

Systemy dla Internetu Rzeczy (46)

Cyfrowe czujniki ciśnienia



Czujnik ciśnienia to urządzenie zawierające element czujnikowy, którego fizyczna odpowiedź, zależna od zastosowanego ciśnienia, jest przekształcana na sygnał elektryczny. Następnie wymagane jest kondycjonowanie tego sygnału, aby powstał odpowiedni sygnał użyteczny. Zwykle czujniki są wykonywane w technologii MEMS i umieszczane w obudowach razem ze strukturami ASIC. Tak przygotowane elementy są montowane w modułach oraz całych systemach użytkowych. Znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach, należą do nich m.in.: motoryzacja, medycyna, nawigacja, technika lotnicza oraz różne urządzenia użytkowe.

Czujnik ciśnienia jest ogólnym terminem opisującym urządzenie wykrywające ciśnienie, którym może być czujnik, przetwornik lub transponder, w zależności od konstrukcji. Wytwarzają napięcie wyjściowe, które zmienia się wraz z ciśnieniem, którego doświadcza element czujnikowy podatny na tę siłę fizyczną. Czujniki ciśnienia w obudowach przeznaczonych do montowania na płytkach drukowanych wymagają od projektanta rozważenia problemu kalibracji. Zwrot „czujnik ciśnienia” jest czasami używany do ogólnego opisu przetworników i transponderów.

Przetworniki (*transducer*) ciśnienia, podobnie jak czujniki ciśnienia, wytwarzają napięcie wyjściowe, które zmienia się wraz z ciśnieniem. Przetwornik w tym kontekście jest elementem czujnikowym z dołączonym obwodem kondycjonującym sygnał, np. w celu kompensacji wahań temperatury i ze wzmacniaczem umożliwiającym transmisję sygnałów dalej od źródła. Ma też odpowiednią obudowę wymaganą ze względu na zastosowanie.

Transmitery (*transmitter*) ciśnienia są podobne do przetworników, ale generują sygnał prądowy na obciążeniu o niskiej impedancji. Zwykle wyjście będzie to standardowe wyjście przemysłowe 4...20 mA.

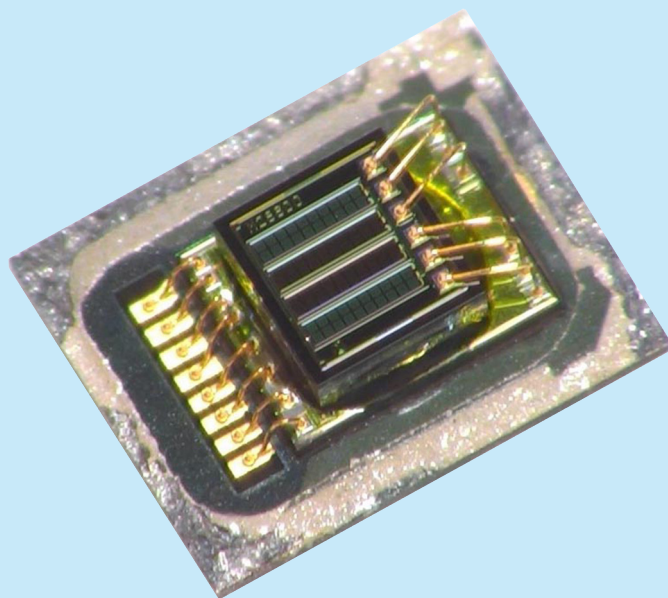
Istnieje wiele różnych zastosowań czujników ciśnienia, dlatego dostępnych jest wiele typów czujników o szerokiej gamie charakterystyk, niezależnie od tego, czy są to trudne lub korozyjne środowiska, sprzęt medyczny czy urządzenia mobilne. Wybór czujnika ciśnienia oznacza wybór spośród szerokiej gamy technologii, pakietów, poziomów wydajności i funkcji w celu spełnienia wielu wymagań dotyczących dokładnego pomiaru ciśnienia.

Czujnik ciśnienia jest przydatny w stacjach meteorologicznych, monitoringu środowiska lub do wspomagania nawigacji w obszarach braku nawigacji GPS lub triangulacji komórek. Ze względu na technologię wyróżniamy następujące rodzaje czujników ciśnienia:

- pojemnościowe,
- piezorezystancyjne,
- czujniki w technologii powierzchniowej fali akustycznej (SAW),
- czujniki w technologii krystal bond.

Obecnie produkowane są głównie układy czujnikowe wykorzystujące technologię piezorezystancyjną lub pojemnościową.

