



Politechnika Śląska
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki
Kierunek Teleinformatyka

Projekt Inżynierski

Domowy detektor gazu z modułem WiFi

Autor: Krzysztof Kornalewski

Kierujący pracą: dr inż. Jerzy Fiołka

Styczeń 2020, Gliwice

Spis treści

1.	Wprowadzenie	03
2.	Cele i zakres projektu	04
3.	Tlenek węgla	04
3.1.	Zagrożenie dla życia	05
4.	Czujnik	05
4.1.	Czujniki gazów	05
4.1.1.	Czujnik elektrochemiczny	06
4.1.2.	Czujnik półprzewodnikowy	06
4.1.3.	Czujnik podczerwieni	07
4.1.4.	Czujnik ultradźwiękowy	07
4.1.5.	Czujnik płomienia	07
4.1.6.	Czujnik katalityczny	08
4.2.	Wybór czujnika	08
5.	Technologie bezprzewodowe	09
5.1.	Wi-Fi	09
5.2.	Bluetooth	10
5.2.1.	Architektura systemu - piconet oraz scatternet	11
5.3.	MQTT	12
5.3.1.	Broker MQTT	12
5.3.2.	Działanie MQTT	13
6.	Konstrukcja urządzenia	13
6.1.	Moduł WiFi ESP8266-12 + NodeMCU v3	14
6.2.	MQ-7	15
6.3.	HC-05	17
6.4.	Schemat ideowy	18
7.	Oprogramowanie	19
7.1.	Konfiguracja Arduino IDE do współpracy z ESP8266 NodeMCU	19
7.2.	Konfiguracja czujnika gazu	21
7.3.	Konfiguracja Bluetooth	24
7.4.	Ustawienie połączenia z WiFi	25
7.5.	Konfiguracja MQTT	26
8.	Weryfikacja działania	29
9.	Podsumowanie i wnioski	30
10.	Bibliografia	31

1. Wprowadzenie

Obecny poziom technologii elektronicznej pozwala nam cieszyć się użytkowaniem w warunkach domowych urządzeń, które jeszcze niedawno wymagały znacznych nakładów finansowych. Dzięki niesamowitej miniaturyzacji sprzętu elektronicznego oraz wciąż zmniejszających się kosztów produkcji, pojęcia takie jak mikroprocesor czy mikrokontroler stają się nieodzowną częścią naszej rzeczywistości. Ponadto ciągły rozwój technologii telekomunikacyjnych oraz zbliżenie ich do nauk informatycznych skutkuje rozwojem koncepcji internetu rzeczy (IoT), który pozwoli nam w przyszłości budować inteligentne domy a nawet całe miasta. Koncepcja ta zakłada stworzenie sieci jednoznacznie identyfikowalnych urządzeń, których zadaniem będzie zbieranie, przetwarzanie oraz wymiana danych między różnymi urządzeniami połączonymi ze sobą za pomocą inteligentnej instalacji elektrycznej, takiej jak KNX, albo za pomocą sieci komputerowej, bądź technologii bezprzewodowych. Internet rzeczy znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach, takich jak:

- Inteligentne domy i budynki;
- Inteligentne miasta;
- Inteligentne przedsiębiorstwa czy też przemysł;
- Inteligentne sieci zdrowia;
- Inteligentne systemy pomiarowe;
- Inteligentne systemy energetyczne;
- Monitorowanie środowiska oraz monitorowanie zagrożeń;

Dzięki tak rozległej sieci połączonych ze sobą urządzeń, będzie możliwy bardzo duży wzrost jakości naszego życia oraz naszego bezpieczeństwa. Dla przeciętnego użytkownika najbardziej ciekawym zastosowaniem tej koncepcji wydają się inteligentne domy oraz monitorowanie zdrowia. Są to rozwiązania, które ułatwią nam codzienne funkcjonowanie, a narzędzia które możemy użyć do administracji naszą siecią (np. smartfony) są powszechne w użyciu oraz łatwe w obsłudze. Niezwykle kusząca wydaje się możliwość monitorowania aktualnego stanu swojego domu oraz zdrowia swojego i swoich bliższych, szczególnie może to ułatwić opiekę nad osobami starszymi lub dotkniętymi pewną niepełnosprawnością. W tym celu zostanie zaprojektowany domowy detektor gazu tlenku węgla, dzięki któremu będzie można lepiej dbać o zdrowie, a nawet życie swoje i swoich bliskich.

2. Cele i zakres pracy

Celem pracy jest zaprojektowanie i zbudowanie domowego detektora gazu z użyciem modułu WiFi oraz modułu Bluetooth. Urządzenie będzie zapewniało nieprzerwaną kontrolę nad lokalnym stężeniem tlenku węgla (CO). Wszystkie pomiary będą przesyłane w czasie rzeczywistym na odpowiedni serwer, dzięki któremu będzie można na bieżąco, zdalnie monitorować stan powietrza w danym pomieszczeniu. Po wykryciu niebezpiecznego stężenia zostanie nadany ostrzegawczy sygnał dźwiękowy, mający na celu ostrzeżenie ludzi znajdujących się w danym pomieszczeniu, oraz będzie to też zaznaczone odpowiednio na serwerze. Moduł Bluetooth będzie wykorzystany do wstępnej konfiguracji urządzenia, takiej jak podanie SSID oraz hasła do WiFi.

3. Tlenek węgla

Tlenek węgla jest gazem bezbarwnym, bezwonny oraz nie posiada żadnego smaku oraz nie "gryzie w oczy", przez co jego detekcja metodą organoleptyczną przez człowieka jest niemożliwa [14]. Jest także nieco lżejszy od powietrza, przez co dobrze się z nim miesza. Związek ten ma silne właściwości toksyczne wynikające z faktu, że wchodzi on szybciej w reakcje z hemoglobina niż tlen, na skutek czego powstaje połączenie zwane karboksyhemoglobina, połączenie to jest trwalsze od oksyhemoglobiny, która jest skutkiem połączenia tlenu z hemoglobina. Tlenek węgla w porównaniu z tlenem może się łączyć z hemoglobina nawet 200 razy szybciej. Skutkiem tego jest niedotlenienie tkanek, co prowadzi do śmierci. Nawet wdychanie powietrza ze stężeniem objętościowym CO na poziomie około 0,16% (1600 ppm) może prowadzić do zgonu po godzinie wdychania. Takie niskie stężenie CO przy względnie krótkim wdychaniu może prowadzić do słabego bólu głowy oraz powolnego zapadania w śpiączkę, co przy dłuższym wdychaniu skutkuje śmiercią. Przy większych stężeniach, takich powyżej 0,32% (3200 ppm) objawy będą mocniejsze, w postaci silnego bólu głowy oraz wymiotów. Tlenek węgla (CO), potocznie zwany jest czadem. Jest to nieorganiczny związek chemiczny, w którym węgiel występuje w 2 stopniu utlenienia [15]. Czad powstaje w skutek spalania węgla oraz substancji zawierające węgiel przy niewystarczającym dostępie powietrza. Sytuacja taka może wystąpić jako skutek wadliwej wentylacji albo zbyt szczelnie zamkniętych okien. W warunkach domowych źródłem czadu może być nieszczelność instalacji gazowych, przewodów kominowych a także wentylacyjnych i kanałów nawiewnych. Ważnym źródłem czadu są także spaliny silników pojazdów mechanicznych, w których zawartość tlenku węgla może się wahać od 3 do 5% (50000 ppm) objętości co jest ilością niebezpieczną. Jednakże spaliny są mieszaniną gazów cięższych od powietrza co powoduje że znajdują się

najczęściej bardzo blisko podłoża. W tym wypadku zatrucia czadem występują najczęściej tylko w zamkniętych pomieszczeniach, takich jak garaże, warsztaty i parkingi podziemne.

3.1. Zagrożenie dla życia

Poziomy stężenia tlenku węgla i zagrożenie dla życia [16]:

- 50 ppm - Brak zagrożenia dla zdrowych osób dorosłych. Według amerykańskiej agencji rządowej OSHA (ang. *Occupational Safety and Health Administration*) zajmującej się zasadami BHP jest to maksymalne stężenie CO w miejscu pracy podczas ośmiogodzinnego dnia pracy.
- 200 ppm - Lekkie zawroty głowy i nudności od dwóch do trzech godzin.
- 400 ppm - Czołowy ból głowy trwający od jednej do dwóch godzin, po trzech godzinach zagrożenie życia.
- 800 ppm - Zawroty głowy oraz nudności i drgawki w ciągu 45 minut. Nieprzytomność w ciągu dwóch godzin. Śmierć w ciągu dwóch do trzech godzin.
- 1600 ppm - Ból głowy, zawroty głowy, nudności, senność w przeciągu 20 minut, śmierć w ciągu godziny.

4. Czujniki

Czujniki (sensory) są to urządzenia fizyczne lub narzędzia biologiczne, których zadaniem jest wychwytywanie, rozpoznawanie i rejestrowanie sygnałów z otaczającego środowiska. Dostarczane informacje mogą dotyczyć składu chemicznego lokalnego środowiska albo informacji o właściwościach fizycznych badanego układu [17].

4.1. Czujniki gazów

Detektor gazu jest urządzeniem umożliwiającym wykrycie jednego lub więcej rodzajów gazów w środowisku działania. Takie sensory znajdują szerokie zastosowanie w takich miejscach jak kopalnie, fabryki, laboratoria monitorowania jakości powietrza w miastach oraz nawet w gospodarstwach domowych. Czujniki takie mogą wykrywać różne rodzaje gazów, takie jak gazy łatwopalne, toksyczne albo zanieczyszczające powietrze.

Istnieje kilka typów detektorów gazów [18]:

- czujniki elektrochemiczne;
- czujniki półprzewodnikowe;
- czujniki podczerwieni;
- czujniki ultradźwiękowe;
- czujniki płomienia;
- czujniki katalityczne;

4.1.1. Czujnik elektrochemiczny

Ten rodzaj czujników używany jest często do detekcji toksycznych i łatwopalnych gazów. W obudowie zamknięte są elektrody, odseparowane elektrolitem, które są podłączone do zewnętrznego obwodu. Membrana oddziela czujnik od środowiska zewnętrznego, mając za zadanie przepuszczenie gazu do środka. Następnie zachodzi reakcja elektrochemiczna, której wynikiem jest wytworzenie małego prądu, proporcjonalnie do stężenia mierzonego gazu. Membrana jest także odpowiedzialna za regulowanie szybkości z jaką gaz przedostaje się do środka czujnika.

