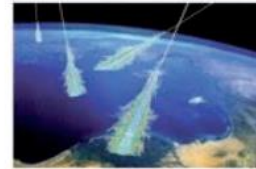
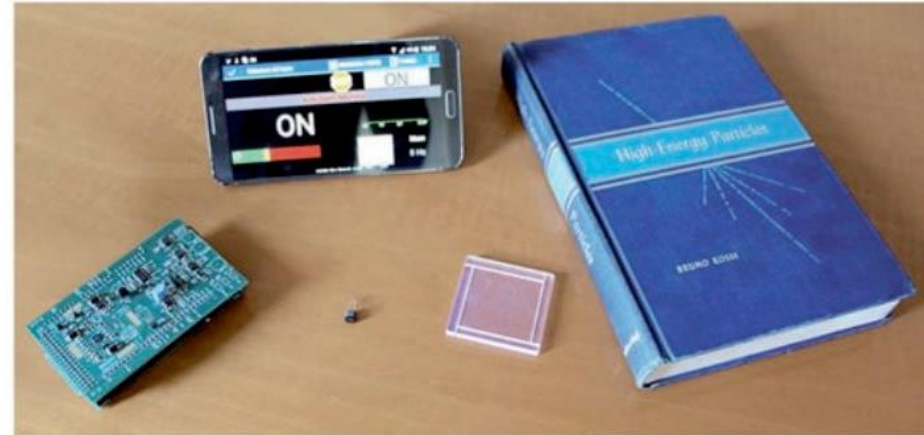




# ArduSiPM

Low cost Cosmic ray and Nuclear Radiation Detector

ArduSiPM  
Particle Detector



Cosmic Ray Survey



Medical application



Dosimetry



Nuclear Waste monitor

Valerio Bocci INFN sezione di Roma  
ICD Workshop GSSI L'Aquila

# Is it possible to build a complete particle detector and data acquisition system using Arduino microcontroller and Arduino Language ?



Dr. Valerio Bocci



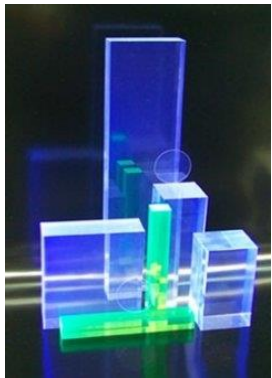
Giacomo Chiodi



Dr. Francesco Iacoangeli



Eng. Luigi Recchia



Scintillator



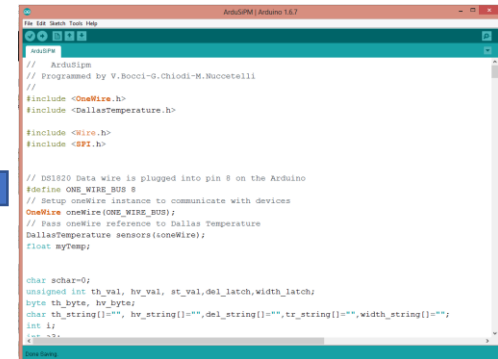
Photons Sensor (SiPM)



Custom Electronics (ArduSiPM Shield)



