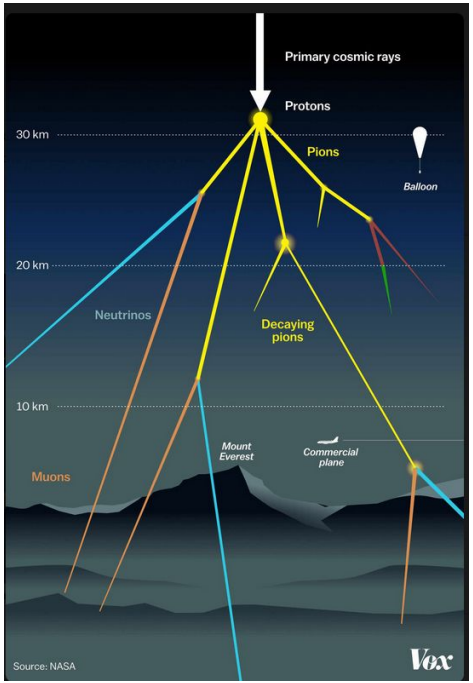
Detectores de partículas de bajo costo: Explorando el hardware simplificado

D. Castillo-Morales, C. Sarmiento-Cano, L. Nuñez
Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander

Universidad de los Andes | Facultad de Ciencias Departamento de Física
2024
Workshop on Particle Detectors for Interdisciplinary Applications.
September 30 – October 2.
Official Language: Spanish/English.
Idioma Oficial: Español/Ingles.

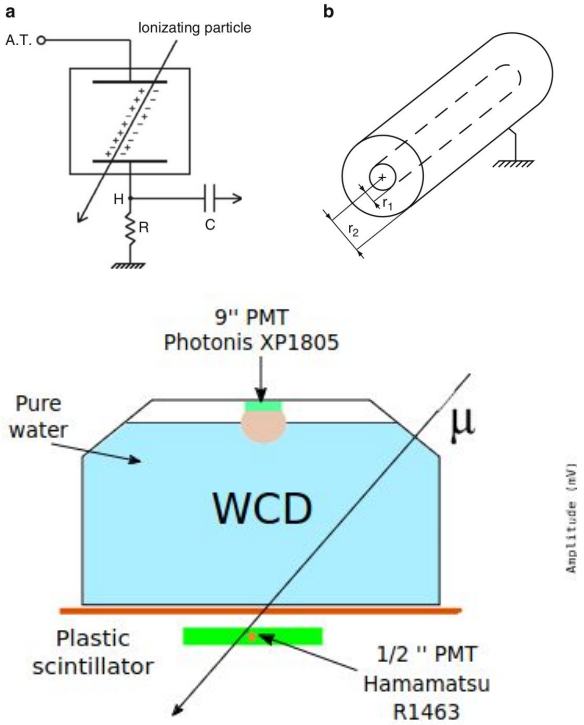
Rayos cósmicos

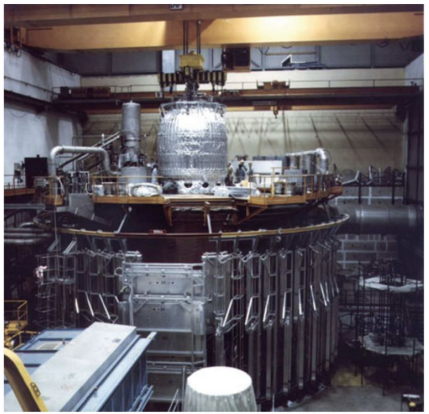


- Son producidos al entrar en contacto con partículas atmosféricas
- Tienen orígenes en diferentes eventos cósmicos.
- Su interacción con la atmósfera genera una lluvia de partículas secundarias que va disminuyendo en energía.

[1] Iván Sidelnik, LAGO Collaboration, et al. The sites of the latin american giant observatory. In

