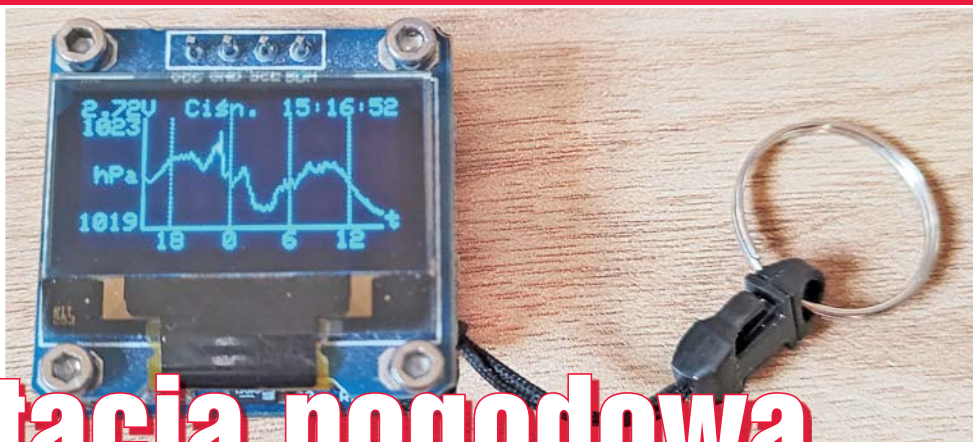




Mikrostacja pogodowa

Prezentowane urządzenie oferuje następujące funkcje: Pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia atmosferycznego. Dodatkowo dla każdego z tych parametrów rysowany jest dobowy wykres, na którym możemy zobaczyć, jak zmieniła się temperatura, wilgotność czy ciśnienie. Urządzenie dodatkowo może wyświetlać aktualny czas w formie zegarka cyfrowego lub wskazówkowego, wysokość barometryczną oraz stuletni kalendarz. Stacja zasilana jest z pastylkowej baterijki CR2032, która wystarcza na 6 do 12 miesięcy pracy. Całość jest miniaturowa, wymiary to 29×28×14mm, dzięki czemu można nosić urządzenie np. jako breloczek przy plecaku.

Opis układu

Pod względem elektronicznym stacja jest bardzo prostym urządzeniem, jak to zwykle bywa, kiedy stosujemy mikrokontroler, całe sedno zawarte jest bowiem w programie.

Zastosowałem mikrokontroler ATmega328P. Wybór taki został dokonany z kilku powodów: największa dostępna ilość pamięci zarówno programu, jak i RAM w rodzinie AVR w stosunkowo małej obudowie, jaką byłem w stanie umieścić w tym projekcie. Ważne było też, żeby mikrokontroler był energooszczędny, wersja „P” jest wykonana w technologii *picopower*, dzięki czemu nie tylko zużywa mniej energii, zarówno w trybie aktywnym, jak i uśpienia, ale też pracuje przy niższym napięciu zasilania, już od 1,8V, dzięki czemu może też pracować na mocno wyczer-