Arduino DUE

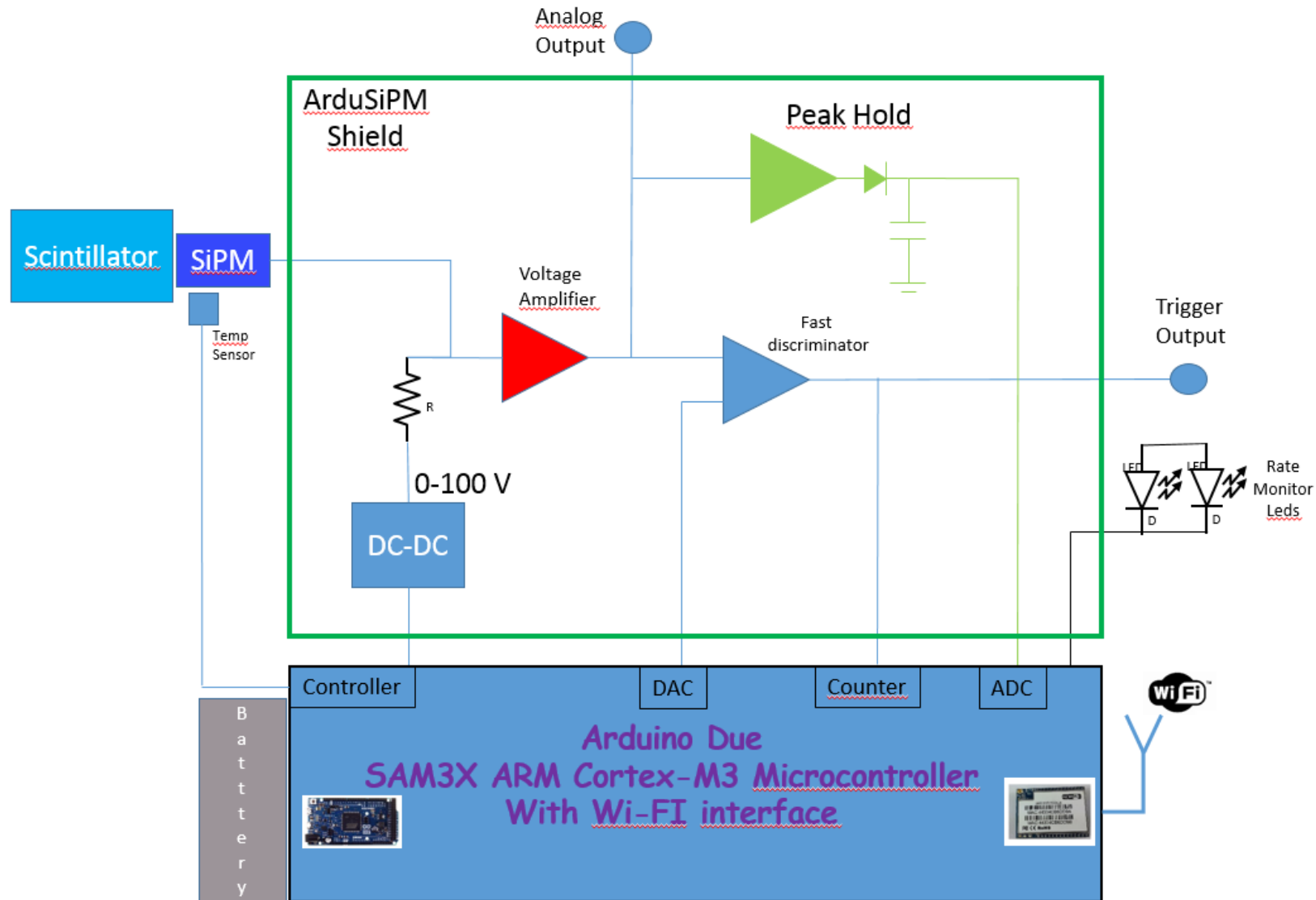


ArduSiPM Software

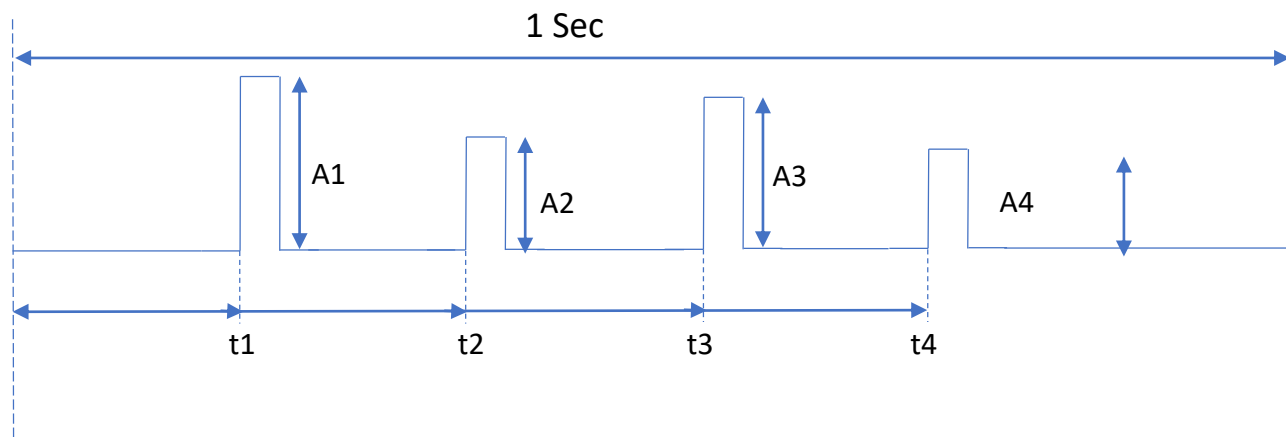
Particle Detector

ArduSiPM

# ArduSiPM Block Diagram



# ArduSiPM measurements



We split the measurements in 1 second windows, acquiring number of pulses, amplitude and time of each one.

Using a 200KBits/s serial stream

