



Systemy dla Internetu Rzeczy (41)



Czujnik pomiaru pyłów SPS30 firmy Sensirion

Pomiar poziomu smogu stał się istotnym zagadnieniem. Pojawienie się niedrogich czujników pyłów spowodowało ich szerokie zastosowanie w Internecie Rzeczy. Niektóre z nowszych konstrukcji osiągają wyniki porównywalne z profesjonalnymi monitorami przy nawet stukrotnie niższej cenie. Jedną z najlepszych konstrukcji jest czujnik pomiaru pyłów SPS30 firmy Sensirion.

Typowe czujniki pyłów różnych producentów zostały omówione w jednym z wcześniejszych artykułów [S38]. Porównanie zawiera opis rodzajów cząstek, w skrócie „PM” (*Particulate Matter*), ostatnio nazywanych pyłem zawieszonym. Zostały również zaprezentowane reprezentatywne układy scalone różnych producentów, z cyfrowym interfejsem UART, czasami I²C lub PWM. Dla wszystkich czujników zostały podane istotne parametry.

Wartości PM mierzone są w [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] jako „stężenie masowe” (*mass concentration*) lub jako stężenie liczbowe, wyrażone w: [liczba cząstek/ cm^3]. Różne kategorie cząstek stałych są zwykle określane zgodnie ze wspólną nomenklaturą PM.x, gdzie „x” określa maksymalną średnicę cząstek w mieszaninie cząstek w powietrzu lub „aerozolu” [1]. Typowa definicja PM obejmuje cząstki o wielkości od 0,1 do 10 mikrometrów. Najczęściej spotykaną klasyfikacją ze względu na wielkość cząstek jest podział na dwie frakcje [2]:

- PM2.5 – wszystkie aerozole atmosferyczne o wielkości cząstek 2,5 mikrometra lub mniejszej, w skład których wchodzi zwykle stosunkowo reaktywne związki organiczne i nieorganiczne (np. azotan amonu), smog, bakterie, drobny kurz;
- PM10 – wszystkie cząstki o wielkości 10 mikrometrów lub mniejszej, w skład których wchodzi zwykle stosunkowo obojętne chemicznie związki, takie jak krzemionka i tlenki metali, kurz, pyłki roślinne, zarodniki pleśni;

Nowe kategorie, takie jak PM1.0 i PM4.0, znajdują zastosowanie także w urządzeniach do monitorowania jakości powietrza, ponieważ dostarczają dodatkowych informacji do tradycyjnych poziomów PM10 i PM2.5, umożliwiając lepszą analizę zanieczyszczenia cząsteczkami i konstruowanie nowych urządzeń – oparte na wykrytym typie aerozolu (np. kurz domowy lub dym) [1].

Optyczne liczniki cząstek w czasie rzeczywistym (OPC, *optical particle counters*) oparte są najczęściej na zasadach rozpraszania światła (*scattering*). Cząstka przechodzi w nich przez światło (zwykle wiązkę laserową) i powoduje rozproszenie lub absorpcję przychodzącego światła, które jest wykrywane przez fotodiody, a następnie przekształcane

Podziękowania dla panów Cezarego Rodziewicza oraz Mateusza Choromańskiego, inżynierów aplikacyjnych z firmy Arrow Electronics Poland, za udostępnienie modułu SPS30 oraz kabla konwertera USB.

w liczbę cząstek w czasie rzeczywistym i wartości stężenia masy. Konstrukcja urządzenia ma bardzo duży wpływ na dokładność i dryft pomiarów, ponieważ cząsteczki mogą łatwo gromadzić się na elementach optycznych (laser, fotodiody, pochłaniacz wiązki) i powodować degradowanie działania. Swoistym poligonem pomiarowym jest Pekin.

Czujnik pomiaru pyłów SPS30 firmy Sensirion

SPS30 (*Sensirion Particulate Matter Sensor*) to wysokiej jakości, kompaktowy, optyczny czujnik cząstek firmy Sensirion, który wykorzystuje rozpraszanie laserowe i innowacyjną technologię odporności na zanieczyszczenia celem uzyskania doskonałego określenia przedziałów pomiarowych frakcji pyłów (fotografie tytułowe). Jest pierwszym na rynku optycznym licznikiem cząstek, działającym w czasie rzeczywistym, jak i pierwszym masowym czujnikiem cząstek stałych, który otrzymał certyfikat MCERTS [5]. SPS30 przeszedł testy laboratoryjne i terenowe, gdzie udowodniono, że spełnia najnowsze europejskie normy jakości powietrza DIN EN 15267.

Parametry czujnika SPS30:

- zasada działania: rozpraszanie laserowe,
- minimalny rozmiar wykrywanych cząstek: 0,3 μm ,
- przedziały pomiarowe rozmiaru pyłów:
 - stężenie masowe: PM1.0, PM2.5, PM4 i PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$],
 - stężenie liczbowe: PM0.5, PM1.0, PM2.5, PM4 oraz PM10 [N/cm^3],
- zakres stężenia masy: od 1 do 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- rozdzielczość stężenia masy: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- dokładność stężenia masy (dla PM2.5 25°C):
 - $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przy 0 do 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
 - $\pm 10\%$ przy 100 do 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

