



Politechnika  
Wrocławska

# **Temat pracy:** **Wielosystemowa platforma dydaktyczna dla sieci sensorowej IoT**

Autor:  
Kierunek:  
Specjalność:  
Jednostka organizacyjna:  
Prowadzący pracę:

inż. Tomasz Borusiewicz  
Teleinformatyka  
utrzymanie sieci teleinformatycznych  
K34W04D03 Katedra Telekomunikacji i Teleinformatyki  
Dr hab. inż. Kamil Staniec



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



## Aspekt badawczy:

1. Opracowanie maszyny stanów dla wielosystemowej platformy czujnikowo komunikacyjnej
2. Opracowanie scenariuszy eksperymentalnych

## Aspekt inżynierski:

1. Fizyczne wykonane połączenie struktur czujnikowo-komunikacyjnych z zastosowaniem systemów takich jak: LoRa, ZigBee, NRF24L01 itp.
2. Skrypty programistyczne do obsługi odczytów sensorowych oraz realizowaniu funkcji transmisyjnych, zapisu i wizualizacji danych

## Zadania do wykonania:

1. Analiza dostępnych platform sprzętowych służących do realizacji zadań sensorowo-transmisyjnych
2. Opracowanie scenariuszy pomiarowo-transmisyjnych
3. Zestawienie platformy sprzętowej
4. Napisanie skryptów obsługujących moduły sensorowo-komunikacyjne
5. Opracowanie systemu archiwizacji i wizualizacji danych
6. Długookresowe badania wydajnościowe kompletnej platformy
7. Opracowanie koncepcji ćwiczeń laboratoryjnych z zastosowaniem platformy

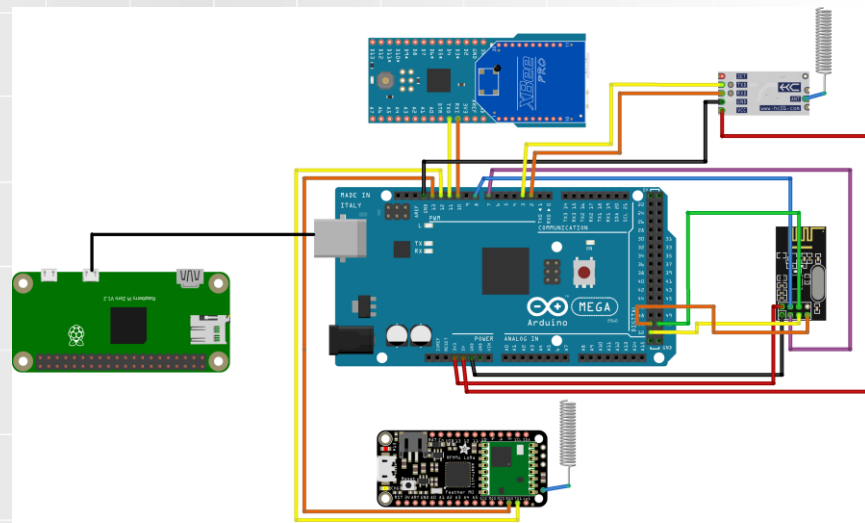
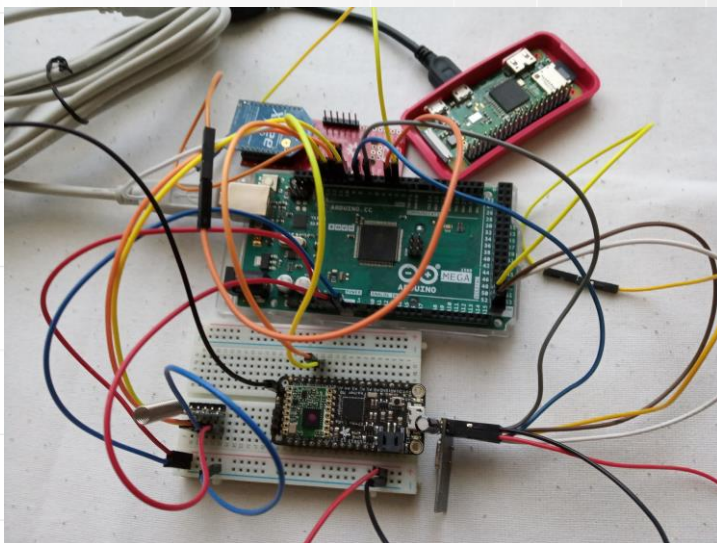
## Literatura:

1. Sornin N., Luis M., Eirich T., Kramp T., Hersent O., „LoRaWAN Specification”, Version:V1.0.2, July 2016
2. Preliminary Product Specification nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Radio Transceiver
3. IEEE, IEEE Std 802.15.4-2006, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical layer (PHY) Specification for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)



# Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy było opracowanie platformy dydaktycznej dla wielosystemowej sieci sensorowej IoT w celach edukacyjnych oraz badawczych. Na platformę składają się mikrokontrolery Arduino, Raspberry pi, Sparkfun, Adafruit, moduły realizujące przesyłanie danych poprzez systemy bezprzewodowe HC-12[1], Lora[2], XBee[3], NRF24L01[4] oraz czujniki temperatury DHT22[5]. Platforma pozwala na poznanie urządzeń i systemów wykorzystywanych w koncepcji Internetu rzeczy (ang. Internet of Things). Praca zakłada również koncepcje badania odporności systemów bezprzewodowych na zagłuszenia generowane przez generator sygnałów losowych oraz propozycję przeprowadzenia ćwiczeń laboratoryjnych.





# Użyty sprzęt

Wybrane urządzenia do realizacji komunikacji bezprzewodowej, które użyto w pracy magisterskiej to:

- HC-12
- Adafruit Feather M0 + moduł radiowy RFM96 LoRa
- NRF24L01
- Xbee S1 pro



Moduły komunikacji radiowej będą połączone z urządzeniami Arduino uno rev3, Arduino mega 2560, Raspberry pi zero w i SparkFun fio v3





# Użyty sprzęt – Czujniki

Do platformy podłączone zostały czujniki DHT22 z których mikrokontrolery będą otrzymywały dane a następnie przesyłały je poprzez systemy bezprzewodowe do odbiorników i kolejno do bazy danych. Popularny czujnik temperatury i wilgotności powietrza komunikujący się poprzez interfejs cyfrowy. Wybór padł na ten czujnik ponieważ jest on prosty w konfiguracji i wytrzymały. Celem tej pracy nie jest weryfikacja poprawności otrzymywanych danych a poprawne przekazywanie je poprzez sieć radiową dlatego wybór czujników był sprawą mniej ważną.



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: od 3,3 V do 6 V
- Średni pobór prądu: 0.2 mA
- Zakres pomiarowy: -40 do 80 stopni celcjusza
- Komunikacja: GPIO

Więcej informacji dostępne jest pod adresem

[https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca\\_magisterska/blob/master/dokumentacje/DHT22.pdf](https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/DHT22.pdf)





# Zestawienie platformy sprzętowej

Pierwszym zadaniem było fizyczne połączenie ze sobą modułów radiowych oraz mikrokontrolerów. Do mojej pracy dyplomowej wybrałem następujące systemy radiowe:

- HC-12
- LoRa
- NRF24L01
- ZigBee

W celu realizacji pracy niezbędne są co najmniej 2 sztuki z każdego wybranego systemu radiowego, jeden w trybie pracy jako nadajnik oraz drugi w trybie pracy jako odbiornik.

Dodatkowo każdy moduł pracujący w trybie nadajnika podłączony zostanie do mikrokontrolera Arduino Uno. Moduły pracujące w trybie odbiornika połączone będą z jednym mikrokontrolerem Arduino mega.

Wybrany sprzęt łącznie:

- 2x HC-12
- 2x LoRa
- 2x NRF24L01
- 2x ZigBee
- 2x Arduino Uno
- 1x Arduino Mega
- 1x Raspberry pi
- 1x Sparkfun Fio v3



Politechnika  
Wrocławska

# Skrypty obsługujące moduły sensorowo-komunikacyjne

Po pomyślnym podłączeniu modułów i mikrokontrolerów przygotowane zostały skrypty obsługujące urządzenia wykorzystane w pracy. Kod napisany został w językach Arduino (język bazujący na języku C) oraz Python.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // Pin do którego podpięty jest DHT22
#define DHTTYPE DHT22 // Określenie typu czujnika DHT
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Inicjalizacja instancji klasy DHT z numerem portu Arduino oraz typem czujnika
SoftwareSerial HC12(10, 11); // Inicjalizacja instancji klasy SoftwareSerial z numerami portów Arduino

void setup() {
    HC12.begin(9600); // Inicjalizacja komunikacji serialowej dla HC12
    dht.begin(); // Inicjalizacja komunikacji z DHT22
}

void loop() {
    float t = dht.readTemperature(); // Zczytanie wartości temperatury z czujnika
    if (not (isnan(t))) { // Jeżeli dane są poprawne
        char data[5] = t; // Stworzenie zmiennej char i przypisanie jej wartości temperatury
        HC12.write(data); // Wysłanie danych
    }
    delay(1800000); // Pauza na 30 min
}

def main():
    data = get_data_from_serial()
    formatted_data = format_data(data)
    send_data(formatted_data)

