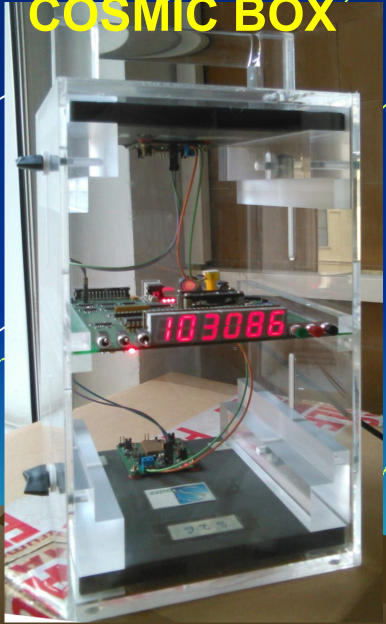
COSMIC (ray) SCOUT

Angelo Maggiora
Pensionato INFN, virtuale e coatto della Sezione di Torino

COSMIC SHOWER una installata al planetario di Torino

COSMIC BOX



attività outreach da ricercatore

MODELLO ACCELERATORE LINEARE

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

La CosmicBox in attività didattiche

Misura flusso giornaliero dei cosmici
Inventiva e creatività dei Professori

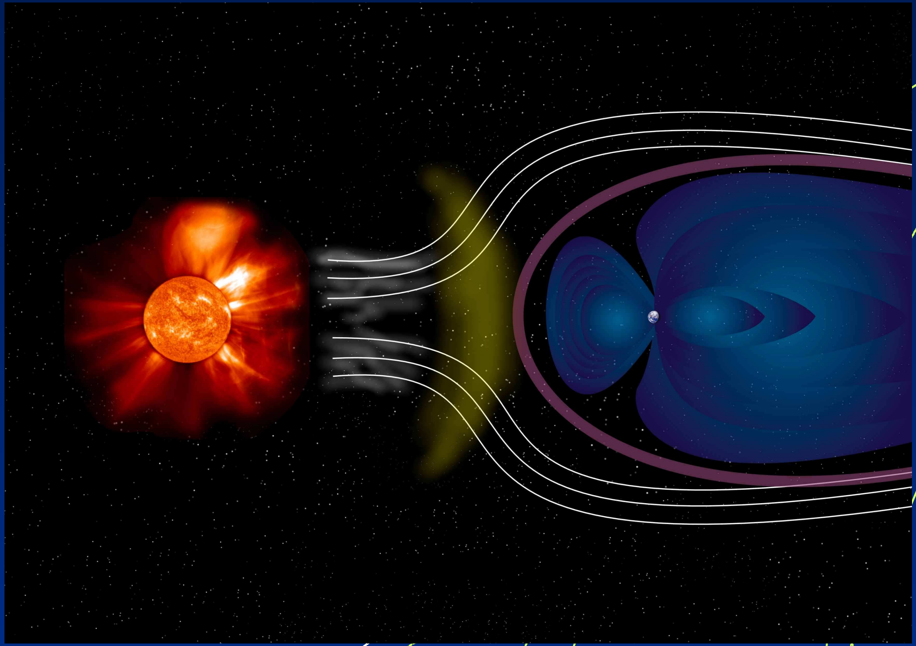

Liceo Gioberti di Torino

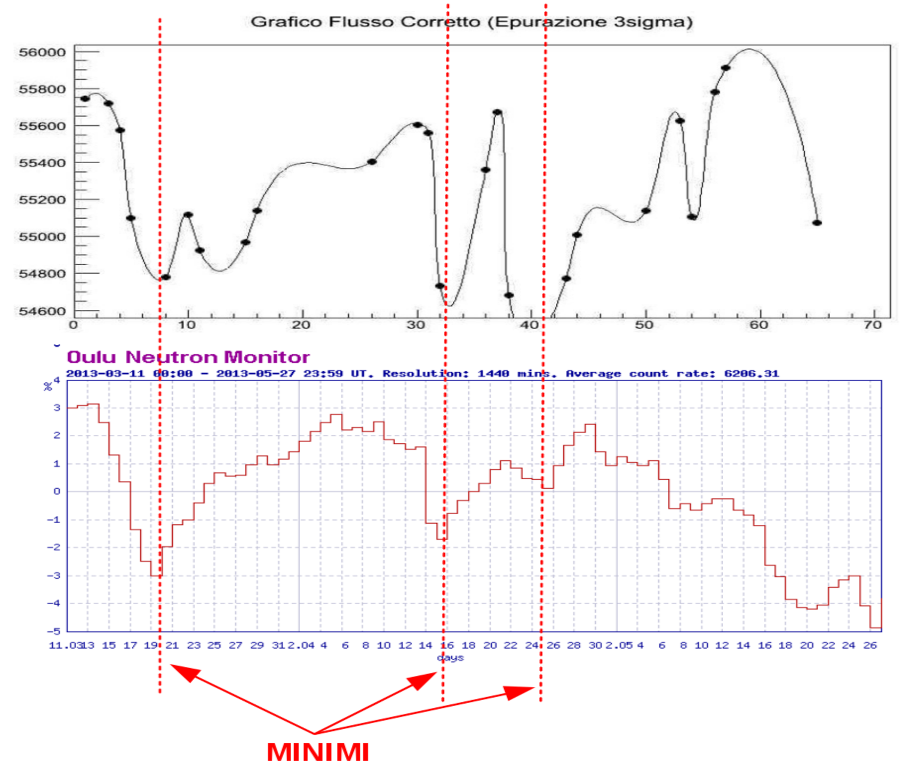

ITIS Avogadro di Torino

Ripetizione esperimento di Hess, portando CosmicBox e ragazzi ad altezze crescenti

… e anche non previsti

Effetto Forbush





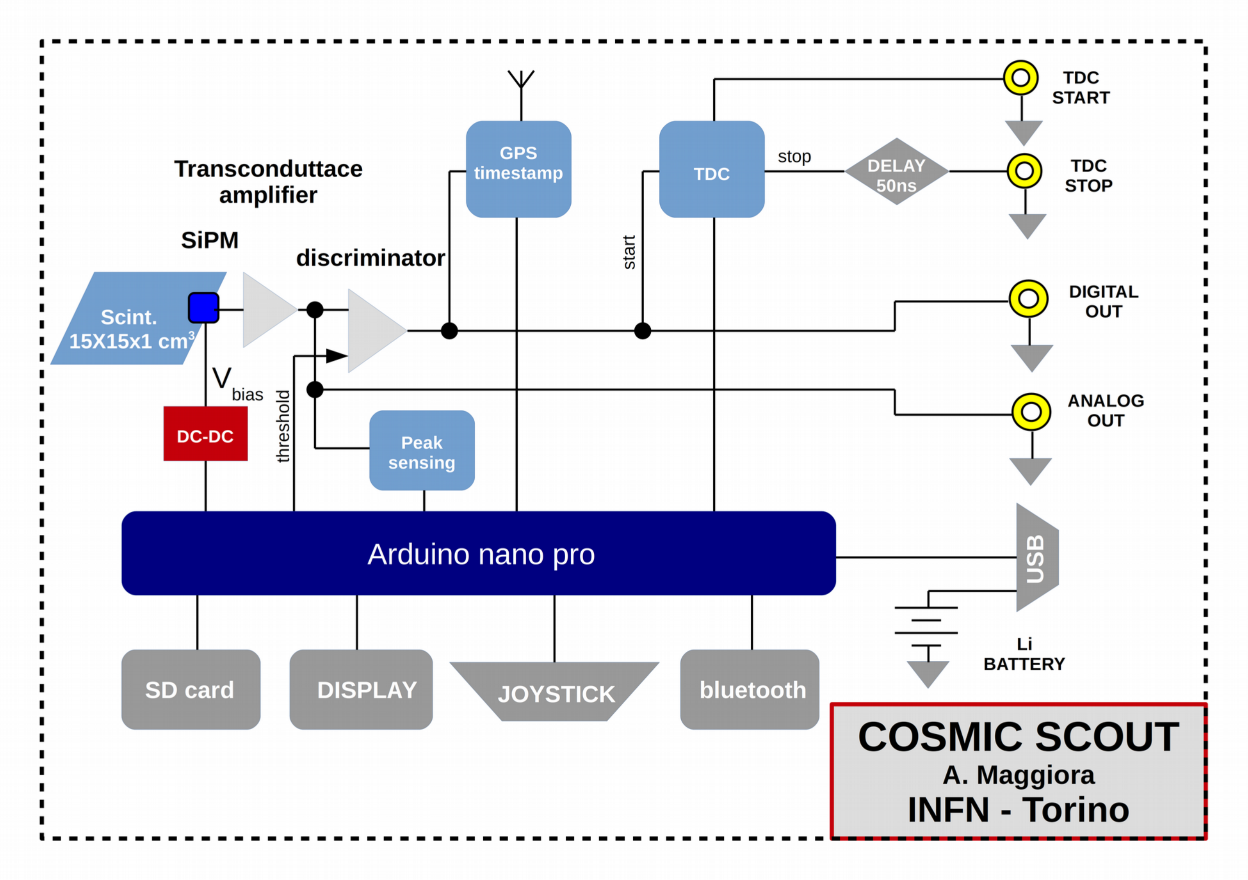
Fenomeno noto dagli anni ‘30, legato all’attività solare.
Misurato con CosmicBox al Galfer di Torino, integrazione 1 giorno.
Dati registrati ogni giorno a marzo/aprile 2013, corretti per la pressione atmosferica