4.1.2. Czujnik półprzewodnikowy

Czujniki te opierają swoje działanie na zjawisku przewodności elektrycznej, w wyniku którego pod wpływem gazu dochodzi do jonizacji powierzchni półprzewodnika, co powoduje zmianę napięcia. Najczęściej jest to warstwa tlenku metalu np. GaO_3 , TiO_2 , SnO_2 naniesionego na płytkę krzemową. Czujniki tego typu nazywane są półprzewodnikowymi (ang. *Metal Oxide Semiconductor*). Stężenie mierzonego gazu oblicza się za pomocą sygnału elektrycznego, który jest zależny od zmian rezystancji tlenku naniesionego na płytkę. Zmiana rezystancji na płytce jest wynikiem wchłaniania mierzonego gazu przez warstwę tlenku, co w konsekwencji skutkuje zjawiskiem utleniania, co jest bezpośrednią przyczyną zmiany rezystancji. W celu przyspieszenia czasu reakcji oraz zniwelowania wpływu zmian temperatury zewnętrznej, stosuje się podgrzewanie czujnika do stałej temperatury.

4.1.3. Czujnik podczerwieni

Gazy wchodzą w reakcje z promieniowaniem optycznym, które składa się z trzech zakresów: ultrafiolet, światło widzialne oraz podczerwień. W zależności od długości fali światła, może ono być pochłaniane przez dany gaz. Zakresy częstotliwości absorpcji są cechą charakterystyczną i unikalną dla mierzonego gazu. Wykorzystywane są tutaj czujniki punktowe a także otwartej ścieżki (ang. *Open Path*). Stosuje się dwa niezależne źródła promieniowania podczerwonego o różnych częstotliwościach, gdzie jedna częstotliwość fali jest charakterystyczna dla mierzonego gazu a druga służy jako punkt odniesienia, ponieważ dla jej częstotliwości nie występuje wchłanianie podczerwieni przez lokalne gazy. Oba sygnały są odbierane przez mikroprocesor, po czym sygnały są kondycjonowane. W efekcie zostaje wytworzony proporcjonalny do stężenia gazu sygnał elektryczny.

4.1.4. Czujnik ultradźwiękowy

Czujniki tego rodzaju wykorzystują zakres fal akustycznych zwane ultradźwiękami, których źródłem jest uderzający się gaz z nieszczelnych instalacji gazowych. Czujniki te wykorzystują odpowiednio czuły mikrofon, który zbiera dochodzące do niego fale ultradźwiękowe a następnie zamienia je na proporcjonalny sygnał elektryczny. Czujniki te zasadą działania przypominają pracę sonaru. Dużą zaletą tych czujników jest brak potrzeby czekania na nagromadzenie się stężenia potencjalnie niebezpiecznego gazu, są też odporne na różne warunki atmosferyczne, mogące wpłynąć na kierunek rozchodzenia się gazu.

4.1.5. Czujnik płomienia

Czujnik ten, będący swego rodzajem zabezpieczeniem, stosowany jest w układach ciepłowniczych do nadzoru płomienia. Elementy te wykorzystują różne metody detekcji optycznej do których zalicza się spektroskopia ultrafioletowa oraz podczerwieni. Płomień jest wynikiem spalania gazu, w którym zachodzi reakcja rozkładu i spalania. Paliwem w płomieniu jest gaz. Podczas spalania emitowane są wszystkie trzy zakresy światła, czyli ultrafiolet, światło widzialne i podczerwień. Czujniki te są wykorzystywane do detekcji emisji światła o charakterystycznej częstotliwości fali światła. Czujnik płomienia w przeciwieństwie do czujnika podczerwieni nie wykrywa zjawiska absorpcji promieniowania podczerwonego a zamiast tego wykrywa jego emisję. Przez to, że wykrywają emisję o specyficznej częstotliwości, możliwe jest zapobieganie fałszywym alarmom.

4.1.6. Czujnik katalityczny

Pomiar w tym czujniku polega na katalitycznym utlenianiu gazu, ewentualnie jego oparów do osiągnięcia dolnej granicy wybuchowości gazu. Temperatura pracy waha się zazwyczaj od 450°C do 550°C. Czujnik składa się z dwóch elementów, są nimi kompensator oraz detektor. Detektor zawiera zwój drutu, najczęściej stosowanym rodzajem jest drut platynowy oraz zawiera on powłokę katalityczną, która będzie reagować z gazem. Kompensator różni się od detektora brakiem powłoki katalizującej na drucie. Zadaniem kompensatora jest niwelacja czynników zewnętrznych, które mają wpływ na oba elementy. Detektor oraz kompensator są elementami mostka pomiarowego. Utlenianie gazu zachodzi wyłącznie na elemencie detektora. Wskutek wzrostu temperatury zwiększa się rezystancja czujnika, w skutek czego wytwarzany jest proporcjonalny do stężenia gazu sygnał elektryczny. Najczęściej odbywa się na drodze niezrównoważenia układu mostka Wheatstona. Spalanie gazu powoduje zużycie badanej próbki, przez co niezbędne jest ich częsta wymiana. Czujniki te mogą działać poprawnie jeżeli zapewni się im odpowiednie stężenie tlenu (minimum 10%). Jeśli w badanym środowisku stężenie tlenu jest zbyt niskie, wskazania przyrządu pomiarowego będą poniżej dolnej granicy wybuchowości. Czujniki takie będą się najlepiej sprawdzać w wykrywaniu mieszanin gazowo-powietrznych.

4.2. Wybór czujnika

Aktualnie na rynku mamy ogromny wybór różnych czujników gazów, które różnią się między sobą ceną, dokładnością pomiaru oraz metodą działania. Cena jaką należy zapłacić za czujnik gazu mocno zależy od tego w jakim celu i w jakim środowisku chcemy go wykorzystać. Najprostsze czujniki można znaleźć już za około 10 zł a najbardziej zaawansowane mogą sięgać cenowo nawet do 800 zł. Do zastosowania domowego dobrym wyborem są czujniki z niższej półki cenowej, taki jak bardzo popularny czujnik MQ-2 [4]. Jest to czujnik, który możemy kupić za około 15 zł. Pomimo tak niskiej ceny pozwala on nam na pomiar stężenia takich gazów jak tlenek węgla (CO), wodór (H₂), LPG, metan (CH₄) oraz opary alkoholu. Jeśli jednak głównym celem jest pomiar stężenia tlenku węgla (CO) to lepszym wyborem może się okazać model MQ-7, jest on lepszy ponieważ pomiar dokładny stężenia w jednostce ppm jest możliwy w zakresie 20-2000 ppm, kiedy dla MQ-2 zakres ten wynosi 300-10000 ppm. Zakres MQ-7 jest lepiej dopasowany niż MQ-2, ponieważ już bardzo niewielkie stężenia tlenku węgla mogą wpłynąć negatywnie na stan zdrowia lub nawet zagrazić życiu osób przebywających w lokalnym środowisku. Jednak jeśli zobaczymy że poważne zagrożenie życia występuje dopiero przy stężeniu około 400 ppm to moduł MQ-2 także może się sprawdzić jako czujnik w systemie alarmowym. Jeśli jednak ważniejsze niż wykrywanie tlenku węgla byłoby

wykrywanie gazów łatwopalnych, takich jak LPG czujnik MQ-2 jest wtedy lepszym wyborem. Czujniki z rodziny MQ są czujnikami półprzewodnikowymi. W skład tej rodziny wchodzi bardzo wiele czujników, które charakteryzują się różną dokładnością oraz różnym napięciem na grzałce czujnika, potrzebnym do poprawnej detekcji. Wybór gazu jaki będzie mierzony przez czujnik, dokonuje się na poziomie kodu programu, w mikrokontrolerze, który ten czujnik obsługuje. Dokonuje się tego na podstawie dokumentacji dostarczonej przez producenta. Ważne jest żeby pamiętać, że czujniki z rodziny MQ są w stanie mierzyć stężenie tylko jednego wybranego gazu.

5. Technologie bezprzewodowe

5.1. Wi-Fi

Jest to zbiór rodziny standardów IEEE 802.11, które opisują warstwę fizyczną i podwarstwę MAC bezprzewodowych sieci lokalnych LAN (ang. *Local Area Network*) oraz rozległych sieci WAN (ang. *Wide Area Network*) opartych na łączności radiowej [5][6][7]. Produkty przystosowane do działania w tej sieci są opatrzone odpowiednim logiem, która zapewnia o zdolności urządzenia do współpracy z innymi urządzeniami, wykorzystującymi tą technologię. Organizacją odpowiedzialną za dbanie o kompatybilność i wzajemną zgodność urządzeń jest stowarzyszenie przemysłowe Wi-Fi Alliance, którego własnością jest też znak towarowy Wi-Fi oraz logo Wi-Fi CERTIFIED. Technologia ta działa na dwóch pasmach 2,4GHz oraz 5GHz. Pasmo 2,4GHz zalicza się do przedziału fal radiowych UHF (ang. *Ultra High Frequency*), jest to pasmo radiowe o częstotliwości od 300 MHz do 3 GHz oraz długości fali od 100-10 cm, częstotliwość 2.4 GHz posiada długość 12 cm. Pasmo 5 GHz zalicz się natomiast do przedziału fal radiowych SHF (ang. *Super High Frequency*) w tym przedziale występują fale radiowe od 3-30GHz i długości 100-10 mm, częstotliwość 5 GHz posiada długość 6 cm. Pasma 2.4GHz i 5GHz nie podlegają koncesjonowaniu, przez co instalacja sieci tego typu nie wymaga żadnych wcześniejszych licencji ani zezwoleń. Technologia Wi-Fi pozwala uzyskać w popularnym standardzie 802.11ac transfer do 1Gb/s, a jego następca standard 802.11ax pozwala na transfer do 10Gb/s. Pasmo radiowe, w którym działa Wi-Fi cechuje się relatywnie wysoką tłumiennością przez co utrudnienia, takie jak: ściany, okna znajdujące się na co dzień w naszym otoczeniu, wpływają w znacznym stopniu na propagację fali, przez co zmniejsza się znacząco zasięg sieci oraz jej prędkość. Dlatego najlepszy transfer można osiągnąć jeśli nadajnik i odbiornik znajdują się w zasięgu wzroku względem siebie nawzajem. Jednakże ograniczenie zasięgu może pomóc w minimalizacji interferencji z innymi sieciami w zatłoczonym środowisku elektromagnetycznym. W początkowych wersjach standardu były wykorzystywane metody modulacji DSSS (ang. *Direct Sequence Spread Spectrum*) oraz FHSS (ang.