def send_data(data):
    if data:
        for k, v in data.items():
            run(["curl", "-i", "-XPOST", "http://40.114.77.143:8086/write?db=dane", "--data-binary",
                "{}", host=admin value={}.format(k, v)], shell=False)
            sleep(2)

def get_data_from_serial():
    s = Serial("/dev/ttyACM0", 9600, timeout=1)
    s.flush()
    data = s.readline().decode("utf-8").rstrip()
    if data != "":
        return data
```

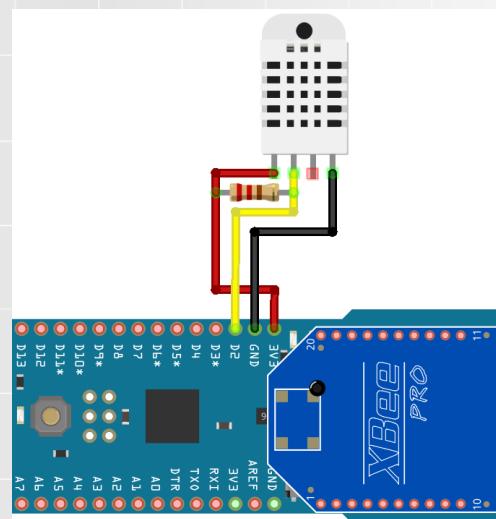
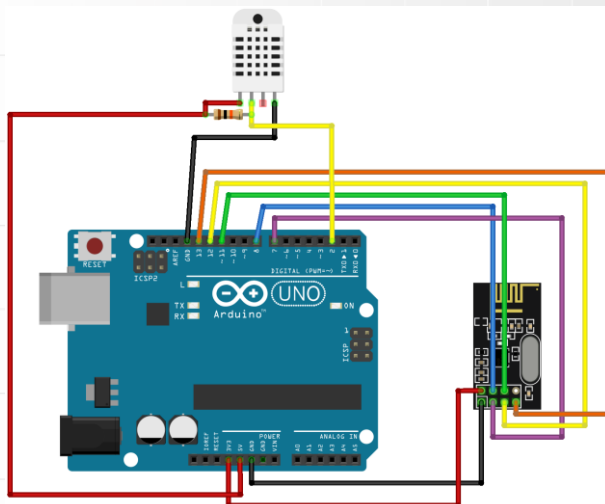
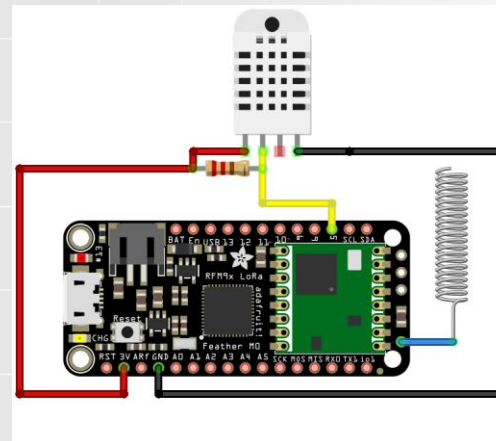
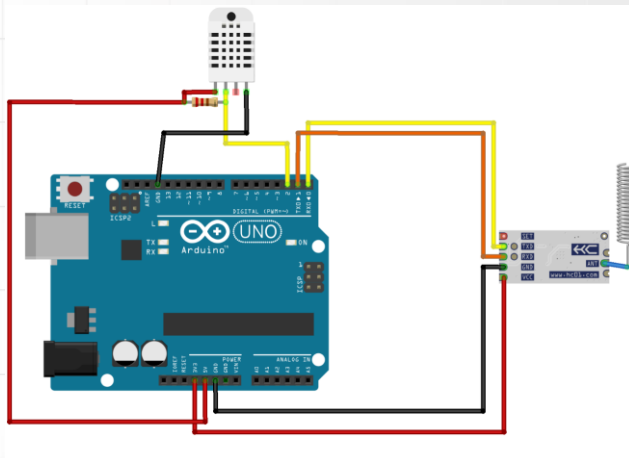


HR EXCELLENCE IN RESEARCH



# Zestawienie platformy sprzętowej - nadajniki

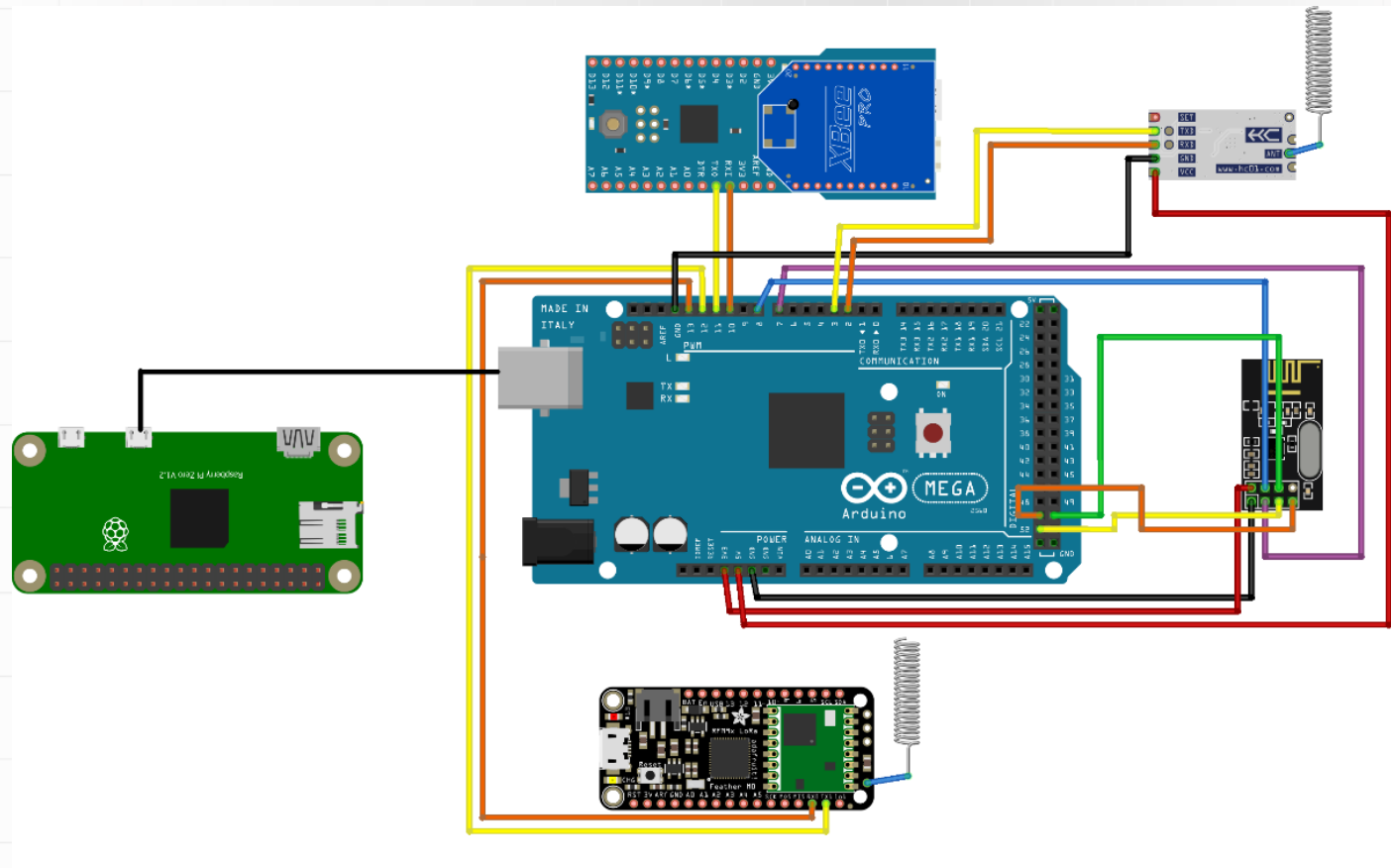