Obudowy i zakresy urządzeń ciśnieniowych MEMS różnią się znacznie w zależności od zastosowania. Konstrukcje i technologie wytwarzania czujników ciśnienia stale się rozwijają i układy nowych generacji mają parametry wyraźnie lepsze. Ostatnio czujniki ciśnienia zaczynają być integrowane w jednej obudowie z czujnikami innych parametrów fizycznych. Przykładem są układy firmy Bosch:



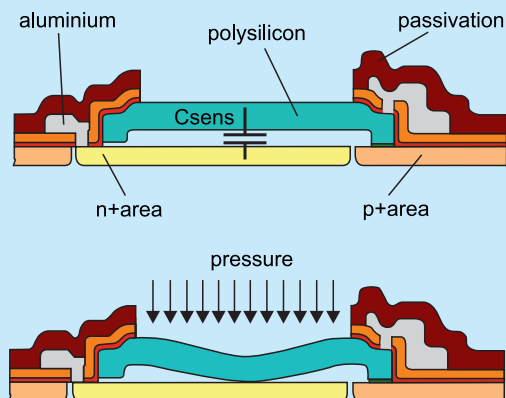
czujnik ciśnienia, temperatury i wilgotności względnej BME280 oraz czujnik jakości powietrza BME680 [2].

Aby zrozumieć typy powszechnie używanych czujników, ich zasady działania i tryby użytkowania, został opracowany przez firmę Avnet Abacus podręcznik inżyniera projektanta dotyczący czujników ciśnienia „Pressure sensors: The design engineer's guide” [3]. Przewodnik zapewnienia kompleksowy przegląd technologii, wgląd w różne zastosowania i pomoc w znalezieniu odpowiedniego czujnika.

Spośród wielu producentów czujników ciśnienia firma Bosch jest wyraźnie dominującym liderem zarówno na rynku motoryzacyjnym, jak i konsumenckim. Firmy Infineon, Sensata, Denso i Melexis koncentrują się głównie na motoryzacji, podczas gdy ST Microelectronics i Alps Alpine obsługują rynek konsumencki. Tylko firmy TE Connectivity i NXP mają również obecność na wielu rynkach. Jest też wielu innych producentów czujników ciśnienia, jak Omron, Amphenol, Bourns czy Maxim.

Czujniki MEMS

Mechanizm piezoelektryczny lub pojemnościowy czujnika ciśnienia może być wykonany na krzemie jako urządzenie MEMS (Micro Electro Mechanical System) i zapakowany jako kompaktowy układ do montażu powierzchniowego, zwykle o rozmiarach tylko



Rysunek 1. Konstrukcja pojemnościowych czujników ciśnienia [5]

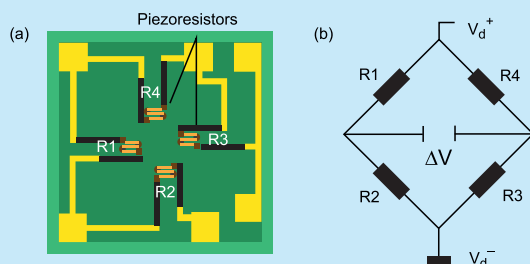
około 2...3 mm z każdej strony. Urządzenia MEMS są wytwarzane z krzemu przy użyciu procesów domieszkowania i trawienia. Procesy te są wykonywane w skali struktury scalonej, czego wynikiem jest maleńkie urządzenie, które może być połączone z elektroniką kondycjonującą sygnał. Obwód elektroniczny może zawierać wzmacniacz w celu uzyskania wyjścia analogowego, a także przetwornik analogowo-cyfrowy w celu wygenerowania wyjścia cyfrowego. Wyjście analogowe może być przydatne, jeśli sygnał czujnika ma być obsługiwany całkowicie w domenie analogowej lub jeśli projektant chce użyć przetwornika AC o szczególnie wysokiej rozdzielczości lub dokładności, lub jeśli mikrokontroler zawiera odpowiedni zintegrowany przetwornik AC.

Pojemnościowe czujniki ciśnienia

Pojemnościowy czujnik ciśnienia zawiera kondensator z jedną sztywną płytą i jedną elastyczną membraną jako elektrody (rysunek 1, górna część). Elektroda dolna czujnika ciśnienia wykonana jest z krzemu domieszkowanego n+, natomiast elektroda górna z elastycznej membrany polikrzemowej. Pojemność jest proporcjonalna do odległości między elektrodami. Mierzone ciśnienie jest przykładane po stronie elastycznej membrany, a wynikające z tego ugięcie powoduje zmianę pojemności (rysunek 1, część dolna), którą można zmierzyć za pomocą obwodu elektrycznego.