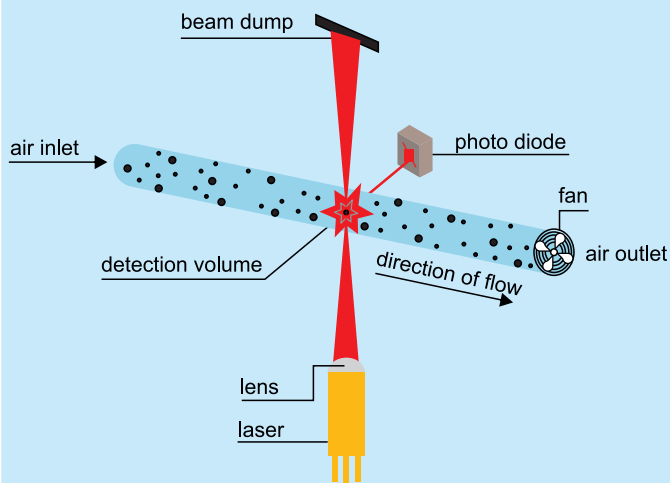


Rysunek 1. Obudowa czujnika SPS30 [6]

- zakres temperaturowy pracy: $-10...60^{\circ}\text{C}$,
- dopuszczalna wilgotność pracy: $0...95\% \text{ RH}$ (bez kondensacji pary wodnej),
- minimalny interwał próbkowania: 1 s (tryb ciągły),
- czas pracy: >8 lat działania nieprzerwanie 24 godziny na dobę,
- hałas emitowany (0,2 m): 25 dB(A),
- wymiary: $40,6 \times 40,6 \times 12,2$ mm,
- waga: 26 g,
- napięcie zasilania: 4,5...5,5 V,
- średni prąd zasilania (częstotliwości pomiaru 1 Hz): <60 mA,
- maksymalny prąd (pierwsze 200 ms po starcie pomiaru): 80 mA,
- prąd uśpienia: <8 mA,
- interfejs cyfrowy: UART oraz I²C.

W wcześniejszym artykule serii [S38] omówiona była zasada działania układu SPS30, oparta na rozpraszaniu laserowym, a także sposób rozpoznawania przez czujnik składu cząstek oraz jego odporność na kurz. Dane pomiarowe czujnika SPS30 są konwertowane w czasie rzeczywistym do stężenia liczbowego, wyrażonego w N/cm^3 oraz stężenia masowego, wyrażonego w $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pomimo że zliczanie cząstek jest wykonywane podobnie w różnych urządzeniach, algorytmy konwersji danych do jednostek wynikowych są zupełnie różne. Dokładne omówienie zagadnień porównywania jakości pracy i sposobów kalibracji jest omówione w [4].

Nie ma ogólnie akceptowanego standardu specyfikowania parametrów czujników PM ani wykonywania ich pomiaru. Dlatego trudno zrozumieć i porównywać parametry podawane przez różnych producentów. Istotnym problemem jest występowanie w typowych aerozolach smogu zdecydowanie mniejszej frakcji wagowej cząstek większych PM10 niż mniejszych PM1 (nawet 5500 razy). Uzyskanie podobnej dokładności pomiarów wymaga zbierania danych dla PM10 przez wiele godzin. Dlatego wartości pomiarowe PM4 i PM10



Rysunek 2. Zasada działania toru optycznego [4]

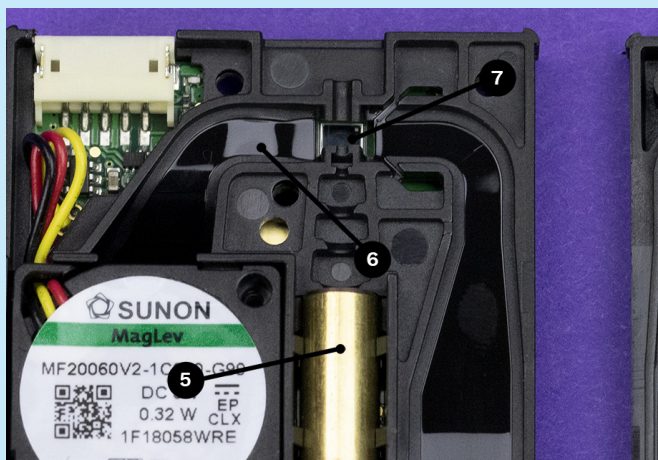
czujnika SPS30 są obliczane jako aproksymacja pomiarów PM0.5, PM1.0 oraz PM2.5 dla typowych składów mierzonych aerozoli [4].

Duże znaczenie dla czujnika pracującego w sposób ciągły ma poziom hałasu. Zależy on od pracy wiatraczka oraz od wibracji obudowy. Problemem może być przenoszenie wibracji poprzez mocowanie mechaniczne czujnika. Istotnym zagadnieniem dla długiej pracy czujnika jest dryft długoterminowy dokładności pomiarowej. Zależy on od temperatury pracy (szczególnie podwyższonej) oraz od cyklicznych zmian temperatury (powtarzalna niska i wysoka temperatura). Najważniejszym parametrem jest odporność na kurz. Jest ona testowana w warunkach obliczonych dla wysokiej koncentracji pyłów $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przez 10 lat.

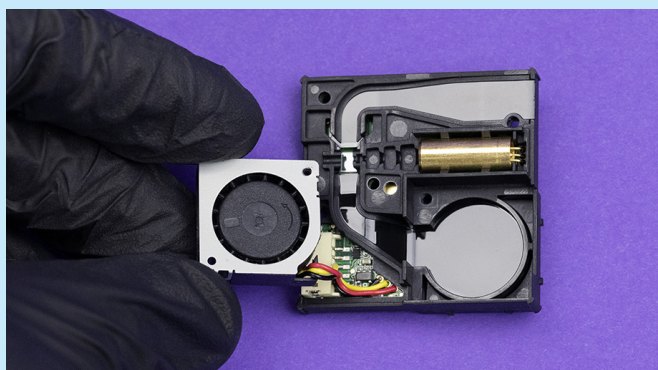
Budowa konstrukcyjna czujnika SPS30

Bardzo dobry opis rezultatu rozbierania czujnika SPS30 znajdziemy w Internecie [6]. Część (1) to gięta obudowa z blachy aluminiowej, zastrzaskiwana na obudowie plastikowej (2). W okolicach wlotu powietrza tworzy ona ruszty, służące (prawdopodobnie) do ograniczenia przepływu powietrza i/lub do ochrony przed wnikaniami większych cząstek lub zanieczyszczeń (rysunek 1).

