

Wskaźnik zanieczyszczenia powietrza

W ostatnim czasie tematyka czystości powietrza nabrała dużego znaczenia. Przyczyną tego był smog, którego doświadczyli mieszkańcy wielu miast. Jednak zanieczyszczenie powietrza to nie tylko smog. Branża elektroniczna wymaga pod tym względem szczególnej uwagi. Hale produkcyjne, stanowiska montażowe, stosowane tam narzędzia oraz chemia powodują powstawanie dymu, oparów i pyłu, które mogą być szkodliwe dla zdrowia. Prezentowane urządzenie pozwoli skontrolować czystość powietrza tam, gdzie mieszkamy lub pracujemy.

Powietrze zanieczyszczają substancje gazowe, ciekłe oraz stałe. Naturalnym zjawiskiem jest istnienie w powietrzu substancji w gazowym stanie skupienia. Ciecze i ciała stałe mogą występować w powietrzu tylko w postaci małych cząstek – tzw. pyłu zawieszonego PM (*particulate matter*) zwanego także aerozolem atmosferycznym. W zależności od wielkości ziaren powszechnie stosuje się podział na:

PM_{2,5} – pył o wielkości cząstek 2,5 mikrometra lub mniejszej, są to głównie

stosunkowo reaktywne związki organiczne i nieorganiczne.

PM₁₀ – wszystkie cząstki o wielkości 10 μm lub mniejszej (czyli także PM_{2,5}), są to głównie stosunkowo obojętne chemicznie związki, takie jak na przykład krzemionka.

TSP (*total suspended particulates*) – całkowity pył zawieszony, czyli wszystkie aerozole, o średnicy cząstek zarówno poniżej, jak i powyżej 10 μm .

Na **rysunku 1** pokazano porównanie pyłów typu PM_{2,5} oraz PM₁₀ ze średnicą

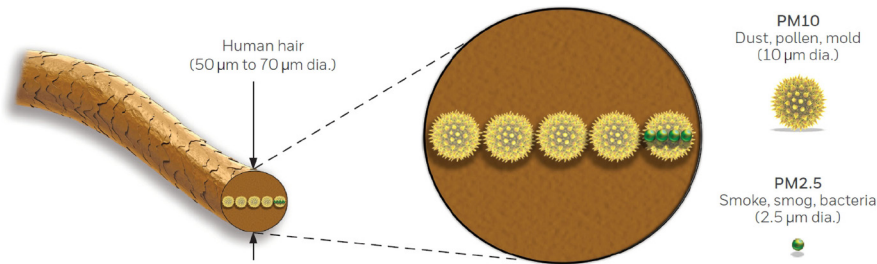
ludzkiego włosa, natomiast na **fotografii 2** zdjęcia cząstek zanieczyszczeń wykonane mikroskopem elektronowym.

Metody pomiarów

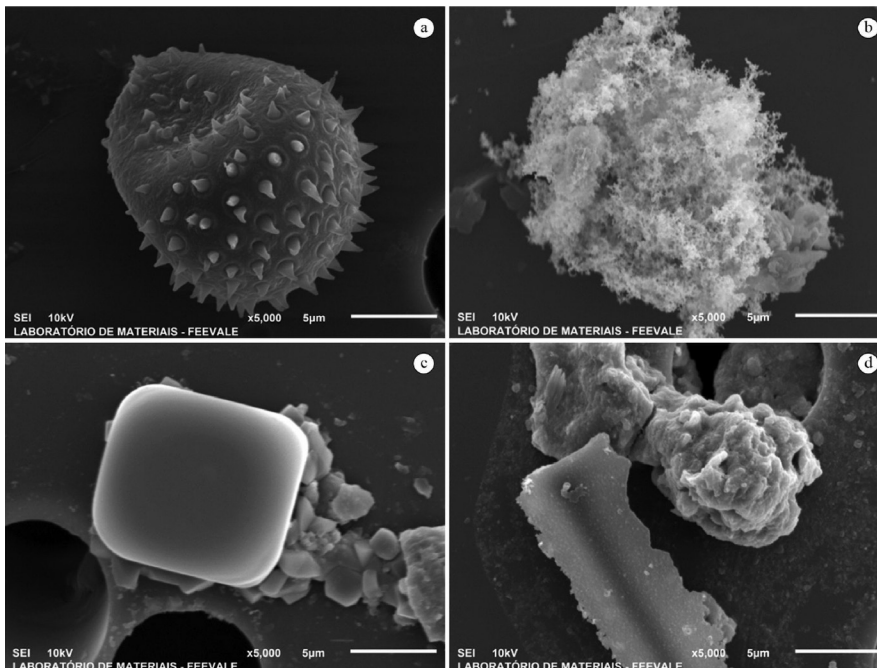
Najbardziej precyzyjną metodą pomiaru ilości pyłu zawieszonego jest metoda grawimetryczna, zwana również metodą manualną (referencyjną). W dużym uproszczeniu, metoda ta polega na obliczeniu różnicy ciężaru filtra po ekspozycji i przed ekspozycją. Ekspozycja polega na tym, że przez filtr przepływa określona ilość powietrza, a zawarty w nim pył zatrzymuje się na filtrze. W ten sposób jest możliwe obliczenie stężenia pyłów, które jest wyrażane w mikrogramach na metr sześcienny [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Metoda grawimetryczna jest bardzo dokładna, ale za to bardzo czasochłonna, natomiast aparatura pomiarowa kosztowna. Dla uzyskania pomiarów o mniejszej dokładności stosuje się inne rozwiązania. Jednym z nich są laserowe czujniki pyłu.

