

ArduSiPM

Un rivelatore di raggi cosmici e radiazioni nucleari



Dr. Valerio Bocci

Giacomo Chiodi, Dr. Francesco Iacoangeli, Massimo Nuccetelli, Ing. Luigi Recchia



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Sezione di Roma



Dott. Valerio Bocci, 16 Ottobre Maker Faire Rome



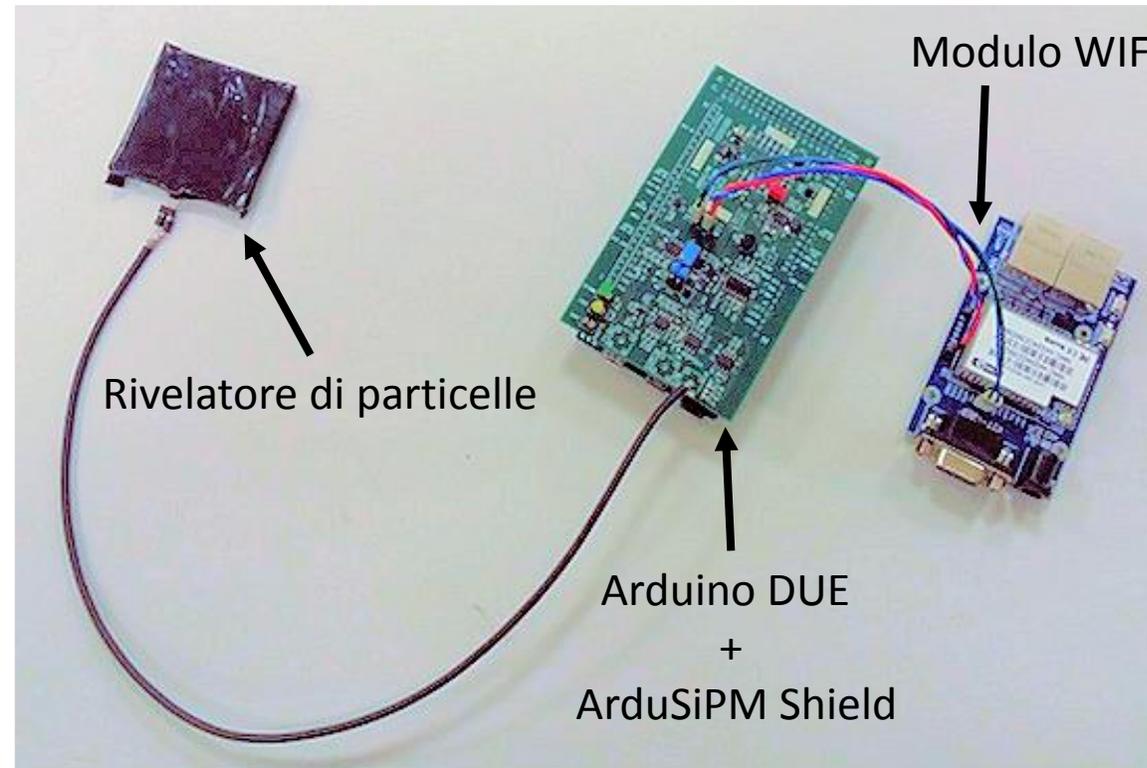
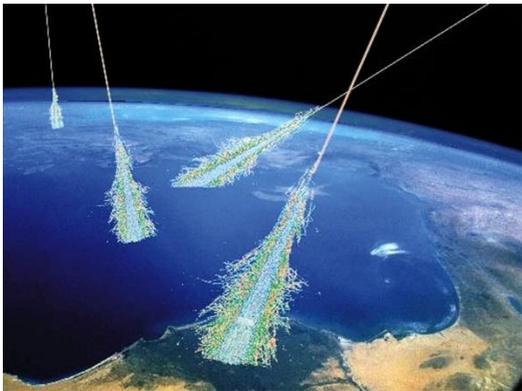
Arduino+ArduSiPM Shield+rivelatore

Un vero rivelatore di particelle a basso costo con tanto di Elettronica e sistema di acquisizione.

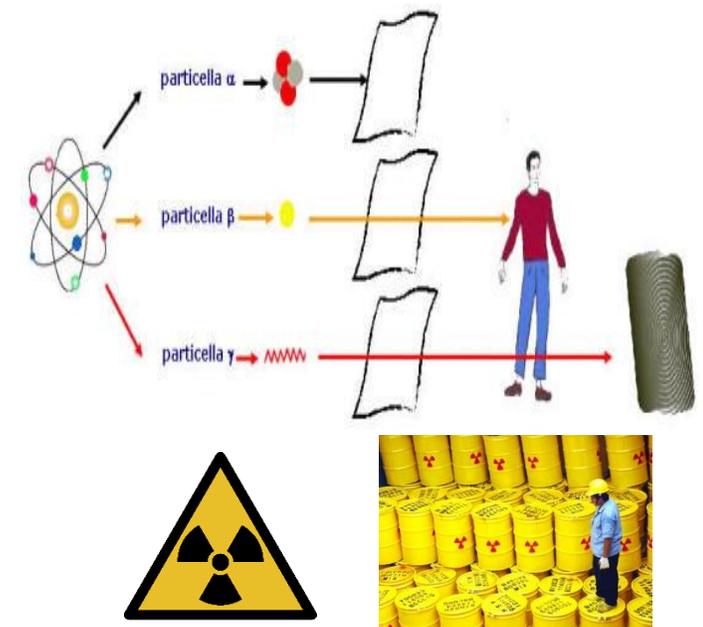
Il dispositivo riproduce un rivelatore come quelli usati al CERN all'acceleratore LHC.

Utilizzo Didattico, Ricerca.

Rivelazione di Raggi Cosmici



Rivelazione di radiazioni

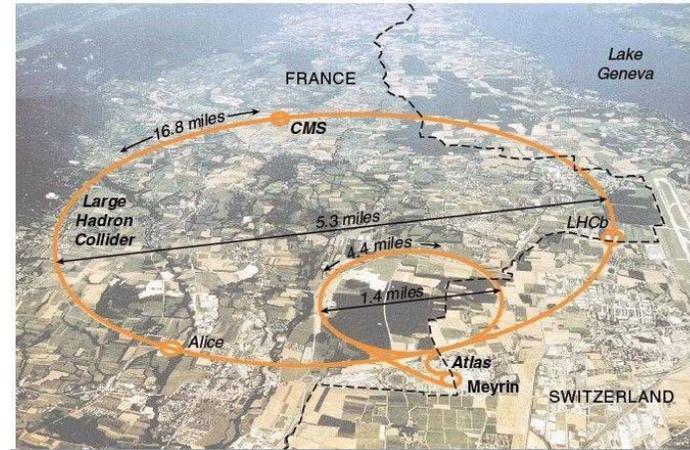


Costruire un acceleratore di particelle non è cosa di tutti i giorni.

E non pensiamo di farvene costruire uno...



LHC
CERN Ginevra



Tevatron Fermilab Chicago

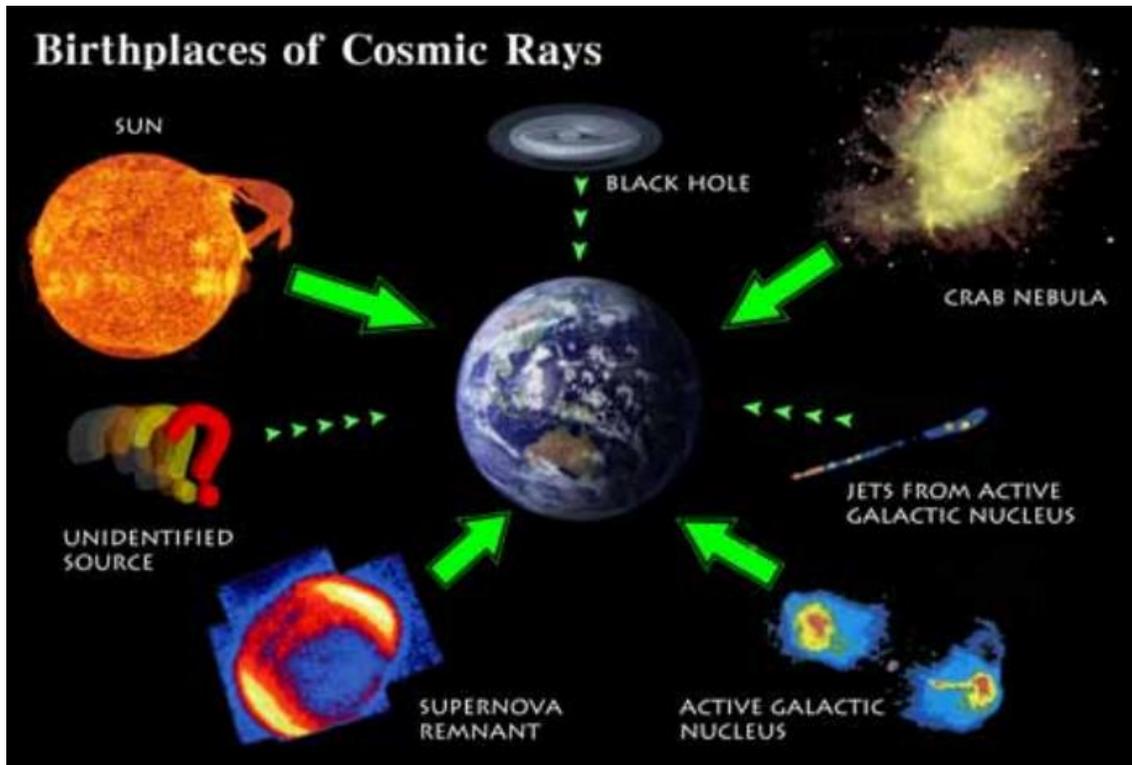


CNAO acceleratore per adroterapia



Un pò di ScienzaI Raggi Cosmici

Esistono nell'universo dei giganteschi acceleratori di particelle, molto più potenti anche dell'LHC al CERN di Ginevra. Questi acceleratori lanciano particelle nel cosmo... I Raggi Cosmici