Piezorezystancyjne czujniki tensometryczne MEMS

Piezorezystancyjne czujniki tensometryczne były pierwszymi udanymi czujnikami ciśnienia typu MEMS i są szeroko stosowane m.in. w motoryzacji, medycynie i sprzęcie gospodarstwa domowego. Przewodzące elementy czujnikowe są wytwarzane bezpośrednio na membranie. Zmiana rezystancji tych przewodników jest proporcjonalna do odkształcenia i reprezentuje miarę przyłożonego ciśnienia. Rezystory są połączone w sieć mostka Wheatstone'a, co pozwala na bardzo dokładny pomiar zmian rezystancji. Elementy piezorezystancyjne można ustawić tak, aby podlegały przeciwnemu naprężeniu (połowa była rozciągnięta, a druga połowa ściśnięta), żeby zmaksymalizować sygnał wyjściowy dla



Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów piezorezystancyjnych czujnika MEMS [3]

danego ciśnienia (rysunek 2). Napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do zmiany rezystancji.

Czujniki ciśnienia w technologii krystal bond

Technologia krystal bond to technologia czujnika ciśnienia MEMS. Tensometry są dyfundowane molekularnie na powierzchnię metalowej membrany przy użyciu materiałów nieorganicznych i wysokich temperatur (rysunek 3). W miarę obniżania się temperatury nieorganiczny materiał wiążący krzepnie i mocuje silikonowy tensometr do pozycji powyżej środka czujnika, tworząc w ten sposób jednoczęściowy element czujnikowy. Przy odkształceniach roboczych mniejszych niż 15% granicy plastyczności metalu czujnik ciśnienia wykazuje mniejsze zmęczenie, wyższą odporność na nadciśnienie i doskonałą długoterminową stabilność. Dzięki zastosowaniu materiałów nieorganicznych w procesie łączenia tensometrów z membraną, element czujnikowy ciśnienia ma praktycznie nieskończoną trwałość. Tensometry zapewniają również wysoki sygnał wyjściowy z małymi błędami termicznymi [8].



Fotografia 3. Tensometry krzemowe na metalowej membranie struktury w technologii krystal bond [8]

Czujniki w technologii SAW

Czujnik powierzchniowej fali akustycznej (SAW) działa na zasadzie przesyłania drgań przez cienką warstwę materiału piezoelektrycznego. Fale są wychwytywane przez inny przetwornik i przekształcane z powrotem w sygnał elektryczny. Zmiany amplitudy lub fazy sygnału akustycznego spowodowane odkształceniem powierzchni mogą być mierzone w celu określenia ciśnienia [3].

Czujniki barometryczne

Ciśnienie barometryczne (lub atmosferyczne) to ciśnienie wywierane przez ciężar powietrza w atmosferze ziemskiej. Ciśnienie barometryczne może być mierzone na dwa sposoby:

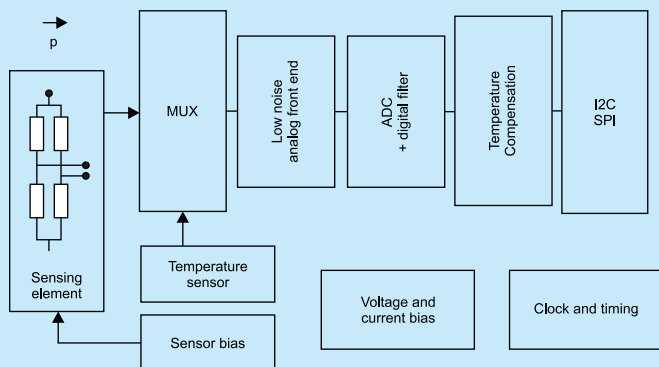
- ciśnienie bezwzględne – mierzone względem próżni;
- ciśnienie względne (manometryczne) – mierzone względem powietrza otoczenia.

Ciśnienie bezwzględne jest związane z wysokością powyżej (umownego) poziomu morza. Ciśnienie od 20 kPa do 110 kPa obejmuje cały zakres wysokości na Ziemi, od najgłębszej kopalni do szczytu Mount Everestu. Na jego podstawie można obliczyć wysokość. Ciśnienie zależy od wysokości i temperatury, ponieważ oba te czynniki zmniejszają gęstość powietrza.

