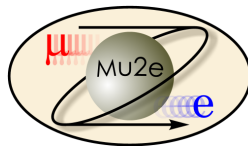


Progettazione del sistema di raffreddamento dell'elettronica del Calorimetro dell'esperimento Mu2e

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica
Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Daniele Pasciuto
21 Ottobre 2015

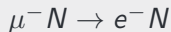




- 1 Overview dell'esperimento Mu2e
- 2 L'elettronica di readout del Calorimetro
- 3 Raffreddamento del Waveform Digitizer
- 4 Montaggio dei crate
- 5 Tubazioni di distribuzione del refrigerante
- 6 Prove sperimentali

Ricerca del processo CLFV (Charged Lepton Flavor Violation)

Conversione coerente del muone in un campo di nucleo



Traccia sperimentale

Elettrone monoenergetico

$$E_e = m_\mu c^2 - B_\mu(Z) - C_\mu(A) = 104.973 \text{ MeV}$$

Aspettative di Mu2e

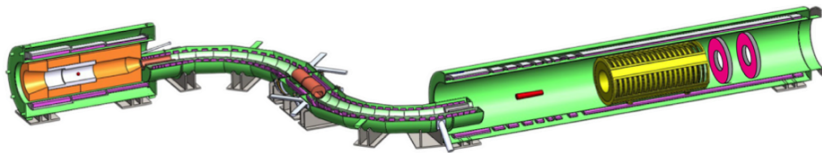
$$BR_{\mu e} = \frac{\Gamma(\mu^- + N(A,Z) \rightarrow e^- + N(A,Z))}{\Gamma(\mu^- + N(A,Z) \rightarrow \text{all muons captured})} \leq 6 \times 10^{-17}$$

Production Solenoid

Il fascio di protoni da 8GeV colpisce il bersaglio e produce per la maggior parte pioni.

Detector Solenoid

I muoni negativi colpiscono il sottile bersaglio di alluminio, dove decadono producendo elettroni. Nel DS sono situati il Tracciatore e il Calorimetro.

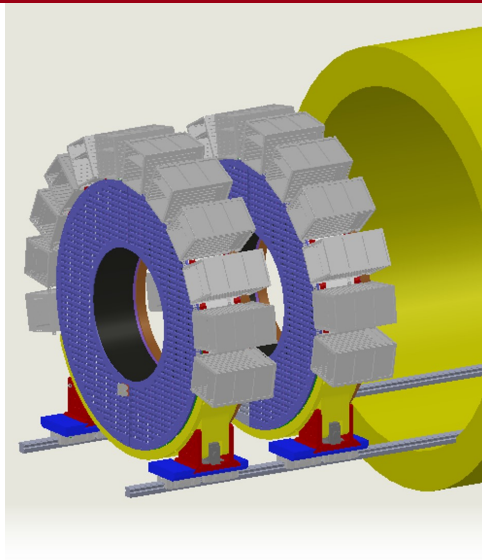


Transport Solenoid

I muoni prodotti dal decadimento dei pioni sono trasportati dal PS al DS tramite il TS. Grazie alla sua forma, solo i muoni negativi a bassa energia arrivano al DS.

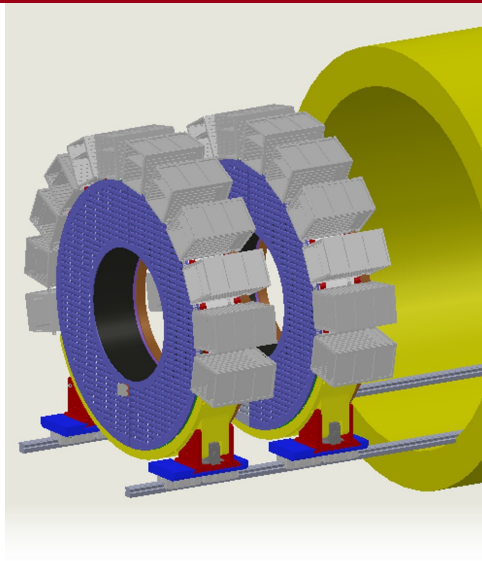
Il Calorimetro elettromagnetico (1)

- È situato in un campo magnetico uniforme a 1T
- La forma è ottimizzata per individuare elettroni a 105 MeV
- È composto da due dischi, ciascuno di 910 cristalli di BaF_2
- Per il readout, sono utilizzati 2 APD a larga superficie per cristallo



Il Calorimetro elettromagnetico (2)

- Ci sono 120 schede elettroniche per disco, raccolte a gruppi di 10 in 12 crate
- L'intero criostato è a una pressione di 10^{-4} Torr
- La temperatura all'interno del criostato è tenuta costante a 25°C



Due principali schede elettroniche

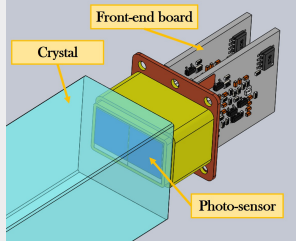
- Fotosensori con le schede di Front-end
- Le schede Waveform Digitizer

Necessitano di essere sostenute in posizione e raffreddate.