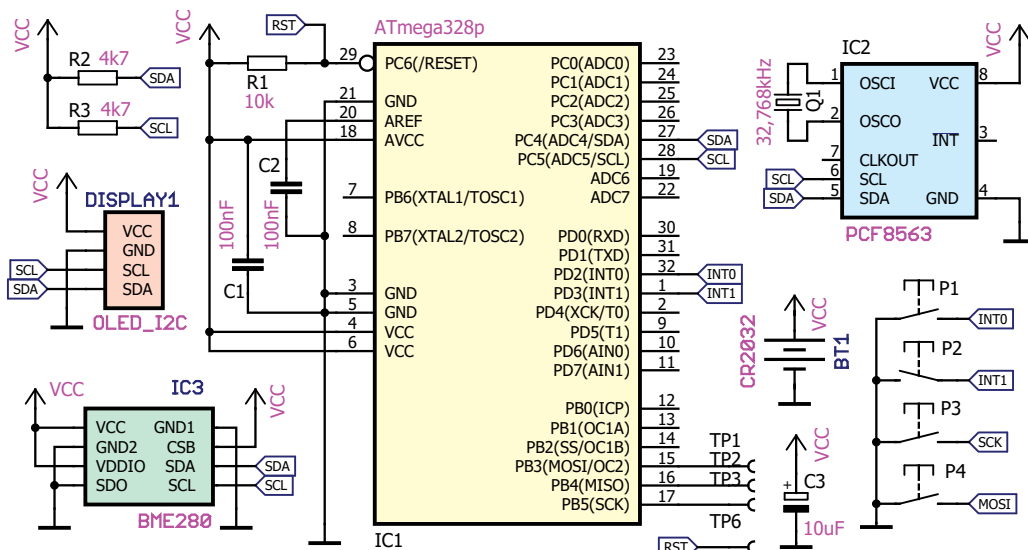
panej baterii. Na **rysunku 1** przedstawiony jest schemat ideowy układu.

Mikrokontroler i pozostałe elementy jest zasilany bezpośrednio z baterii CR 2032, wszystkie elementy mogą pracować w zakresie napięć od 2V do pełnego napięcia, jakie oferuje ta baterijka, jedynie wraz ze spadkiem napięcia maleje jasność wyświetlacza. Jako zegar czasu rzeczywistego RTC zastosowałem PCF8563, jest to „młodszy brat” popularnego układu PCF8583, a wybór taki padł głównie ze względu na mniejsze wymiary obudowy, ponadto PCF8563 pobiera mniej prądu. Za pomiary parametrów powietrza odpowiada czujnik BME280. Wybrałem ten układ ponieważ: w jednej obudowie mamy zawarte trzy czujniki (temperatura, wilgotność, ciśnienie), nie wymaga on kalibracji (jest fabrycznie skalibrowany) i ma małe wymiary. Natomiast do wyświetlania informacji wybrałem wyświetlacz OLED 0,96” w formie gotowego modułu. Wyświetlacz ma

rozdzielczość 128×64 piksele, co przy jego wymiarach daje dobre zagęszczenie pikseli, ponadto wyświetlacz ma dobry kontrast. To wszystko powoduje, że wyświetlany obraz jest bardzo wyraźny. To tyle, jeżeli chodzi o wybór elementów.

Mikrokontroler taktowany jest wewnętrznym generatorem o częstotliwości 8MHz, co prawda przy niższym taktowaniu zużycie energii byłoby mniejsze, jednak wolne odświeżanie wyświetlacza było zbyt widoczne, nie do zaakceptowania. Większość czasu AVR i tak jest w uśpieniu, więc w efekcie nie ma to aż takiego znaczenia w kwestii zużycia energii. Program został napisany w C, zajmuje prawie całą pamięć programu (ponad 99%) i jest tak napisany, że zarówno mikrokontroler, czujnik, jak i wyświetlacz są domyślnie w uśpieniu, dzięki czemu pobór prądu spada do 5uA. AVR jest cyklicznie wybudzany przez watchdog co około 8,5 sekundy, w przerwaniu jest