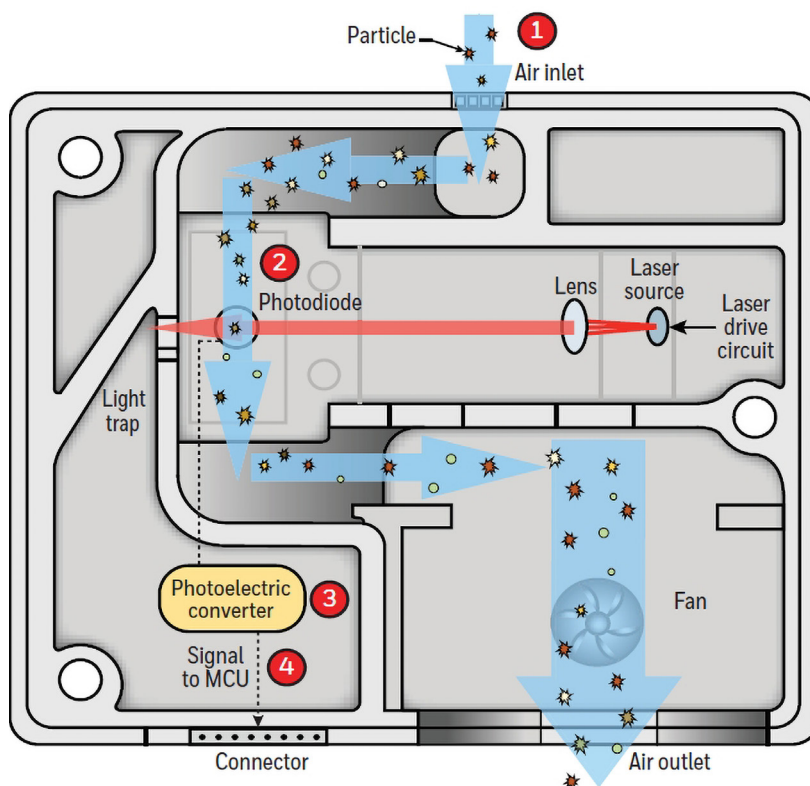
Głównym elementem laserowego czujnika pyłu jest kanał, którym przepływa powietrze. Strumień powietrza jest oświetlony laserem o określonych parametrach. Cząsteczki stałe znajdujące się w powietrzu powodują pochłonięcie lub odbicie części światła, więc jego natężenie maleje. Element światłoczuły wykrywa różnicę natężenia światła i na tej podstawie jest obliczana zawartość cząstek zanieczyszczających powietrze. Opisaną zasadę działania zilustrowano na **rysunku 3**.



Rysunek 1. Ilustracja zaczerpnięta z dokumentacji firmy Honeywell. Porównano na niej wielkość pyłów PM2,5 i PM10 ze średnicą ludzkiego włosa



Fotografia 2. Znalezione w Internecie zdjęcia cząstek zanieczyszczeń, wykonane mikroskopem elektronowym



Rysunek 3. Ilustracja zaczerpnięta z dokumentacji firmy Honeywell – budowa laserowego czujnika pyłu

Budowa urządzenia

W opisywanym urządzeniu, którego schemat zamieszczono na **rysunku 4**, zastosowano laserowy czujnik pyłu zawieszony o symbolu PMSA003. Czujnik wymaga zasilania napięciem 5 V, ma niewielkie wymiary, zapewnia bardzo szybką reakcję i potrafi zmierzyć stężenie w trzech zakresach: PM1,0/PM2,5/PM10. Informacje przesyłane są interfejsem UART o poziomie 3,3 V, dlatego chcąc połączyć sensor z płytką Arduino UNO należy zastosować odpowiedni konwerter napięcia. Lepszym rozwiązaniem będzie zastosowanie płytki bazowej pracującej w standardzie 3,3 V. Tu doskonałym wyborem jest płytka AVT1620 z mikrokontrolerem LPC1114.

