

Poznań, 25.05.2024

Dr hab. inż. Rafał Długosz, prof. PBŚ
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Politechnika Bydgoska im. J.J.Śniadeckich

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia **7.06.2024**

Zarejestrowano pod nr

Podpis 

Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

dr. inż. Piotra Otfinowskiego

**w aspekcie spełnienia kryteriów związanych z nadaniem stopnia doktora
habilitowanego w dziedzinie nauki inżynierjno-techniczne, w dyscyplinie
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne,
przygotowana na podstawie Uchwały nr 7/2024**

**Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie
Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie
z dnia 7 marca 2024 r. o powołaniu komisji habilitacyjnej w przewodzie
dr. inż. Piotra Otfinowskiego, na zlecenie**

**Pana dr. hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. AGH, Przewodniczącego Rady
Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.**

Recenzja została przygotowana w oparciu o dostarczoną dokumentację, zawierającą:

- wniosek habilitanta o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego,
- kopię dyplomu doktorskiego,
- autoreferat, obejmujący oprócz wykazu publikacji habilitanta i przewodnika po pracach stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie, także informację o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy z instytucjami, udziale w projektach naukowych, wyróżnieniach oraz stypendiach naukowych,
- kopie ośmiu publikacji stanowiących cykl powiązanych tematycznie prac pt. „Rozwój pikselowych detektorów promieniowania jonizującego o wysokiej rozdzielczości przestrzennej”, będący podstawą głównego osiągnięcia naukowo-badawczego,
- oświadczenia habilitanta oraz współautorów prac zbiorowych tworzących powiązany tematycznie cykl publikacji określające indywidualny wkład w ich powstanie.

1 Wstęp

Zgodnie z obowiązującą ustawą stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1. posiada stopień doktora,
2. posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,
3. wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W celu wykazania osiągnięć naukowych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, dr Piotr Otfinowski przedstawił cykl ośmiu powiązanych tematycznie prac naukowych:

1. P. Otfinowski, P. Maj, G. Deptuch, F. Fahim, J. Hoff "Comparison of allocation algorithms for unambiguous registration of hits in presence of charge sharing in pixel detectors," *Journal of Instrumentation*, ISSN 1748-0221. – 2017 vol. 12 art. no. C01027
2. P. Otfinowski, G. Deptuch, P. Maj "FRIC – a 50 μm pixel-pitch single photon counting ASIC with Pattern Recognition algorithm in 40 nm CMOS technology", *Journal of Instrumentation*, ISSN 1748-0221. – 2020 vol. 15 art. no. C01016
3. P. Otfinowski, A. Krzyżanowska, P. Gryboś, R. Szczygieł "Pattern Recognition algorithm for charge sharing compensation in single photon counting pixel detectors," *Journal of Instrumentation*, ISSN 1748-0221. – 2019 vol. 14 art. no. C01017
4. P. Gryboś, R. Kłeczek, P. Kmon, A. Krzyżanowska, P. Otfinowski, R. Szczygieł, M. Żołądź, "Pixel readout IC for CdTe detectors operating in single photon counting mode with interpixel communication," *Journal of Instrumentation*, ISSN 1748-0221. – 2022 vol. 17 iss. 1 art. no. C01036
5. P. Gryboś, R. Kłeczek, P. Kmon, A. Krzyżanowska, P. Otfinowski, R. Szczygieł, M. Żołądź "Hybrid detector with interpixel communication for color X-ray imaging," *28th IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS)*, Dubai, United Arab Emirates, 2021
6. P. Gryboś, R. Kłeczek, P. Kmon, P. Otfinowski, P. Fajardo "Small pixel high- spatial resolution photon-counting prototype IC for synchrotron applications," *Journal of Instrumentation*, ISSN 1748-0221. – 2023 vol. 18 iss. 1 art. no. C01052
7. P. Otfinowski, G. Deptuch, P. Maj "Asynchronous approximation of a center of gravity for pixel detectors' readout circuits," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, ISSN 0018-9200. – 2018 vol. 53 no. 5, s. 1550–1558
8. P. Otfinowski "Spatial resolution and detection efficiency of algorithms for charge sharing compensation in single photon counting hybrid pixel detectors," *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, ISSN 0168-9002. – 2018 vol. 882

2 Sylwetka Habilitanta

Pan dr inż. Piotr Otfinowski jest absolwentem Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, którą ukończył w 2009 roku, uzyskując tytuł magistra inżyniera na kierunku Elektronika i Telekomunikacja. W tej samej jednostce, w 2016 roku uzyskał tytuł doktora inżyniera w dyscyplinie naukowej Elektronika. Z AGH jest też związany zawodowo od 2009 roku, najpierw jako asystent, a następnie po uzyskaniu stopnia dr inż. jako adiunkt, pracując na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej.