We can measure and dump (depending from amplitude and distribution of pulses):

- Only the frequency up to 40 MHz
- ADC value up to 4-6 KHz
- ADC, TDC and rate 1 -2 KHz

Using the SAM3X8 built-in ethernet it is possible to increase data acquisition performance.

## 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

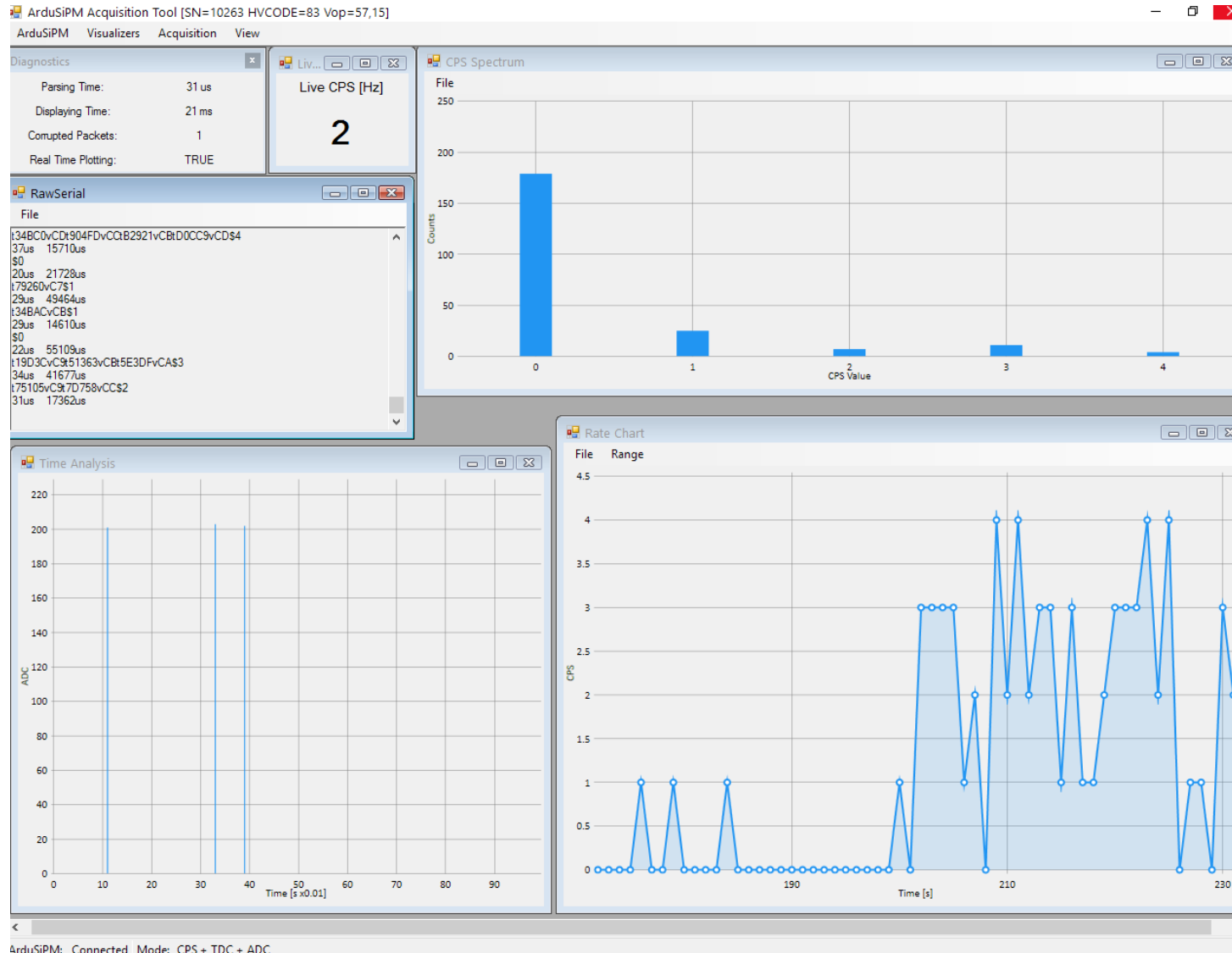
tXXXXXXXXX TDC value in HEX MSB zero suppressed

