

Barometr binarny

W *Elektronice Praktycznej* 8/2012 został opublikowany projekt dwupunktowego termometru binarnego, a w numerze 12/2013 projekt higrometru pokojowego. Opisane dalej urządzenie wskazuje aktualną wartość ciśnienia atmosferycznego i wyświetla w sposób identyczny, jak wspomniane termometr i higrometr. Wszystkie razem są użytecznym i wyglądającym efektownie zestawem.

Najważniejszym podzespołem w tej konstrukcji jest czujnik ciśnienia. Wybrano do tego celu sensor typu MPL115A2 produkcji Freescale Semiconductor. Sensor ciśnienia atmosferycznego został wykonany w technologii MEMS. Pozwala ona na wykonywanie miniaturowych elementów mechanicznych, które łatwo jest zintegrować z elektronicznymi. Szczegóły dotyczącej tej interesującej technologii zawarte są w artykule „Układy MEMS” w opublikowanym *Elektronice Praktycznej* 2/2010. Najważniejsze parametry sensora umieszczono w **tabeli 1**.

Na pierwszy rzut oka można dostrzec zalety, do których należą: mały pobór prądu, standardowy interfejs komunikacyjny oraz możliwość pracy przy zasilaniu napięciem 5 V (podobnie jak pozostałe układy z wyświetlaczami binarnymi). Nie wymaga również kalibracji: jego wewnętrzne rejestry, programowane przez producenta podczas produkcji, zawierają dane kalibracyjne każdego egzemplarza. Ponadto, zachęcająca jest również niewysoka cena detaliczna – przeciętnie około 10 złotych brutto. Niestety, czujnik ten charakteryzuje się również dwiema poważnymi wadami: wyjątkowo kiepską dokładnością oraz obudową LGA8, która jest niemożliwa do przylutowania bez posiadania odpowiednich narzędzi. Obydwie te wady zostały po części wyeliminowane, o czym dalej.

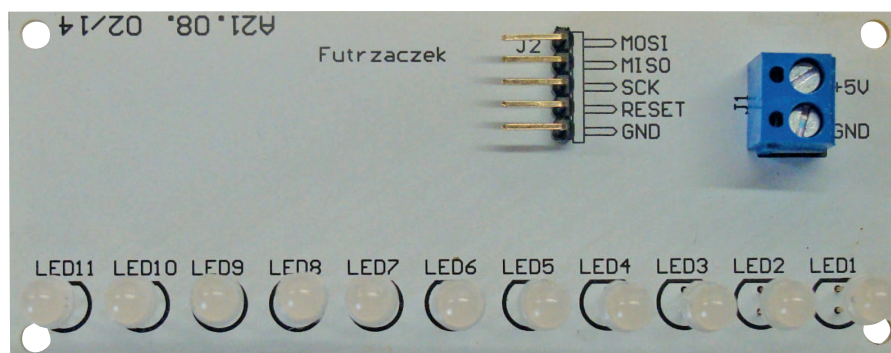
Wykaz elementów:

R1...R11: 750 Ω (SMD 1206)
 R12...R14: 4,7 k Ω (SMD 1206)
 C1, C3: 100 nF (SMD 1206)
 C2, C5: 22 μ F/16 V (SMD „B”)
 C4: 1 μ F (SMD 1206)
 LED1...LED11: (5 mm, białe, matowa soczewka)
 U1: MPL115A2 (opis w tekście)
 U2: ATmega8 (TQFP32)
 J1: ARK2 5 mm
 J2: goldpin kątowy, 5 pin, raster 2,54 mm

Dodatkowe materiały na FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 26526, pass: 841uhx54

• wzory płytek PCB



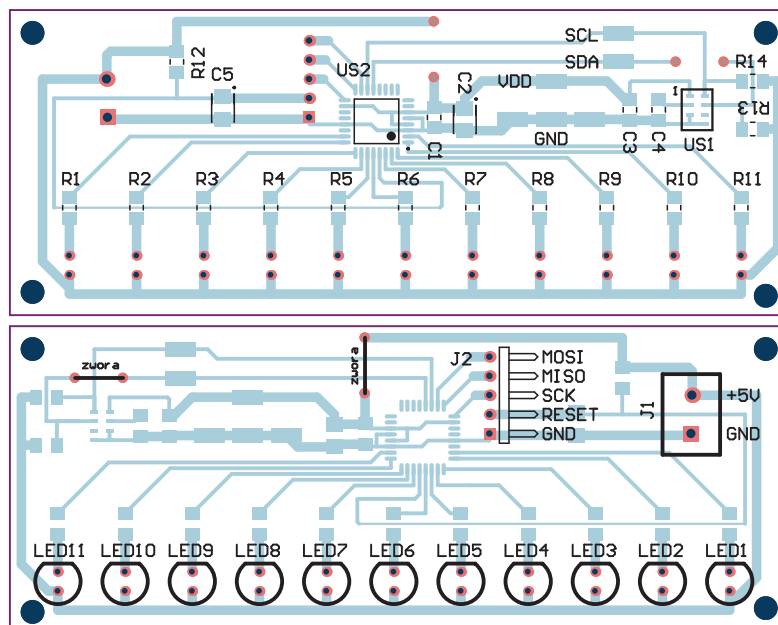
Schemat ideowy elektronicznego barometru pokazano na **rysunku 1**. Głównym układem sterującym jest popularny mikrokontroler ATmega8. Realizuje on komunikację z układem MPL115A2, oblicza wynik końcowy oraz prezentuje go na wyświetlaczu złożonym z 11 diod LED. Otoczenie tego układu jest typowe: obwód rezystor R12 – kondensator C5 gwarantuje prawidłowe uruchomienie mikrokontrolera po załączeniu zasilania, natomiast kondensatory C1 i C2 filtrują jego zasilanie.