Warte odnotowania są doświadczenia jakie Habilitant zdobył poza swoją macierzystą uczelnią, odbywając dwa staże naukowe w ośrodku Fermi National Accelerator Laboratory, w Illinois w USA (łącznie prawie cztery miesiące). Podczas pobytów zagranicznych zajmował się zagadnieniami ściśle związanymi z tematyką swojego wniosku habilitacyjnego. Efektem tej współpracy jest m.in. kilka publikacji naukowych, które weszły w skład cyklu publikacji stanowiących jego główne osiągnięcie.

W trakcie swojej pracy zawodowej współpracował też z innymi zagranicznymi ośrodkami naukowymi, jako wykonawca w kilku projektach badawczych, mających na celu wykonanie prototypowych układów scalonych do zastosowań w obrazowaniu medycznym. Udział w tych projektach pozwala sądzić, że Habilitant oprócz wiedzy teoretycznej zdobył też istotne doświadczenie praktyczne, kluczowe w mikroelektronice. Wyniki swoich badań, poza zgłoszonym cyklem publikacji, zaprezentował też na kilku międzynarodowych konferencjach naukowych. Sam był też członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji 45th European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC/ESSDERC), organizowanej w Krakowie w 2019 roku. Był też siedem razy recenzentem w czasopiśmie *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, co pokazuje że jest rozpoznawanym specjalistą w swojej dziedzinie.

Dr inż. Otfinowski bardzo aktywnie działa też na polu dydaktycznym. M.in. uczestniczył w tworzeniu nowego kierunku studiów „Mikroelektronika w Technice i Medycynie” na swoim Wydziale macierzystym, za co otrzymał zespołową nagrodę dydaktyczną I stopnia Rektora AGH. Zaangażowanie dydaktyczne Habilitanta obejmowało też jego wieloletni udział w Komitecie Głównym Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej (OOWEE) dla uczniów szkół średnich. W okresie 2017–2021 był też opiekunem koła naukowego „Silicon Technologies”, przy kierunku Mikroelektronika w Technice i Medycynie na Akademii Górniczo-Hutniczej. Za swoje osiągnięcia na polu dydaktycznym wielokrotnie był wyróżniany nagrodami Rektora AGH.

3 Ocena cyklu publikacji powiązanych tematycznie stanowiące główne osiągnięcie Habilitanta

3.1 Spójność cyklu i dyskusja jego zawartości

Przedstawiony cykl publikacji składa się z ośmiu pozycji, który zdecydowanie można uznać za spójny tematycznie. Tematyka badawcza Habilitanta związana była z rozwojem pikselowych detektorów hybrydowych pozwalających na zliczanie pojedynczych fotonów, do zastosowań w obrazowaniu (m.in. medycznym) z wykorzystaniem promieni rentgenowskich. Przedstawione prace dotyczą rozwoju eksperymentalnych układów scalonych umożliwiającą

cych równoległe (wielokanałowe) przetwarzanie informacji, przy czym liczba kanałów może dochodzić do kilkudziesięciu tysięcy. Projektowanie takich układów nie jest zadaniem trywialnym. Wynika to po pierwsze z konieczności optymalizacji struktury pojedynczego kanału pod względem jego rozmiarów. Jednocześnie blok układowy reprezentujący pojedynczy kanał wymaga uważnego projektowania oraz optymalizacji pod kątem zużycia energii na jedno zdarzenie (zarejestrowanie pojedynczego fotonu). Dodatkowo, w układach którymi zajmował się Habilitant ważnym czynnikiem jest ograniczenie do minimum liczby możliwych błędów, czemu nie sprzyjałoby przegrzewanie się układu scalonego. Przy kilkudziesięciu tysiącach kanałów pracujących równoległe, optymalizacja poboru mocy jest zatem istotnym czynnikiem.

Habilitant zwrócił uwagę na problem jaki występuje w tego rodzaju układach, jakim jest podział ładunku w przypadku układów pracujących w trybie liczenia pojedynczych fotonów. Ładunek generowany przez pojedynczy foton może w wyniku rozproszenia (różne opisane we wniosku negatywne zjawiska) zostać zarejestrowany przez kilka sąsiadujących ze sobą kanałów. W zależności od energii fotonu jego ładunek może zostać podzielony w taki sposób, że w każdym z kanałów uczestniczących w jego detekcji ilość ładunku będzie zbyt mała, aby przekroczyć próg narzucony przez dyskryminator. Z drugiej strony może być na tyle duża, że w każdym z tych kanałów ładunek przekroczy próg. W pierwszym przypadku system zgubi informację o danym fotonie, a w drugim jeden foton może zostać zliczony kilkukrotnie. Problemy te, a dodatkowo możliwość wystąpienia zjawiska przypisania zdarzenia do piksela, który nie znajdował się najbliżej miejsca uderzenia fotonu zostały przedstawione w punktach na stronie 7 części p.t. "Omówienie osiągnięć ..." wniosku.