\$XXX rate in Hz

The ArduSiPM Data format is open...Users can write custom programs for data acquisition and visualization.

Example 1. **ArduSiPM Acquisition Tool** by Filippo Curti ([Filippo.curti1@gmail.com](mailto:Filippo.curti1@gmail.com))

(written in C#, fast running also with high rate, at the moment poor in documentation freeware)



# Example 2. ArduSiPM Monitor by Ciro e Dario Chiaiese ([cirochiaiese@gmail.com](mailto:cirochiaiese@gmail.com))

Written in VisualBasic (slow good for cosmic and low rate source) well documented.

**ArduSiPM Monitor 1.2.0.2**  
realizzato da Ciro e Dario Chiaiese

## GUIDA UTENTE

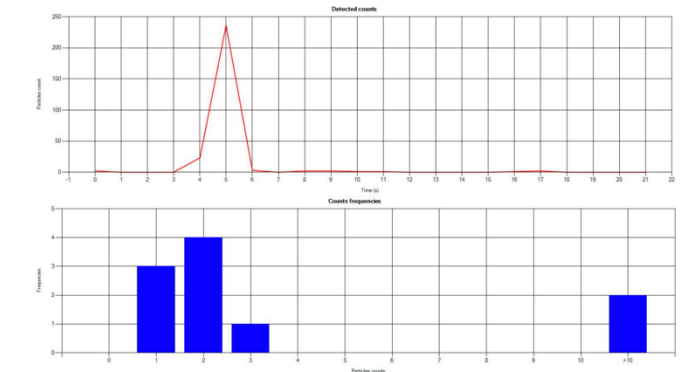
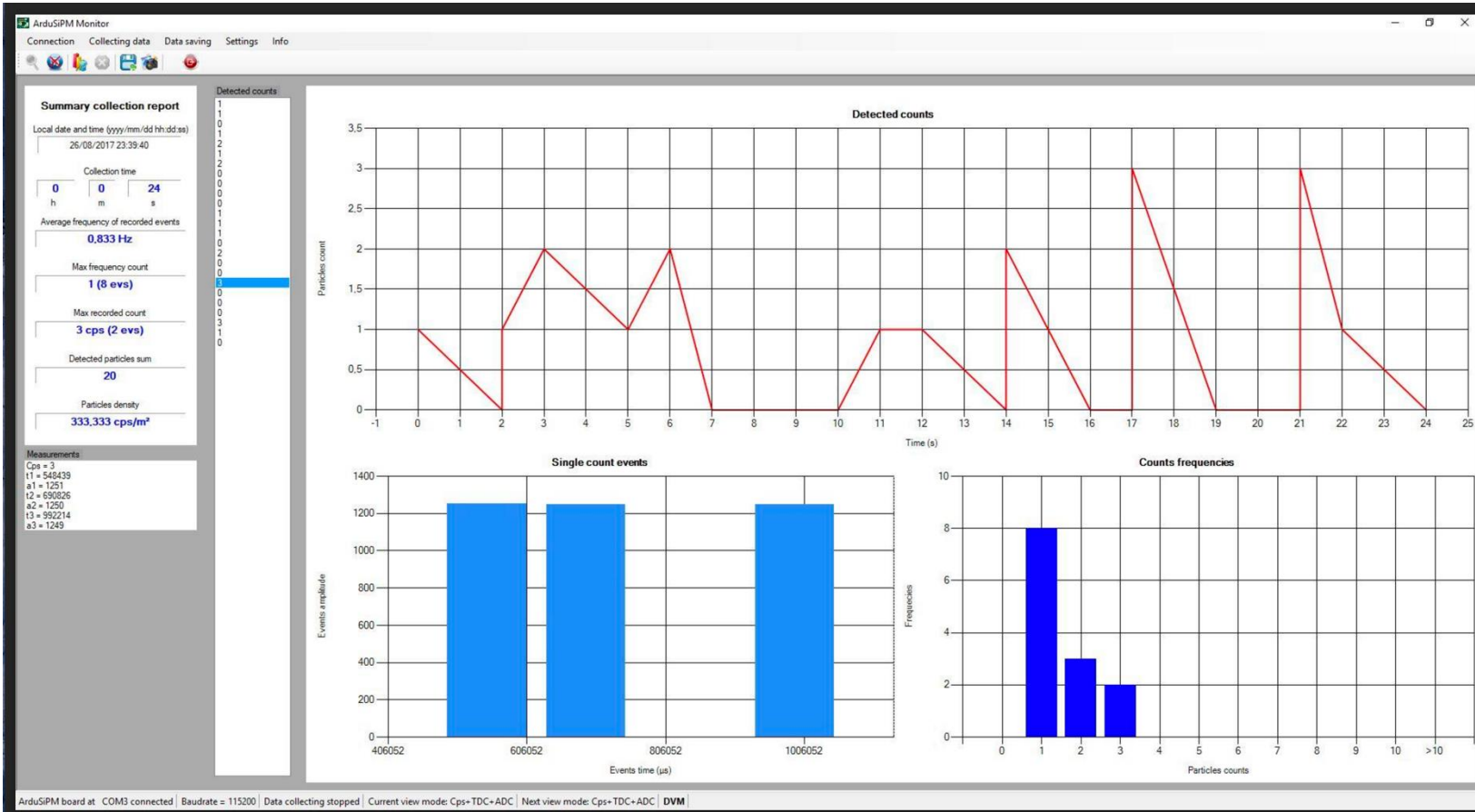
Questo software è stato realizzato per interfacciarsi con la scheda ArduSiPM (da cui il nome) equipaggiata con firmware 2.1.5. Non è stato testato sul firmware precedente e probabilmente andrebbe in errore. Si sconsiglia assolutamente di tentare di usare il software con altri tipi di schede (la qual cosa non avrebbe alcun significato, fra l'altro).