Czujnik LPS25HB firmy STMicroelectronics

Sensor LPS25HB firmy STMicroelectronics to piezorezystancyjny czujnik ciśnienia absolutnego, który działa jak barometr cyfrowy [4]. Jest to jeden z całej listy układów czujników ciśnienia LPS22xx, LPS25HB, LPS27HHW oraz LPS33xx. Różnią się one obudową, zakresem pracy i częstotliwością próbkowania oraz rozdzielczością.

Układ LPS25HB zawiera element czujnikowy i interfejs komunikacyjny z obsługą protokołu I²C lub SPI (rysunek 4). Czujnik ciśnienia jest produkowany przy użyciu zastrzeżonej technologii MEMS, która umożliwia wykonanie czujnika ciśnienia na monolitycznym chipie krzemowym. Element czujnikowy jest oparty na elastycznej membranie silikonowej utworzonej nad komorą powietrzną z kontrolowaną szczeliną i określonym ciśnieniem wewnętrznym. Membrana jest mała w porównaniu do tradycyjnych membran silikonowych poddanych mikroobróbce. Przyłożenie ciśnienia powoduje odkształcenie



Rysunek 4. Schemat blokowy czujnika ciśnienia LPS25HB firmy STMicroelectronics [4]

membrany i zmianę stanu mostka Wheatstone'a, co generuje sygnał pomiarowy. Układ jest kalibrowany fabrycznie i wartości kalibracyjne są przy włączaniu zasilania ładowane do rejestrów, używanych w trakcie normalnej pracy. Cyfrowe dane pomiarowe są wstawiane do 32-miejscowego bufora FIFO, który może pracować w 7 trybach.

LPS25HB jest dostępny w obudowie LGA (HLGA) o wymiarach 2,5×2,5×0,8 mm. Gwarantuje działanie w zakresie temperatur od -30 do +105°C. Obudowa zawiera otwór, aby ciśnienie zewnętrzne mogło dotrzeć do elementu czujnikowego. Parametry układu LPS25HB są następujące [4]:

- zakres ciśnienia bezwzględnego: od 260 do 1260 hPa,
- tryb wysokiej rozdzielczości: 0,01 hPa RMS,
- pobór prądu: 4 µA (tryb niskiej rozdzielczości), 4,5 µA (tryb niskiego prądu i szumów z FIFO),
- odporność na nadciśnienie: 20× pełna skala,
- wbudowana kompensacja temperatury,
- 24-bitowe dane ciśnienia,
- szybkość próbkowania ciśnienia: od 1 do 25 Hz,
- interfejsy SPI oraz I²C,
- wbudowany bufor FIFO,
- funkcje przerwań: Data Ready, znaczniki FIFO, progi ciśnienia,
- napięcie zasilania: od 1,7 do 3,6 V,
- wysoka wytrzymałość na wstrząsy: 10000 g.

Czujnik ciśnienia BMP390L firmy Bosch

BMP390L firmy Bosch to dokładny piezorezystancyjny czujnik ciśnienia barometrycznego z dokładnym pomiarem temperatury [6]. Jest to kolejny układ w całej serii udanych poprzedników BMP280, BMP380, BMP388 i BMP390. Jest wyposażony w matrycę MEMS i strukturę scaloną wzmacniacza analogowego z układem cyfrowym (*mixed – signal ASIC*). Czujnik ciśnienia jest wytwarzany w procesie Advanced Porous Silicon Membrane firmy Bosch, integrującym elastyczną membranę ciśnieniową i diody temperatury na silikonowym podłożu. W kompaktowej 10-pinowej obudowie LGA 2,0×2,0×0,75 mm z metalową pokrywą zmontowany jest układ SiP z dwoma strukturami scalonymi połączonymi drucikami.

Schemat blokowy układu został pokazany na **rysunku 5**. Może pracować w trzech trybach: uśpienia, pracy normalnej (z automatycznym powtarzaniem pomiaru) oraz pomiaru pojedynczego. Pomiar ciśnienia i temperatury jest wykonywany z nadpróbkowaniem 1...32 razy, oddzielnie ustawianym. Pojedynczy pomiar daje wyniki z rozdzielczością 16 bitów. Przy nadpróbkowaniu 32 razy rozdzielczość wynosi 21 bitów. Po wykonaniu pomiaru dane mogą być filtrowane filtrem IIR o długości 2...128 sekcji. Umożliwia on usunięcie krótkotrwałych zakłóceń, jakie wywołuje np. trzaskanie drzwiami. Kombinacja ustawień daje 6 zalecanych trybów pomiaru. Układ ma długi bufor FIFO (512 B) z możliwością przerzedzania danych wejściowych w zakresie 1...128. Układ zawiera pamięć ze współczynnikami kompensacji odczytów temperatury i ciśnienia.

