

Autor składa podziękowania panu Maciejowi Michna z Centrum badań i rozwoju Nordic Semiconductor w Krakowie za udostępnienie modułów sprzętowych Nordic Thingy:52.

Systemy dla Internetu Rzeczy (21)

Zestaw Nordic Thingy:52 IoT Sensor Kit

Nowy zestaw rozwojowy czujników Nordic Thingy:52 IoT Sensor Kit firmy Nordic Semiconductor jest bardzo nietypowy. Już sama nazwa nastrecza problemy w języku polskim. Najciekawsze znalezione tłumaczenie słowa Thingy to „cosik” [15]. Również elastyczna obudowa ma ciekawy i niepokojący wygląd. Tajemniczości dodaje błyskanie niebieskim „oczkiem” po każdym poruszeniu zestawu. Zagłądanie do środka obudowy również może dostarczyć emocji. Już choćby to wszystko zachęca aby zająć się tym urządzeniem praktycznie.

Moduł Thingy:52 IoT Sensor Kit otrzymał główną nagrodę ACE 2017 (Annual Creativity in Electronics) w kategorii zestawy projektowe. Nagrody ACE Awards są cenionym wyróżnieniem, którym nagradza się najlepsze na rynku elektronicznym produkty innowacyjne.

W module Thingy:52 (Order code: nRF6936, PCA2020) [3] został zastosowany układ scalony nRF52832 (chip revision Rev 1, QFAA-B00) z najnowszej serii nRF52 [2]. Zapewnia on pełną (lub prawie) kompatybilność nowych wersji oprogramowania firmowego oraz pracy radiowej z poprzednią serią nRF51.

Układ scalony typu SOC integruje rdzeń ARM Cortex-M4F z pamięciami 512 kB Flash i 64 kB RAM. Układ zawiera moduł zmienoprzecinkowy Floating Point Unit (FPU) oraz sprzętową realizację mnożenia z akumulacją i dzielenia dla optymalizacji poboru mocy przy obliczeniach DSP.

Układ radiowy pozwala na pracę w pasmie 2,4 GHz z protokołem Bluetooth Low Energy 5, ANT oraz autorskimi protokołami firmy Nordic Semiconductor (np. Gazell). Układ radiowy umożliwia pomiar RSSI o wysokiej dokładności oraz zawiera własny układ DMA.

Układ scalony nRF52832 cechuje się bardzo dobrą wydajnością poboru mocy zasilania przy pracy w zakresie 1,7 V do 3,6 V. Układ ma automatyczne i adaptacyjne zarządzanie zasilaniem. Każdy układ peryferyjny i zegar może mieć indywidualnie wyłączone zasilanie. Unikalną cechą układu scalonego nRF52832 jest obsługa komunikacji standardu NFC.

Bezpieczeństwo

Zupełnie rewolucyjne rozwiązanie zastosowała firma Nordic Semiconductor w układach serii nRF52x [9].

Układy nRF52832 posiadają sprzętowy moduł AES.

Układy serii nRF52x (Nordic Semiconductor) [9] udostępniają również komunikację w standardzie NFC-A. Stos obsługi NFC pozwala na realizację parowania aplikacji Bluetooth z zastosowaniem techniki Out-of-Band (OOB). Ułatwia to proces uwierzytelniania dwóch urządzeń z komunikacją Bluetooth poprzez wymianę informacji uwierzytelniającej poprzez połączenie NFC.

Środowisko programowe

Układy serii nRF52 (Nordic Semiconductor) [9] są obsługiwane przez środowisko programistyczne nRF52 SDK w parze ze stosami protokołów komunikacyjnych. Środowisko programistyczne nRF52 SDK jest zbudowane z zastosowaniem standardu ARM CMSIS. Umożliwia to zastosowanie przez użytkownika różnych ścieżek tworzenia kodu wynikowego: SEGGER Embedded Studio (dostępny bezpłatnie dla użytkowników serii nRF52), Keil MDK-ARM, GCC, IAR Embedded Workbench. Stos protokołu Bluetooth 5 o nazwie S132 SoftDevice

obsługuje 20 współbieżnych połączeń i jest kompatybilny ze stosami innych protokołów komunikacyjnych np. ANT. Oferuje też aktualizację OAD.

Firma Nordic Semiconductor dostarcza środowisko programistyczne *nRF5 SDK for Mesh*, które pozwala na realizację systemów typu Bluetooth Mesh z użyciem układów serii nRF52 [9].

Dokumentacja

Właśnie na początku Grudnia 2018 zmieniła się organizacja i wygląd portalu firmowego Nordic Semiconductor. Nowy sposób prezentacji wydaje się zbyt „rozwlekły”. Za to zostały zgromadzone od razu na jednej stronie pomocne informacje o zależnościach zagadnienia głównego od innych możliwości.

Dokumentacja dotycząca modułu Thingy:52 jest dostępna poprzez portal firmy Nordic Semiconductor na stronie produktu „Nordic Thingy:52, IoT Sensor Kit” [3]. Znajduje się tam odnośnik do opisu zamieszczonego w pliku pdf: „*Nordic Thingy:52 Product Brief v2.0*” [5].

Po kliknięciu na przycisk *Get Documentation* otwierana jest strona *Documentation library* z dostępem do kilku opisów w formacie plików pdf oraz stron html. Dokładny opis modułu Thingy:52 jest zawarty w dokumencie „*Nordic Thingy:52 User Guide v1.1*” [6].

Dolna część strony Thingy:52 jest zorganizowana w postaci trzech zakładek:

- Overview – Zwiera opisy i odwołania do innych modułów z układami serii nRF52 oraz do procesora nRF52832. Jest też odwołanie do strony Mobile App z opisem aplikacji do pracy z modulem Thingy:52.
- Download – Zawiera odnośniki do źródłowych plików aplikacyjnych. Schematy płytki i anteny NFC oraz pliki konstrukcyjne znajdują się w pliku zip „*Thingy52 - Hardware files 1_0_0*” [4].
- Get started – W polu *Connect and test* jest postępowania od wyjęcia modułu z pudełka do połączenia z aplikacją mobilną. Poniżej znajduje się kilka prezentacji wideo.

Opis układu scalonego SOC znajduje się w pliku „*nRF52832 Product Specification v1.4*” dostępnym poprzez stronę produktu [2].

Jest pewien kłopot z kodami nazw stosowanymi przez producenta. Na przykład, moduł Thingy:52 ma kod (Order code) nRF6936. W dokumentacji sprzętowej stosowane jest też inne oznaczenie PCA2020 [4]. Jednak dopiero po kliknięciu na stronie „*Nordic Thingy:52*” na przycisk „*By now*” pojawia się na następnej stronie nazwa produktu nRF6936. Bez wskazania, że chodzi właśnie o Thingy:52.

Często dokumentacja jest dostępna nie tylko w najnowszej wersji, ale i w wersjach poprzednich. To jest akurat bardzo dobry pomysł, który umożliwia dostęp do opisu starszych wersji posiadanych układów.

Pewnym kłopotem w użytkowaniu dokumentacji firmowej jest brak wyraźnie podanej daty aktualizacji stron internetowych.

Całość powoduje niepewność, czy np. pokazywane na zakładce „*Get started*” [3] białe pudełko zestawu nie oznacza opisu dla starej wersji 1.0 (zamiast nowszej 1.01).

Przygotowanie modułu do pracy

Moduł jest umieszczony w elastycznym pudełku w kolorze czarnym. Zasleпка na bocznej ścianie pudełka umożliwia dostęp do gniazdka Micro-USB. Otwarta duża boczna ściana zapewnia dostęp do przezroczystej plastikowej obudowy. W niej umieszczony jest bateria litowa dołączona do płytki dwoma przewodami. W specjalnej komorze pudełka umieszczony jest miniaturowy głośniczek. Jest on dołączony do płytki drukowanej poprzez dwa styki. Na przeciwnej ścianie bocznej pudełka są otwory na gniazdko Micro-USB, wyłącznik zasilania oraz złącze debugowe.

