

# Stato dell'Esperimento MEG

---

*Marco Panareo*

# Obiettivo dell'esperimento

---

- L'esperimento MEG ha lo scopo di misurare il rapporto di decadimento

$$B = (\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma) / (\mu^+ \rightarrow \text{tot})$$

al livello di circa  $10^{-13}$ .

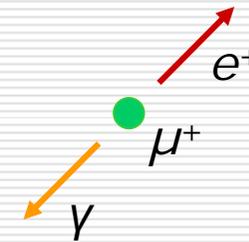
- Il modello standard prevede la conservazione del numero leptonico a tutti gli ordini. Anche includendo nel modello una massa dei neutrini diversa da zero, il nuovo modello prevede un rapporto  $B$  non accessibile sperimentalmente ( $B < 10^{-40}$ ).
- Tuttavia alcune teorie di grande unificazione supersimmetrica prevedono un valore di  $B$  molto più grande ( $10^{-14} \div 10^{-11}$ ). In questo senso MEG potrebbe fornire un utile contributo all'esplorazione della fisica oltre il modello standard.

# Rivelazione

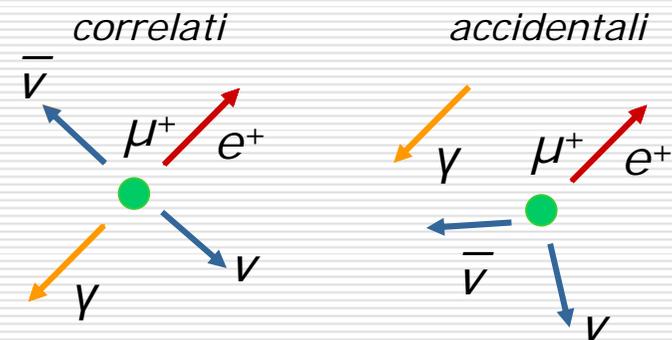
- La segnatura del decadimento

$$\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$$

è l'emissione della coppia  $e^+ \gamma$ , in direzioni opposte e con energia di circa 52.8 MeV, siccome il decadimento del  $\mu^+$  avviene a riposo.

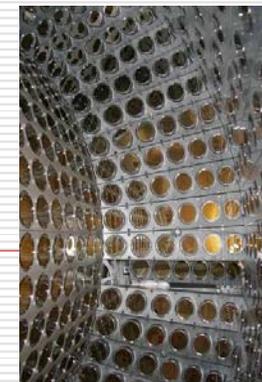
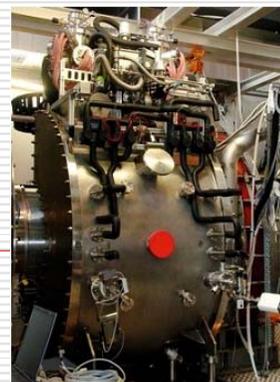
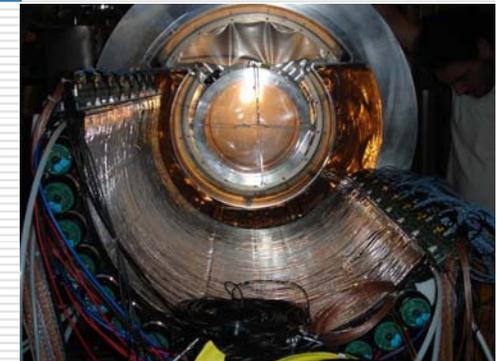
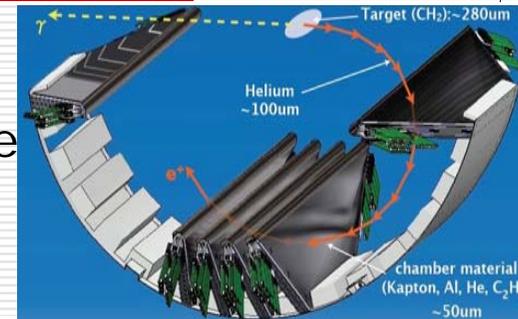
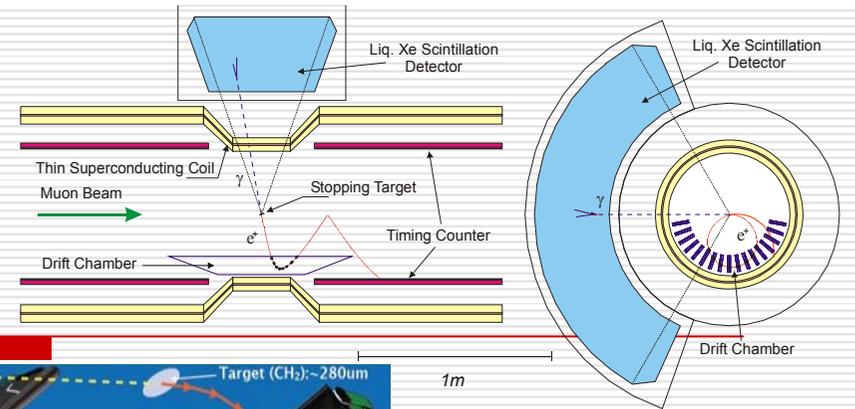


- Pertanto l'identificazione di questo processo necessita di una buona capacità di riconoscere le due particelle e una misura con elevata risoluzione delle loro energie, dell'angolo relativo e della contemporaneità della loro emissione.
- I fondi principali sono dovuti ai decadimenti radiativi del  $\mu^+$  e decadimenti di Michel col  $\gamma$  proveniente da altri processi



