



Systemy dla Internetu Rzeczy (39)

Pomiary czujnikami jakości gazu SGP30, SPGPC3 oraz dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion

Monitorowanie jakości powietrza nabiera dużego znaczenia w czasach epidemii choroby górnych dróg oddechowych COVID-19. Doskonale się do tego nadają małe, dokładne ale tanie czujniki jakości gazu serii SGP3xx oraz czujnik dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion. Pierwsze próby w tej dziedzinie bardzo ułatwia zestaw narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit firmy Sensirion składający się z modułu bazowego SEK-SensorBridge oraz dołączanych do niego zestawów ewaluacyjnych z czujnikami. Czujniki firmy Sensirion zapewniają szczegółowe i wiarygodne dane dotyczące kluczowych parametrów środowiskowych, takich jak wilgotność, temperatura, lotne związki organiczne (VOC), pyły zawieszane (PM2,5) i CO₂. Całość jest obsługiwana przez firmową aplikację SEK-ControlCenter.

Wprowadzenie do tematyki pomiarów gazów zostało zamieszczone w jednym z poprzednich odcinków kursu [S35]. Zostały tam omówione zagadnienia dotyczące lotnych związków organicznych

(VOC) i ich pomiarów, zagadnienia pomiarów równoważnika dwutlenku węgla eCO₂ (CO₂eq) oraz określania jakości powietrza w pomieszczeniach (IAQ). Zostały przedstawione wiodące technologie pomiarów oraz reprezentatywne układy scalone różnych producentów z interfejsem cyfrowym. Również we wcześniejszym odcinku kursu były omówione scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury [S32].

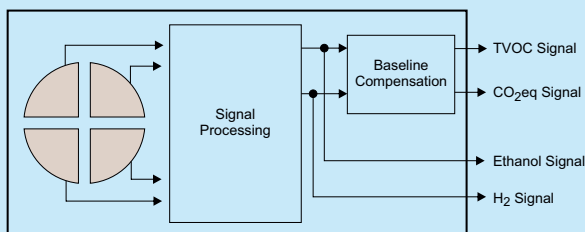
Teraz zajmijmy się praktyczną pracą z czujnikami gazów serii SG3xx firmy Sensirion. Seria najmniejszych na świecie cyfrowych czujników gazu SGP firmy Sensirion stwarza duże możliwości pomiaru jakości powietrza w pomieszczeniach [1]. Istotnym uzupełnieniem będzie praca z czujnikiem dwutlenku węgla SCD30.



ARROW ELECTRONICS

Podziękowania dla pana Cezarego Rodziewicza, inżyniera aplikacyjnego w firmie Arrow Electronics Poland za udostępnienie modułu bazowego SEK-SensorBridge, zestawów SEK-SGP30-Sensor i SEK-SGPC3-Sensor, modułów SVM30 i SCD30 oraz modułów sprzętowych „SHT31 Smart Gadget Development Kit”.

SEK-SGP30-Sensor i SEK-SGPC3-Sensor, modułów SVM30 i SCD30 oraz modułów sprzętowych „SHT31 Smart Gadget Development Kit”.



Rysunek 1. Schemat blokowy czujnika SGP30 firmy Sensirion [2]

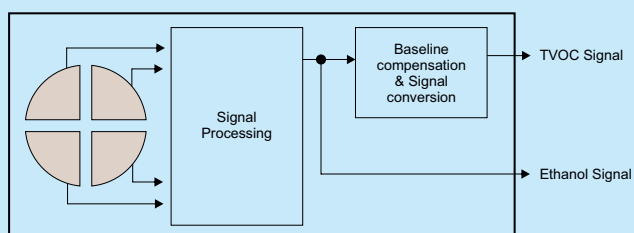
Czujnik jakości powietrza SGP30

Układy serii SGP są zintegrowane w bardzo małej wodoodpornej i pyłoszczelnej obudowie DFN 2,45×2,45×0,9 mm z interfejsem I²C i w pełni skalibrowanymi sygnałami wyjściowymi informującymi o jakości powietrza [1]. Firma Sensirion dostarcza darmowy kod sterownika do obsługi łącza I²C układów serii SGP3xx zarówno z wykorzystaniem sprzętowego modułu peryferyjnego mikrokontrolera jak również z zastosowaniem wyprowadzeń GPIO.

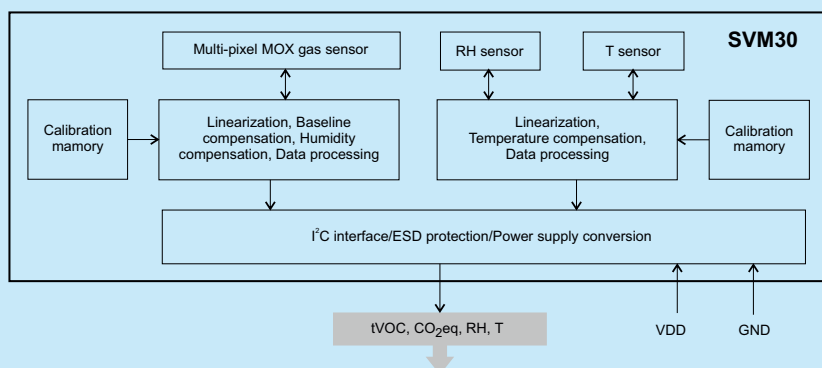
Czujnik jakości powietrza SGP30 firmy Sensirion integruje cztery elementy czujnikowe (piksele) w jednym układzie scalonym (rysunek 1). Mikroplątka z kontrolowaną temperaturą zapewnia stabilną pracę czterech pojedynczych pikseli czujnikowych. Zastosowane w układzie algorytmy przetwarzania do kalibracji poziomu odniesienia (baseline), temperatury i wilgotności przekształcają sygnały pikseli czujnika we wstępnie przetworzone i skalibrowane sygnały cyfrowe, takie jak stężenie VOC w otoczeniu i równoważne stężenie CO₂ [2].