Płytką drukowaną modułu jest mocowana w pudełku z użyciem dwóch zatrzasków.

W narożniku plastikowego pudełka jest wykonany spory otwór. Służy on jako światłowód wyprowadzający światło dwóch diod LED RGB. Plastikowe pudełko ma również światłowód doprowadzający światło z powierzchni pudełka do scalonego czujnika koloru umieszczonego na płytce drukowanej. Oraz światłowód wyprowadzający światło diody LED RGB na powierzchnię pudełka jako podświetlenie obiektu do badania koloru odbitego.

Na rysunku w nagłówku artykułu jest widoczna czarna elastyczna obudowa oraz dolna strona płytki drukowanej modułu Thingy:52 umieszczonej w obudowie plastikowej [5]. Widoczna jest też elastyczna antena NFC.

Pierwszym krokiem do rozpoczęcia pracy z modulem Thingy:52 jest zdjęcie czarnego elastycznego pudełka. Dopiero wtedy jest dostęp do wyłącznika zasilania *Power*. Należy go przestawić z położenia OFF do położenia ON. Jeśli bateria jest naładowana to zaczną błyskać niebieskie diody LED.

Do ładowania baterii jest przeznaczone gniazdko Micro-USB umieszczone na bocznej ścianie plastikowego pudełka. Gniazdko można dołączyć do gniazdka USB komputera lub do ładowarki USB. Bateria jest ładowana tylko gdy przełącznik *POWER* jest w pozycji ON. Po włączeniu zasilania modułu można założyć czarne elastyczne pudełko. Dostęp do gniazdka Micro-USB jest możliwy pod zaslepką na bocznej ścianie pudełka.

Przy zagłębieniu do „środku” należy zachować ostrożność. Po wyjęciu z czarnego elastycznego pudełka przezroczystej plastikowej obudowy należy ostrożnie podważyć płytkę drukowaną na dwóch bocznych zatrzaskach. Podnoszenie płytki należy wykonać po przeciwnej stronie niż gniazdko Micro-USB.

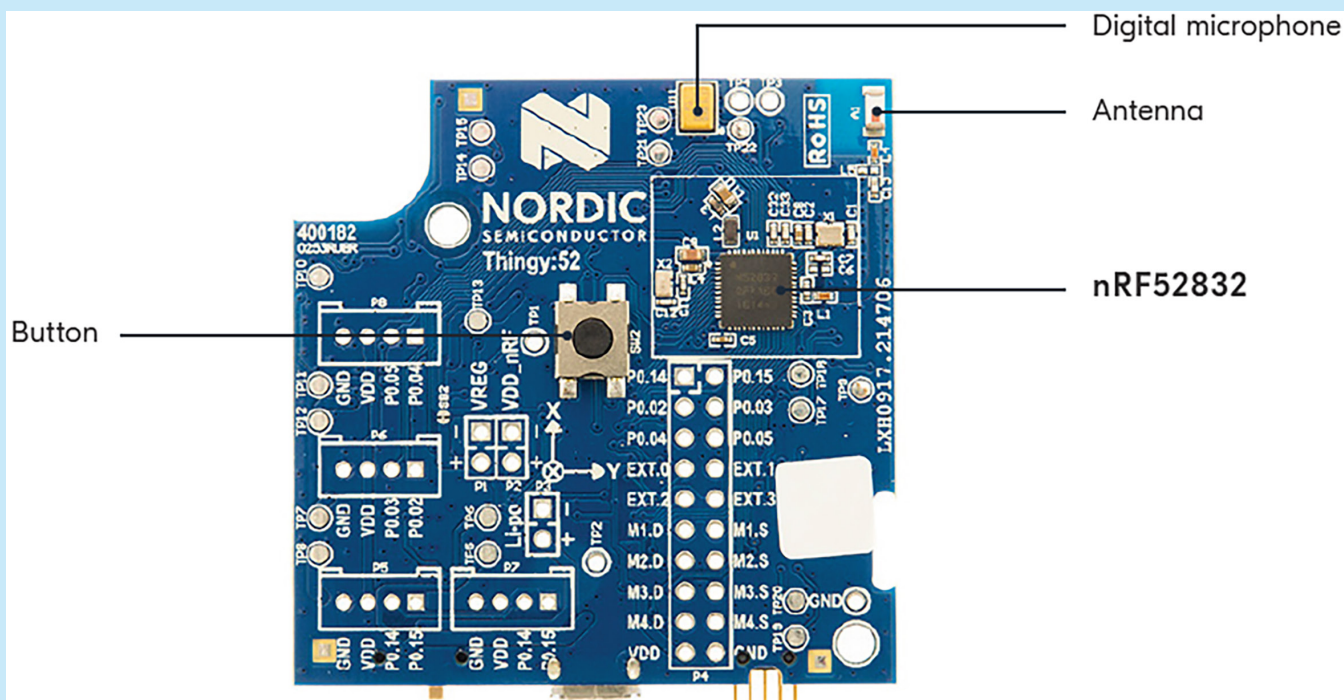
Przy pierwszym wyjmowaniu płytki drukowanej sporym zaskoczeniem jest „urwany” metalowy prostokąt wyglądający jak generator kwarcowy. A to tylko pierwszy kontakt z nietypowym głośniczkem.

Budowa modułu

Moduł Thingy:52 zawiera szereg czujników: temperatury, wilgotności, ciśnienia, jakości powietrza (CO₂ oraz TVOC), koloru i poziomu oświetlenia, czujnik ruchu niskiej mocy i 9 osiowy czujnik ruchu. Oraz wiele elementów dodatkowych: trzy diody RGB LED, mikrofon cyfrowy, głośniczek i antenę NFC. Zastosowane w module czujniki nie zostały dodatkowo skalibrowane (oprócz kalibracji producentów czujników).

Góra płytki drukowanej modułu Thingy:52 pokazana na **rysunku 1**. Jest to strona przykryta czarną elastyczną obudową. W środku płytki jest zamontowany przycisk umieszczony bezpośrednio pod ikonką graficzną firmy na powierzchni czarnej obudowy. Przyciśnięcie w tym miejscu obudowy powoduje zadziałanie przycisku. Po tej samej stronie jest też umieszczony układ scalony nRF52832 oraz mikrofon cyfrowy typu MP34DB02 (U11) i antena „chipowa”. Na płytce przyklejona jest etykieta podająca kod modułu (PCA2020), wersję (1.0.1) oraz datę produkcji (2017.48). Poniżej jest podany MAC adres.

Dół płytki drukowanej modułu Thingy:52 pokazano na **rysunku 2**. W samym środku płytki umieszczono 9-osiowy czujnik ruchu MPU-9250 (U3). Na prawo od niego zamontowano czujnik ruchu niskiej mocy LIS2DH12 (U5). Po lewej stronie płytki znajduje się czujnik wilgotności i temperatury HTS221 (U7). Poniżej jest czujnik ciśnienia, wysokości i temperatury LIS2DH12 (U6). Obok jest czujnik gazu CCS811 (U9). Jeszcze niżej jest zamontowane złącze do podłączania anteny NFC i złącze debugowe. W prawo jest złącze Micro-USB i wyłącznik zasilania (POWER). Nad nim jest złącze do baterii. W prawym górnym, obok dużej dziury, są umieszczone dwie diody LED RGB (LD2, LD3). Na lewo od nich są dwa pola stykowe dla dołączenia głośniczka typu BMS1511F (S1). Poniżej niego znajduje się scalony czujnik koloru BH1745NUC (U8). Obok niego jest umieszczona dioda LED RGB (LD1).



Rysunek 1. Płytkę drukowaną modułu Thingy:52 od góry [5].