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

Aggiornamento: COSMIC SCOUT

- Le cosmic box sono datate, hanno 10 anni
  - Erano state concepite come complementari a EEE
- Nel frattempo la tecnologia ha fatto grandi passi avanti
- Cambio filosofia
  - Singolo scintillatore ma accoppiabile ad un secondo per coincidenze
  - Alimentazione a batteria ricaricabile
  - Lettura dati da laptop via USB o via bluetooth. Registrazione su SD
  - Adatto a studenti licei ed universitari
  - Possibili altre misure con hardware addizionale (velocità della luce)

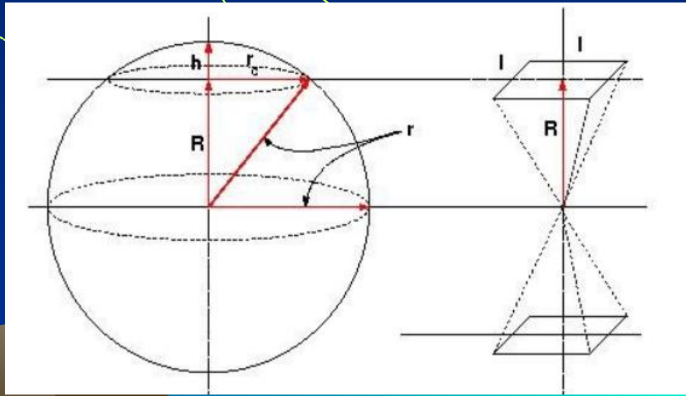
COSMIC SCOUT



- AdVANSID NUV 4S-P, 4x4 mm²
- Scintillatore BC408 o Ej200 (65% antracene)
- Arduino Nano
- Timestamp UBLOX Neo-M8T
- TDC Texas TDC 7200 (50 ps risoluzione – 500ns range)
- Alimentazione a batteria al Li con possibilità di ricarica con i caricatori portatili per telefonini
- Bluetooth e USB
- Memorizzazione dati su microSD
- Misura ampiezza con peak-sensing e tempo con GPS

Un po' di calcoli

- Il flusso di raggi cosmici a livello del mare (da PGP) è 180 cosm m^2 s^{-1} = 0.018 cosm cm^2 s^{-1} = **10800 cosm m^2 min^{-1}**
- Su una singola tile 15x15 cm^2 = 225 cm^2 → 4 cosm/s → **t_p = 250 ms**
- Se mettiamo in coincidenza due cosmic scout, l'angolo solido sotteso dipende dalla distanza. Ad esempio:
  - 7,2% di 4π, se distanti 28 cm;
  - 19% di 4π, se distanti 13 cm
- I conteggi quindi si riducono a:
  - 28 → 4 x 0,072 = 0,3 cosmici/s = **18 cosm/min**
  - 13 → 4 x 0,19 = 0,8 cosmici/s = **46 cosm/min**

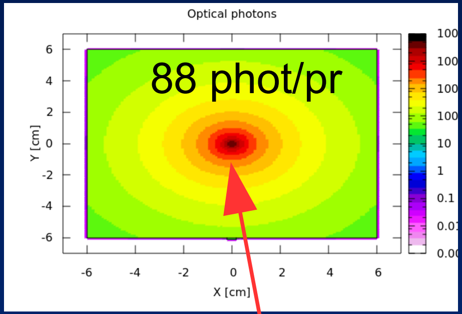


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

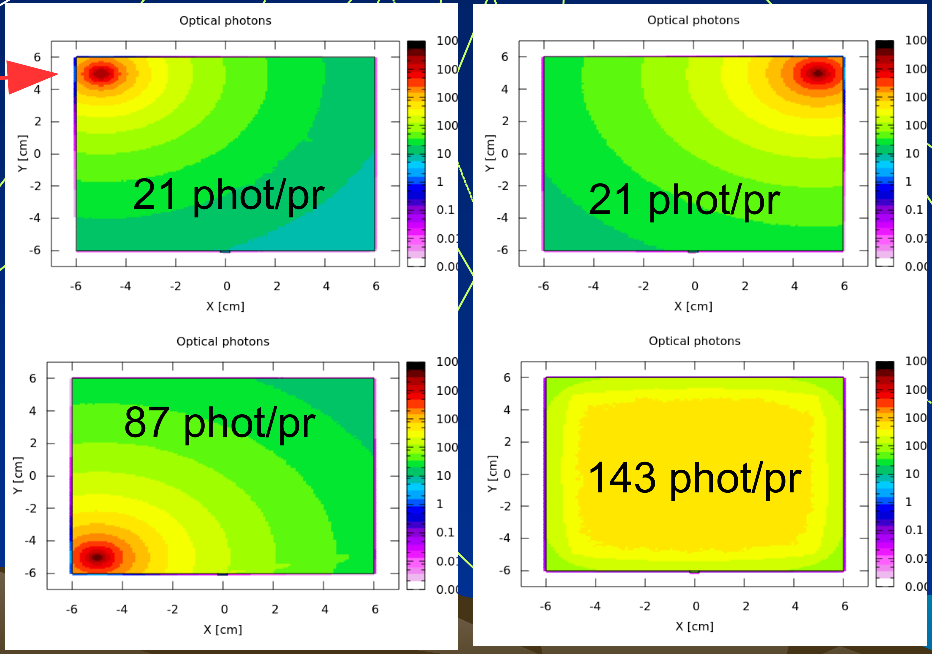
Simulazioni con FLUKA

Fascio μ^+
P = 1 ± 0.2 GeV/c, FWHM = 0,5 cm
Light output = 65% of antracene
11400 phot/Mev

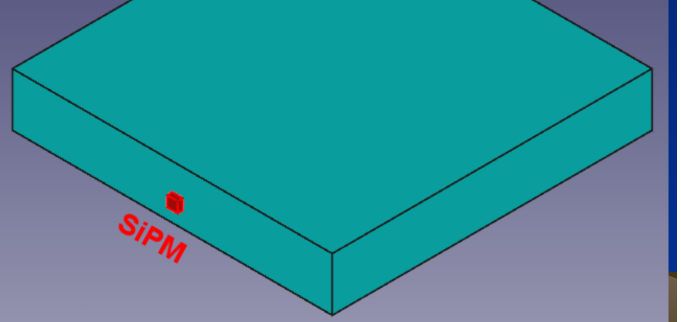
uniformità problematica



Beam position



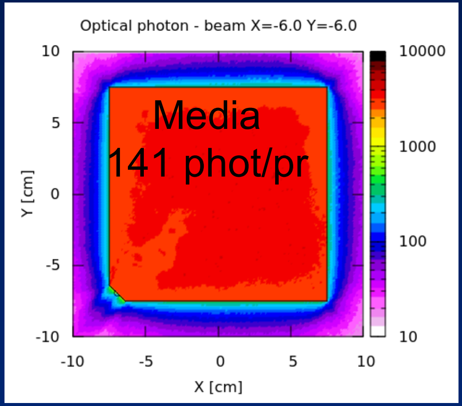
Disegno semplificato → costi ridotti
Picco emissione 425 nm

