

System czujników do zliczania pszczół w ulu

Tomasz Żebrowski

promotor: prof. dr hab. inż. Paweł Domański

20 marca 2025

Plan prezentacji

- ▶ Cel pracy
- ▶ Opis proponowanego rozwiązania
- ▶ Efekty dotychczasowych prac
- ▶ Plany na przyszłość

Cel pracy

Celem pracy jest stworzenie urządzenia pozwalającego na określenie liczby pszczół przebywających w ulu.



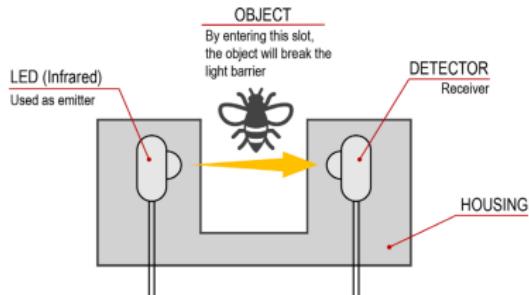
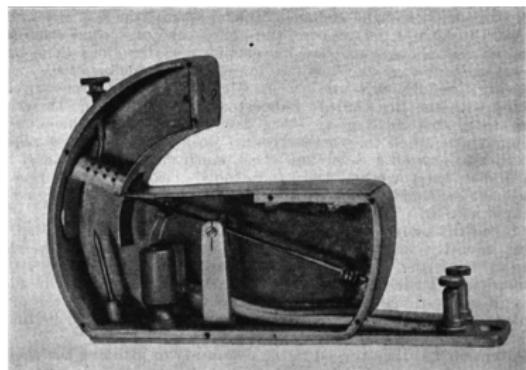
Opis problemu

Liczебno  populacji pszcz w w ulu jest trudna do zmierzenia.

- ▶ waga
- ▶ temperatura
- ▶ vibracje
- ▶ zliczanie pszcz w na wej ciu

Stosowane podejście

- ▶ Liczniki (elektro-)mechaniczne ¹
- ▶ Bramki z fotokomórką ²
- ▶ Wizja komputerowa
- ▶ Bramki pojemnościowe



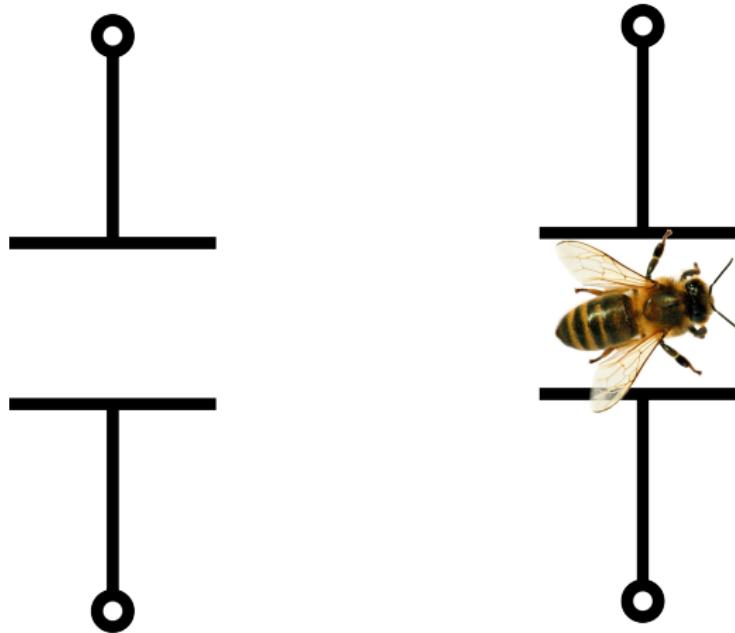
¹Lundie, A. (1925). *The flight activities of the honeybee*

²Pešovic, U., Randic, S., & Stamenkovic, Z. (2017). *Design and implementation of hardware platform for monitoring honeybee activity*

Propozycje rozwiązania

- ▶ Bramka na wylotku ula zliczająca pszczoły
- ▶ Wykrywanie pszczoł czujnikami pojemnościowymi
- ▶ Być może fuzja danych