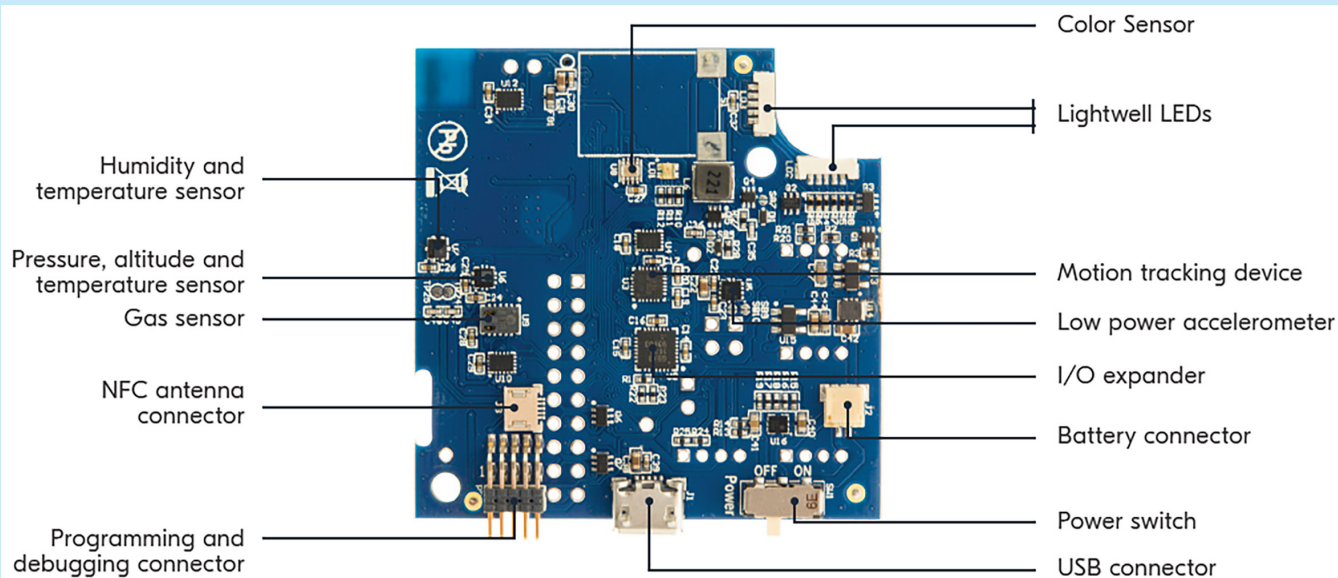
Schemat blokowy modułu Thingy:52 został pokazany na **rysunku 3**. Zasilanie modułu Thingy:52 jest pobierane z baterii typu Li-ion Polymer MLP793444 1440mAh 3.7V firmy McNair NewPower Co.,Ltd [4]. Ma ona bardzo małe wymiary (8×34,5×47) mm. Używamy nazwy “bateria” ale jest to oczywiście akumulator umożliwiający wielokrotne ładowanie. Do ładowania tego akumulatora ze złącza Micro-USB (5 V) dostarczającego napięcie VBUS jest zastosowany układ scalony XC6804a4e14r-g firmy Torex. Napięcie VLI-Ion z baterii jest podawane na regulator napięcia typu XCL210C33 firmy Torex, który dostarcza główne napięcie zasilania VREG (3,3 V). Z tego napięcia jest zasilany bezpośrednio tylko układ scalony nRF52832 oraz czujnik ruchu niskiej mocy LIS2DH12. Oznacza to, że mają one zawsze zasilanie. Reszta układów modułu Thingy:52 jest zasilana z tego napięcia poprzez przełącznik mocy typu TCK106AF, który dostarcza napięcia VDD. Monitorowanie poziomu napięcia baterii jest realizowane z wykorzystaniem tranzystorów MOS i dzielnika napięciowego. Płytkę modułu Thingy:52 jest wyposażona w 16-bitowy ekspander I/O typu SX1509 (U2

dołączony do szyny I²C. Zasilanie układów czujnika gazu CCS811, czujnika ruchu MPU-9250 oraz mikrofonu cyfrowy typu MP34DB02 jest dodatkowo kluczowane poprzez przełączniki scalone typu NX3DV2567. Analogowy przełącznik scalony typu NX3DV2567 firmy NXP pracuje w zakresie napięcia 1,4...4,3 V. Przy rezystancji ok. 0,5 Ω i prądzie pracy do ok. 50 mA doskonale nadaje się on do kluczowania zasilania scalonych czujników. Zasilanie głośniczka typu BMS1511F jest kluczowane poprzez przełącznik scalony mocy typu TCK106AF firmy Toshiba. Jest możliwość pomiaru prądu zasilania modułu po rozłączeniu zwory SB2.

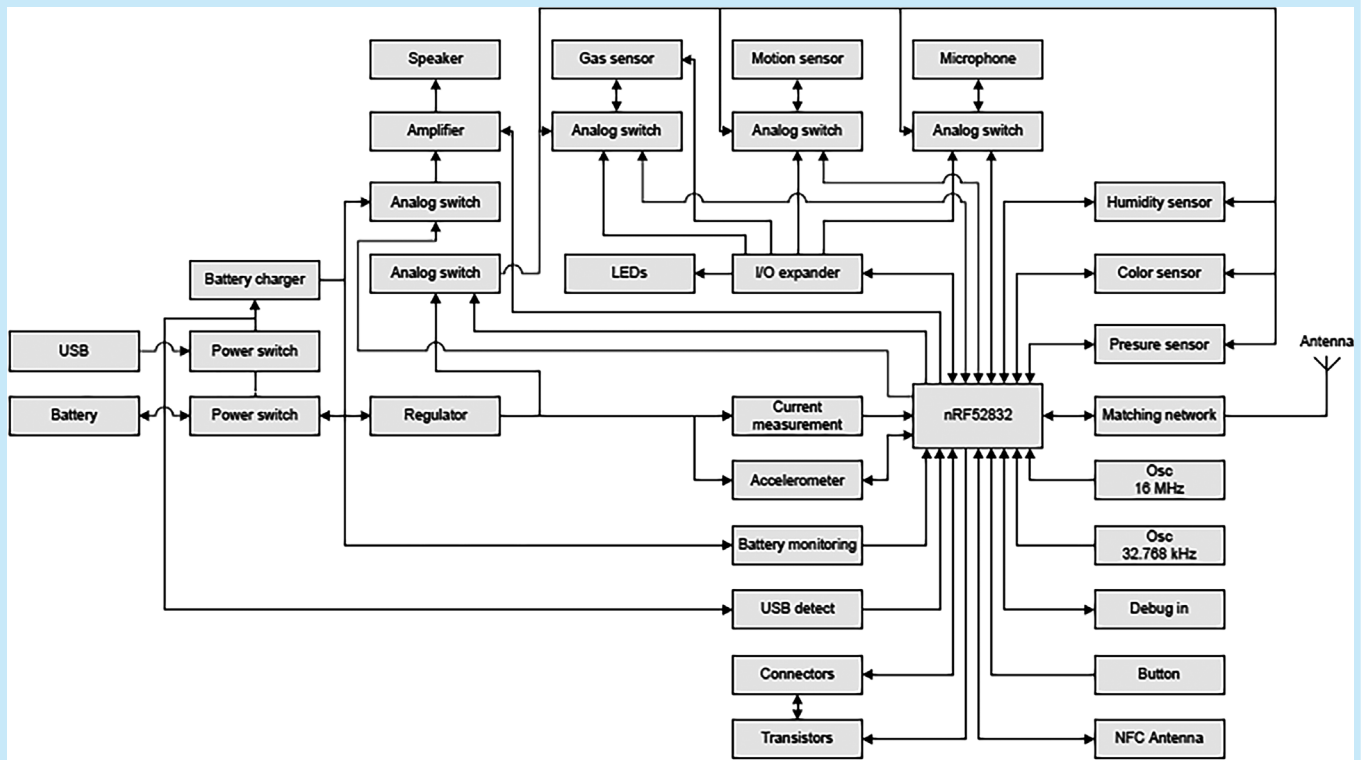
Moduł Thingy:52 zawiera też dodatkowo cztery tranzystory N-MOS (Q6, Q7) dołączone bezpośrednio do wyprowadzeń I/O układu nRF52832. Na płytce modułu Thingy:52 znajdują się pola lutownicze dla zamontowania dodatkowych złączy P4, P5, P6, P7 i P8.