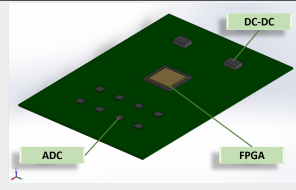
Principali vincoli

- Temperature massime raggiungibili
- Funzionamento nel vuoto
- Ingombro
- Refrigerante: SUVA R410A Bollente a 25°C

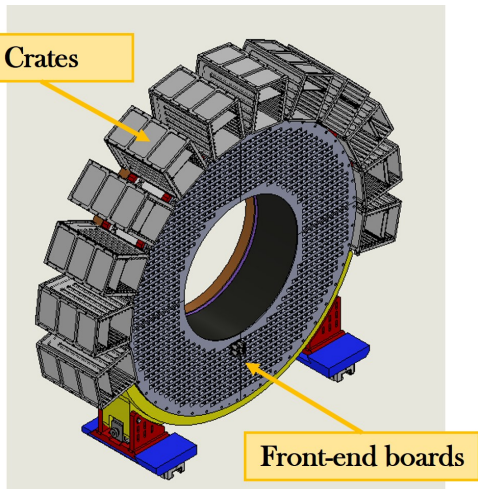
Front-end



Waveform Digitizer



Crates

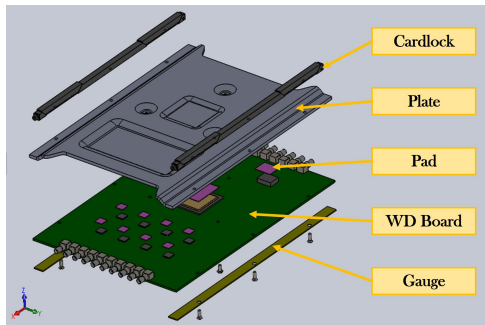


Front-end

- $1 \times \text{FPGA} \rightarrow 5W$
- $2 \times \text{DC-DC} \rightarrow 6W$
- $8 \times \text{ADC} \rightarrow 3.8W$
 $W_{\text{Tot}} \simeq 15W$
Size: Eurocard 6U ruotata

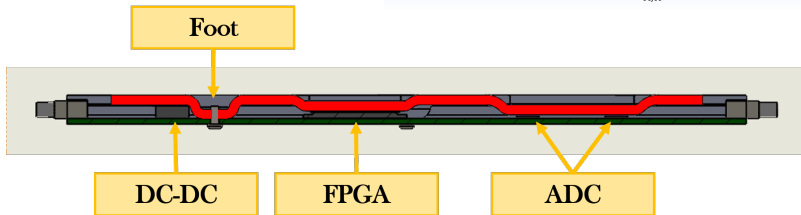
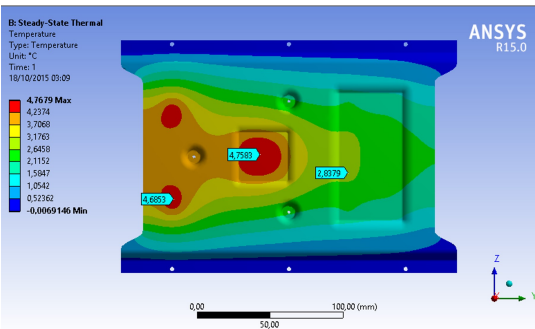
Problematiche affrontate

- Assenza d'aria
- Elevato numero di componenti da raffreddare
- Impossibilità di usare il ground layer
- Relativamente alta potenza da dissipare