Il programma ha una funzione di riconoscimento della corretta versione di scheda (Autodetect) che è fortemente consigliata. E' comunque possibile usare il

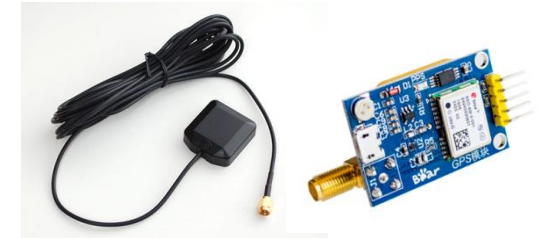
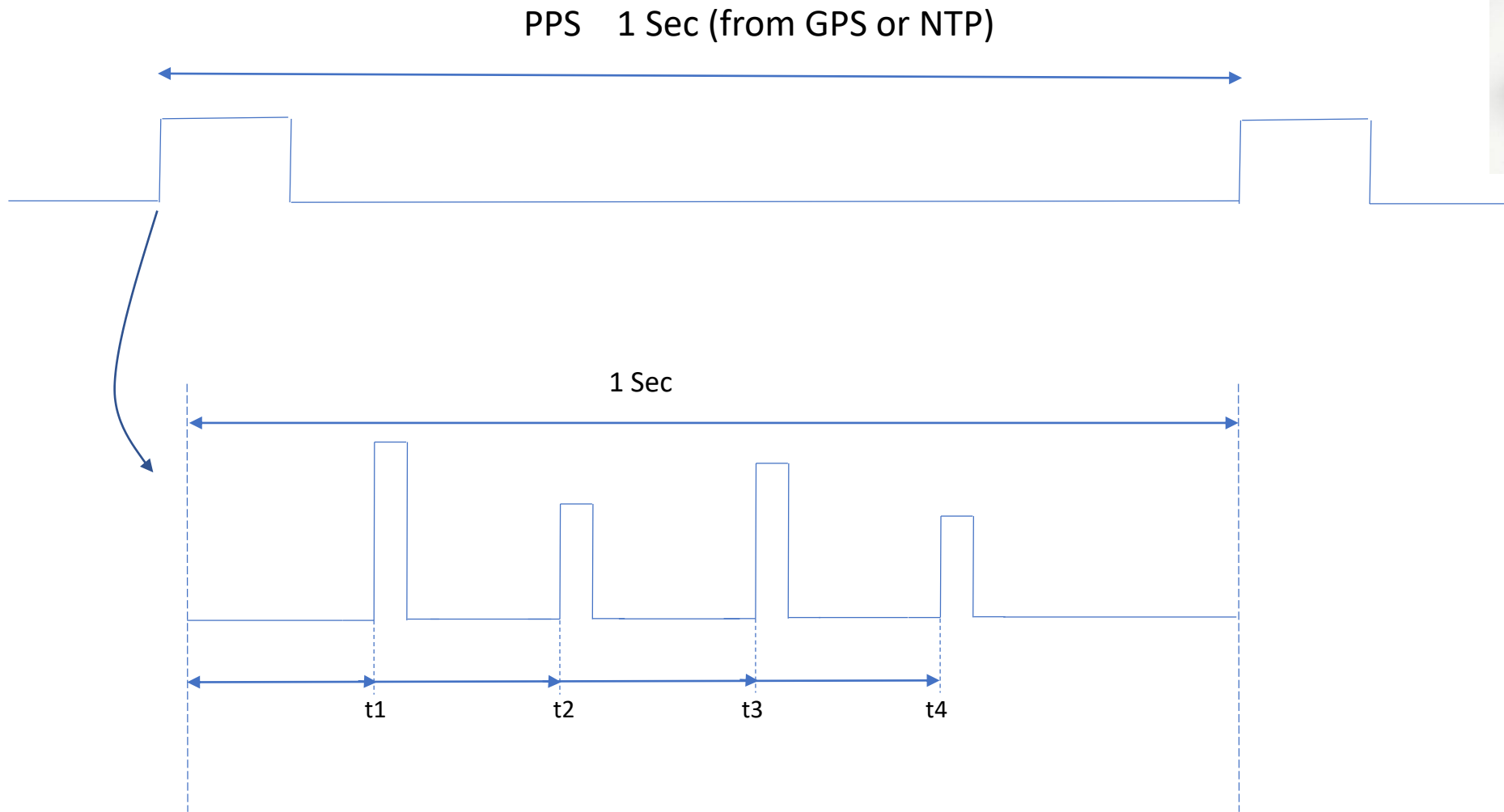
*manually detect* (🔍) per visualizzare tutti i dispositivi connessi alle USB e scegliere la porta cui è collegata ArduSiPM.