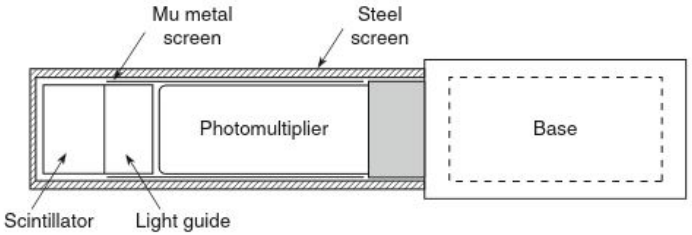
Dispositivos de medición de partículas

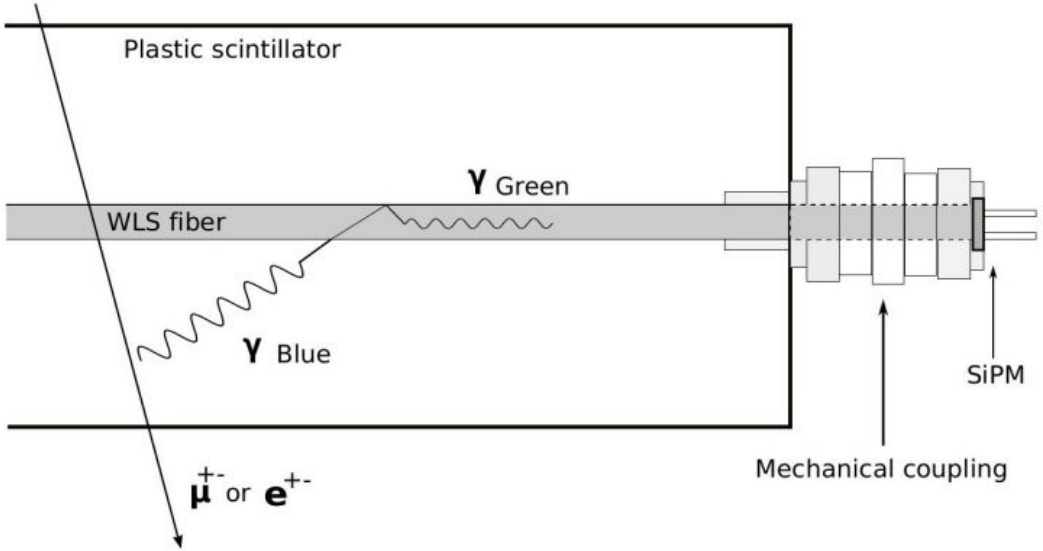




- Detector ionizante.
- Detectores de semiconductores.
- Detectores cherenkov.
- Detectores gaseosos.
- Calorímetros.

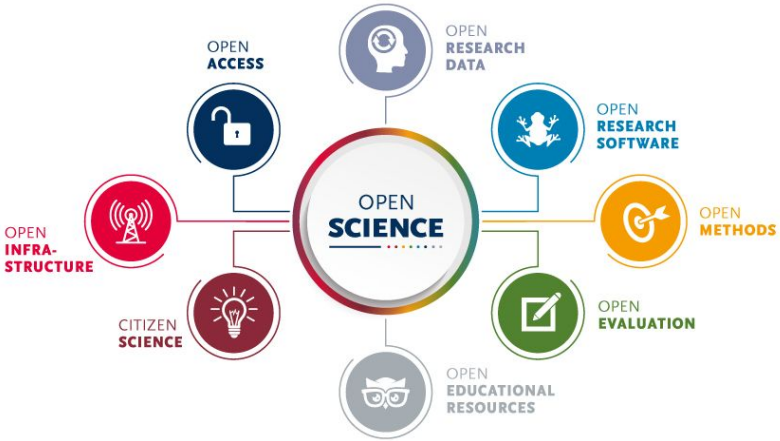
Dispositivos contadores de centelleo





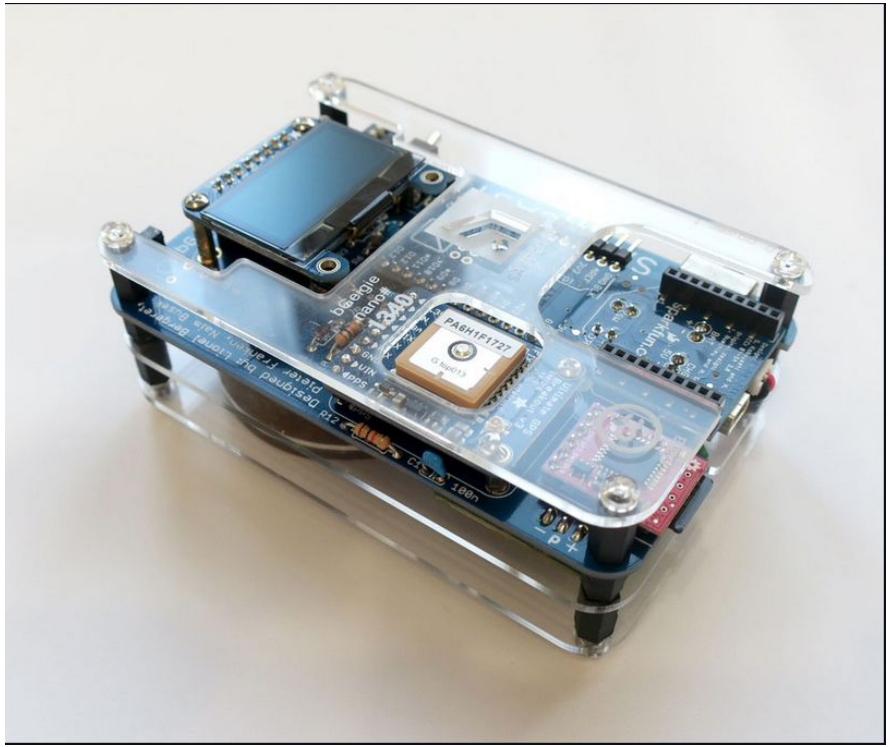
Braibant, S., Giacomelli, G., & Spurio, M. (2011). *Particles and fundamental interactions: an introduction to particle physics*. Springer Science & Business Media.

Dispositivos de bajo costo



- Diseño abierto al público
- Lista de elementos comerciales.
- Manual de usuario.
- Script para detección.
- Repositorio con todo incluido
- Solución a problemas.