Czujnik koloru

Czujnik koloru BH1745NUC firmy ROHM Semiconductor ma cztery osobne kanały pomiarowe: czerwony, zielony, niebieski i przezroczysty



Rysunek 2. Płytkę drukowaną modułu Thingy:52 od dołu [5].



Rysunek 3. Schemat blokowy modułu Thingy:52 [6].

[8]. Poprzedzone są one filtrem podczerwieni. Przetworniki ADC w każdym kanale dają 16-bitowe wyniki pomiarów. Układ scalony pracuje z zasilaniem w zakresie 2,3...3,6 V przy poborze prądu 130 μ A. Układ umożliwia komunikację z szyną I²C (400 kHz) dla napięcia do 1,8 V. Charakteryzuje się bardzo dużą rozdzielczością pomiaru, do 0,005Lx oraz bardzo dużym zakresem pomiarowym od 0,005Lx do 40000Lx. Układ jest zamknięty w małej obudowie (2,1×2,0×0,6) mm. Obecnie zamiast układu BH1745NUC przez producenta jest rekomendowany układ BH1749NUC o podobnych parametrach.

Na płytce drukowanej obok czujnika koloru jest umieszczona dioda LED RGB. Styka się ona ze światłowodem utworzonym w przezroczystej plastikowej obudowie. W ten sposób światło emitowane przez diodę LED jest przekazywane na powierzchnię obudowy. Drugi światłowód styka się z czujnikiem koloru. Pozwala to na pomiar koloru światła odbitego od przedmiotu umieszczonego koło obudowy.

Akcelerometr małej mocy

Akcelerometr LIS2DH12 firmy ST Microelectronics jest układem wykonanym w technologii MEMS [10]. Pobiera on nadzwyczaj niewielki prąd – 2 μ A przy zasilaniu 1,71...3,6 V. Ma programowalny generator sygnału przerywania aktywowanego po wykryciu ruchu w 3 osiach lub spadku swobodnego. Układ umożliwia skalowanie zakresu pomiarowego od $\pm 2g$ do $\pm 16g$ oraz częstotliwości pomiarów od 1 Hz do 5,3 kHz. Obsługuje łącze komunikacyjne I²C oraz SPI z osobnym napięciem do 1,8 V.

Układ LIS2DH12 (U5) jest dołączony do napięcia zasilania VREG. Dlatego cały czas jest zasilany, tak jak procesor. Wyprowadzenia komunikacji I²C są dołączone do osobnej szyny I²C (_EXT), inaczej niż pozostałe czujniki modułu Thingy:52. Dlatego każde poruszenie modułu przez użytkownika może być wykryte.

9-osiowy czujnik ruchu MPU-9250

Ciekawym układem scalonym modułu Thingy:52 jest scalony czujnik ruchu MPU9250 (TDK, dawniej InvenSense), który zawiera w jednej obudowie: 3-osiowy akcelerometr, 3-osiowy żyroskop, 3-osiowy kompas (magnetometr) oraz procesor DMP (Digital Motion Processor) i termometr cyfrowy [11].

Układ umożliwia komunikację z systemem procesorowym z użyciem SPI lub I²C. Czujnik ma małe wymiary (3,0×3,0×1,0) mm. Napięcie zasilania 2,4...3,6 V. Prąd pobierany w trybie uśpienia wynosi 8 μ A. Układ wytrzymuje udar do 10000g. Żyroskop i akcelerometr zrealizowano w technologii MEMS i charakteryzuje się następującymi cechami:

- Trzy osie X, Y, Z.
- Trzy przetworniki A/C 16 bitów, osobno dla każdego kanału, umożliwiające jednoczesne próbkowanie.
- Regulowany zakres: ± 250 , ± 500 , ± 1000 oraz ± 2000 /s, kalibrowany fabrycznie.
- Programowalny cyfrowy filtr dolnoprzepustowy.
- Wbudowany układ do wykonywania testu działania, sterowany programowo.

Akcelerometr zrealizowano w technologii MEMS i charakteryzuje się następującymi cechami:

- Trzy osie X, Y, Z.
- Trzy przetworniki A/C 16 bitów, osobno dla każdego kanału, umożliwiające jednoczesne próbkowanie/
- Regulowany zakres: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ oraz $\pm 16g$.
- Detekcja orientacji i stuku.
- Programowalny cyfrowy filtr dolnoprzepustowy.
- Wbudowany układ do wykonywania testu działania, sterowany programowo;

Kompas został zrealizowany w technologii monolitycznej z wykorzystaniem efektu Halla i charakteryzuje się następującymi cechami:

- Trzy osie X, Y, Z.
- Trzy przetworniki A/C, osobno dla każdego kanału, umożliwiające jednoczesne próbkowanie.
- Rozdzielczość danych wynosi dla próbkowania 14 bit 0,6 μ T na LSB, dla 16 bit 15 μ T na LSB.
- Zakres pomiaru: ± 4800 μ T.
- Programowalny cyfrowy filtr dolnoprzepustowy.
- Wbudowany układ z wewnętrznym źródłem magnetycznym do wykonywania testu działania sterowany programowo.

Procesor DMP (Digital Motion Processor) wykonuje łączenie synchronicznie próbkowanych danych ze wszystkich czujników oraz cyfrowego pomiaru temperatury do postaci pakietu danych

zapisywanych do pamięci FIFO (512 B). Realizuje przy tym oprogramowanie firmowe MotionFusion i kalibracyjne pracujące w czasie pomiarów. Umożliwia to wyeliminowanie błędów rozszynchronizowania czasowego danych oraz dryftu długoterminowego. Wejście synchronizacji FSYNC pozwala na wykorzystanie MPU-9250 w układach stabilizacji obrazu i modułach GPS. Układ MPU-9250 (U3) jest zasilany poprzez analogowy przełącznik scalony typu NX3DV2567 firmy NXP. Umożliwia to kompletne wyłączenie układu MPU-9250.

Czujnik ciśnienia

Czujnik ciśnienia LPS22HB firmy ST Microelectronics jest układem wykonanym w technologii piezorezystancyjnej [12]. Wykonuje on 24-bitowe pomiary barometryczne w zakresie 260...1260 hPa. Dodatkowo, jest wykonywany 16-bitowy pomiar temperatury. Umożliwia to wewnętrzne skompensowanie termiczne pomiarów barometrycznych. Pobiera on znikomy prąd – 3 μ A przy zasilaniu 1,70...3,6 V. Układ umożliwia 20-krotne przekroczenie zakresu skali pomiarowej oraz częstotliwość pomiarów od 1 Hz do 75 Hz. Obsługuje łącze komunikacyjne standardu I²C oraz SPI z osobnym napięciem do 1,7 V.

Czujnik wilgotności

Czujnik wilgotności względnej HTS221 firmy ST Microelectronics jest układem wykonanym w technologii pojemnościowej [13]. Wykonuje on 16-bitowe pomiary wilgotności w zakresie 0...100 % z dużą czułością 0,004% rH/LSB oraz dokładnością $\pm 3,5\%$ rH (w zakresie 20...80% rH). Dodatkowo wykonywany jest 16-bitowy pomiar temperatury. Umożliwia to wewnętrzne skompensowanie termiczne pomiarów barometrycznych. Pobiera znikomy prąd – 2 μ A przy zasilaniu 1,70...3,6 V. Układ obsługuje łącze komunikacyjne standardu I²C oraz SPI z osobnym napięciem do 1,7 V. Układ jest skalibrowany fabrycznie.

Mikrofon cyfrowy

Mikrofon cyfrowy MP34DB02 firmy ST Microelectronics jest układem wykonanym w technologii MEMS [14]. Pobiera on prąd 65 μ A (20 μ A w uśpieniu) przy zasilaniu 1,64...3,6 V. Mikrofon ma charakterystykę dookólną z możliwością pracy stereo oraz wyjściem cyfrowym sygnału formatu PDM. Układ ma doskonałą dynamikę SN 62,6 dB oraz czułość –26 dBFS. Jednak układ został już wycofany z produkcji. Producent proponuje nowsze układy o podobnych parametrach. Układ MP34DB02 (U11) jest zasilany poprzez analogowy przełącznik scalony typu NX3DV2567 firmy NXP. Umożliwia to kompletne wyłączenie układu MP34DB02.