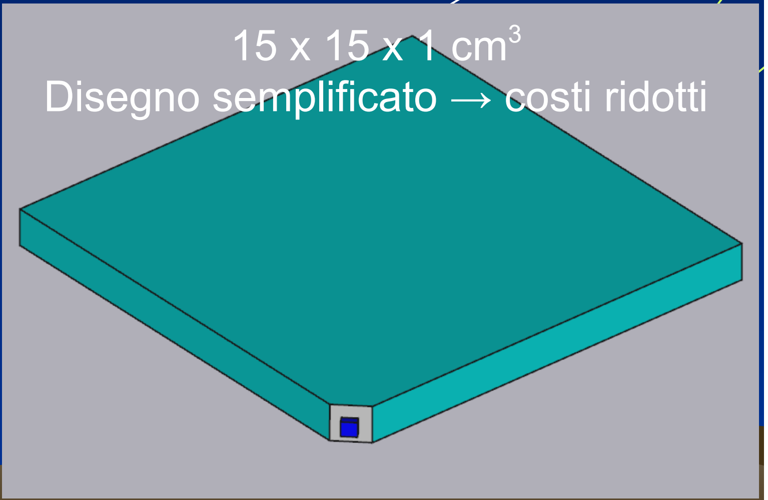


Simulazioni con FLUKA

Buona uniformità
grande numero di fotoni ottici
sulla superficie del SiPM 4x4 mm^2
Ma fluka è un po' ottimista

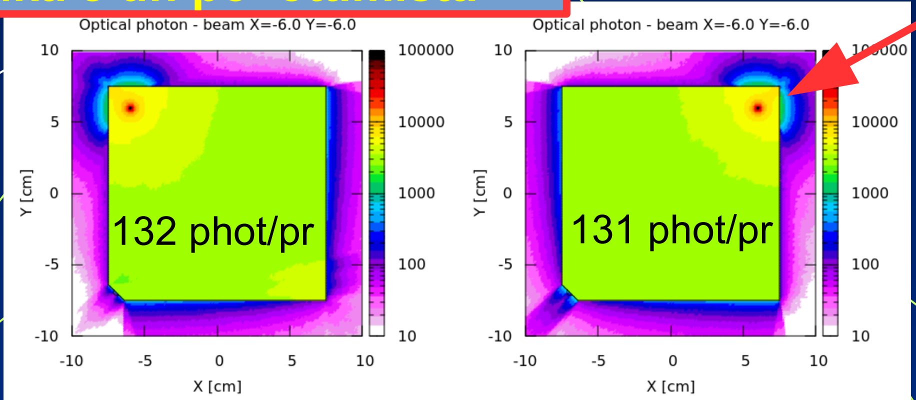
configurazione "wave-guide"

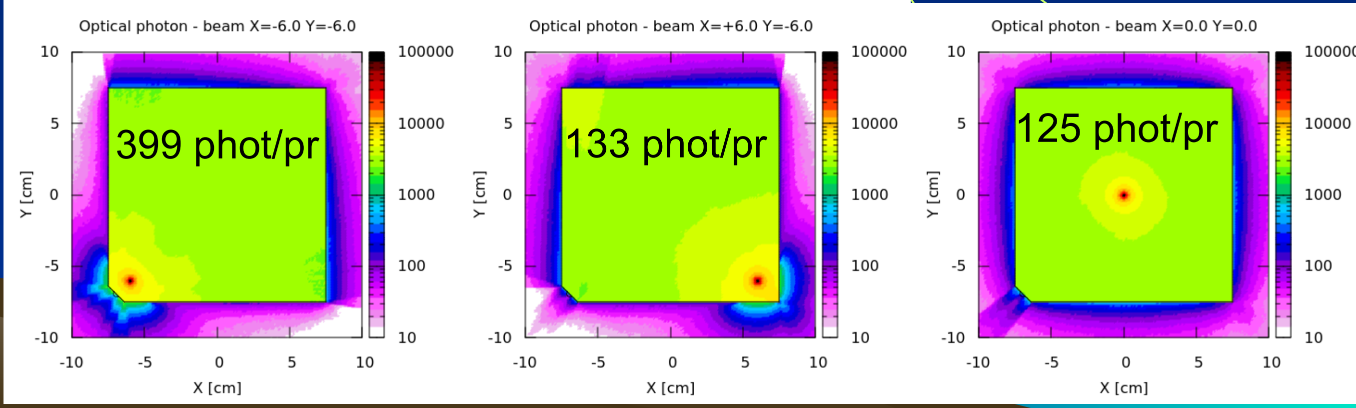




Beam position

Misurati al CERN : 20 photoelettroni



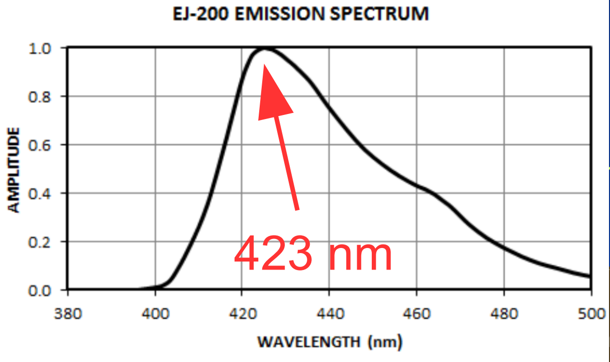


scintillatore

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

ELJEN TECHNOLOGY
1300 W. Broadway, Sweetwater, TX 79556
www.eljentechnology.com • eljen@eljentechnology.com
Toll Free (USA): (888)-800-8771 • Tel: (325)-235-4276 • Fax: (325) 235-0701

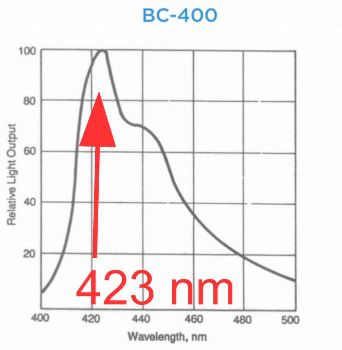
PROPERTIES	EJ-200	EJ-204	EJ-208	EJ-212
Light Output (% Anthracene)	64	68	60	65
Scintillation Efficiency (photons/1 MeV e⁻)	10,000	10,400	9,200	10,000
Wavelength of Maximum Emission (nm)	425	408	435	423
Light Attenuation Length (cm)	380	160	400	250
Rise Time (ns)	0.9	0.7	1.0	0.9
Decay Time (ns)	2.1	1.8	3.3	2.4
Pulse Width, FWHM (ns)	2.5	2.2	4.2	2.7
H Atoms per cm³ (×10²²)	5.17	5.15	5.17	5.17
C Atoms per cm³ (×10²²)	4.69	4.68	4.69	4.69
Electrons per cm³ (×10²³)	3.33	3.33	3.33	3.33
Density (g/cm³)	1.023	1.023	1.023	1.023
Polymer Base	Polyvinyltoluene			
Refractive Index				
Softening Point				
Vapor Pressure				
Coefficient of Linear Expansion				
Temperature Range				
Light Output (L.O.) vs. Temperat				