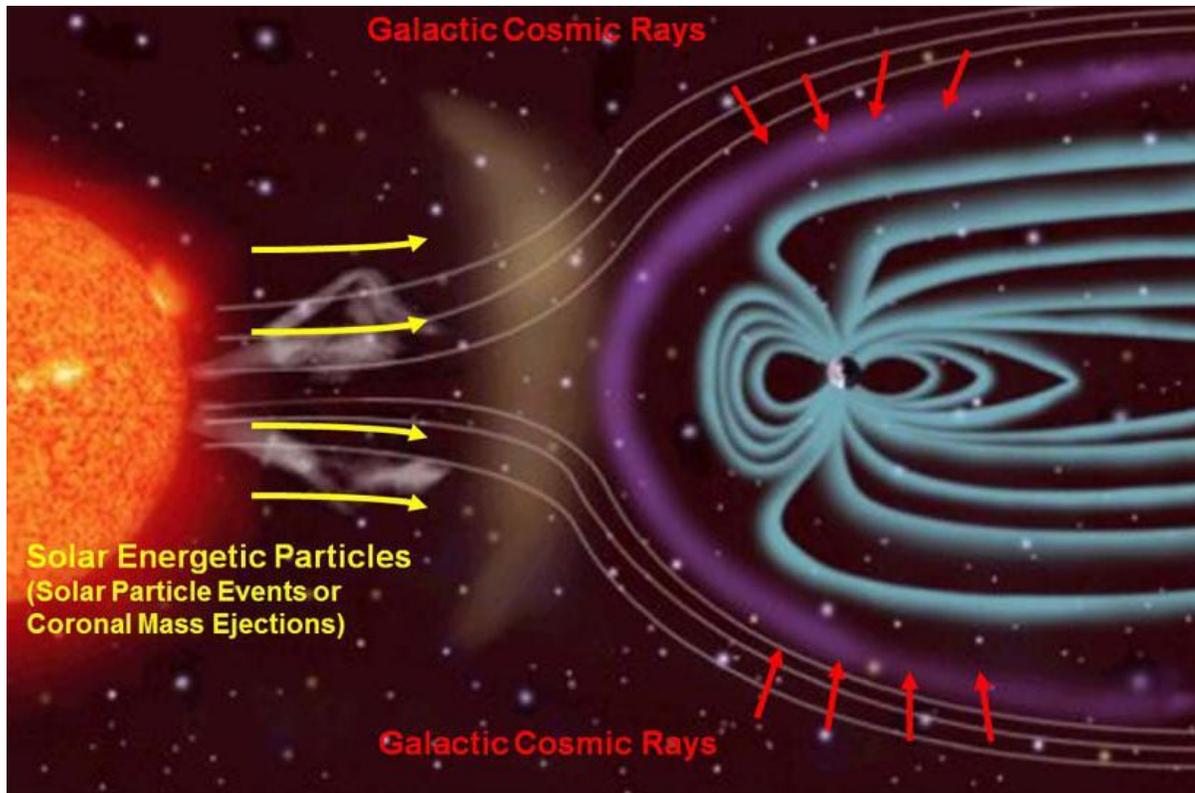


Diverse di queste particelle raggiungono il nostro pianeta.



Il campo magnetico terrestre il nostro scudo

Per nostra fortuna la gran parte delle particelle soprattutto quelle che arrivano dal Sole (il Vento solare) vengono deviate



Anche se in alcuni luoghi lo scudo cede un po..
producendo le bellissime aurore boreali



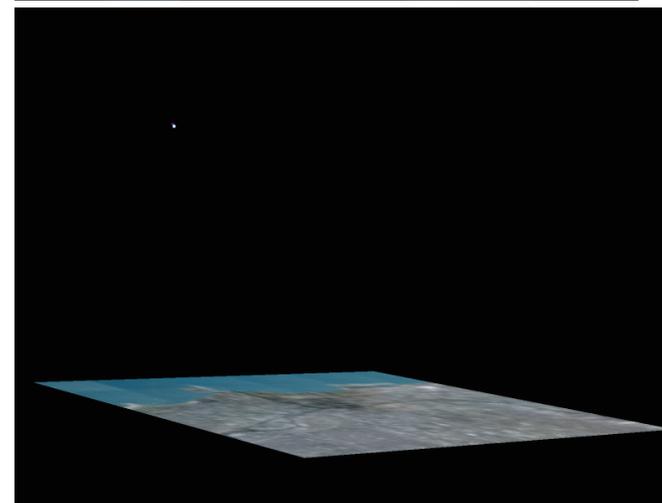
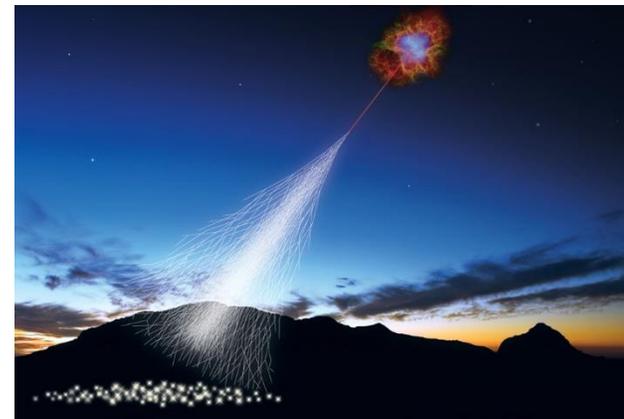
Dovute all'interazione di particelle cariche (protoni ed elettroni) di origine solare (vento solare) con la ionosfera terrestre (atmosfera tra i 100 – 500 km)

Lo sciame cosmico

Una doccia di particelle (shower)

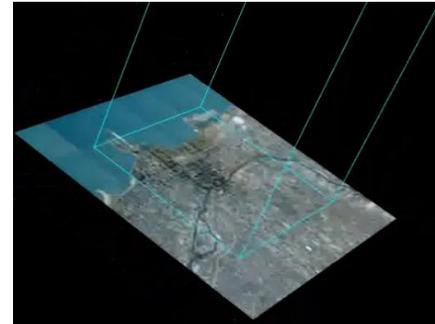
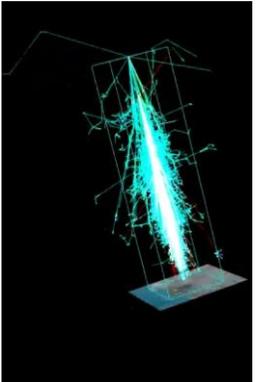
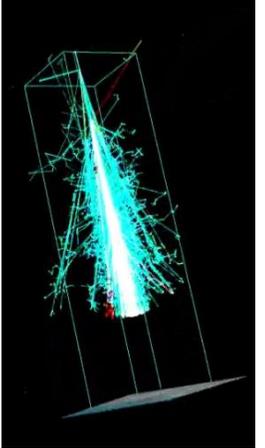
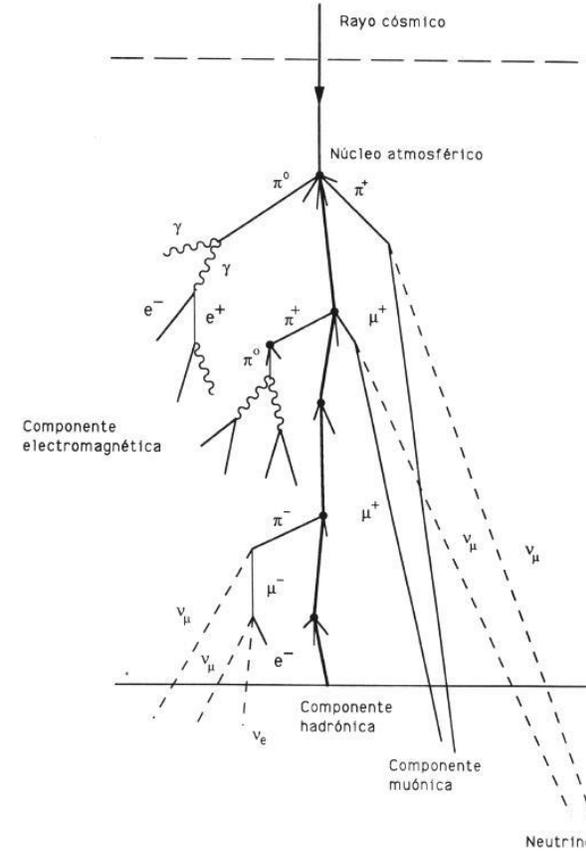
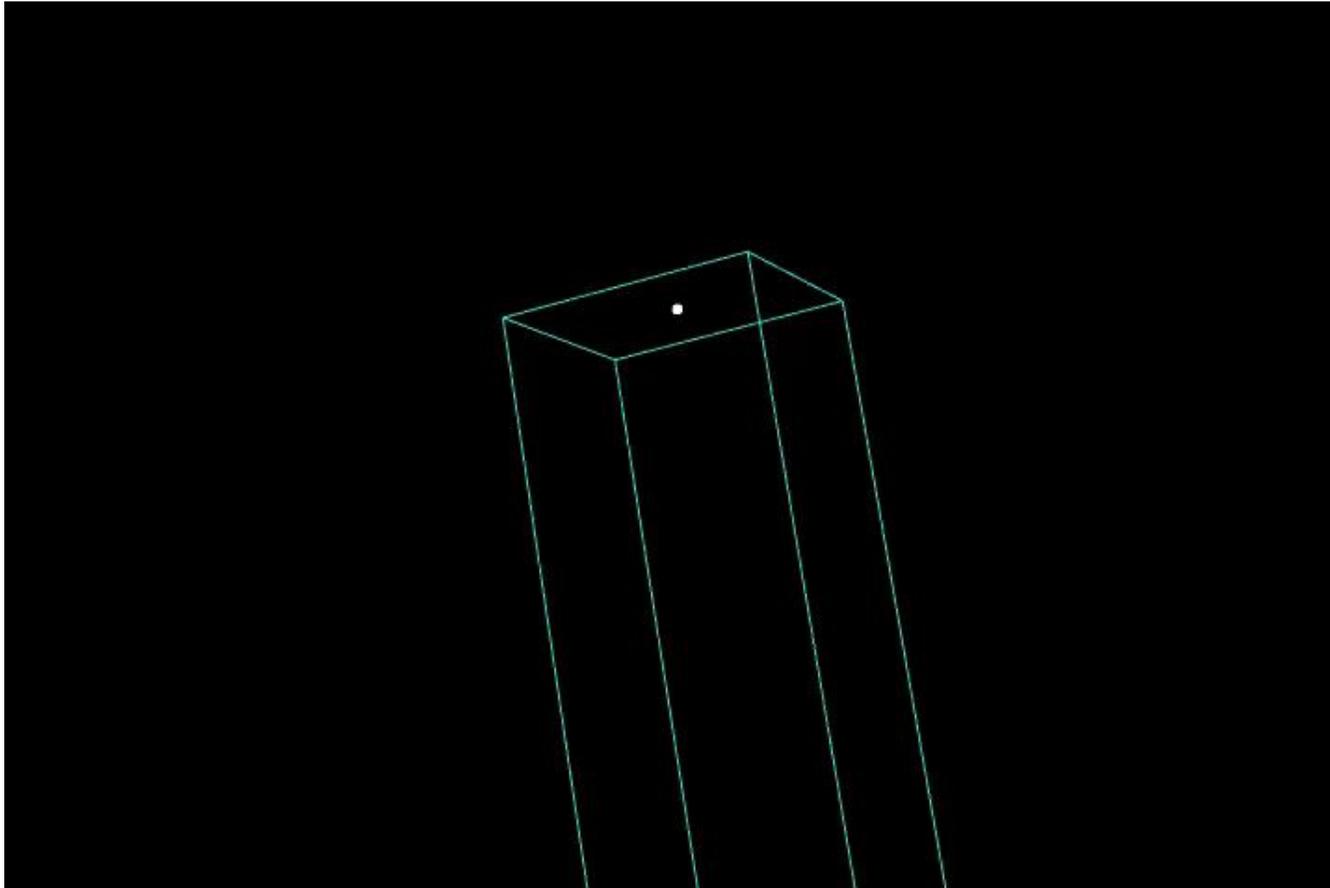