Parametry układu SGP30:

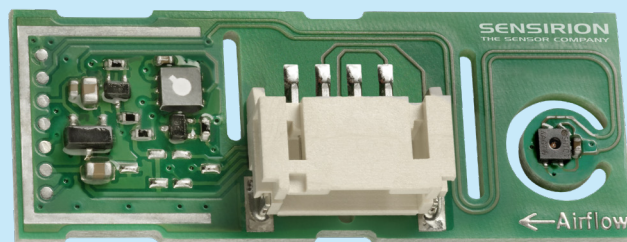
- metoda pomiarowa: półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOXSens oraz CMOSens,
- wyjście: TVOC [ppb], CO₂eq [ppm] oraz sygnały surowe (Ethanol i H₂),
- zakres: TVOC: 0...60000 ppb, CO₂eq: 400...60000 ppm,
- dokładność: 15% wartości mierzonej typ.,
- rozdzielczość: 0,2% wartości mierzonej typ.,
- stabilność długoterminowa: typ 1,3% wartości maksymalnej na rok,
- typowa częstotliwość pomiarów: 1 sps,
- maksymalna częstotliwość pomiarów: 40 sps,
- kompensacja poziomu odniesienia: wewnętrzny algorytm kompensacji (dla typowej częstotliwości pomiarów),



Rysunek 2. Schemat blokowy czujnika SGPC3 firmy Sensirion [3]



Rysunek 3. Schemat blokowy modułu SVM30 firmy Sensirion [6]



Fotografia 1. Moduł SVM30 firmy Sensirion [5]

- kompensacja zmian wilgotności: tak, przy zastosowaniu zewnętrznego czujnika,
- napięcie zasilania: 1,62...1,98 V (1,8 V typ.),
- prąd w trakcie pomiaru: 48 mA typ. (przez czas ok. 40 ms),
- prąd uśpienia: 2 μA typ.,
- interfejs cyfrowy: I²C 1,8 V typ.,
- słowo danych: 16 bitów plus CRC.

Układ SGP30 nie obsługuje wyższego napięcia zasilania (np. 3,3 V) co w takim przypadku powoduje konieczność stosowania translatora poziomów. Na rok 2020 planowane jest udostępnienie wersji układów z wyższym napięciem pracy.

Czujnik jakości powietrza SGP3

Firma Sensirion wprowadziła niedawno na rynek wielopikselowy czujnik gazu SGPC3 niskiej mocy [3]. Czujnik mierzy tylko poziom VOC (rysunek 2). Jest umieszczony w takiej samej małej obudowie co SGP30 ale wyróżnia się bardzo niską mocą zasilania. Średni prąd SGPC3 wynosi 0,98 mA w trybie niskiej mocy (pomiar co 2 s) oraz 0,065 mA w trybie ultra niskiej mocy (pomiar co 30 s). Pozostałe parametry są takie same jak dla SGP30.

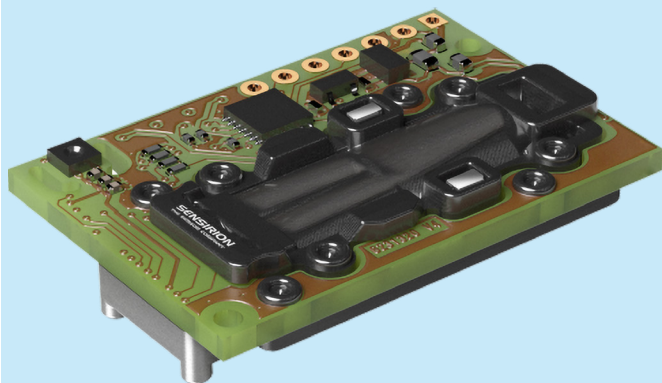
Cyfrowy czujnik wilgotności i temperatury serii SHTC1

Dzięki opatentowanej technologii CMOSens firma Sensirion jako pierwsza zaoferowała cyfrowy czujnik wilgotności klasy motoryzacyjnej ze skalibrowanym i zlinearyzowanym sygnałem wyjściowym. Co trzeci samochód ma zainstalowany czujnik wilgotności względnej firmy Sensirion [7].

SHTC1 to cyfrowy czujnik wilgotności zaprojektowany specjalnie do zastosowań w elektronice użytkowej [8]. Obejmuje zakres pomiaru wilgotności od 0 do 100% RH oraz zakres pomiaru temperatury od -30°C do 100°C z typową dokładnością ±3% RH i ±0,3°C.

Moduł pomiaru jakości powietrza SVM30

SVM30 to wielofunkcyjny moduł czujnika gazu, wilgotności i temperatury [5] zawierający czujnik gazu SGP30 [6] oraz czujnik wilgotności i temperatury SHTC1 [7]. Zastosowanie obu czujników pozwala na linearyzację i skalibrowanie sygnału jakości powietrza, a także kompensację krzyżowej czułości wilgotności (rysunek 3). Moduł ma wymiary 39×15×7,2 mm z zamontowanym 4 wyprowadzeniowym gniazdkiem dla I²C. Moduł dostarczany jest w pełni przetestowany i skalibrowany. Czujnik RH/T jest zamontowany na izolowanej „wyspie” płytki drukowanej (fotografia 1, po prawej). Zalecane jest takie zorientowanie modułu, aby powietrze napływało od strony czujnika RH/T. Pozwala to uniknięcia efektu podgrzewania powietrza przez pozostałą elektronikę (w tym czujnik gazu). Moduł pracuje z typowym napięciem zasilania 5 V i prądem średnim 49 mA. Wyprowadzenia SCL i SDA modułu są wewnętrznie podciągnięte do zasilania 5 V. Moduł nie obsługuje układów zewnętrznych o niższym napięciu zasilania (np. 3,3 V).