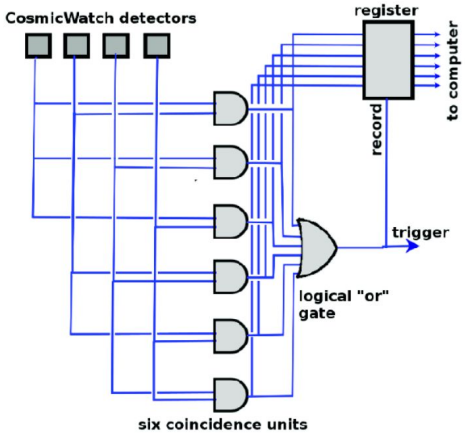
Contador Geiger portátil (DIY)



- Contador geiger de alto rendimiento.
- Registro GPS y memoria.
- Carga USB
- Batería que le da un tiempo de uso bastante amplio.
- Portable y liviano.
- Tiempo de armado menor a un día.

Walsh, J., Kelleher, K., & Currivan, L. (2019). Assessment of Safecast bGeigie Nano Monitor. *Radiation Environment and Medicine*, *8*(1), 1-8.

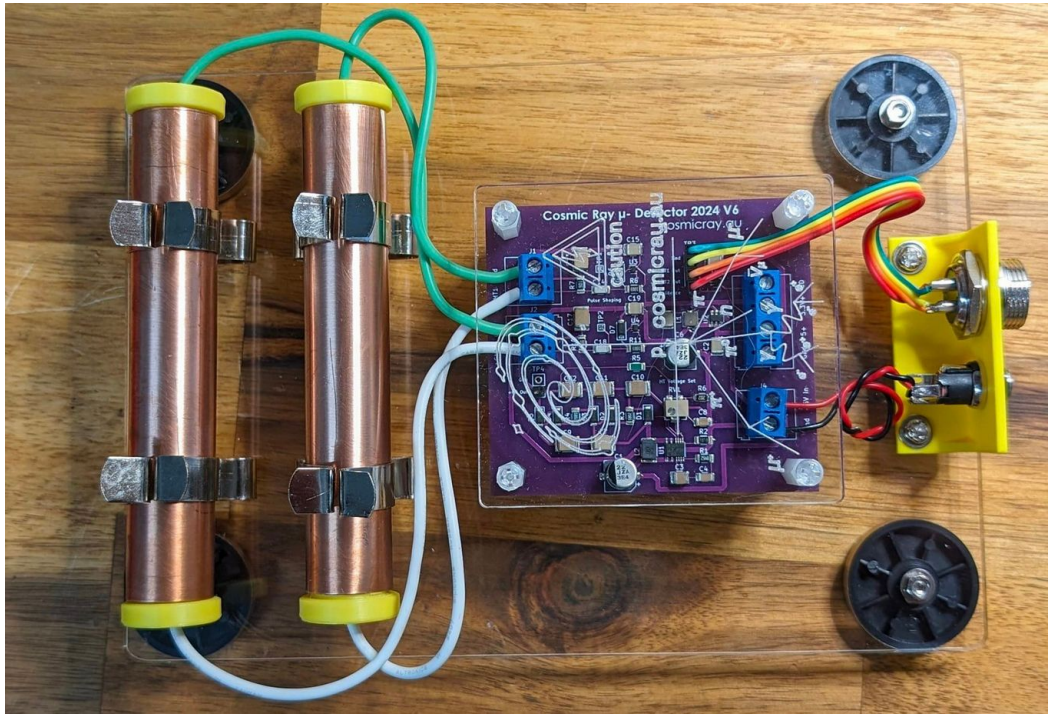
CREDO-Maze



- Cuatro pequeños detectores y una unidad de control.
- Supervisión del flujo de rayos cósmicos 24 H y transmite los datos a un servidor central.
- Inclusión a escuelas estatales y educativas donde participan estudiantes.

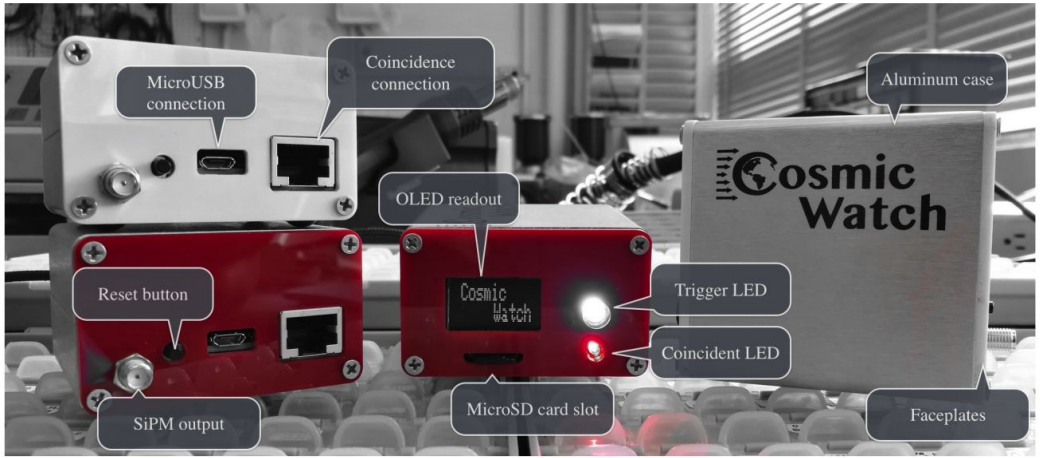
Wibig, T., & Karbowiak, M. (2022). CREDO-Maze Cosmic Ray Mini-Array for Educational Purposes. *Symmetry*, *14*(3), 500.