A connessione avvenuta, si può richiedere di raccogliere e graficare i dati tramite

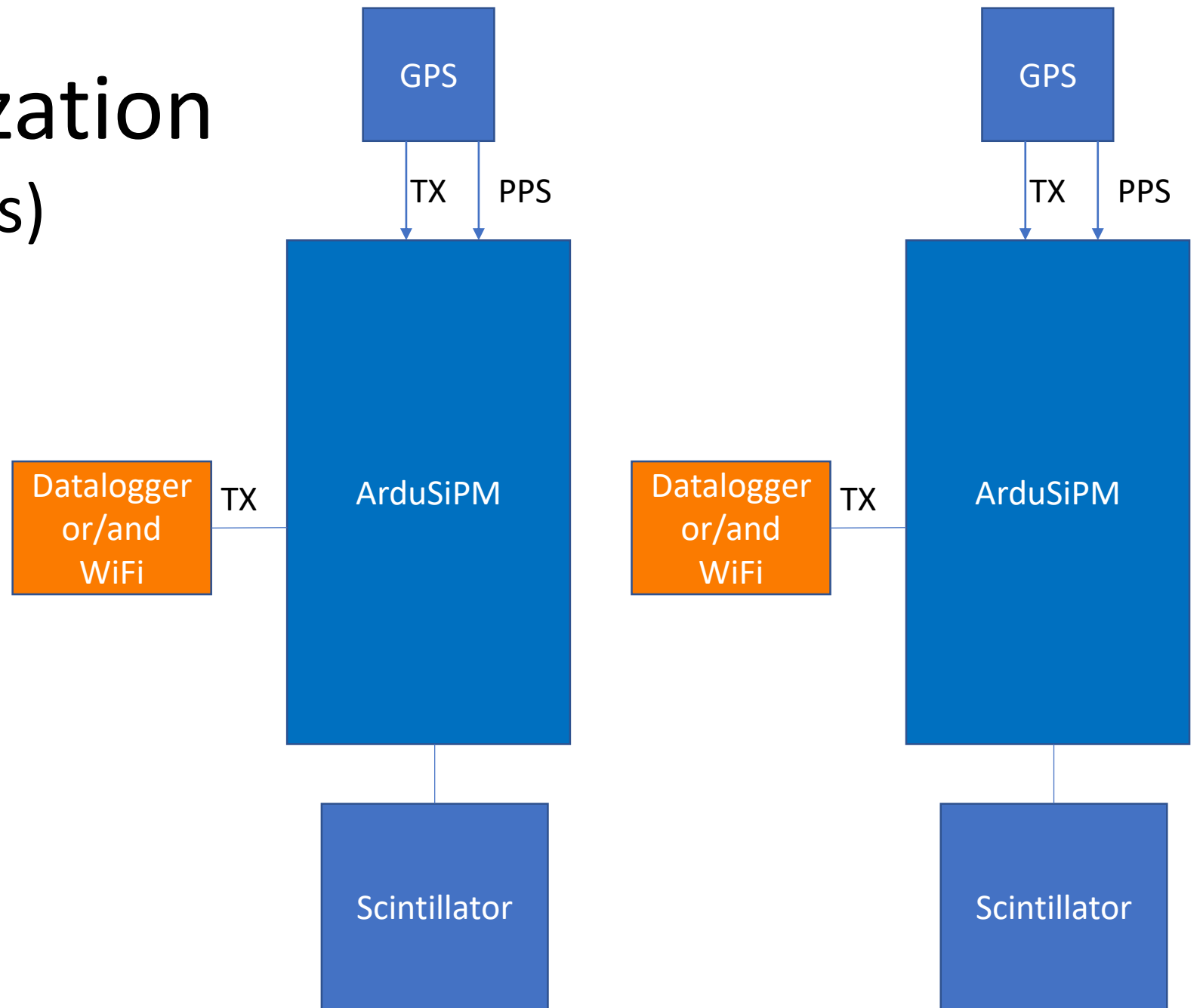
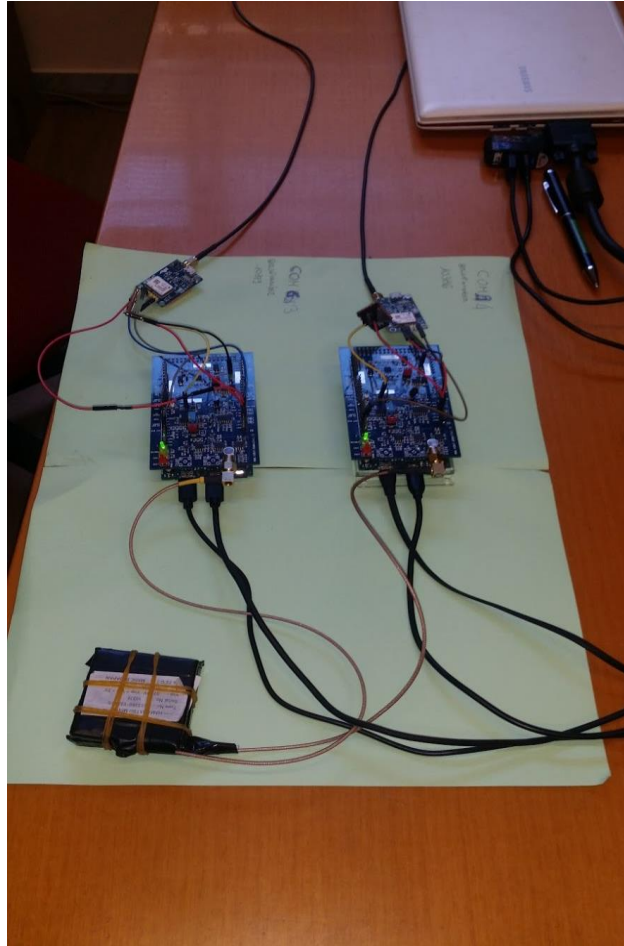
apposito pulsante (📊) o voce di menu. La raccolta che si richiede può, precedentemente, essere stabilita in 4 diverse modalità, in seguito descritte, dal menu *Settings/Measurements*. Le modalità più ricche d'informazioni hanno una raccolta dati con frequenza più bassa (perché richiedono più tempo). La durata della raccolta può essere prima stabilita con un timer (in s) o fermata manualmente. Appena inizia la raccolta vengono visualizzati i grafici dei conteggi delle particelle rilevate per ogni secondo (Cps) e, sotto, è riportato il grafico delle frequenze dei conteggi registrati (i conteggi superiori a 10 sono accomunati in un'unica classe di frequenze ">10").