Rozwiązaniem opisanych problemów zajmują się znane ośrodki naukowo-badawcze na świecie (m.in. CERN, Fermilab), zatem prace Habilitanta wpisują się w istotną w skali światowej tematykę badawczą. Habilitant zwrócił uwagę na to, że rozwijane do tej pory metody pozwalające na kompensację podziału ładunku zazwyczaj opierają się na przetwarzaniu sygnału w domenie analogowej, co wiąże się określonymi problemami opisanymi we wniosku. Dlatego podjął się rozwoju nowych metod, które stanowią główną tematykę cyklu a zarazem jego główne osiągnięcie naukowo-badawcze.

Habilitant skupił się na rozwoju metod algorytmicznych, w dużo większym stopniu niż poprzednie pracujących w domenie cyfrowej, które opisał wstępnie w trzech punktach:

1. Algorytm rozpoznawania wzorców (Pattern Recognition, PR) oraz wieloprogowego rozpoznawania wzorców (Multithreshold Pattern Recognition, MPR), które pozwalają na zminimalizowanie liczby zgubionych zdarzeń oraz fałszywych rejestracji, a także na zwiększenie rozdzielczości energetycznej.
2. Algorytmy sub-pikselowe, które wykorzystują podział ładunku do zwiększenia rozdzielczości przestrzennej detektorów oraz pozwalają na zminimalizowanie liczby zgubionych zdarzeń oraz fałszywych rejestracji.
3. Algorytm aproksymacji geometrycznego środka dwu-wymiarowego obszaru geometrycznego utworzonego przez chmurę ładunku (Center-Of-Gravity In a Temporal Object, COGITO), przeznaczony do układów, w których rozmiar piksela jest mniejszy niż chmura ładunku.

W dalszej części poświęconej omówieniu swoich osiągnięć Habilitant przedstawił szczegóły przeprowadzonych prac i uzyskanych wyników. Moje uwagi i komentarze do wybranych fragmentów opisu przedstawiłem poniżej. Nie są to uwagi wynikające z negatywnej oceny

uzyskanych wyników. W większości przypadków mają one charakter pytań o doprecyzowanie pewnych kwestii lub stanowią ewentualne sugestie.

1. „W celu dokładniejszego zrozumienia zjawiska podziału ładunku oraz ewaluacji dotychczasowych jak i przyszłych rozwiązań, opracowałem model symulacyjny układu detekcyjnego. Pozwala on na symulacje interakcji fotonu z detektorem oraz wyznaczenie odpowiedzi układu odczytowego. Model zakłada, że gęstość chmury ładunku wygenerowanego w detektorze ma rozkład normalny. Wygenerowany ładunek jest dzielony pomiędzy piksele w zależności od miejsca zdarzenia oraz przyjętych parametrów, takich jak grubość detektora oraz rozmiar piksela. Model zakłada, że każde zdarzenie generuje taki sam ładunek.”

Czy przyjęcie ostatniego założenia nie jest zbyt dużym uproszczeniem i czy jest konieczne?

2. Strona 8: „Komparatory natomiast porównują amplitudy impulsów wzmacniaczy ładunkowych piksela z ośmioma sąsiadującymi pikselami.”

Czy ewentualne różne wartości napięć niezrównoważenia komparatorów mogą wpłynąć na działanie zaproponowanych algorytmów i dokładność wyznaczania miejsca zdarzenia w układzie? Czy próby takich analiz były podejmowane? Czy uwzględniono je w modelu symulacyjnym?

3. Rys. 2.2.1 – Z czego wynika praktycznie niewidoczny pik dla piksela o rozmiarze $50 \mu\text{m}$? Czy ilość rejestrowanego ładunku zależy od powierzchni piksela? Zastanawia mnie to dlatego, że porównując piksele $100 \mu\text{m}$ z $75 \mu\text{m}$ widać piki w obu przypadkach, przy czym ich wartości w przybliżeniu odpowiadają proporcji powierzchni piksela. Przy pikselu $50 \mu\text{m}$ dla tej samej wartości energii na osi poziomej, pik ma wartość prawie 10 razy mniejszą, przy stosunku powierzchni 2.25 (w porównaniu do piksela $75 \mu\text{m}$). Pytam też dlatego, że patrząc na Rys. 2.2.2 pokazujący sumy dla dwóch większych pikseli, ich wartości są w przybliżeniu 4-krotnie większe, natomiast dla piksela $50 \mu\text{m}$ różnica jest nieproporcjonalnie większa w stosunku do danych z Rys. 2.2.1. To że dla piksela “inf” ładunek jest skończony wynika jak przypuszczam ze skończonej objętości pod 3-wymiarowym rozkładem normalnym.