Moduły systemów bezprzewodowych zostały podłączone do mikrokontrolerów wg. poniższych schematów.





## Zestawienie platformy sprzętowej - odbiorniki

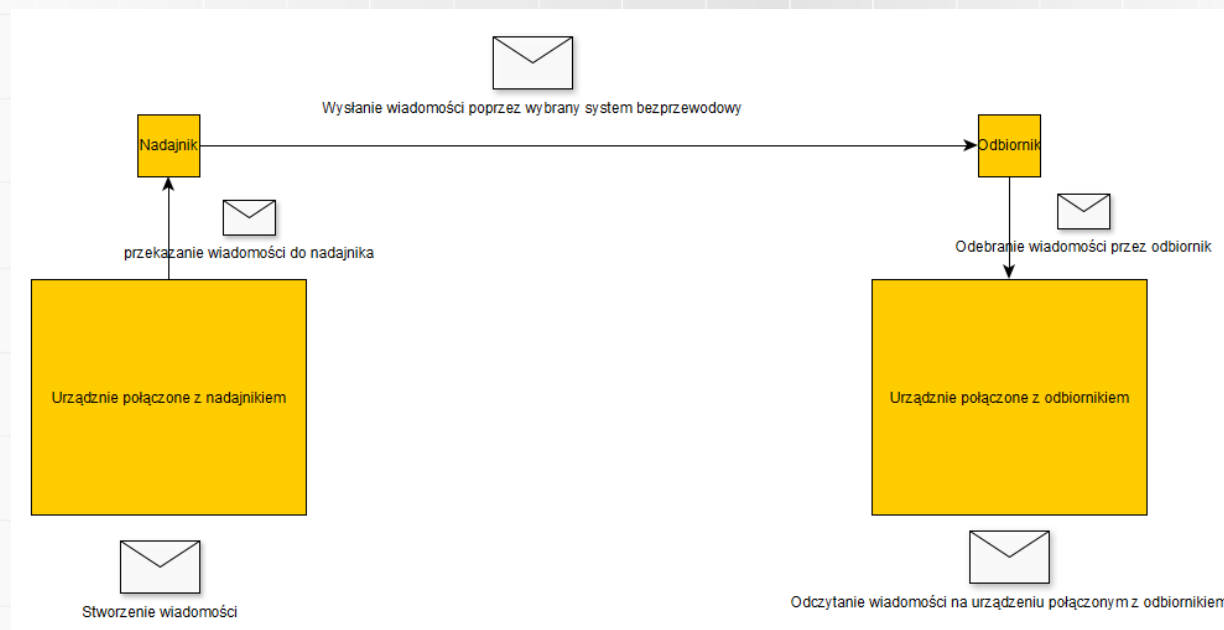
Pozostałe urządzenia podłączono do Arduino mega 2560 i skonfigurowano jako odbiorniki. Następnie otrzymane dane przekazywane są do Raspberry pi a później do bazy danych.





# Weryfikacja połączenia

Weryfikacje połączenia pomiędzy dwoma modułami pomiędzy każdym systemem do realizacji przesyły danych poprzez sieć bezprzewodową przebiegała w taki sam sposób. Na urządzenie które było połączone z nadajnikiem wgrany został przygotowany skrypt przez, który urządzenie wysyłało do odbiornika wiadomość. Jeśli informacja była widoczna na urządzenie do, którego podłączony był odbiornik weryfikacja przebiegała pomyślnie. Poniższy uproszczony schemat przedstawia weryfikację połączenia.