Frequency Hopping Spread Spectrum). Jednak w najnowszych wersjach standardu wykorzystuje się modulację OFDM (ang. *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*). Wykorzystuje się tu połączenie typu półdupleks, polegające na tym że naprzemiennie odbywa się przesyłanie i odbieranie informacji. W celu uniknięcia kolizji na łączu i śledzenia nośnika stosuje się protokół wielodostępu CSMA/CA (ang. *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). Od standardu 802.11n jest też możliwe wykorzystywanie transmisji wieloantenowej MIMO (ang. *Multiple Input, Multiple Output*), który pozwala na zwiększenie przepustowości sieci bezprzewodowej. Połączenia w sieci Wi-Fi można zrealizować na dwa sposoby. Pierwszym z nich i najpopularniejszym jest sieć scentralizowana, w której wiele hostów komunikuje się ze sobą nawzajem za pomocą urządzeń nadrzędnych, które wykonują pracę punktu dostępowego AP (ang. *Access Point*), może nim być np. router. Routery są to urządzenia sieciowe pracujące w trzeciej warstwie modelu OSI. Jest on w stanie przekazać pakiety danych od nadawcy do odbiorcy na podstawie informacji zawartych w pakietach TCP/IP. Potrafi on nie tylko przekazywać informacje między hostami znajdującymi się w jednej sieci ale też między hostami znajdującymi się w różnych sieciach. Proces zarządzania ruchem nosi nazwę trasowania. Drugim sposobem nawiązania połączenia między dwoma hostami jest technologia Wi-Fi Direct w której komunikacja zachodzi za pomocą połączenia ad-hoc. W celu wykonania takiego połączenia między dwoma urządzeniami, wymagane jest aby jedno z nich posiadało certyfikowaną kartę Wi-Fi direct, pozostałe urządzenia mogą posiadać karty w zwykłym standardzie Wi-Fi. W takim połączeniu urządzenia wykonują funkcję zarówno terminala końcowego, jak i też punktu dostępowego. Na potrzeby projektu zostanie wykorzystanie połączenie za pomocą punktu dostępu jakim jest lokalny router, w celu uzyskania stałego połączenia z siecią globalną .

5.2. Bluetooth

Bluetooth jest technologią komunikacji bezprzewodowej krótkiego zasięgu pomiędzy różnymi urządzeniami elektronicznymi, opisaną w standardzie IEEE 802.15.1 [8][9]. Został on stworzony z myślą o tworzeniu tanich połączeń typu ad-hoc, dzięki któremu możliwa jest integracja sprzętu cyfrowego w najbliższym otoczeniu. Jest on zarządzany i rozwijany przez Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG). Standard ten korzysta z fal radiowych w paśmie częstotliwości ISM (ang. *Industrial, Scientific, Medical*) 2,4GHz. Może on pracować w jednej z trzech klas mocy nadawczej ERP (ang. *Effective Radiated Power*).

- Klasa 1 - 100 mW - zasięg 100m;
- Klasa 2 - 2,5 mW - zasięg 10 m;
- Klasa 3 - 1 mW - zasięg 1m;

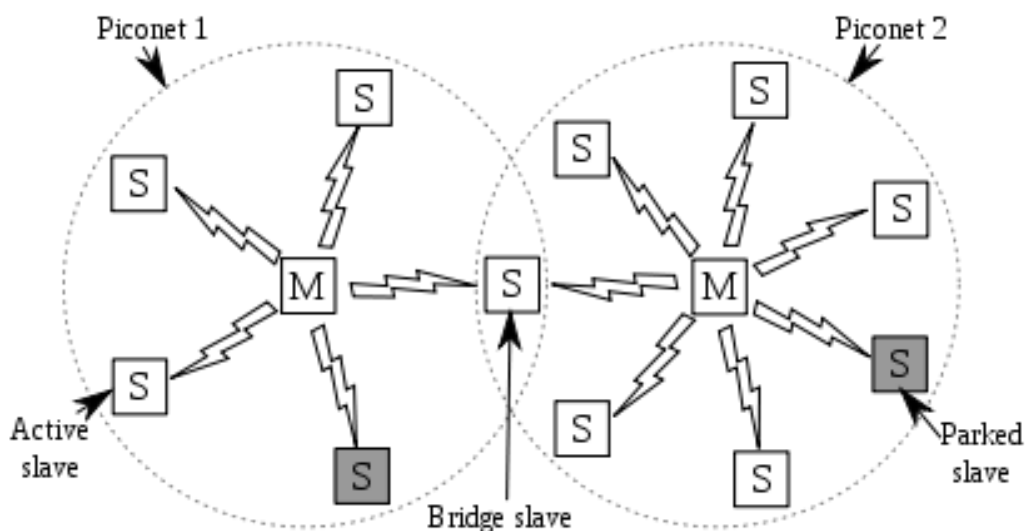
Wersje standardu i przepustowości:

- Bluetooth 1.0 –21 kb/s;
- Bluetooth 1.1 –124 kb/s;
- Bluetooth 1.2 –328 kb/s;
- Bluetooth 2.0 + EDR –wprowadzenie EDR (ang. Enhanced Data Rate); zwiększyło transfer teoretyczny do 2,1 Mb/s;
- Bluetooth 3.0 + HS (ang. High Speed) –24 Mb/s (3 MB/s);
- Bluetooth 3.1 + HS (ang. High Speed) –40 Mb/s (5 MB/s);
- Bluetooth 4.0 + LE (ang. Low Energy) –1 Mb/s;

W wersji Bluetooth 4.0 + LE znacząco ograniczono pobór mocy, kosztem obniżonego transferu, oraz zwiększono realny zasięg działania do 100m.

5.2.1. Architektura systemu - piconet oraz scatternet

Podstawową jednostką standardu Bluetooth jest pikosieć (ang. *Piconet*). Sieć ta zawiera jeden węzeł typu master oraz do 7 węzłów typu slave. W takim połączeniu wszystkie węzły typu slave są w 100% podporządkowane węzłowi typu master. W pikosieci może pracować do 255 węzłów “zaparkowanych”, urządzenia te są synchronizowane z węzłem master, jednak nie uczestniczą w wymianie danych, mogą jednak otrzymywać sygnał aktywacyjny i nawigacyjny od węzła typu master. W czasie swojego wyczekiwania znajdują się one w trybie niskiego poboru mocy. Istnieją dwa przejściowe stany hold oraz sniff (czuwanie). Pikosieć jest scentralizowanym systemem TDM (ang. *Time-division Multiplexing*), urządzenie master kontroluje zegar oraz mówi które urządzenia i w którym słocie czasowym (szczelina czasowa) będą się ze sobą komunikować. Wymiana danych zawsze następuje w relacji master-slave, relacja slave-slave jest niemożliwa. Pikosieci mogą być połączone przy pomocy węzła typu bridge, w takim wypadku powstaje scatternet, co pokazano na rys.1 [8].



Rys.1 Połączenie modułów Bluetooth [8]

Technologia Bluetooth została wykorzystana w projekcie w celu konfiguracji połączenia WiFi w wykorzystywanym przez nas mikrokontrolerze.

5.3. MQTT

MQTT (ang. *Message Queuing Telemetry Transport*) jest protokołem transmisji danych, dedykowanym do transmisji danych dla urządzeń nie potrzebujących dużej przepustowości na łączu. Charakteryzuje się on wykorzystaniem mechanizmu publikacji/subskrypcji w przekazywaniu danych między podłączonymi do niego urządzeniami. Protokół ten znalazł szerokie zastosowanie przy tworzeniu “inteligentnych domów” z racji na niskie zapotrzebowanie energii oraz na łatwość łączenia poszczególnych sensorów z głównym serwerem oraz ich monitoring za pomocą dedykowanych do tego aplikacji. W niniejszej pracy został wykorzystany on w celu bezprzewodowego przesyłania danych z czujnika oraz do monitorowania środowiska w czasie rzeczywistym [10].

5.3.1. Broker MQTT

Broker stosowany jest wszędzie tam gdzie zachodzi potrzeba przesyłania danych do wielu klientów jednocześnie, nie znając ich adresu IP [11][12]. Pełni on rolę prostego serwera, z którym łączą się klienci, aby następnie przez niego publikować swoje informacje oraz odbierać informacje przesłane przez innych użytkowników. Serwer MQTT można z powodzeniem zaimplementować na urządzeniach, w tym np. Raspberry Pi. Istnieje też wiele alternatywnych rozwiązań rozwiązań, które eliminują potrzebę tworzenia fizycznego serwera.

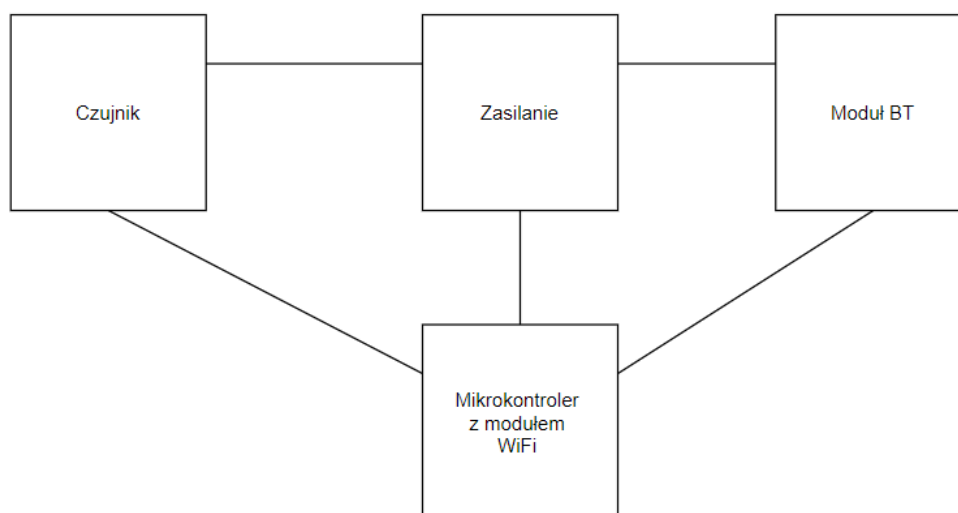
Najpopularniejszymi rozwiązaniami są: RabbitMQ, Mosquitto, HiveMQ, VerneMQ, IBM MessageSight.