# Lo Spettrometro

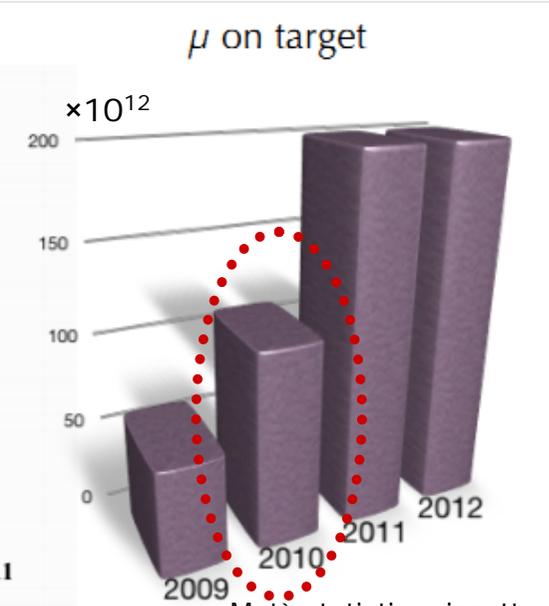
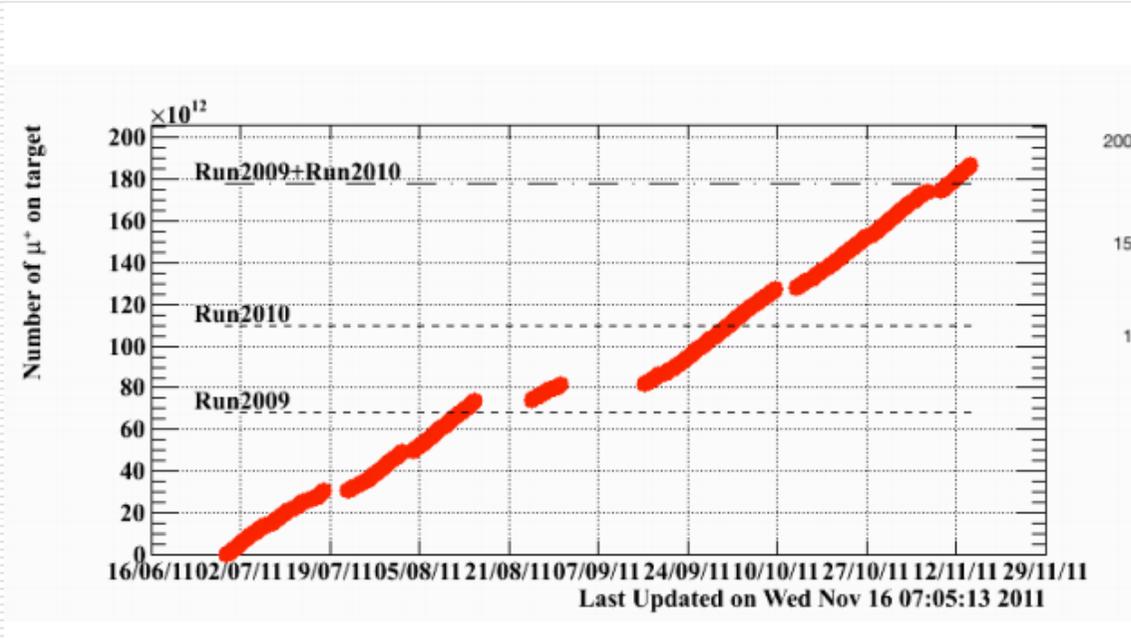
- Il fascio di muoni (circa  $3 \times 10^7/\text{sec}$ ) viene arrestato su un bersaglio di polietilene spesso  $150\mu\text{m}$
- La quantità di moto e la direzione di volo dei positroni sono determinati mediante un magnete superconduttore ed un tracciatore realizzato con un sistema di 16 camere a drift
- Il tempo di volo dei positroni è misurato da un sistema di scintillatori.
- Energia, posizione e tempo di volo dei fotoni sono determinati attraverso le scintillazioni prodotte in un calorimetro a Xe liquido.



# Runs

- 3 anni di run (2009-2011) hanno permesso di migliorare di un fattore 5 il limite superiore sul decadimento cercato  $[(\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma) / (\mu^+ \rightarrow e^+ \nu \bar{\nu})]$  al 99% C.L.

■ 2009	→	$9.6 \times 10^{-12}$
■ 2010	→	$1.7 \times 10^{-12}$

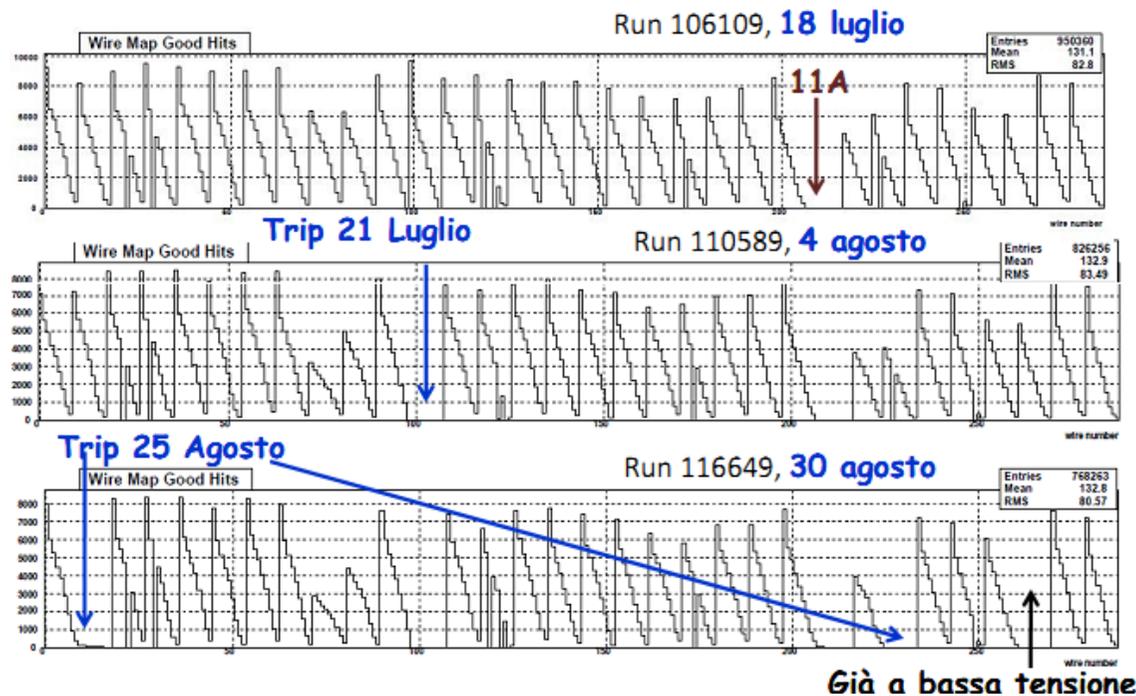


Meta statistica rispetto  
Al 2011 a della rottura del  
solenoide di trasporto del  
fascio (BTS) 5