Quando un raggio cosmico ad alta energia, tipicamente un protone accelerato, colpisce l'atmosfera, si crea una cascata di particelle che è tanto più larga al suolo, quanto più era energetica la particella primaria. In questo modo l'atmosfera assorbe l'energia dei raggi cosmici fungendo da ulteriore scudo. Ma migliaia di particelle raggiungono il suolo ...
...tipicamente sono i **muoni**.



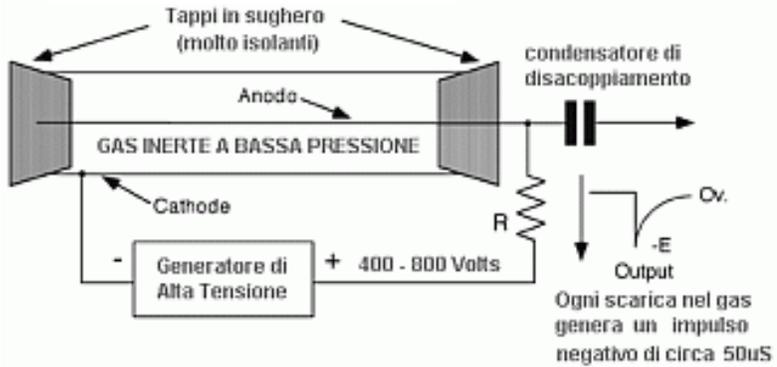
Animazione di uno sciame cosmico

AIRES Cosmic Ray Showers
(<http://astro.uchicago.edu/cosmus/projects/aires/>)

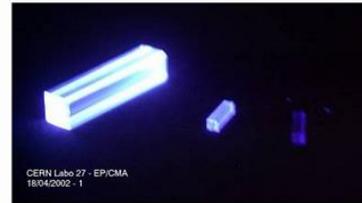
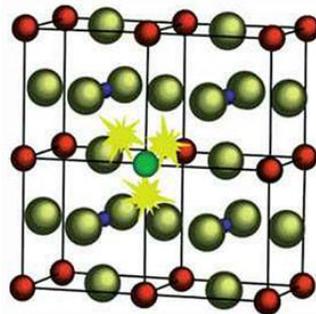
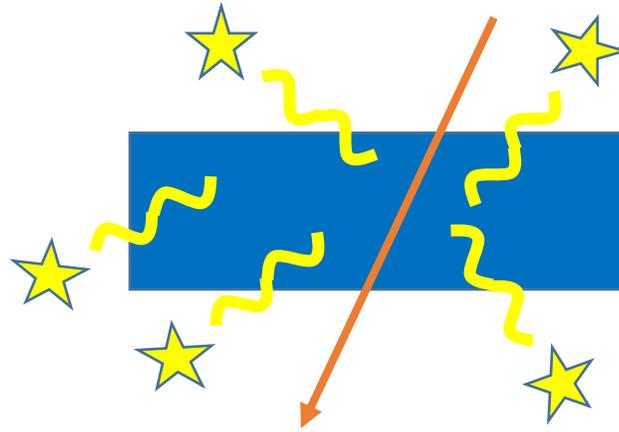


Alcune tecniche per rivelare le particelle

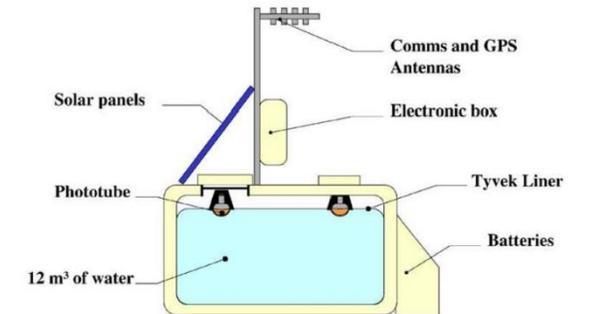
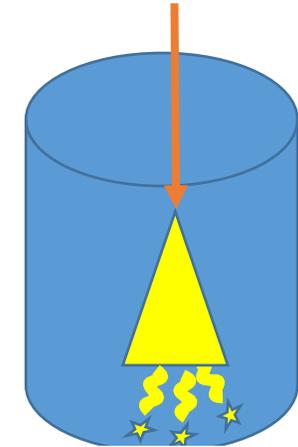
Tubo Geiger



Materiali scintillanti

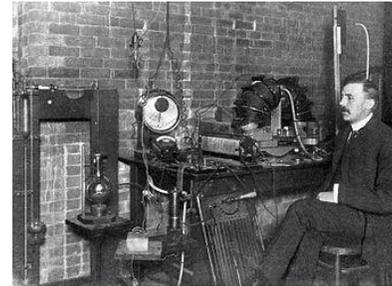


Effetto Cherenkov



Il contatore Geiger-Muller: un rivelatore del '900

- Tecnologia consolidate più di 100 anni
- Relativamente economica
- Abbastanza facile da trovare
- Diversi progetti di contatori Geiger tra I Makers
- Rivelatore preassemblato.



La scoperta del nucleo esperimento Rutherford Hans Geiger and Ernest Marsden

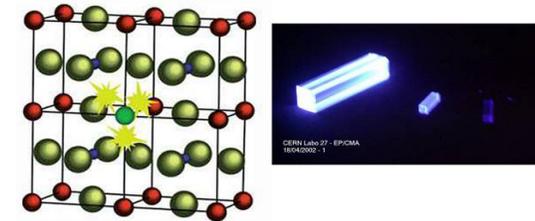
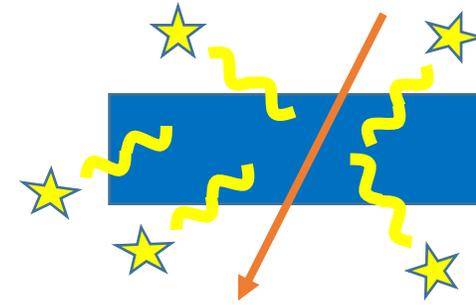
- Produce scariche di alta tensione (elettronica robusta)
- Bassa efficienza
- Rivelatore Si o No nessuna informazione sull'energia della particella
- Relativa fragilità
- Rivelatore a scatola chiusa non si può vedere dentro.



Utilizzo degli scintillatori per costruire rivelatori.

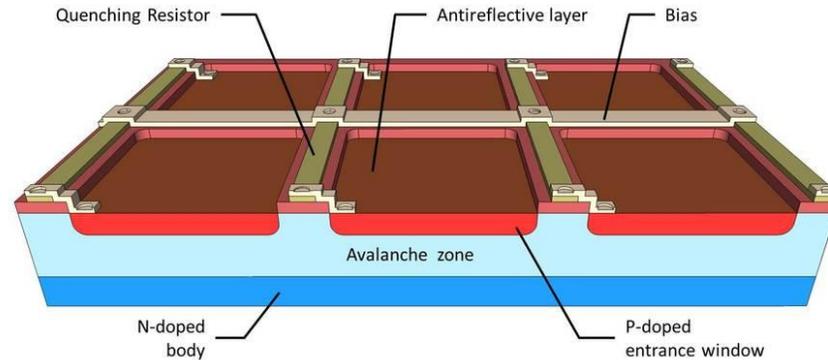
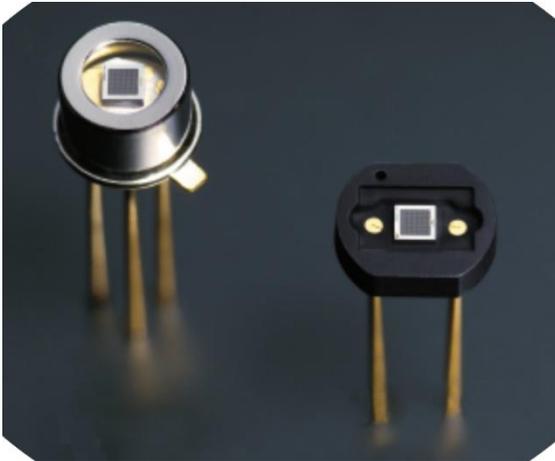
L'utilizzo degli scintillatori in passato non era alla portata di tutti.

Per rilevare i fotoni emessi era necessario uno rivelatore di luce chiamato FOTOMOLTIPLICATORE.



