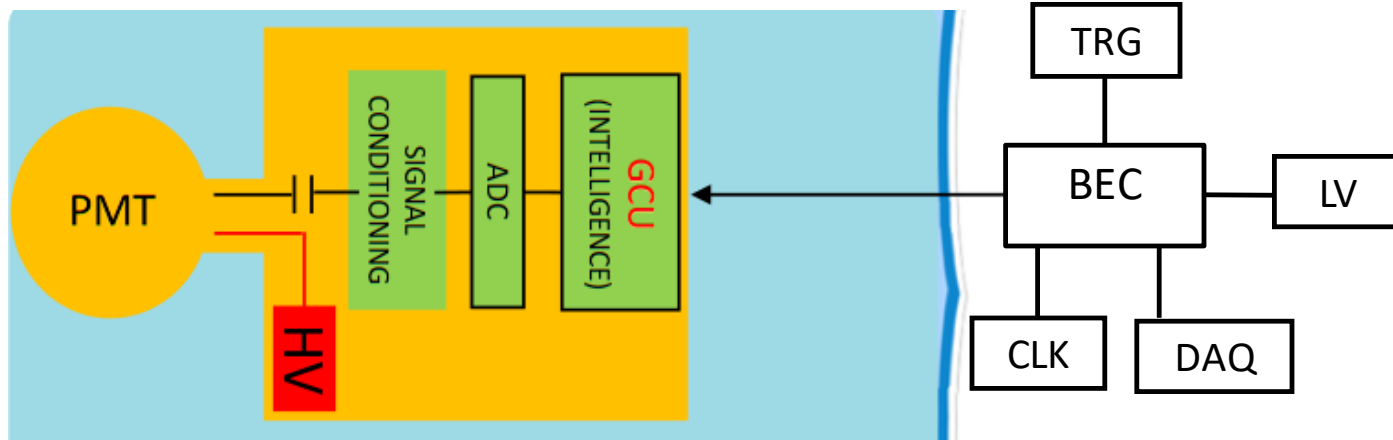
- **Rivelatore di tracciamento (sopra la vasca):** scintillatore plastico
- **La vasca con l'acqua:** Rivelatore Cherenkov (acqua), 44 m di profondità e 43.5 m di altezza.

# I requisiti dell'elettronica

Requisiti (l'elettronica sarà inaccessibile dopo l'installazione):

- Minimizzare il la **potenza dissipata** (massimo 10W per canale) e il **costo** per canale;
- Minimizzare il numero di **cavi** e di **connettori** resistenti all'acqua;
- Minimizzare le **dimensioni**;
- Massimizzare l'**affidabilità** dell'elettronica (meno di 0.5% di guasti in 6 anni);
- Minimizzare la distanza tra l'elettronica e la base del PMT per migliorare il **rapporto segnale rumore**;
- Necessità di **digitalizzatori veloci** (1GS/s) e a grande numero di bit (14 bit) per separare segnali molto piccoli dal rumore;