Fotografia 2. Moduł SCD30 firmy Sensirion [9]

Moduł SCD30 czujnika CO₂

Moduł SCD30 firmy Sensirion to wysokiej jakości czujnik CO₂ z zastosowaniem pomiaru metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR) [9]. Firma Sensirion opracowała termostos (*thermopile*) w oparciu o technologię CMOSens. Technologia ta umożliwia integrację funkcji cyfrowych i analogowych CMOS z bardzo cienką membraną wykonaną w warstwie metalowej. Technologia czujnika gazu CO₂ obejmuje nie tylko struktury w krzemie. Obudowa i filtry podczerwieni są również bardzo ważne dla dokładności pomiaru. Dzięki dwukanałowemu pomiarowi stężenia dwutlenku węgla (wbudowany kanał referencyjny) czujnik automatycznie kompensuje zmiany długoterminowe. Mikrokontroler o bardzo niskiej mocy firmy STMicroelectronics steruje modulem i komunikacją [11].

Aby poprawić dokładność, SCD30 ma wbudowane najlepsze w swojej klasie czujniki temperatury i wilgotności SHT31. Dodatkową dokładność można uzyskać przy uwzględnieniu odczytów ciśnienia otoczenia przez zewnętrzny czujnik. Czujnik jest dostarczany w pełni skalibrowany i zlinearyzowany. SCD30 oferuje też procedurę automatycznej autokalibracji.

Parametry modułu SCD30 [10]:

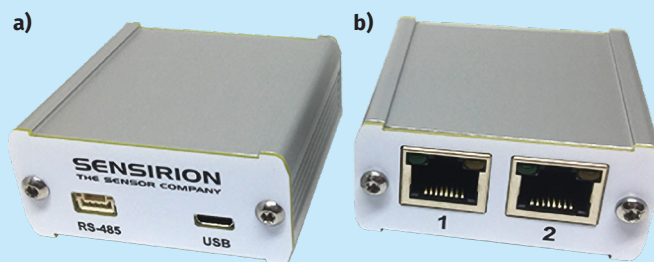
- metoda pomiarowa: pomiar CO₂ metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR),
- zakres: 0...40 000 ppm,
- dokładność: ±30 ppm,
- powtarzalność: ±10 ppm,
- czas odpowiedzi (t63): 20 s,
- stabilność temperaturowa: 2,5 ppm/°C (0...50°C),
- stabilność długoterminowa: ±50 ppm,
- kompensacja poziomu odniesienia: wewnętrzny kanał referencyjny,
- napięcie zasilania: 3,3...5,5 V,
- prąd średni: 19 mA typ. (pomiar co 2s),
- prąd w trakcie pomiaru: 75 mA max.,
- interfejs cyfrowy: UART lub I²C, PWM,
- słowo danych: 16 bitów plus CRC.

Moduł SCD30 jest zbudowany w postaci zintegrowanej płytki drukowanej o wymiarach zewnętrznych 7×23×35 mm i masie 4 g (fotografia 2). Bardzo mała wysokość modułu umożliwia łatwą integrację w różnych aplikacjach.

Moduł bazowy SEK-SensorBridge

Zestaw narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit firmy Sensirion składa się z modułu bazowego SEK-SensorBridge oraz dołączanych do niego zestawów ewaluacyjnych [12]. Każdy zestaw składa się z kabla adaptera RJ45 (1 m) z wtyczką pasującą do złącza modułu czujnika. W zestawie jest też jeden moduł czujnika (lub trzy) [13]. Całość jest obsługiwana przez firmową aplikację SEK-ControlCenter [14].

Moduł SEK-SensorBridge ma dwa porty akwizycji danych ze złączami RJ45 (fotografia 3b). Nie mają one nic wspólnego z siecią



Fotografia 3. Widok SEK-SensorBridge (a) gniazdka komunikacji z komputerem (b) gniazdka RJ45 portów dołączania czujników [12]

komputerową – zostały tylko zastosowane do dołączenia do ośmiu linii sygnałowych łączy SPI i I²C oraz zasilania.

Każdy port modułu SEK-SensorBridge reprezentuje osobny kanał akwizycji i posiada następujące cechy:

- obsługa szyny I²C z zegarem do 1 MHz,
- ustawiane napięcie zasilania w zakresie 1,2...5,5 V,
- prąd zasilania do 250 mA dla 5 V,
- wejście analogowe 0...5,5 V,
- obsługa szyny SPI z zegarem do 2 MHz.

Standardowym interfejsem między modulem SensorBridge a komputerem jest USB Virtual COM Port, wykorzystujący standardowe złącze micro USB (fotografia 3a). Zapewnia to szybki interfejs plug-and-play do komputera i działa bezproblemowo z oprogramowaniem SEK-ControlCenter. Do komputera można podłączyć kilka modułów SensorBridge w celu równoczesnej akwizycji danych z wielu czujników. Moduł SensorBridge można również podłączyć do komputera poprzez interfejs RS485. Umożliwia to podłączenie kilku modułów SensorBridge na jednej magistrali i zasilanie ich tylko jednym zasilaniem. Ponadto interfejs RS485 może obsługiwać duże odległości między urządzeniami a komputerem.

Moduł SEK-SensorBridge obsługuje wiele typów czujników: SHTC3, SHTW2, SHT31, SCC30, SHT35, SGP30, SGPC3 oraz moduły SCD30 i SVM30. Moduł może pracować z więcej niż jednym czujnikiem dołączonym do tego samego kanału. Jednak w praktyce występują ograniczenia. Dołączane czujniki muszą:

- posiadać różny adres szyny I²C,
- pracować z tym samym napięciem zasilania,
- obsługiwać odpowiedni zakres częstotliwości pracy szyny I²C.

Moduł jest łatwy w użyciu jednak poważnym ograniczeniem jest mała liczba portów, brak sygnalizacji podłączenia zasilania oraz stosunkowo wysoka cena.