La tecnologia del fotomoltiplicatore, nata nel 1934 si basa sull'effetto fotoelettrico (1921 Einstein Premio Nobel) , e sull'emissione secondaria di elettroni. I fotomoltiplicatori sono oggetti costosi (Keuro) e da laboratorio, necessitano di tensioni dell'ordine dei 1000 Volt e sono molto fragili.

Il fotomoltiplicatore a stato solido SiPM (Silicon Photo Multiplier)

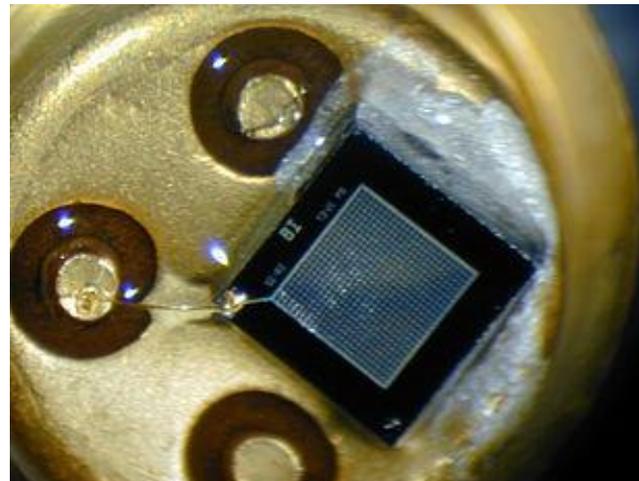
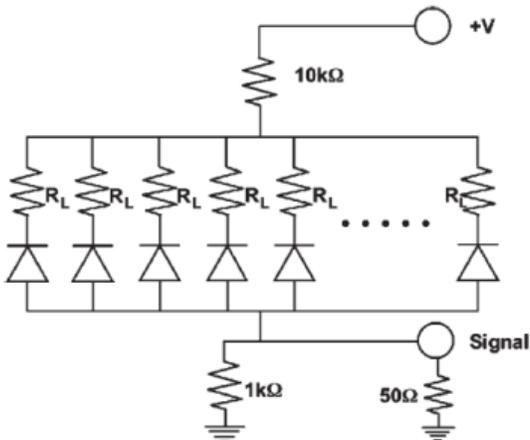


SiPM

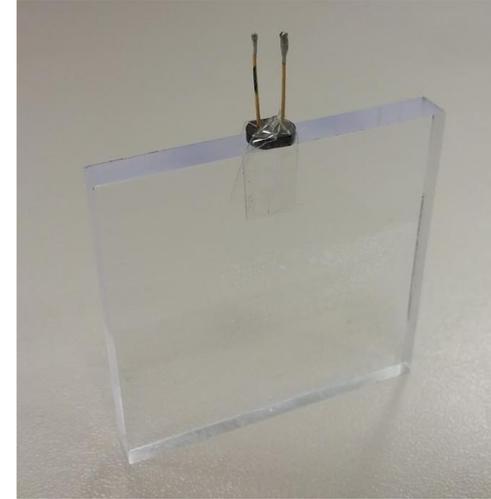
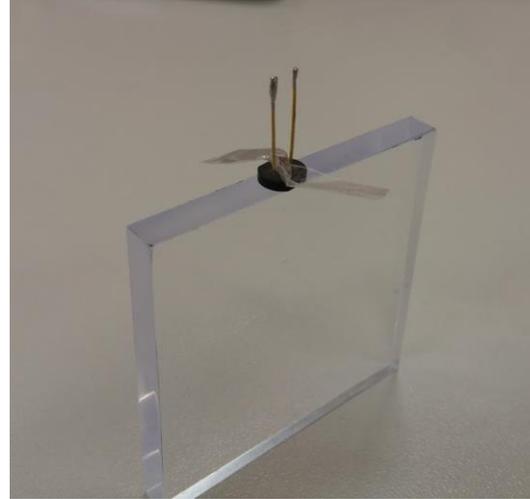
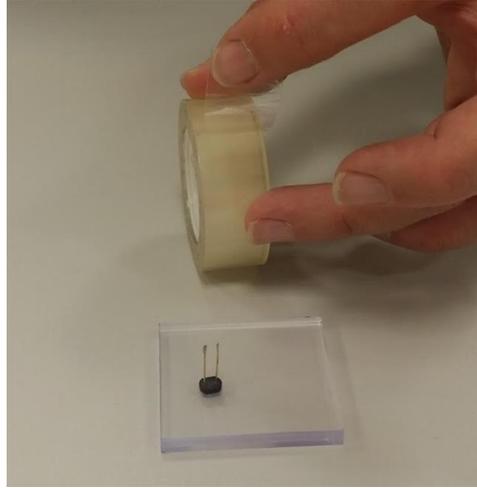
Il SiPM o Silicon Photomultiplier è un nuovo tipo di fotomoltiplicatore al silicio. Diversamente dai fotomoltiplicatori tradizionali (PMT o Photomultiplier Tubes), costruiti con tubi a vuoto, i SiPM sono prodotti direttamente da un wafer di silicio impiantando in esso matrici di microcelle lette in parallelo ciascuna delle quali è un diodo (Avalanche Photodiode o APD) che lavora in modalità Geiger.

Le dimensioni tipiche di un SiPM sono da (1mm x 1mm) fino a (3mm x 3mm) ma in linea di principio sarebbe possibile produrre geometrie arbitrarie. Le singole microcelle hanno dimensioni tipiche che vanno dai 20x20 μm ai 50x50 μm .

Rispetto ai tradizionali PMT presentano numerosi vantaggi quali ad esempio la bassa tensione di funzionamento (da 30 a 80 V a seconda del modello e del costruttore).



Costruire in rivelatore Scintillatore-SiPM (1/2)

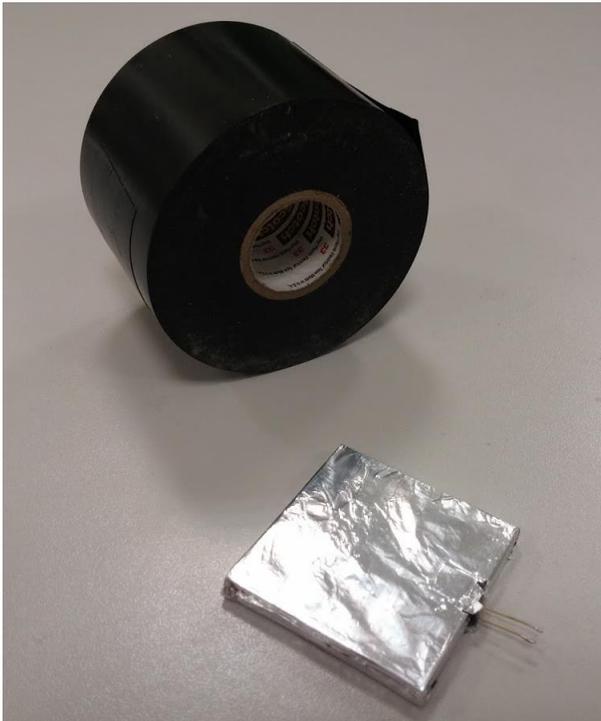


Attaccare il SiPM allo scintillatore usando dello scotch



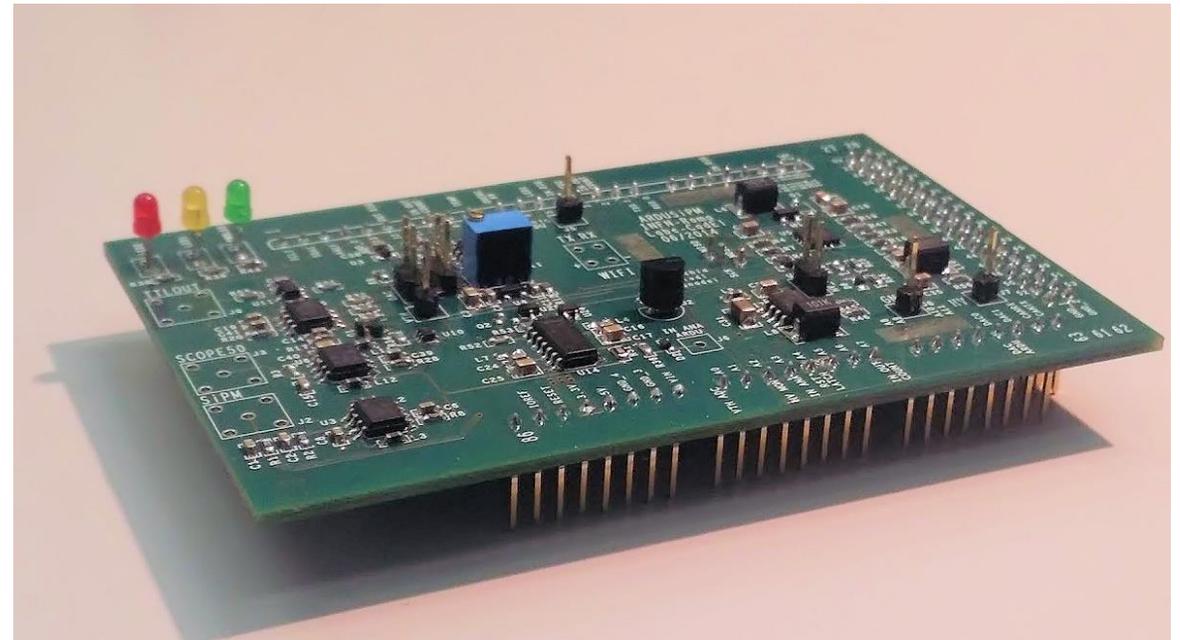
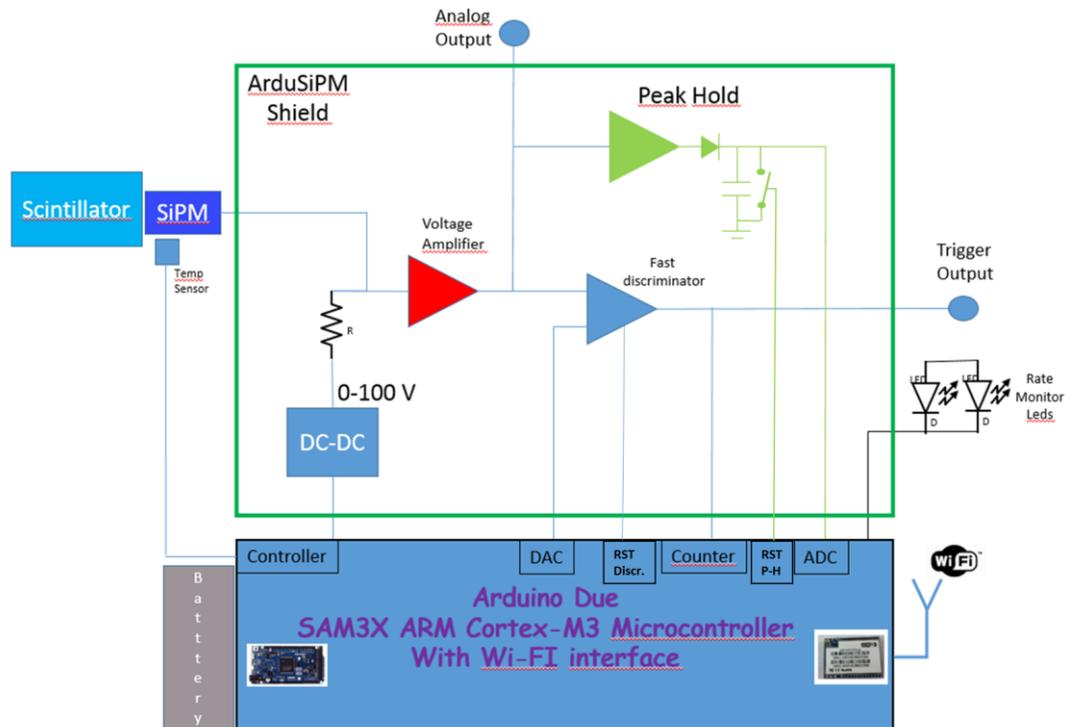
Ricoprirlo con una superficie riflettente (foglio di alluminio da cucina)