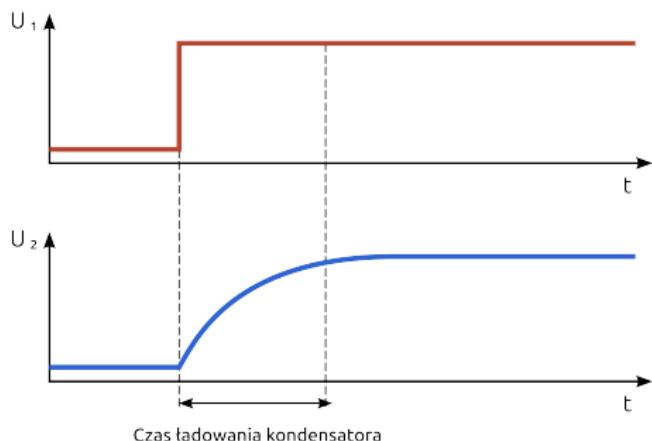
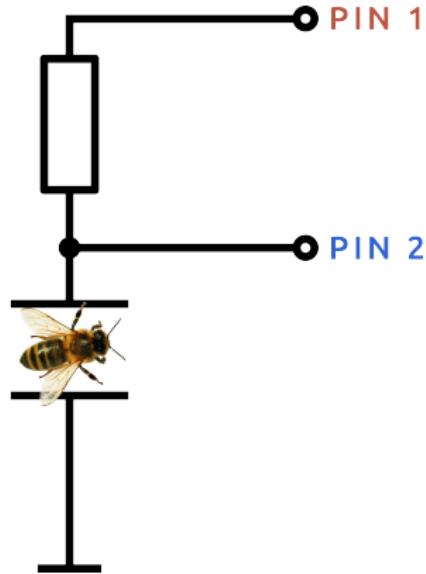
Czujnik pojemnościowy – zasada działania



Rysunek: Kondensatory o różnych pojemnościach

Pojemność zależy od rozmiaru, kształtu oraz **ośrodka między okładkami**

Jak zmierzyć pojemność elektryczną pszczoły?



$$U_2(t) = U_1(1 - e^{-t/RC})$$

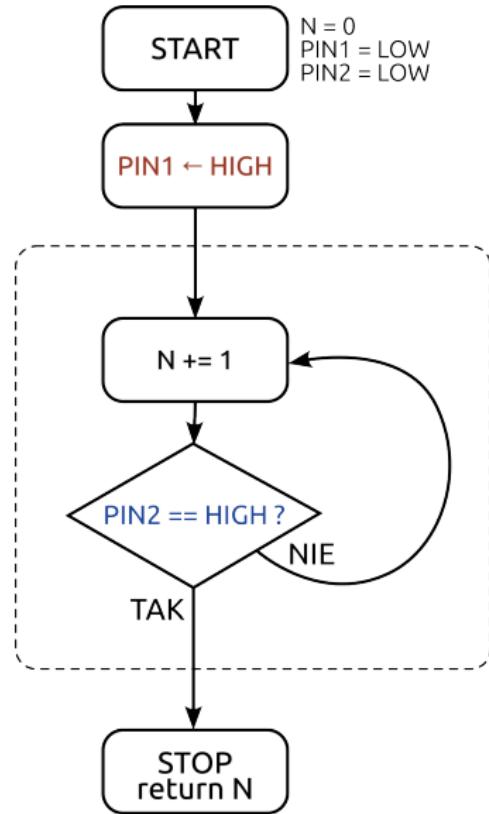
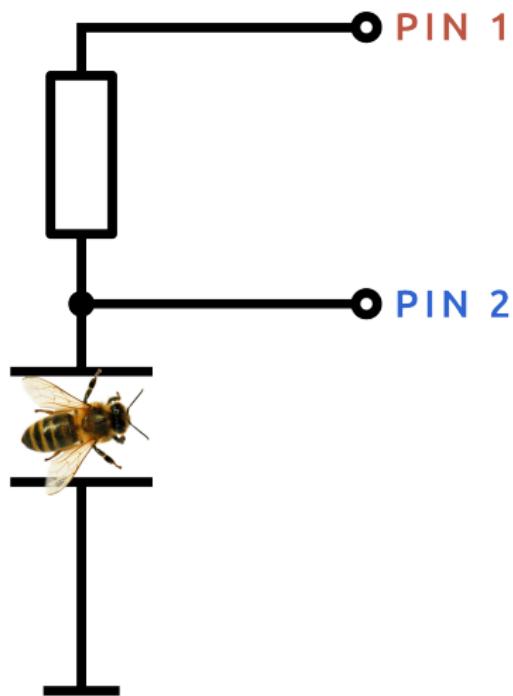
Czas ładowania rośnie wraz ze wzrostem pojemności kondensatora