Wzmacniacz i głośniczek

Miniaturowy głośniczek BMS1511F-11C-08H03P LF firmy BeStar Technologies [7] ma bardzo małą, prostokątną obudowę (15×11×3) mm i waży 1,5 g. Przy impedancji 8 Ω oraz mocy nominalnej 0,5 W (1 W maks.) przenosi w pasmie do 20 kHz. Jednak dopiero powyżej częstotliwości rezonansowej (550 Hz w powietrzu, 850 Hz w pudełku 1cc) pracuje z odpowiednio niskim poziomem zniekształceń. Głośniczek jest dołączony do wyjścia wzmacniacza zrealizowanego jako pełny mostek H z czterema tranzystorami MOS. Na wejście wzmacniacza jest podawany sygnał PWM. Wzmacniacz jest zasilany bezpośrednio z napięcia baterii VLi-Jon poprzez przełącznik scalony mocy typu TCK106AF (U13) firmy Toshiba.

Diody RGB

Dwie diody RGB (LD2, LD3) są umieszczone w prawym górnym rogu dolnej powierzchni płytki drukowanej, obok dużej dziury. Pracują one równolegle sterowane trzema sygnałami RGB z tranzystorem MOS jako kluczem w każdym kanale. Trzecia dioda RGB (LD1) jest umieszczona obok scalonego czujnika koloru BH1745NUC (U8).

Wysłała ona oświetlenie pozwalające na pomiar koloru światła odbitego od przedmiotu umieszczonego koło obudowy.

Czujnik jakości powietrza

Do pomiaru jakości powietrza Indoor Air Quality (IAQ) został zastosowany układ scalony CCS811 firmy AMS [9]. Jest on najbardziej skomplikowanym czujnikiem zamontowanym na module Thingy:52. Układ scalony ma bardzo małe wymiary (2,7×4,0×1,1) mm. Wewnętrzny czujnik gazu tego układu jest wytwarzany w technologii metal oxide (MOX) z zastosowaniem unikalnego rozwiązania „micro-hotplate”. Pozwala to na uzyskanie bardzo dobrej jakości pomiaru, bardzo krótkiego czasu powtarzania pomiaru i bardzo znaczącej redukcji pobieranej mocy. Pobiera on tylko od 1,2 do 46 mW mocy (w zależności od trybu pracy) przy zasilaniu 1,80...3,6 V. Układ ma wbudowany mikrokontroler oraz przetwornik A/C i obsługuje łącze komunikacyjne I²C.

Układ CCS811 pozwala na wykrywanie w powietrzu bardzo niskiego stężenia dwutlenku węgla (CO₂) oraz wiele lotnych związków organicznych VOC (volatile organic compound) spotykanych we wnętrzach. Ma udowodnioną odporność na powszechnie występujące siloksany, co zapewnia najlepszą długoterminową niezawodność pomiarów (ponad 5 lat). Na podstawie rezystancji czujnika MOX obliczany jest pomiar przez wewnętrzny procesor:

- eCO₂ – równoważny (equivalent) poziom dwutlenku węgla, w zakresie od 400 ppm do 32768 ppm.
- eTVOC – równoważny całkowity equivalent Total) poziom lotnych związków organicznych eTVOC: w zakresie 0 ppb do 32768 ppb.

Układ MPU CCS811 9250 (U9) jest zasilany poprzez analogowy przełącznik scalony typu NX3DV2567 firmy NXP. Umożliwia to kompletne wyłączenie układu CCS811.

Komunikacja z modułem Thingy:52


Istnieją cztery platformy komunikacji z modułem Thingy:52 z wykorzystaniem komunikacji Bluetooth Low Energy [6]:

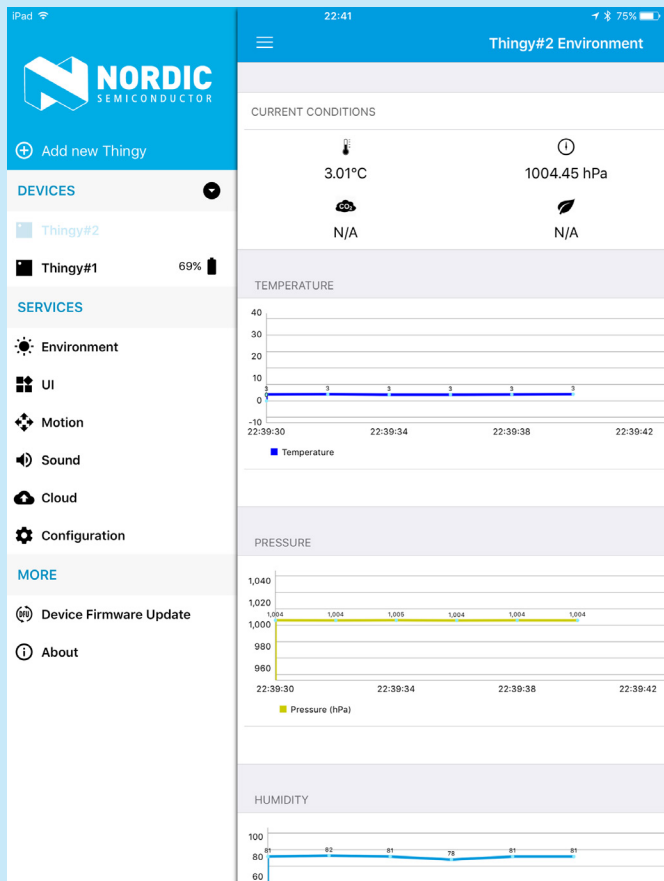
1. iOS device: Aplikacja Nordic Thingy dostępna na portalu Apple App Store. Działa na urządzeniach: iPad, iPod touch oraz iPhone. Wymaga systemu iOS w wersji 9.0 lub nowszej.
 2. Android: Aplikacja Nordic Thingy dostępna na portalu Google Play. Wymaga systemu Android w wersji 4.3 lub nowszej.
 3. Web app: Dostęp do aplikacji internetowej poprzez Eddystone beacon który jest rozgłaszany przez moduł Thingy:52.
- NFC: Można się również skomunikować z modułem Thingy:52 z wykorzystaniem komunikacji NFC.

Dołączanie modułu Thingy:52 do aplikacji Thingy

Zostanie opisana praca z iPadem 3. Bardzo podobnie to wygląda w przypadku smartfona. Dokładne opisy wersji działania na wszystkich urządzeniach są zamieszczone w dokumencie *Nordic Thingy:52 User Guide* [6].

Po zainstalowaniu aplikacji można rozpocząć dołączanie modułu Thingy:52 z wykorzystaniem komunikacji Bluetooth. Moduł Thingy:52 powinien błyskać na niebiesko.

- Wystartuj aplikację Thingy. Pokazywane jest okno *Environment*. Na razie nie są w nim pokazywane dane pomiarowe.
- Kliknij na ikonkę trzyliniową  w lewym górnym rogu. Po lewej stronie okna aplikacji pokazywane jest okno (pionowe) menu głównego (**rysunek 4**).
- W menu głównym kliknij na „Add new Thingy”. Aplikacja rozpoczyna skanować moduły Thingy:52 i pokazuje listę modułów widocznych w pobliżu.
- Kliknij na nazwę modułu. Badany jest jego status. Następnie pokazywana jest linia „Device name” z aktualną nazwą modułu, typowo „Thingy”. Po kliknięciu na napis „Device name”



Rysunek 4. Okno aplikacji *Thingy* z otwartym menu i oknem *Environment*.

pojawia się okno „New name” i można zmienić nazwę modułu. Jest to bardzo potrzebne w sytuacji jednoczesnej pracy z wieloma modułami Thingy:52. Po wpisaniu nowej nazwy należy kliknąć „Set”. Wyświetlana jest linia z nową nazwą.