5.3.2. Działanie MQTT

Jeśli jeden klient chce przesłać innemu klientowi pewne dane oboje muszą się połączyć z tym samym brokerem MQTT [10][11][12]. W celu przesłania odpowiednich danych na serwer czyli publikacji, nadawca musi utworzyć temat na który będzie przysyłał dane. Taki temat następnie może być subskrybowany przez innych klientów, którzy będą widzieli przesłane dane. Tematy działają w obie strony, więc aktualny odbiorca sam może się stać nadawcą.

6. Konstrukcja urządzenia

Na rysunku został przedstawiony schemat blokowy układu.



Rys. 2 Schemat blokowy układu

Mając na celu jak największą miniaturyzację układu zdecydowano się na moduł WiFi zintegrowany z mikrokontrolerem. Pozwoli to na redukcję dużej ilości połączeń, które musiałyby zostać wykonane jeśli zdecydowałbym się na oddzielne umieszczenie modułu WiFi. Zasilanie wszystkich modułów jest poprowadzone osobną ścieżką do każdego modułu, istnieje też możliwość podłączenia zasilania do mikrokontrolera, następnie za pomocą jego wyprowadzeń zasilić pozostałe moduły. Niesie to jednak ze sobą duży koszt użycia przetwornic zwiększających napięcie, które jest dostępne na wyprowadzeniu mikrokontrolera a może być za małe by zasilić dany moduł.

6.1. Moduł WiFi ESP8266-12 + NodeMCU v3

ESP8266 jest mikrokontrolerem posiadającym wbudowany moduł WiFi ESP8266-12 [1]. ESP8266t tanim modułem WiFi produkowanym przez Espressif Systems. Znajduje on szerokie zastosowanie w wielu projektach typu IoT z powodu łatwej i taniej implementacji połączenia bezprzewodowego. ESP8266-12 został wyposażony w kartę sieciową WiFi pracującą w standardzie IEEE 802.11 b/g/n. Jest przystosowany do działania w sieciach otwartych oraz zabezpieczonych standardem WEP lub WPA/WPA2. Dostęp do tego układu możemy mieć za pomocą specjalnych narzędzi programistycznych SDK (ang. *Software Development Kit*). Najpopularniejszym z nich jest Arduino IDE, którego można używać po wcześniejszym go przygotowaniu. Dużym plusem tego środowiska jest przejrzysty interfejs oraz możliwość programowania w takich językach jak C/C++. Oryginalnym SDK dla niego jest platforma NodeMCU, w której językiem programowania jest język skryptowy LUA. Trzecią drogą komunikacji z tym modułem są komendy AT. Moduły ESP można dostać już w cenie 2\$ na portalu Ali Express, oraz około 20/30 zł na polskim portalu Botland.

Podstawowe parametry układów ESP8266:

- 32-bitowy procesor RISC taktowany zegarem 80MHz;
- 64 KB RAM na program;
- 96 KB RAM na dane;
- 512 KB do 4 MB FLASH na firmware;
- do 16 linii cyfrowych we/wy;
- jedno 10-bitowe wejście ADC;
- obsługa SPI, I2C, I2S, UART;
- zasilanie 3V3;
- pobór mocy w stanie spoczynku - ok. 10uA;
- WiFi 802.11 b/g/n;
- częstotliwość pracy 2,4 GHz;
- wspiera zabezpieczenia WPA / WPA2;
- może pracować w trybie AP (Access Point), STA (standalone) oraz AP+STA;
- wsparcie dla komend AT;

Wybierając ten mikrokontroler ważną rzeczą było posiadanie przez niego wbudowanego modułu WiFi, oraz posiadanie wyprowadzeń cyfrowych a także analogowych.

6.2. MQ-7

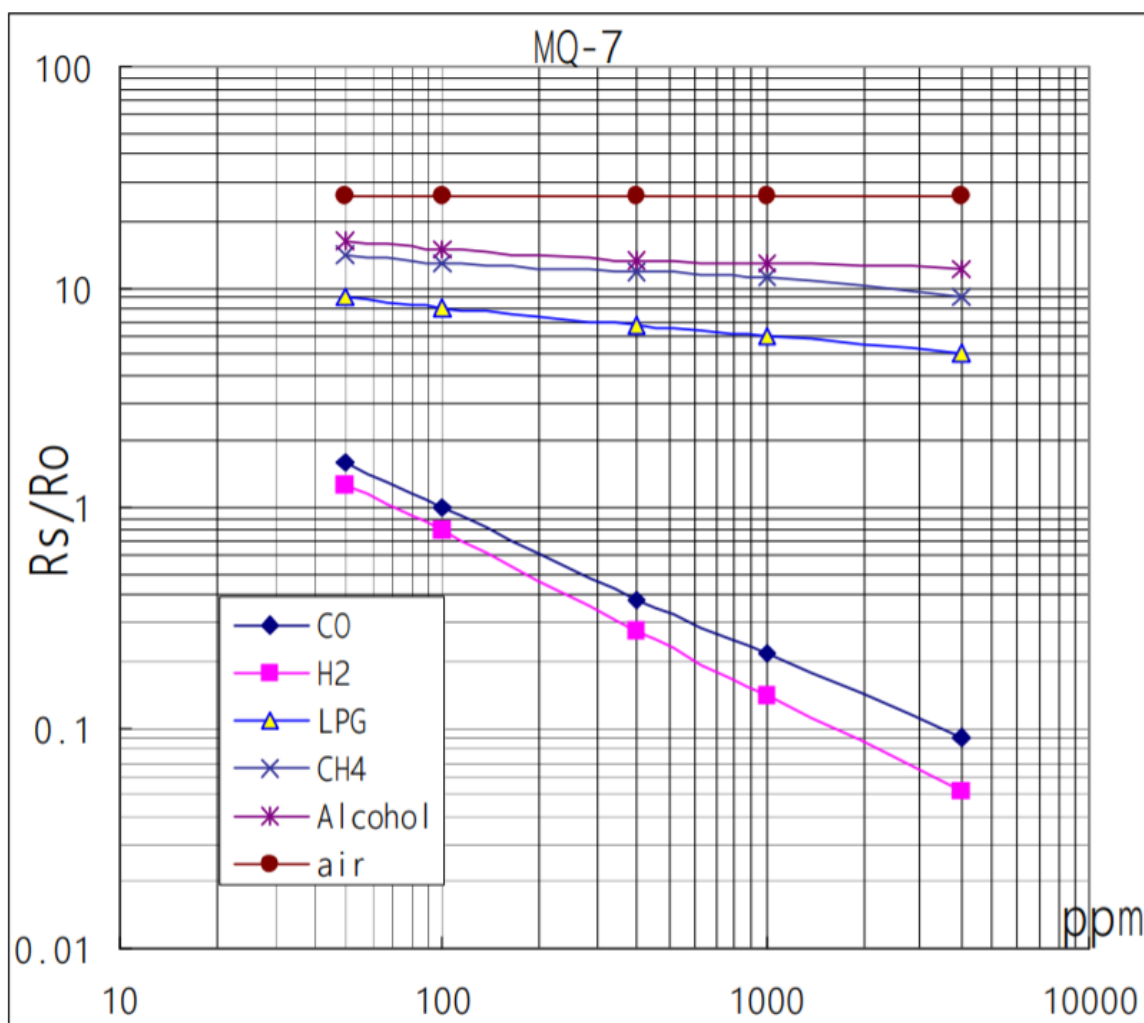
Czujnik MQ - 7 charakteryzuje się spośród innych typów czujników MQ najlepszym poziomem detekcji małych stężeń tlenku węgla, oraz wciąż niską co jest jego największym atutem [3].

Dane techniczne:

- Czujnik typu półprzewodnikowego;
- Pomiar stężenia 20-10000 ppm;
- V_C napięcie wejściowe: <10V;
- V_H napięcie na grzałce: 5V;
- T_L czas nagrzewania grzałki: 60 s;
- R_L oporność ładowania: 10 K Ω ;
- P_H moc na grzałce: <350mW;
- R_S oporność mierzonego gazu;

Czujnik funkcjonuje w temperaturze od - 20°C do 50°C oraz z minimalnym stężeniem O_2 na poziomie 2%. Przed pierwszym użyciem czujnik powinien zostać włączony na 48h w celu uzyskania poprawnych danych wyjściowych, czynność tę wystarczy wykonać tylko raz.

Charakterystykę pomiarową czujnika MQ-7 pokazano na rys.3



Rys.3 Charakterystyka pomiarowa czujnika MQ-7

$R_s/R_o = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$ - unormowana wartość napięcia wyjściowego;

V_c - napięcie doprowadzone do czujnika;

V_{RL} - napięcie odczytane przez czujnik;

6.3. HC-05

Moduł bluetooth HC-05 z adapterem do płytki stykowej jest jednym z popularniejszych i tańszych modułów bluetooth dostępnych na rynku [2].

Domyślne ustawienia fabryczne modułu:

- Prędkość: 9600 bodów;
- Nazwa HC-05;
- PIN: 1234;
- Tryb pracy: slave;

Specyfikacja techniczna:

- Napięcie zasilania: 3,6 V do 6 V podłączane do VCC
- Wyprowadzenia pracują z napięciem 3,3 V
- Pobór prądu: ok. 50 mA
- Klasa 2 - moc nadajnika maks. + 4 dBm
- Zasięg: do 10 m
- Hasło do parowania: 1234
- Standard: Bluetooth 2.0 + EDR
- Profil SPP z możliwością ustawień poprzez komendy AT
- Komunikacja: UART (RX, TX)
- Małe wymiary: 37 x 16 mm

Powyższe ustawienia fabryczne można zmienić za pomocą komend AT. Do komunikacji z modułem HC-05 wykorzystany został telefon z systemem operacyjnym Android z zainstalowaną aplikacją Serial Bluetooth Terminal. Warto zaznaczyć, że wersje układu HC-x mogą być parzyste (np. HC-4, HC-6) lub nieparzyste (np. HC-3, HC-5). Trzeba pamiętać przy wyborze odpowiedniego modułu że wersje z numerem parzystym mogą pracować w trybie master (może inicjować połączenie) albo mogą pracować w trybie slave. Te role są nadawane im przez producenta i nie można ich zmieniać. Najczęściej występują one w trybie slave. Natomiast HC z numerem nieparzystym są w pełni konfigurowalne i można przełączać ich tryb za pomocą komend AT.