Trudności z pomiarem

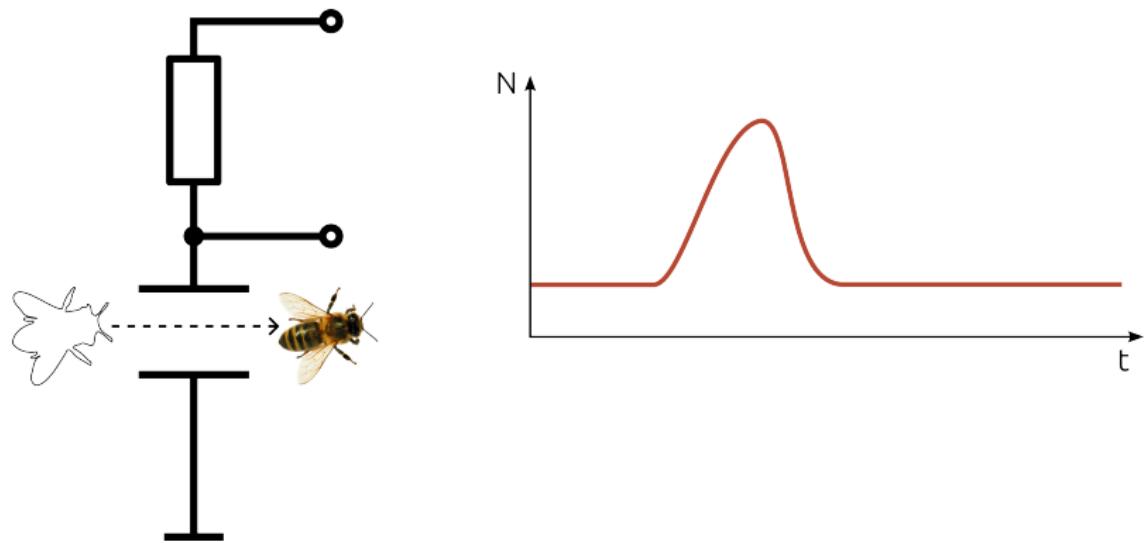
- ▶ Pojemność takiego kondensatora to ok. $0,5 \text{ pF}$.³
- ▶ Z pszczołą w środku nieznacznie więcej.
- ▶ Czas ładowania (przez rezystor $10\text{M}\Omega$) to $10\mu\text{s}$.

³Campbell J M, Dahn D C i Ryan D A J 2005 *Capacitance-based sensor for monitoring bees passing through a tunnel*

Algorytm pomiaru

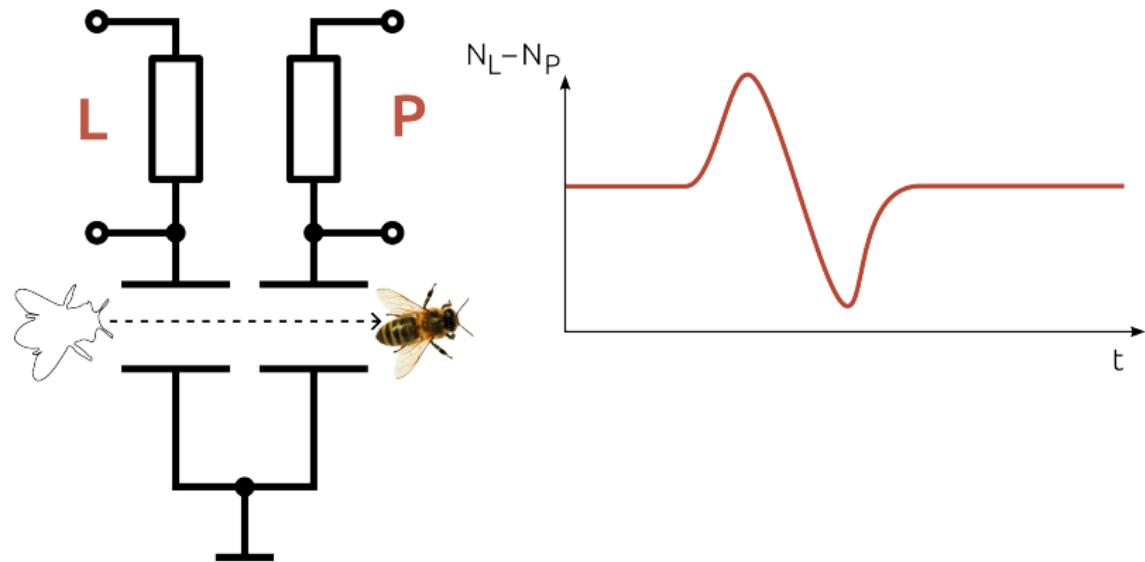


Czujnik pojemnościowy – zasada działania, cd.