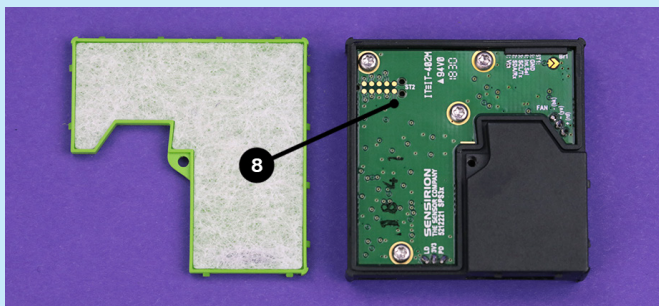
Pod jasnozieloną osłoną znajduje się mały filtr HEPA, który służy do oczyszczania przychodzącego „powietrza osłonowego” (opisany jest w dalszej części artykułu – rysunek 5). Zasysane jest tam czyste powietrze, które poprzez otwory w płytce drukowanej wpada na fotodiode. W ten sposób pozostaje ona czysta. Zasysany strumień powietrza jest następnie kierowany przez wiązkę światła laserowego, która odbija się od wszelkich cząstek znajdujących się w strumieniu powietrza (rysunek 2). Te jasne punkty można następnie wykryć za pomocą fotorezystora pod spodem. Poprzez „zliczanie jasnych punktów” czujnik pokazuje, ile cząstek stałych (zanieczyszczeń) znajduje się w dopływającym strumieniu powietrza. Rozmieszczenie lasera (5), ścieżki dolotowej powietrza (6) oraz czujnika światłoczułego (7) pokazuje rysunek 3.



Rysunek 3. Laser i czujnik światłoczuły [6]



Rysunek 4. Wentylator odśrodkowy [6]



Rysunek 5. Wloty powietrza osłonowego i filtr HEPA [6]

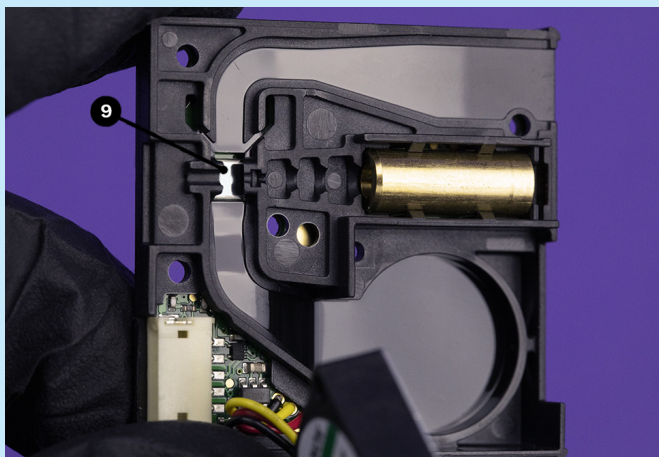
Kluczowe znaczenie w tego typu projektach ma:

- zapobieganie turbulencjom/przepływowi wstęcznemu w strumieniu powietrza,
- zapobieganie gromadzeniu się pyłu,
- utrzymywanie fotodiody w czystości,
- bezpieczne zarządzanie światłem lasera.

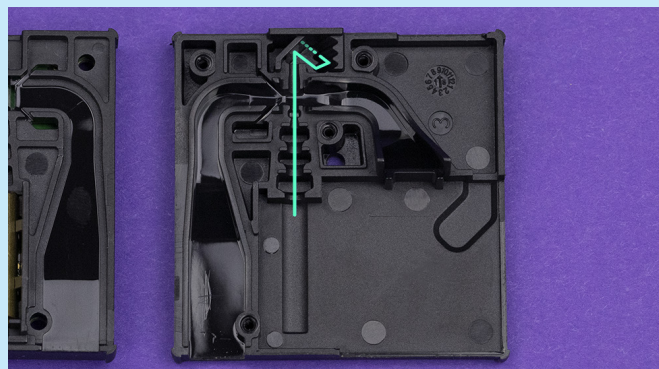
Spojrzenie pod wentylator Sunon daje lepszy obraz jego działania. Jest to miniaturowy wentylator odśrodkowy, który włacza powietrze do systemu dolotowego (rysunek 4). Pod wentylatorem znajduje się niewielka kieszeń, która działa jak jej wlot. Powietrze jest następnie wyciągane przez wentylator i usuwane z drugiej strony. Kanał dolotowy powietrza ma charakterystyczny kształt, który służy do tworzenia laminarnego przepływu strumienia powietrza w komorze pomiarowej (rysunek 3). Zmniejszenie przekroju jest stopniowe, a promień łuku wokół narożnika jest zaprojektowany tak, aby zapobiec przepływowi turbulentnemu. Jest to ważne, ponieważ przepływ turbulentny może powodować przepływ wsteczny, a przez to wprowadzać błędy do odczytów, takie jak cząstki poruszające się tam i z powrotem nad czujnikiem. Turbulencje mogą również powodować, że cząsteczki pyłu utkną w rogach, co z czasem pogorszy działanie urządzenia. Inną cechą widoczną w całym kanale przepływu powietrza jest prawie lustrzane wykończenie powierzchni. Taka konstrukcja zdecydowanie poprawia dokładność pomiaru pojedynczych cząstek.