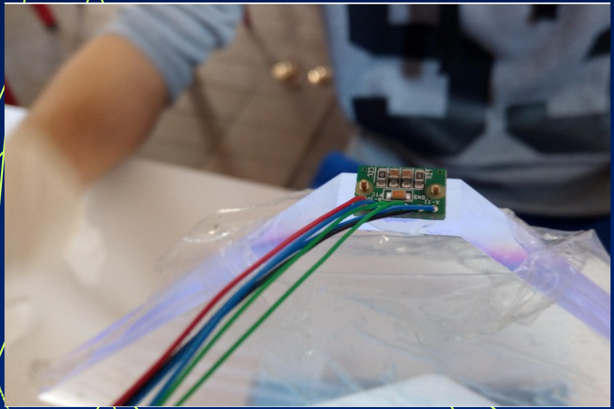
SAINT-GOBAIN
Saint-Gobain Crystals

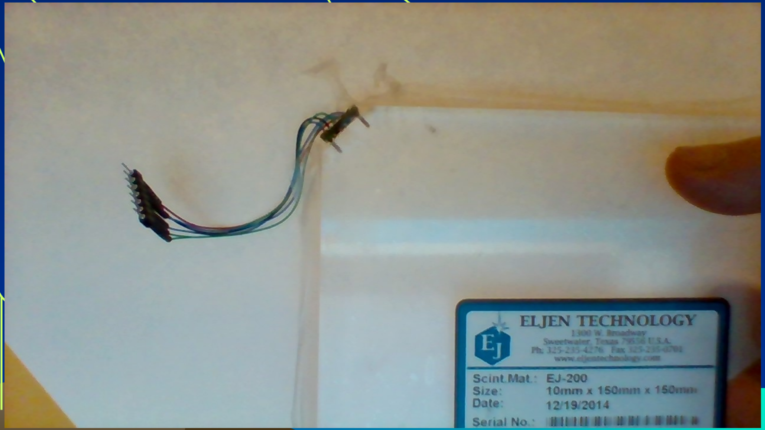
	BC-400	BC-404	BC-408	BC-412	BC-416
Principal Uses/Appli	general purpose	fast counting	TOF large area	large area	large area economy
Scintillation Properties					
Light Output, %Anthracene	65	68	64	60	38
Rise Time, ns	0.9	0.7	0.9	1.0	-
Decay Time (ns)	2.4	1.8	2.1	3.3	4.0
Pulse Width, FWHM, ns	2.7	2.2	~2.5	4.2	5.3
Wavelength of Max. Emission, nm	423	408	425	434	434
Light Attenuation Length, cm*	160	140	210	210	210
Bulk Light Attenuation Length, cm	250	160	380	400	400
Atomic Composition					
No. H Atoms per cc (x10²²)	5.23	5.21	5.23	5.23	5.25
No. C Atoms per cc (x10²²)	4.74	4.74	4.74	4.74	4.73
Ratio H:C Atoms	1.103	1.100	1.104	1.104	1.110
No. of Electr	3.37	3.37	3.37	3.37	3.37

*The typical ... cast sheet with edges polished as measured with a bialkali photomultip...



Scintillatori delle “Cosmic Box”

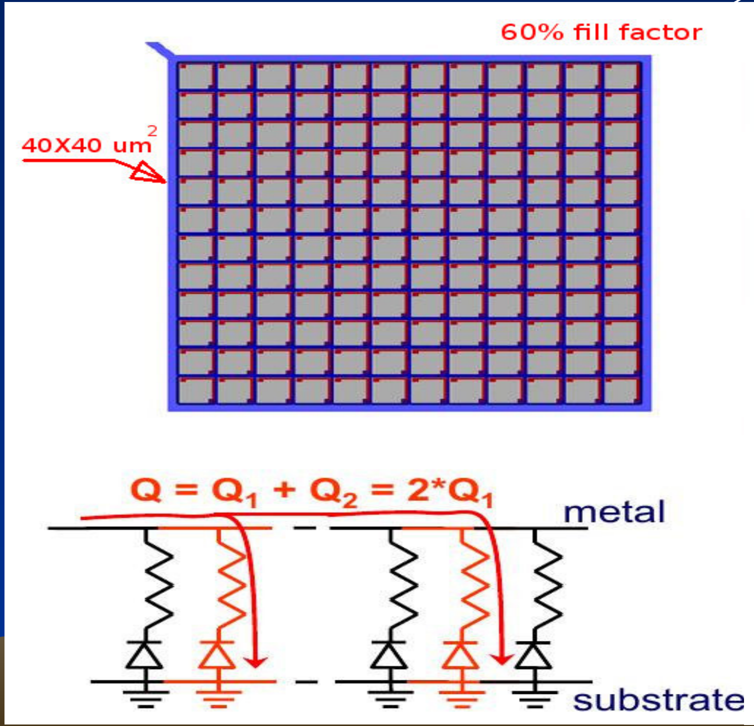




SiPM
AdvanSiD – ASD-NUV4S-P

Sensori ultra-sensibili, in grado di vedere la luce di una candela a 20 km di distanza

Breakdown controllato



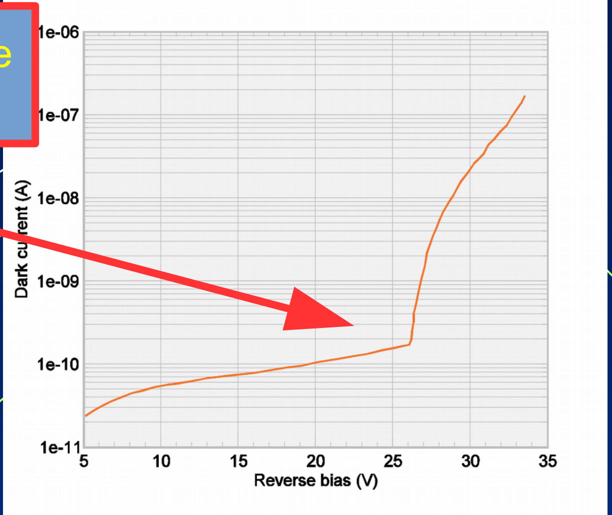
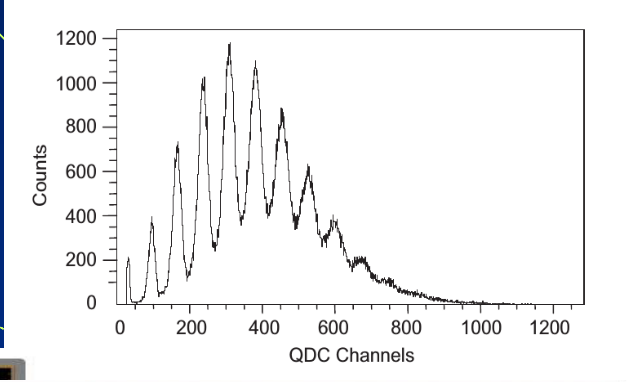
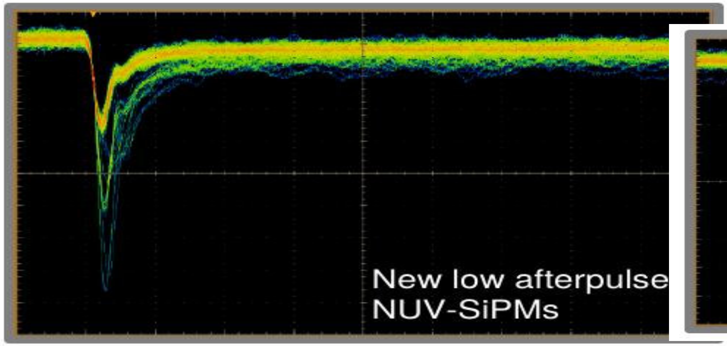
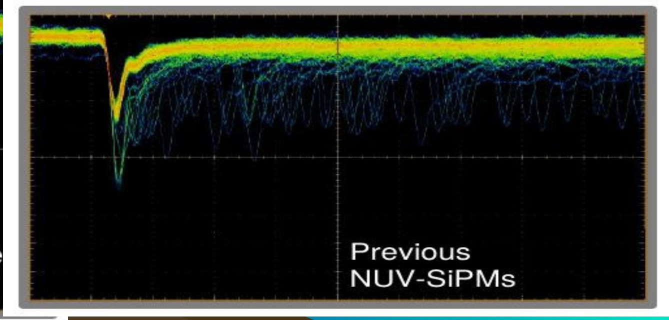


Fig.1 Typical reverse IV curve (ASD-NUV1S-P).

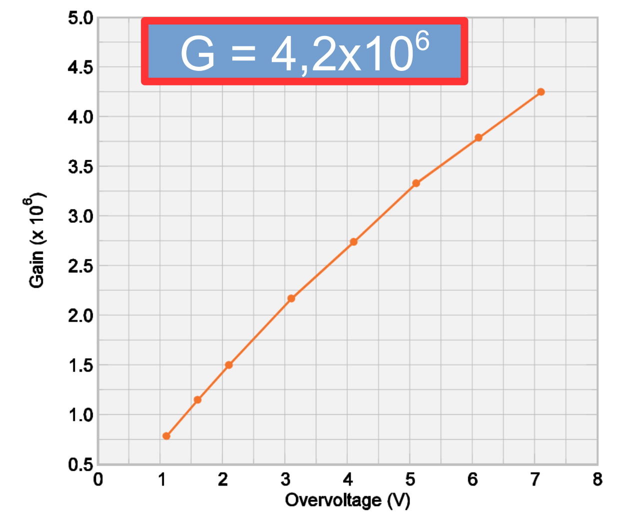






SiPM
AdvanSiD - ASD-NUV4S-P

- Migliori catteristiche
  - Guadagno: > $4X10^6$
  - Afterpulse < 4%
  - Dark counting rate: < 100 kHz/mm^2
  - Ottima stabilità in temperatura



G = $4,2x10^6$

Fig.5 Gain of NUV-SiPMs as a function of overvoltage.