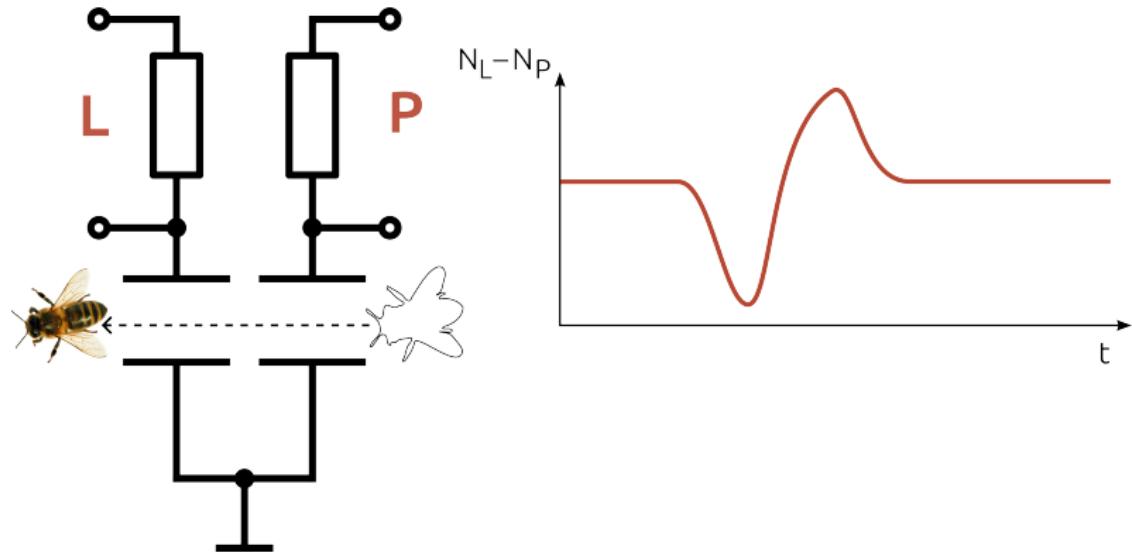
Rysunek: Przebieg wyjścia układu – pszczoła przechodzi przez kondensator

Określanie kierunku przechodzenia pszczoły



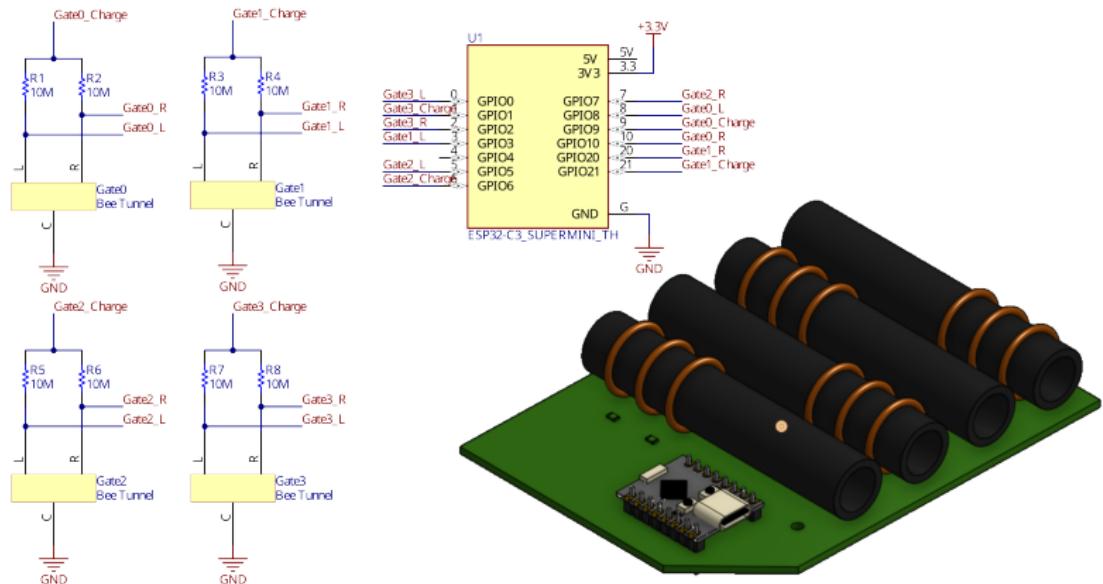
Rysunek: Układ z dwiema bramkami – przebieg sygnału wyjściowego

Określanie kierunku przechodzenia pszczoły



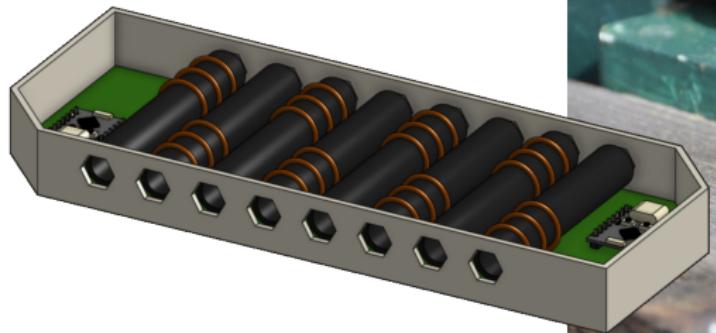
Rysunek: Układ z dwiema bramkami – przebieg sygnału wyjściowego