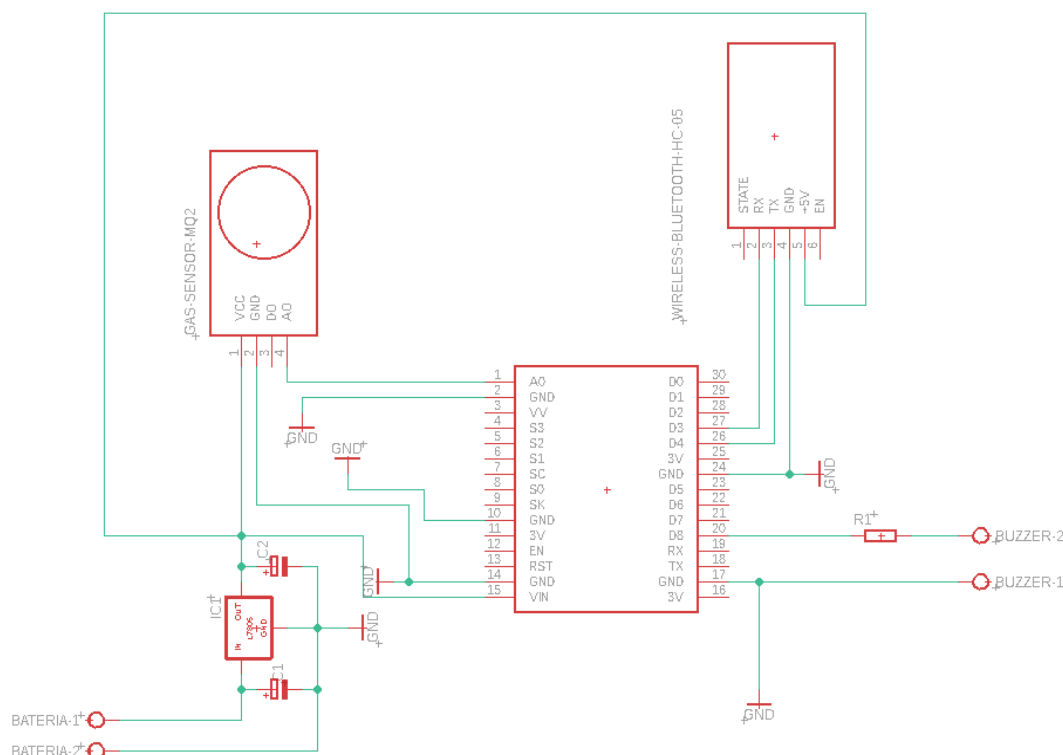
6.4 Schemat ideowy

Na rys.4 przedstawiono schemat ideowy układu. Do zasilania wykorzystano:

- Koszyk na 6 baterii AA - wykorzystywany jest jako źródło zasilania dla układu, napięcie wyjściowe to 9V.
- Stabilizator L7805CV - zapewnia stabilne napięcia 5V z koszyka bateryjnego, którym jest zasilany układ ESP oraz czujnik gazu, moduł bluetooth i buzzer [19].
- Kondensatory elektrolityczne 2x 4.7uF - wartość dobrana na podstawie noty katalogowej, zapewnia wygładzenie napięcia wejściowego oraz wyjściowego[19].

Wykorzystano także rezystor chroniący wyprowadzenie cyfrowe, do którego jest podłączony buzzer, $I_{\max \text{ buzzer}}$ pochodzi z noty katalogowej[20].

$$I_{max\ buzzer} = 10mA$$
$$R = \frac{3.3V}{10mA} = 330\Omega$$



Rys.4 Schemat układu

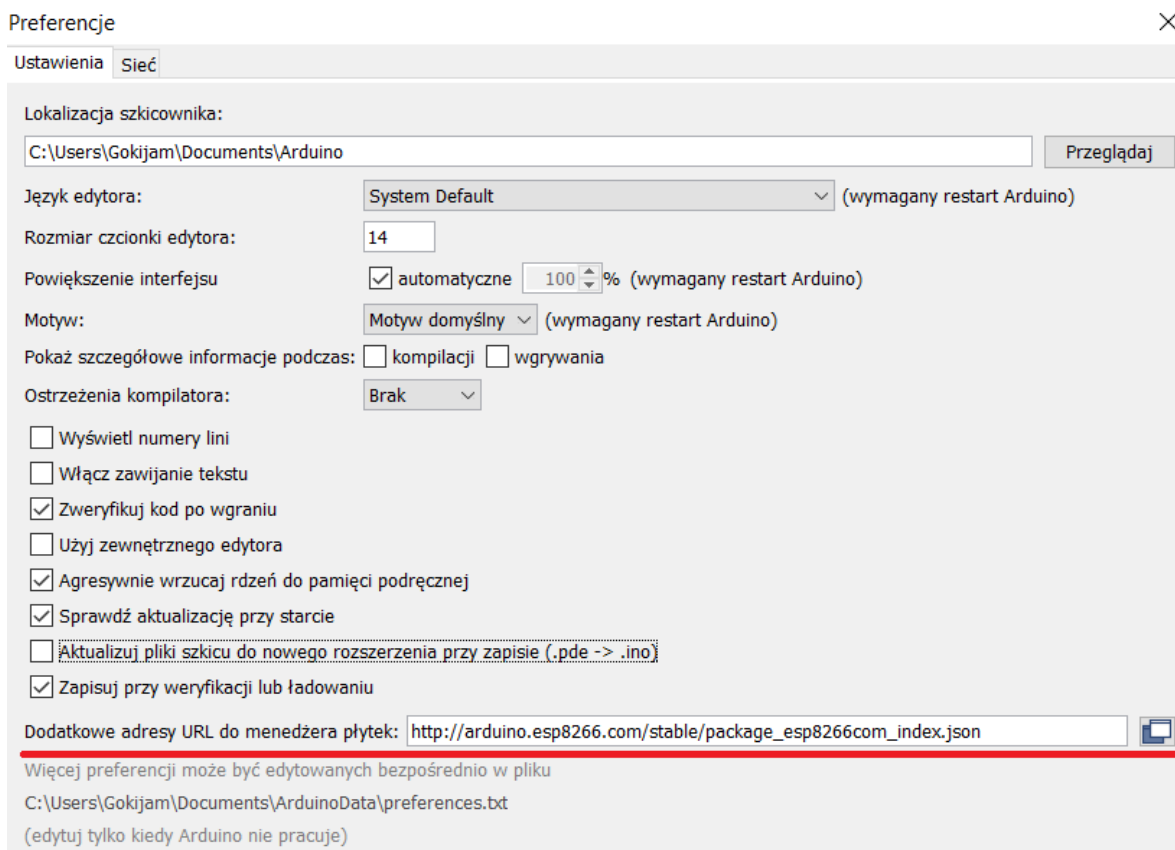
7. Oprogramowanie

W pracy wykorzystano szereg programów komputerowych:

- Arduino IDE - środowisko programistyczne, wykorzystane do stworzenia i przesłania kodu źródłowego do mikrokontrolera
- Eagle - program wykorzystany do stworzenia schematu urządzenia, następnie zaprojektowania płytki PCB a następnie generacji plików gerber, które są potrzebne do wykonania płytki w fabryce.
- MQTTlens - wtyczka przeglądarki chrome, służąca do subskrypcji oraz publikacji tematów na serwerze MQTT.
- Serial Bluetooth Terminal - aplikacja na system Android, służąca do nawiązania połączenia z modułem bluetooth.
- WebPlotDignitaizer - narzędzie służące do pobrania danych numerycznych ze zdjęć, wykresów oraz map.
- LibreOffice - arkusz kalkulacyjny

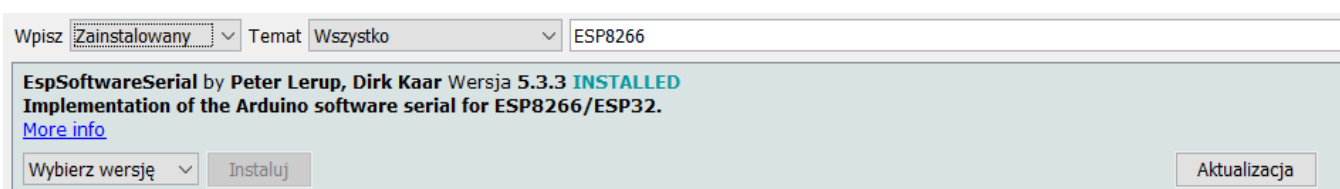
7.1. Konfiguracja Arduino IDE do współpracy z ESP8266 NodeMCU

Należy pobrać aplikację Arduino IDE z podanej poniżej strony <https://www.arduino.cc/en/main/software>. Następnie po otwarciu programu Arduino IDE należy przejść do zakładki PLIK a następnie PREFERENCJE, gdzie znajdujemy rubrykę "Dodatkowe adresy URL do menadżera płytek", następnie wklejamy tam http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json (rys.5).



Rys.5 Ustawienie Preferencji Arduino IDE

Następnie należy przejść do zakładki NARZĘDZIE a z niej do ZARZĄDZAJ BIBLIOTEKAMI w niej należy znaleźć i zainstalować bibliotekę do ESP (rys.6).



