

E(x)plory

DETEKTOR CZĄSTEK BETA I GAMMA WYKORZYSTUJĄCY DIODY PÓŁPRZEWODNIKOWE



AUTOR/AUTORZY
PROJEKTU:

**STANISŁAW LISEK
MARCIN KUŚMIERSKI**

OPIEKA NAUKOWA:

ZBIGNIEW GAWRON

SZKOŁA:

**I LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCE DWUJĘZYZCZNE
IM. EDWARDA DEMBOWSKIEGO W GLIWICACH**



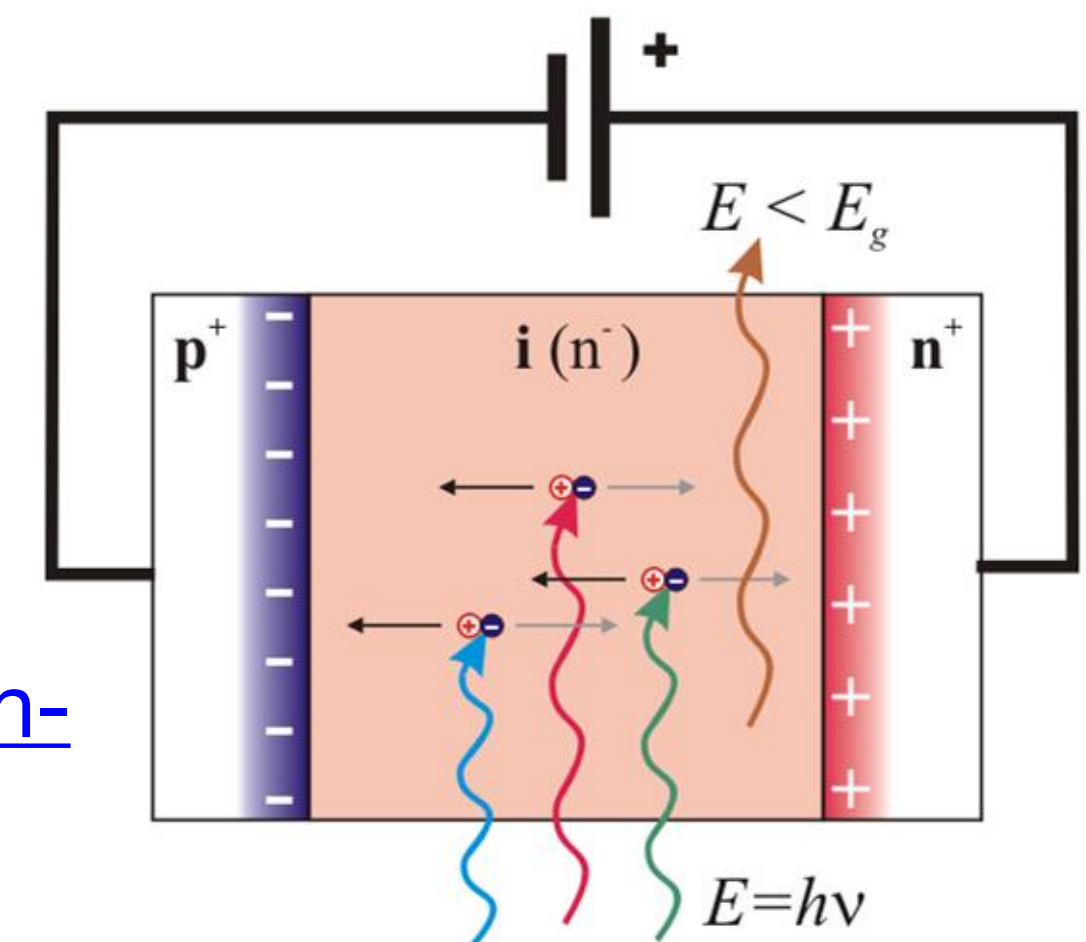


Celem naszego projektu było stworzenie relatywnie taniego i łatwo dostępnego czujnika pozwalającego na detekcję promieniowania jonizującego (cząstek beta oraz gamma) wykorzystującego odwrotnie spolaryzowane fotodiody półprzewodnikowe typu PIN jako elementy detekcyjne oraz cyfrowo-analogowy tor obróbki oraz analizy danych.