Czujnikowe zestawy ewaluacyjne

Na firmowej stronie kompletowania indywidualnych zestawów narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit jest pokazanych 9 zestawów ewaluacyjnych z czujnikami, przydatnych do dołączenia do modułu bazowego SEK-SensorBridge [13]. Obejmują one pomiar temperatury, wilgotności względnej, jakości powietrza i CO₂. Jednak na internetowych stronach dystrybutorów jest pokazanych 5 dodatkowych firmowych zestawów do pomiaru przepływu. I tutaj zaczynają się problemy – obie firmowe strony dotyczące zestawu SEK są bardzo nieczytelne [12, 13]. Trudno jest znaleźć dokładne informacje, oprócz odnośników do stron, czujników oraz miejsc zakupu. Na liście zestawów ewaluacyjnych znajduje się też zestaw SEK-SPS30, który wcale nie wymaga modułu SEK-SensorBridge.

Zestaw SEK-SGP30-Sensor oraz SEK-SGPC3-Sensor

Zestaw składa się z kabla adaptera zakończonego z jednej strony wtyczką RJ45 a z drugiej strony złączem czteresygnałowym przeznaczonym do złącza powierzchniowego na elastycznej płytce drukowanej (FPCB). Obok niego jest równolegle podłączone czteresygnałowe



Fotografia 4. Zestawy SEK-SGPC3-Sensor oraz SEK-SGP30-Sensor dołączone do modułu bazowego SEK-SensorBridge [13]

gniazdko z rozstawem 1 mm. Do zestawu są dołączone trzy moduły czujnikowe (oznaczone na opakowaniu jako SGPxx on PCB) z układem scalonym SGP30 (SGPC3) zamontowanym na elastycznej płytce drukowanej [13]. Oba zestawy wyglądają tak samo (fotografia 4).

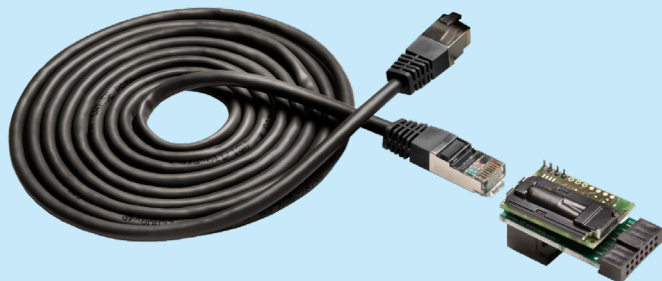
Moduły czujnikowe na elastycznej płytce drukowanej nie mają dokumentacji, ani nie są dostępne do kupienia osobno. Kolejnym problemem jest brak czytelnego oznaczenia typu czujnika na płytce drukowanej. Oznaczenia na obudowie układu scalonego są w praktyce nieczytelne.

Zestaw SEK-SVM30-Sensor

Zestaw składa się z kabla adaptera zakończonego z jednej strony wtyczką RJ45 a z drugiej strony jest złącze do gniazdka na module SVM30 (fotografia 5). Dołączony jest też jeden moduł czujnikowy [13].



Fotografia 5. Zestaw ewaluacyjny SEK-SVM30-Sensor z modulem czujnikowym SVM30-J [13]



Fotografia 6. Zestaw ewaluacyjny SEK-SCD30-Sensor z modulem czujnikowym SCD30 [13]

Zestaw SEK-SCD30-Sensor

Zestaw składa się z kabla zakończonego z obu stron wtyczką RJ45 oraz modułu SCD30 nałożonego na specjalną płytkę drukowaną adaptera (fotografia 6). Na złączu modułu SCD30 są używane tylko cztery wyprowadzenia zawierające zasilanie oraz dwie linie standardu I²C [13]. Dużym utrudnieniem jest brak dokumentacji do adaptera.

Aplikacja ControlCenter

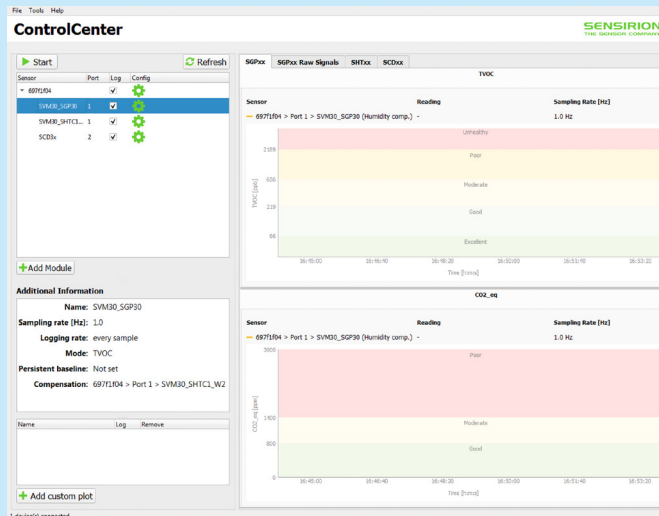
Aplikacja ControlCenter firmy Sensirion jest przeznaczona do pracy z modulem SEK i dołączonymi do niego czujnikami tej firmy. Plik instalacyjny dla różnych systemów operacyjnych jest dostępny do pobrania ze strony głównej aplikacji [14]. Obecnie (czerwiec 2020) jest dostępna wersja 1.22.0 programu. Podczas instalacji dodawane są sterowniki dla portu wirtualnego oraz dla modułu SEK-SensorBridge.

Moduł SEK-SensorBridge jest identyfikowany w aplikacji jako EKS2. Podczas uruchomienia programu i znalezienia modułu SEK-SensorBridge sprawdzana jest wersja zainstalowanego oprogramowania firmowego oraz dostępność jego nowszej wersji i może zostać zaproponowana jego aktualizacja. Obecnie (Czerwiec 2020) jest dostępna wersja 5.8 tego oprogramowania. Po wpisaniu nowego oprogramowania firmowego ControlCenter zgłasza brak połączenia z czujnikami. Wymagane jest ponowne uruchomienie.