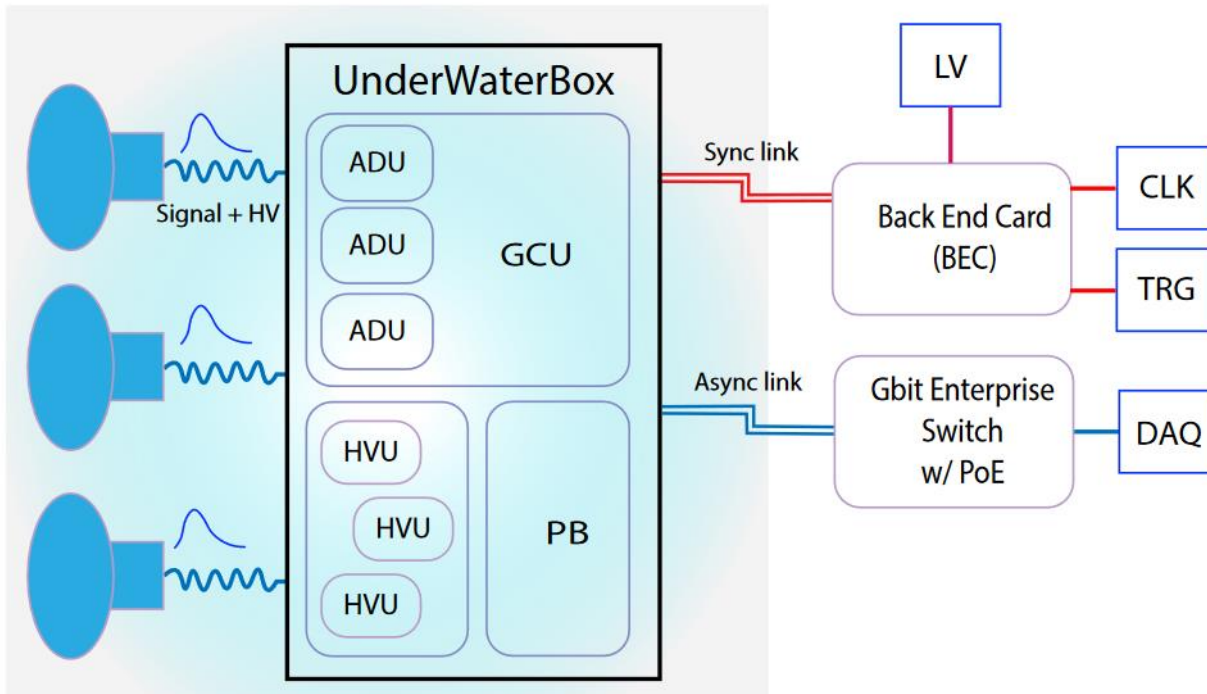
## Schema BX:



# Lo schema 1F3

A luglio 2017 lo schema dell'elettronica è stato cambiato passando **dallo schema BX allo schema 1F3**. In questo nuovo schema 3 PMT vengono collegati alla stessa scatola subacquea:

- ✓ Soltanto il **partitore di tensione** viene collegata direttamente al PMT;
- ✓ **Cavo** di 1m – 2m circa per il segnale e l'alta tensione;
- ✓ **Scatola subacquea**: 3 moduli di alta tensione, la parte di processamento e controllo, la scheda di alimentazione e tre schede con gli ADC;



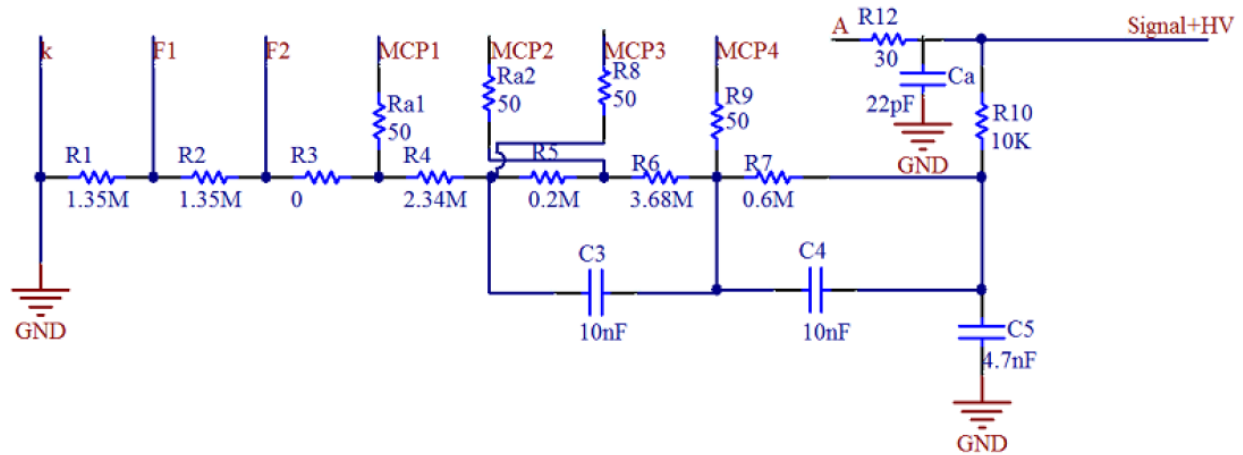
- ✓ **Due cavi ethernet:**  
uno per i dati sincroni come il clock e i segnali di trigger, l'altro per la parte asincrona come i dati acquisiti e PoE (parte di alimentazione);