Podstawowym elementem detektora promieniowania w naszym projekcie jest dioda półprzewodnikowa. Detekcja zachodzi w złączu P-N, czyli charakterystycznej strukturze dla diody półprzewodnikowej. Podczas przejścia przez złącze P-N cząsteczka promieniowania oddaje część swojej energii. Następstwem dostarczonej energii jest przejście elektronów znajdujących się w diodzie z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa powodujące przepływ prądu, który interpretowany jest przez tor obróbki danych.



Rysunek przedstawiający zasadę działania detektora źródło:

<https://physicsopenlab.org/2017/06/22/x-ray-spectroscopy-with-pin-photodiode/>

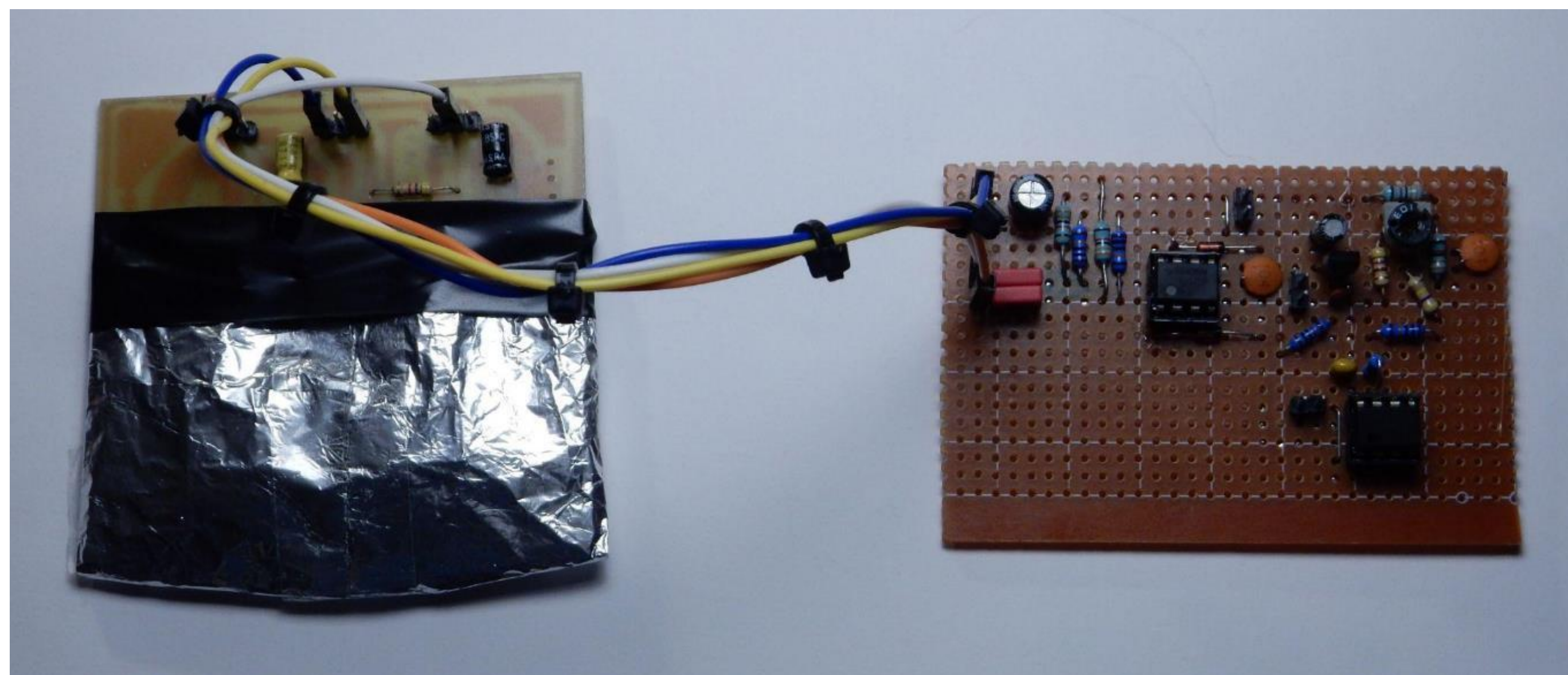




Zaprojektowane urządzenie składa się z bloków funkcjonalnych :

- dwóch niezależnych głowic pomiarowych
- toru obróbki danych
- interfejsu użytkownika.

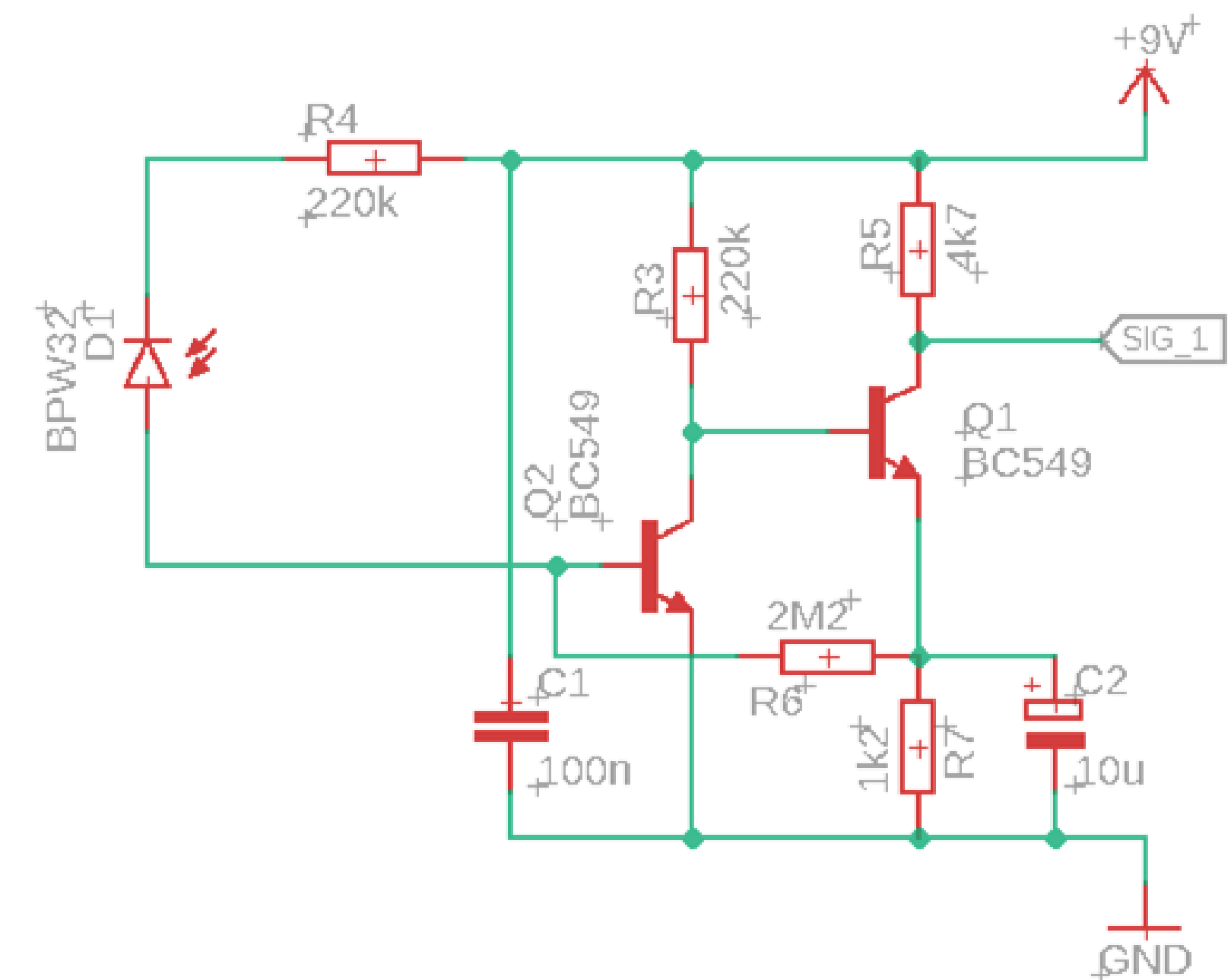
Wykonany prototyp detektora promieniowania przedstawiamy na zdjęciu obok.