Rys.6 Biblioteka Arduino

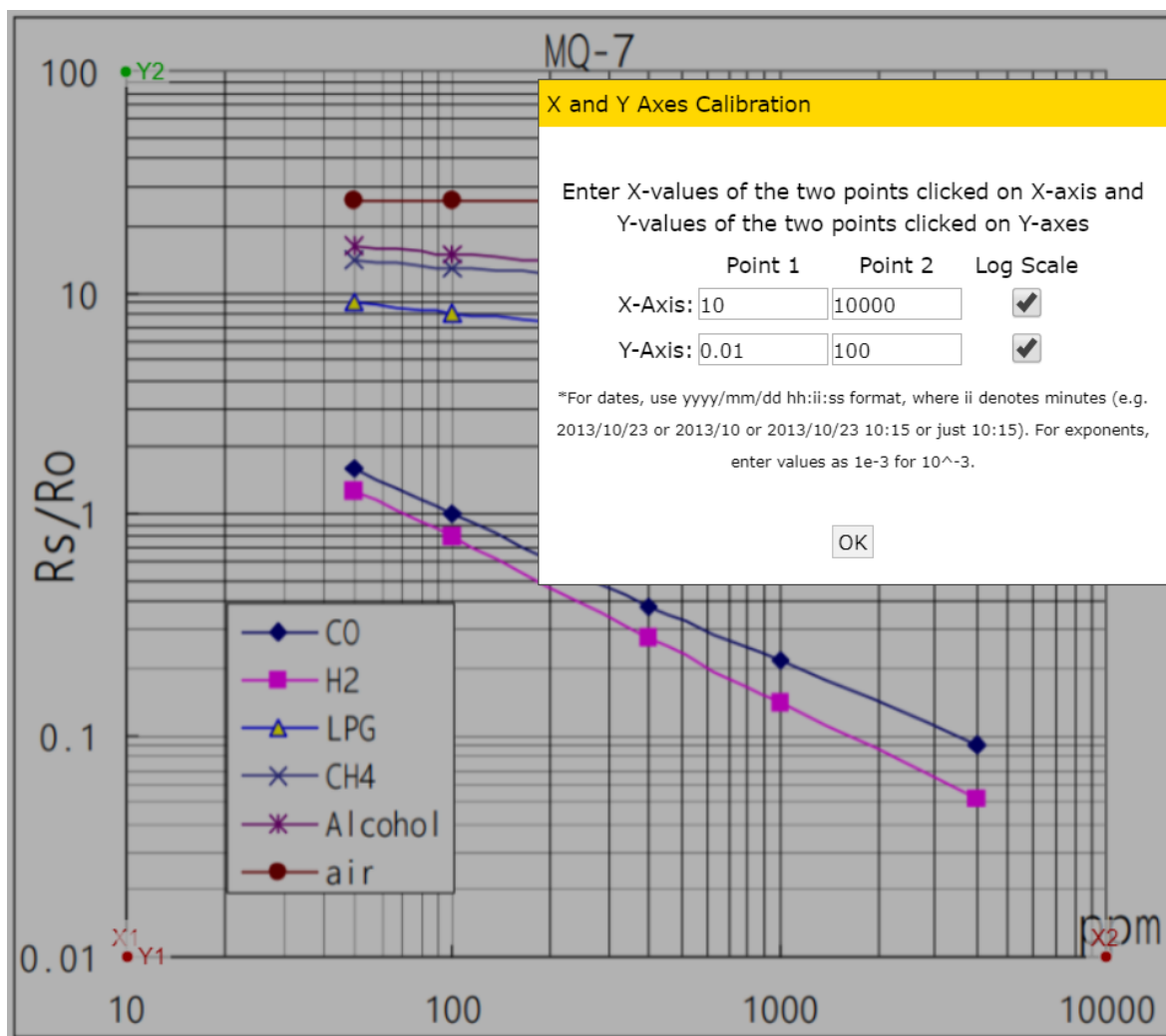
Ostatnim krokiem jest wybór płytki w zakładce NARZĘDZIA, dla ESP8266 modelu NodeMCU należy wybrać "NodeMCU 1.0(ESP-12E Module)". Żeby móc się swobodnie odwoływać do wyjść naszej płytki potrzebujemy znać numery wyprowadzeń GPIO (Tab.1).

IO index	ESP8266 pin	IO index	ESP8266 pin
0	GPIO 16	7	GPIO 13
1	GPIO 5	8	GPIO 15
2	GPIO 4	9	GPIO 3
3	GPIO 0	10	GPIO 1
4	GPIO 2	11	GPIO 9
5	GPIO 14	12	GPIO 10
6	GPIO 12		

Tab.1 Numery wyprowadzeń modułu

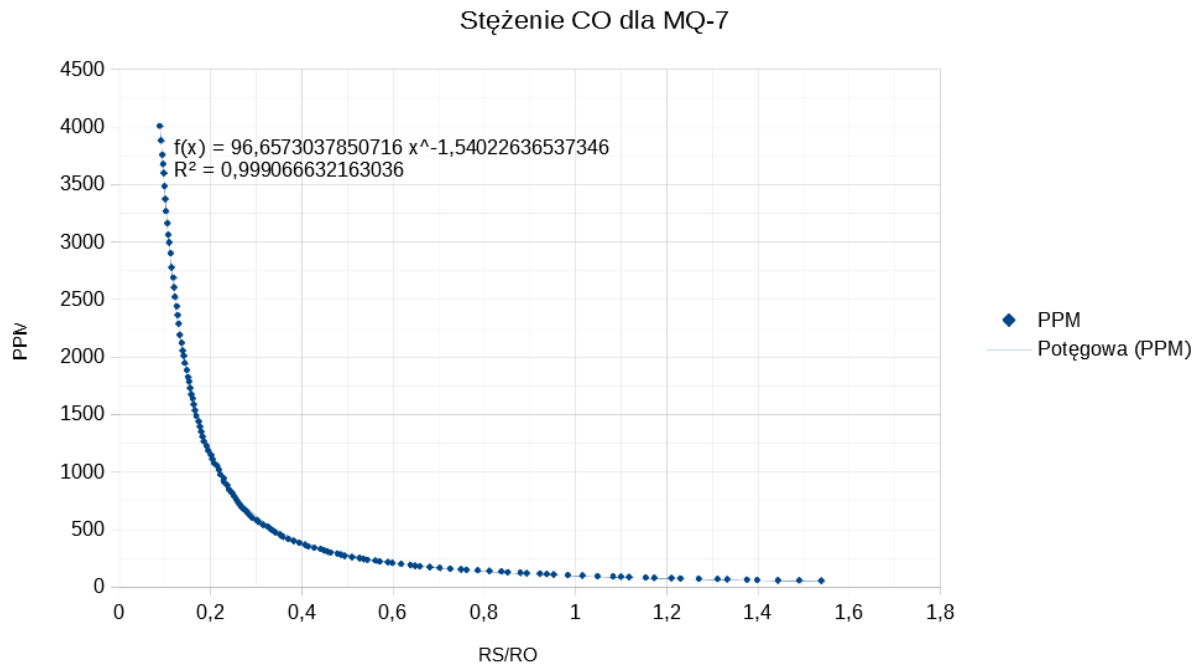
7.2. Konfiguracja czujnika gazu

Żeby poprawnie odczytać wartości stężenia poszczególnych gazów w lokalnym środowisku w skali ppm, należy wykorzystać dane z wykresu krzywych stężenia gazów, które zostały przedstawione na rys. 3. Trzeba zauważyć że wykres tu przedstawiony nie jest wykresem liniowym a obie osie X i Y są przedstawione w skali logarytmicznej. W celu uzyskania odpowiedniego równania należy odczytać jak największą liczbę punktów z wykresu funkcji dla CO, w tym najlepiej użyć programu WebPlotDigitizer, który znajduje się na poniższej stronie: <https://apps.automeris.io/wpd/>. Po otwarciu strony z programem, należy załadować na nią zdjęcie wykresu, czyli rys.3, aby tego dokonać należy wcisnąć przycisk “Load Image”, który znajduje się po prawej stronie strony. Po załadowaniu wykresu należy wybrać opcję “2D (X-Y) Plot”. Następnym krokiem jest określenie właściwości osi X i Y, w tym celu należy nanieść na zdjęcie punkty początku i końca dla osi X i Y, następnie podać liczbowe punkty początku i końca tych osi oraz koniecznie zaznaczyć że są to osie logarytmiczne, czyli “Log Scale” (rys.7).



Rys.7 Konfiguracja osi

Po poprawnym zdefiniowaniu osi, należy pokryć interesujący nas wykres (CO) punktami pomiarowymi, należy to zrobić najgęściej jak to tylko możliwe, na przykład 100 próbek. Pomocne w tym może być przybliżenie, znajdujące się w prawym górnym rogu strony. Następnie należy nacisnąć przycisk "View Data", w celu wyświetlenia danych w formacie txt. Następnie za pomocą przycisku "Download .CSV" pobieramy gotowe dane do arkusza kalkulacyjnego, na podstawie których tworzymy wykres z funkcją trendu (regresji), ważne żeby linia była funkcją wykładniczą. Dla czytelności zostały zmienione osie względem oryginału, czyli R_s/R_o na oś X oraz wartości ppm na oś Y (rys.8).



Rys.8 Funkcja trendu oraz jej równanie

W tym momencie mamy już wszystkie potrzebne dane, aby oprogramować czujnik dla tlenku węgla. Najpierw w pętli zbierane jest 1000 próbek do zmiennej czujnik_Wartosc a następnie wyciągana jest z tego średnia arytmetyczna. Następnie zostaje obliczona wartość RS/RO z wzoru podanego w dokumentacji oraz punkcie 6.2.

```
czujnik_Wartosc = czujnik_Wartosc / 1000;
czujnik_volt = (float)czujnik_Wartosc*(5.0/1024);
RSRO = (5.0 - czujnik_volt) / czujnik_volt;
```

Następnym krokiem jest przypisanie odpowiedniej wartości ppm dla odczytanego stosunku RS/RO. W tym celu należy wykorzystać równanie funkcji trendu dla CO z rys.8.

```
ppmCO=96.65730337850716*pow(RSRO,-1.54022636537346);
```

(Funkcja pow() podnosi liczbę do dowolnej potęgi.)
pow(**double** podstawa, **double** potega);

W kolejnym kroku trzeba określić kiedy powinien się włączyć alarm oraz zabezpieczyć się jeśli w wyniku jakiegoś błędu odczytu wartość ppm odczytana z równania byłaby mniejsza od zera.

```

if(ppmCO>=0){
    if(ppmCO>=200){
        alarm =1;
        digitalWrite(15, HIGH );
    }
}

```

7.3. Konfiguracja Bluetooth

Połączenie Bluetooth z czujnikiem pozwala na wstępną konfigurację urządzenia. Dzięki niemu można zobaczyć z telefonu wyposażonego w moduł bluetooth spis nazw SSID wszystkich lokalnych sieci WiFi wokół czujnika, oraz będzie można się połączyć z wybraną siecią przesyłając za pomocą bluetooth odpowiedni SSID i znane hasło. Aby móc odbierać i nadawać dane za pomocą modułu należy ustawić na odpowiednich cyfrowych wyjściach odbiornik (Rx) i nadajnik (Tx). W tym celu należy wykorzystać bibliotekę "SoftwareSerial".