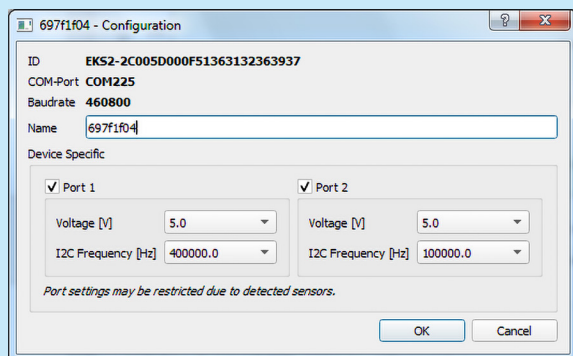
Po uruchomieniu programu wyświetlane jest okno główne aplikacji (rysunek 4) i wykonywane jest skanowanie wszystkich dostępnych portów USB w celu znalezienia dołączonych modułów SEK-SensorBridge. Ich lista wraz z wykrytymi czujnikami jest wyświetlana w lewym rogu okna aplikacji. Program obsługuje imponującą listę czujników: SHTC1, SHTW2, SHTC3, SHT3x, SHT2x, SHT85, STS3x, SGP30, SGPC3, SCD30, SPS30.

W menu *Tools* jest pozycja *Manage firmware*, która otwiera okno dialogowe z informacją o numerze modułu SEK-SensorBridge i wersji jego oprogramowania firmowego. Możliwe jest też wskazanie pliku z nową wersją do aktualizacji. W menu *Help* są dostępne linki do przydatnych stron: strona główna aplikacji [14], strona dokumentacji aplikacji [15] strona często zadawanych pytań (FAQ) [16]. Jest też link błędny, który według nazwy miał dawać dostęp do strony głównej modułu SEK-SensorBridge [12]. Przycisk *Refresh* służy do ponownego skanowania portów USB. Jest on aktywny tylko wtedy, gdy nie jest wykonywana akwizycja danych. Powoduje także powrót do domyślnego skonfigurowania aranżacji i parametrów wykresów danych.

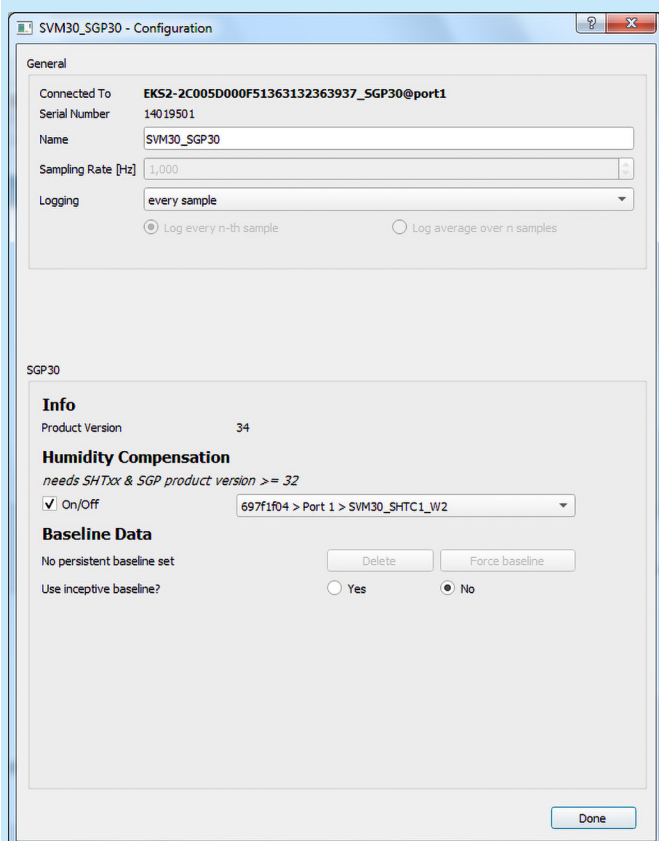
Kliknięcie na linię czujnika na liście powoduje zamruganie diodą LED umieszczoną koło gniazdka danych używanego portu modułu SEK-SensorBridge do niego dołączonego. Powoduje też wyświetlenie w panelu *Additional Information* ustawień konfiguracyjnych tego



Rysunek 4. Okno główne aplikacji ControlCenter po uruchomieniu



Rysunek 5. Okno konfiguracyjne modułu SEK-SensorBridge



Rysunek 6. Okno konfiguracyjne czujnika SGP30 modułu SVM30

czujnika. Na liście, obok nazwy jest pole zaznaczania czy dane mają być zapisywane do pliku dyskowego (log). Ustawienia logów są dostępne z menu *File*. Wybranie pozycji *Data Logging Settings* otwiera okno dialogowe z wyborem katalogu roboczego oraz możliwości zapisu danych czujnika w osobnym lub wspólnym pliku. Można też ustawić znaczniki czasowe reprezentowane w formie czytelnej tekstowo. Pozostałe pozycje służą do otwierania pliku logu w programie Excel oraz otwierania pliku błędów.

Na liście czujników, w kolumnie Config, znajduje się ikonka w postaci koła zębatego. Po kliknięciu na nią otwierane jest okno konfiguracyjne wybranego czujnika lub modułu SEK-SensorBridge. Przykład skonfigurowania modułu do pracy z modułem SDC30 (Port 2) oraz SVM30 (Port 1) jest pokazany na **rysunku 5**. Okno umożliwia ustawienie napięcia zasilania (od 1,2 do 5,5 V) oraz częstotliwości zegara szyny I²C (od 100 kHz do 2 MHz). Zakres dostępnych ustawień jest dopasowany do wymogów dołączonych czujników.

Okno konfigurowania czujnika umożliwia ustawienie częstotliwości wykonywania pomiaru (czasami ustalone na stałe, bez możliwości edycji), liczby pomiarów do uśredniania (1, 2, 5, 10, 100, 1000), zapisu logu z przzerzedzaniem lub z uśrednianiem. Dla

niektórych czujników są dodatkowe ustawienia, np. kompensacja pomiarów TVOC i eCO₂ czujnika SGP30 modułu SVM30 z wykorzystaniem pomiaru wilgotności wykonywanej przez czujnik SHTC1 tego modułu (**rysunek 6**). W oknie ustawiania parametrów czujnika SHTC1 jest opcja *Heater* z wyborem *on/off* ale nie wiadomo co ona oznacza. W lewym panelu okna aplikacji jest przycisk *Add Module* ale jego działanie nie jest do końca znane. Jest też przycisk *Add custom plot*. W oknie dialogowym można wybrać sygnał i nazwę, co spowoduje otwarcie nowej zakładki o tej nazwie z wykresem wybranego sygnału.