Czujnik ciśnienia obejmuje szeroki zakres pomiarowy, w połączeniu z niskim zużyciem energii i wysoką wydajnością, co pozwala niski pobór mocy: 3,2 µA przy próbkowaniu 1 Hz. Jest przydatny do implementacji urządzeń zasilanych bateryjnie. Układ zapewnia wysoką stabilność temperaturową, wynoszącą typowo ±0,6 Pa/K, w całym zakresie temperatur i ciśnień, bardzo mały błąd pomiaru na poziomie ±0,03 hPa, a także mały krótko- i długoterminowy dryf.

BMP390L dobrze nadaje się do wymagających zastosowań przemysłowych i IoT (logistyka, sprzęt AGD, precyzyjne maszyny rolnicze, roboty, drony). Jego podstawowe parametry [6] to:

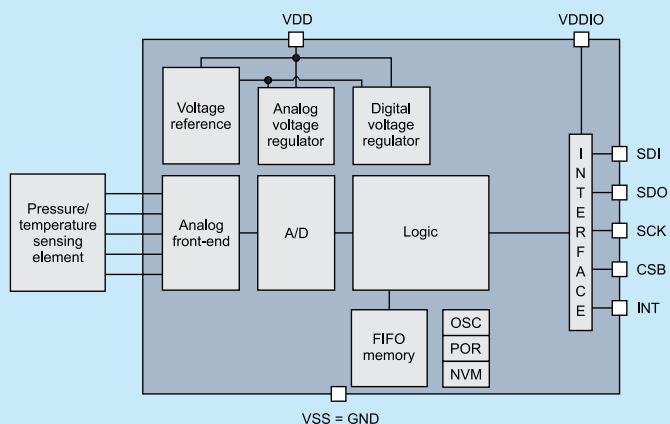
- zakres roboczy ciśnienia (pełna dokładność): 300...1250 hPa,
- napięcie zasilania rdzenia: 1,2...3,6 V,
- napięcie zasilania komunikacji: 1,65...3,6 V,
- interfejs komunikacyjny: I²C i SPI,
- średni typowy pobór prądu (transmisja danych 1 Hz): 3,2 µA,
- dokładność absolutna P=300...1100 hPa, T=0...65°C: ± 0,50 hPa,
- dokładność względna (typ.) P=700...1100 hPa, T=25...40°C: ±0,03 hPa (co odpowiada ±25 cm),
- szum ciśnienia RMS (najmniejsza szerokość pasma, najwyższa rozdzielczość): 0,02 Pa,
- współczynnik przesunięcia temperaturowego (25...40°C przy 900 Pa): ±0,6 Pa/K,
- stabilność długoterminowa (12 miesięcy): ±0,16 hPa,
- maksymalna częstotliwość próbkowania: 200 Hz.

Czujnik jakości powietrza BME680 firmy Bosch

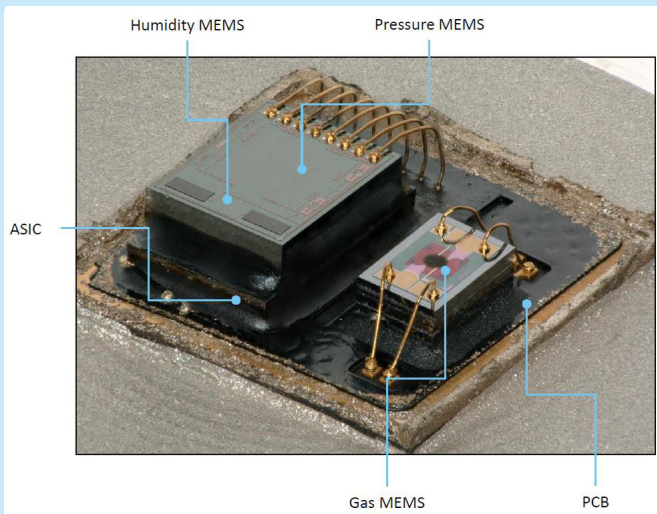
BME680 firmy Bosch to pierwszy układ scalony, który integruje w jednej obudowie czujniki gazu, ciśnienia barometrycznego, wilgotności względnej i temperatury o wysokiej liniowości i dokładności [2]. Został opracowany specjalnie do zastosowań mobilnych i urządzeń do noszenia, w których rozmiar i niskie zużycie energii mają kluczowe znaczenie. BME680 gwarantuje, w zależności od trybu pracy, zoptymalizowane zużycie, długoterminową stabilność i wysoką odporność na zakłócenia elektromagnetyczne.