Caratteristiche

- Materiale Al 1100-0
- Spessore 3mm
- Ottenuta per stampaggio

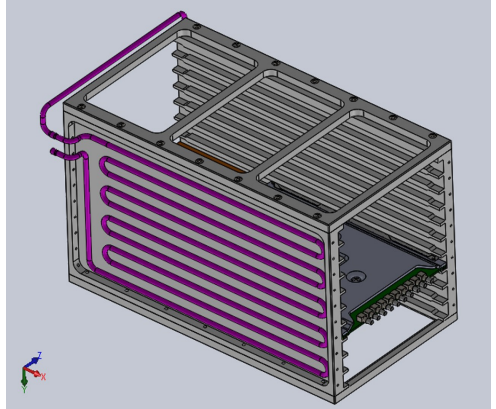


Caratteristiche

- Struttura in *Al* 5083-0
- Pipe da 0.5mm in *Al* 1100-0 brasato sui lati
- Peso e ingombro ridotti
- Bassa resistenza termica, e distribuzione omogenea della temperatura
- Lavorabile nelle officine INFN

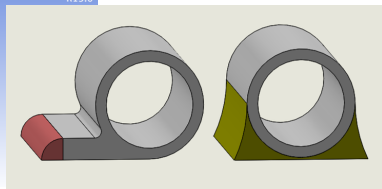
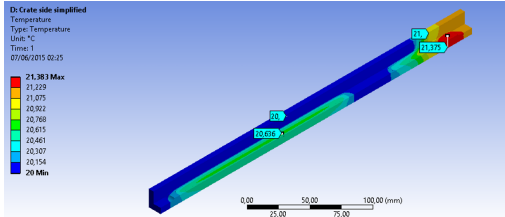
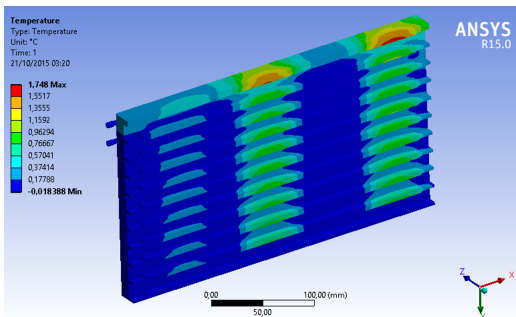
Problematiche affrontate

- Ingombri ed accessibilità delle schede
- Esercizio nel vuoto



Caratteristiche

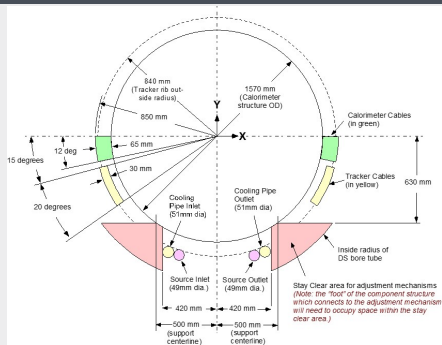
- $\Delta T_{Max} = 1.75^{\circ}C$
- $Variation_{Max} \Delta T \simeq 1^{\circ}C$



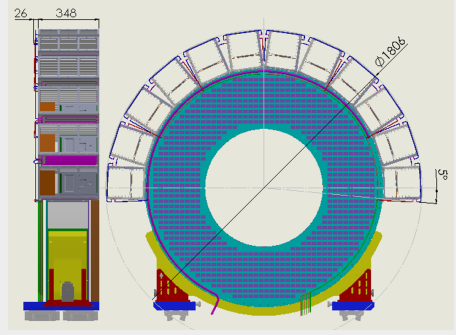
	ΔT FPGA [°C]	ΔT DC-DC [°C]	ΔT ADC [°C]
$\vartheta_{jc Top}$	36	50,1	1,45
Pad	2,0	12,8	1,5
Piastra	4,7	4,7	2,8
CardLock	7	7	7
Contatto	1	1	1
Crate	1,5	1,5	1,5
SUVA410A	1	1	1
$T_{raggiunta}$	78,2	103	41,2
$T_{junction}$	85	125	85
η	1,08	1,21	2,06