Wykresy odczytanych danych z czujników są pokazywane w prawym panelu okna aplikacji. Wykresy danych z czujników są zgrupowane w osobne zakładki. Po prawej stronie każdego wykresu znajduje się ikonka w postaci koła zębatego. Udostępnia ona okno *Plot Settings* z możliwością ustawienia przedziału czasu pokazywanego przebiegu (typowo 600, 300 lub 120 s) częstotliwości aktualizacji wykresu (typowo 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. Po kliknięciu na pole wykresu można go przeciągać w górę i w dół oraz pokrętelem myszy zmieniać zakres skali wartości.

Pola wykresów TVOC oraz CO₂eq czujnika SGP30 pokazują, zaznaczone różnymi kolorami, przedziały skali jakości powietrza z nazwami. Bardzo ułatwia to interpretację wyników. Jednak oznaczenia liczbowe skali wartości tych wykresów są pokazywane tylko na granicach przedziałów jakości. Oznacza to iż nie ma żadnego opisu aż do 66 ppb dla wykresu TVOC oraz 800 ppm dla wykresu CO₂eq. Stwarza to istotne utrudnienie w odczycie bieżącej wartości na wykresie dla typowo niskich wartości tych parametrów w dobrze wentylowanych pomieszczeniach.

Skala czasowa dla różnych czujników jest domyślnie ustawiona na różne wartości. Dla SGP30 jest to 600 s, dla SHTC1 300 s a dla SCD30 120 s. Również opis skali czasu jest dla SGP30 ustawiony jako czas zegarowy a dla SHTC1 i SCD30 czas bieżący. Bardzo utrudnia to porównanie wyników w trakcie pomiarów.

Przyciśnięcie ikonki w prawym górnym rogu każdego wykresu powoduje odłączenie wykresu od zakładki i utworzenia okienka „pływającego” ponad oknem aplikacji. Pozwala to na zmianę organizacji wykresów na zakładce oraz oglądanie wybranych wykresów (jednego czujnika) na tle wykresów danych z innego czujnika.

Przy uruchamianiu aplikacji ControlCenter wyświetlane jest okno *Potential SVM30 Module Detected*. Daje ono wybór, czy czujniki są dołączone osobno, czy też jest to moduł SVM30. Wybór jest bardzo istotny, gdyż moduł wymaga zasilania 5 V, dużo wyższego niż napięcie pracy samych czujników.

Przyciśnięcie przycisku *Start* rozpoczyna akwizycję danych. Jednocześnie są one zapisywane do plików.

Połączenia sprzętowe

Do prób praktycznych został zastosowany jeden moduł bazowy SEK-SensorBridge oraz zestawy ewaluacyjne z kablami adaptacyjnymi oraz modułami czujnikowymi: SEK-SGP30-Sensor, SEK-SGPC3-Sensor oraz SEK-SHT35-Sensor. Z braku dedykowanych kabli adaptacyjnych (oraz problemów ich pozyskania w czasach epidemii COVID-19) pozostałe moduły zostały dołączone poprzez przejściówki wykonane samodzielnie (jak na fotografii tytułowej). Bardzo pomocna była dokładna firmowa dokumentacja modułów.

Moduł SVM30 został dołączony do kabla adaptacyjnego wykonanym samodzielnie kablem składającym się z wtyczki z przewodami oraz złącza z rozstawem 1 mm. Strona główna modułu bazowego SEK-SensorBridge zawiera schemat rozmieszczenia sygnałów na złączu RJ45 portów danych modułu. Miernikiem można łatwo ustalić rozmieszczenie sygnałów na złączach po drugiej stronie kabla adaptera. Moduł SCD30 został dołączony do standardowej płytki stykowej

Tabela 1. Adresy czujników na szynie I²C

Nazwa modułu	Nazwa czujnika	Adres I ² C Hex	Maksymalna częstotliwość szyny I ² C	Napięcie zasilania
SVM30	SHTC1	0x70	400 kHz	5 V (dla modułu)
	SGP30	0x58	400 kHz	
SCD30		0x61	100 kHz	5 V
SGPC3		0x58	400 kHz	1,8 V
SGP30		0x58	400 kHz	1,8 V

(do montażu próbnego) a następnie poprzez kabel ze złączem rozstawu 1 mm do kabla adaptacyjnego.

Wykonano próby dołączenia do jednego kanału pomiarowego modułu bazowy SEK-SensorBridge kilku czujników. Pomocne w tym celu było zestawienie adresów szyny I²C dla posiadanych czujników (tabela 1). Wydaje się, że można dołączyć tylko dwa czujniki do jednego portu.

Badania

Porównanie działania czujników jest bardzo trudne ze względu na konieczność zapewnienia stabilnych warunków pracy. Do referencyjnego pomiaru warunków pomiarowych zostały zastosowane zestawy SHT31 Smart Gadget firmy Sensirion z czujnikami SHT31. Poprzednie próby z nimi, opisane w artykule „Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury”, pokazały bardzo stabilne, precyzyjne i wiarygodne działanie zestawu [S32].

