

Documentació sobre el MiniPix

En aquest document s'introdueix el funcionament i les característiques principals del detector MiniPix, una de les implementacions que s'han fet del detector TimePix 2. Després d'una breu introducció al detector i al CERN, s'explica la tecnologia de píxels híbrids del sensor i l'electrònica que processa el senyal. Finalment es fa una breu introducció al programari PixetPro amb el que es fa l'adquisició de dades amb el detector i una explicació de com són les traces que mostra el programa de les diferents partícules detectades al TimePix.

1 Introducció

El MiniPix és un detector de partícules que permet fer un recompte de partícules individuals (o seguiment de partícules), monitoritzada i de baixa potència, desenvolupat al CERN. El detector incorpora un detector Single Timepix (256 x 256 píxels amb una superfície de $55 \mu\text{m}^2$ cada un) amb un sensor de silici estàndard de 300 micres de gruix. S'ha desenvolupat al CERN, i funciona amb tecnologia de píxels híbrids. El detector es pot connectar mitjançant un port USB a un ordinador, que serà el que processarà la informació.

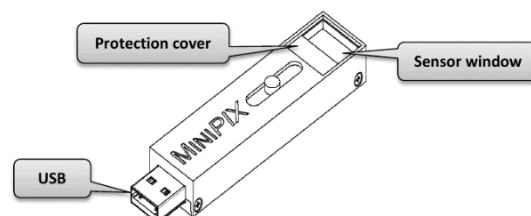


Figura 1: Detector MiniPix

1.1 Que és el CERN?

L'Organització Europea per a la Recerca Nuclear, coneguda com a CERN, és una institució de recerca internacional en física de partícules, especialment dedicada al treball amb acceleradors de partícules, per explorar l'estructura de la matèria fins al nivell de l'àtom. El CERN va ser fundat el 1954 i es troba a prop de Ginebra, Suïssa. Dins del CERN hi ha S'Cool LAB, el qual és un laboratori internacional d'aprenentatge pràctic de la física. Els estudiants de secundària (entre 16 i 19 anys) poden anar a visitar al cern, fer visites guiades i realitzar tallers per tal de fer experiments de física moderna. Per saber-ne més pots accedir a la pàgina web: <https://home.cern/tags/scool-lab>.

2 Tecnologia de píxels híbrids i el sensor

El detector que utilitza el Timepix és un detector híbrid, és a dir, que és un detector que conté més d'una tecnologia. El detector de píxels híbrid consisteix en dues capes. Una part és un material semi-conductor pixelat, on la radiació ionitzada diposita certes quantitats d'energia en funció del camí i el moment de les partícules mentre travessa el material. El sensor de MiniPix conté 256x256 píxels amb una superfície de 55 μm^2 cada un.

L'energia dipositada es pot mesurar a través de processos de ionització en el material semiconductor amb una sèrie d'amplificadors que varien amb la càrrega que rep el semiconductor. Aquesta part és la segona capa i es segmenta en el

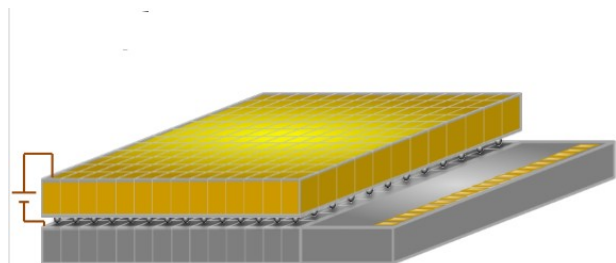


Figura 2: Detector del Minipix

mateix nombre de píxels, és a dir, que cada transistor tindrà assignat un píxel del sensor. A la Figura 2: Detector del Minipix es pot observar com està distribuït el semi-conductor i a la Figura 3: Estructura d'un píxel es pot veure el transistor que conté cada píxel, connectat al semiconductor.

Aquest transistor és l'encarregat d'enviar el senyal cap al xip.

Per tant cada cop que una partícula arriba al sensor, diposita diversos píxels. Seguidament els amplificadors d'aquests píxels variaran amb la càrrega rebuda i enviaran un senyal elèctric. Aquest senyal elèctric haurà de ser processat per un circuit electrònic per tal que el software ho pugui analitzar.