Cosmic Ray MUON detector



- Tubos geiger-muller.
- Trigger Schmidt inverso para generar el pulso DC.
- Circuito de coincidencia para identificar las diferentes particulas.

Cosmic Watch



- Dispositivo de medición de partículas.
- Usa centelladores plásticos.
- Se pueden conectar para generar coincidencia.

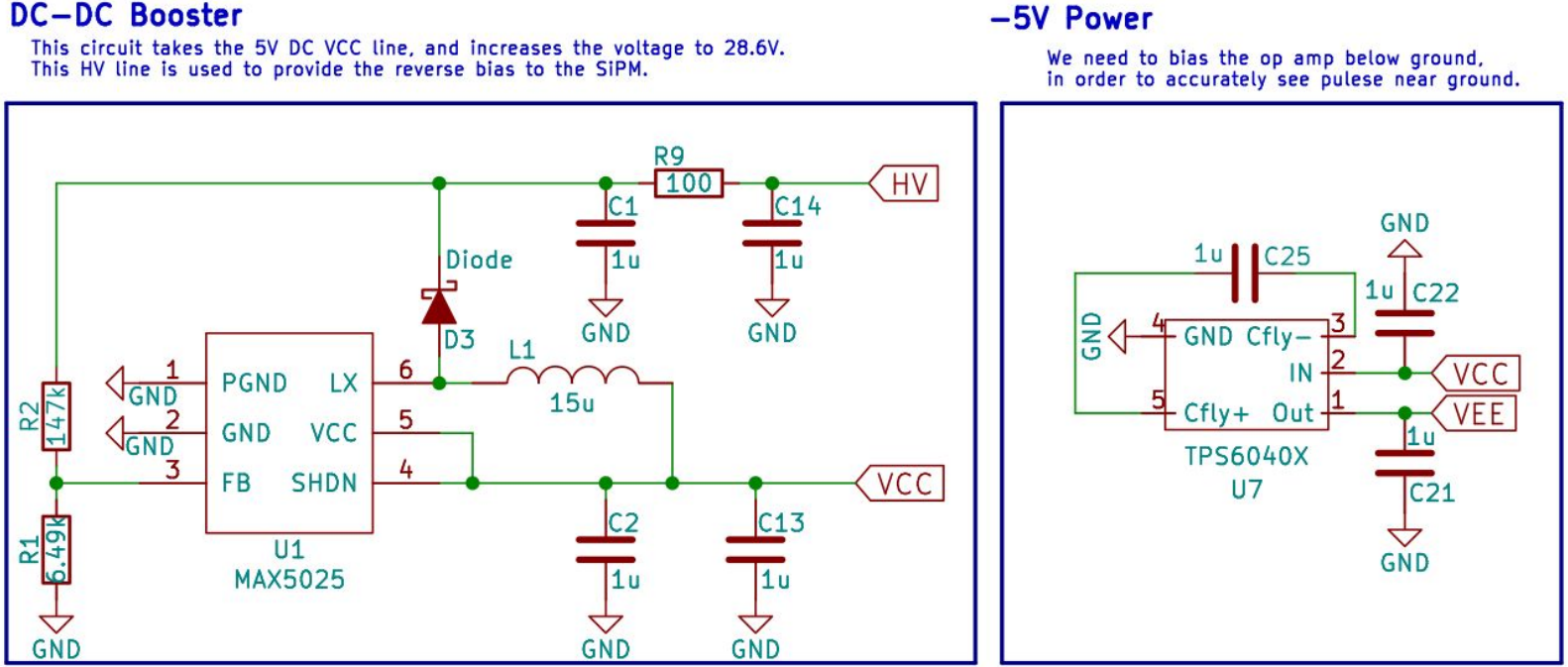
Lista de componentes

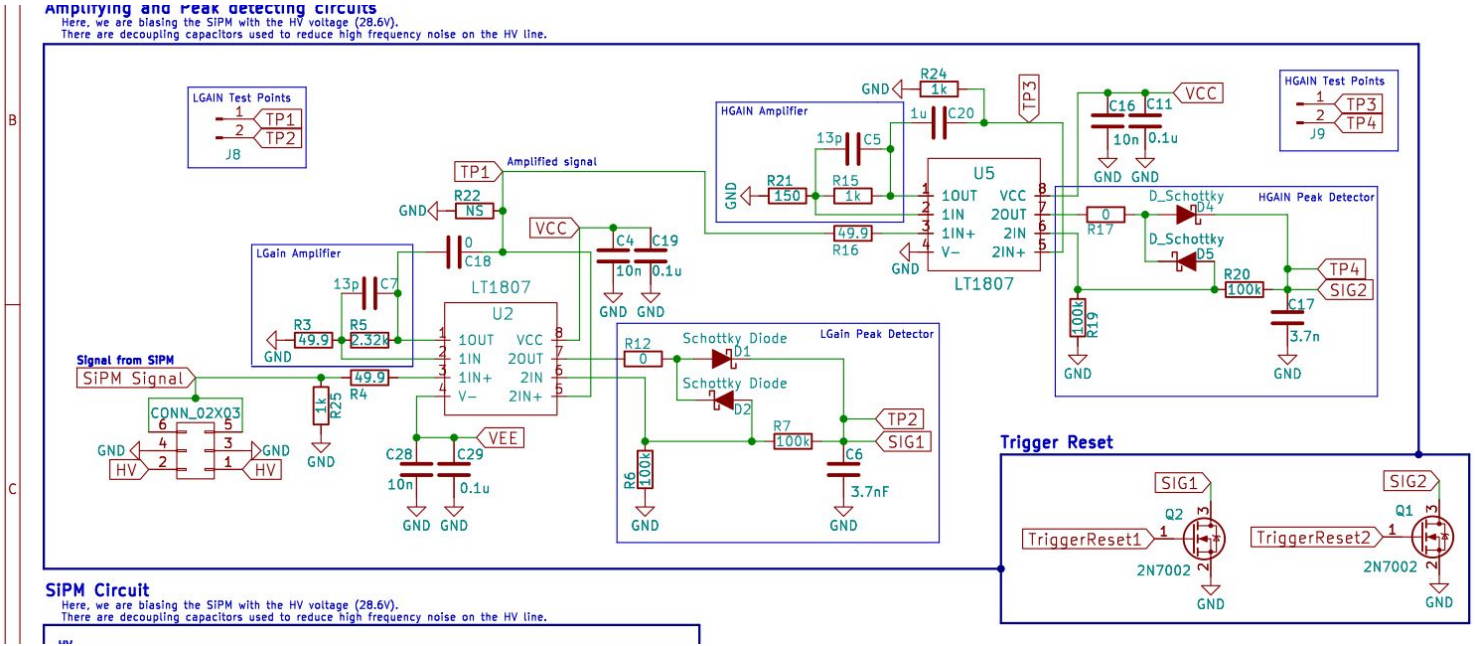
Plug RP Pico in via the Micro USB cable into the power meter + battery, and check that you get -5V across C21. If yes, unplug and continue.				
U1	MAX5026		IC REG BOOST ADJ 260MA SOT6	Supplies +28.6V to SiPM. Has direction. Dot on IC indicates pin 1.
R1	6.49kΩ		RES SMD 6.49K OHM 1% 1/8W 0805	
R2	147kΩ		RES SMD 147K OHM 1% 1/8W 0805	
C1,C13,C14	1uF		CAP CER 1UF 50V Y5V 0805	
D3	Schottky Diode		DIODE SCHOTTKY 40V 500MA SOD123	Diode, has a direction (align lines on component with footprint). 3D rendering may help.
C2	10nF		CAP CER 10nF 50V X7R 0806	
L1	15uH		15 µH Shielded Multilayer Inductor 250 mA 950mOhm	