Stworzona płytka czujnika



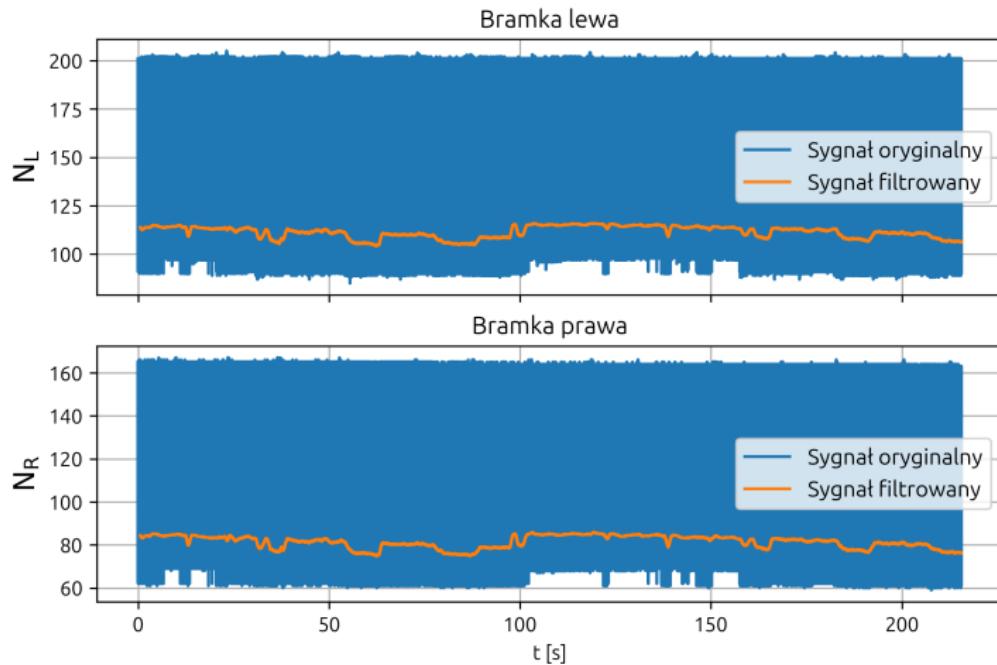
Rysunek: Schemat i wizualizacja układu

Konstrukcja czujnika



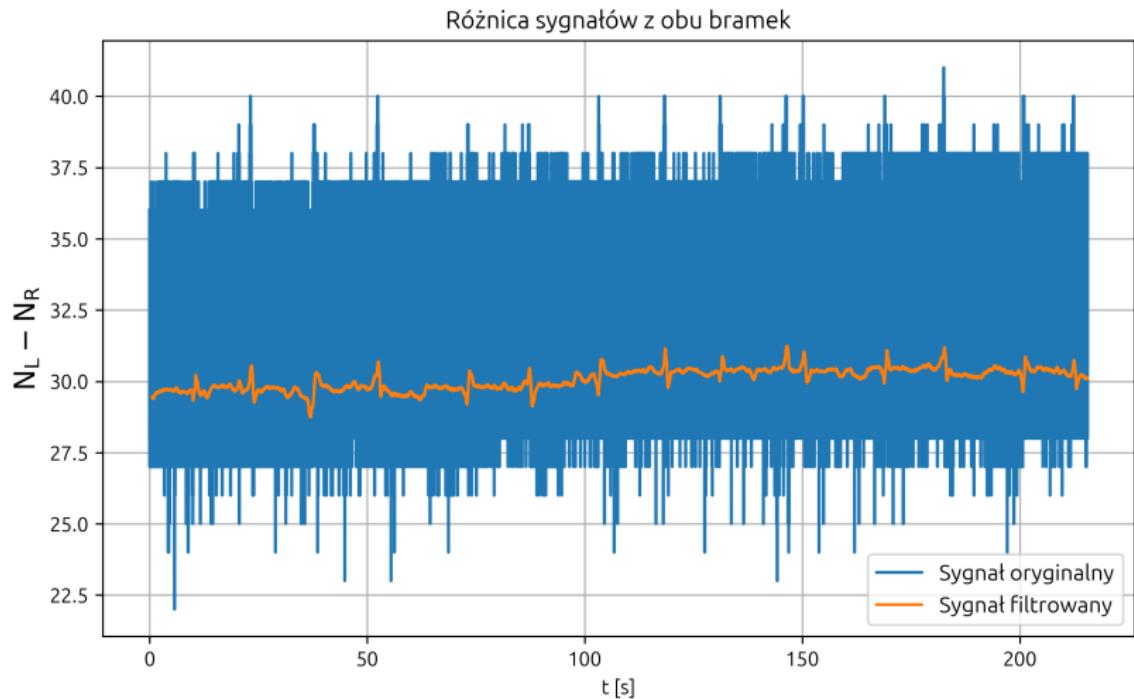
Rysunek: Wizualizacja czujnika na tle wylotka