Początkowo próby były wykonywane z czujnikami umieszczonymi na biurku. Okazało się, że w takim przypadku bardzo silnie na pomiary oddziałują zmiany w otoczeniu jak otworzenie drzwi, okna lub nawet przejście obok. Z drugiej strony pokazuje to dobrą czułość sensorów. Porównanie pomiarów CO₂ było wykonywane dla czujników przykrytych częściowo przezroczystą pokrywą. Spowodowało to zdecydowane ograniczenie przepływu powietrza wokół czujników. Poprawiło to stabilność pomiarów. Jednak spowodowało także efekt samopodgrzewania się modułów pomiarowych. Typowe warunki pomiarów pod częściowym przykryciem są pokazane na fotografii tytułowej:

- SHT31 Smart Gadget 22,35°C/41,48% RH
- SHTC1 24,1°C/34,5% RH (na module SVM30)
- SCD30 24,3°C/34,8% RH
- SHT31 Smart Gadget 20,65°C/46,23% RH (na swobodnym powietrzu)

Porównanie pomiaru TVOC

Wykonano porównanie pomiarów TVOC wykonywanych jednocześnie przez czujniki SGP30 oraz SGPC3. Zestawy SEK-SGPC3-Sensor oraz SEK-SGP30-Sensor były podłączone do modułu bazowego SEK-SensorBridge tak jak na fotografii 4. Zostało ustawione przerzedzanie/uśrednianie 10× dla obu czujników (rysunek 7).

Pierwsza różnica dotyczy szybkości wykonywania pomiarów 1 Hz i 0,5 Hz (odpowiednio). Na wykresie TVOC widać wyraźnie niższą wartość odczytu dla czujnika SGPC3 niż SGP30. Sygnał z czujnika SGP30 wykazuje dość dużą zmienność. Trzeba pamiętać że mówimy o bardzo niskich poziomach

rzędu 60 ppb co i tak mieści się w najniższym przedziale jakości powietrza (Excellent). Po długim czasie działania czujników i ustaleniu stabilnych warunków pracy w pomieszczeniu została wykonana seria eksperymentów:

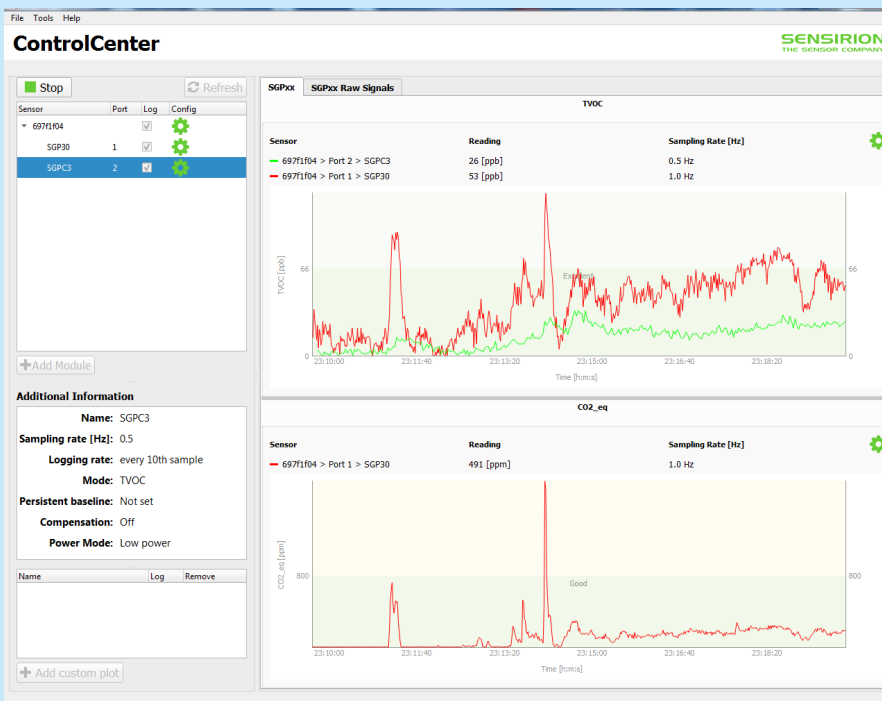
- ok. godziny 23:11:00, na odległość ok. 1 m zbliżyła się osoba, która przed chwilą używała wody kolońskiej. Zauważalny był duży, szybki i krótki wzrost poziomu TVOC dla czujnika SGP30. Poziom TVOC obu czujników powrócił do wartości bliskiej zero.
- ok. godziny 23:12, na odległość ok. 1 m zbliżyła się osoba po spożyciu ok. 2 godz. wcześniej 1,5 małego kieliszka wina.
- ok. godziny 23:14, pojedyncze dmuchnięcie z odległości ok. 20 cm przez czas ok. 1 s. Duży i krótki wzrost poziomu TVOC.

Zwraca uwagę dość długi czas podwyższonego poziomu odczytu po wystawieniu na działanie wykrywanego czynnika. Na wykresie CO₂eq widać dolne ograniczenie poziomu do 400 ppm. Widać też wyraźną odpowiedź na trzy eksperymenty z ich kształtem zgodnym jak dla TVOC. Podobny kształt ma zmiana poziomu surowego sygnału Ethanol Raw Signal oraz H2 Raw Signal czujnika SGP30.

Porównanie pomiaru TVOC przez czujniki SGP30 (na module SVM30) oraz SGPC3 w warunkach stabilnych i bez uśredniania pokazuje dużą zgodność wartości oraz kształtu zmian (rysunek 8). Porównanie pomiaru wartości temperatury przez czujniki SHT35 (SEK-SHT35-Sensor) oraz SHT31 (SHT31 Smart Gadget) wykazało pełną zgodność.

Porównanie pomiaru CO₂ oraz CO₂eq

Warunki pomiaru z czujnikami pod częściowym przykryciem są pokazane na rysunku tytułowym.



Rysunek 7. Eksperymenty z pomiarami jakości powietrza dla czujników SGP30 oraz SGPC3



Rysunek 8. Pomiar TVOC przez czujniki SGP30 (na module SVM30) oraz SGPC3

pomiarów parametrów są dokładne ale wiadać niedokładności czasowe powtarzalności pomiarów wykonywanych (teoretycznie) ze stałym odstępem czasowym.