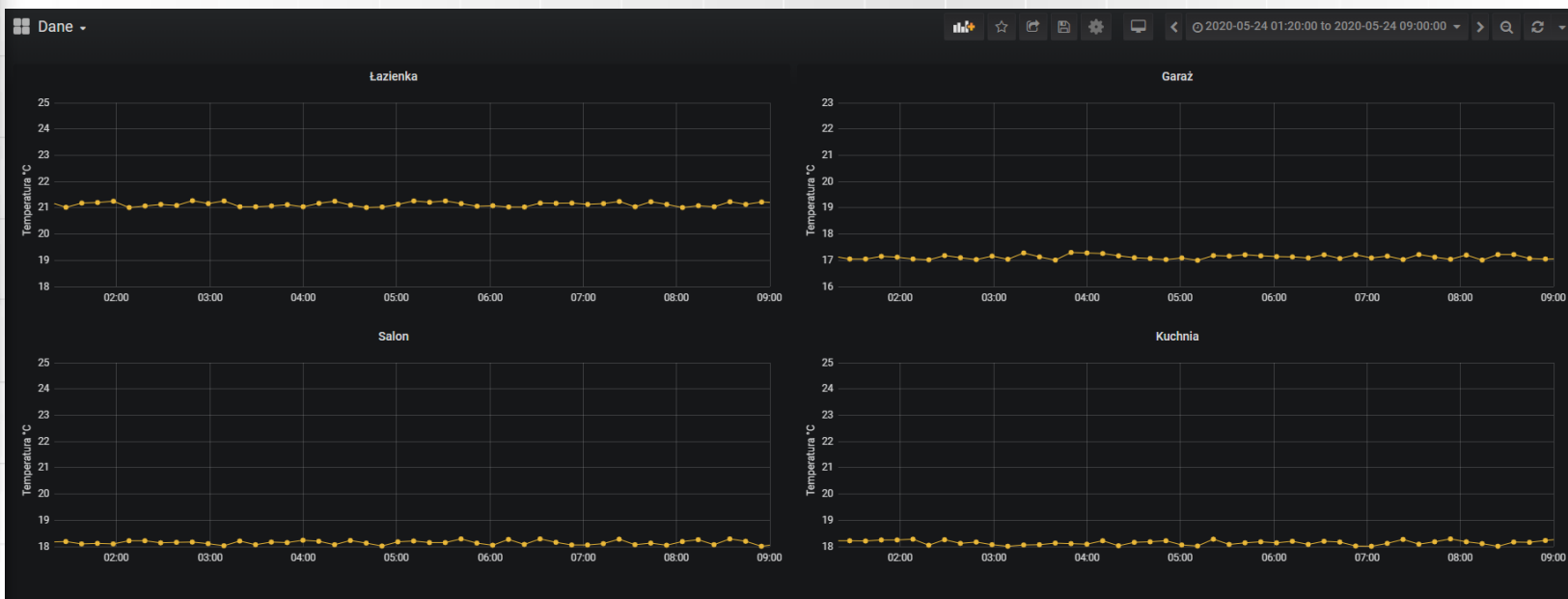




Politechnika  
Wrocławska

# System archiwizacji i wizualizacji danych

Praca posiada system archiwizacji i wizualizacji danych, służący do przechowywania i przedstawiania danych w sposób graficzny. Zebrane dane posłużyły do przeprowadzenia badań poprawności połączenia pomiędzy urządzeniami bezprzewodowymi. Do archiwizacji danych wykorzystano bazy danych InfluxDB, wizualizacja danych odbywa się w programie Grafana.

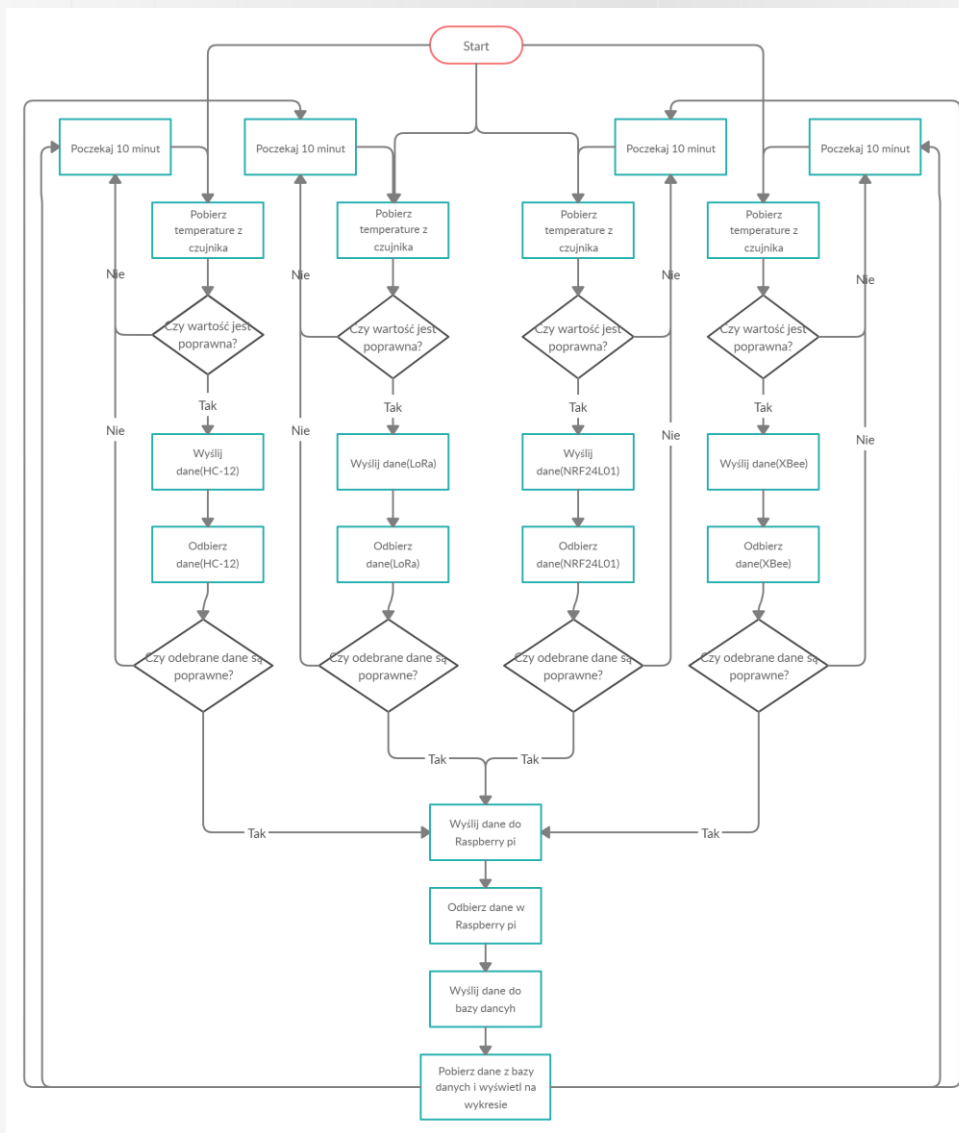


HR EXCELLENCE IN RESEARCH



# Maszyna stanów wielosystemowej platformy czujnikowo komunikacyjnej

Sporządzona została maszyna stanów opisująca przepływ informacji podczas działania platformy edukacyjnej.