Głowica detektora jest blokiem funkcjonalnym odpowiadającym za wykrycie cząsteczek. Kluczowe znaczenie ma wielkość obszaru złącza P-N. Dlatego ważne było jego zmaksymalizowanie poprzez:

- wykorzystanie diod PIN (złącze rozszerzane jest przez dodatkową warstwę izolatora)
- łączenie równoległe diod
- zastosowanie kilku niezależnych głowic.



Powyższy schemat przedstawia pojedynczy blok głowicy detektora składający się z diody oraz wzmacniacza tranzystorowego pełniącego rolę konwertera prądowo-napięciowego.

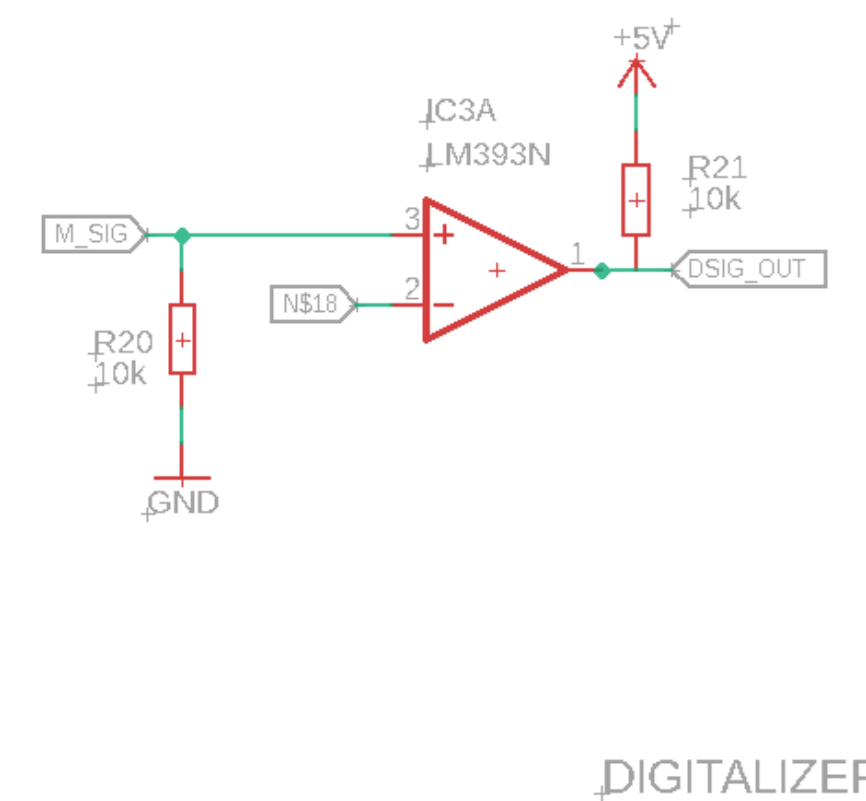
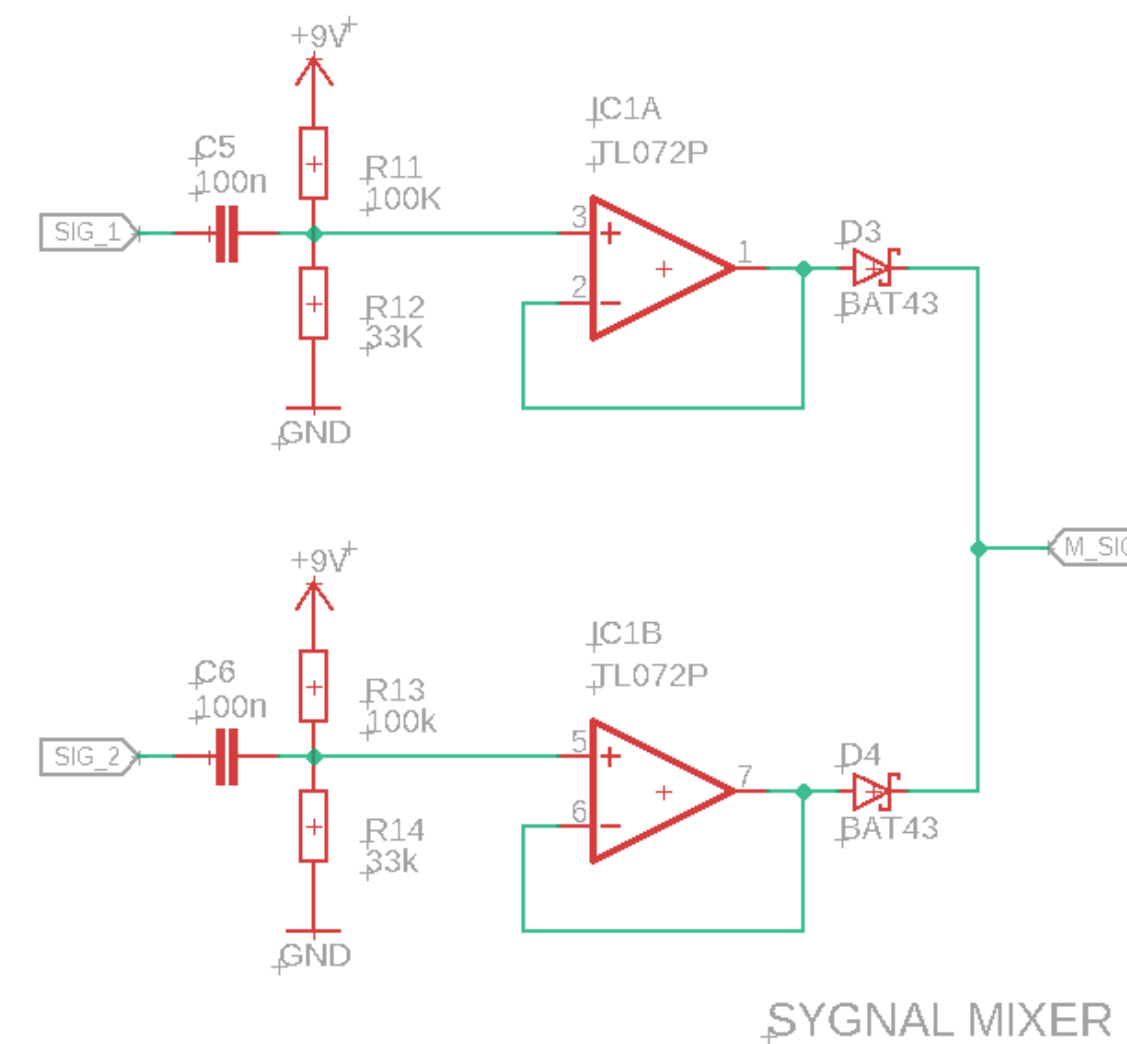