Rys. 1



jedynie zwiększana zmienna pomocnicza, a następnie AVR jest ponownie usypiany. Gdy zmienna osiągnie wartość 105, co daje około 15 minut, dokonywany jest pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia. Odczytane wartości wpisywane są do tablic na potrzeby wykresu oraz aktualizowane są wartości minimalne i maksymalne, a następnie ponownie urządzenie przechodzi w stan uśpienia. Stację można też wybudzić ręcznie (przyciskiem), wtedy wybudzany jest również wyświetlacz, a pomiary dokonywane są wtedy w trybie ciągłym co 1 sekundę na potrzeby wyświetlania aktualnych wartości oraz aktualizowania wartości minimalnych i maksymalnych. Co sekundę jest mierzone również napięcie baterii, a sam pomiar dokonywany jest trochę nietypowo, to znaczy przy użyciu metody wykorzystującej wewnętrzne źródło napięcia odniesienia (bandgap), dzięki czemu nie potrzeba ani dodatkowego pinu, ani dodatkowych elementów, np. dzielnika napięcia, który nie tylko zająłby miejsce na płytce, ale i dodatkowo wyczerpywałby baterię. Metoda polega na tym, że mierzymy napięcie odniesienia, które dla naszej ATmegi wynosi 1,1V, natomiast napięcie zasilania jest napięciem odniesienia dla naszego pomiaru. Napięcie obliczamy ze wzoru $VCC = (VBG * 1024) / ADC$, gdzie VBG to napięcie odniesienia pomnożone przez 100 ($1,1 * 100 = 110$), a ADC to wynik pomiaru z przetwornika ADC. Dla dodatkowej oszczędności baterii, przetwornik ADC jest domyślnie wyłączony, włączany jest jedynie na czas pomiaru napięcia. Po 25 sekundach od ostatniego wcisnięcia przycisku stacja ponownie przechodzi w tryb uśpienia. Zarówno zegar RTC, jak i pozostałe układy: czujnik, wyświetlacz, komunikują się z AVR za pomocą magistrali I2C.

Montaż i uruchomienie

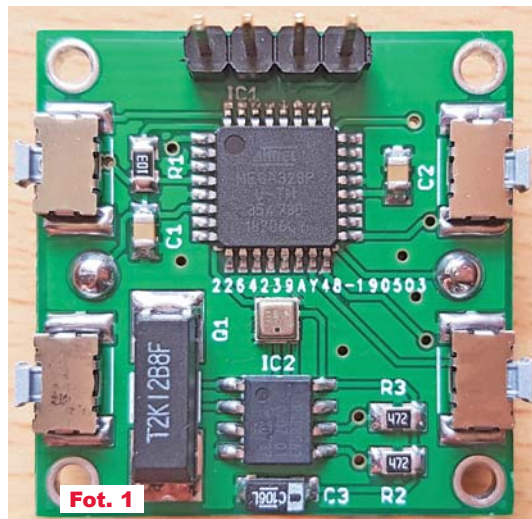
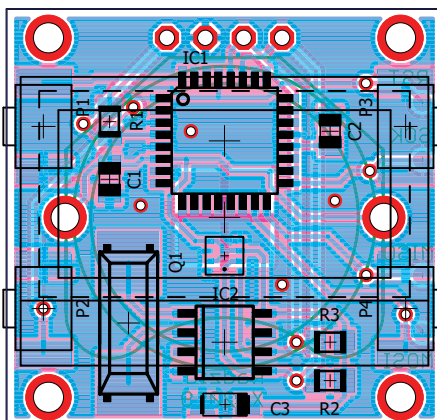
Płytką została zaprojektowana tak, aby miała dokładnie takie same wymiary jak płytka modułu wyświetlacza. Jej wykonanie powierzyłem fabryce. **Rysunek 2** przedstawia schemat montażowy. Montaż zaczynamy od najtrudniejszego elementu, czyli czujnika BME280. Jest to element dość trudny do zamontowania. Czujnik ma wymiary 2,5×2,5mm i ma aż 8 padów, które są bardzo małe, gęsto rozmieszczone, a żeby było jeszcze trudniej, umieszczone są pod spodem, więc nie da się ich przylutować klasyczną

lutownicą, konieczna będzie lutownica na gorące powietrze. Ja najpierw pocynowałem bardzo cienko pady na płytce oraz pady na czujniku. Następnie posmarowałem delikatną warstwą topnika płytkę, umieściłem czujnik na miejscu (należy zwrócić uwagę na polaryzację), docisnąłem go delikatnie cienką metalową pęsetą, a następnie ogrzewałem czujnik lutownicą na gorące powietrze do czasu roztopienia spoiwa, da się to wyczuć, ponieważ czujnik delikatnie osiadł. Potem dociskałem jeszcze chwilę do czasu stwardnienia spoiwa.