Układ scalony BME680 to jakby kilka układów w jednym: czujnik ciśnienia i temperatury (jak w układzie BMP280) z rozszerzeniem o czujnik wilgotności (jak w układzie BME280) i z dodatkowym czujnikiem gazu [S35].

Czujnik ciśnienia barometrycznego jest wykonany w technologii MEMS z zastosowaniem pomiaru rezystancji cienkiej membrany. Czujnik wilgotności względnej jest wykonany w technologii MEMS z zastosowaniem pomiaru zmian pojemności kondensatora z polimerową folią [S32]. Czujnik gazu układu BME680 jest wytwarzany w technologii MOX. Pomiar temperatury jest wykonywany poprzez pomiar zmian napięcia diody krzemowej. Każda struktura scalona zastosowana w układzie scalonym BME680 zawiera czujnik temperatury. Podstawowe parametry układu BME680 [2] to:



Rysunek 5. Schemat blokowy i wygląd czujnika ciśnienia BMP390L firmy Bosch [6]



Rysunek 6. Widok wnętrza układu BME680 firmy Bosch [7]

- napięcie zasilania: od 3,3...5 V,
- zakres pomiaru ciśnienia: od 300...1100 hPa,
- maksymalna częstotliwość próbkowania: 182 Hz,
- interfejs komunikacyjny: I²C [S36] i SPI [S37].

Układ BME680 jest zamknięty w metalowej obudowie (LGA8) o rozmiarach 3×3×0,93 mm. Daje to bardzo dobrą odporność na zakłócenia elektromagnetyczne. Widok wnętrza układu BME680 jest pokazany na rysunku 6 [7]. Układ jest skonstruowany jako SIP (System In Package) z trzema strukturami scalonymi CMOS umieszczonymi na płytce drukowanej (PCB). Układ cyfrowy interfejsu oraz przetwarzania cyfrowego, a także układ analogowo-cyfrowy (wzmacniacze i przetworniki A/C) jest wykonany w postaci dużej struktury układu ASIC. Na górze tej struktury jest umieszczona

Wybrane pozostałe artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy”

- [S31] Nordic Thingy:91 – platforma do prototypowania dla mobilnego IoT, EP 11/2019
- [S32] Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury, EP 12/2019
- [S35] Cyfrowe czujniki gazu, EP 3/2020
- [S36] Pomiar jakości powietrza, ciśnienia, wilgotności i temperatury czujnikiem BME680 dołączonym do zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad z transmisją protokołem I²C, EP 4/2020
- [S37] Pomiar jakości powietrza, ciśnienia, wilgotności i temperatury czujnikiem BME680 dołączonym do zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad z transmisją protokołem SPI, EP 5/2020

Literatura

- [1] MEMS Pressure Sensor Comparison 2018, System Plus Consulting, <http://bit.ly/37ITgAj>
- [2] BME680 Low power gas, pressure, temperature & humidity sensor, Bosch Sensortec, <http://bit.ly/34hDeJO>
- [3] Pressure sensors: The design engineer's guide, <http://bit.ly/3smC6Aj>
- [4] LPS25HB Piezoresistive absolute pressure sensor, 260-1260 hPa, digital output barometer, I²C, SPI, <https://bit.ly/3pMXih5>
- [5] Sensors, Michał Mazurkiewicz, Arrow MultiSolution Day, Warszawa, 25.09.2018
- [6] BMP390L High-performance longevity pressure sensor, <http://bit.ly/3sAsRgf>
- [7] Bosch Sensortec's BME680, a 4-in-1 integrated environmental sensor, December 12, 2019, Bosch, <http://bit.ly/2HudsBD>
- [8] Pressure Sensors, TE Connectivity, <http://bit.ly/3qOGLus>
- [9] Pressure Sensors, Infineon, <http://bit.ly/3aOSSST>
- [10] Pressure Sensors, NXP, <http://bit.ly/3bxZTq9>

struktura scalona zawierająca czujnik ciśnienia (rysunek 6, duże pole na środku) oraz czujnik wilgotności i temperatury (lewa krawędź). Osobno została umieszczona struktura scalona czujnika gazu (po prawej). Na rysunku 6 doskonale widać druciki (*bond*) dołączone do pół kontaktowych struktur scalonych. Układ scalony BME680 został zastosowany w module komunikacji mobilnej (LTE) Thingy:91 firmy Nordic Semiconductor [S31].