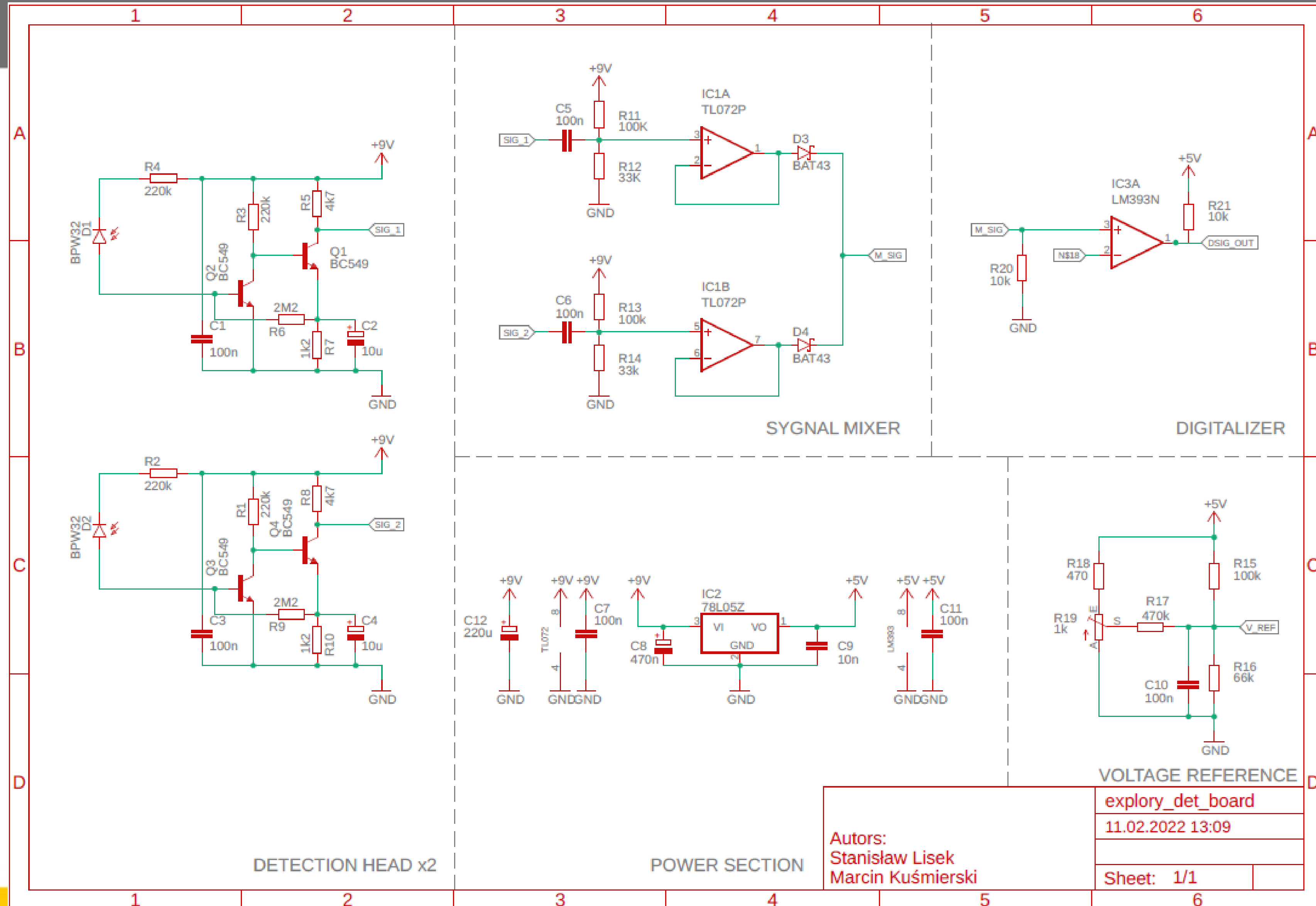


Tor obróbki danych realizuje dwa główne zadania:

- połączenie sygnałów przychodzących z głowic detektora (prototyp został wyposażony w dwie niezależne głowice)
- konwersję sygnału analogowego na sygnał cyfrowy (wykorzystywany jest komparator porównujący sygnał analogowy z zadaniem napięciem referencyjnym - największym napięciem, które można uznać za szum).