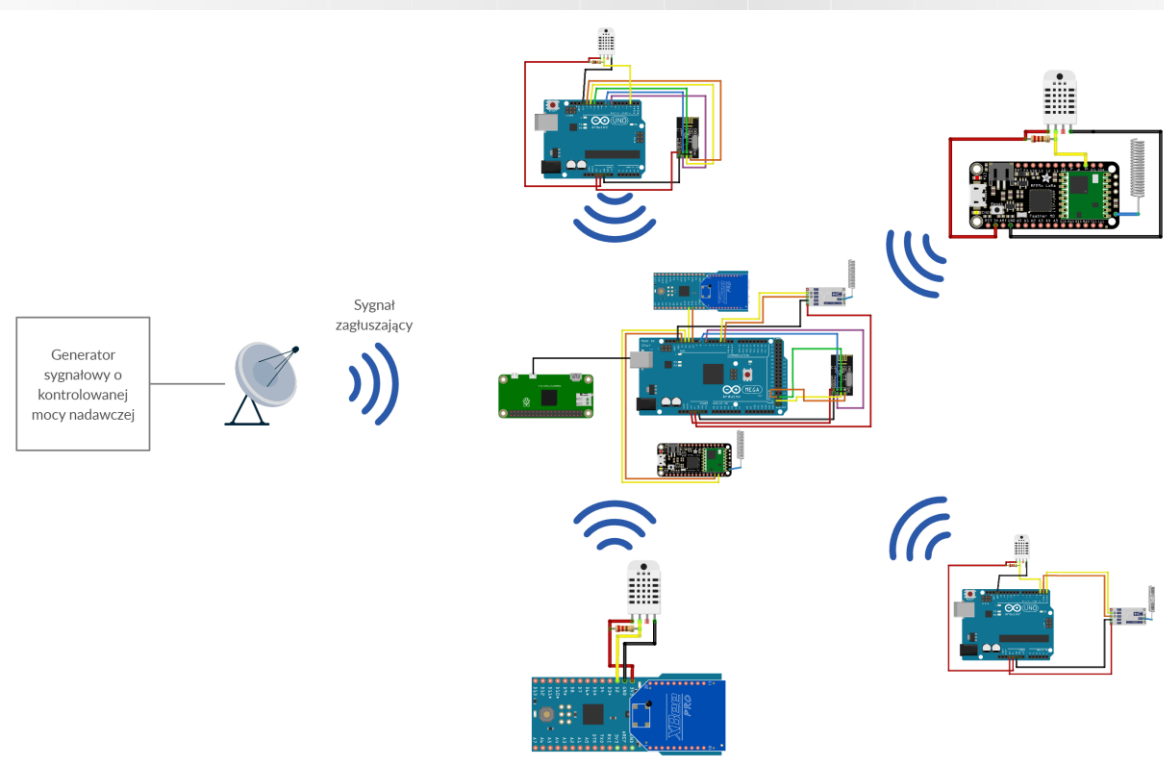




Politechnika  
Wrocławska

# Badanie odporności na zakłócenia

Praca dyplomowa zakłada przeprowadzenie badań odporności systemów bezprzewodowych użytych w projekcie. W tym celu stworzony zostanie scenariusz testowy, w którym moduły odbierające sygnał zagłuszane będą za pomocą generatora sygnałów o kontrolowanej mocy nadawczej.



W stronę odbiorników wysyłany będzie sygnał o odpowiedniej mocy oraz częstotliwości i zbadany zostanie poziom zagłuszeń, przy którym dany system nie będzie w stanie odebrać wiadomości.



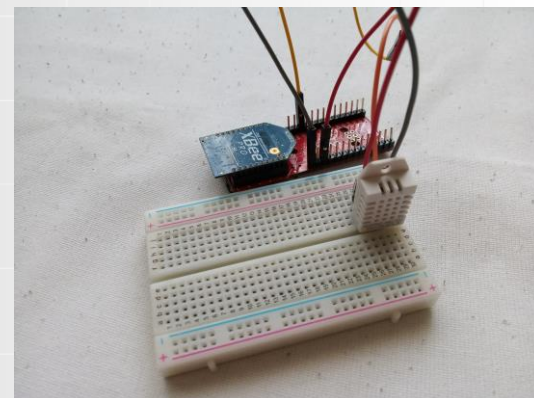
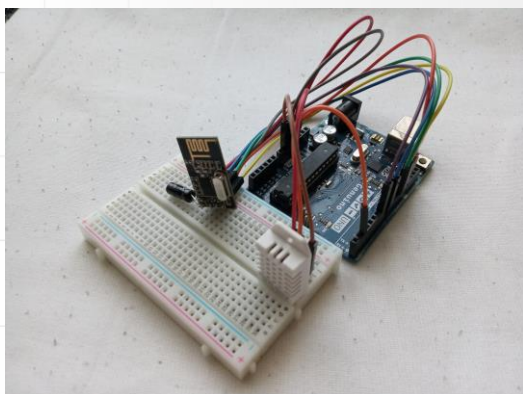
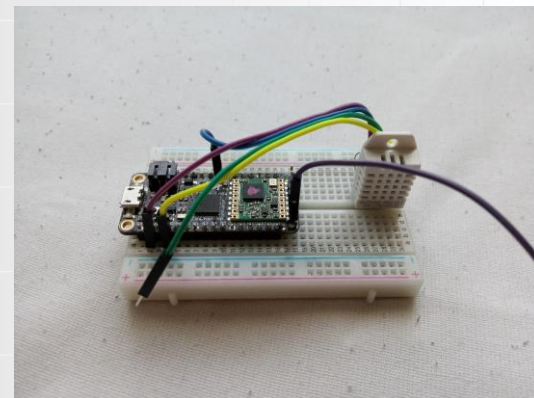
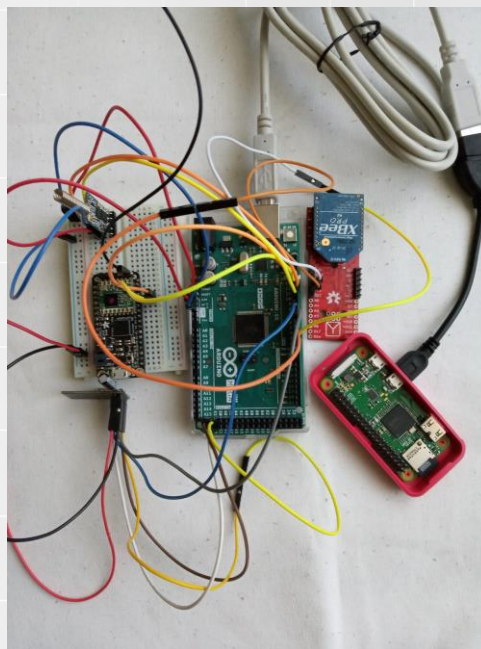