# Il Partitore di tensione

Requisiti:

- ✓ **Dimensioni;**
- ✓ **Alta tensione e Guadagno (<3000 V a  $1e7$ );**
- ✓ **Corrente  $\sim 180 \mu\text{A}$  a  $1e7$ );**
- ✓ **Affidabilità < 0.5 % in 6 anni;**

Schema della base per il MCP-PMT



- Basi differenti per **HAMAMASTU** e **MCP-PMT**.
- La base è stata disegnata per essere **saldata** direttamente alla base del PMT per evitare problemi di connessione.
- PMT + base+ cavo (segnale/HV,  $75 \Omega$ ) + uno splitter per disaccoppiare l'alta tensione dal segnale.

Le basi sono pronte per la produzione di massa dopo una **revisione generale**.

# Gli alimentatori di alta tensione

I principali parametri del modulo di alta tensione sono:

- **Polarità:** positiva (catodo)
- Intervallo di funzionamento: **1500 V - 3000 V**
- Variazioni minime dell'alta tensione: 0.5 V
- Ripple: 0.11 V<sub>ptp</sub>
- Errore sistematico sul valore di alta tensione: 3%
- Stabilità: 0.05%
- Massimo valore della **corrente d'uscita:** 300  $\mu$ A
- **Tensione d'ingresso:** 24 V
- Controllo remote tramite interfaccia RS485



Ognuno dei 3 PMT avrà il suo modulo di alta tensione, che sarà posto nella scatola subacquea.

I **test pre-produzione** stanno andando avanti, ed è iniziata la produzione di massa.



# La GCU

La Global Control Unit (GCU) è l'intelligenza dell'elettronica dell'esperimento JUNO.

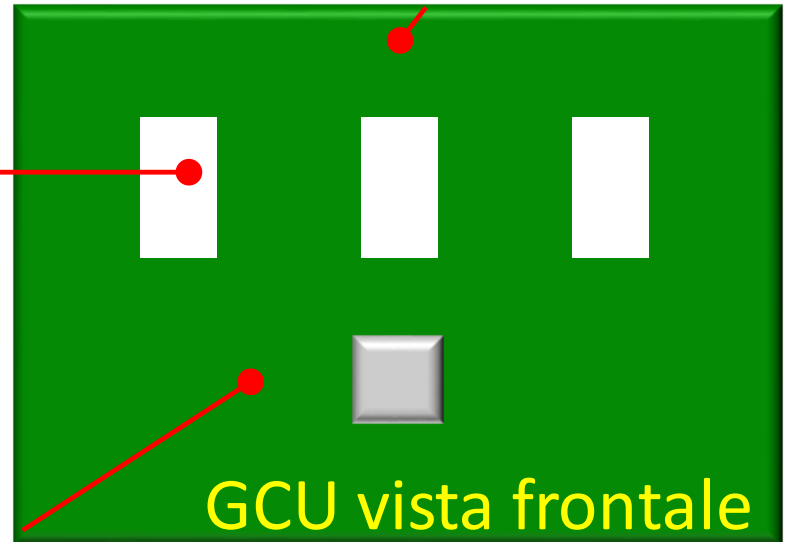
Vincoli di **dimensione** della scatola subacquea. La scheda di alimentazione sarà integrata con la GCU

Buchi per poter posizionare gli ADU che avranno component anche sul retro.