Testy urządzenia



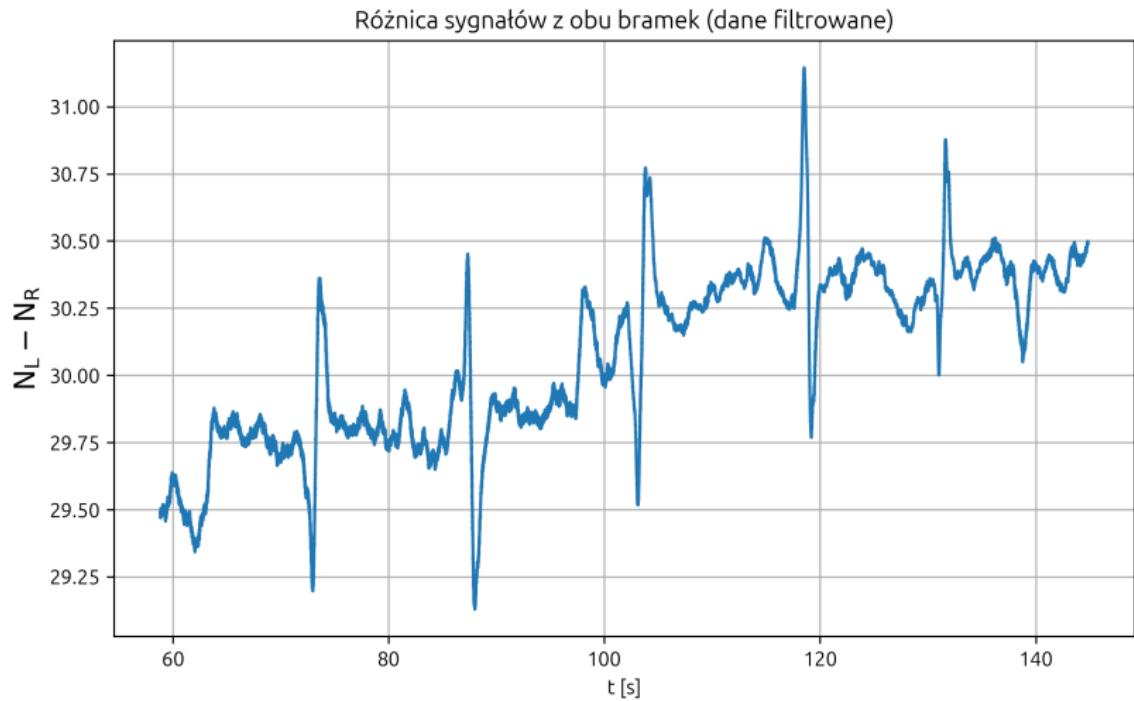
Rysunek: Martwą puszczę przeprowadzono kilkukrotnie przez jeden z tuneli. Zebrano sygnały z obu bramek.