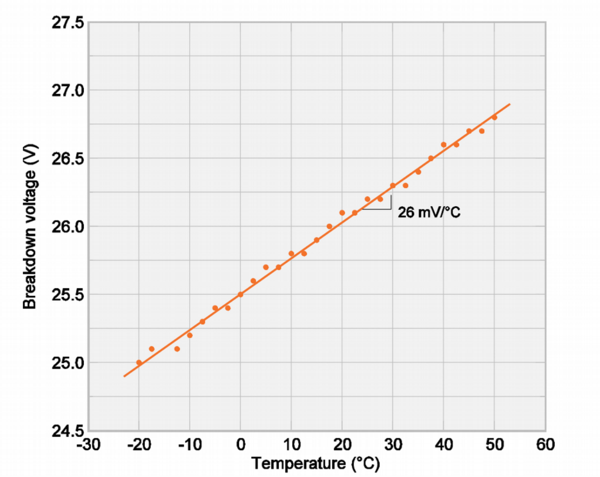


Fig.3 NUV-SiPMs breakdown voltage temperature dependence.

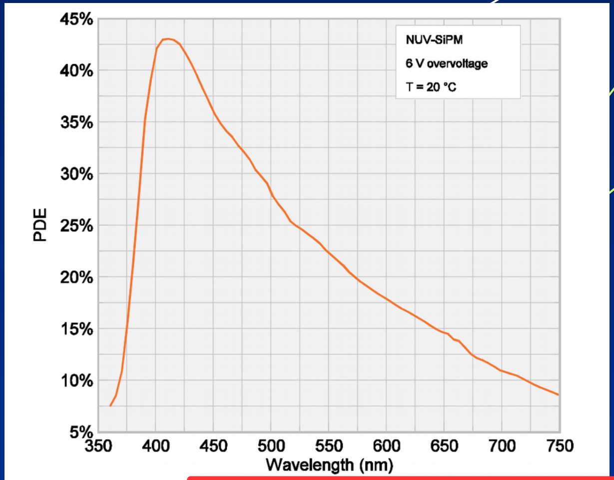


Fig.8 Photo dete... a function of wav... included).

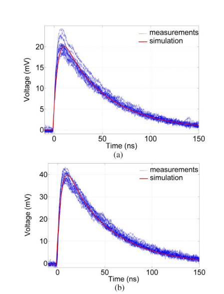
Quantum efficiency
At 423 nm : 42,6%

- n. medio fotoni: 141
- Foto-accoppiamento: 90%
- Efficienza quantica: 42%

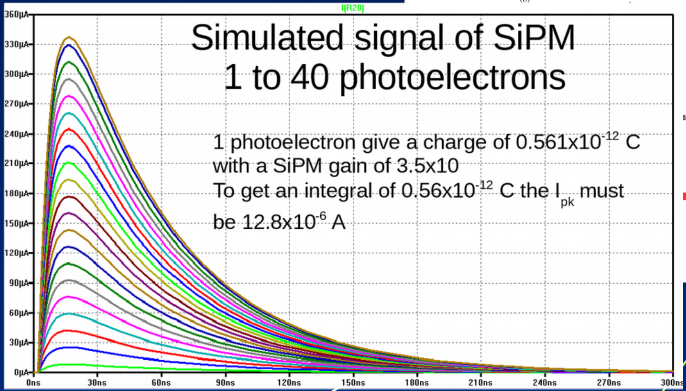
Numero medio fotoelettroni 53 (misurati: 20)

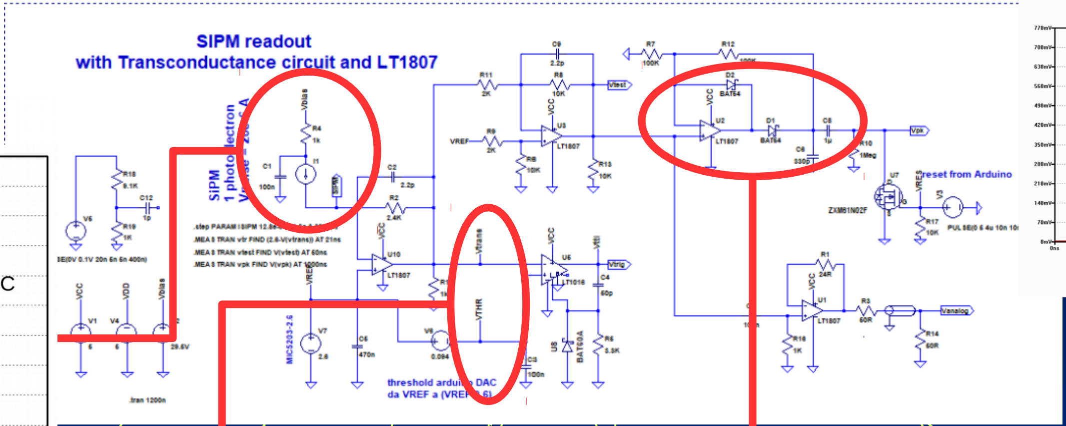
Compensazione temperatura con PT100 e Arduino