Wydaje się, że filtr HEPA służy do tworzenia powietrza osłonowego (rysunek 5). Powietrze jest wyciągane przez ten sam wentylator i przechodzi przez filtr, a następnie przepływa przez górę płytki drukowanej i sływa przez małe dziurki (8). Czyste powietrze opływa fotoczujnik (9) w sposób ciągły, co pomaga uchronić go przed gromadzeniem się pyłu, który jest jednym z głównych źródeł błędów w tego rodzaju czujnikach (rysunek 6).

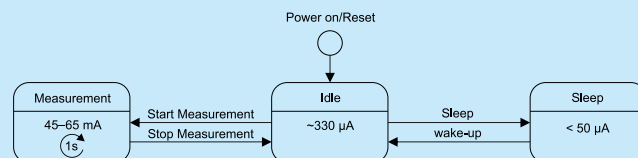
Światło lasera przechodzi przez serię przegród, co pomaga zmniejszyć rozproszenie i tworzy czysto skupioną wiązkę, która dochodzi do fotodetektora (rysunek 7). Po drugiej stronie fotodiody umieszczona jest komora rozpraszania wiązki. Światło lasera po wejściu do tej komory ulega bezpiecznemu rozproszeniu.



Rysunek 6. Kanał przepływu powietrza mierzonego [6]



Rysunek 7. Droga wiązki laserowej [6]



Rysunek 8. Tryby pracy czujnika SPS30 [3]

Tryby pracy czujnika SPS30

Czujnik SPS30 obsługuje komunikację w standardzie UART oraz I²C. Dla kabli połączeniowych dłuższych niż 20 cm (a nawet 10 cm) zaleca się stosować komunikację UART [3]. Nóżka GND (5) gniazdka ma połączenie z ekranem, dlatego należy zastosować izolowane zamocowanie czujnika. Przepływ prądu pomiędzy nóżką masy a ekranem może spowodować zniszczenie czujnika i niebezpieczeństwo przegrzania.

Są trzy tryby pracy czujnika SPS30 (rysunek 8):

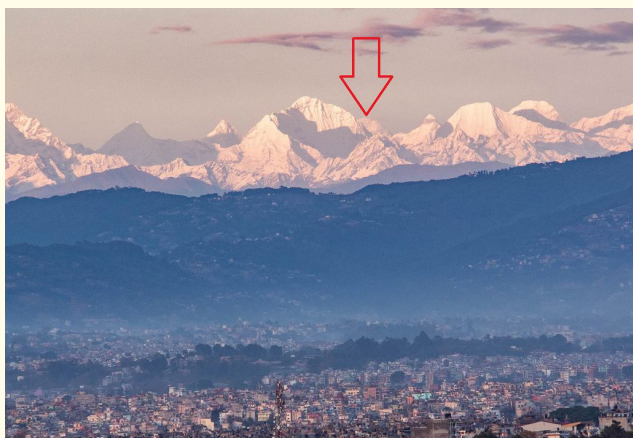
1. Tryb oczekiwania (Idle):
 - tryb aktywny po włączeniu zasilania,
 - większość układów elektronicznych jest wyłączona,
 - wiatraczek i laser są wyłączone,
 - moduł obsługuje odczyt poleceń ze złącza komunikacyjnego.
2. Tryb pomiaru (Measurement):
 - do trybu można przejść tylko z trybu czuwania,
 - wszystkie układy elektroniczne są włączone, pobierany jest maksymalny pobór mocy,
 - pomiary są wykonywane w sposób ciągły z przetwarzaniem danych pomiarowych,
 - wyniki nowego pomiaru są dostępne co jedną sekundę.
3. Tryb uśpienia (Sleep):
 - do trybu można przejść tylko z trybu czuwania,
 - większość układów elektronicznych jest wyłączona,
 - wiatraczek i laser są wyłączone,
 - mikroprocesor jest w stanie uśpienia,
 - interfejs komunikacyjny UART/I²C jest wyłączony.

Wybudzenie czujnika z trybu uśpienia następuje poprzez podanie impulsu niskiego poziomu na wejściu RX/SDA, a następnie do czujnika wysyłane jest polecenie Wakeup. Jeśli polecenie zostanie odebrane w ciągu 100 ms, czujnik przechodzi do trybu oczekiwania. W przeciwnym przypadku czujnik powraca do stanu uśpienia.

Automatyczne czyszczenie wiatraczka

W trybie pomiaru wykonywana jest okresowo procedura czyszczenia wiatraczka. Wykonywane jest zwiększenie obrotów wiatraczka do wartości maksymalnej na 10 sekund, aby usunąć kurz zgromadzony wewnątrz wiatraczka. Podczas wykonywania procedury czyszczenia dane pomiarowe nie są aktualizowane.

Domyślny odstęp czasu dla uruchamiania procedury czyszczenia jest ustawiony na 604800 s (czyli co 168 godz. lub co tydzień) z dokładnością $\pm 3\%$. Odstęp czasu może być konfigurowany poleceniem *Set Automatic Cleaning Interval*. Ustawienia odstępu czasu



10 maja 2020 po raz pierwszy (odkąd sięgamy pamięcią), szczyt Mount Everest, mierzący 8848 m n.p.m., był widoczny gołym okiem z oddalonego o blisko 200 km Katmandu – donosi „Nepal Times” [7]. Zdjęcie Mount Everestu zrobił Abhushana Gautama w wiosce Chobar, która z perspektywy Mount Everestu leży nawet dalej, za Katmandu.