Gdy to nam się uda, wtedy jest już z górki. Następnie montujemy ATmegę, najlepiej użyć grotu *minifala*. Dalej montujemy pozostałe elementy SMD. Następnie delikatnie pogrubiamy cyną środkowy PAD złącza baterii, a potem montujemy koszyk baterii. **Fotografia 1** przedstawia zmontowaną płytkę. Na tym etapie warto umyć płytkę z nadmiaru topnika, należy uważać, by nie zmoczyć wnętrza czujnika, a zwłaszcza nie zatkać znajdującego się w nim otworu.

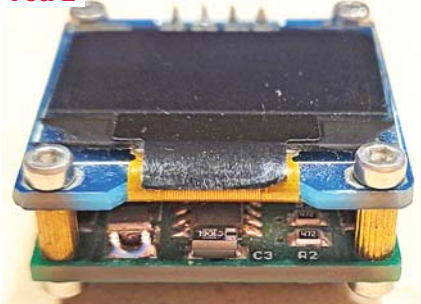
Na koniec pozostaje zamontowanie wyświetlacza. Należy zwrócić uwagę przy zakupie, czy wyświetlacz ma taką samą „pinologię” jak płytka stacji, ponieważ w handlu są dostępne wyświetlacze, które mają zamienione piny VCC i GND. Wyświetlacz można przykręcić na dystansach z gwintem wewnętrznym 2mm o długości 5mm, a następnie przylutować go za pomocą goldpinów. **Fotografia 2** przedstawia zmontowane urządzenie. Można też przylutować wyświetlacz na samych goldpinach, a dodatkowo dla wzmocnienia mechanicznego połączyć otwory montażowe w obu płytkach np. goldpinami i cyną, można dzięki temu uzyskać

Rys. 2. Skala 200%



Fot. 1

Fot. 2



jeszcze mniejszą grubość urządzenia. Teraz możemy przystąpić do zaprogramowania AVR. W tym celu musimy przylutować przewody programatora do padów oznaczonych RST, SCK, MISO, MOSI, oraz dodatkowo zasilanie GND i VCC na złączu wyświetlacza. Ustawiamy FUSE BAJTY: LOW E2, HIGH D9, EXT FF, a następnie wgrywamy program main.hex.