# Tracciatore di positroni

- L'instabilità intrinseca del sistema di tracciamento ha inficiato in maniera consistente efficienze e risoluzioni spaziali
- A questo si è aggiunto il problema di disturbi rilevati dall'elettronica di FE ricondotti a possibili ground loop nei circuiti e mai completamente risolti
- Questo ha indotto la collaborazione a considerare la completa sostituzione del tracciatore con uno basato su un disegno differente

Numero di hits per filo in 3 diversi periodi.



Variable	Previsto	Ottenuto
Photon Energy (%)	1.2	1.9
Photon timing (psec)	43	67
Photon position (mm)	4(u,v),6(w)	5(u,v),6(w)
Photon efficiency (%)	> 40	60
Positron momentum (KeV)	200	380
Positron angle (mrad)	$5(\phi_e)/5(\theta_e)$	$7(\phi_e)/9(\theta_e)$
Positron timing (psec)	50	107
Positron efficiency (%)	90	40
Relative angle (mrad)	7.2	10.3
Relative timing (psec)	65	120

# Upgrade

---

- La proposta di upgrade prevede
  - Sostituzione del tracciatore con una DC a volume continuo
  - Sostituzione dei PMT della faccia più interna del calorimetro LXe con SiPM (array di PMT da 1" quadrato), per migliorare la risoluzione nella posizione di arrivo del  $\gamma$
  - Realizzazione di un bersaglio attivo con fibre scintillanti singolarmente accoppiate a una matrice di SiPM, per migliorare la risoluzione nella posizione di arresto/decadimento del  $\mu$
  - Uso di SiPM per la lettura degli scintillatori del TC (aumenta la risoluzione temporale, elimina la NB, aumenta l'efficienza)
- L'ultimo punto è ancora oggetto di discussione relativamente alla miglioria introdotta in relazione al costo

# Proposta di DC

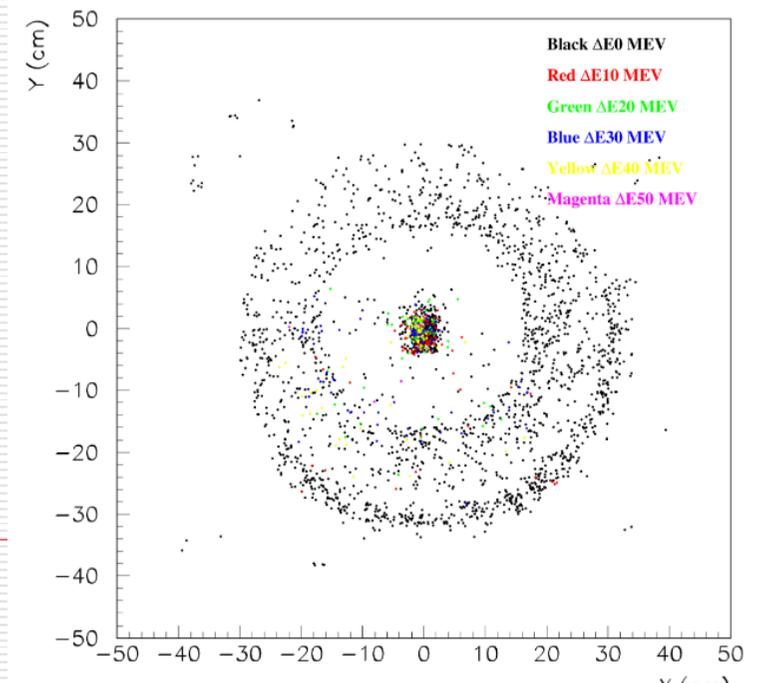
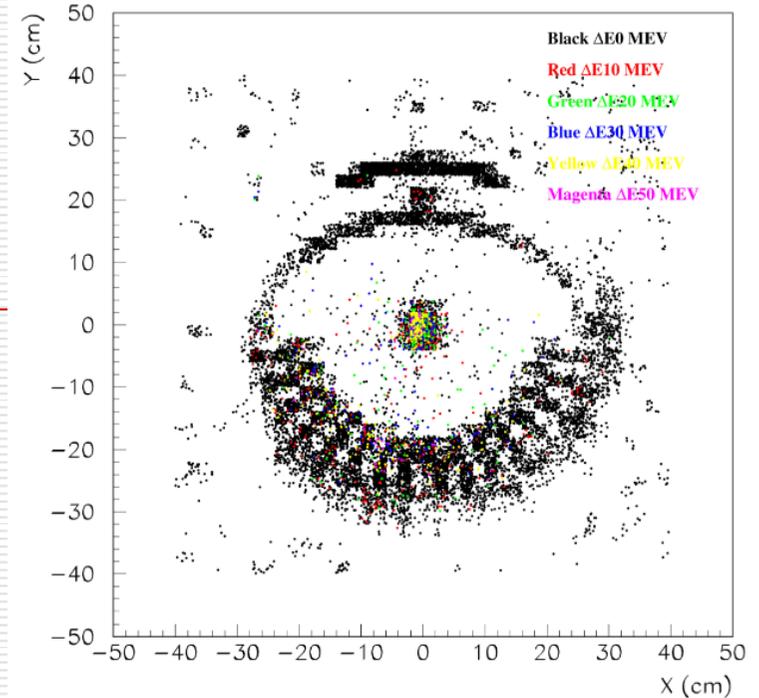
---