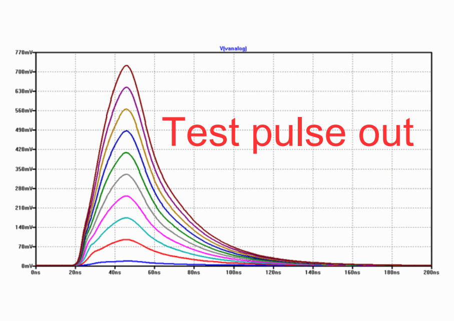
Simulazioni LTSPICE



Carica e^- 1,602x10^{-19} C

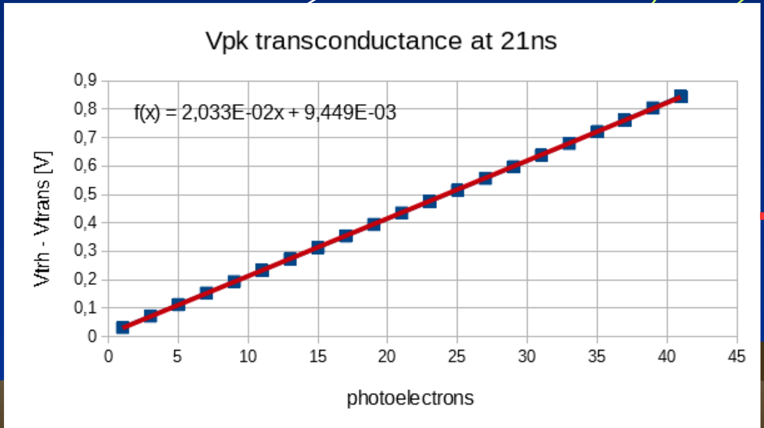


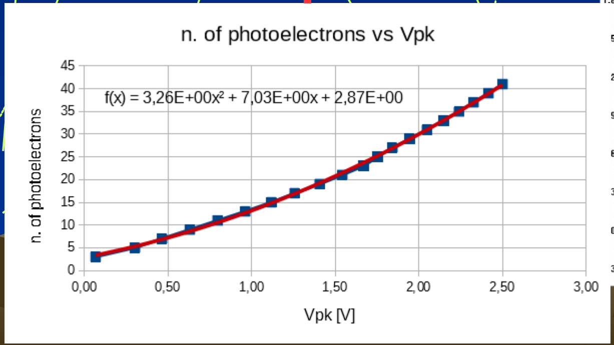


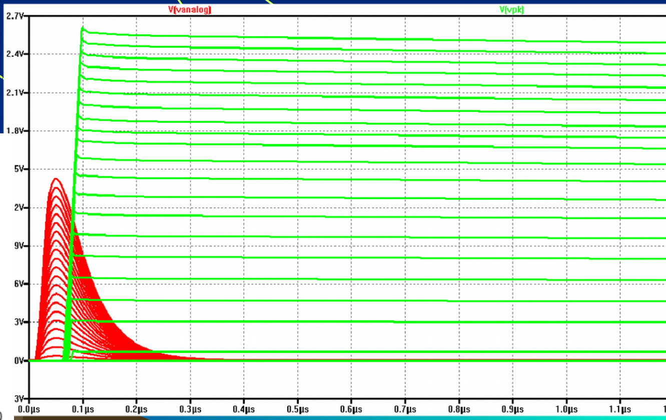


Peak sensing
& sample-hold

Soglia vs photoelectrons
Vthresh controllata da Arduino

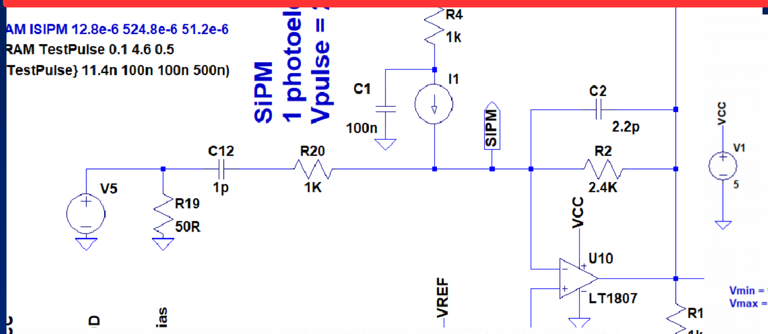




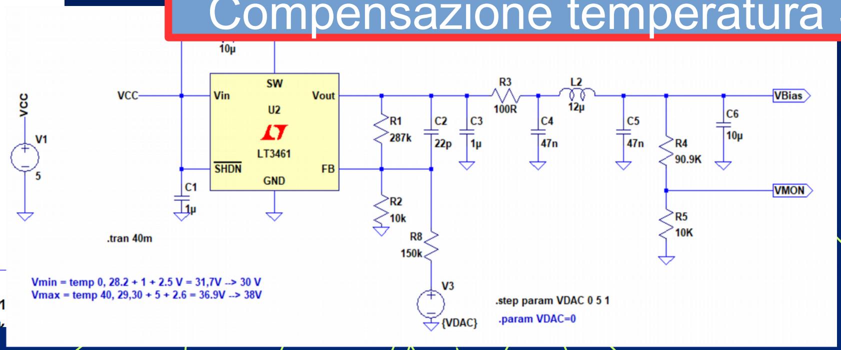


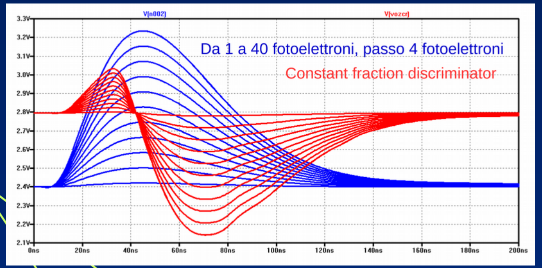
Simulazioni PSPICE
della circuiteria accessoria e constant-fraction discriminator

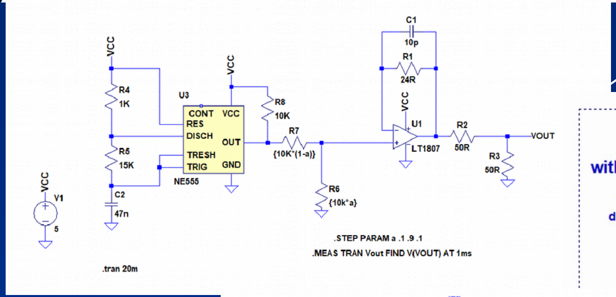
Impulsatore per test e calibrazione

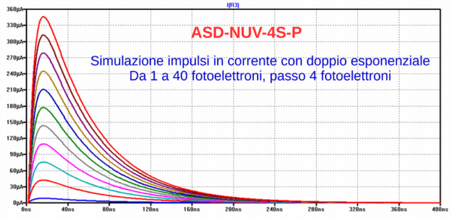


V_{bias} con DC-DC converter controllato da Arduino
Compensazione temperatura SiPM con PT100

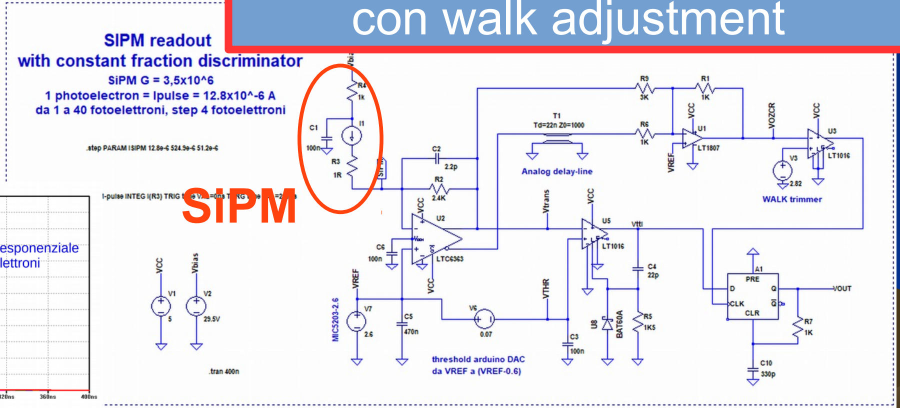






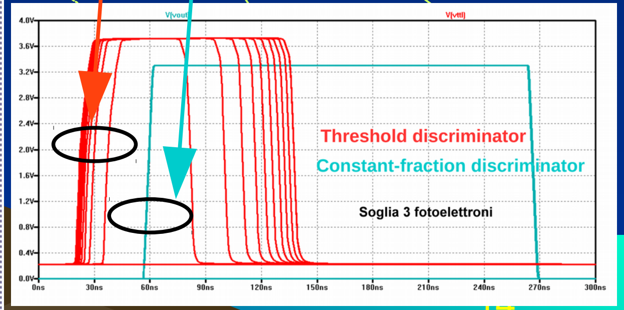


Constant-fraction discriminator
con walk adjustment



Jitter discrim. a soglia

Jitter constant-fraction



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

GPS

NEO/LEA-M8T
u-blox M8 GNSS timing modules

NEO-M8T
12.2 x 16.0 x 2.4 mm

roduct selector

Model	Category				GNSS					Supply	Interfaces				Features								Grade		
	Standard Precision GNSS	High Precision GNSS	Dead Reckoning	Timing	GPS / QZSS	GLONASS	Galileo	BeiDou	Number of Concurrent GNSS	2.7 V – 3.6 V	UART	USB	SPI	DDC (I^2C compliant)	Programmable (Flash)	Data logging	Carrier phase output	Additional SAW	Additional LNA	Oscillator	Timepulse	Frequency output	Standard	Professional	Automotive
NEO-M8T				•	•	•	•	•	3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	T	2				
LEA-M8T				•	•	•	•	•	3	•	•	•	•	•	•	•	•	•		T	2				

- 2 clock output
  - 1 Hz
  - 10 MHz
- Time-stamp risoluzione 100 ns
- Antenna attiva
  - Sensibilità: -167 dB/m
- 72 canali, riceve e decodifica tutti i satelliti

Active antenna design using VCC_RF pin to supply the active antenna

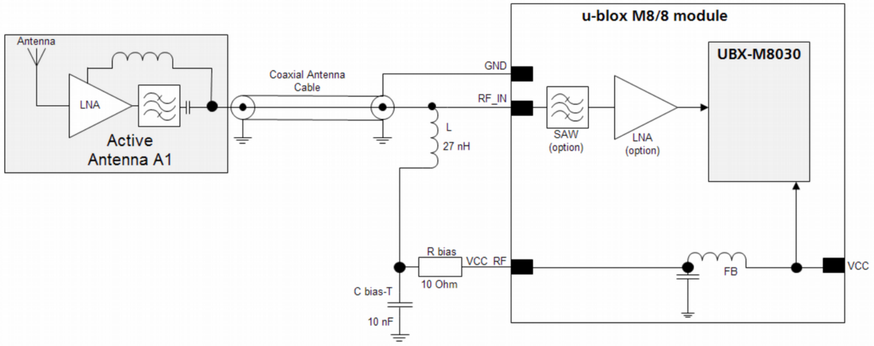
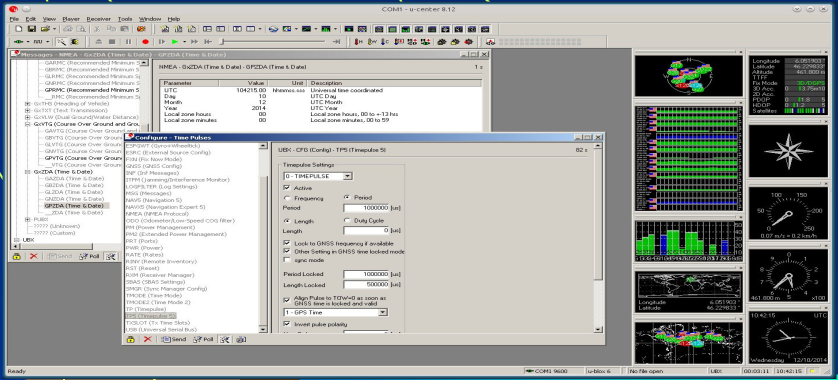