Użytkowanie

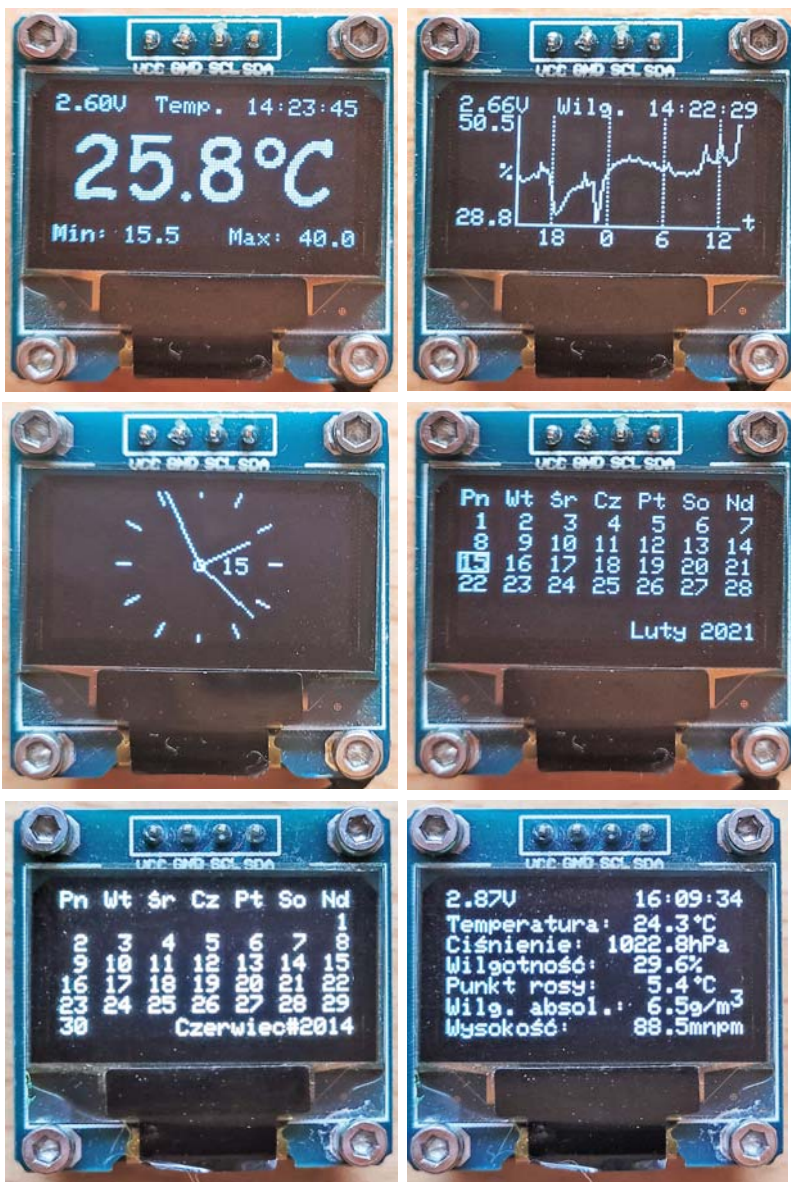
Po włożeniu baterii ustawiamy zegarek, do tego celu używamy: P3 – zwiększanie wartości, P4 – zmniejszanie wartości, P1 – zatwierdzanie wartości. Przyciski P3 i P4 mają funkcję *autorepeat*, dłuższe wcisnięcie powoduje szybkie zmiany wartości. Ustawiamy kolejno rok, miesiąc, dzień, godzinę i minutę. Dzień tygodnia wyliczany jest automatycznie na bieżąco, program pilnuje też, żeby nie przekroczyć liczby dni w miesiącu z uwzględnieniem lat przestępnych. Sekundy zostaną wyzerowane po zapisaniu ustawień. Po ustawieniu zegarka stacja przechodzi do wyświetlania zegarka cyfrowego. W tryb ustawiania zegarka można wejść ponownie bez wyjmowania baterii, w tym celu należy wcisnąć dłużej przycisk P1, będąc na ekranie zegarka cyfrowego. Jeżeli przez

20 sekund nie wciśniemy żadnego przycisku, wyświetlacz lekko przygaśnie, a jeżeli po kolejnych 5 sekundach nadal niczego nie wciśniemy, stacja przejdzie w tryb uśpienia. Przycisk P2 wybudza stację, wyświetlany jest ostatnio wybrany ekran. Przyciskami P3, P4 zmieniamy ekrany, kolejno: temperatura, wykres temperatury, wilgotność, wykres wilgotności, ciśnienie, wykres ciśnienia, wszystko na jednym ekranie (dodatkowo wilgotność absolutna i punkt rosy), wysokość, zegar cyfrowy, zegar analogowy, kalendarz.