6-pin header	2.54mm 2x3 pin	In Bag	SOCKET 7 MM SOLDER TAIL DOUBLE	Make sure you put it on the correct side of the board. Top side of board with RP Pico.
Plug RP Pico in via the Micro USB cable with the power metter, Check voltage is 28.6V +/- 0.5V across C14. If yes, Unplug and continue.				

Elemento	Descripcion	Imagen	Datasheet
Amplificador operacional LT1807CS	IC OPAMP GP 2 CIRCUIT 8SO		https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/18067fc.pdf
Switching Regulator IC	IC REG CHG PUMP INV 60MA SOT23		https://www.ti.com/general/docs/suppproductinfo.tsp?distId=10&gotoUrl=https%3A%2F%2Fwww.ti.com%2Flit%2Fgpn%2Ftps60400
Boost Switching Regulator IC Positive Adjustable 3V	IC REG BOOST ADJ 260MA SOT6		https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX5025-MAX5028.pdf
BNC Connector Jack, Female Socket 50 Ohms Panel Mount, Through Hole, Right Angle Solder	CONN BNC JACK R/A 50 OHM PCB		https://www.te.com/usa-en/product-5227161-2.datasheet.pdf
Tactile Switch SPST-NO Side Actuated Through Hole, Right Angle	SWITCH TACTILE SPST-NO 0.05A 12V		https://www.ckswitches.com/media/1471/pts645.pdf