Costruire in rivelatore Scintillatore-SiPM (2/2)



Sigillare alla luce esterna il rivelatore usando del nastro isolante.

ArduSiPM uno shield Arduino DUE per controllare i SiPM



The ArduSiPM a compact trasportable
Software/Hardware Data Acquisition system for SiPM
detector.

<http://arxiv.org/abs/1411.7814>

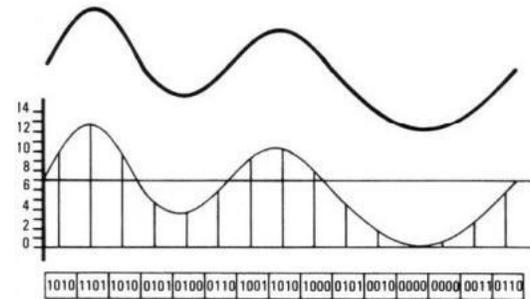
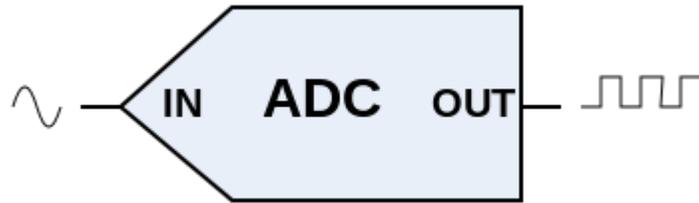


Dott .Valerio Bocci, 16 Ottobre Maker Faire Rome

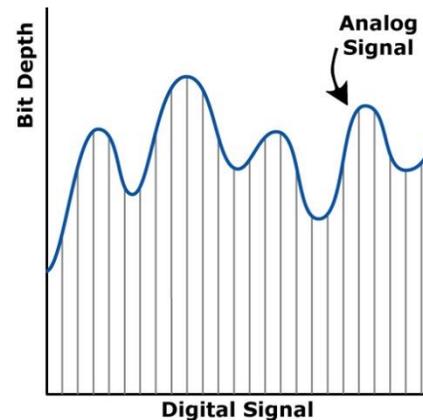
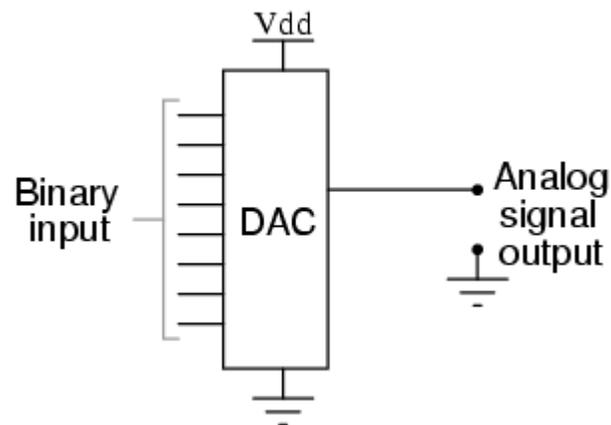


Arduino DUE sistema di acquisizione completo (1/2).

Arduino DUE ha tutto il necessario per realizzare un sistema di acquisizione per interfacciarsi al mondo analogico.

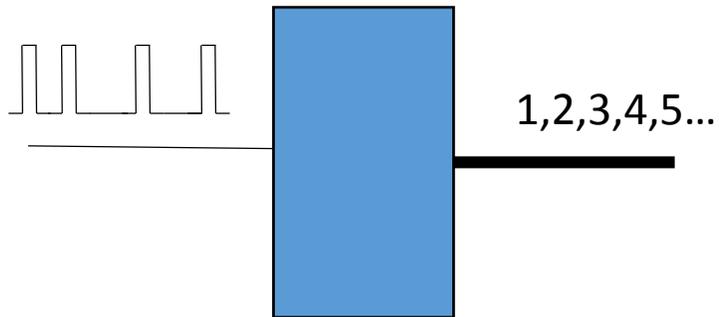


Convertitori Analogico Digitali (ADC):
Consentono di trasformare i segnali analogici in numeri.



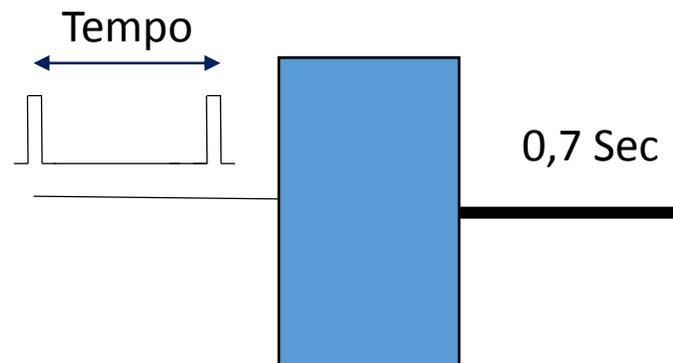
Convertitori Digitale Analogico (DAC):
Consentono di trasformare i numeri in segnali analogici.

Arduino DUE sistema di acquisizione completo (2/2).



Contatori Digitali

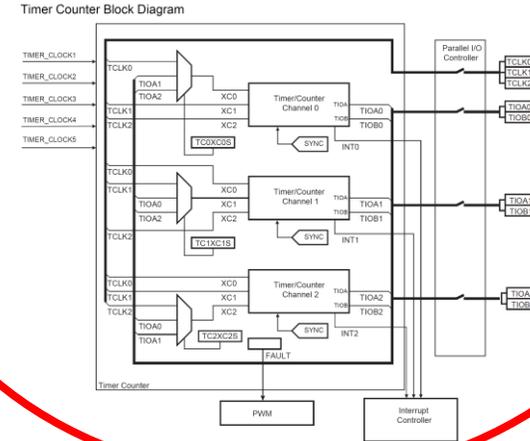
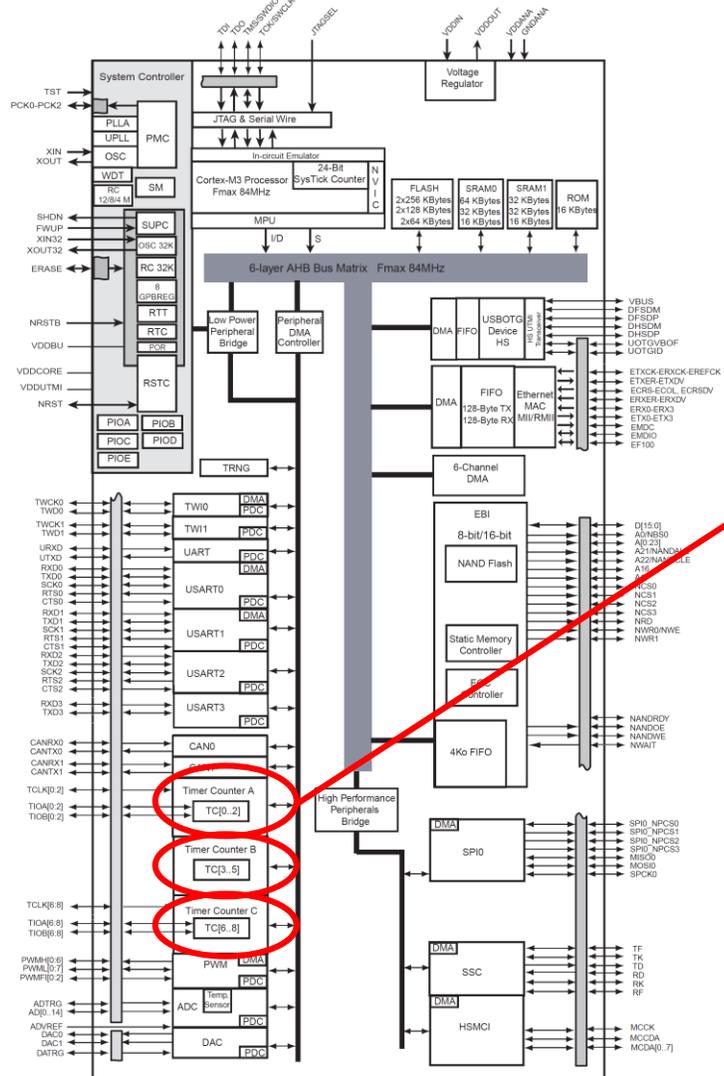
Consentono di contare il numero di eventi.