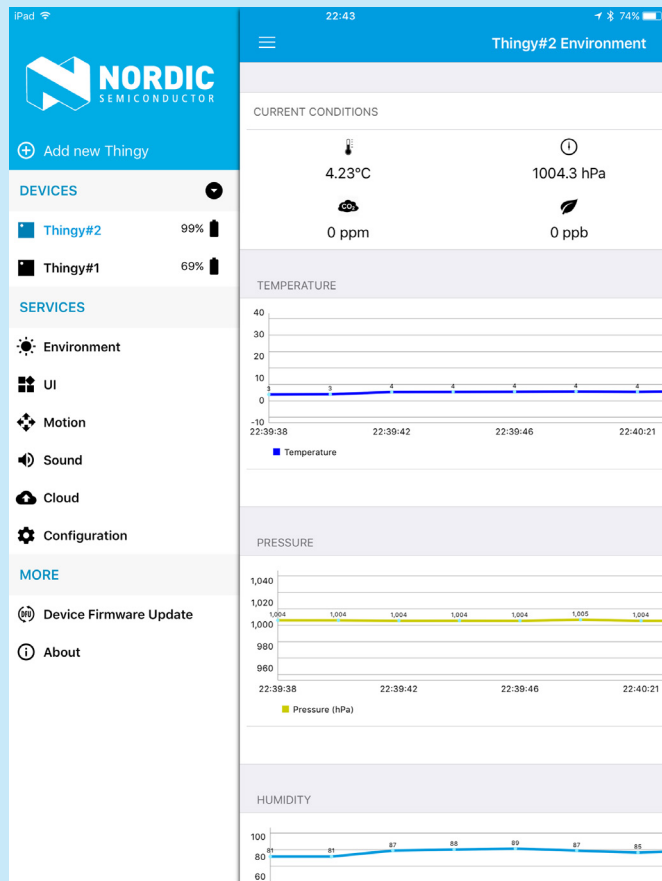
- Należy teraz kliknąć „Done” (i przytrzymać). Startuje pokazywanie bieżących danych pomiarowych na stronie „Name Environment”, gdzie „Name” to wcześniej wprowadzona nazwa modułu Thingy:52. Na rys. 4 jest pokazana zmiana na nazwę „Thingy#2”. Moduł Thingy:52 powinien zacząć błyskać na zielono.
- Kliknięcie w prawym górnym rogu na ikonkę „Configuration” powoduje otwarcie okna „Settings”. Udostępnia ono ustawienia powtarzania pomiarów parametrów i wybór skali temperatury.
- Kliknięcie w lewym górnym rogu na ikonkę trzyliniową powoduje otwarcenie menu głównego.

Jeśli aplikacja nie wykryje modułu Thingy:52 to może być to spowodowane przez kilka przyczyn:

- Wyłącznik zasilania POWER nie jest ustawiony w pozycji włączony. Znajduje się on pod czarną obudową.
- Bateria jest rozładowana. Dołącz ładowarkę USB lub komputer do złącza Micro-USB dostępnego w okienku (pod zaślepką) z boku czarnej obudowy. Upewnij się, że wyłącznik zasilania POWER jest ustawiony w pozycji włączony.
- Moduł Thingy:52 jest w stanie uśpienia. Kliknij na przycisk znajdujący się pod logo na środku czarnej obudowy, lub porusz (potrząśnij) modułem.

Po wykonaniu z sukcesem powyższych akcji moduł Thingy:52 powinien zacząć błyskać na niebiesko.

Jest jeszcze jedna sytuacja, która może powodować kłopoty z dołączeniem do modułu. Jeśli moduł błyska na zielono to oznacza, że jest już dołączony, ale do innego urządzenia (mobilnego).



Rysunek 5. Okno aplikacji *Thingy* z dołączonymi dwoma modułami Thingy:52.

Dołączanie dwóch modułów Thingy:52

W polu „DEVICES” menu głównego pokazywane są wykryte w pobliżu moduły Thingy:52. Nazwa modułu aktywnego jest wyświetlana na niebiesko i pokazywany jest stan naładowania jego baterii (rysunek 5). Nazwa modułów z którymi została utracona komunikacja jest wyświetlana na szaro. Dane tylko jednego modułu Thingy:52 mogą być pokazywane w aplikacji Thingy.

Kliknięcie w polu DEVICES na linię aktywnego modułu Thingy:52 powoduje jego odłączenie od aplikacji.

Jednak gdy jeden moduł jest dołączony do aplikacji można kliknąć na jeden z widocznych modułów nieaktywnych. Wtedy dotychczas wybrany moduł staje się nieaktywny (i nazwa jest wyświetlana na czarno), ale dalej zostaje utrzymane połączenie. Dalej jest np. wyświetlany stan jego baterii. Nowo wybrany moduł staje się aktywny i jego dane pomiarowe są pokazywane w oknie *Environment*.

Takie ustawienia umożliwiają szybkie przełączanie pomiędzy aktywnymi modułami.

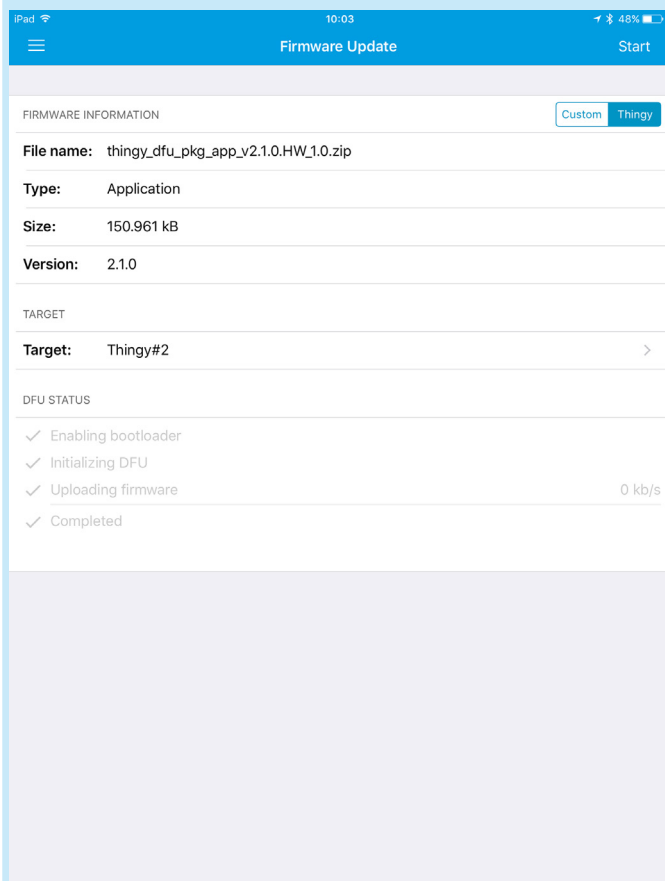
Serwisy aplikacji

Poniżej pola DEVICES jest wyświetlane pole „SERVICES” z listą aktywnych serwisów.

Udostępniają one wiele funkcjonalności: kompas, krokomierz, akcelerometr, żyroskop, magnetometr (kompas), pomiar wektora grawitacji, wysyłanie strumienia audio do głośnika, odtwarzanie predefiniowanych nagrań audio, wysyłanie strumienia audio sygnału z mikrofonu, ustawianie koloru i jasności świecenia diod RGB LED, oraz sporo więcej.

Serwis Environment

Po kliknięciu w menu na pozycję *Environment* wyświetlane jest znajome okno „Name Environment”. Dane pomiarowe pokazywane są w nim na dwa sposoby:



Rysunek 6. Okno aplikacji Thingy z aktywnym serwisem Device Firmware Update.

- W polu „CURRENT CONDITIONS” pokazywane są cyfrowe wartości: temperatury, ciśnienia, wilgotności, poziomu CO₂, poziomu TVOC oraz poziom składowych koloru RGB. Pola wyświetlania wartości są identyfikowane ikonkami.
- Poniżej w trzech polach pokazywane są wykresy temperatury, ciśnienia i wilgotności.