Testy urządzenia



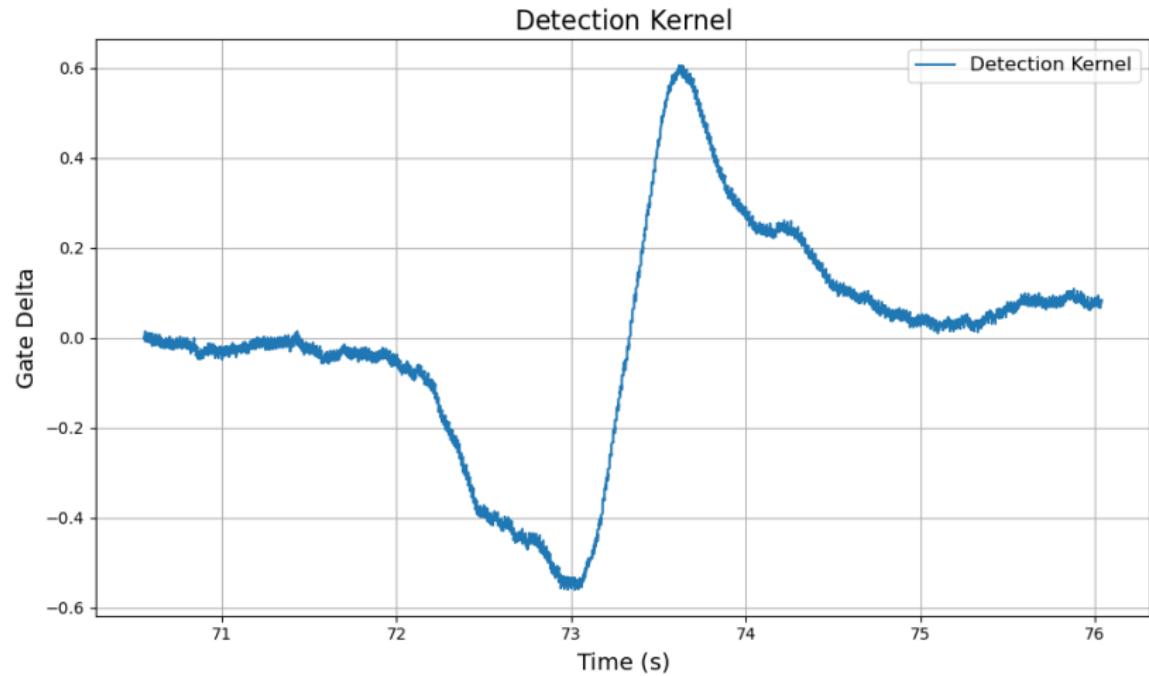
Rysunek: Przebieg sygnału różnicowego

Testy urządzenia



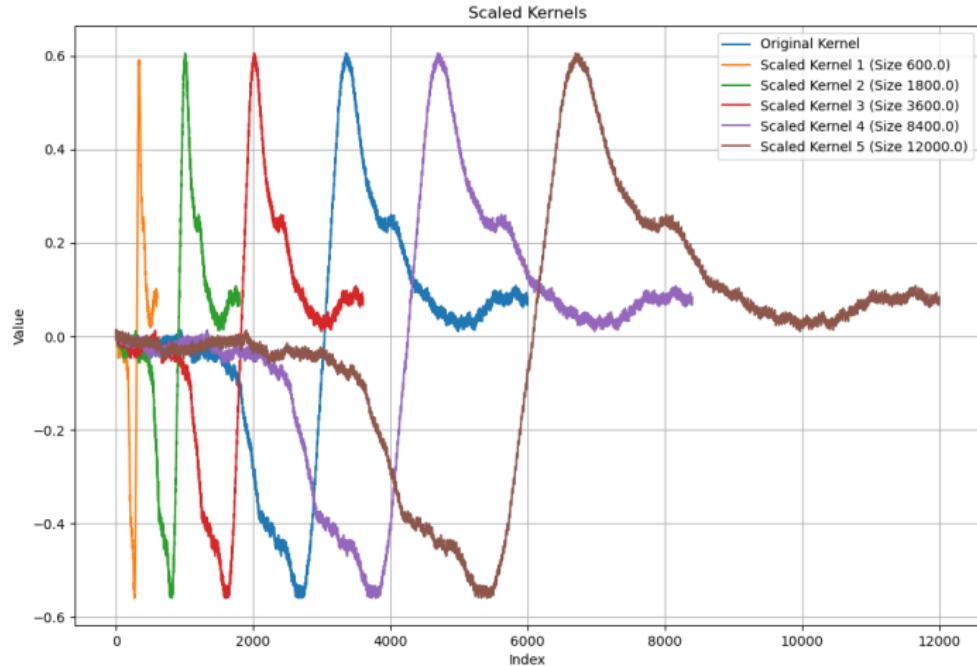
Rysunek: Przebieg sygnału różnicowego (przybliżenie)