Misuratori di tempo digitali (TDC)

Consentono di misurare il tempo tra due eventi.

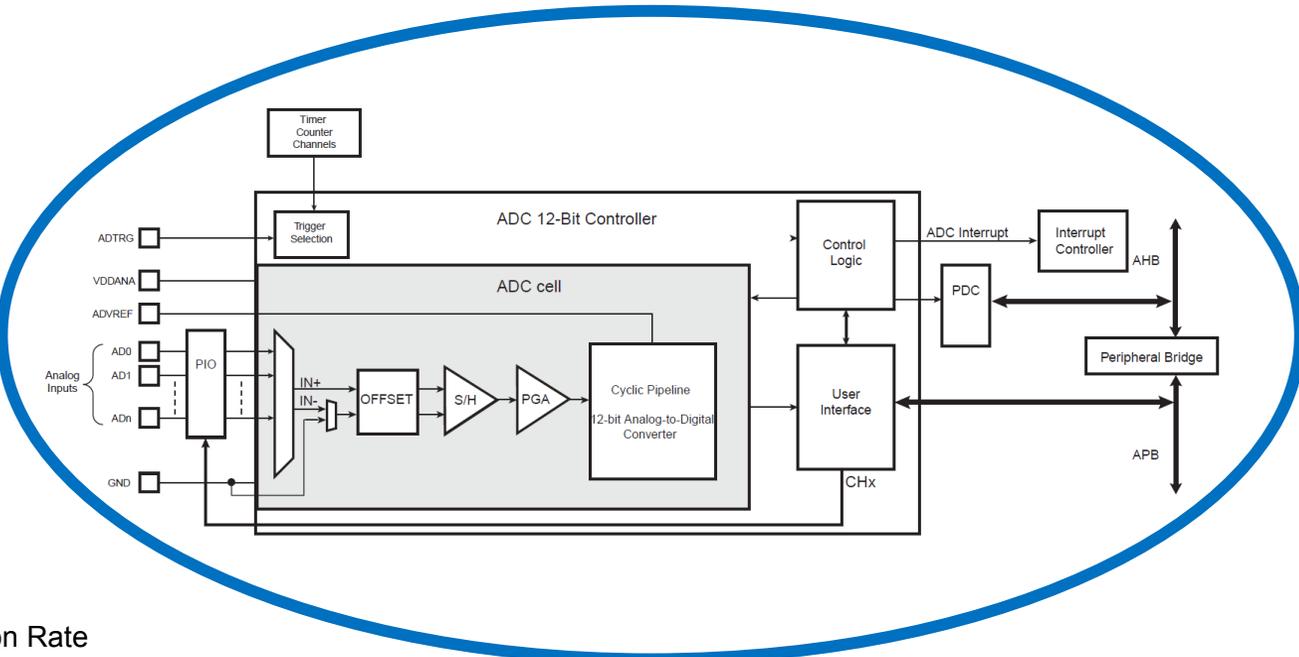
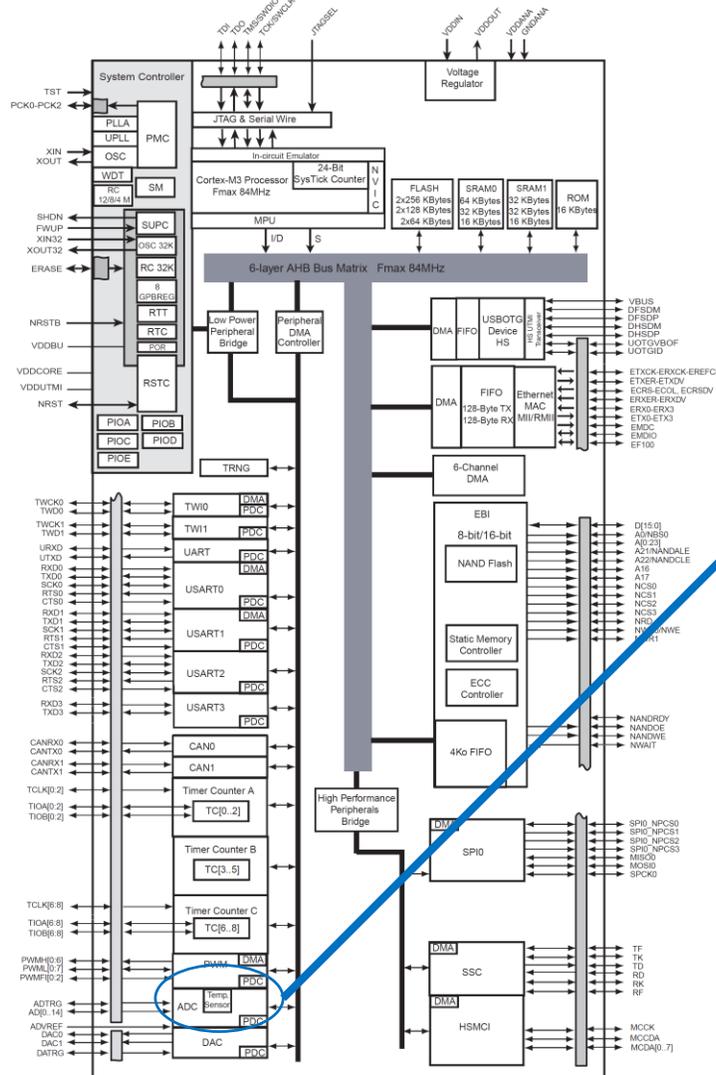
SAM3X8E Timer Counter modules



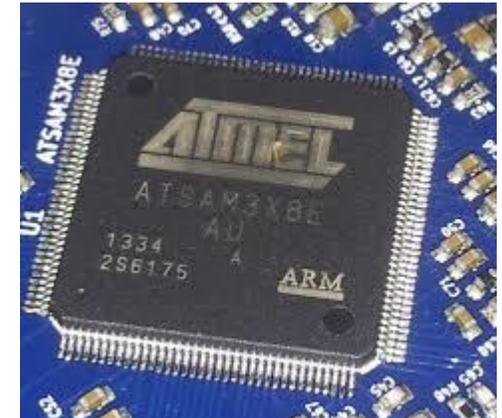
- Three 32-bit Timer Counter Channels
- A Wide Range of Functions Including:
 - Frequency Measurement
 - Event Counting
 - Interval Measurement
 - Pulse Generation
 - Delay Timing
 - Pulse Width Modulation
 - Up/down Capabilities
- Each Channel is User-configurable and Contains:
 - Three External Clock Inputs
 - Five Internal Clock Inputs
 - Two Multi-purpose Input/Output Signals
 - Internal Interrupt Signal



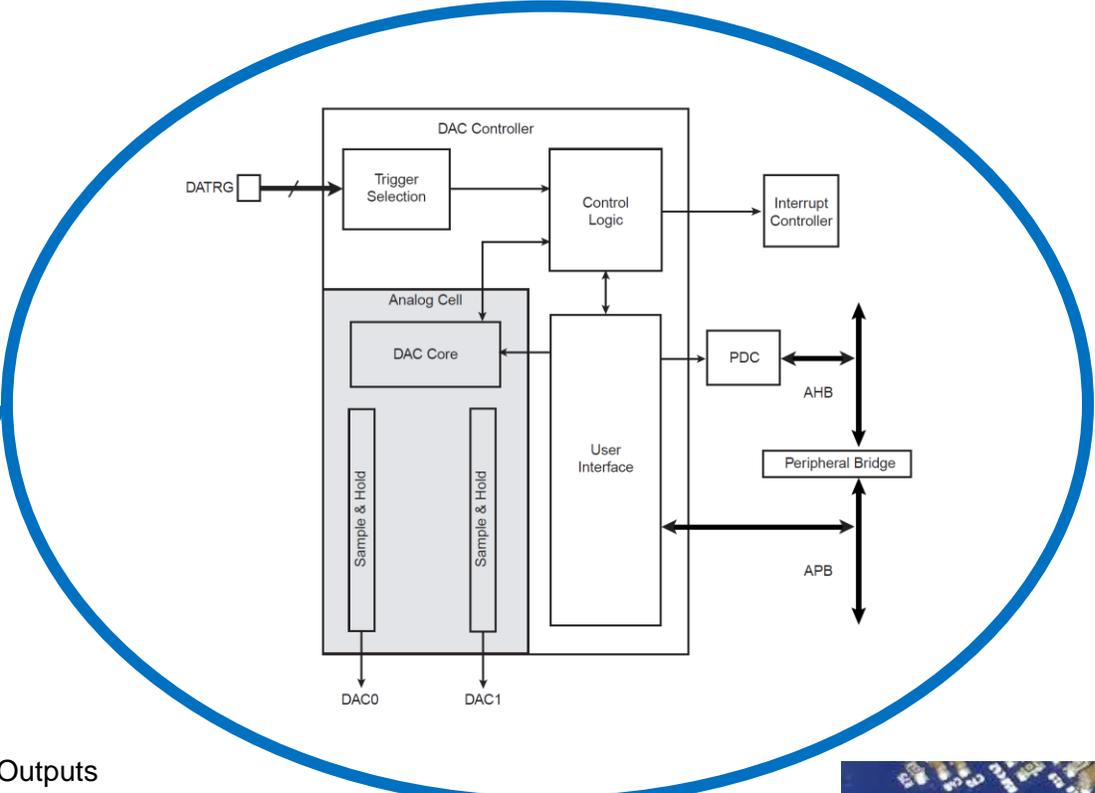
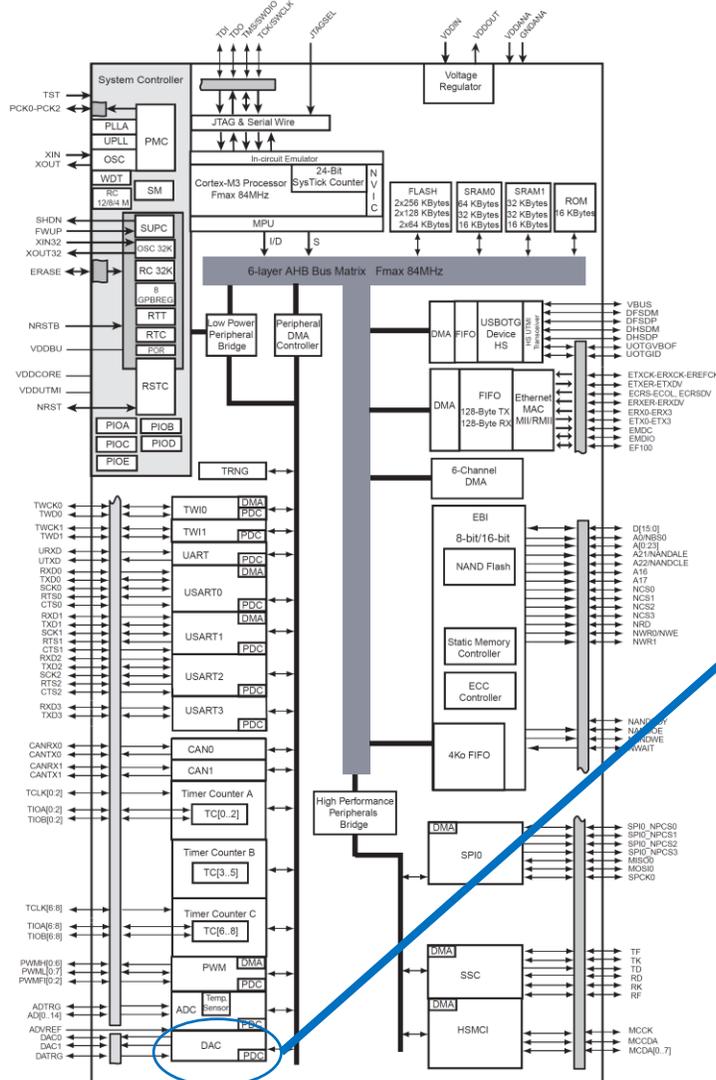
SAM3X8E ADC module