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BTserial(2, 0);

```

Powyższe dwie linijki kodu są odpowiedzialne za dodanie potrzebnej biblioteki oraz ustawienie kanału szeregowego o nazwie BTserial i ustawienie na GPIO 2 odbiornika oraz do GPIO 0 nadajnika. Po stworzeniu na tych dwóch wyjściach własnego portu, możemy używać na nim wszystkich normalnych funkcji dla standardowego portu szeregowego, wystarczy się wcześniej tylko odwołać do naszej nazwy (np. BTserial.print();). W celu wyświetlenia dostępnych sieci zastosowana została klasa String siec, do której są zapisywane nazwy SSID sieci WiFi a następnie są wyświetlane za pomocą funkcji BTserial.print(siec);. Żeby wysłać dane z terminala do modułu bluetooth wygodniej jest używać zmiennych typu char niż klasy String. Dlatego w celu wysłania nazwy SSID oraz hasła sieci, z którą chcemy się połączyć tworzymy trzy duże tablice o typie char, jedną zmienną pomocniczą która będzie nam pomagała w zapisie oraz zmienną typu int, która jest naszym indeksem do tablic.

```

char lancuch[30];
char ssidWIFI[30];
char passWIFI[30];
int indeks;
char sigCh;

```

Następnie stworzona została pętla while(true), w której pobieramy podane przez nas dane.


```

while (true) {
    sigCh = (char)BTserial.read();
    if (sigCh != '\n') {
        lancuch[indeks] = sigCh;
        indeks++;
    }

    if (sigCh == '\n')
        break;
}

```

Następnie `sigCh` zostaje przypisany do tablicy roboczej, a następnie zostaje inkrementowany indeks o 1. Czynność trwa do momentu pobrania do zmiennej `sigCh` znaku końca linii `'\n'`. Po nim następuje przerwanie pętli. Wyjście z pętli oznacza pobranie przez moduł całej wysłanej wiadomości. Ostatnim krokiem jest skopiowanie i zapisanie naszych danych z tablicy roboczej do odpowiedniej tablicy, czyli `char ssidWiFi[30]` albo `char passWiFi[30]`. Do tego została użyta funkcja `strncpy()`. Ważne jest obcięcie indeksu o 1 w celu nieprzypisania znaku `'\n'`.

```
strncpy(ssidWiFi, lancuch, indeks - 1);
```

Po tym następuje wyzerowanie wartości indeksu, oraz przejście do dalszej pracy programu.

7.4. Ustawienie połączenia z WiFi

W celu przesyłania danych z czujnika na serwer za pomocą protokołu MQTT niezbędne jest połączenie się z lokalną siecią WiFi. Do tego celu idealnie sprawdzi się moduł ESP. W tym celu w menedżerze bibliotek należy zainstalować bibliotekę obsługującą moduł WiFi dla ESP8266, taką jak "IoTtweetESP32". Ważne jest żeby było w niej zaznaczone że wspiera "ESP8266WiFi.h". Następnie należy dodać tą bibliotekę do programu.

```
include <ESP8266WiFi.h>
```

Teraz można używać odpowiednich funkcji potrzebnych do przeskanowania w lokalnym otoczeniu dostępnych sieci WiFi. W tym celu należy użyć takich funkcji jak: `WiFi.scanNetworks()` - zwraca liczbę dostępnych sieci.

WiFi.SSID(i) - podaje nazwę sieci znajdującej się pod numerem zapisanym w zmiennej i.

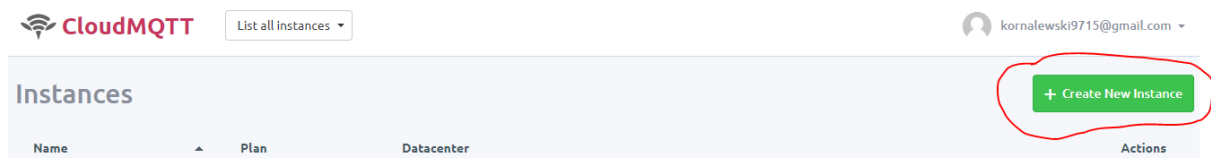
Po otrzymaniu listy nazw wszystkich widocznych sieci WiFi, oraz przesłaniu za pomocą terminala Bluetooth nazwy SSID oraz hasła do niej, należy przeprowadzić połączenie.

```
WiFi.begin(ssidWIFI, passWIFI);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    BTserial.println("Laczenie z WiFi");
}
BTserial.println("Polaczenie z WiFi nawiązane");
```

7.5. Konfiguracja MQTT

W pierwszej kolejności należy zaimplementować w chmurze serwer MQTT, w tym celu należy udać się na stronę CloudMQTT i tam założyć konto a następnie utworzyć nową instancję (rys.9) [13].



Rys.9 Utworzenie instancji serwera

Następnie wpisujemy nazwę naszej instancji oraz wybieramy darmową opcję "Cute Cat ". Opcja "Cute Cat" posiada limit transferu do 10 Kbit/s oraz maksymalnie pięciu jednoczesnych użytkowników (rys.10).

Plan Region Configure (Dedicated plans only) Confirm

Select a plan and name - Step 1 of 4

Name


Plan

Tags

Tags are used to separate your instances between projects. This is primarily used in the project listing view for easier navigation and access control.

Tags allow admins to [manage team members access](#) to different groups of instances.

Plan



Cute Cat

Rys.10 Nazwa projektu i wybór planu

Następną rzeczą jest wybór serwera, wybieramy najbliższy (rys.11).

Plan Region Configure (Dedicated plans only) Confirm

Select a region and data center - Step 2 of 4

Data center

aws

« Back Cancel Review

Rys.11 Wybór lokalizacji serwera

Po tym kroku jest pokazane podsumowanie a następnie widzimy stworzoną naszą instancję. Możemy zobaczyć detale, które będą nam potrzebne do nawiązania połączenia z serwerem (rys.12).

Instance info

Server farmer.cloudmqtt.com

User Restart

Password rnzrQcvYCrcp

Port 10069

SSL Port 20069

Websockets Port (TLS only) 30069

Connection limit 5

Rys.12 Informacje o serwerze

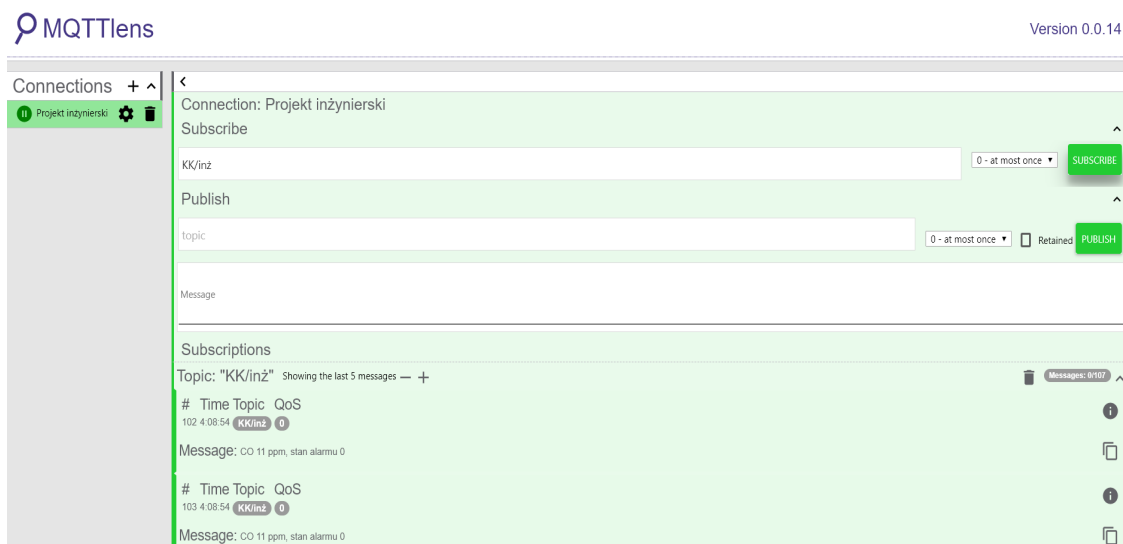
Z powyższego rysunku wykorzystujemy potrzebne nam dane, takie jak nazwa serwera, nazwa użytkownika, hasła oraz numer portu, należy także zaimplementować bibliotekę obsługującą protokół MQTT.

```
#include <PubSubClient.h>
PubSubClient client(espClient);
const char* mqttServer = "farmer.cloudmqtt.com";
const int mqttPort = 10069;
const char* mqttUser = "zfegywxp";
const char* mqttPassword = "rnzrQcvYCrcp9";
```

Następnie trzeba podać adres używanego MQTT oraz numer portu z którym ma nastąpić połączenie. Po tym należy przesłać nazwę użytkownika serwera oraz jego hasło, na końcu wysyłamy pierwszą wiadomość na serwer.