Są jeszcze dwie dodatkowe ikonki:

- Kliknięcie ikonki „Info” powoduje wyświetlenie okna z objaśnieniami znaczenia ikonki.
- Kliknięcie ikonki „More” powoduje wyświetlenie okna pozwalającego wyłączyć/włączyć obsługę wybranych pomiarów.

Serwis UI (User Interface)

Umożliwia interakcję z ustawieniami diod LED RGB oraz przycisku na module Thingy:52. Dokładny opis w dokumencie *Nordic Thingy:52 User Guide* [6].

Serwis Sound

Serwis Sound udostępnia sterowanie pracą mikrofonu oraz głośnika. Dokładny opis w dokumencie *Nordic Thingy:52 User Guide* [6].

Serwis Cloud

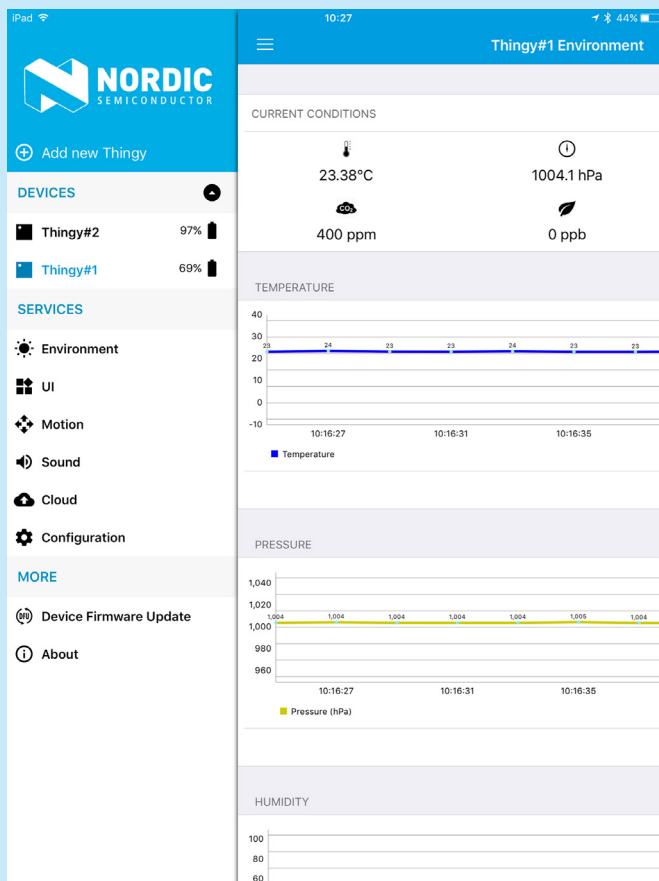
Serwis Cloud umożliwia sterowanie integracji aplikacji Thingy z serwisem sieciowym IFTTT (If This Then That).

Korzystanie z tego serwisu wymaga uzyskania tokena chmury. Aby go uzyskać trzeba zarejestrować się w IFTTT.

Kliknij na ikonkę „Info” i przejdź do strony internetowej IFTTT. Niestety, na iPadzie otwierane jest ładne okno i nic więcej.

Po uzyskaniu tokena na stronie IFTTT wróć do strony serwisu Cloud.

Kliknij „Cloud Token”, wprowadź token i kliknij „Set”.



Rysunek 7. Okno aplikacji Thingy po wykonaniu kalibracji układu pomiaru jakości powietrza.

I znowu nic. Na górze strony dostępne są trzy zdarzenia (Events). Ikonki przełączników są w pozycji włączone ale transfer nie działa. Należy je przełączyć do pozycji wyłączone i ponownie włączone. Wtedy pokazują się dane pomiarowe oraz dane statystyczne transferów. I dalej nie wiadomo co zrobić. Okazuje się, że jeszcze trzeba ręcznie zrobić na stronie (albo w aplikacji) IFTTT aplet, który łączy trigger w postaci naciśnięcia przycisku albo aktualizacji temperatury z jakimś żądanym przez nas wydarzeniem. Aplikacja Thingy pokazuje jak połączyć token ale nie jak stworzyć aplet.

Jednak możliwości zapowiadane przez serwis Cloud są tak duże, że będzie trzeba wrócić do niego później.

Serwis Motion

Serwis Motion udostępnia krokomierz, wykrywanie stuknięć, akcelerometr oraz inne dane związane z ruchem. Dokładny opis w dokumencie *Nordic Thingy:52 User Guide* [6].

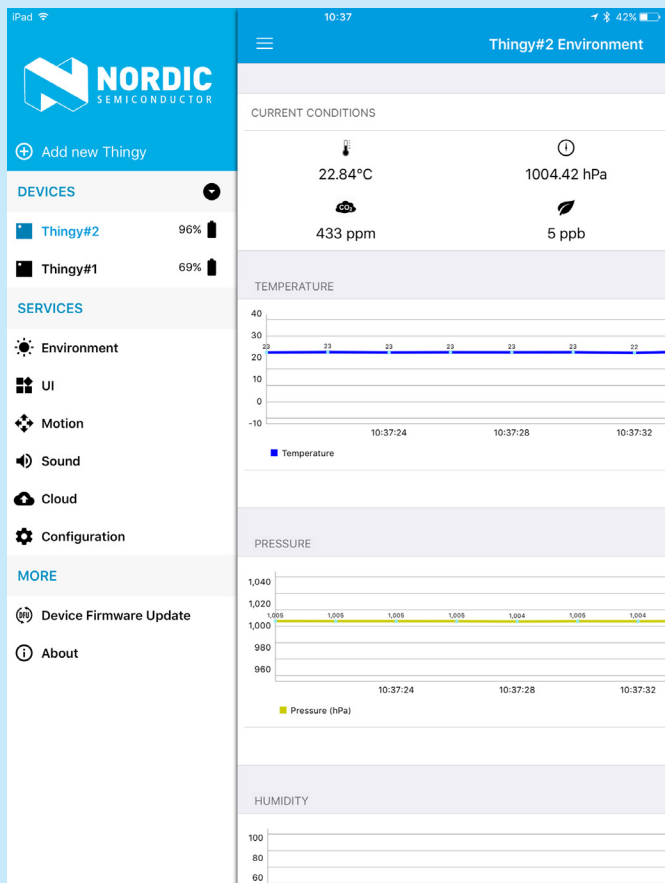
Serwis Configuration

Serwis umożliwia ustawienie nazwy modułu, parametrów czasowych rozgłaszania i połączenia.

Bardzo istotną informacją jest wersja oprogramowania firmowego (FW) dołączonego modułu Thingy:52. Podczas prób pokazywana była wersja 2.1.0. Po kliknięciu na „Update firmware” była wyświetlana informacja, że FW jest w aktualnej wersji.

Serwis Device Firmware Update

Aplikacja Thingy umożliwia aktualizację oprogramowania firmowego poprzez transmisję radiową over-the-air device firmware updates (OTA-DFU). W celu wystartowania aktualizacji DFU kliknij Start w prawym górnym rogu okna (rysunek 6). Po wykonaniu aktualizacji aplikacja ponownie wykonuje połączenie z modulem. Aplikacja Thingy zawiera



Rysunek 8. Okno aplikacji Thingy ze skalibrowanym pomiarem jakości powietrza.

tylko jedną wersję oprogramowania firmowego ustaloną w kodzie. W celu uzyskania nowszej wersji FW należy aktualizować aplikację.

Serwis About

Przydatne odnośniki są dostępne na stronie serwisu About.

Praca modułu Thingy:52 z aplikacją mobilną Thingy

Użytkowanie modułu Thingy:52 wymaga dołączenia do aplikacji Thingy. Jest to właściwie jedyny sposób interakcji z użytkownikiem. Aplikacja jest czytelna i jej używanie jest bardzo intuicyjne. Dla większości czujników i oferowanych właściwości. Wyjątkiem jest pomiar jakości powietrza. Zastosowany w module Thingy:52 układ scalony CCS811 firmy AMS [9] wykrywa tylko relatywną zmianę stężenia gazu, w odniesieniu do poziomu bazowego.