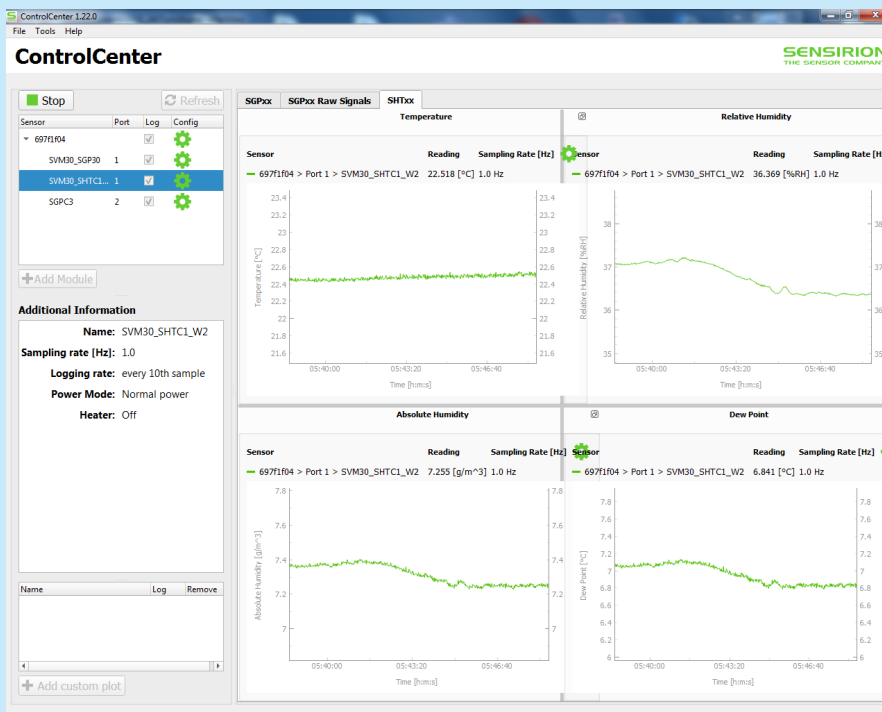
Pomiary wilgotności

Pomiar wilgotności i temperatury został wykonany czujnikiem SHTC1 (na module SVM30). Po długim czasie stabilnej pracy w pomieszczeniu zostały uchylone drzwi. Odpowiedź czujnika została pokazana na rysunku 12. Widać pełną zgodność zmian wszystkich trzech parametrów wilgotności dostarczanych przez czujnik.

Podsumowanie

Zastosowanie zestawu narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit firmy Sensirion składającego się z modułu bazowego SEK-SensorBridge oraz dołączonych do niego zestawów ewaluacyjnych i obsługiwanego przez firmową aplikację SEK-ControlCenter pozwala na natychmiastowe i profesjonalne rozpoczęcie pracy z czujnikami gazu. Jest to bardzo pomocne ze względu na bardzo skomplikowaną obsługę interfejsu cyfrowego czujników i konieczności spełnienia wymagań sprzętowych, np. zasilania i poziomów logicznych sygnałów. Dodatkowym trudnym zagadnieniem jest przetwarzanie surowych danych odczytanych z czujników. Ta wygoda jest okupiona ograniczeniami w skonfigurowaniu zestawu pomiarowego oraz w dopasowaniu skonfigurowania aplikacji do potrzeb.

Powyższy opis jest relacją z pierwszych prób użycia zestawu narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit. Pomimo łatwości rozpoczęcia pracy i szybkiego uzyskania wyników pomiarów ich interpretacja wymaga już sporej wiedzy dotyczącej metodologii pomiarów



Rysunek 12. Odpowiedź czujnika SHTC1 na zmianę warunków otoczenia

parametrów środowiska, technologii pomiarowej czujników oraz metod i procedur kalibracji czujników. Porównanie działania czujników parametrów powietrza wymaga zapewnienia stabilnych warunków, co w warunkach domowych (wymuszonych ze względu na epidemię COVID-19) jest bardzo trudne.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Zdjęcia: Piotr T. Kowalski

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

Literatura

- [1] Multi-Pixel Gas Sensors SGP, Sensirion, <http://bit.ly/39MjlaZ>
[2] Datasheet SGP30, Sensirion, <https://bit.ly/2BlhAea>
[3] Datasheet SGPC3, Sensirion, <https://bit.ly/30SLK3f>
[4] Total Volatile Organic Compounds (TVOC) and Indoor Air Quality (IAQ), SGP30 TVOC and CO₂eq Sensor, Sensirion, <https://bit.ly/3dcyuc3>
[5] Multi-Gas, Humidity and Temperature Module SVM30, Sensirion, <https://bit.ly/3ehKSCF>
[6] Datasheet SVM30, Sensirion, <https://bit.ly/3egXTTg>
[7] Digital Humidity Sensor SHTC1 (RH/T), Sensirion, <https://bit.ly/3ef3TvP>
[8] Datasheet SHTC1 Humidity and Temperature Sensor IC. Sensirion, <https://bit.ly/30XKBqX>
[9] CO₂ and RH/T Sensor Module, SCD30 – Sensor Module for HVAC and Indoor Air Quality Applications, Sensirion, <https://bit.ly/2AFYDDd>
[10] Datasheet SCD30, Sensirion, <https://bit.ly/2Bo90ex>
[11] Interface Description SCD30, Sensirion, <https://bit.ly/3ehnWd1>
[12] SEK-SensorBridge, Sensirion, <https://bit.ly/2UTZRBu>
[13] Compile Your Own Evaluation Kit with Sensirion’s Toolbox, Sensirion, <https://bit.ly/2BncRsk>
[14] ControlCenter Home Page, Sensirion, <https://bit.ly/2N79aKa>
[15] Documentation Control Center, Sensirion, <https://bit.ly/2YcmJOL>
[16] Sensirion ControlCenter FAQ, Sensirion, <https://bit.ly/2UTZWVO>

O projektach, mini, soft i wielu innych dyskutuj
na <https://forum.ep.com.pl>