Aby wyniki pomiarów zaprezentować w estetyczny i czytelny sposób, zastosowano kolorowy wyświetlacz TFT o przekątnej 1,8 cala. Nieco trudności może sprawić przyłączenie czujnika, ponieważ ma on złącze goldpin o gęstym rastrze – 1,27 mm. W zestawie z czujnikiem otrzymujemy odpowiednie gniazdo. Przy odrobinie cierpliwości można do niego przylutować poczwórne gniazdo goldpin o standardowym rastrze 2,54 mm i wtedy można dołączyć standardowe przewody. Opis złącza pokazano na **rysunku 5**.

Program sterujący

Czujnik PMSA003 został wyposażony w interfejs UART. Komunikacja może odbywać się w dwóch trybach:

PASYWNYM (*passive*) – wtedy dane przesyłane będą tylko w odpowiedzi na komendę z układu nadrzędnego – hosta.

AKTYWNYM (*active*) – dane przesyłane będą automatycznie co ok. 2 sekundy.

Po włączeniu zasilania domyślnie jest uruchamiany tryb aktywny. Dodatkową właściwość tego trybu polega na tym, że w wypadku znacznej zmiany poziomu zanieczyszczenia powietrza następuje zwiększenie częstotliwości pomiarów – kolejne wyniki są przesyłane co około 0,5 sekundy.

Parametry komunikacji UART to: 9600, 8, none, 1. Dane przesyłane są w postaci ramek o długości 32 bajtów. Ich znaczenie opisuje

REKLAMA

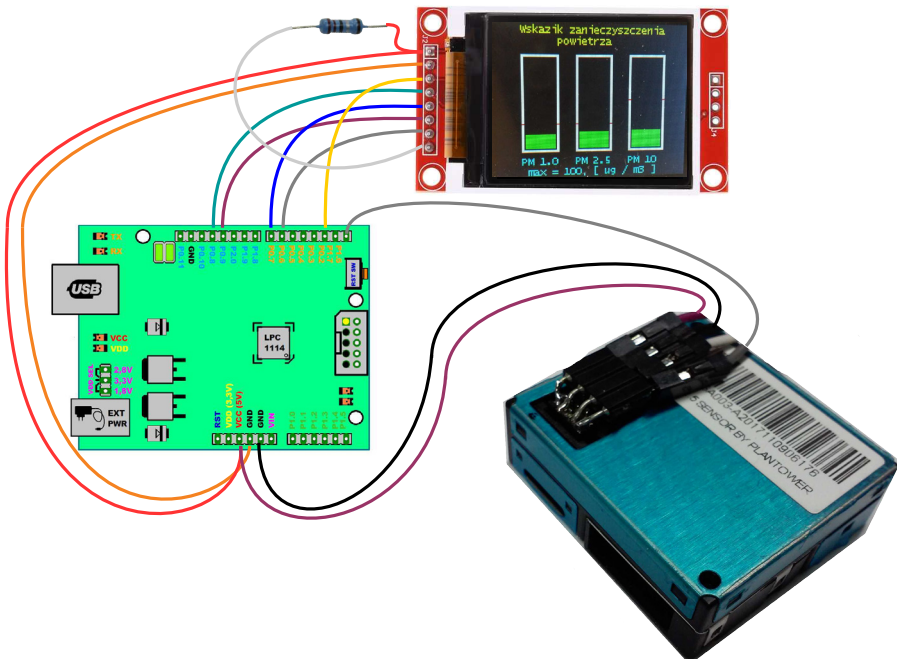
Specjalistyczne szkolenia dla elektroników i automatyków