Repositorio de Github

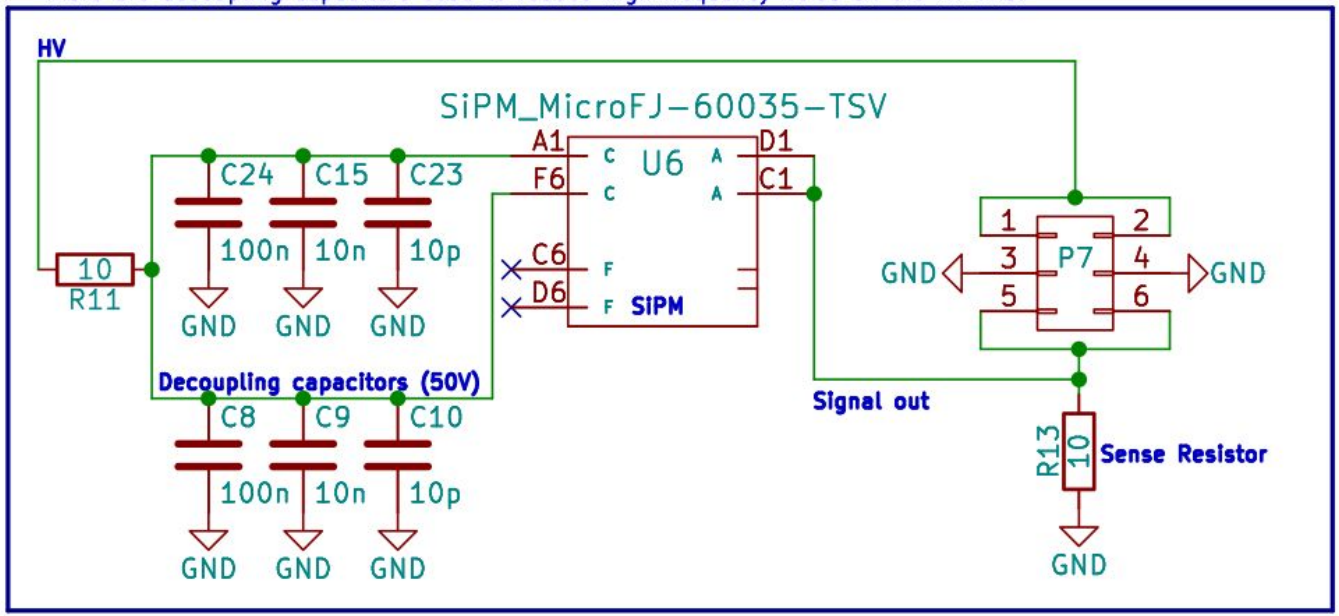
Esquemático



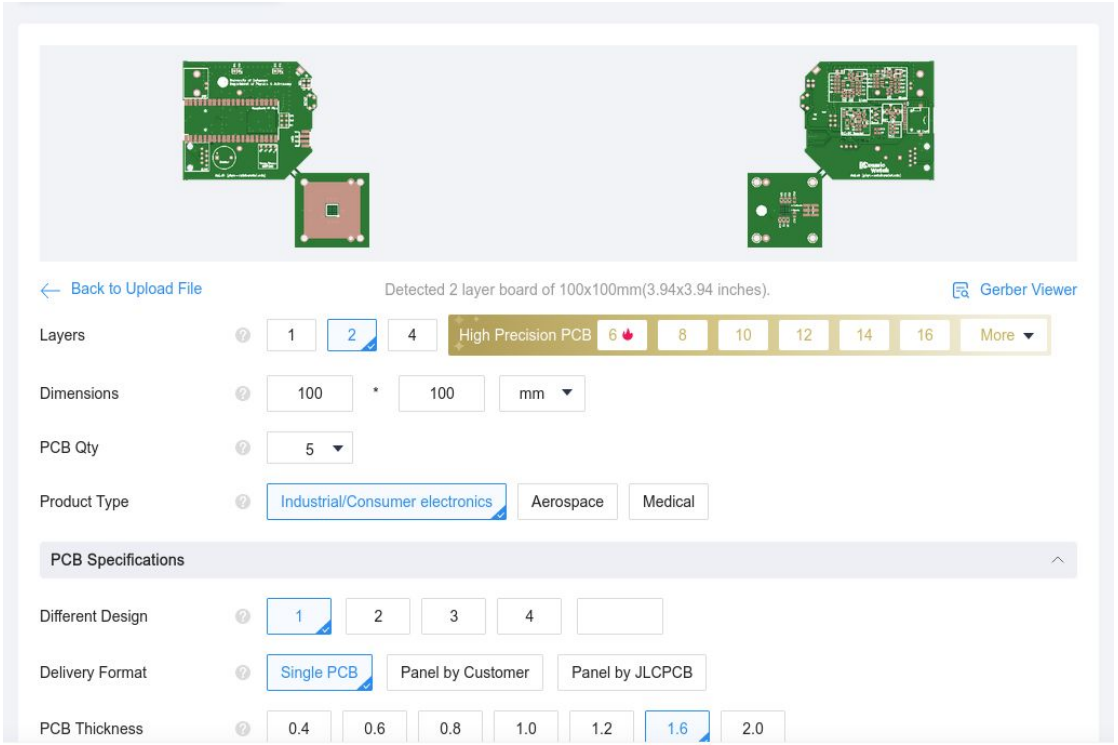

Amplifying and Peak detecting circuits
Here, we are biasing the SiPM with the HV voltage (28.6V).
There are decoupling capacitors used to reduce high frequency noise on the HV line.
LGAIN Test Points
J8
TP1
TP2
HGAIN Amplifier
HGAIN Test Points
J9
TP3
TP4
Amplified signal
LGain Amplifier
LT1807
U2
U5
HGAIN Peak Detector
D_Schottky
LGain Peak Detector
Schottky Diode
Signal from SiPM
SiPM Signal
CONN_02X03
HV
GND
VCC
VEE
Trigger Reset
SIG1
SIG2
TriggerReset1
TriggerReset2
2N7002
SIPM Circuit
Here, we are biasing the SiPM with the HV voltage (28.6V).
There are decoupling capacitors used to reduce high frequency noise on the HV line.