- Camera a volume continuo
- Fili stereo con viste u e v
- Celle a proiezione quadrata di 7mm
- Piani stereo u e v ruotati di  $\sim 8^\circ$  rispetto a z
- Sezione dei fili di sense/field 25 $\mu$ m/50 $\mu$ m
- Miscela di He/iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 90/10
- Lunghezza totale di 180cm
- Raggio esterno di 29cm
- Circa 2400 sense wires
- Circa 12000 field wires

# Fondo da $\gamma$

- La sostituzione del tracciatore con la DC proposta introduce un ulteriore vantaggio in termini di minore fondo da  $\gamma$  atteso nel calorimetro
- Attraverso MC è stato valutato il fondo prodotto dal nuovo tracciatore
- Si stima che con la nuova camera si possa ottenere un riduzione complessiva del fondo da  $\gamma$  dell'ordine del 20%

02/07/2012



# Prototipi

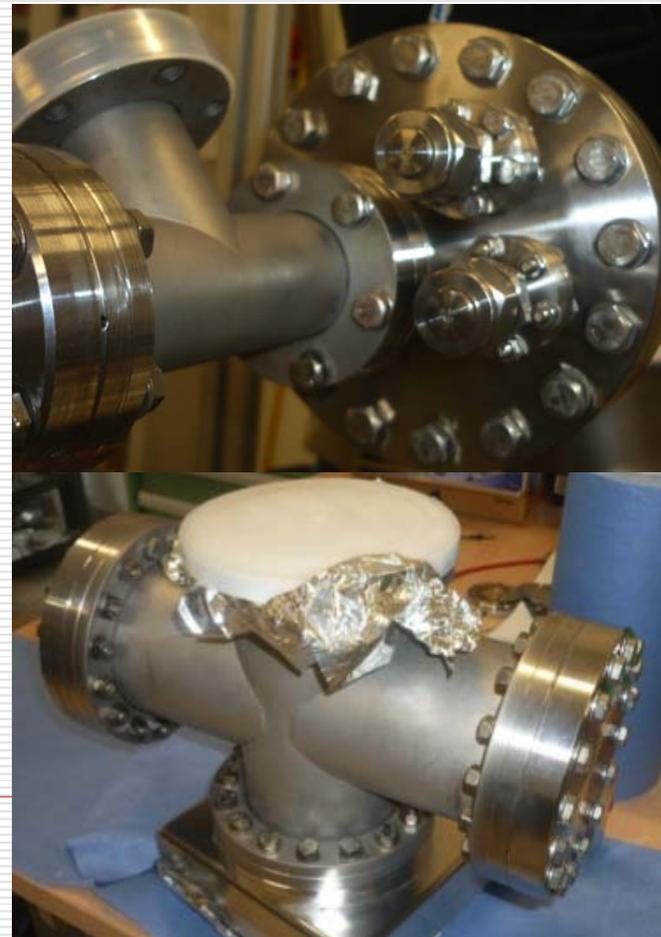
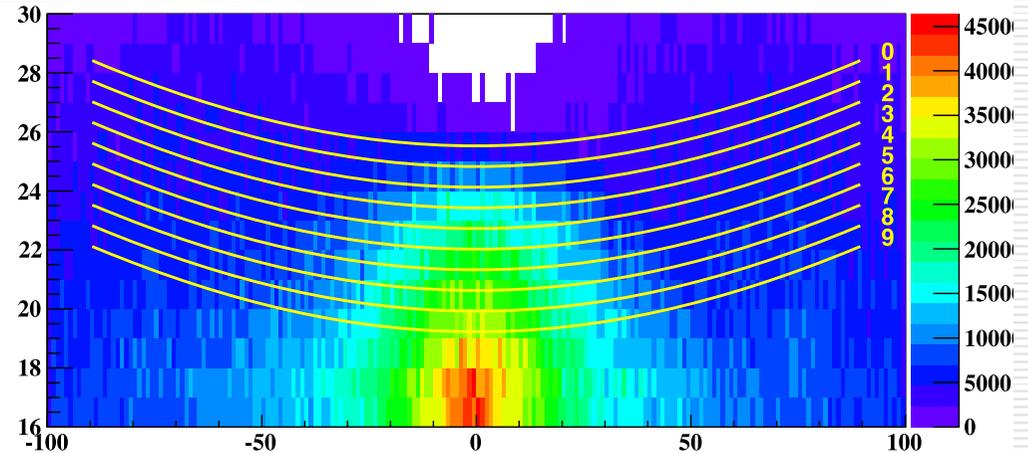
---

- Molti aspetti dello sviluppo saranno definiti attraverso la costruzione di prototipi, principalmente:
  - Aging
  - Risoluzione spaziale
  - Capacità del FE di risolvere i segnali