Configurazione attuale del Calorimetro

Vincoli di ingombri

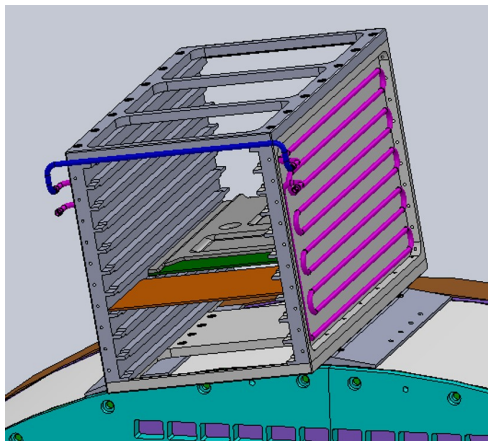


CAD attuale del Calorimeter



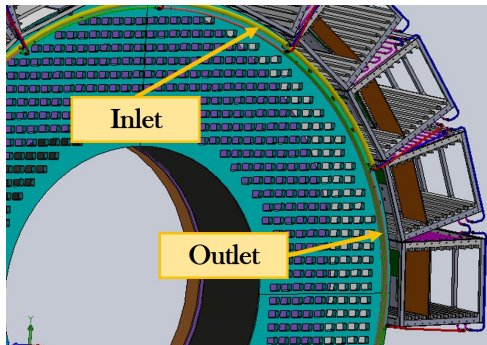
Operazioni necessarie

- Fissaggio appoggi sul cilindro esterno
- Posizionamento e fissaggio crate tramite viti
- Connessione del sistema di piping tra i vari crate tramite saldatura
- Connessione del sistema di piping verso l'esterno del criostato
- Inserimento delle schede
- Cablaggio delle schede



Operazioni necessarie

- Un unico canale di Inlet per l'intero Calorimetro
- I Crate sono connessi in serie a coppie
- Sei canali di Outlet per disco
- I canali corrono internamente all'alloggiamento dei Crate
- Regolazione del parallelo esterna al criostato a valle
- Chiller, pompe, valvole di regolazione, flussometri, separatore di fase e scambiatori situati all'esterno del criostato e lontano da iterazioni di tipo magnetico (sala macchine al piano superiore)



Tipi di prove da effettuare

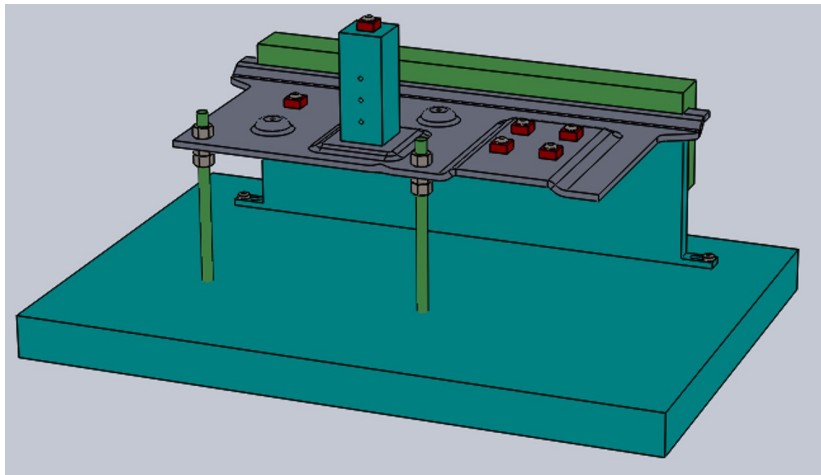
Per validare le simulazioni, conoscere dati tecnici altrimenti ignoti e aumentare i database di materiali conosciuti

- Resistenza termica di cardlok e pad termici
- Outgassing rate dei vari componenti
- Test di funzionamento di un dummy Crate completo con SUVA a vari titoli di impiego e analisi delle perdite di carico

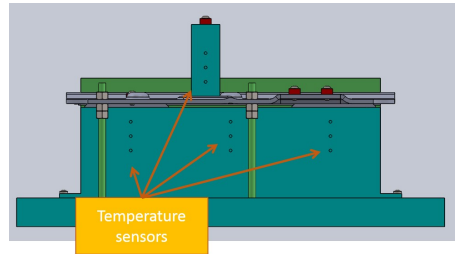
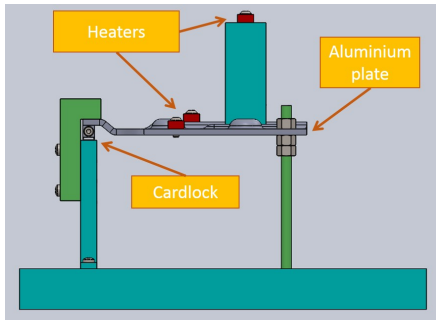
Strumentazione necessaria

- Camera termostata a vuoto ($p \leq 10^{-4} \text{ Torr}$, $\text{sizes}[cm] \geq 50 \times 60 \times 30$)
- Sensori di temperatura ($\text{Res} \leq 1/10^\circ \text{ C}$)
- Spettrometro di massa
- Flussometri e manometri
- Impianto di refrigerazione e pompaggio per SUVA410A ($20^\circ \text{ C} \leq T_{\text{reg}} \leq 30^\circ \text{ C}$, $p \geq 3 \text{ Mpa}$)
- DAQ

Sketch di attrezzatura sperimentale



Sketch di attrezzatura sperimentale



Grazie per l'attenzione!



UNIVERSITÀ DI PISA