W układzie modelowym użyto diod świecących w kolorze białym, z racji kojarzenia tej barwy z powietrzem. Rezystory

o stosunkowo dużej rezystancji wynoszącej aż 750 Ω ograniczają prąd płynący przez każdą z nich do wartości ok. 2 mA. Dzięki temu, światło emitowane przez te diody nie razi. Użycie diod z matowymi soczewkami dodatkowo załagodzi ten nieprzyjemny efekt.

Barometr zmontowano na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 103 mm \times 40 mm, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**. Szerokość płytki jest taka sama, jak płytki poprzednio opublikowanych układów, czyli termometru i higrometru.

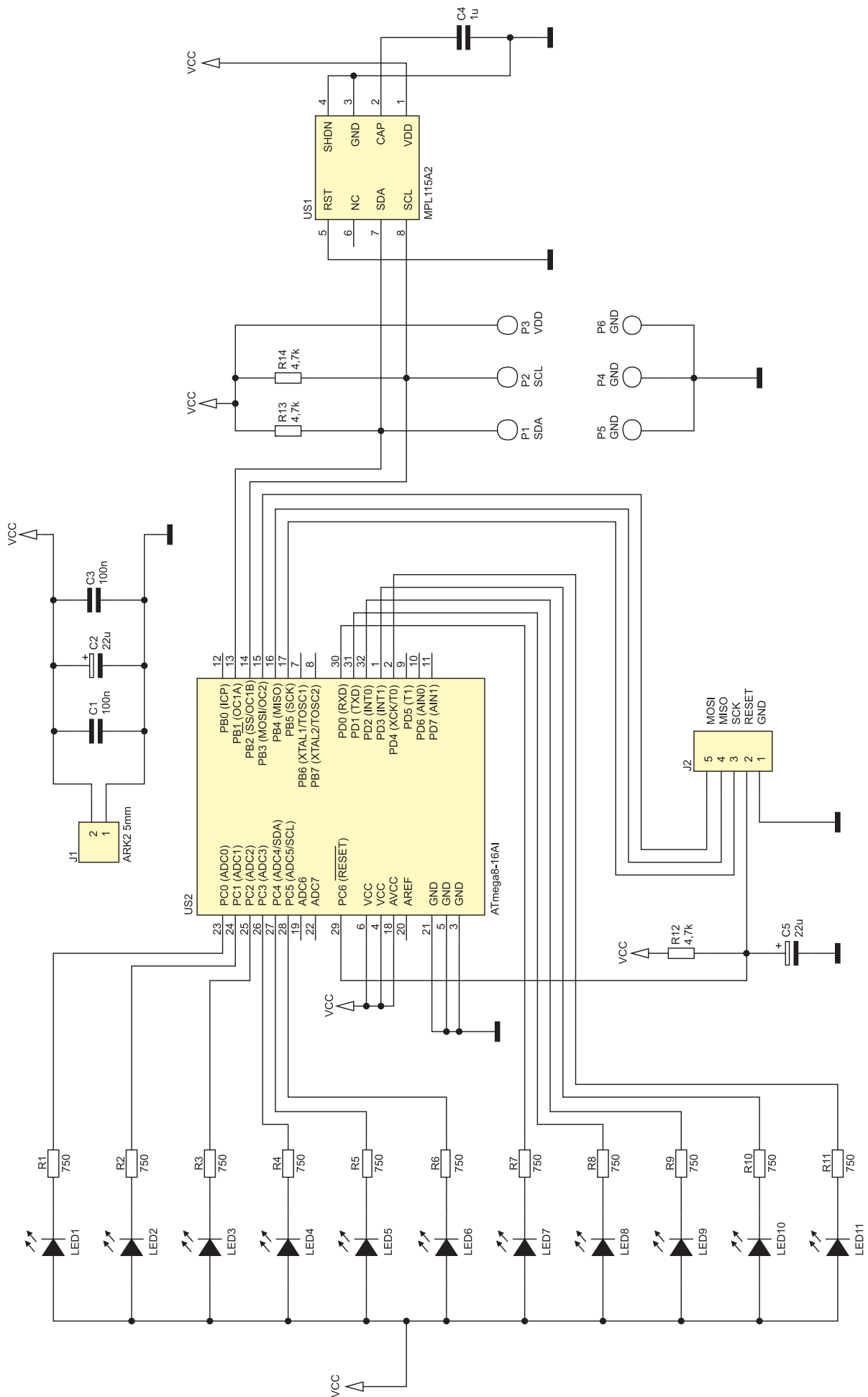
Układ scalony barometru produkowany jest w bardzo kompaktowej obudowie, któ-