4. Jedną z kwestii która nie została doprecyzowana w opisie (np. w kontekście Rys. 2.3.1 oraz 2.3.3) jest określenie co jest pikselem. Na Rys. 2.3.1 małe kółka w miejscach przecięcia linii siatki są oznaczone jako węzły sumujące, natomiast kwadraty między nimi jako aktywne sąsiedztwo. Na Rys. 2.3.3 kwadraty te (na diagramie (f) jeden oznaczony żółtym kolorem) są nazywane pikselami. Czyli można przyjąć, że piksel (tożsamy z aktywnym sąsiedztwem) to obszar pomiędzy czterema węzłami sumującymi. Z drugiej strony Rys. 2.3.3 ilustruje przebieg działania algorytmu w oparciu o maski pokazane na Rys. 2.3.2 + odpowiedni opis w treści. Można z niego wywnioskować, że pikselami są te węzły siatki, np. „W drugim kroku szukany jest piksel znajdujący się na granicy sąsiedztwa, w jego lewym-górnym rogu. Każdy piksel sprawdza, czy piksele znajdujące się nad nim, po jego lewej i w jego lewym-górnym oraz lewym-dolnym rogu nie należą do sąsiedztwa. Odpowiada to nałożeniu maski bitowej, ...”. Można przyjąć, że poszczególne komórki masek pokrywają się z węzłami siatki. Ja się domyślam co jest czym w każdym przypadku, ale wymaga to pewnego zastanowienia się.

5. Rys. 2.3.1 oraz opis działania algorytmu PR w części 6 wniosku. Z opisu nie wynika czy zaproponowany algorytm był testowany dla różnych nietypowych sytuacji. Jak rozumiem zaznaczone ciemnozielonym kolorem węzły to miejsca, w których dyskryminator zwrócił wartość '1' (przekroczenie progu). Jako przykład rozpatrywana jest sytuacja, w której z danej czwórki jedynie trzy węzły stały się aktywne na pierwszym etapie (Rys. 2.3.3(c)). W zależności od tego która trójka z danej grupy to jest, mogą wystąpić różne scenariusze. Np. gdy miejsce uderzenia na diagramie (a) znajduje się bliżej prawego dolnego narożnika (SE), wówczas nieaktywny pozostałby węzeł w lewym górnym narożniku (NW). W tym przypadku, zgodnie z przyjętą i opisaną we wniosku zasadą ("każdy piksel sprawdza, czy piksel po prawej i piksel pod nim należą do aktywnego sąsiedztwa" – nazwijmy ją roboczo S&E), piksel NW dołączyłby do sąsiedztwa (morfologiczne domknięcie). Z drugiej strony, gdyby np. miejsce uderzenia było bliżej piksela w lewym dolnym narożniku (SW), wówczas węzeł w prawym górnym narożniku (NE) mógłby pozostać nieaktywny, a przyjęta zasada S&E nie dodałaby go do sąsiedztwa. Czy w takim przypadku (niedomknięte sąsiedztwo i tylko 3 węzły aktywne) algorytm zadziała poprawnie, podobnie jak przy domkniętym sąsiedztwie (4 węzły widziane przez system jako aktywne)? Jak algorytm zadziałałaby gdyby jedynie dwa węzły z grupy stały się aktywne i np. były by to węzły w przeciwnych narożnikach? Taka sytuacja może chyba teoretycznie wystąpić np. gdy przyjmie się jakiś rozrzut parametrów dyskryminatorów (offset przy progu) i będącą na granicy energię fotonu.

Nałożenie maski bitowej z diagramu (a) rozumiem jako: (i) operacje AND pomiędzy elementami maski i wyjściami z odpowiadających im dyskryminatorów, a następnie (ii) operację AND na wyjściach z bramek AND z kroku (i). W praktyce byłaby to operacja $AND(D_S, D_E)$, gdzie $D_$ to wymienione kierunki. Jeśli tak jest, to zastanawiam się jak zinterpretować maskę z Rys. 2.2.3 (b). Czy chodzi o to, że odpowiedź maski jest pozytywna wtedy gdy wszystkie wymienione kierunki (N, NW, W, SW) są nieaktywne? Wtedy jej działanie można by przedstawić jako operację $NOR(D_N, D_NW, D_W, D_SW)$. Czy warunkiem by uznać zadziałanie algorytmu w danej sytuacji jako poprawne, jest bezwzględne spełnienie warunków obu tych masek? Czy gdyby w wyniku szumu lub innego zdarzenia w podobnym czasie i odległości choć jeden z kierunków (N, NW, W, SW) stał się aktywnym, to czy zaproponowany algorytm PR wtedy nie zadziała? Taka sytuacja mogłaby chyba wystąpić gdyby kilka fotonów uderzyło w bardzo małym odstępie czasu i w niedużej odległości od siebie.