Algorytmy wykrywania przejścia: 1. splot



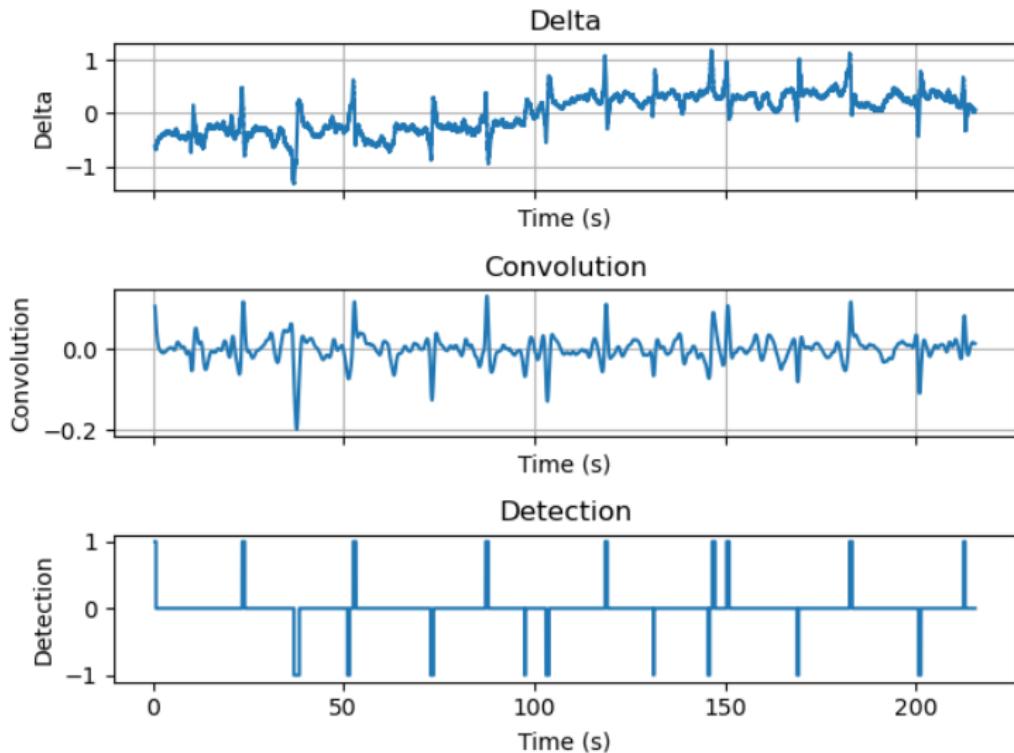
Rysunek: Wzorzec sygnału przejścia pszczoły

Algorytmy wykrywania przejścia: 1. splot



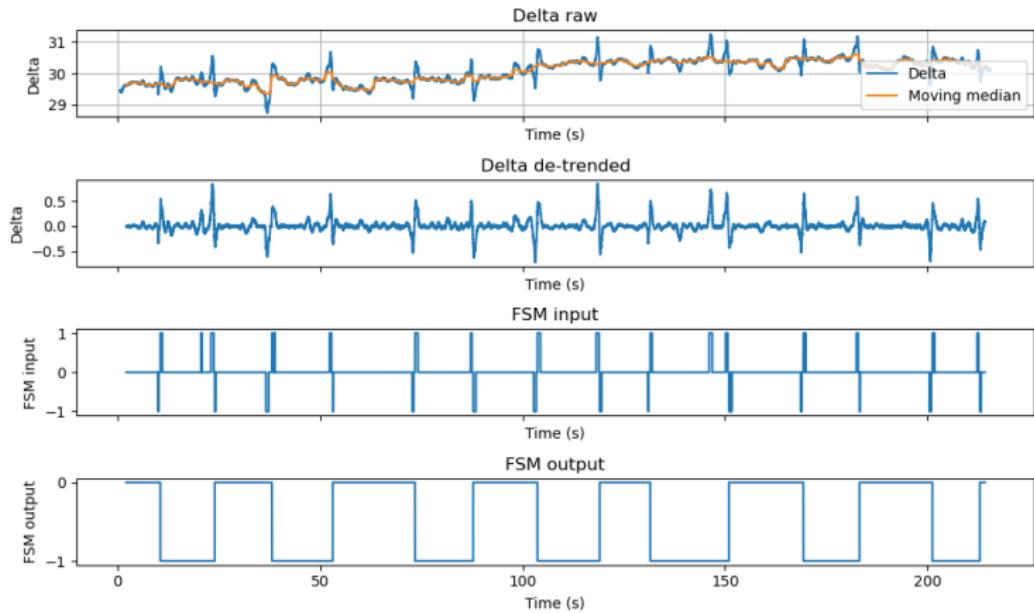
Rysunek: Seria wzorców przeskalowanych w czasie

Algorytmy wykrywania przejścia: 1. splot



Rysunek: Wykrywanie przez splot – wyniki eksperymentalne

Algorytmy wykrywania przejścia: 2. automat stanowy



Rysunek: Wykrywanie przez automat stanowy – wyniki eksperymentalne

Podsumowanie

W ramach pracy dotychczas:

- ▶ Zaprojektowano i skonstruowano prototyp czujnika
- ▶ Przeprowadzono eksperyment działania z pszczołami
- ▶ Zaproponowano dwa algorytmy przetwarzania sygnału

Plany na przyszłość

- ▶ Poprawiona wersja płytki PCB
- ▶ Rozwój i porównanie algorytmów przetwarzania
- ▶ Fuzja danych
- ▶ Testy wulu