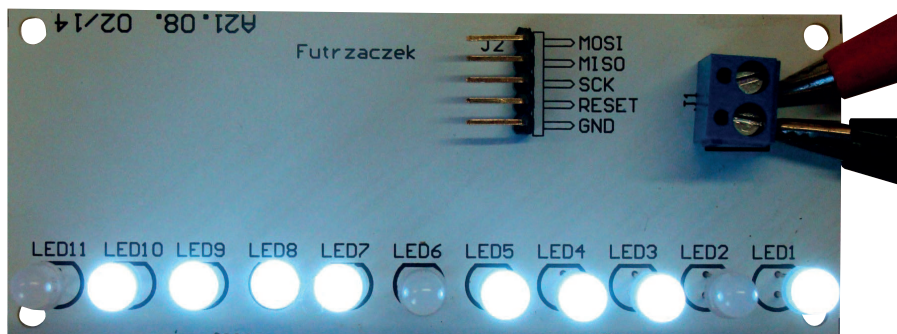
Rysunek 2. Schemat montażowy barometru binarnego

Tabela 1. Najważniejsze parametry układu MPL115A2

Tabela 1. Najważniejsze parametry układu MPL115A2	
Napięcie zasilania [V]	2,375 ... 5,5
Pobierany prąd w stanie aktywnym [μ A]	3,5 ... 10
Zakres mierzonych wartości [hPa]	500 – 1150
Rozdzielczość (typowo) [hPa]	1,5
Dokładność [hPa]	\pm 10
Czas konwersji [ms]	1,6 ... 3
Zakres temperatur pracy [$^{\circ}$ C]	-40 - +105
Interfejs	I ² C



Rysunek 1. Schemat ideowy barometru binarnego



Fotografia 3. Prezentacja wyniku pomiaru ciśnienia atmosferycznego

rej przyłutowanie do płytki nie jest łatwe. Dlatego zostały przewidziane na płytce pady lutownicze, do których można przyłutować przewody łączące tę płytkę z gotowym modulem zawierającym już przyłutowany układ MPL115A2. Połączyć należy linie SCL i SDA, masę oraz zasilanie. W przypadku modułów KAmoDBAR-I2C oferowanych przez Kamami, linie sterujące funkcjonowaniem układu barometru należy zewrzeć do masy, przewodami przyłutowanymi do dwóch pozostałych padów masy. Należą do nich:

- SHDN (podanie stanu wysokiego powoduje przejście do trybu uśpienia);
- CS_R (podanie na nią stanu wysokiego wyłącza komunikację I²C).

Jeżeli zdecydujemy się na użycie gotowego modułu, to montaż elementów R13, R14 i C4 jest niepotrzebny.

Po prawidłowym zamontowaniu wszystkich podzespołów, następnym krokiem jest zaprogramowanie mikrokontrolera. Należy dodatkowo przestawić jego bity zabezpieczające na taktowanie wewnętrznym oscylatorem RC o częstotliwości 8 MHz. Programowania można dokonać poprzez złącze ISP, wyprowadzone na J2.

Po prawidłowym zaprogramowaniu, barometr jest natychmiast gotowy do eksploatacji, ponieważ nie wymaga od użytkownika kalibracji. Zasilanie napięciem 5 V, dobrze stabilizowanym. Pobór prądu jest silnie za-

leżny od liczby załączonych diod i nie przekracza wartości 40 mA. Odczytywania wartości należy dokonywać w tym położeniu płytki, jaki prezentuje **fotografia 3**. Wartość ciśnienia atmosferycznego zakodowana jest w postaci naturalnego kodu binarnego: najbardziej na lewo znajduje się bit najstarszy (o wadze $2^{10} = 1024$), obok niego bit nieco młodszy ($2^9 = 512$) i tak dalej. LED1, umieszczona na prawo, sygnalizuje stan bitu najmłodszego (o wadze $2^0 = 1$). Odczyt wartości (w postaci dziesiętnej) następuje poprzez zsumowanie wszystkich wag sygnalizowanych przez załączone diody. Dla przykładu ze zdjęcia, jest to:

$$0 \cdot 2^{10} + 1 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 512 + 256 + 128 + 64 + 16 + 8 + 4 + 1 = 989 \text{ hPa}$$