W czasie, kiedy wyświetlana jest aktualna temperatura, wilgotność lub ciśnienie, przyciskiem P1, przez jego długie wciśnięcie, kasujemy wartości MIN i MAX dla danego ekranu. Wysokość barometryczną, czyli wysokość dla średniego ciśnienia atmosferycznego, możemy skorygować w czasie, kiedy wyświetlany jest ekran pokazujący tylko wysokość. W tym celu przyciskiem P1 zmieniamy „tryb”, który jest wyświetlany w prawym dolnym rogu wyświetlacza. Pierwszy tryb oznaczony jest komunikatem „+/-1m” w prawym dolnym rogu. Wtedy każde wciśnięcie P3, P4 zmienia wyświetlaną wartość o 1 metr. Tego trybu można użyć, jeżeli wiemy, na jakiej wysokości się znajdujemy. Drugi tryb oznaczony jest komunikatem „zeruj”; przyciski P3, P4 zerują wysokość i tego trybu możemy użyć, jeżeli chcemy zmierzyć, o ile zmieniła się nasza wysokość. Trzeci tryb oznaczony jest napisem „wyłącz”; przyciski P3, P4 ustawiają domyślną wartość oraz powodują wyjście z trybu korekcji. Dłuższe wciśnięcie P1 w dowolnym momencie ustawiania korekcji powoduje zachowanie ustawionej korekty i wyjście z trybu korekcji, a przyciski P3 i P4 powracają do normalnej pracy zmiany ekranów.

W widoku kalendarza mamy widok aktualnego miesiąca z zaznaczonym aktualnym dniem oraz informacją na dole, jaki mamy miesiąc i rok. Wciskając przycisk P1, przechodzimy do opcji przeglądania innych miesięcy, wejście w tę opcję sygnalizowane jest gwiazdką pomiędzy nazwą miesiąca a rokiem, wtedy przyciski P3 i P4 służą do zmiany wyświetlanego miesiąca o 1 miesiąc. Ponowne wciśnięcie P1 powoduje przejście do szybszej zmiany przeglądanych miesięcy, to jest każde wciśnięcie przycisków P3, P4 powoduje zmianę o 1 rok; ten tryb sygnalizowany jest kratką. Dalsze wciskanie P1 powoduje przechodzenie pomiędzy możliwością zmiany o 1 miesiąc a zmianą o 1 rok. Dłuższe wciśnięcie P1 powoduje powrót do aktualnego miesiąca i przywraca domyślne działanie przycisków P3 i P4.

Czujnik jest bardzo czuły dla każdej z mierzonych wartości, dzięki czemu możemy w przybliżeniu zmierzyć nawet na przykład wysokość stołu. Duża czułość niestety powoduje też pewien problem, a mianowicie zbliżenie ręki wpływa na zmierzoną temperaturę oraz wilgotność. Wykres rysowany jest cyklicznie, cały zobaczy-



Fot. 3...8



Fot. 9

my dopiero po dobie od uruchomienia stacji. **Fotografie 3...8** przedstawiają przykładowe ekrany.

Fotografia 9 pokazuje test polegający na pomiarze poboru prądu w spoczynku najnowszej wersji. Jak widać, przy zasilaniu 3V uśpiona mikrostaacja pobiera tylko pięć mikroamperów, czyli 15 mikrowatów mocy. **Fotografia 10** była robiona dużo wcześniej, w ramach rozwiązania zadania głównego 280 Szkoły Konstruktorów. Wcześniej model pobierał prawie 8 mikroamperów, a zmniejszenie



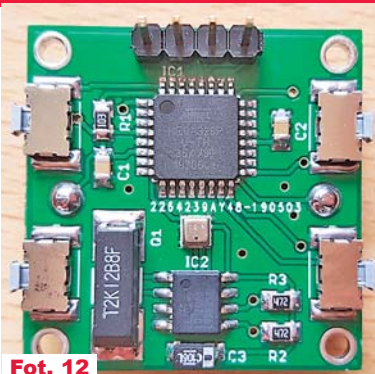
Fot. 10

do 5,1uA to głównie efekt ulepszeń w programie.

Opisywany tu projekt miał początki już dość dawno. W EdW 11/2019 było przedstawione rozwiązanie zadania 280 (**Zaproponuj wykorzystanie dowolnego gotowego, fabrycznego modułu albo lepiej kilku modułów**).