SiPM Circuit

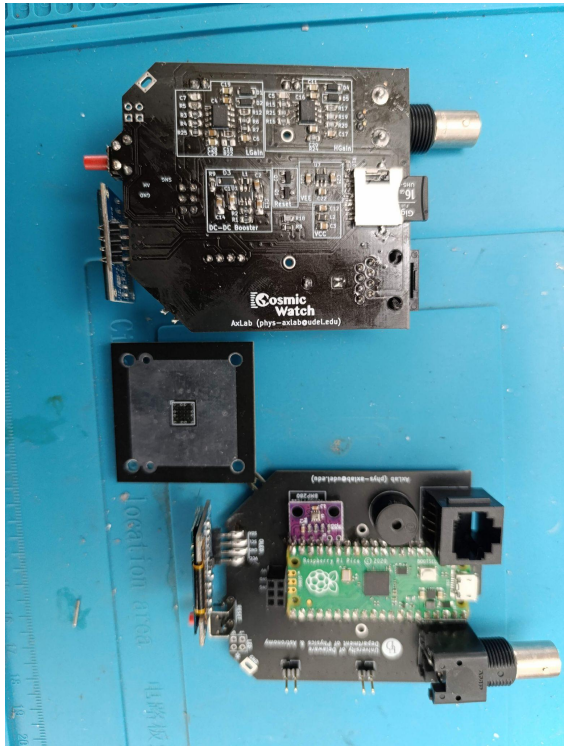
Here, we are biasing the SiPM with the HV voltage (28.6V).
There are decoupling capacitors used to reduce high frequency noise on the HV line.