Wracając jeszcze do poprzedniego akapitu. Jeśli zdarzenie nastąpi w pobliżu piksela NW (piksel SE pozostanie nieaktywny), to przyjęta zasada S&E nie spowoduje dodania piksela SE do sąsiedztwa. Jeśli zdarzenie nastąpi w pobliżu piksela NE (piksel SW pozostanie nieaktywny), to przyjęta zasada nie spowoduje w tym przypadku dodania piksela SW do sąsiedztwa.

Jeśli to dobrze rozumiem, wówczas można by przyjąć trochę inną formę algorytmu. Dla każdego z pikseli można zastosować opisaną we wniosku zasadę S&E, ale równoległe z nią analogiczne zasady S&W, N&W oraz N&E (odpowiadające rotacjom wymienionych masek o 90, 180 i 270 stopni). Następnie sprawdzić, dla której z nich nastąpiło morfologiczne domknięcie i na drugim etapie zastosować odpowiednio obróconą maskę z Rys. 2.2.3 (b). Piszę o tym dlatego, że w opisie brak jest informacji o tym, czy takie komplementarne zasady do S&E są stosowane.

Możliwe, że efekt obrotu masek i analiza uzyskanych wyników mogłoby w określonych sytuacjach wspomóc uzyskanie rozdzielczości subpikselowej. Jeśli zdarzenie wystąpiłoby bliżej jednego z narożników, efektem czego byłaby aktywacja jedynie trzech kanałów z danej grupy, to obserwując dla której zasady nastąpiło morfologiczne domknięcie, można by wskazać ćwiartkę danego piksela w której to nastąpiło. Maski bitowe są układami o niskiej złożoności sprzętowej. Myślę, że równolegle można by stosować wiele rodzajów masek, tak by z jednej strony zabezpieczyć algorytm przed różnymi nietypowymi sytuacjami, a z drugiej poprawić rozdzielczość detektora. Piszę o tym też dlatego, że prace w kierunku rozdzielczości subpikselowej Habilitant prowadził (Część 4 od strony 25).

6. Strona 14: “W przypadku algorytmu C8P1 można zauważyć, że liczba zgubionych zdarzeń w niemal całym zakresie jest niezerowa. Jest to spowodowane rozrzutami napięć niezrównoważenia między-pikselowych komparatorów, przez co nie jest możliwe wybranie piksela, do którego zdarzenie będzie przypisane. To zjawisko nie występuje w przypadku zaproponowanego algorytmu PR, gdzie liczba zgubionych zdarzeń zależy wyłącznie od szumów elektronicznych.”

W sumie dyskryminatory też są komparatorami. Czy zatem ich ewentualne rozrzuty napięć niezrównoważenia nie będą miały wpływu na działanie zaproponowanego algorytmu? To pytanie też w kontekście poprzedniego punktu.

7. Rys. 2.4.4 pokazuje błąd alokacji dla poszczególnych metod. Zastanawiam się z czego wynika to, że poszczególne krzywe są w przybliżeniu symetryczne względem energii około 10 keV, w kontekście zależności (2). Przy obniżaniu progu będzie rosła wartość zmiennej N_F i jak przypuszczam będzie malała wartość zmiennej N_M . Z drugiej strony, przy zwiększaniu wartości progu, będzie rosła wartość zmiennej N_M i malała zmiennej N_F . W liczniku i w mianowniku są różne znaki, przy czym w mianowniku jest znak minus. W skrajnym przypadku, gdyby wszystkie zdarzenia zostały utracone ($N_M = N_{Ev}$), wówczas błąd powinien osiągnąć nieskończoność, przy niezerowej wartości odchylenia standardowego (jak pokazuje Rys. 2.4.3). Z drugiej strony, zakładając że wszystkie zdarzenia są fałszywe ($N_F = N_{Ev}$), wówczas przy założeniu że nie utraciliśmy żadnego zdarzenia (niska wartość progu), błąd powinien osiągnąć wartość podwójnej wartości odchylenia standardowego dla danej energii. Stąd moje pytanie o symetrię. Z drugiej strony to, że błąd może przyjąć wartość nieskończoną może być trudne do interpretacji, bo co to w praktyce oznacza?