Figure 9: Active antenna design, external supply from VCC_RF

NEO-M8T

- **GPS specifico per applicazioni timing**
  - Riceve segnali GPS/QZSS, GLONASS, Galileo, BeiDou
  - Risoluzione in posizione: 2,5m
  - Aggiornamento dati: fino a 5Hz
  - Time accuracy: ≤ 20ns (con antenna esterna)
  - Time-pulse frequency: 1 PPS e 0,25 - 10 Mhz
  - Time pulse Jitter: ±11ns
  - Ricevitore: up to 72 channels
  - Sensibilità: -167 dBm
  - Interfaccia SPI o UART
  - Disponibilità sistema di valutazione e sviluppo
  - Parametri memorizzati in NVRAM per cold start
  - Schemi evaluation-board disponibili in rete



TDC

TEXAS INSTRUMENTS

TDC7200

SNAS647D – FEBRUARY 2015 – REVISED MARCH 2016

TDC7200 Time-to-Digital Converter for Time-of-Flight Applications in LIDAR, Magnetostrictive and Flow Meters

Richiede SOLO un clock a 10 MHz

Device Information[1]

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
TDC7200	TSSOP (14)	5.00 mm × 4.40 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

1 Features

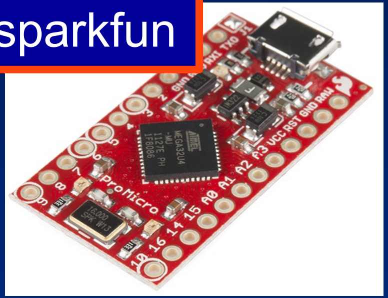
- Resolution: 55 ps
- Standard Deviation: 35 ps
- Measurement Range:
  - Mode 1: 12 ns to 500 ns
  - Mode 2: 250 ns to 8 ms
- Low Power Consumption: 0.5 μA (2 SPS)
- Supports up to 5 STOP Signals
- Autonomous Multi-Cycle Averaging Mode for Low Power Consumption
- Supply Voltage: 2 V to 3.6 V
- Operating Temperature –40°C to 85°C
- SPI Host Interface for Configuration and Register Access

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

Arduino e display

originale

sparkfun



Features

- USB 2.0 Full-speed/Low Speed Device Module with Interrupt on Transfer Completion
  - Complies fully with Universal Serial Bus Specification Rev 2.0
  - Supports data transfer rates up to 12Mbit/s and 1.5Mbit/s
  - Endpoint 0 for Control Transfers: up to 64-bytes
  - Six Programmable Endpoints with IN or Out Directions and with Bulk, Interrupt or Isochronous Transfers
  - Configurable Endpoints size up to 256 bytes in double bank mode
  - Fully independent 832 bytes USB DPRAM for endpoint memory allocation
  - Suspend/Resume Interrupts
  - CPU Reset possible on USB Bus Reset detection
  - 48MHz from PLL for Full-speed Bus Operation
  - USB Bus Connection/Disconnection on Microcontroller Request
  - Crystal-less operation for Low Speed mode

Parameter Name	Value
Program Memory Type	Flash
Program Memory (KB)	32
CPU Speed (MIPS)	16
RAM Bytes	2,560
Data EEPROM (bytes)	1024
Digital Communication Peripherals	1-UART, 2-SPI, 1-I2C
Capture/Compare/PWM Peripherals	2 Input Capture, 2 CCP, 12PWM
Timers	2 x 8-bit, 2 x 16-bit
Comparators	1
USB (ch, speed, compliance)	1, Full Speed
Temperature Range (C)	-40 to 85
Operating Voltage Range (V)	2.7 to 5.5
Pin Count	44
Cap Touch Channels	14

INFN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

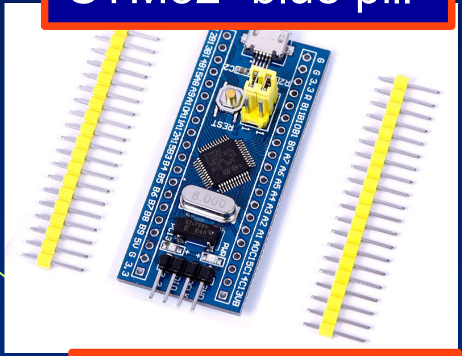
Possibili alternative Arduino vs STM32

SPECS/BOARD	STM32F103C	ARDUINO UNO
Number of cores	1	1
Architecture	32 bits	8 bits
RISC CPU frequency	72/80 MHz	16 MHz
WI-FI	NO	NO
Bluetooth	NO	NO
RAM	20 KB	2 KB
FLASH	64/128 KB	32 kB
Busses	SPI, I2C, UART, CAN	SPI, I2C, UART
ADC pin	10	6
ADC resolution	12 bits	10 bits
DAC pin	0	0

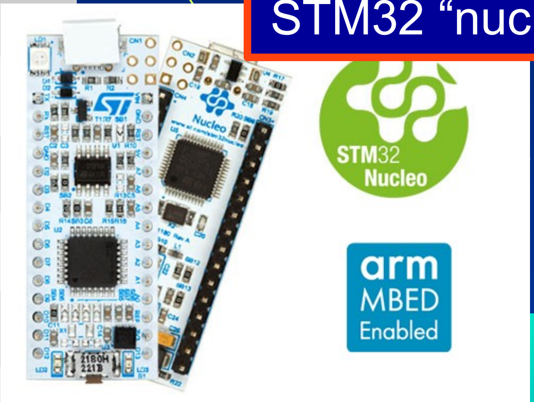
STM32 nucleo, pin to pin compatible with Arduino nano

Arduino nano

STM32 “blue pill”

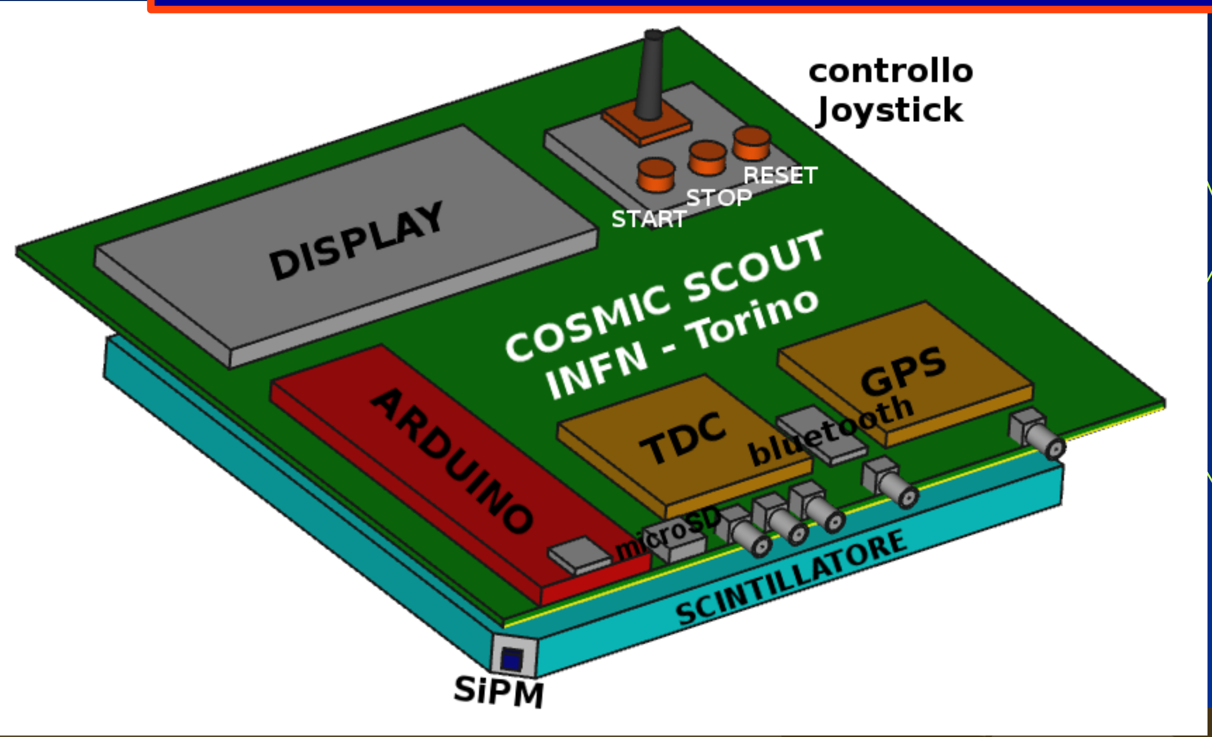


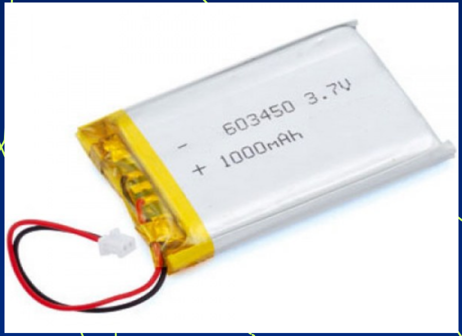
STM32 “nucleo”