# Aging

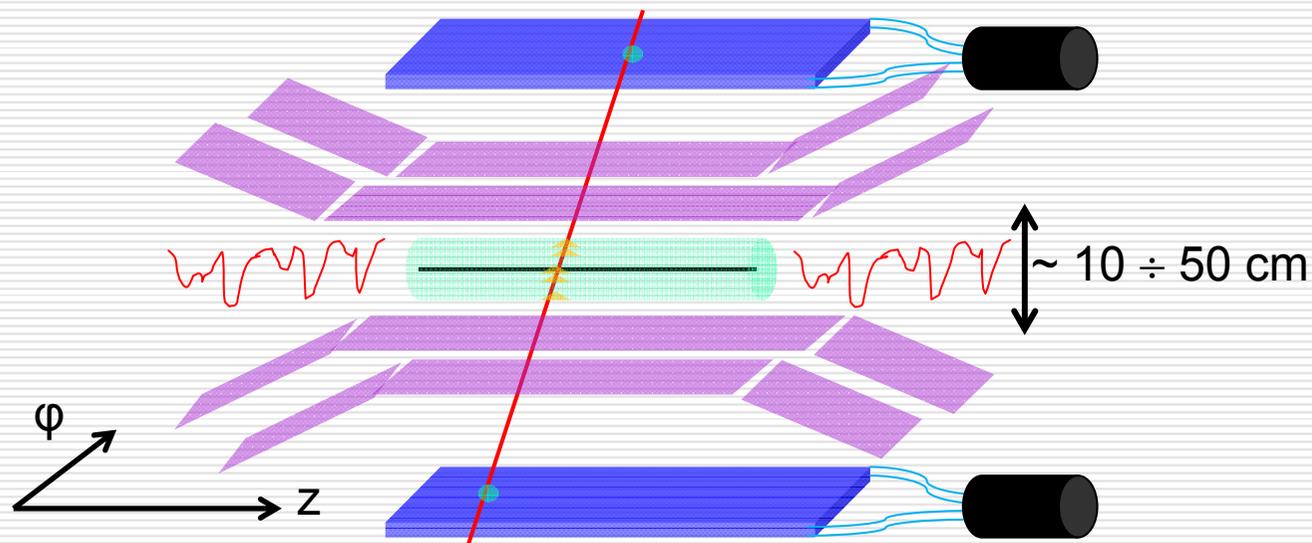
- Per 300 giorni di run con circa  $1 \times 10^8 \mu/s$  arrestati sul bersaglio, un guadagno di  $2 \times 10^5$  si ha una carica accumulata di circa  $0.5C/cm$  (circa 170 superiore rispetto KLOE)
- E' necessario verificare sperimentalmente la funzionalità della camera anche a questi rate
- Per questo scopo un piccolo prototipo è in fase di costruzione a Pisa:
  - Fili da 20 e 50  $\mu m$
  - He/ $iC_4H_{10}$  (or He/ $iC_4H_{10}/CO_2$  - He/ $iC_4H_{10}/H_2O$ )
  - Celle  $7 \times 7 mm^2$
  - Guadagno di  $2 \times 10^5$
- Due generatori di raggi X da  $5 \div 10 keV$  sono disponibili (Pisa):
  - 1W  $\rightarrow 10^7$  X-ray/ $cm^2/s$
  - $0.1W \div 1.2kW \rightarrow 10^{10}$  X-ray/ $cm^2/s$

DC occupancy ( $cm^{-2}s^{-1}$ ) @  $10^8 \mu/s$



# Risoluzione

- Tre prototipi sono attualmente in fase di sviluppo
  - 1 Roma
  - 3 Lecce
- Uno specifico telescopio è in fase di completamento a Pisa per il loro test



# Telescopio

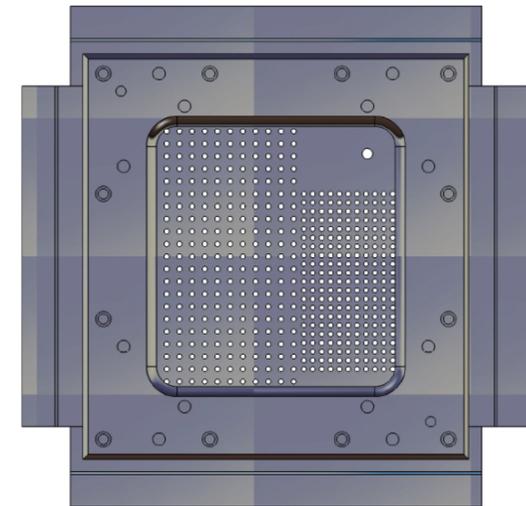
	$\phi$ -view ( $\mu\text{m}$ )	z-view ( $\mu\text{m}$ )
Strip pitch	50	100
Hit resolution (@vertical crossing)	20	40
Position Resolution (telescope)	10	20
Position Resolution (test detector)	50	150

$$\sigma_{\text{tel}} \ll \sigma_{\text{DUT}}$$

OK to us!

# Risoluzione – Prototipo di Roma

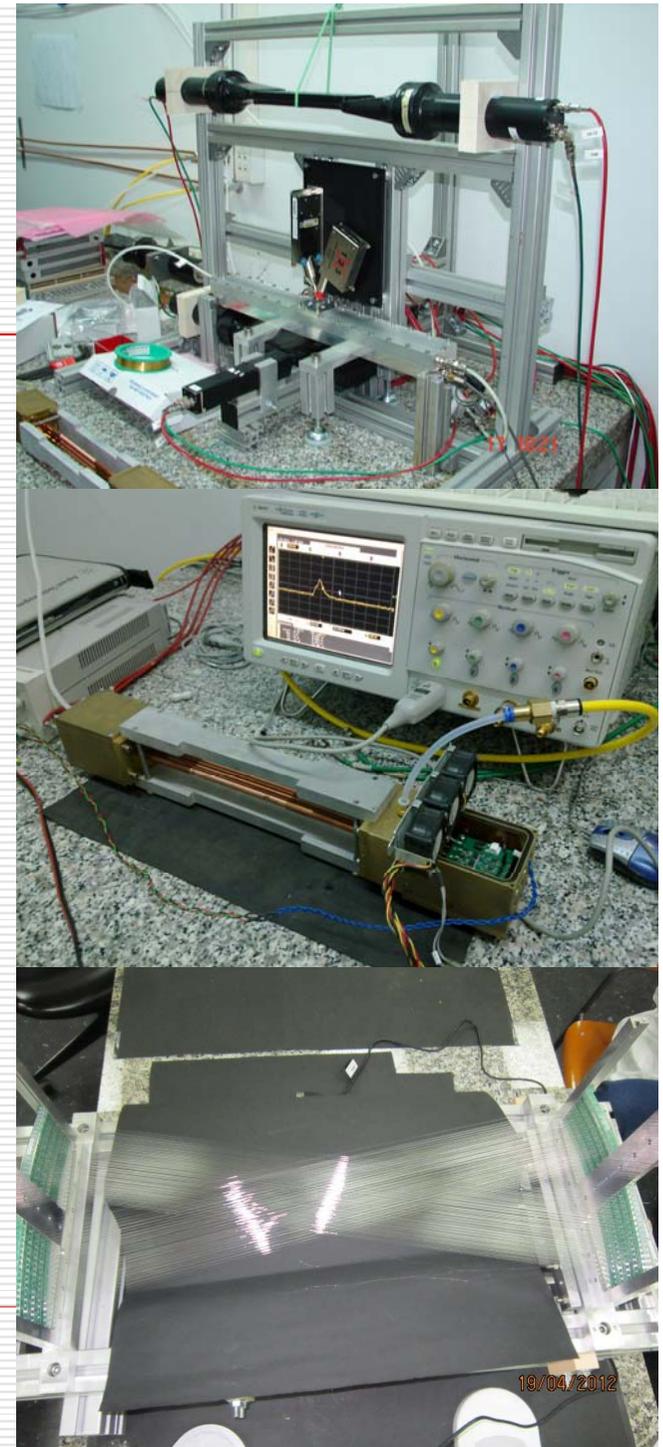
- ❑ Struttura in alluminio, lunghezza di 50cm e endplate 20×20cm<sup>2</sup> con finestre in mylar per minimizzare il MS
- ❑ Celle quadrate da 14mm
  - Fili dritti
  - 1 filo di sense, 8 fili di campo
  - Fili di sense: 25µm W – Au plated (da KLOE)
  - Fili di campo: 50µm di CuBe (PSI)
- ❑ Miscela di He/iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 90/10
- ❑ Completamento entro la fine di Luglio