Schemat obok przedstawia omawianą część urządzenia





Autors:
Stanisław Lisek
Marcin Kuśmierski

explory_det_board	
11.02.2022 13:09	
Sheet:	1/1



Zaprojektowanie detektora promieniowania o wysokiej skuteczności i niskiej cenie wymagało rozwiązania poniższych problemów:

- sposób obróbki danych z elementów pomiarowych wymagał doboru architektury oraz parametrów elementów toru obróbki danych, w sposób zapewniający jak najlepszy stosunek sygnału do szumu odpowiadający za skuteczną detekcję cząstek o niskiej energii
- uzyskanie wysokiej efektywności pomiaru w krótkim czasie wymagało dużej powierzchni detektora uzyskiwanej poprzez równoległego połączenia diod, jednak skutkowało to wzrostem pojemności układu i zmniejszało się stosunek sygnału do szumu. Aby temu zapobiec zastosowaliśmy rozwiązanie polegające na podziale detektora na mniejsze bloki przetwarzania.





Proces testowania skonstruowanego układu pomiarowego odbywał się z wykorzystaniem źródła cząstek zjonizowanych - siatki Auera. Przyjęta procedura testowa polegała na wystawieniu czujnika na działanie promieniowania i obserwowaniu rejestrowanego napięcia przy użyciu oscyloskopu.

- Wykorzystując siatkę Auera przetestowaliśmy z wynikiem pozytywnym możliwość detekcji zdarzeń polegających na przejściu cząstek zjonizowanych przez diodę (wykrycie radiacji).
- Uzyskana w ten sposób czułość (ilość cząstek wykrytych w jednostce czasu) jest mniejsza niż w przypadku licznika Geigera-Müllera. Nie przeszkadza to w określeniu czy dana próbka jest radioaktywna, należy jednak o tym pamiętać przy ocenie aktywności źródła.
- Dodatkowo zastosowanie diod krzemowych jako elementów pomiarowych powoduje, że napięcie zarejestrowane na zakończeniu kanału analogowego urządzenia odpowiada energii cząsteczki wykrytej przez detektor. Aby jednak w pełni wykorzystać tę właściwość konieczna jest dalsza modyfikacja zbudowanego prototypu. Detektor w aktualnej konfiguracji nie posiada takiej opcji.