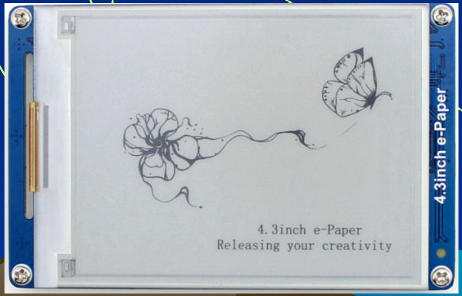
assemblaggio

Controllo tramite joystick e pulsanti
joystick per cambio display e controllo (es. V_{bias} e soglia)
pulsanti “didattici old style”





Batteria al litio ricaricabile alta capacità. Ricarica con caricatore esterno da telefonino



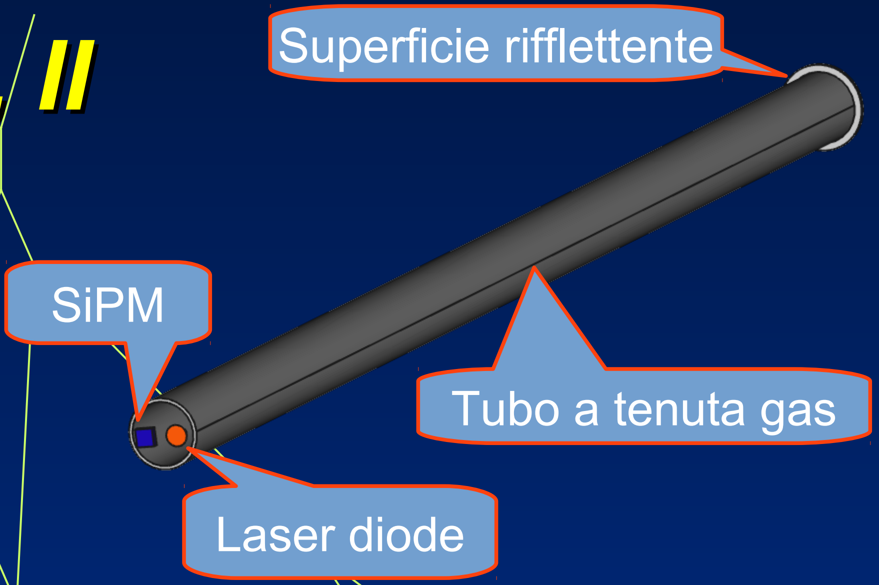
Display e-paper basso consumo alta risoluzione 800x600

Usi possibili

- Si prevede l'utilizzo di coppie di "Cosmic shower"
  - Sovrapposte: misura di singoli raggi cosmici
    - Con tempo UTC dato dal GPS
    - Misura flusso con correzione pressione atmosferica
    - Misura flusso verso angolo solido (a distante crescenti)
    - Misura flusso vs azimuth
    - Misura flusso vs altezza (uso in aereo con alimentazione a batteria)
    - Misura della riduzione del flusso interponendo materiali, ad es. a diversi piani
    - Misura direzione alto/basso del cosmico se sufficientemente distanti
  - Affiancate: misura sciami di raggi cosmici
    - Coincidenza tramite TDC e time-stamp da GPS

INFN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

Usi possibili, II



- Uso didattico a livello universitario
  - Misura sul SiPM
    - Variazione guadagno facendo variare V_{bias}
    - Correlazione guadagno/soglia
    - Misura del rumore del SiPM
  - Aggiungendo un diodo laser, il TDC si trasforma in LIDAR
    - Misura velocità della luce
      - In vuoto
      - In vari gas
      - Correlazione indice di rifrazione/densità del gas
    - Verifica dell'esistenza dell'etere

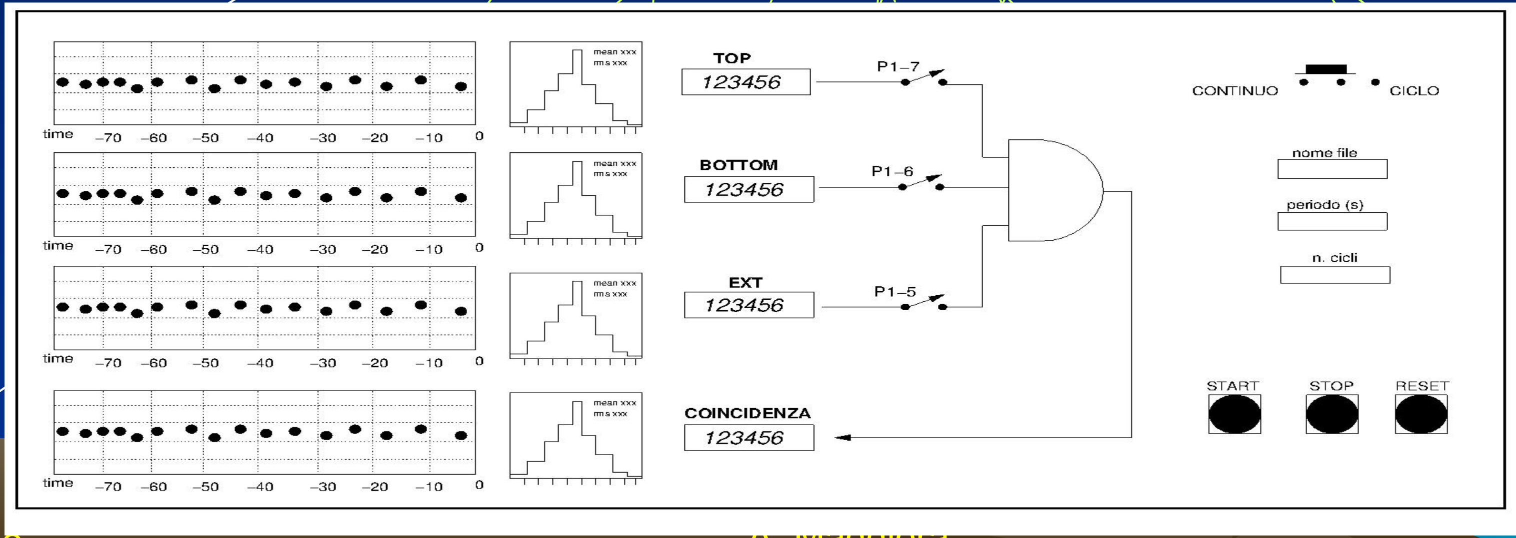
Costi presumibili per Cosmic Scout

- Scintillatore : € 100,00 ciascuno
- SiPM : € 60,00
- Display : € 60,00
- GPS : € 50,00
- PCB, componenti e connettori : € 150,00

- Totale: da € 400,00 a € 500,00
- Ovviamente riduzione dei costi per large produzioni

Display su laptop tramite USB o bluetooth

- Il collegamento tramite USB o bluetooth ad un portatile permette
  - Trasmissione e memorizzazione dei dati (comunque registrati su scheda microSD)
  - Ricarica della batteria tramite USB
- La modifica dei parametri di funzionamento (V_{bias}, soglia, coincidenze ecc) da PC



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

conclusioni

- Si propone una versione aggiornata alle tecnologie odierne della "Cosmic Box" che ha avuto un enorme successo nelle scuole superiori
- Si vuole produrre un prototipo
  - Eventuali produzioni in serie saranno possibili in collaborazione con l'industria
- Costo prototipo:
  - € 4000,00, include materiale per 2 PCB e componenti, materiale per 4 scintillatori, 10 SiPM, diodi laser e driver, GPS e GPS evaluation

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Torino

riserve