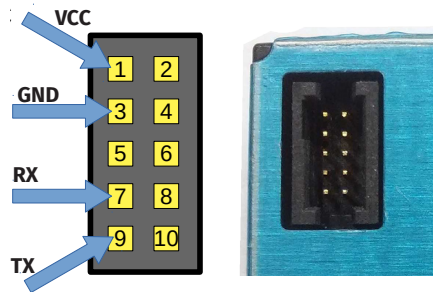
TECHDAYS

techdays@techdays.pl
TECHDAYS.PL

CERTYFIKOWANY PARTNER SZKOLENIOWY
life.augmented

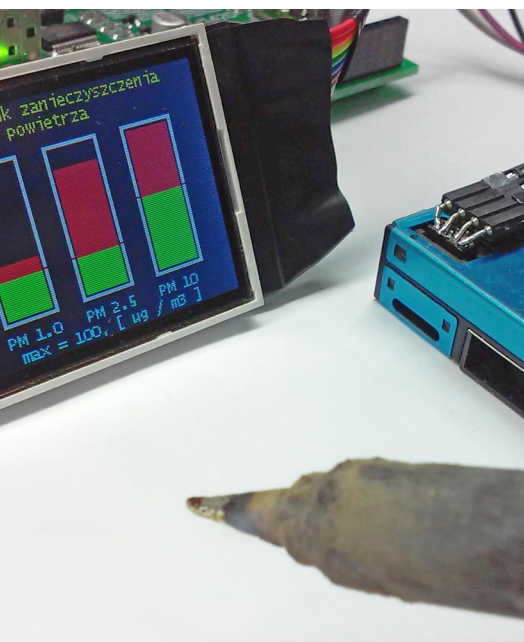


Rysunek 4. Schemat połączeń modułów



Pin	Funkcja
1, 2	VCC (5 V)
3, 4	GND
5	Reset
6	nc
7	RX
8	nc
9	TX
10	Set

Rysunek 5. Opis wyprowadzeń złącza czujnika PMSA003



Fotografia 6. Reakcja urządzenia na dym z grotu lutownicy

tabela 1. Z ramki można odczytać gotowe wyniki pomiaru wartości PM1,0, PM2,5 oraz PM10 policzone dla różnych warunków.

Urządzenie wykonano do pomiaru zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach, dlatego wykorzystuje informacje z bajtów od 5 do 10 i obrazuje w postaci 3 słupków. Na słupkach zaznaczone są poziomy dopuszczalne stężenia. Gdy wskazanie przekroczy dopuszczalną wartość, wypełnienie słupka zmienia kolor na czerwony, jak pokazano na fotografii 6.

Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu wyspecjalizowanego czujnika możliwe stało się zmierzenie parametru, który należy do grupy parametrów

Nr bajtu	Funkcja	Opis
1	Pierwszy znacznik początku ramki	Przyjmuje stałą wartość 0x42
2	Drugi znacznik początku ramki	Przyjmuje stałą wartość 0x4D
3, 4	Długość ramki, starszy bajt, młodszy bajt (high 8 bits, low 8 bits)	Wartość określająca długość ramki: 2×13 bajtów danych + 2 bajty kontrolne = 28
5, 6	Współczynnik PM1,0, starszy bajt, młodszy bajt	Obliczane dla warunków „fabrycznych” czyli dla zamkniętej hali, Jednostka [µg/m³]
7, 8	Współczynnik PM2,5, starszy bajt, młodszy bajt	
9, 10	Współczynnik PM10, starszy bajt, młodszy bajt	
11, 12	Współczynnik PM1,0, starszy bajt, młodszy bajt	Obliczane dla warunków „atmosferycznych” czyli dla otwartej przestrzeni, Jednostka [µg/m³]
13, 14	Współczynnik PM2,5, starszy bajt, młodszy bajt	
15, 16	Współczynnik PM10, starszy bajt, młodszy bajt	
17, 18	Liczba cząstek o średnicy powyżej 0,3 µm, starszy bajt, młodszy bajt	Wartości przypadające na 0,1 l powietrza
19, 20	Liczba cząstek o średnicy powyżej 0,5 µm, starszy bajt, młodszy bajt	
21, 22	Liczba cząstek o średnicy powyżej 1,0 µm, starszy bajt, młodszy bajt	
23, 24	Liczba cząstek o średnicy powyżej 2,5 µm, starszy bajt, młodszy bajt	
25, 26	Liczba cząstek o średnicy powyżej 5,0 µm, starszy bajt, młodszy bajt	Niewykorzystane
27, 28	Liczba cząstek o średnicy powyżej 10 µm, starszy bajt, młodszy bajt	
29, 30	„Reserved”	
31, 32	Wartość kontrolna	Suma wartości bajtów od 1 do 30

trudnych do zmierzenia. Dlatego nasuwa się pytanie czy taka uproszczona metoda jest równie dokładna jak metoda referencyjna? Zasadniczą wadą laserowych czujników zanieczyszczeń powietrza jest to, że nie odróżniają cząsteczek zanieczyszczeń od cząsteczek wody zawartych w powietrzu, która nie jest zanieczyszczeniem powietrza. Dlatego wilgotność powietrza

będzie wpływała na wyniki pomiarów, czasami w bardzo dużym stopniu. Jednak nie jest to wada która, dyskwalifikuje taką metodę pomiarową. W Internecie można znaleźć wiele gotowych urządzeń działających na podobnej zasadzie, więc i nasz „gadżet” nie jest bezużyteczny.

KS
ep@prolab.waw.pl