- 12-bit Resolution
- 1 MHz Conversion Rate
- Wide Range Power Supply Operation
- Selectable Single Ended or Differential Input Voltage
- Programmable Gain For Maximum Full Scale Input Range 0 - VDD
- Integrated Multiplexer Offering Up to 16 Independent Analog Inputs
- Individual Enable and Disable of Each Channel
- Hardware or Software Trigger
 - External Trigger Pin
 - Timer Counter Outputs (Corresponding TIOA Trigger)
 - PWM Event Line
- Drive of PWM Fault Input
- PDC Support
- Possibility of ADC Timings Configuration
- Two Sleep Modes and Conversion Sequencer



SAM3X8E DAC module



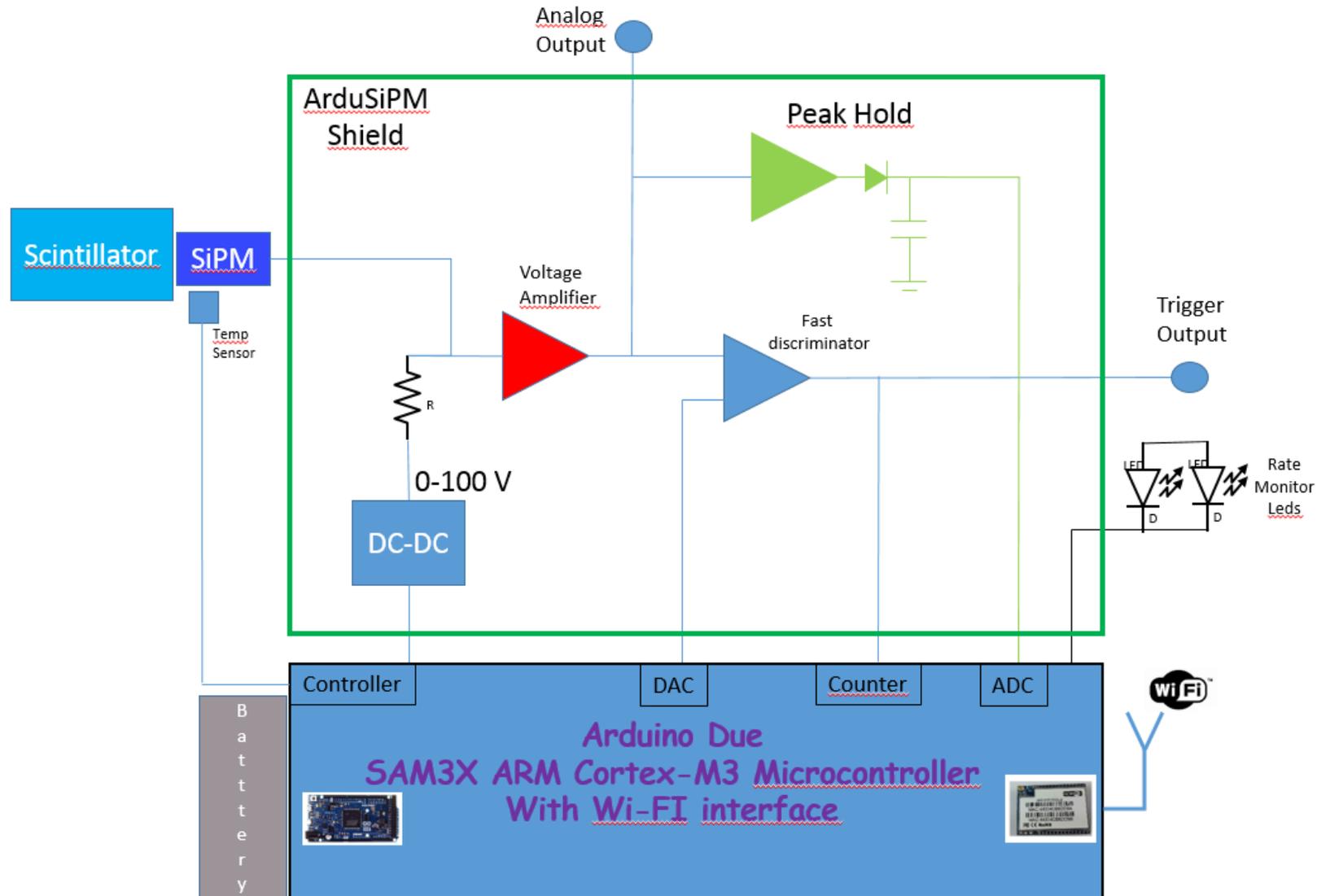
- Two Independent Analog Outputs
- 12-bit Resolution
- Individual Enable and Disable of Each Analog Channel
- Hardware Trigger
- External Trigger Pins
- PDC Support
- Possibility of DACC Timings and Current Configuration
- Sleep Mode
- Automatic Wake-up on Trigger and Back-to-Sleep Mode after Conversions of all Enabled Channels
- Internal FIFO



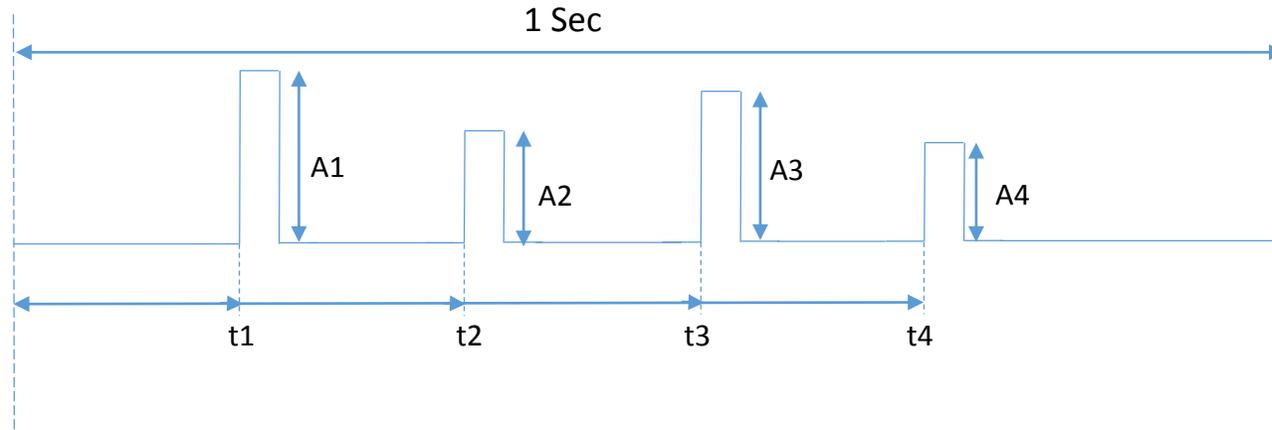
Dott. Valerio Bocci, 16 Ottobre Maker Faire Rome



ArduSiPM Diagramma a blocchi



Misure con ArduSiPM



La finestra di acquisizione è regolabile.

Per ogni finestra si acquisiscono:

il numero di impulsi, l'ampiezza del segnale e il tempo di arrivo di ciascun impulso.