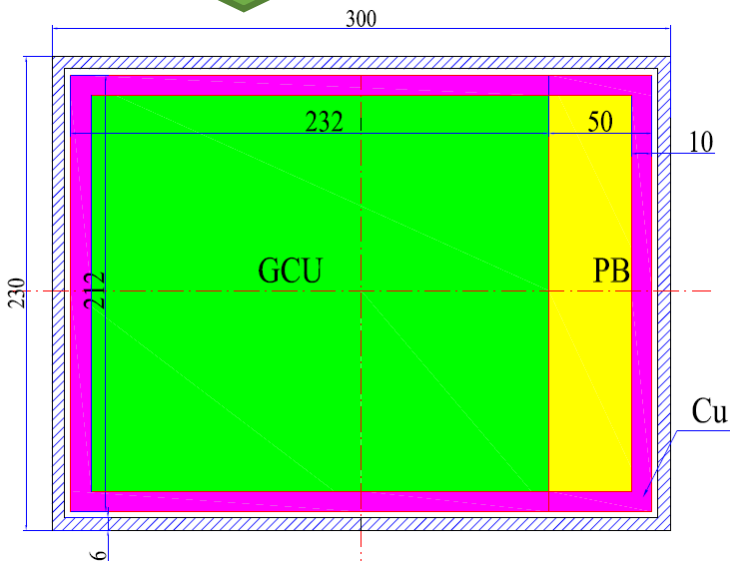
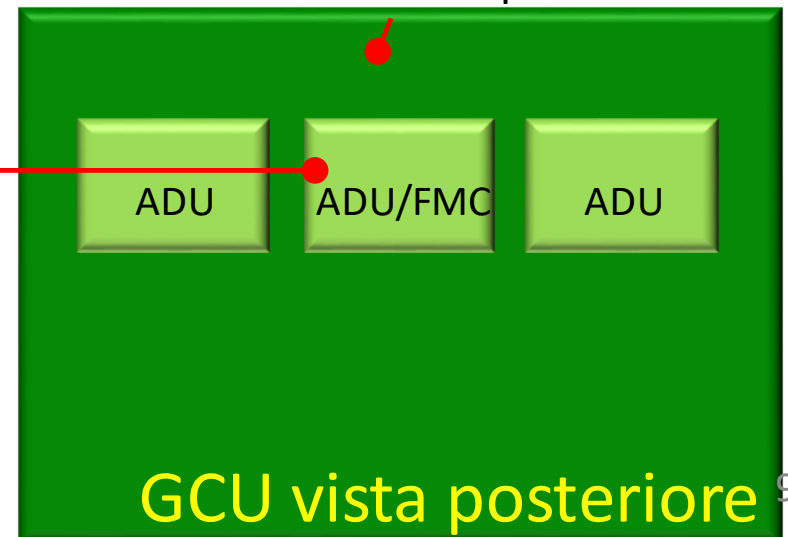
Gli ADU verranno saldati come schede castelled edge.

FPGA e parte logica

Conversione dell'alimentazione (48V) e IO.