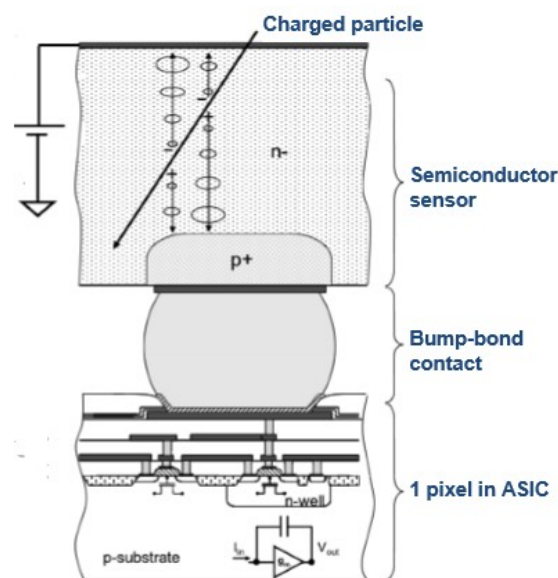


Figura 3: Estructura d'un píxel

3 Bloc d'adquisició de dades

El transistor és l'encarregat d'enviar un senyal, que el bloc d'adquisició de dades transformarà per tal de poder analitzar els resultats i presentar-los en una imatge. El senyal que envia el transistor és una variació en la intensitat quan el seu píxel està en contacta amb una partícula. El primer objectiu del bloc d'adquisició de dades és transformar el senyal que és una variació d'intensitat a una variació de tensió per tal de poder-ho comparar amb un llinar i poder analitzar més fàcilment quanta energia hem rebut. A més també es vol molt minimitzar el soroll. Seguidament farem la

comparació amb el llindar i es compararà com de llarg -i per tant com d'alt- és aquest pic. Així, per poder extreure la informació que ens transmet el sensor es va desenvolupar un bloc electrònic format per 3 parts: L'amplificació i filtratge (aquest bloc també s'encarrega de passar el senyal a una variació de tensió), la comparació i el comptador.

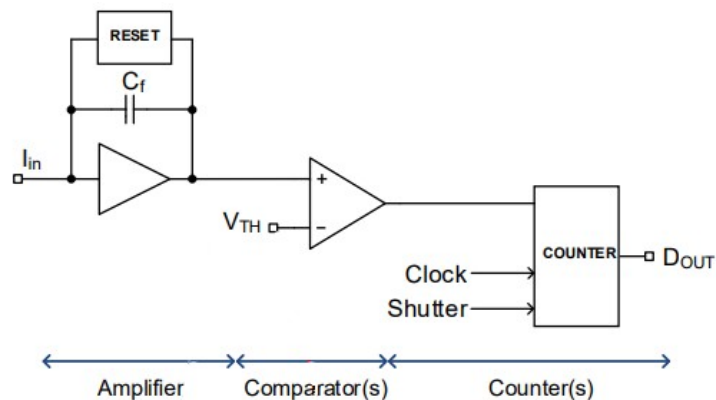
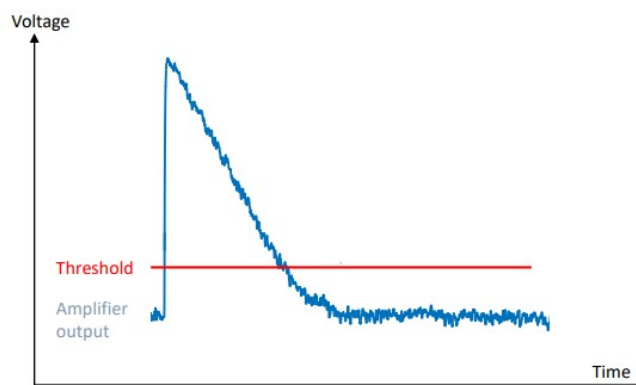


Figura 4: Bloc electrònic del Timepix

La primera part del bloc d'electrònica és el bloc amplificador i de filtratge que es dedica a transformar el senyal a un pic de tensió, amplificar-lo. Aquest bloc també és l'encarregat de minimitzar el soroll. El senyal de sortida d'aquest bloc es pot observar la Gràfica 1.