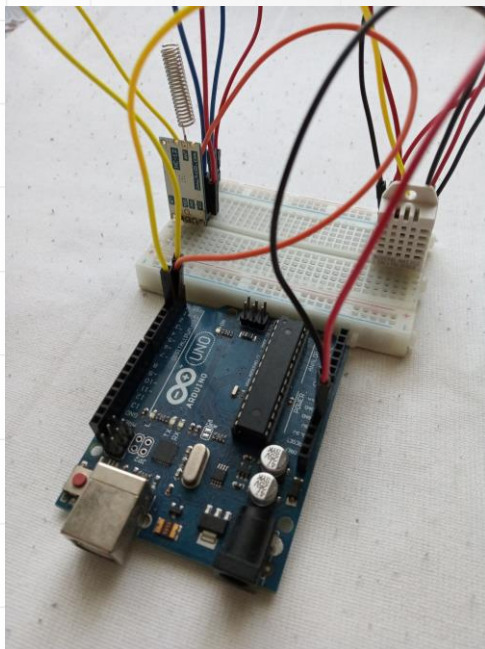
HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika  
Wrocławska

# Koncepcja ćwiczeń laboratoryjnych

Ostatnim etapem pracy będzie sporządzenie koncepcji ćwiczeń laboratoryjnych z wykorzystaniem skonstruowanej platformy.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH





# Bibliografia

- [1] "HC-12 Wireless Serial Port Communication Module User Manual", <https://www.elecrow.com/download/HC-12.pdf> [ostatni dostęp: 27.05.2020]
- [2] "LoRa RFM96W transceiver module description", [https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca\\_magisterska/blob/master/dokumentacje/RFM96W-V2.0.pdf](https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/RFM96W-V2.0.pdf) [ostatni dostęp: 21.05.2020r.]
- [3] "XBee Pro S1 User Manual", [https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca\\_magisterska/blob/master/dokumentacje/Xbee\\_user\\_manual.pdf](https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/Xbee_user_manual.pdf) [ostatni dostęp: 21.05.2020r.]
- [4] "NRF24L01 Transceiver Product Specification", [https://download.kamami.pl/p231723-nRF24L01P\\_Product\\_Specification\\_1\\_0.pdf](https://download.kamami.pl/p231723-nRF24L01P_Product_Specification_1_0.pdf) [ostatni dostęp 15.05.2020r.]
- [5] "DHT22 sensor documentation", <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/Digital+humidity+and+temperature+sensor+AM2302.pdf> [ostatni dostęp: 21.05.2020r.]
- [6] Strona producenta Arduino uno i Arduino mega, <https://www.arduino.cc/>