Jeszcze dwa miesiące temu nie byłoby to możliwe, bo wszechobecny smog i emisje spalin, które są największym źródłem zanieczyszczenia powietrza w dolinie Katmandu, nie pozwoliłyby na to. Globalna blokada, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się koronawirusa, sprawiła jednak, że z dróg zniknęły pojazdy, a przemysł się zatrzymał. W pierwszym tygodniu od wprowadzenia ograniczeń sprzedaż benzyny w całym kraju spadła do sześciu procent. Oczyszcziło to powietrze nad Katmandu i nad całym Nepalem.

są przechowywane w pamięci nieulotnej, ustawienie wartości zerowej odstępów wyłącza automatyczne czyszczenie wiatraczka.

Procedura może zostać uruchomiona ręcznie poprzez wysłanie polecenia *Start Cleaning*. Wyłączenie zasilania czujnika powoduje wyzerowanie licznika odstępów czasu czyszczenia. Przy pracy okresowej czujnika, np. raz na dzień, należy zapewnić wykonywanie procedury czyszczenia wiatraczka co najmniej raz na tydzień.

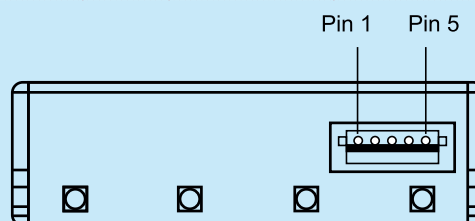
Cyfrowy interfejs komunikacyjny

Złącze interfejsu cyfrowego jest zlokalizowane na ścianie przeciwnej niż wlot/wylot powietrza. Pasuje do niego wtyczka ZHR5 firmy JST Sales America Inc. Lokalizację tę pokazuje rysunek 9.

Do podłączenia modułu SPS30 do komputera zastosowany został kabel konwertera USB na UART z sygnałami o poziomie napięcia 3,3 V o oznaczeniu TTL232R3V3WE firmy FTDI. Bazuje on na układzie scalonym FT232RQ firmy FTDI i dodatkowo dostarcza zasilanie 5 V o prądzie do 75 mA. Umożliwia szybkie i łatwe łączenie urządzeń z szeregowym interfejsem UART do portu USB. Strona USB kabla jest zasilana z USB i kompatybilna ze standardem USB 2.0, na drugim końcu są nieosłonięte i ocynowane przewody. Na czterech przewodach (VCC, RXD, TXD, GND) została zamontowana wtyczka ZHR5 (JST Sales America Inc) [3]. Umożliwia to dołączenie kabla konwertera do odpowiednich wyprowadzeń (VDD, RX, TX, GND) złącza interfejsu cyfrowego czujnika SPS30. Wejście SEL tego złącza

Tabela 1. Sygnały interfejsu cyfrowego czujnika SPS30 [3]

Numer wyprowadzenia w złączu	Nazwa	Opis	Komentarz
1	VDD	Zasilanie	5 V ± 10%
2	RX	UART: wejście odbiornika	Kompatybilne z TTL 5 V oraz LVTTTL 3,3 V
	SDA	I ² C: dane we/wy	
3	TX	UART: wyjście nadajnika	Kompatybilne z TTL 5 V oraz LVTTTL 3,3 V
	SCL	I ² C: sygnał zegarowy	
4	SEL	Wybór typu interfejsu cyfrowego	Pozostaw niepodłączone dla wyboru UART
			Dołącz do GND dla wyboru I ² C
5	GND	Masa	Obudowa i GND

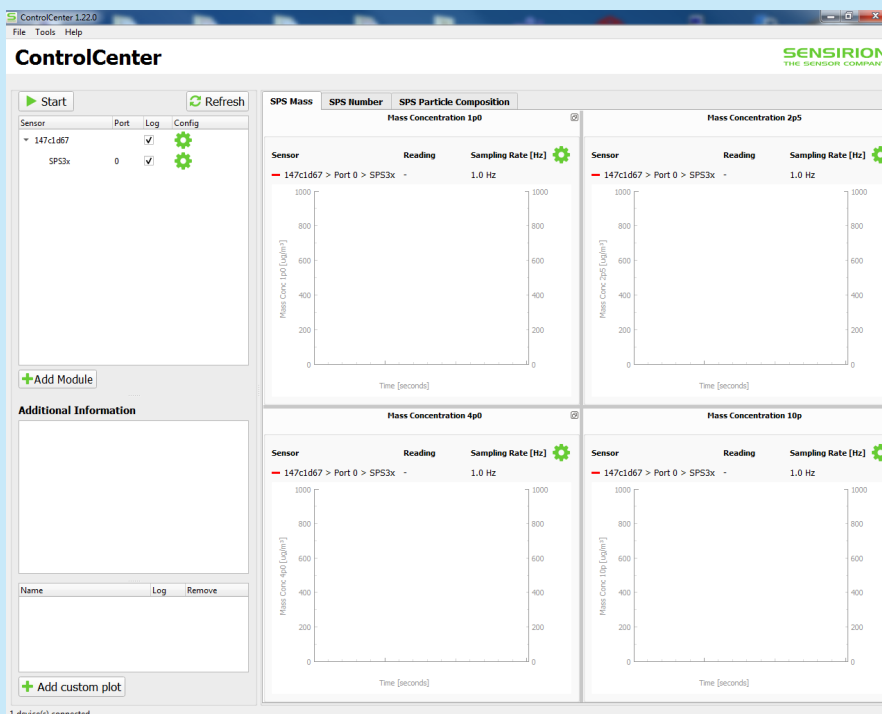


Rysunek 9. Złącze interfejsu cyfrowego czujnika SPS30 [3]

pozostaje niepodłączone, co oznacza wybór pracy czujnika SPS30 z protokołem UART.