```
client.setServer(mqttServer, mqttPort);
client.connect("ESP8266Client", mqttUser, mqttPassword );
client.publish("KK/inż", "Witaj");
```

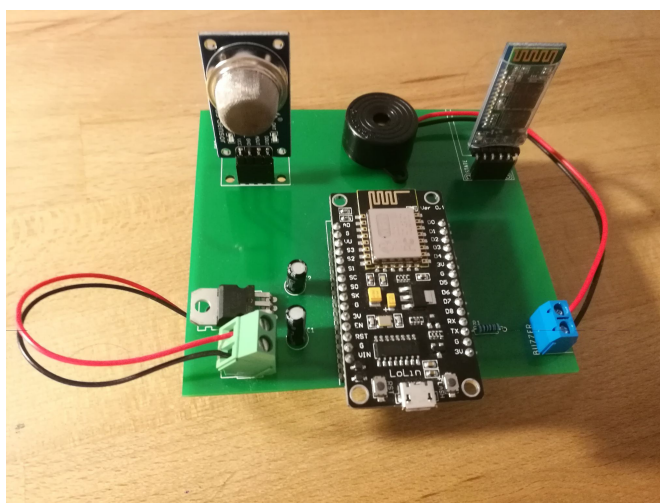
Następnie tworzymy połączenie z serwerem MQTT i subskrybujemy interesujący nas temat, czyli "KK/inż". Mamy tutaj pokazane jakie aktualne jest stężenie CO oraz czy został włączony alarm (rys.13) .



Rys.13 Podgląd danych w MQTTlens

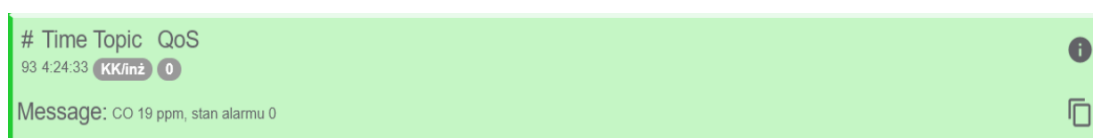
8. Weryfikacja działania

Urządzenie było testowane w warunkach domowych. W czystym powietrzu czujnik pokazywał około 15/20 ppm co jest zgodne z jego dolną granicą czułości, która jest zawarta w dokumentacji technicznej. Detektor nie reaguje drastycznie na źródła, takie jak zapalona świeczka albo zapalona zapałka. Przy takich źródłach, odbierana wartość waha się do maksymalnie 200 ppm. Detektor bardzo dobrze się zachowuje podczas kontaktu z dymem tytoniowym, wyniki otrzymane mogą sięgać nawet powyżej 1000 ppm. Na rys.14 pokazano złożony i działający projekt



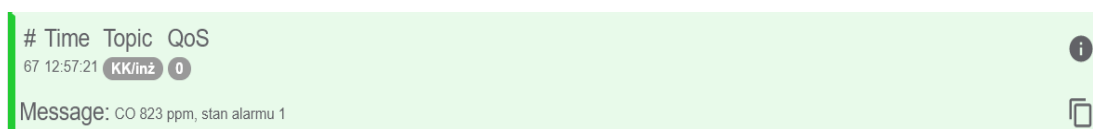
Rys.14 Złożony projekt

Czujnika działający w czystym powietrzu.



Rys. 15 Dane czujnika w czystym powietrzu

Czujnik testowany za pomocą dymu tytoniowego.



Rys. 16 Dane czujnika w zanieczyszczonym powietrzu

Jak widać na załączonych powyżej rysunkach w czystym powietrzu, przy stężeniu CO 19 ppm alarm się nie włączył. Jednak przy dymie tytoniowym wartość alarm

włącza się od razu, informując wszystkich domowników o zaistniałym możliwym niebezpieczeństwie.

9.Podsumowanie i wnioski

Realizacja tego projektu pokazała jak niskim kosztem można zwiększyć bezpieczeństwo swoje i swoich bliskich. Pokazuje jak proste jest zbudowanie takiego detektora na własne potrzeby oraz jak łatwo można go połączyć z ideą internetu rzeczy. Koszt takiego detektora wyniósł około 130 zł jednak nie jest to bardzo wygórowana cena biorąc pod uwagę że przy odpowiednio wcześniejszej konfiguracji czujnik ten może wykrywać także inne gazy niż tlenek węgla. Jeśli jednak chcielibyśmy zejść niżej z ceną tego projektu to należałoby kupić komponenty nie w polskich sklepach, takich jak Kamami czy Botland a skierować się na przykład na stronę Aliexpress i tam dokonać zakupu. Przy zakupie wszystkich komponentów z Chin koszt projektu może diametralnie spaść. Dobrym pomysłem na rozwinięcie projektu może być wyposażenie go w możliwość zasilania 230V z gniazdka.

Lista wykorzystanych komponentów:

- | | |
|---|--------------|
| • Moduł WiFi ESP8266 + NodeMCU v3 | - 24.90 zł |
| • Czujnik gazu MQ-7 | - 16.90 zł |
| • Moduł Bluetooth HC-05 | - 35.90 zł |
| • Koszyk na 6 baterii AA | - 15.00 zł |
| • Stabilizator L7805CV | - 2.74 zł |
| • 2x Kondensatory elektrolityczne 47 uF | - ok 2 zł |
| • Buzzer | - 2.90 zł |
| • Rezystor 100 Ω | - ok 0.20 zł |

Płyta PCB została wykonana za 2\$ oraz została dostarczona w cenie 7.85\$. Zamówienie zostało zrealizowane przez firmę JLCPCB.

Całkowity koszt projektu wyniósł około 130 zł.

10. Bibliografia

- [1] Opis płytki ESP8266 NodeMCU V3
<https://yaboo.pl/data/include/cms/Katalogi/esp8266-V10.pdf>
- [2] Dokumentacja HC-05
<https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>
- [3] Dokumentacja MQ-7
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>
- [4] Dokumentacja MQ-2
<http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-2/MQ-2.pdf>
- [5] Specyfikacja i opis standardu WiFi
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Wi-fi>
- [6] Specyfikacja i opis standardu WiFi, źródło angielskie
<https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [7] Opis standardu 802.11
https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [8] Specyfikacja i opis standardu Bluetooth
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [9] Specyfikacja i opis standardu Bluetooth źródło angielskie
<https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [10] MQTT.
<https://en.wikipedia.org/wiki/MQTT>
- [11] Artykuł opisujący MQTT.
<https://devenv.pl/mqtt-protokol-transmisji-danych-dla-iot/>
- [12] Artykuł opisujący technologię MQTT w zastosowaniu przez firmę MOXA.
<https://moxa.elmark.com.pl/2019/09/19/mqtt-iothinx/>

[13] MQTT nawiązanie połączenia

https://iotdesignpro.com/projects/how-to-connect-esp8266-with-mqtt?fbclid=IwAR1IH2tbJQgTgSf_iN_0rJ-ssh8efCn_t3_wDAtZVDqjWnjUmjIA3ENHuPM

[14] Informacje o tlenku węgla.

https://pl.wikipedia.org/wiki/Tlenek_w%C4%99gla

[15] Informacje o tlenku węgla, źródło angielskie.

https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_monoxide

[16] Poziom zagrożenia tlenku węgla

https://www.kidde.com/home-safety/en/us/support/help-center/browse-articles/articles/what_are_the_carbon_monoxide_levels_that_will_sound_the_alarm_.html

[17] Informacje o czujnikach

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Czujnik>

[18] Rodzaje czujników

<https://www.grupa-wolff.eu/baza-wiedzy/rodzaje-czujnikow-stacjonarne-systemy-detekcji-gazu-plomienia/>

[19] Stabilizator L7805cv nota katalogowa

https://datasheet4u.com/share_search.php?sWord=l7805cv

[20] Buzzer nota katalogowa

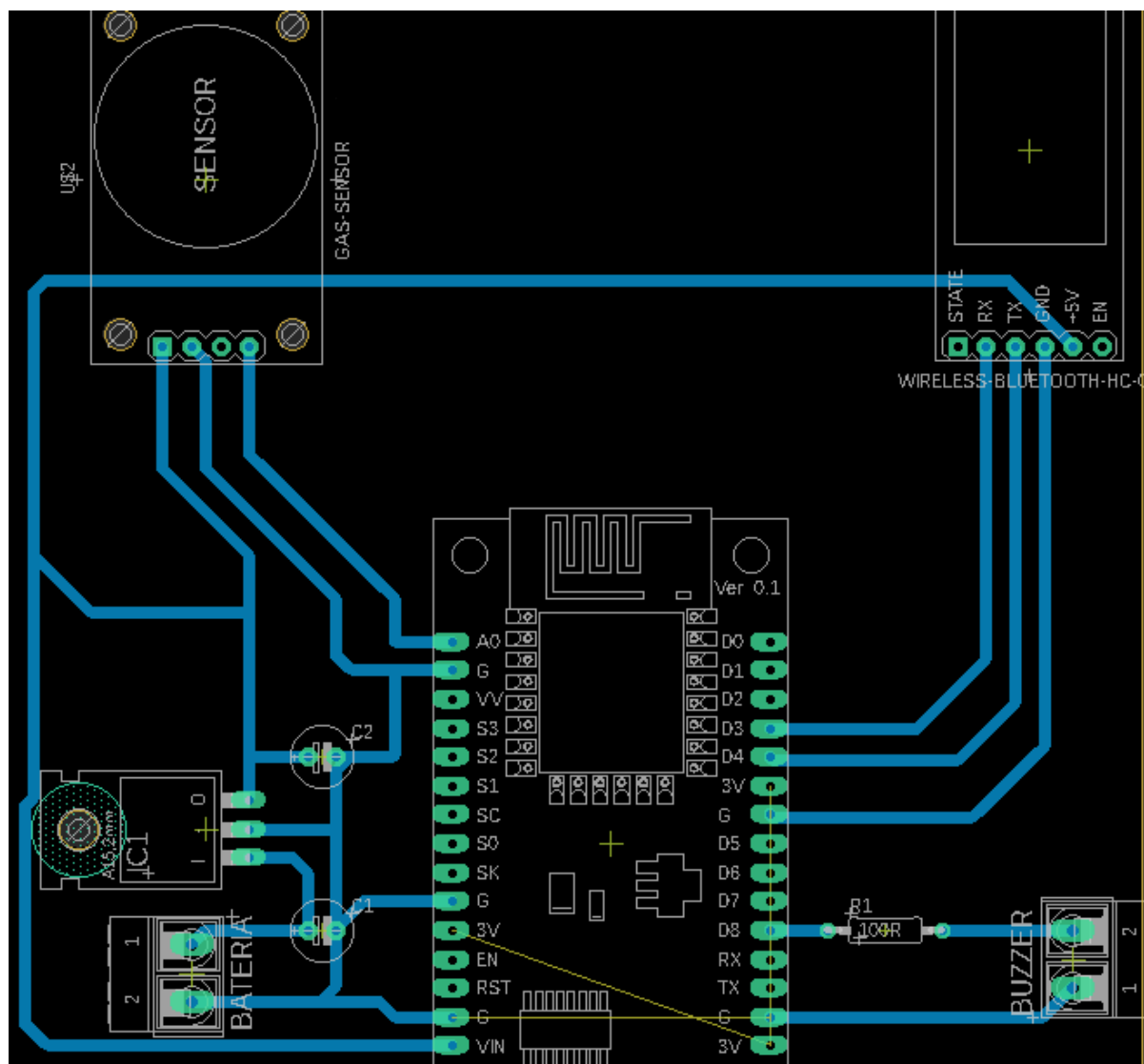
<http://electropark.pl/sygnalizatory/12722-buzzer-z-generatorem-fy248-23mm-3-18v.html>

Dodatek A: Zawartość dołączonej płytki

Na płycie DVD dołączonej do dokumentacji znajdują się następujące materiały:

1. Praca w formacie pdf;
2. Kod źródłowy programu;
3. Schemat płytki PCB;
4. Arkusz excel z danymi;

Dodatek B: płytki PCB



Załącznik 1 Schemat dolnej warstwy płytki PCB i obrys elementów