# Prototipi di Lecce

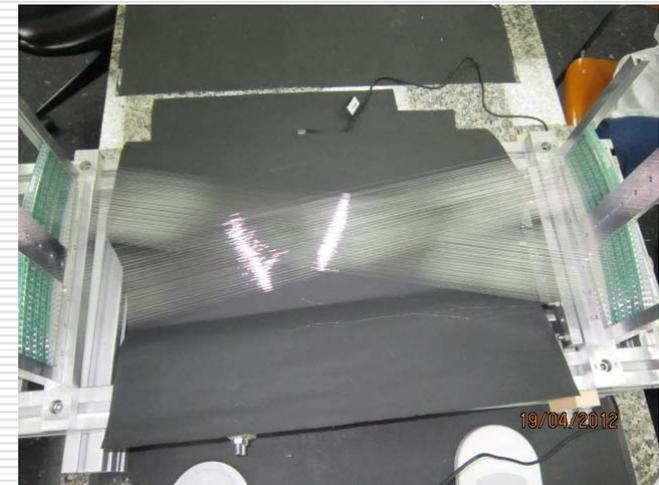
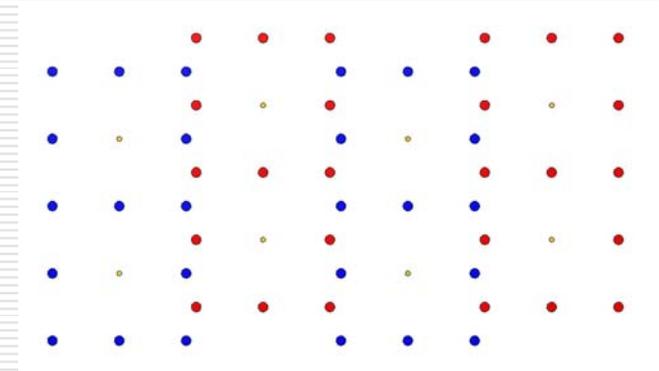
- ❑ Singolo tubo a drift ( $\varnothing \sim 8\text{mm}$ )  
~30cm di lunghezza, filo da  $25\mu\text{m}$  di tungsteno placcato in oro
- ❑ Tre tubi a drift ( $\varnothing \sim 8\text{mm}$ )  
allineati ~ 30cm di lunghezza,  
filo da  $25\mu\text{m}$  di tungsteno  
placcato in oro, spessore dei  
tubi nella regione centrale  
~  $200\mu\text{m}$  per minimizzare il MS
- ❑ Camera multifili stereo ...

02/07/2012



# Prototipi di Lecce – pMu2e

- Struttura in policarbonato, lunghezza 60cm e enplates semicircolari con raggi di 40cm e 65cm con finestre in mylar
- Celle quadrate da ~14mm
  - Fili stereo (angolo di 200mrad rispetto z)
  - 20 layer di celle, 10 celle per ogni layer
  - 1 filo di sense, 5 fili di campo
  - Fili di sense: Mo – 20 $\mu$ m Ag plated
  - Fili di campo: Al – 40 $\mu$ m Ag plated
  - 1000 fili di campo, 200 fili di sense, 46 fili per la definizione del campo ai bordi
- Miscela di He/iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 90/10
- Filatura completata per circa la metà



# 3 aligned tubes electrical characterization

- Tube data
  - Length: 28cm ( $l_t$ )
  - Internal radius: 4.175mm ( $R_2$ )
  - Wire diameter: 25 $\mu$ m ( $R_1 =$  Wire diameter/2)
  - Wire resistance: 60 $\Omega$  ( $R_w$ )

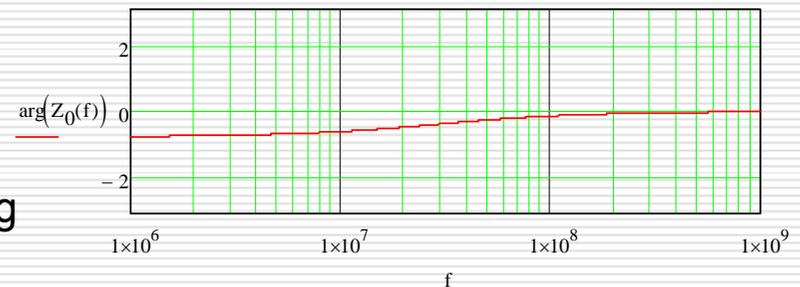
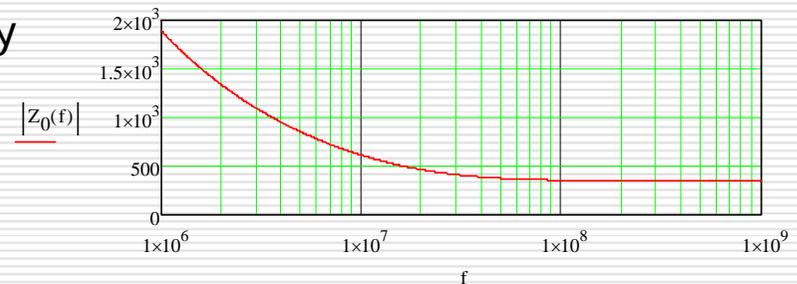
- Drift tube as transmission line, primary constants calculation:

- $r = R_w/l_t \sim 214 \Omega/m$
- $g \sim 0$
- $l = (\mu_0/2\pi)/\ln(R_2/R_1) \sim 1.16\mu H/m$
- $c = (2\pi \epsilon_0)\ln(R_2/R_1) \sim 9.57pF/m$

- Characteristic impedance:

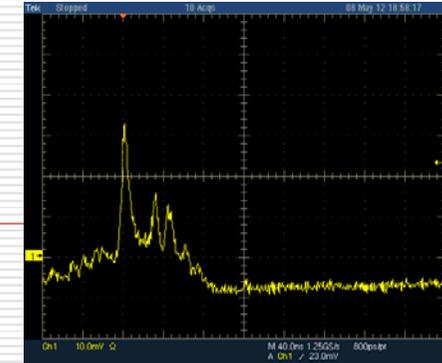
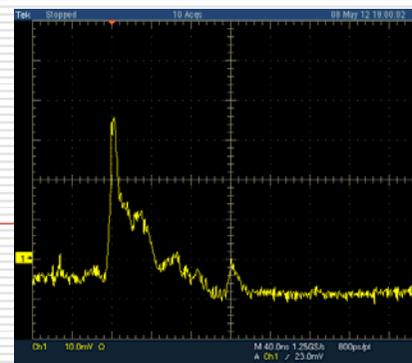
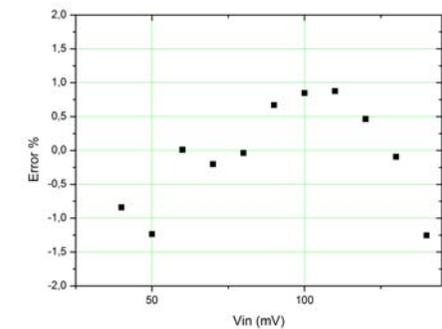
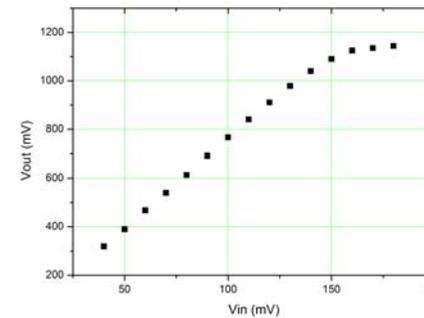
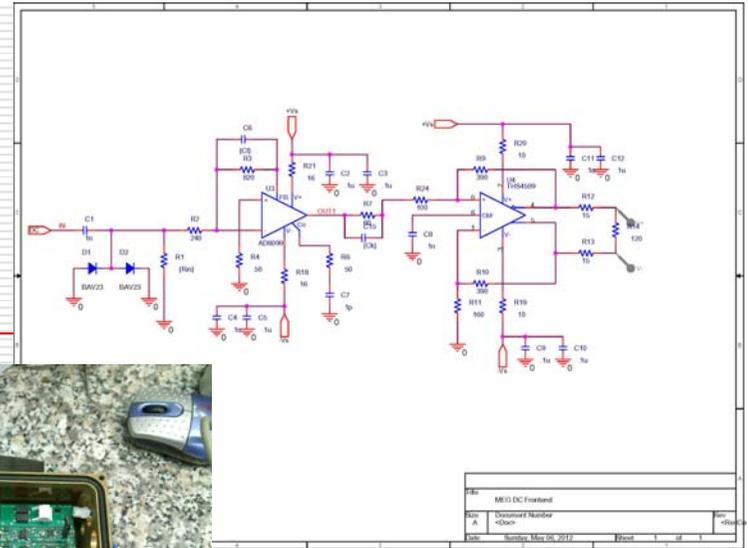
- $Z_0 = \text{sqrt} [(r+j2\pi f l)/j2\pi f c];$
- for  $f \gg r/(2\pi l) \sim 30\text{MHz}$   $Z_0 \sim \text{sqrt}(l/c) = 348\Omega$