Aplikacja ControlCenter

Do pracy z czujnikiem SPS30 została zastosowana aplikacja *ControlCenter* firmy Sensirion. Jej instalowanie i użytkowanie zostało dokładnie omówione w jednym z poprzednich artykułów pt. „Pomiary z czujnikami jakości gazu SGP30, SPGPC3 oraz dwutlenku węgla SCD30 firmy



Rysunek 10. Okno główne aplikacji ControlCenter po uruchomieniu

Wybrane pozostałe artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy”

- [S32] Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury, EP 12/2019
- [S35] Cyfrowe czujniki gazu, EP 3/2020
- [S38] Cyfrowe czujniki pyłów, EP 6/2020
- [S39] Pomiary z czujnikami jakości gazu SGP30, SPGPC3 oraz dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion, EP 7/2020

Literatura

- [1] Particulate Matter Sensing for Air Quality Measurements, Livio Lattanzio, Sensirion, <https://bit.ly/2Xygrhc>
- [2] Aerozole atmosferyczne, Wikipedia, 4 lutego 2020, <https://bit.ly/2X7oAUv>
- [3] Datasheet SPS30, Particulate Matter Sensor for Air Quality Monitoring and Control, Version 1.0, March 2020, Sensirion, <https://bit.ly/3g0gses>
- [4] Sensor Specification Statement, How to Understand Specifications of Sensirion Particulate Matter Sensors, Version 1, March 2020, Sensirion, <https://bit.ly/3kQOZBp>
- [5] Particulate Matter Sensor SPS30, Sensirion, <https://bit.ly/3aulMpi>
- [6] Teardown: Sensirion, 04.25.2019, Angela May, MistyWest, <https://bit.ly/2yDTPwU>
- [7] Mount Everest był widoczny gołym okiem z prawie 200 km. „Niedawno byłoby to niemożliwe” Bartłomiej Kubiak, 22.05.2020, SPORT.PL, <https://bit.ly/3iFtfVF>

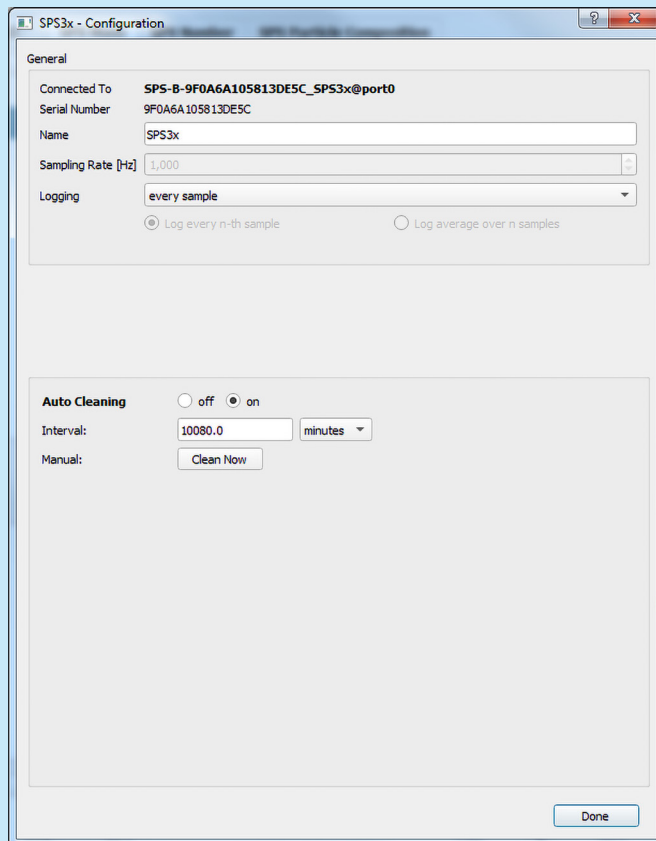
Sensirion” [S39]. Po podłączeniu czujnika SPS30 kablem konwertera USB do komputera instalowane są sterowniki USB. Po uruchomieniu aplikacji *ControlCenter* automatycznie znajdowany jest czujnik SPS30 i wyświetlane jest okno główne aplikacji (**rysunek 10**). W lewym górnym rogu okna aplikacji wyświetlana jest lista wykrytych urządzeń. Pierwsza linia dotyczy konwertera USB. Po kliknięciu na ikonkę w postaci koła zębatego otwierane jest okno konfiguracyjne wybranego urządzenia. Dla konwertera USB pokazywane są tylko numer wirtualnego portu COM oraz prędkość transmisji (115200).

Okno konfigurowania czujnika SPS30 umożliwia ustawienie liczby pomiarów do uśredniania (1 – każda, 2, 5, 10, 100, 1000) oraz zapisanie logu z przereźdzeniem lub z uśrednianiem (**rysunek 11**). Można też ustawić odstęp czasu, co ile wykonywana będzie procedura czyszczenia wiatraczka (*Auto Cleaning*).

Wykresy danych z czujników są pokazywane w prawym panelu okna aplikacji (**rysunek 10**), zgrupowane wedle typów w osobne zakładki. Po prawej stronie każdego wykresu znajduje się ikonka w postaci koła zębatego. Wyświetla ona okno *Plot Settings* z możliwością ustawienia przedziału czasu pokazywanego przebiegu (domyślnie 300 s), częstotliwości aktualizacji wykresu (domyślnie 1 Hz), wyboru automatycznego skalowania oraz ustawienia formatu skali czasowej: w sekundach (czas bieżący od początku akwizycji) lub czas zegarowy. Dodatkowo można ustawić zakres skali wartości (domyślnie 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, N/cm^3 oraz 2 μm). Po kliknięciu na pole wykresu można go przeciągać w górę i w dół, a kółkiem myszy zmieniać zakres skali wartości. Podwójne kliknięcie powoduje przywrócenie ustawień domyślnych.