Seria M5600 firmy TE Connectivity

Modułowy bezprzewodowy przetwornik ciśnienia serii M5600 firmy TE Connectivity z linii Microfused jest zamknięty w obudowie ze stali nierdzewnej i poliwęglanu [8]. Czujniki są produkowane jako piezorezystancyjne systemy MEMS i silikonowy czujnik tensometryczny (Microfused, Krystal Bond). Te wysoce dokładne, bezprzewodowe przetworniki z 24-bitowym wyjściem cyfrowym, eliminują okablowanie i zapewniają zdalne sterowanie procesem i monitorowanie poprzez komunikację bezprzewodową Bluetooth 4.0. Bezprzewodowy przetwornik ciśnienia serii M5600 nadaje się do pomiaru ciśnienia cieczy lub gazu, nawet w przypadku trudnych mediów, takich jak zanieczyszczona woda, para i płyny lekko korozyjne.

Rodzina XENSIV firmy Infineon

Rodzina cyfrowych barometrycznych czujników ciśnienia XENSIV firmy Infineon jest przeznaczona do urządzeń mobilnych i noszonych ze względu na niewielkie rozmiary, wysoką precyzję i niskie zużycie energii [9]. Pomiar ciśnienia jest oparty na technologii pojemnościowej, która gwarantuje ultrawysoką precyzję ($\pm 2/\pm 5$ cm) i względną dokładność ($\pm 0,6$ hPa) w szerokim zakresie temperatur. Wewnętrzny procesor sygnału czujnika przekształca dane wyjściowe z elementów czujnika ciśnienia i temperatury na wyniki 24-bitowe. Każdy czujnik ciśnienia został skalibrowany indywidualnie i zawiera współczynniki kalibracji. Współczynniki są używane w aplikacji do konwersji wyników pomiarów na rzeczywiste wartości ciśnienia i temperatury. Wszystkie czujniki mają FIFO, który może przechowywać ostatnie 32 pomiary. Ponieważ procesor hosta może pozostawać w trybie uśpienia przez dłuższy czas między odczytami, FIFO może zmniejszyć zużycie energii przez system. Pomiary czujnika i współczynniki kalibracji są dostępne przez interfejs szeregowy I²C/SPI.

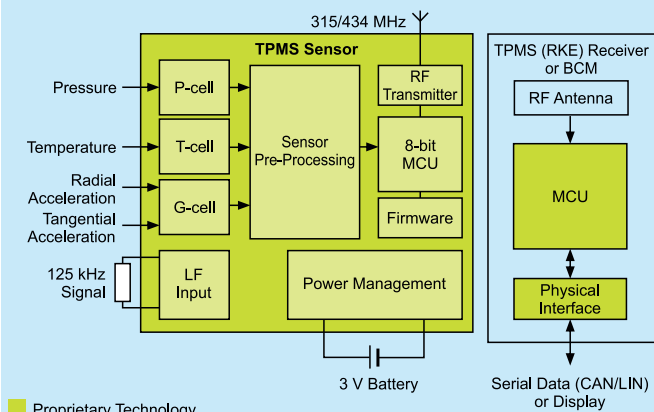
Czujnik ciśnienia barometrycznego DPS310 o bardzo niskim zużyciu energii jest zalecany do zastosowań, w których zużycie energii jest krytyczne i wymagana jest najwyższa precyzja pomiaru ciśnienia. Widok struktury scalonej czujnika ciśnienia DPS310 jest pokazany na zdjęciu tytułowym [1].

Monolityczny układ scalony DPS422 ma bardzo mały obszar krytyczny w bardzo niską obudowę (typ. 0,73 mm). Oprócz precyzyjnego pomiaru ciśnienia DPS422 oferuje również bardzo dokładne wykrywanie temperatury bezwzględnej ($\pm 0,4^{\circ}\text{C}$). Może być używany w aplikacjach takich jak inteligentne stacje pogodowe.

Układ DPS368 oferuje wysoką rozdzielczość (± 2 cm), bardzo dużą prędkość odczytu i niski pobór prądu. Czujnik może być używany w trudnych warunkach, ponieważ jest odporny na wodę (IPx8 – 50 m pod wodą przez 1 godzinę), kurz i wilgoć.