- Therefore matching can be easily do by using just a resistor



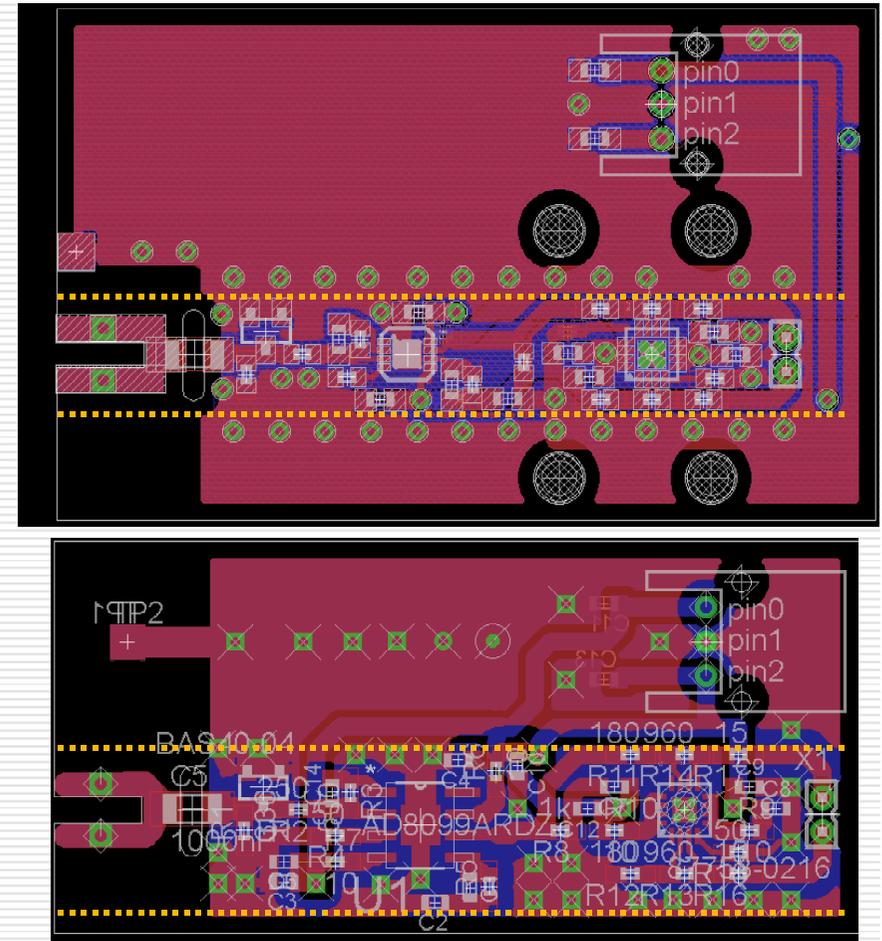
# DC Frontend

- A 3-channels frontend based on AD8099-THS4509 ICs was assembled and tested using both signals from pulse generator and from a setup of 3 aligned 8 cm diameter drift tubes, 30 cm long
- Differential signaling is used to improve the noise immunity. Outputs will be connected to the digitization stage through a HD twisted pairs cable
- Measured performances:
  - Input voltage dynamical range 0 ÷ 150mV
  - Integral non-linearity < 1.5%
  - Output voltage noise (120ohms load) < 2mV
  - -3dB bandwidth ~ 800MHz



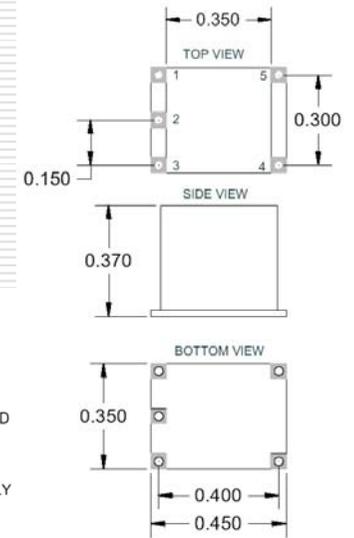
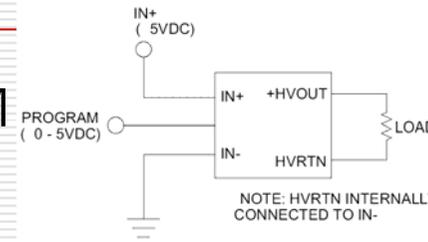
# DC Frontend

- A very compact version of PCB for that frontend, 6.6mm-wide (- 30% wide with respect to the previous version), was designed and will be tested soon (AD8099 LFCSP package was used instead of SOIC package). A heatsink mounting was included
- This new FE version will be used for Pisa aging test
- A 6-channels FE, suitable for the Rome prototype, will be developed soon



# DC HV

- A HV power supply based on HVM DC-DC ultra-miniature HV converter (Nhv0520) was designed



## Electrical Characteristics (at +23°C)

**Input Power Voltage (V+):**  $5V \pm 0.5V_{dc}$

**Programming Voltage:** 0 to 5 Volts programming input results in full rated output

**Programming Input Impedance:** 100k $\Omega$

**Output Tolerance at No Load:**  $\pm 1\%$

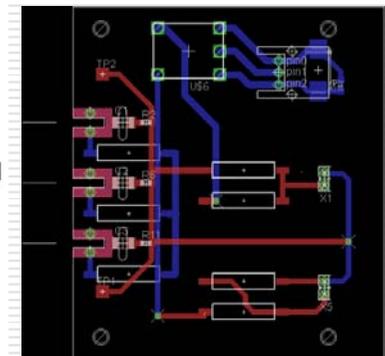
**Input-Output Isolation:** This device is not Isolated, HV return internally connected to ground

**Load Regulation:**  $< 0.1\%$  from no load to full load

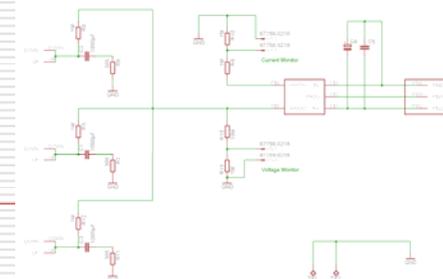
**Output Ripple:**  $< .01\%$  typical at full load

**Oscillator Frequency:** 45 kHz – 80 kHz

**Efficiency:** 50% typical at full load



- It will be tested on the 3-drift tubes system



# Attività per il 2012-2013

---

## □ 2012

- Run (Jul. 24<sup>th</sup> ÷ Dec. 21<sup>st</sup>)
- Aging test
- Test della risoluzione
  - Uso del sistema di 3 tubi (FE completato)
  - Realizzazione di una scheda di FE a 6 canali
  - Completamento del Prototipo di Roma
  - Completamento del Prototipo di Lecce

## □ 2013

- (Run (Feb. ÷ ?))
- Realizzazione di un "Large prototype"
- Definizione completa della DC
- Finalizzazione della scheda di FE
- Integrazione nel DAQ

# Publicazioni

---

- J. Adam et al. (MEG collaboration), [\*A limit for the  \$\mu \rightarrow e \gamma\$  decay from the MEG experiment\*](#); Nucl. Phys. B834 (2010) 1;
- J. Adam et al. (MEG collaboration), [\*Calibration and monitoring of the MEG experiment by a proton beam from a Cockcroft-Walton accelerator\*](#); Nucl. Instr. Meth. A641 (2011) 19.
- J. Adam et al. (MEG collaboration), [\*New Limit on the Lepton-Flavor-Violating Decay  \$\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma\$\*](#) ; Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 171801.
- J. Adam et al. (MEG collaboration), *The MEG Detector*, to be submitted to Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A (2012)