Usando una velocità dati di 200 Kbit/sec

Possiamo trasmettere i dati con le seguenti velocità:

- Informazioni sui conteggi fino a 40 MHz
- Valore ADC fino a 4-6 KHz
- Valori ADC e TDC fino a 1 -2 KHz

Data Stream example:

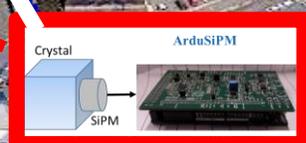
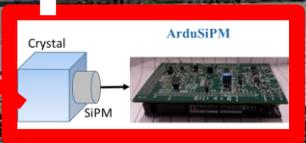
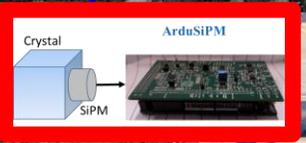
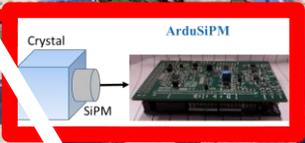
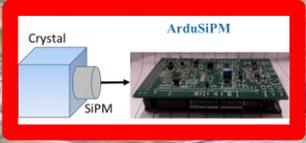
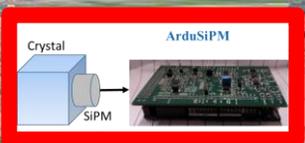
Only rate:
\$10
\$50
\$244

ADC+Rate:
v1Fv1Dv22v27v1Dv19v20v23v20v1Cv19v1F\$12
v18v1Ev1Ev1Bv19v1Bv29v19v1Av1Dv1Bv1Dv2Av18v1B\$15
v15v20v21v21v1Dv1Fv1Av1Av1A\$9
v19v17v1Bv18v1Cv1Dv1D\$7

TDC+ADC+RATE:
taedvataf0v7tv9v3\$3

Legend:
vXXX ADC Value in HEX MSB zero suppressed
tXXXXXXXX TDC value in HEX MSB zero suppressed
\$XXX rate in Hz

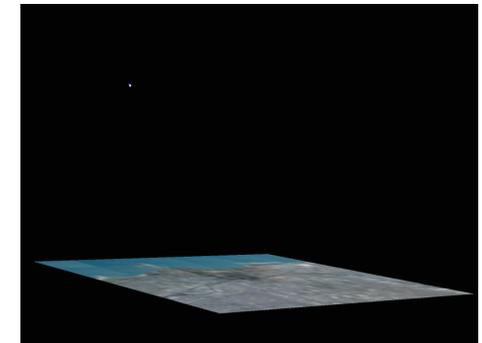
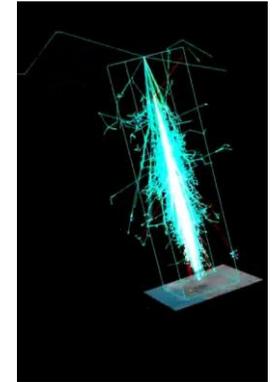
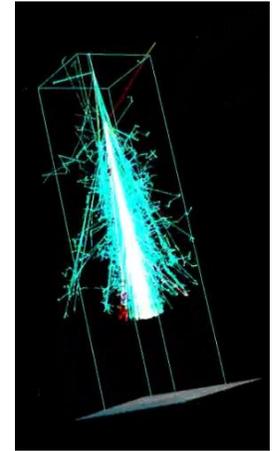
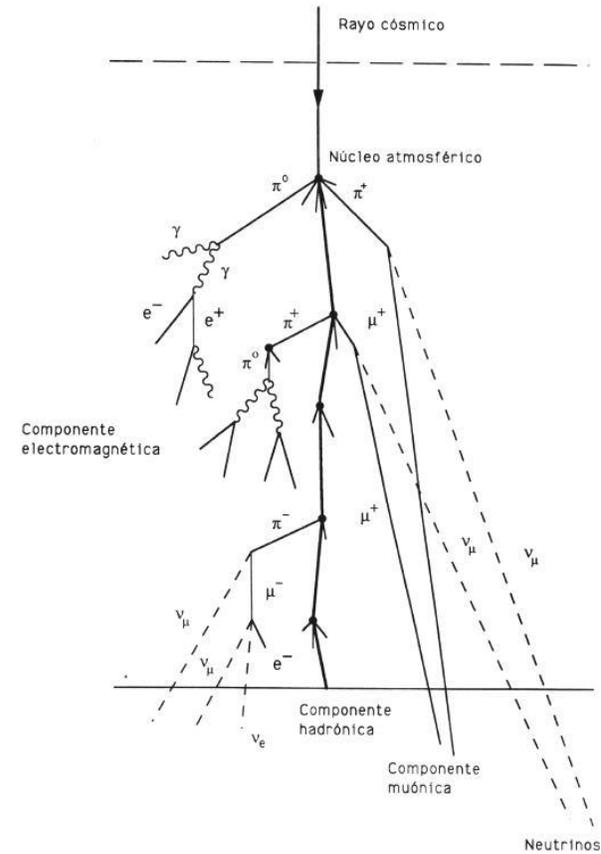
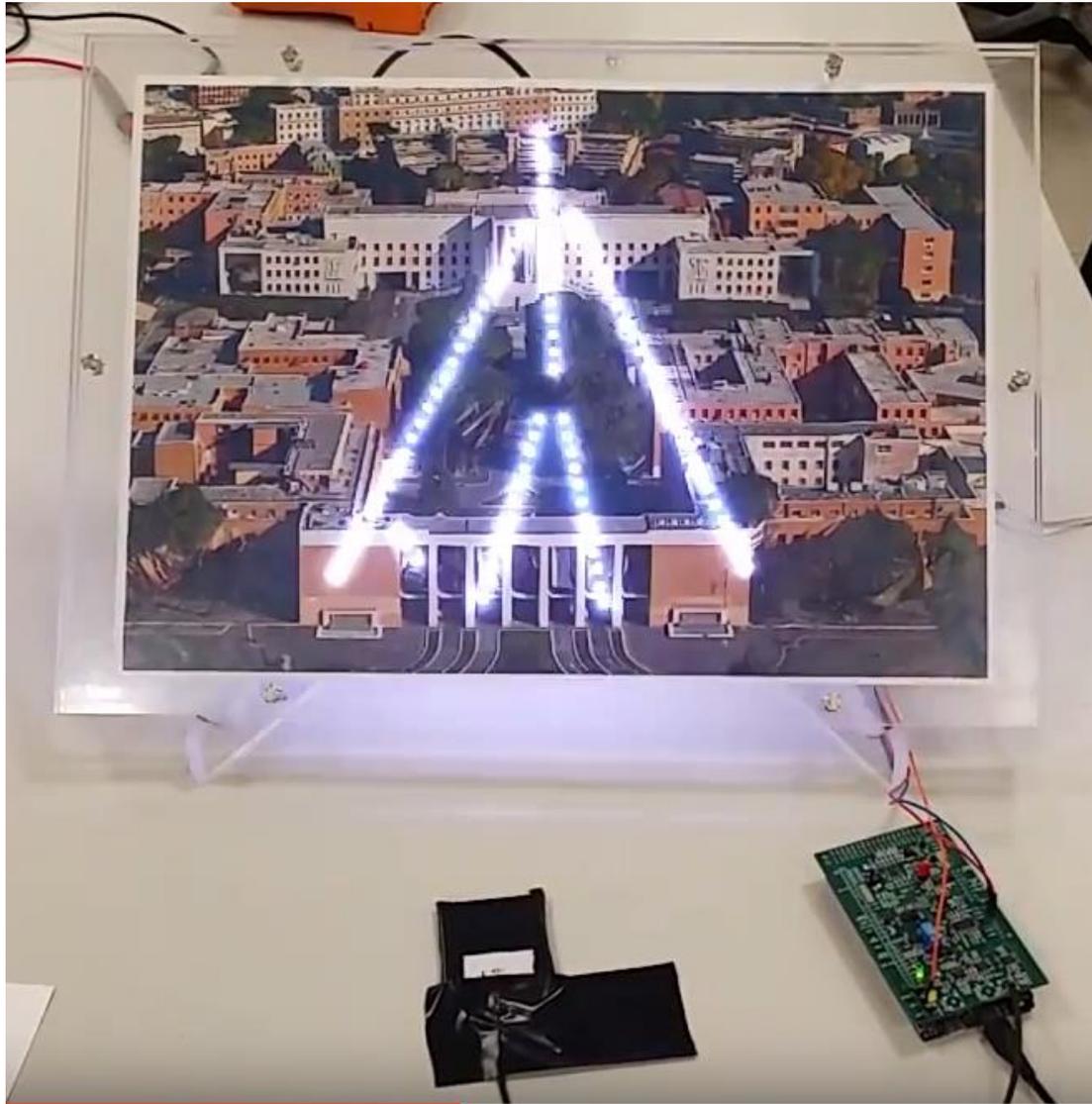




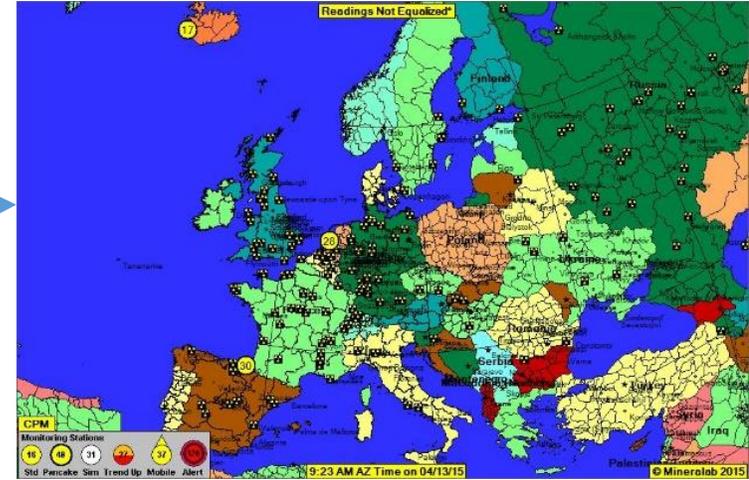
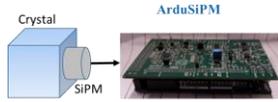
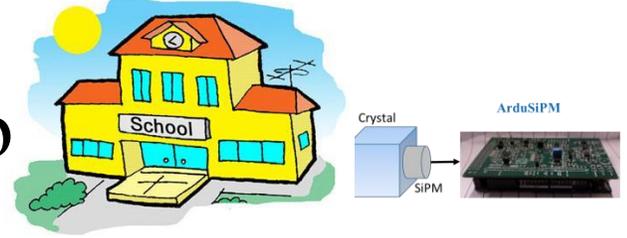
Dott. Valerio Bocci, 16 Ottobre Maker Faire Rome



Demo allo stand INFN Padiglione I11

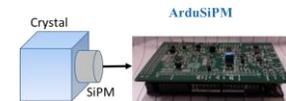
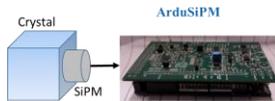


Gli ArduSiPM possono comunicare i dati ad un server centrale e tutti i dati possono essere trasmessi via Web



A low cost network of spectrometer radiation detectors based on the ArduSiPM a compact transportable Software/Hardware Data Acquisition system with Arduino DUE

<http://arxiv.org/abs/1506.01915>



Dott. Valerio Bocci, 16 Ottobre Maker Faire Rome