Wtedy wśród kilku zaproponowanych konstrukcji pojawiły się większe stacje pogodowe z modulem radiowym NRF24L01, pokazane na **fotografii 11**. Pojawiła się też pierwsza wersja mikro-stacji – **fotografia 12** oraz opisujący ją tekst: (...) *Jako ostatnia powstała wersja miniaturowa, w której zastosowałem moduł wyświetlacza OLED 0,96". Płytkę samej stacji ma identyczne wymiary jak płytkę modułu wyświetlacza (...) Urządzenie jest zasilane baterią CR2032 (...) Urządzenie wychodzi z uśpienia po wciśnięciu przycisku i można wtedy wyświetlić kolejne wartości i wykresy, a następnie po 30 sekundach od ostatniego wciśnięcia przycisku wchodzi ponownie w stan uśpienia. (...)*

Prowadzący Szkołę Konstruktorów napisał wtedy: (...) *Prezentowany powyżej opis celowo został bardzo skrócony dlatego, że chciałbym przedstawić szerzej, w oddzielnym artykule zarówno proces powstawania, opis pomysłów, problemów, wyborów i decyzji, jak też zrealizowane rozwiązania. Zapowiada się bardzo pouczający, interesujący materiał, o ile Autor rozszerzy opis, by pokazać nam*



Fot. 12



Fot. 11



Fot. 13



ścieżkę swoich kolejnych rozwiązań (...). Niniejszy artykuł jest rozszerzeniem tamtego krótkiego opisu, zaprezentowanego przed kilkunastoma miesiącami.

Możliwości zmian

Jeżeli nie mamy lutownicy na gorące powietrze lub obawiamy się, że sobie nie poradzimy z lutowaniem czujnika, możemy zastosować czujnik w postaci gotowego modułu. Moduły te z reguły mają taką samą pinologię jak moduł wyświetlacza. Moduł BME280 można włutować np. pomiędzy płytkę stacji a płytkę wyświetlacza. Niestety ma to dwie wady. Po pierwsze, całość będzie o parę milimetrów grubsza, a po drugie, na rynku są różne moduły z BME280, 3,3-woltowe i 5-woltowe. Te 5-woltowe mają wbudowany stabilizator pobierający dodatkowy prąd, który szybko zużyłby całą energię z baterii. Z tym drugim problemem można sobie poradzić, wylutowując stabilizator z płytki czujnika i zwierając jego wejście z wyjściem na płytce. Należy też wylutować translator napięć, jeżeli taki jest na płytce i połączyć jego wejścia z wyjściami. Usuamy też linijkę rezystorów.

Fotografia 13 przedstawia posiadany moduł BME280 po takim zabiegu.

Pozostaje jeszcze kwestia obudowy. Ja celowo jej nie wykonałem, i to z kilku powodów: trudno byłoby dostosować jakąś gotową obudowę, a wykonanie obudowy do tak miniaturowego urządzenia w warunkach domowych też mało realne. Ponadto zależało mi, aby gadżet był jak najmniejszy, a obudowa zmieniłaby wymiary w znaczącym stopniu. Najlepszym wyjściem byłoby zaprojektowanie obudowy i wydrukowanie jej na drukarce 3D (której niestety nie mam). Należy pamiętać, że ewentualna obudowa musi być przewiewna, żeby czujnik szybko i dobrze reagował na zmiany temperatury i wilgotności.

W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru można znaleźć dokumentację płytki oraz program dla mikroprocesora (*main.hex*). W sprawie ewentualnych nowszych wersji programu można zwracać się, pisząc na poniższy adres e-mailowy.



Radosław Rongers
radarek.rr@gmail.com

Wykaz elementów

R1	10kΩ 805
R2,R3	4,7kΩ 805
C1,C2	100nF 805
C3	10uF 16V SMD typ A
IC1	ATMEGA328P-AU TQFP32
IC2	PCF8563 S08
IC3	BME280
Q1	kwarc 32,768kHz SMD
P1...P4	przyciski KSS331GLFS
Wyświetlacz OLED SSD1306 I2C, kolejność pinów	
VCC, GND, SCL, SDA	
Koszyk baterii CR2032	

Płytki drukowana jest dostępna
w Sklepie AVT jako AVT3294