Ponieważ takie operacje wykonywane w pamięci zajmują trochę czasu, odświeżanie następuje co 20s. W tym czasie, zbieranych jest dwadzieścia pomiarów, w odstępach jednosekundowych, po czym na wyświetlacz trafia ich średnia arytmetyczna. Pozwala to częściowo zniwelować niską dokładność tego czujnika.

Michał Kurzela, EP

Monitor prądu USB

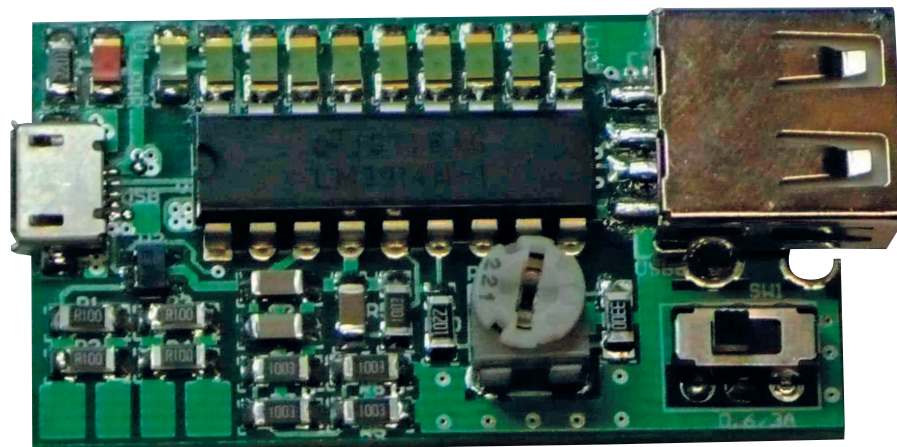
**AVT
1823**

Standaryzacja ładowarki 5 V ze złączem mikro USB spopularyzowała zasilanie układów elektronicznych z taniego i łatwo dostępnego źródła. Niestety, niska jakość zasilaczy lub nieprawidłowa współpraca z zasilanym urządzeniem są przyczyną wielu problemów.

Przedstawiony układ umożliwia wizualne monitorowanie i ocenę prądu pobieranego przez urządzenie USB. Zakres pomiarowy jest podzielony na dwa podzakresy: 0...600 mA dla portu USB PC oraz 0...3 A dla ładowarek. Natężenie prądu sygnalizowane jest linią (punktową) składającą się z 10 diod LED.

Schemat ideowy monitora prądu pokazano na **rysunku 1**.

Napięcie wyjściowe ładowarki lub portu USB doprowadzone jest do specjalizowanego przetwornika napięcie/prąd INA139 mierzącego prąd w „górnej” gałęzi zasilania i przetwarzającego go na proporcjonalne napięcie względem masy układu. Schemat blokowy układu INA139 (za notą TI) pokazano na **rysunku 2**.



Zespół rezystorów R1...R4=0,025 Ω tworzy opornik pomiarowy. Jego wartość dobrano jako kompromis pomiędzy maksymalnym spadkiem napięcia na układzie pomiarowym, a dokładnością przetwarzania, tak aby nie zakłócić pracy zasilanego urządzenia (75 mV/3 A). Ze względu na kłopotliwe przełączanie zakresów w torze „prądowym” zmiana odbywa się poprzez zmianę rezystora konwersji R1 (rys. 2). Rezystor konwersji tworzą oporniki R5...R9 o typowej rezystancji 100 kΩ. Zakres konwersji w stosunku 1:5 jest ustalany przełącznikiem SW1. Kondensator C1 filtruje napięcie wyjściowe konwertera. Jako układ wyświetlania

wyników zastosowano popularny sterownik linii LED – LM3914. Układ pracuje w trybie świecącego punktu, aby zmniejszyć pobierany prąd. Rezystor RV1 służy do ustalenia napięcia odniesienia, czyli skalowania wskaźnika. Dioda PWR sygnalizuje obecność zasilania USB. Gniazdo wejściowe USB typu mikro USB, umożliwia bezpośrednie podłączenie ładowarki, gniazdo obciążenia USB typu USB A służy do podłączenia urządzenia.

Układ zmontowany jest na miniaturowej dwustronnej płycie drukowanej. Schemat montażowy monitora obciążenia USB pokazano na **rysunku 3**. Zmontowany poprawnie