Samochodowe systemy monitorowania ciśnienia firmy NXP

Bardzo duża oferta czujników ciśnienia firmy NXP obejmuje szeroką gamę zakresów ciśnienia i różnorodne opcje obudowy [10]. Czujniki ciśnienia oparte na MEMS zapewniają solidne rozwiązania dla urządzeń, medycyny, konsumentów, przemysłu i motoryzacji. Systemy monitorowania ciśnienia w oponach TPMS (Tire Pressure Monitoring System) mogą poprawić bezpieczeństwo pojazdu i zmniejszyć zużycie paliwa, prowadząc do redukcji emisji dwutlenku węgla. Wraz



■ Proprietary Technology

Rysunek 7. Schemat systemu monitorowania ciśnienia w oponach firmy NXP [10]

ze zmniejszonym zużyciem opon, zapewniającym stałą jakość jazdy, systemy te są promowane przez przepisy rządowe na całym świecie.

Rozwiązanie do monitorowania ciśnienia w oponach firmy NXP integruje czujnik ciśnienia, mikrokontroler, nadajnik RF oraz akcelerometr jedno- lub dwuosiowy w jednym układzie [10]. Czujniki są instalowane w trzonkach zaworów lub w innym miejscu na felgach albo w oponie, aby zapewnić niezależne, częste pomiary ciśnienia powietrza dla każdej opony. Pomiary te są przesyłane do odbiornika systemu TPMS lub systemu sterowania nadwoziem (BCM).

Firma oferuje dwie rodziny układów FXTH87E (QFN 7×7×2,2 mm) oraz mniejsze NTM88 (QFN 4×4×1,98 mm) o podobnych parametrach. Ogólny schemat blokowy systemu monitorowania ciśnienia w oponach został pokazany na **rysunku 7**. Pojemnościowy czujnik ciśnienia wymaga tylko 0,14 μA prądu zasilania (3 V, 30 kHz). Typowy pobór mocy przez układ FXTH87E wynosi 5 mA przy 434 MHz (5 dBm) i tylko 180 nA w trybie zatrzymania. MCU integruje technologie komunikacji LF i RF. Układ LFR zużywa bardzo mało energii

podczas odbierania sygnałów o niskiej częstotliwości do komunikacji krótkiego zasięgu. Wewnętrzny nadajnik RF 315/434 MHz składa się z modułu RF z oscylatorem kwarcowym, oscylatorem sterowanym napięciem (VCO), fraktalną pętlą synchronizacji fazy (PLL) i wzmacniaczem wyjściowym RF dołączonym do anteny. Zawiera również mały kontroler automatu stanowego, generator czasu losowego i sprzętowy bufor danych do automatycznego nadawania lub bezpośredniego sterowania z MCU.

Układy NBP8 i NBP9 firmy NXP to nowa rodzina zintegrowanych czujników BPMS (Battery Pressure Monitoring Sensor) do monitorowania ciśnienia w akumulatorach. Mają one budowę zbliżoną do czujników TPMS.

Podsumowanie

Zmniejszanie rozmiaru czujników ciśnienia otwiera nowe zastosowania. Inteligentne zegarki i monitory fitness wykorzystują małe, wypełnione żelazem czujniki ciśnienia produkowane przez TE. Pomagają w określeniu wysokości, dzięki czemu zapewniają znacznie dokładniejsze wskazanie lokalizacji w połączeniu z innymi czujnikami, takimi jak odbiorniki GPS i akcelerometry.

Systemy kontroli stabilności w pojazdach mogłyby skorzystać z dodatkowych informacji dostarczanych przez czujniki systemu TPMS. Obecnie dane TPMS są przesyłane w bardzo długich odstępach czasu i są przydatne tylko do określenia spadku ciśnienia w oponach. Integracja danych dotyczących ciśnienia w oponach z kontrolą stabilności wymagałaby częstszego przesyłania większej ilości danych, co znacznie skróciłoby żywotność baterii w istniejących projektach. Technologia pozyskiwania energii, która pozyskuje energię elektryczną z drgań opon, może uniknąć wymiany lub znacznie wydłużyć żywotność akumulatorów zasilających węzły TPMS w każdej oponie.

Henryk A. Kowalski
Politechnika Warszawska
Instytut Informatyki

REKLAMA

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

MATERIAŁY DODATKOWE



MEDIA

Aby skorzystać z materiałów dodatkowych dołączonych do numeru, należy:

1. Wejść na stronę **www.media.avt.pl**,
2. Zarejestrować się lub zalogować,
3. Wybrać wydanie „Elektroniki Praktycznej”, które ma trafić do biblioteki osobistej,
4. Odpowiedzieć na proste pytanie dotyczące bieżącego numeru,
5. Pobrać pliki.