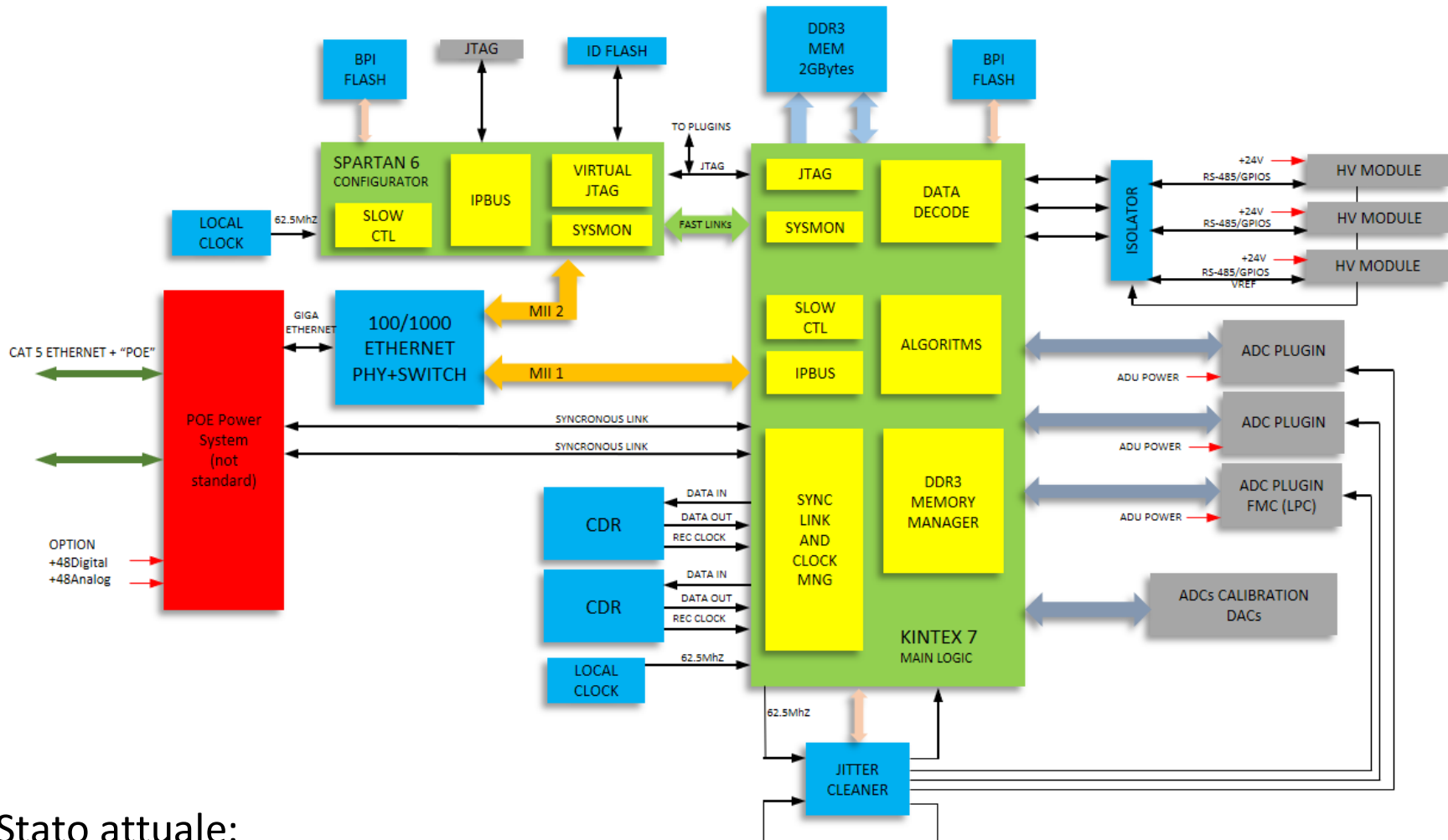


Conversione dei 48V e parte di IO.



Gli ADU saranno saldati come schede castellated edge.