# Synchronization with ArduSiPM

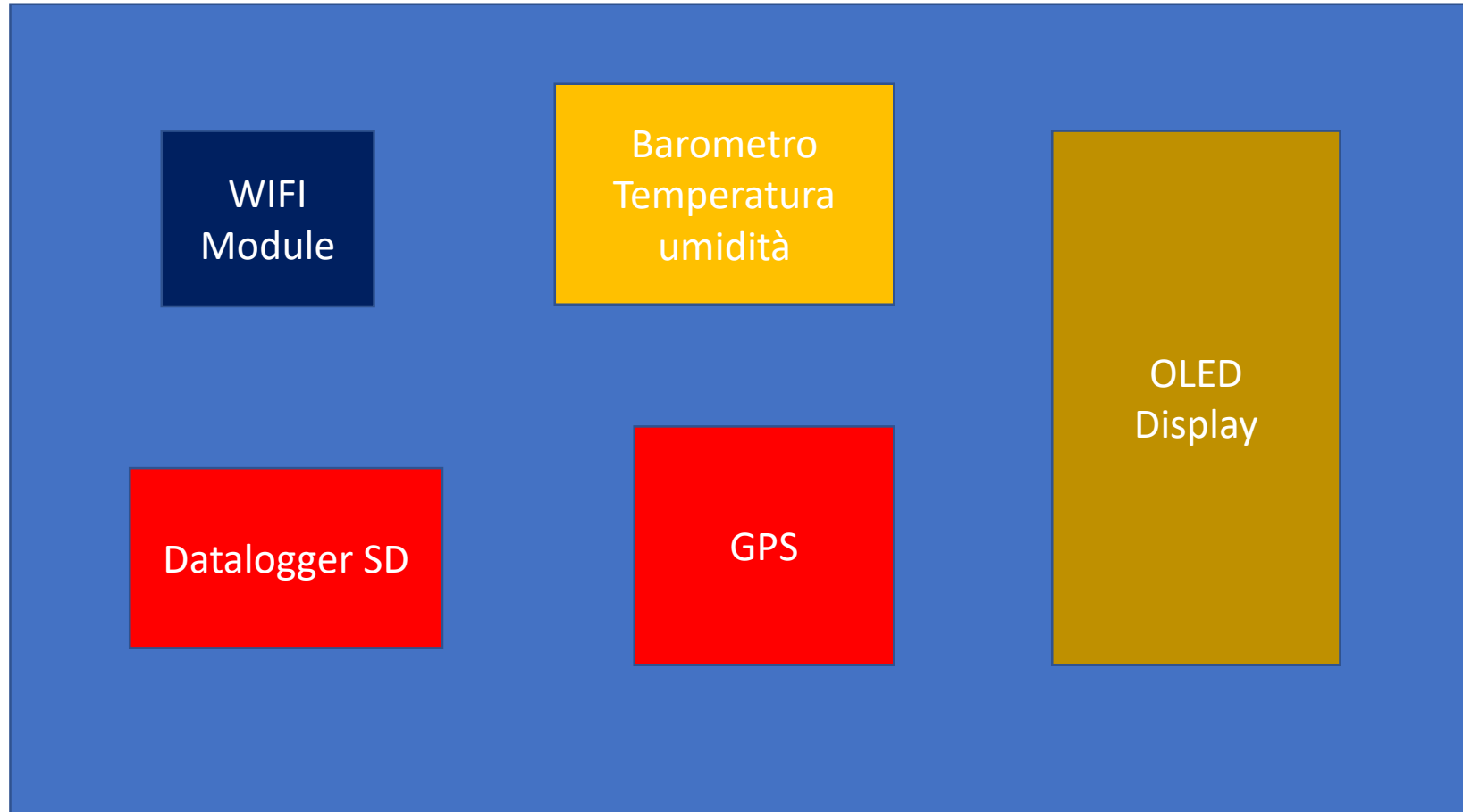


# GPS synchronization (order of 50 ns)





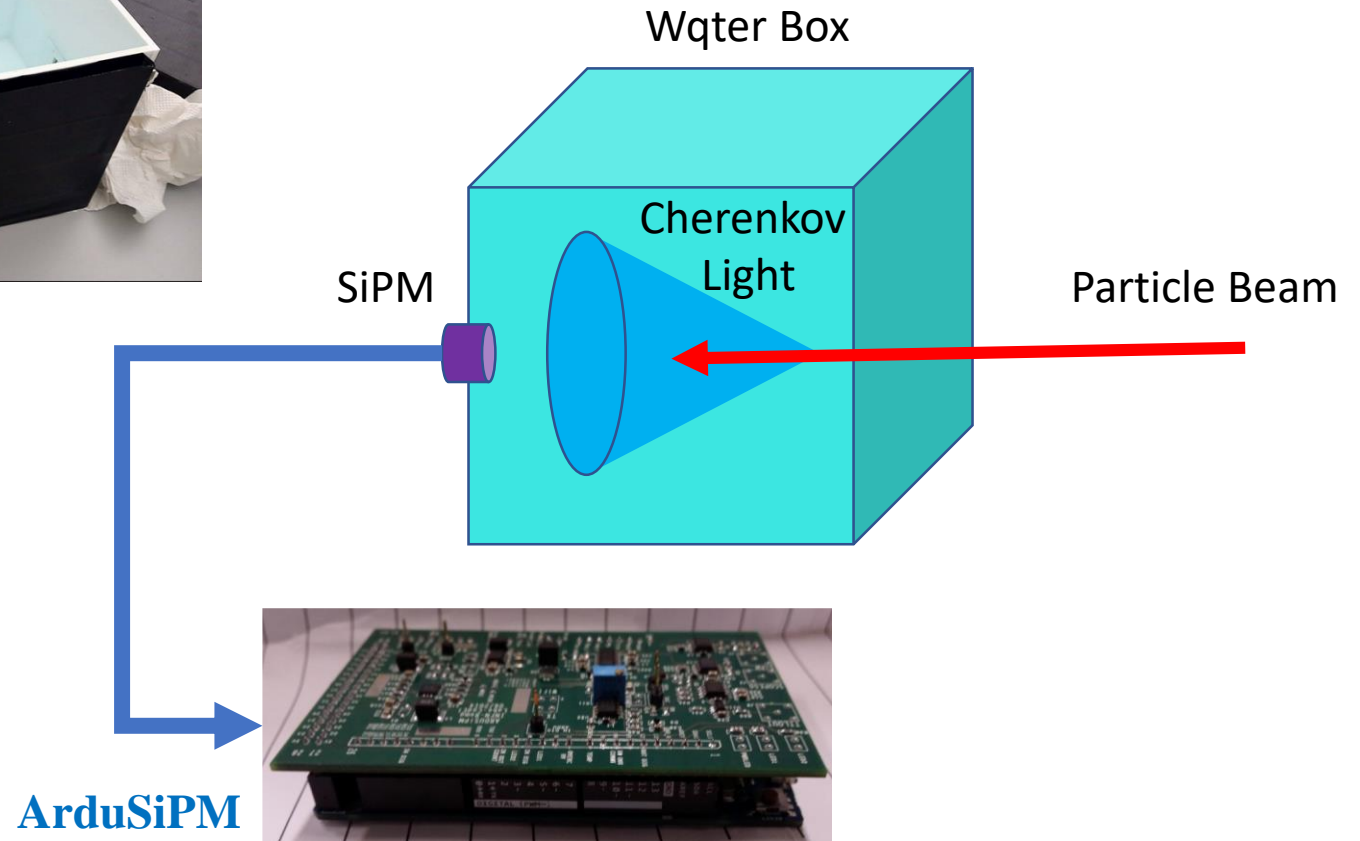
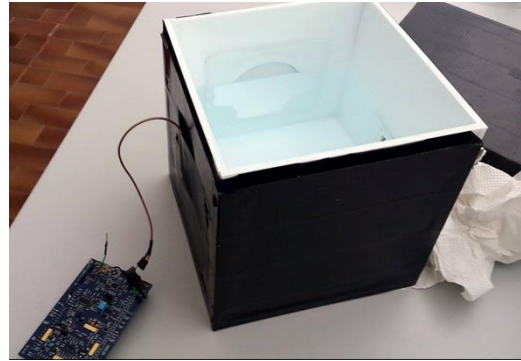
# Future ArduSIPM GPS Addon Board ?



# A School made Cherenkov light detector

(Winner of CERN "A beamline for schools" 2017)

LICEO SCIENTIFICO STATALE T. C. ONESTI (prof Maria Rita Felici)





## EOS HIGH ALTITUDE BALLOON DATA

- **1250 g. Latex High Altitude Balloon**
- **Apogee: ~27000 m**
- **Ascent Rate: ~ 7.10 m/s – 25.560 km/h**
- **Time to Burst: ~ 70 minute**
- **Discent Rate: ~ 6.2 m/s 22.32 km/h**
- **Flight Time: ~ 120 minutes**
- **Thrust: 47.13 N – 4806 grams**
- **Helium total volume: 5.25 m<sup>3</sup>**
  
- **EOS wheight (without. payload): 300 grams**
- **EOS total wheight: 1523 grams**



EOS Space project 30 Giugno 2018  
ITI A. Russo Nicotera, AB Project, INFN Sezione di Roma

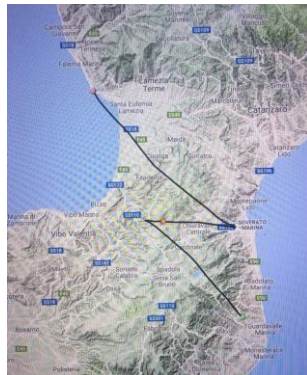


EOS Space project 30 Giugno 2018  
ITI A. Russo Nicotera, AB Project, INFN Sezione di Roma