Inną kwestią jest to, z czego wynika mimo wszystko gorszy wynik dla algorytmu PR w porównaniu z C8P1? Dla progu w okolicach 10 keV wszystkie algorytmy dają porównywalne wyniki. Gdyby zwiększać wartość progu, wówczas z danej grupy (2×2) mniej węzłów stawałoby się aktywnymi i algorytm PR mógłby nie działać poprawnie (trudniej byłoby uzyskać morfologiczne domknięcie zgodnie z zasadą, którą wcześniej roboczo nazwałem S&E. Natomiast gdyby próg był obniżany, wówczas efekt morfologicznego domknięcia powinien występować nawet samoistnie, bez konieczności stosowania maski z Rys. 2.3.2. (a). Powinno to chyba poprawić działanie algorytmu jako całości w tym zakresie i wtedy błąd mógłby nie być w przybliżeniu symetryczny.

Czy Rys. 3.1 pokazuje tę samą wielkość (opisaną zależnością 2?). Na tym rysunku błąd dla algorytmu PR nie jest symetryczny.

8. Nie do końca jasna jest skala koloru na Rys. 2.4.5. Zastanawiałem się, czy chodzi o stosunek zarejestrowanych zdarzeń względem wszystkich zdarzeń w danym punkcie. Z drugiej strony skala po prawej osiąga wartość 1.2, a liczba zarejestrowanych zdarzeń nie powinna być większa niż liczba wszystkich.
9. Rys. 2.5.4. Czy to że dla metod PR i SPC wyniki powyżej połowy energii sygnału są takie same, wynika z tego, że jest za mało aktywnych kanałów w grupach 2×2 i nie działają prawidłowo maski pokazane na Rys. 2.3.2? Pytam by przy okazji dobrze zrozumieć działanie zaproponowanego algorytmu.
10. Na Rys. 2.5.4 można zauważyć, że dla metody "Sum+PR" wyniki są gorsze (wartość dolnego zakresu) niż dla "PR only". Czy byłoby możliwe przełączanie się pomiędzy metodami w zależności od wartości progów?
11. Strona 21: „Przyjęto, że dostępne są 4 progi dyskryminacji, ustalone w sposób narastający...” – Czy wartości progów mogłyby być ustawiane dynamicznie, a nie wybierane z dostępnych czterech wartości?
12. Rys. 3.2.3 – Nie do końca jest jasne jak należy rozumieć różne kształty sąsiedztw. Czy są to modyfikacje zaproponowanego algorytmu, czy przykłady sytuacji jakie mogą wystąpić w zależności od miejsca zdarzenia i jego energii?
13. Strona 25: „Opracowany algorytm wykorzystuje w tym celu układy logiczne arbitrów Seitza [19]. Są to dwuwejściowe asynchroniczne układy logiczne, pozwalające na wskazanie na którym wejściu zmiana wartości sygnału (zbocze opadające) nastąpiła wcześniej.”
Niewiele jest informacji (również w artykule [VI] z cyklu) w jaki sposób układy Seitza zostały zastosowane. Układy te pozwalają wykryć, które zbocze opadające z „konkurującej” ze sobą pary wystąpiło szybciej. Użycie ich do określenia szerokości impulsu wymaga przyjęcia założenia, że oba zbocza narastające pojawiły się jednocześnie. Czy takie założenie jest prawidłowe w kontekście możliwego rozrzutu parametrów dyskryminatorów generujących impulsy, których szerokości są szukane? Czy przeprowadzono jakąkolwiek analizę wpływu rozrzutu parametrów tranzystorów w samym układzie Seitza na dokładność wyznaczania miejsca zdarzenia w rozdzielczości subpikselowej?
14. Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest asynchroniczny algorytm sprzętowy COGITO, służący do wyznaczania centrum grawitacji obiektu. Zastanawiam się w jaki sposób ustalane jest to, które piksele są podłączane do bramki wired-OR. Czy może wystąpić sytuacja, w której obiekt będzie wąski i będzie przerwany, albo będą dwa obiekty / plamy w pewnej odległości od siebie. Czy zleją się one wtedy w jeden obiekt?
15. Czy brano pod uwagę możliwość zastosowania maski heksagonalnej?
16. Pewną wadą przedstawionego opisu prac badawczych jest brak podania wymagań w kontekście aplikacji w których prace te mogłyby znaleźć praktyczne zastosowanie. Nie jest to wadą samego procesu badawczego i uzyskanych wyników. Autor dąży do uzyskania jak najlepszych rezultatów, ale nie wiadomo czy uzyskane wyniki spełniałyby wymagania w konkretnych sytuacjach. Chodzi np. o wymaganą szybkość działania pojedynczego kanału, dopuszczalny poziom błędów, wymagany zakres temperatur pracy, itp.