Gràfica 1: Senyal de sortida del sensor

Aquest senyal té més amplitud, quanta més energia tingui la partícula que està en contacte amb el píxel, i per tant també durarà més en el temps. Per tant l'objectiu és mesurar com és d'ample aquest pic.

El segon bloc és l'encarregat de comparar el senyal d'entrada amb un llindar per tal de detectar pics. El funcionament d'aquest bloc és el següent: a la sortida hi haurà un 1, si l'entrada és més gran que el llindar que s'ha escollit, o serà un zero si l'entrada està per sota del llindar. Sent x el senyal d'entrada, L el valor de llindar i la y la sortida del bloc, la fórmula matemàtica que representa aquest bloc és la següent:

$$x \geq L \Rightarrow y = 1$$

$$x < L \Rightarrow y = 0$$

Aquest llindar anomenat L es pot configurar amb el software. El senyal de sortida d'aquest bloc és un pols per cada energia que rebí el píxel del sensor.

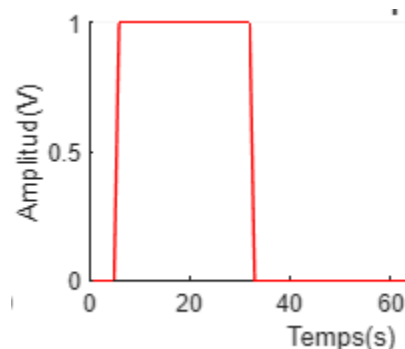


Figura 5: Sortida del bloc comparador

Aquest pols serà més ample com més llarg sigui el pic. És important que el llindar sigui suficientment baix perquè detecti tots els pics desitjats.

El tercer bloc de la part electrònica, el que fa és comptar quant temps el senyal de sortida del bloc de llindar és igual a 1, és a dir, quan d'ample és el pols. Ja que contra més alta és l'amplitud, més ample és el senyal. Amb aquest bloc es pot identificar com és de gran el pic que ha provocat la partícula, i per tant saber si és una partícula que té més o menys energia. Aquesta informació s'enviarà a l'ordinador on serà processada. L'ordinador

rebrà el recompte per cada píxel i amb això es processarà una matriu amb tots els resultats.

4 Programari Pixetpro

El Minipix es pot connectar mitjançant un port USB a un ordinador. El resultat de les mesures es pot veure amb un programa anomenat PixetPro. Aquest programa ens permet configurar la mesura que volem realitzar, ja sigui el llindar, el nombre de fotogrames, el temps de cada fotograma, el mode de mesura... Totes aquestes configuracions estan explicades al Manual de PixetPro que es pot consultar en el cas de voler saber més sobre aquest programa. Aquest manual té una versió en Català.