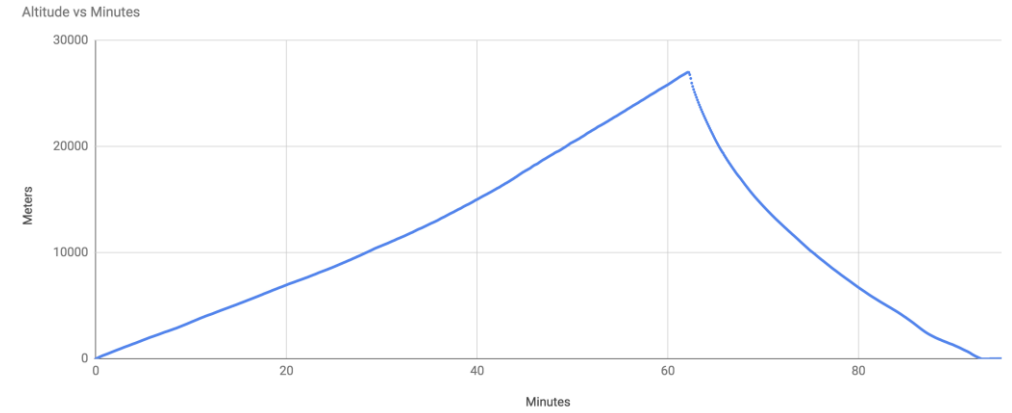


# EOS Space project 30 Giugno 2018

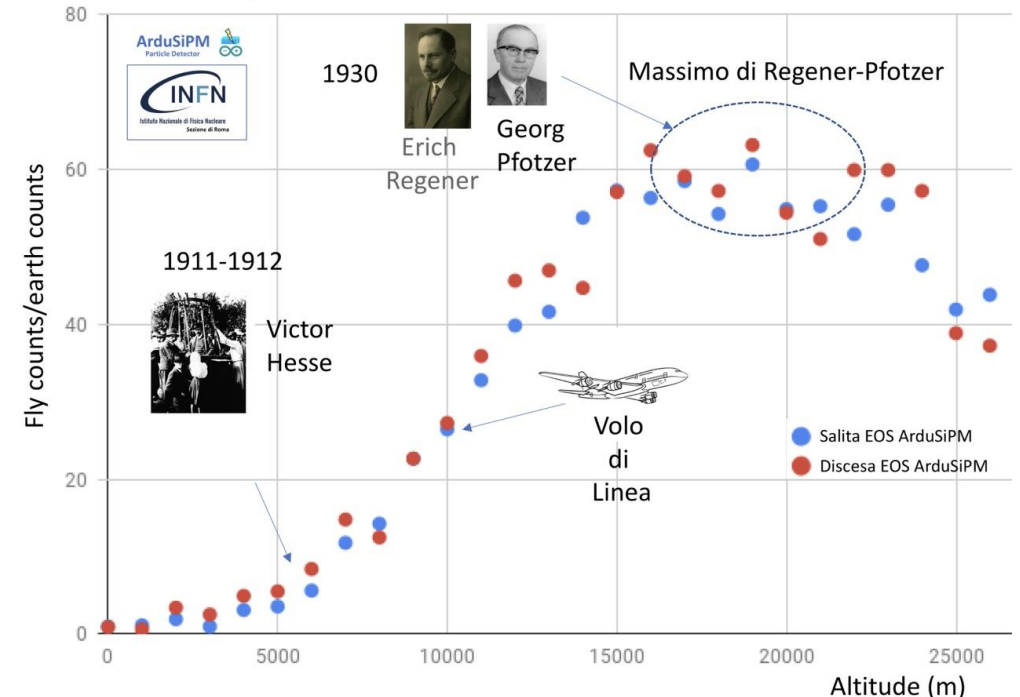
## ITI A. Russo Nicotera, AB Project, INFN Sezione di Roma



Ultima simulazione  
Prima del lancio



ArduSiPM particle detector Volo Near Space EOS





**2014** Talk IEEE Nuclear Science Symposium Seattle  
The ArduSiPM a compact trasportable Software/Hardware Data Acquisition system for SiPM detector



nss2014-org@desy.de via roma1.infn.it Jul 13, 2014, 8:50 PM ☆ ↶ ⋮  
to valerio.bocci  
Dear Dr. Bocci,  
  
We are pleased to inform you that your submission (#1450) with title of "The ArduSiPM a Compact Transportable Software/Hardware Data Acquisition System for SiPM Detector." has been accepted for an oral presentation at the 2014 IEEE Nuclear Science Symposium in the session "Data Acquisition and Analysis Systems II". It is



**2015** MakerFaire Rome Tra i primi 50 progetti e Primo progetto Scientifico



**43. INFN - ArduSiPM**

I fotomoltiplicatori al silicio SiPM sono rivelatori di luce piccoli e poco costosi. Un SiPM può essere accoppiato a un cristallo scintillante per costruire un piccolo rivelatore di radiazione. Un sistema di acquisizione dei SiPM, facilmente replicabile, chiamato ArduSiPM è stato costruito sulla piattaforma Arduino Due. Il dispositivo può operare a batterie e può essere connesso ad una rete di dispositivi dello stesso tipo tramite internet realizzando un sistema per monitorare la radiazione ambientale.  
Autore: Team INFN - ArduSiPM (Valerio Bocci, Giacomo Chiodi, Francesco Iacongelli, Massimo Nuccetelli, Luigi Recchia)



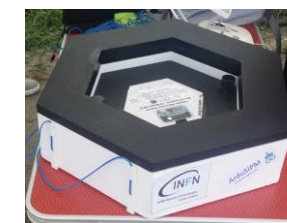
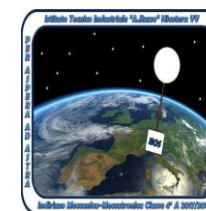
**2016** MakerFaire European Edition selezionato tra ii Dieci migliori progetti in mostra al parlamento europeo



**2017** Il liceo «T.C. Onesti” di Fermo vince il concorso CERN Beam Line for Shool utilizzando ArduSiPM in un rivelatore Cherenkov.



**2018** ArduSiPM nella statosfera con EOS Space Project dell'ITIS «A. Russo» Nicotera.



# ArduSiPM come buiding block per esperimenti all'interno di una sigla CC3M per raggi cosmici

## Pro

- Nato all'interno dell'INFN per esperimenti, primo progetto al mondo di questo tipo (prima pubblicazione 2014, CosmicPi (CERN) 2015, Cosmicwatch (MIT) 2016)
- trasferimento tecnologico INFN effettuato, disponibile commercialmente sotto licenza INFN.
- Diversi ArduSiPM in Università , laboratori di ricerca scuole anche non italiane
- Basso consumo (intrinseco senza ottimizzazioni)-> 50 ore teoriche con un power Bank da 10000 mAh o piccolo pannello solare .
- Basso peso circa 100 g (utilizzo per palloni aerostatici, cubesat, ISS )
- Basso ingombro < 4 cm x 15 cm
- Possibilità di cambiare lo scintillatore per tipi diversi di particelle.
- Esperimenti possibili: radiazioni, coincidenze, tempi volo e distribuzione sciame, determinazione vita muone, fotonica

## Da lavorarci

- Documentazione frammentaria nello stile Maker (Articoli scientifici, Articoli divulgativi, tesi di laurea, qualche howto)
- Numero pezzi prodotti: **~100 in due anni** interessante ma non per economie di scala
- Costo da listino 700 euro IVA inclusa molto basso per uno strumento dal laboratorio o esperimento, alto per le scuole.
- Schede Addon piuttosto che cablaggi a filo.
- Azienda produttrice piccola non in grado di investire solo per ritorno di immagine, non in grado di fare magazzino per decine di pezzi.

Disponibilità dell'azienda produttrice :

- Shield con GPS ,wifi, datalogger, OLED come possibile nuovo trasferimento tecnologico.
- Sconto (fino al 50%) possibile in occasione/i speciali tipo ICD a fronte di ordini di almeno 50-100 pezzi in un periodo breve (1-2 mesi) da effettuare con apposito codice sconto.
- Versione 2.0 se i volumi lo consentono