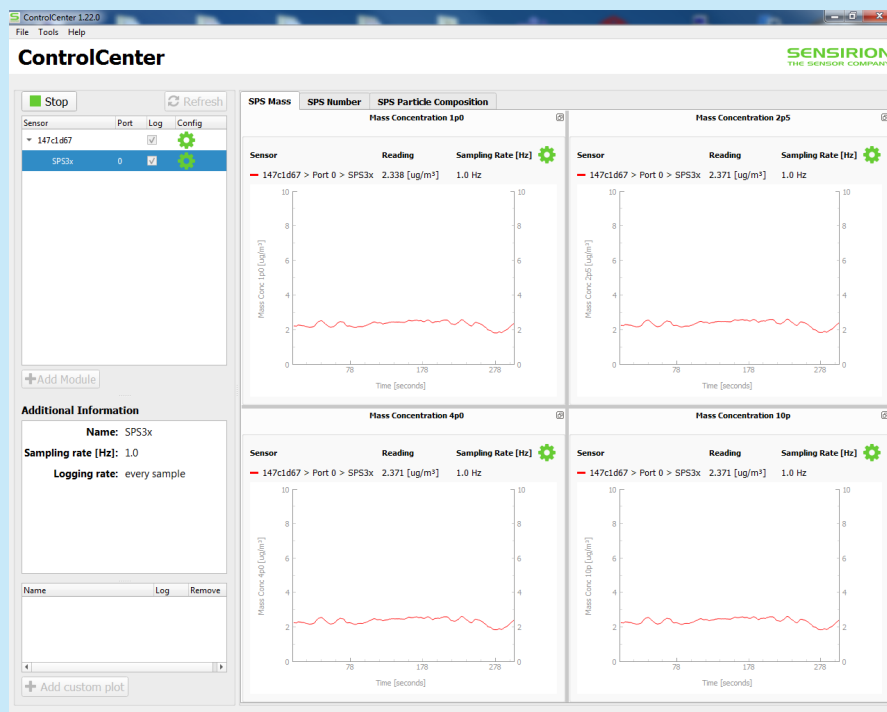
Badania

Porównanie działania czujników jest bardzo trudne ze względu na konieczność



Rysunek 11. Okno konfiguracyjne czujnika SPS30

zapewnienia stabilnych warunków pracy. Do referencyjnego pomiaru warunków pomiarowych zastosowano zestaw *SHT31 Smart Gadget* firmy Sensirion, z czujnikami SHT31. Poprzednie próby, opisane w artykule pt. „Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury”, pokazały bardzo stabilne, precyzyjne i wiarygodne działanie tego zestawu [S32]. Pomiary wykonywane były w warunkach domowych, po długim okresie przelotnych deszczów, przy temperaturze ok. 25°C i wilgotności na poziomie ok. 45%, czyli typowe pogodne lato.



Rysunek 12. Czujnik SPS30 – pomiar stężenia masowego

Na panelu SPS Mass pokazywane są cztery wykresy pomiaru stężenia masowego w jednostkach $\mu\text{g}/\text{m}^3$ osobno dla pomiarów PM1.0, PM2.5, PM4 oraz PM10.

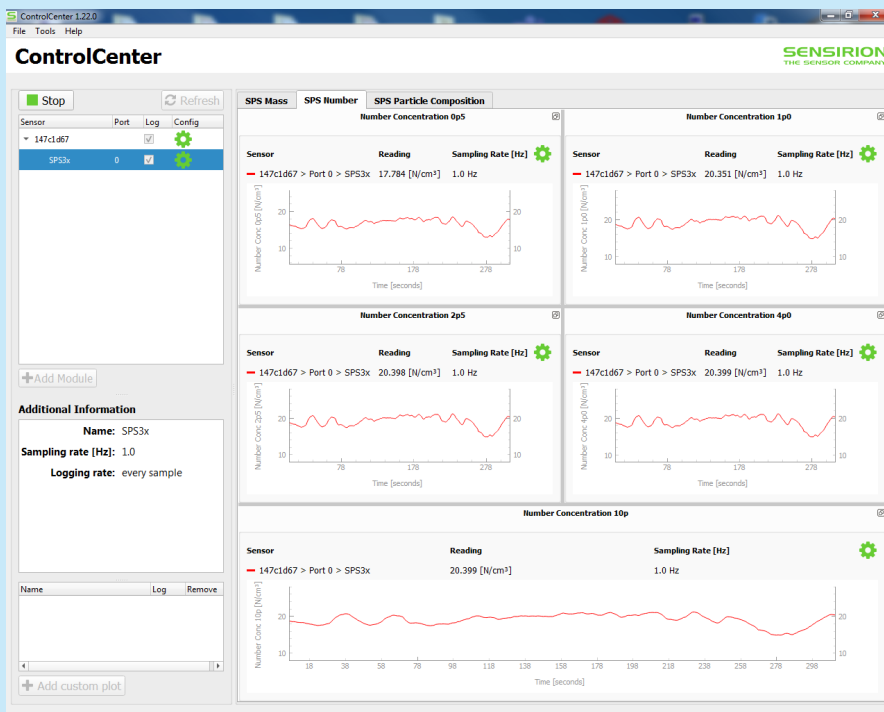
Rysunek 12 pokazuje przykładowy pomiar pierwszych 300 s po włączeniu czujnika SPS30. Jak widać, czujnik od razu wykonuje skalibrowane pomiary. Na panelu *SPS Number* pokazywane jest pięć wykresów pomiaru stężenia liczbowego w jednostkach N/cm^3 , osobno dla PM0.5, PM1.0, PM2.5, PM4 oraz PM10. **Rysunek 13** pokazuje przykładowy pomiar pierwszych 300 s po włączeniu czujnika SPS30, tych samych co na rysunku 12. Na panelu *SPS Particle Composition* pokazywane są dwa wykresy słupkowe rozkładu pomiarów stężenia masowego oraz liczbowego (**rysunek 14**). Osobny wykres pokazuje typowy rozmiar cząstek pyłu w μm . Wykrywanie większości cząstek o małych rozmiarach jest zgodne z publikowanymi pomiarami kurzu domowego [1].