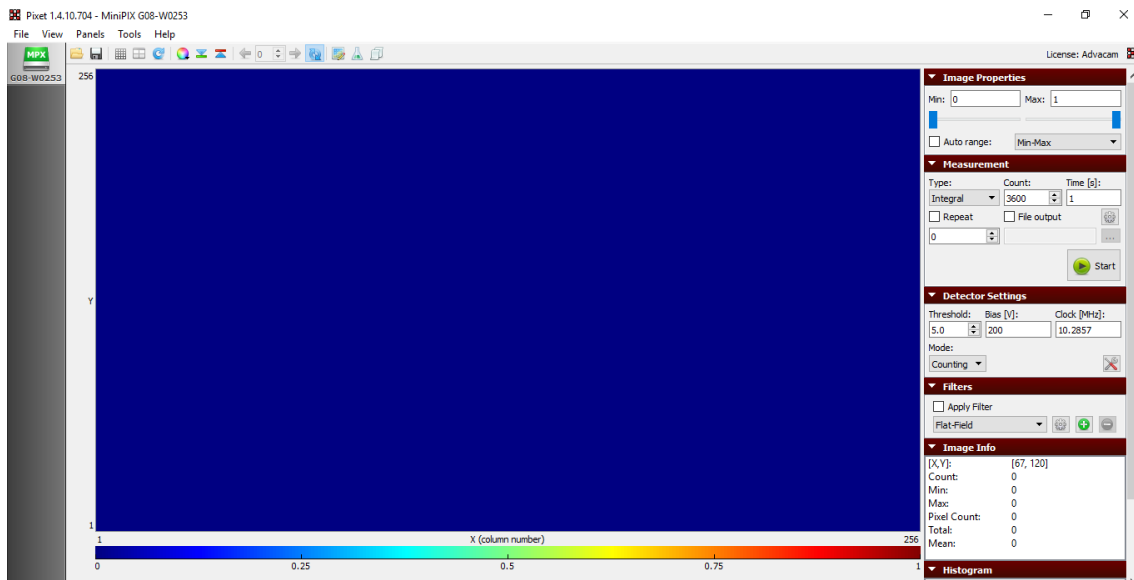


Figura 6: Finestra principal del Pixet Pro

Amb aquest programa, es poden veure representats cada un dels píxels del sensor en una matriu 256x256. Aquests píxels canviaran de color si una partícula impacta amb el píxel del sensor al qual representa. Depenen de l'energia que tingui la partícula, el color del píxel serà diferent. Totes les mesures i la configuració poden ser guardades i obertes amb el programa posteriorment. El programa també té una opció de recompte i un histograma que es pot consultar.

5 Forma d'interaccionar de diferents partícules

Cada tipus de partícula que ha estat en contacte amb el sensor, deixa un rastre diferent, i per tant es poden diferenciar visualment. Les partícules alfa no recorren el sensor, i deixen una marca rodona activant diversos píxels. En canvi, les partícules beta recorren un petit tros del detector i per tant deixen un rastre lineal. Finalment les partícules gamma marquen una línia molt petita a la zona que arriben del detector, també exciten un quants píxels més llunyans, com es pot veure a la Figura 7: Representació de cada partícula.

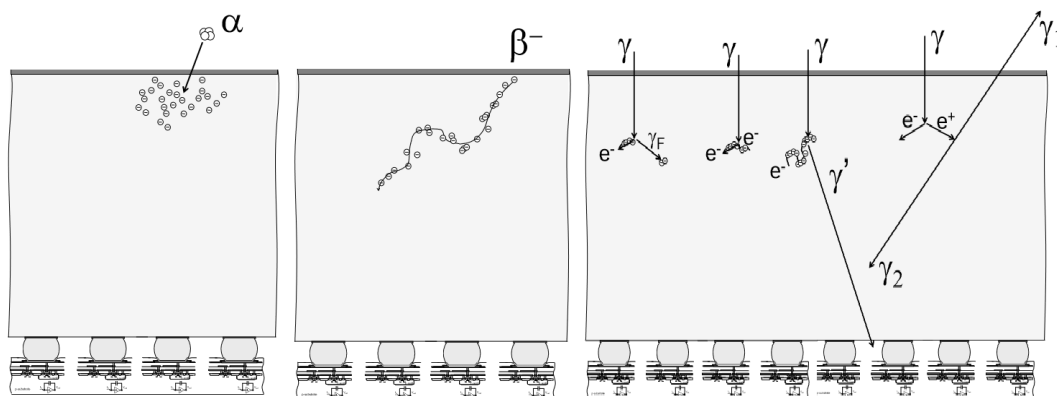


Figura 7: Representació de cada partícula

Aquestes traces es poden veure a la imatge proporcionada pel programa Pixet Pro. A la matriu de resultats les partícules es veuran representades de la següent manera:



Figura 8: Traces de possibles partícules alfa, beta i gamma.

Les zones més blanques són en les que s'ha detectat més energia i les zones més fosques és on s'ha detectat menys energia o no s'ha detectat. Com podem veure la partícula alfa té una forma rodona i a el píxels central reben més energia. La partícula beta forma una línia que té una forma aleatòria però lineal. I finalment la partícula gamma que gairebé no deixa rastre.