# La GCU



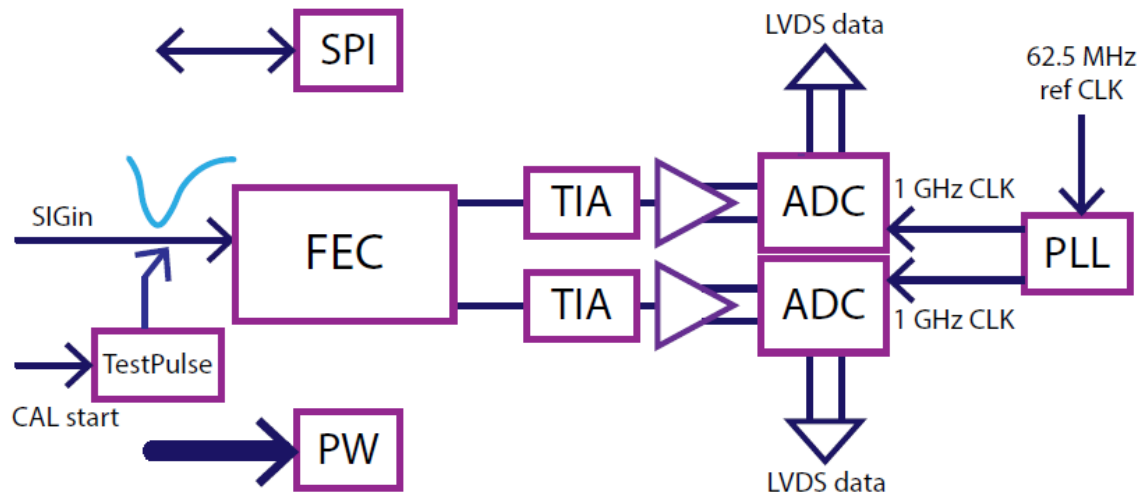
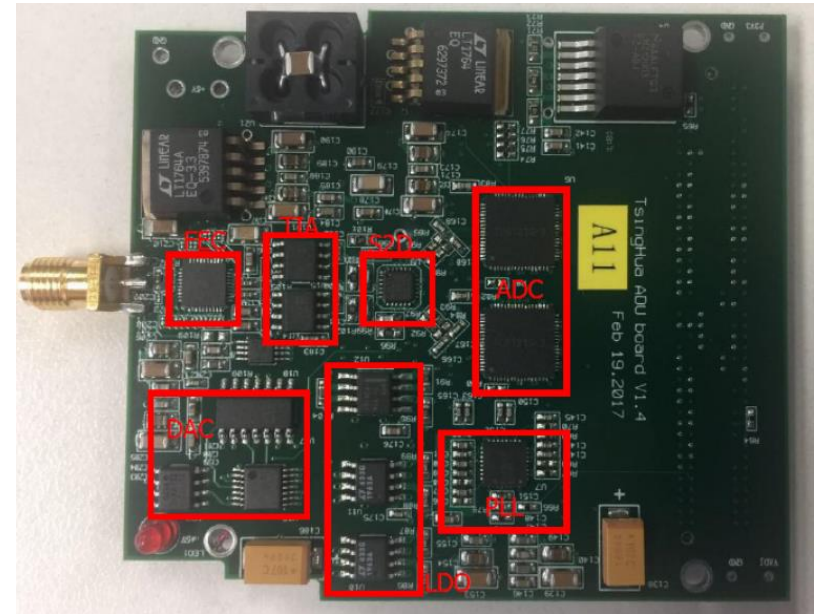
Stato attuale:

- Il disegno della nuova GCU è stato completato;
- Lo sbroglio dell'intera scheda (GCU + PB) è stato completato al CERN;
- Simulazioni di integrità prima di avere il file finale per la produzione.

# Gli ADU

La scheda ADU è formata da:

- ✓ Front-End Chip (FEC);
- ✓ Trans-Impedance Amplifier (TIA);
- ✓ 2 Analog to Digital Converter (ADC) sviluppati dall'università di Tsinghua;
- ✓ Phase Locked Loop (PLL)
- ✓ circuiteria di supporto;