Podsumowanie

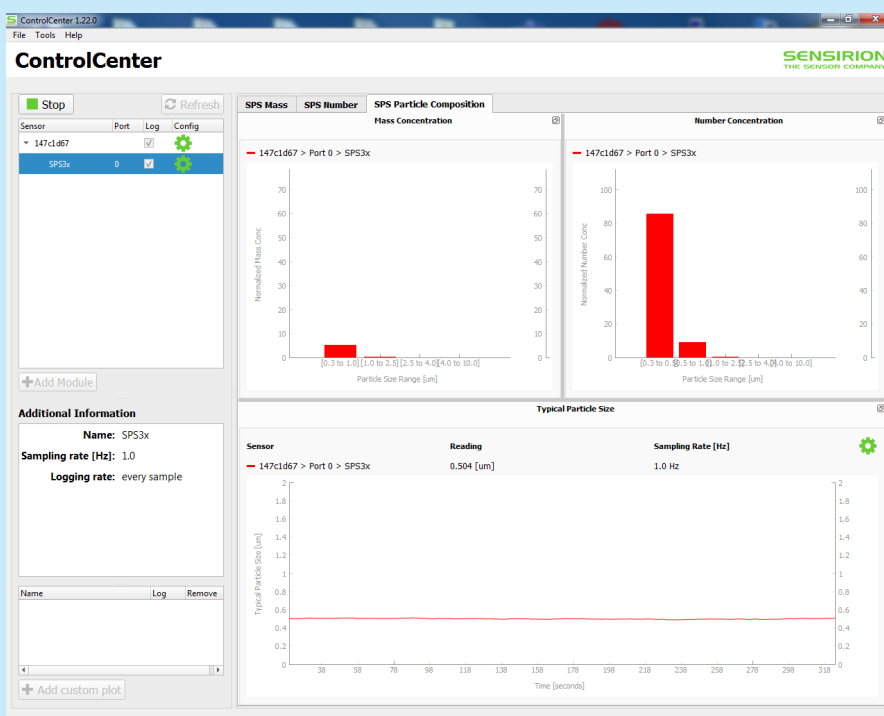
Zastosowanie czujnika SPS30, obsługiwane przez firmową aplikację SEKControlCenter, umożliwiła szybką i profesjonalną pracę z pomiarem poziomu pyłów. Jest on pomocny ze względu na skomplikowaną obsługę interfejsu cyfrowego czujników i konieczność spełnienia wymagań sprzętowych, np. zasilania i poziomów logicznych sygnałów. Problematiczne jest też przetwarzanie surowych danych odczytanych z czujników. Wygoda jest jednak okupiona ograniczeniami w skonfigurowaniu zestawu pomiarowego oraz w dopasowaniu konfiguracji aplikacji do potrzeb.

Powyższy opis jest relacją z pierwszych prób użycia czujnika SPS30. Pomimo łatwości rozpoczęcia pracy i szybkiego uzyskania wyników pomiarów, ich interpretacja wymaga już sporej wiedzy dotyczącej metodologii pomiarów parametrów środowiska, technologii pomiarowej czujników oraz metod i procedur kalibracji czujnika.

Odporność czujnika SPS30 na kurz i zaawansowane technologie kategoryzowania rozmiaru cząstek stanowią zaletę w wielu zastosowaniach, np. monitorowanie jakości powietrza, oczyszczacze powietrza i HVAC. Czujnik, który poprawnie działa przez cały okres użytkowania urządzenia, gwarantuje dobrą jakość powietrza końcowemu użytkownikowi oraz zwiększa efektywność energetyczną. Zwiększona liczba przedziałów pomiarowych frakcji pyłów i wyższa dokładność, pomagają wykonywać określone działania w oparciu na wykrywanym składzie cząstek i poprawiają monitorowanie żywotności czujnika, w oparciu na informacjach o typie zanieczyszczenia, zebranych podczas pracy urządzenia. Pomiary podczas testów czujnika SPS30 były przeprowadzone w Pekinie. Wyniki uzyskane w czasie



Rysunek 13. Czujnik SPS30 – pomiar stężenia liczbowego



Rysunek 14. Czujnik SPS30 – rozkład statystyczny danych pomiarowych

rzeczywistym pokrywały się w 97% z wynikami z ambasady USA (BAM1020), oddalonej około 1,4 km od ambasady Szwajcarii, gdzie zamontowano czujnik SPS30.

Obecnie rynek czujników pyłów jest napędzany głównie przez układy oczyszczania powietrza, wentylację i klimatyzację. Obniżenie ceny, wydłużenie czasu poprawnej pracy oraz zwiększenie łatwości użycia czujników pyłów spowoduje znaczący wzrost ich użycia w aplikacjach konsumenckich oraz IoT, szczególnie w czasach pandemii COVID-19.

Henryk A. Kowalski
Politechnika Warszawska
Instytut Informatyki