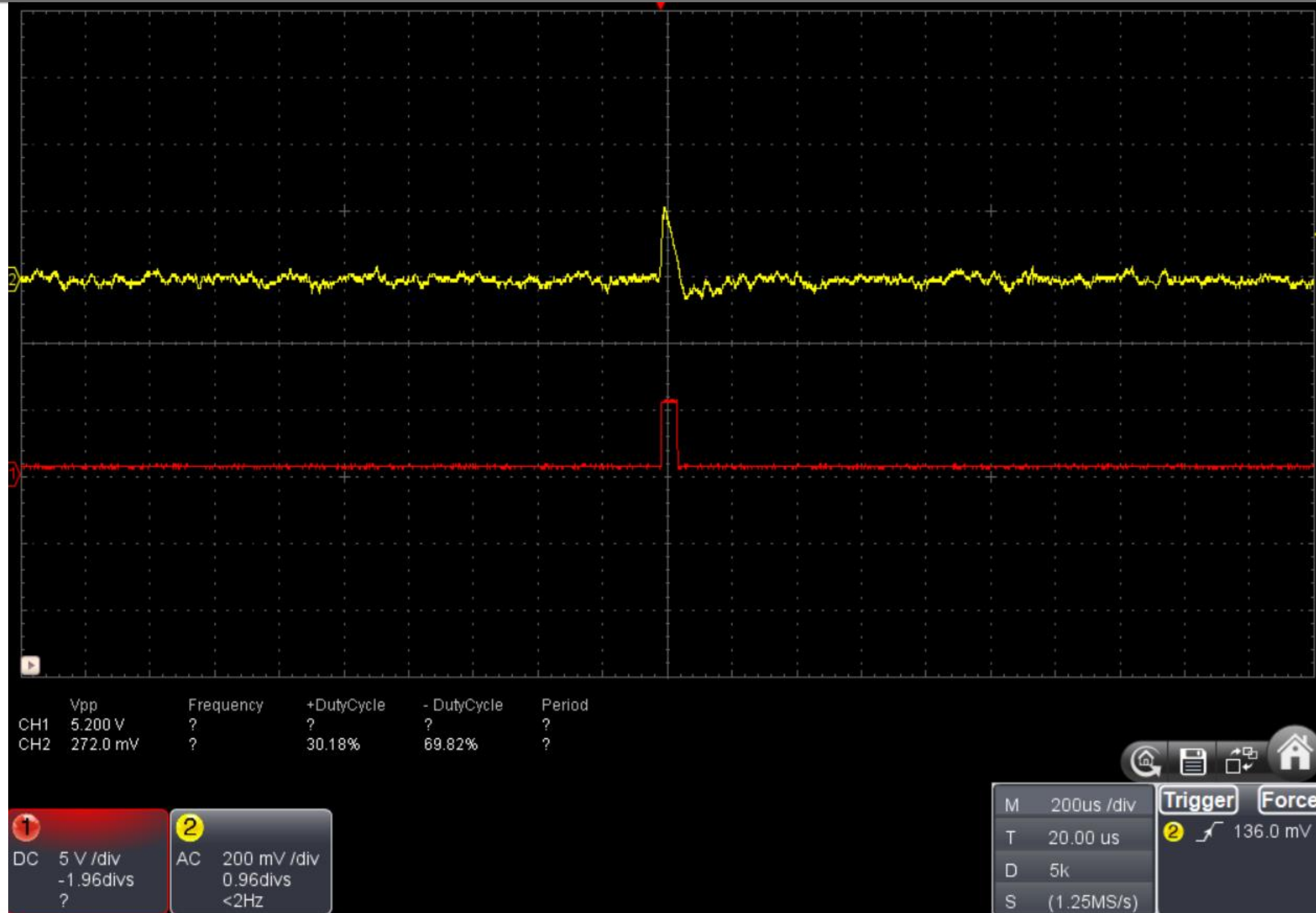




E(x)plory

Prezentacja działania

Przebieg sygnałów zarejestrowanych przez oscyloskop w momencie przejścia cząstki promieniotwórczej przez diody w detektorze. Żółty wykres przedstawia napięcie wychodzące z mixera sygnałów, a czerwony to sygnał cyfrowy wychodzący z toru obróbki danych.





Dzięki znacznie mniejszym kosztom produkcji, zaprojektowany detektor może być tańszą alternatywą dla licznika Geigera. Urządzenie może być wykorzystane do celów edukacyjnych przy prezentacji efektu promieniowania dla szkół, których nie stać na standardowy licznik, jak i dla ogólnego bezpieczeństwa. Dzięki urządzeniu można w większych ilościach badać poziom promieniowania żywności czy też mierzyć poziom promieniowania w mieszkaniach znajdujących się w pobliżu elektrowni jądrowych lub innych skażonych miejsc.





http://atom.univ.kiev.ua/2016/prof/yerm/prog_logic/presentations/khodnevych.pdf

<https://www.maximintegrated.com/en/design/technical-documents/app-notes/2/2236.html>

<https://physicsopenlab.org/2017/06/22/x-ray-spectroscopy-with-pin-photodiode/>

<https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/pasmowa-teoria-ciala-stalego;3954823.html>

<https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00000490.pdf>

<https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm393-d.pdf>

<https://www.mouser.com/datasheet/2/149/BC549-888525.pdf>