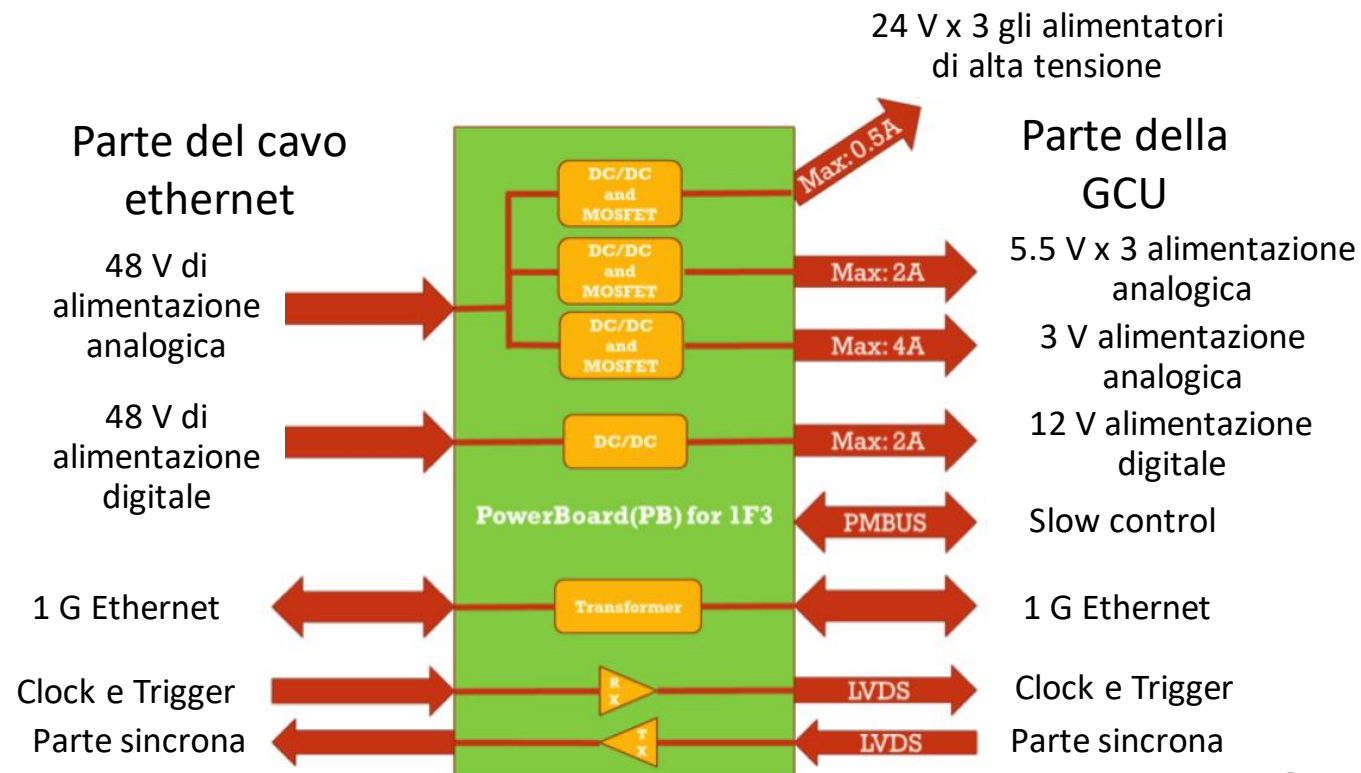
I prototipi delle schede ADU per il nuovo disegno dell'elettronica sono in fase di realizzazione. A breve inizieranno i test delle schede prima di essere connesse alla GCU.

# La scheda di alimentazione

La scheda di **alimentazione** riceve l'alimentazione dagli alimentatori dall'esterno (fuori dall'acqua) e la **ridistribuisce** a tutta l'elettronica all'interno della scatola subacquea (convertitori DC/DC).

Tutte le linee di alimentazione hanno delle protezioni e le seguenti caratteristiche:

- Controllo indipendente;
- Soglia sia superiore che inferiore sul valore di tensione;
- Blocco in corrente;
- Limitazione in corrente regolabile.



# La BEC

- La scheda di back end (BEC Back End Card) viene utilizzata per portare il segnale di **clock** di riferimento.
- Serve per comunicare tra la **GCU** e il **sistema di trigger** infatti porta l'informazione se il segnale registrato dalla GCU debba essere o meno accettato.
- Utilizza due delle **quattro coppie differenziali** del cavo ethernet utilizzato per la comunicazione sincrona.



La BEC riceve il segnale di 48 PMT.

Una nuova versione di BEC (a causa del nuovo schema) è ora in fase di test.

# Riassunto, conclusioni e prospettive

- ✓ I **requisiti dell'elettronica** (inaccessibile dopo installazione), costi ridotti, minor numero di cavi e connettori, riduzione della potenza dissipata, digitalizzatori veloci, massima affidabilità, hanno portato allo **schema 1F3**.
- ✓ Lo **schema 1F3**: il **partitore di tensione** sarà collegato direttamente al PMT, il segnale verrà portato tramite cavo ad una scatola subacquea dove c'è contenuta l'elettronica per il trattamento dei **segnali di 3 PMT**.
- ✓ L'elettronica sono stati spiegata in dettaglio e descritto lo stato attuale di tutte le schede: **GCU, ADU, scheda di alimentazione, BEC e moduli di alta tensione**.
- ✓ L'elettronica è ancora in **fase di disegno** o in **fase prototipale** o pronta per la **produzione di massa**.
- ✓ La produzione di massa di tutta l'elettronica e la sua installazione è prevista per **l'anno prossimo (2019)**.

**Grazie per l'attenzione**