Po włączenia zasilania czujnika pierwszy raz następują spore zmiany wartości pomiarowej. Dlatego czujnik wymaga ciągłej pracy przez 48 godzin (takiego „wyrzania”). Należy pamiętać, że moduł Thingy:52 bez podłączenia do aplikacji Thingy przechodzi dosyć szybko w uśpienie. Aby określić poziom bazowy najlepiej jest następnie wystawić wyłączony moduł na zewnątrz. Należy wtedy odczekać na ustabilizowanie się jego temperatury. Może to trwać nawet godzinę. Potem trzeba włączyć zasilanie modułu, dołączyć go do aplikacji Thingy (rys. 4). Po pewnym czasie aplikacja pokazuje zerowe poziomy (rys. 5). Należy odczekać jeszcze jakiś czas (ponad pół godziny). Jeśli po tym czasie aplikacja pokazuje na stronie Environment wartości bardzo zbliżone do 400 ppm (parts per milion) dla poziomu CO₂ (średnia wartość w powietrzu) oraz 0 ppb (parts per billion, liczba części na miliard) dla TVOC to można uznać, że kalibracja poziomu odniesienia została wykonana prawidłowo (rys. 7). Wartości pomiarowe w obu kanałach są w zakresie do 32768.

REKLAMA

Wszystko, co lubisz, w jednym miejscu



UlubionyKiosk.pl

Oferuje papierowe i elektroniczne wydania czasopism z najważniejszych segmentów rynku:

budownictwo i wnętrza, muzyka i dźwięk, elektronika i automatyka, edukacja i hi-tech, rodzina.

Przesyłka GRATIS

Literatura

1. Układy scalone z obsługą Bluetooth 5, Henryk A. Kowalski, Elektronika Praktyczna, 5/2018.
2. nRF52832, Advanced performance Bluetooth5/ANT/2.4GHz proprietary SoC, Nordic Semiconductor, <http://bit.ly/2EOWl0t>
3. Nordic Thingy:52 IoT Sensor Kit, Product Page, <http://bit.ly/2rlbZwf>
4. Nordic Thingy:52 Hardware Files, Thingy52 – Hardware files 1_0_0.zip, <http://bit.ly/2E105NK>
5. Nordic Thingy:52 Product Brief v2.0, Nordic Semiconductor, <http://bit.ly/2BQ3M9c>
6. Nordic Thingy:52 User Guide v1.1, September 2017, Nordic Semiconductor, <http://bit.ly/2SsJUOX>
7. BMS1511F-11C-08H03P LF, Mini Speaker, BeStar Technologies, <http://bit.ly/2E1jYpM>
8. Digital 16bit Serial Output Type Color Sensor IC – <http://bit.ly/2zl7gco> BH1745NUC, ROHM Semiconductor, <http://bit.ly/2zl7gco>
9. CCS811 Gas Sensor Solution, AMS, <http://bit.ly/2APcF1b>
10. LIS2DH12, 3-axis MEMS accelerometer, ultra-low-power, ST Microelectronics, <http://bit.ly/2BSC3ov>
11. MPU-9250 Nine-Axis (Gyro + Accelerometer + Compass) MEMS MotionTracking Device, TDK (dawniej InvenSense), <http://bit.ly/2FXndBm>
12. LPS22HB, Ultra-compact piezoresistive absolute pressure sensor, ST Microelectronics, <http://bit.ly/2rnkhDW>
13. HTS221, Capacitive digital sensor for relative humidity and temperature, ST Microelectronics, <http://bit.ly/2SuvvG9>
14. MP34DB02, MEMS audio sensor omnidirectional digital microphone, ST Microelectronics (Mouser), <http://bit.ly/2QzxyXX>
15. COSIK – CZYLI NORDIC THINGY:52 – PIERWSZE WRAŻENIA, Arkadiusz Merta, 15 Lutego 2018, <http://bit.ly/2RyQ2oX>

Po przeniesieniu modułu w docelowe miejsce pomiarów należy odczekać co najmniej pół godziny. Odczyty CO₂ i TVOC w tym czasie będą rosły (od, odpowiednio: 400 i 0) aż do ustalenia się prawidłowego poziomu (**rysunek 8**).

Nie do końca jest jasne na jak długo taka kalibracja wystarczy. Niewątpliwie czujnik dobrze działa, jeśli po kalibracji moduł pracuje w sposób ciągły.

W trakcie prób z określeniem poziomu CO₂ w sypialni, po całej nocy z zamkniętymi oknami, otworzenie rano okna spowodowało silny wzrost wskazywanego poziomu CO₂. Dopiero potem okazało się, że właśnie wystąpił smog z bardzo wysokim poziomem pyłów. Najwyraźniej zastosowany w module Thingy:52 czujnik reaguje na takie sytuacje.

W praktycznym użytkowaniu dwóch modułów Thingy:52 dołączonych do iPada pojawił się problem. Wyłączane jest działanie czujnika jakości powietrza na module, który jest dołączony ale nie jest wybrany do wyświetlania danych. Po jego wybraniu (przełączeniu) konieczna jest cała sekwencja półgodzinna startu działania czujnika. Wydaje się to błędem. Skoro moduł jest dołączony, co sygnalizuje mruganiem na zielono, to powinien być w pełni funkcjonalny. A tak startuje z pomiarami tak jak ze stanu „w kolorze niebieskim”.

Okazuje się, że problem z wyłączaniem działania czujnika jakości powietrza występuje też przy zmianie ustawień diod LED RGB w serwisie UI oraz przy wyłączaniu/włączaniu obsługi innych pomiarów w oknie *Environment*. Czyli przy działaniach zupełnie nie dotyczących czujnika jakości powietrza.

Przy użytkowaniu modułów Thingy:52 dołączonych do iPada pojawił się też problem zasięgu transmisji BLE. Już rozmieszczenie modułu i iPada na różnych piętrach, przy niewielkiej odległości kilku metrów może spowodować utratę połączenia. Skutkiem tego jest przejście modułu w stan rozgłaszania i po niedługim czasie przejście do stanu uśpienia. Aby ponownie dołączyć moduł do iPada trzeba go „ręcznie” obudzić. Zastosowany na module Thingy:52 układ scalony nRF52832 obsługuje co prawda rozszerzenia wprowadzone przez standard BLE 5, ale bez rozszerzenia dużego zasięgu (mocy).

Kolejny problem dotyczy czasu. Na wykresach w oknie *Environment* jest pokazywana godzina zupełnie inna niż aktualna, pokazywana na górze tego okna (zgodna z faktycznym stanem).

Ładowanie akumulatorów poprzez gniazdko USB nie jest sygnalizowane. Poziom naładowania pokazywany jest dosyć niestabilnie. Na przykład: jest stale 76% przez kilka godzin pomimo dołączonego kabla USB a po kolejnym dołączeniu kabla skacze na 100%. Co też nie jest stanem naładowania baterii ale stanem napięcia na niej w trakcie ładowania. Po odłączeniu kabla poziom wraca do niższej wartości np. 96%.

Powyższy opis jest tylko pierwszym wprowadzeniem do użytkowania modułu Thingy:52. Jednak na stronie YouTube można znaleźć wiele przykładów ciekawego zastosowania modułu Thingy:52. Kolejnym krokiem jest rozpoczęcie programowania modułu oraz dołączanie go do bramek z komunikacją BLE. Ale to już w przyszłości.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

REKLAMA

MEDIA ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Od stycznia br. zmieniliśmy sposób dostarczania Czytelnikom EP materiałów dodatkowych dołączonych do numeru.

1. Wejdź na stronę www.media.avt.pl
2. Zarejestruj się/zaloguj
3. Wybierz wydanie „Elektroniki Praktycznej”, które chcesz dodać do swojej biblioteki.
4. Odpowiedz na proste pytanie dotyczące bieżącego numeru.
5. Pobieraj pliki.