17. Z drobnych uwag, uważam że wniosek mógł zostać nieco bardziej dopracowany od strony edycyjnej i niekiedy językowej. Tekst zazwyczaj przed słowem Rysunek jest mocno rozstrzelony (np. ostatni akapit na stronie 17). Brak jest konsekwencji w stosowaniu krojów czcionek w przypadku zmiennych i ich oznaczeń. Np. we wzorach (1) i (2) zmienne pisane są czcionką pochyłą, ale w treści gdzie jest wyjaśniane ich znaczenie, te same zmienne pisane są czcionką prostą. Sugestia z mojej strony, by to co jest zmienną zawsze pisać czcionką pochyłą, natomiast akronimy czcionką prostą, np. N_F , bo N to zmienna, a F to akronim od 'false'. F może sugerować że jest to indeks. Czasem pojawia się też niekonsekwencja w przyjęciu formy. Np. na stronie 5 można znaleźć zwroty: „opracowałem”, „zauważono”, „opracowanego przez Habilitanta”. Z kontekstu można domyśleć się, że chodzi o tę samą osobę cały czas. Pojawiają się też literówki (np. podpis pod Rys. 3.2.3 „sąsziedztw”).

3.2 Podsumowanie części poświęconej wyodrębnionemu cyklowi

Analizując dorobek naukowy Habilitanta przedstawiony w cyklu publikacji powiązanych tematycznie, uważam, że pokazuje on wysoki stopień specjalizacji Autora w zakresie rozwiązań technicznych dla pikselowych detektorów promieniowania jonizującego i związanych z nimi zastosowań w obrazowaniu. Zaletą tych rozwiązań jest przeniesienie znacznej części przetwarzania sygnałów do domeny cyfrowej, co w dużej mierze pozwala wyeliminować typowe w elektronice analogowej problemy związane z rozrzutem parametrów, ale też wpływem np. temperatury otoczenia na ich działanie. Rozwiązania cyfrowe mogą być też w prostszy sposób przenoszone do różnych technologii. Autor w swoich pracach nie ograniczył się jedynie do zaproponowania struktury nowych algorytmów sprzętowych, ale przeprowadził też głębszą analizę m.in. błędów jakie mogą wystąpić w różnych warunkach ich działania. Dużą zaletą jest tutaj to, że analizę tę przeprowadził w porównaniu do istniejących rozwiązań.

Podsumowując ocenę dorobku naukowego przedstawionego przez Habilitanta jako wyodrębniony cykl powiązanych tematycznie publikacji pt. „Rozwój pikselowych detektorów promieniowania jonizującego o wysokiej rozdzielczości przestrzennej”, uważam, że Habilitant potrafi właściwie planować przebieg swoich badań naukowych, wyciągać odpowiednie wnioski z uzyskanych rezultatów, proponując na ich podstawie dalsze kroki badawcze. Poprzez udział w realizacji kilku prototypowych układów scalonych wielkiej skali integracji dowiódł też swoich umiejętności w zakresie projektowania układów mikroelektronicznych. Uważam, że jego dorobek naukowy w obszarze detektorów promieniowania stanowi ważny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

4 Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Dorobek naukowo-badawczy Habilitanta jest obszerny i obejmuje łącznie 73 artykuły, z czego po uzyskaniu stopnia dr inż. był współautorem 29 artykułów. Dorobek ten obejmuje 13 publikacji opublikowanych w czasopismach indeksowanych w Journal Citation Report, czyli z tzw. Listy Filadelfijskiej. Habilitant zaprezentował też 9 referatów na międzynarodowych konferencjach naukowych oraz opublikowanych w materiałach konferencyjnych.

Prace opublikowane po uzyskaniu stopnia dr inż. obejmują te, które wchodziły w skład wyodrębnionego cyklu, jak również inne które można uznać za materiał uzupełniający. Warto podkreślić, że dorobek Habilitanta w całości publikowany jest w języku angielskim, co zwiększa grono potencjalnych czytelników i w większym stopniu przyczynia się do upowszechnienia

wyników prac badawczych. Warto też pokreślić wysoki sumaryczny Impact Factor przekraczający wartość 35. Za duży sukces uważam też fakt opublikowania części prac w wysokopunktowanych czasopismach takich jak *IEEE Transactions on Circuits and Systems. II, Express Briefs, IEEE Transactions on Nuclear Science*, a zwłaszcza w *IEEE Journal of Solid-State Circuits*. Sukcesem jest też zgłoszenie patentowe p.t. "Charge-Sensitive Amplifier with Pole-Zero Cancellation" No: 63/379,887.

Oprócz działań publikacyjnych, habilitant 7-miokrotnie był też recenzentem w czasopiśmie *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*.