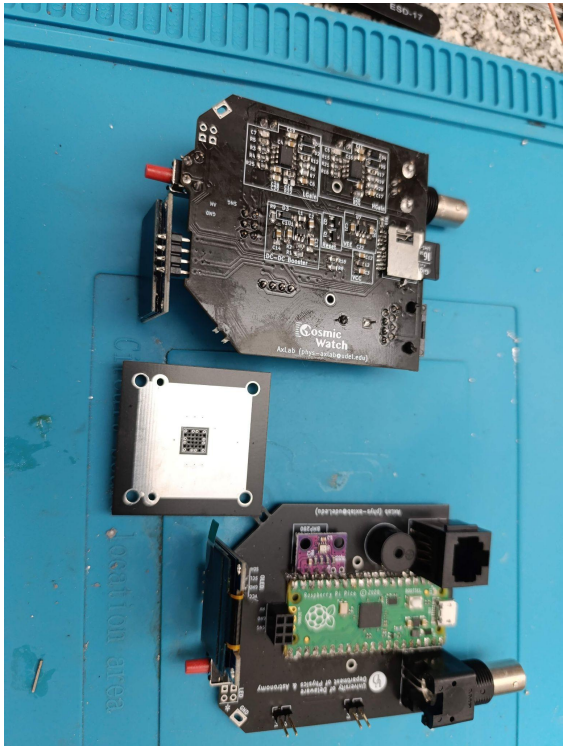


Impresión de PCB

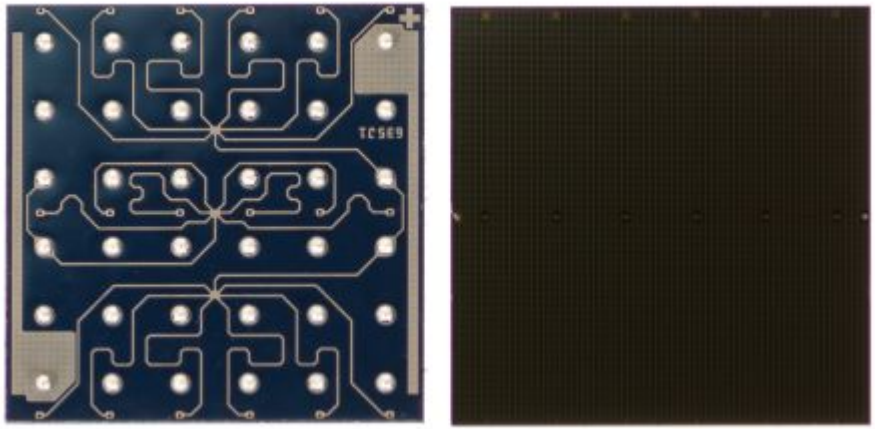


Soldadura de los elementos



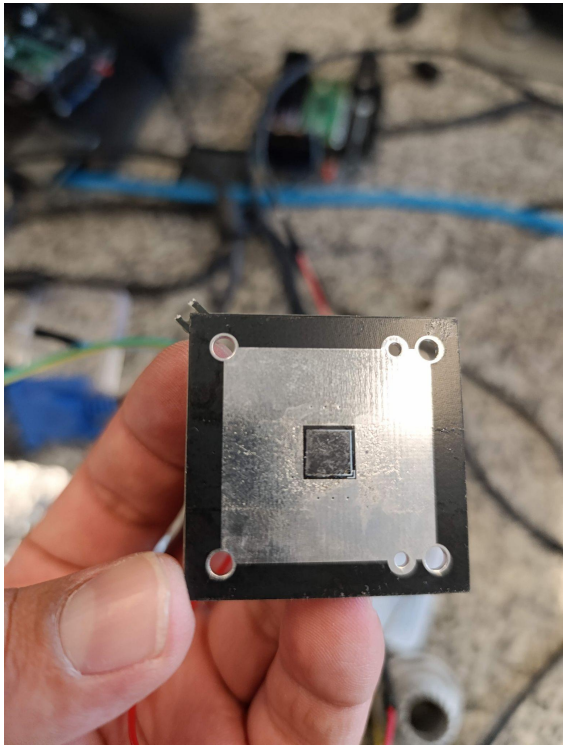


SiPM Micro FJ60035



https://www.mouser.com/datasheet/2/308/1/MICROJ_SERIES_D-2315623.pdf

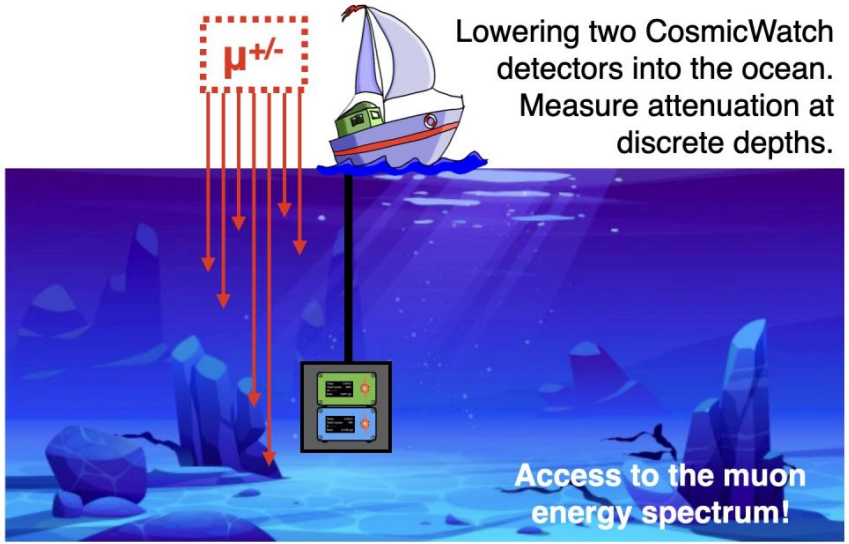
SiPM Micro FJ60035

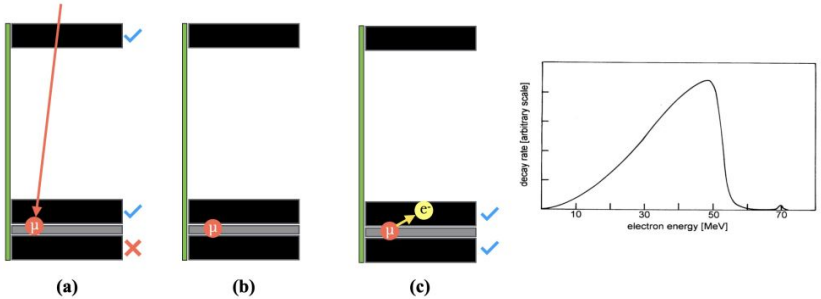


Software para digitalización y datos

```
################################################################################################
### CosmicWatch: The Desktop Muon Detector
### Device ID: Tweety
### Launch time: 16:22:11 21/8/2020
### Questions? Email Spencer N. Axani (saxani@mit.edu)
### Event Time Date TimeStamp[ms] ADC1 ADC2 SiPM[mV] Temp[C] Pressure[Pa] DeadTime[us] Coincident
################################################################################################
1       17:22:11        21/8/2020       697     222.27  5.99    7.92    0.00    0.00    5519    0
2       17:22:11        21/8/2020       753     131.77  5.64    5.69    0.00    0.00    4804    1
3       17:22:11        21/8/2020       978     486.97  60.39   13.94   0.00    0.00    776     0
4       17:22:12        21/8/2020       1563    717.02  262.26  23.18   0.00    0.00    6310    0
5       17:22:12        21/8/2020       1590    347.42  7.59    10.23   0.00    0.00    778     0
6       17:22:12        21/8/2020       1804    462.43  53.72   13.19   0.00    0.00    771     1
7       17:22:13        21/8/2020       2226    392.39  12.25   11.26   0.00    0.00    6311    0
8       17:22:13        21/8/2020       2260    488.40  51.75   13.99   0.00    0.00    778     0
9       17:22:13        21/8/2020       2636    219.94  5.78    7.87    0.00    0.00    776     0
```

Posibles trabajos y configuraciones





Conclusiones

- Al no contar con el equipo para soldadura por reflujo decidimos rediseñar la PCB y cambiar el SiPM por otro más económico y más sencillo de soldar.
- El modelo micro FC60035 se acomoda al voltaje generado por la tarjeta principal, la cual alimenta la PCB del SiPM se encuentra en proceso de compra, al igual que la nueva PCB diseñada para tal fin.
- En dos meses se planea tener el dispositivo funcionando y en etapa de calibración para poder usarlo en las diferentes configuraciones en las cuales se planea trabajar.

Gracias

contacto: dacastillomorales@gmail.com