Autor może wykazać się następującą liczbę cytowań (bez autocytowań): 294 / 383 / 616, odpowiednio dla źródeł Web of Science, Scopus oraz Google Scholar. Przekłada się to na relatywnie wysoki Indeks Hirscha, dla podanych źródeł wynoszący odpowiednio 6, 9, 9.

Habilitant aktywnie uczestniczył w realizacji kilku projektów badawczo-rozwojowych, obejmujące m.in. te w ramach współpracy z kilkoma zagranicznymi renomowanymi ośrodkami badawczymi.

W latach 2021-2023 był wykonawcą w projekcie badawczym „Fast prototype ASIC with three energy thresholds for hybrid pixel detector”, współpracując z grupą detektorową z Synchrotron Soleil (Saint-Aubin, Francja). W latach 2020-2023 był też wykonawcą w projekcie badawczym „Development of an efficient detector with small pixels and high count rate capabilities optimised for coherent X-ray scattering experiments and suitable to make optimum use of the ESRF-EBS”, we współpracy z grupą detektorową z European Synchrotron Radiation Facility (ESRF, Grenoble, Francja). Efektem tej współpracy jest kilka publikacji zaprezentowanych na kilku konferencjach międzynarodowych. Habilitant był też wykonawcą w projekcie badawczym: „Inteligentny detektor promieniowania z komunikacją międzypikselową oraz pomiarem czasu zachodzenia zdarzeń do implementacji w technologiach o ekstremalnej gęstości upakowania” (grant NCN OPUS, nr projektu: 2014/13/B/ST7/01168) oraz w projekcie badawczym: „Specjalizowane układy scalone w technologiach nanometrycznych do obrazowania kolorowego pracujące z dużym natężeniem promieniowania X” (grant NCN OPUS, nr projektu: 2016/21/B/ST7/02228).

5 Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

W ramach współpracy międzynarodowej Habilitant odbył dwa staże naukowe w ośrodku Fermi National Accelerator Laboratory, Illinois, USA (łącznie 4 miesiące w latach 2016 i 2017).

Do prac jakie można zakwalifikować do działań popularyzatorskich Habilitant należy członkostwo w Technical Program Committee (TPC) międzynarodowej konferencji *45th European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC/ESSDERC)*, organizowanej w Krakowie w dniach 23-26 września 2019. Habilitant odpowiedział tam za recenzowanie oraz wybór prac nadesłanych w ścieżce Data Converters.

Duże znaczenie popularyzatorskie miał udział Habilitanta (w latach 2014-2020) w pracach związanych z Ogólnopolską Olimpiadą Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej (OOWEE), gdzie pełnił funkcję członka Komitetu Głównego. Są to zawody tematyczne dla uczniów szkół średnich realizowane w kilku kategoriach tematycznych pod patronatem Ministra Edukacji i Nauki oraz Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej. W latach 2017-2021 był też opieku-

nem koła naukowego „Silicon Technologies”, które powstało przy kierunku Mikroelektronika w Technice i Medycynie na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Warte odnotowania są wyróżnienia i nagrody jakie Habilitant uzyskał za zaangażowanie w prace naukowe, dydaktyczne oraz organizacyjne uczelni. W latach 2015-2020 był wyróżniany indywidualnymi nagrodami Rektora AGH za osiągnięcia naukowe lub dydaktyczne. W latach 2015, 2020, 2021 Habilitant był też beneficjentem zespołowych nagród Rektora AGH za osiągnięcia organizacyjne lub dydaktyczne.

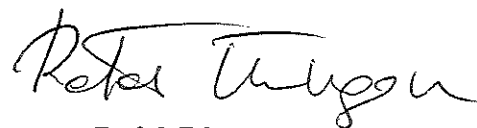
Podsumowując opisane w tej sekcji obszar działalności, można stwierdzić, że Habilitant wykazał się sporym udokumentowanym zaangażowaniem w działalność dydaktyczną, popularyzatorską i w obszarze współpracy międzynarodowej. W związku z tym ocena dorobku Habilitanta w tych zakresach jest pozytywna.

6 Ocena ogólna i wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z wyodrębnionym cyklem publikacji powiązanych tematycznie pt. „Rozwój pikselowych detektorów promieniowania jonizującego o wysokiej rozdzielczości przestrzennej”, stanowiącym „osiągnięcie habilitacyjne”, jak i całością dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego uważam, przedstawione osiągnięcie zawiera oryginalny i znaczący wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Uważam, że opublikowany dorobek naukowy oraz istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, są wystarczające do ubiegania się przez Habilitanta o stopień doktora habilitowanego. W świetle powyższej opinii stwierdzam, że dorobek ten spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późn. zm.).

W związku z powyższym wnioskuję o nadanie dr. inż. Piotrowi Otfinowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Podpis



Rafał Długosz

