

# Miernik napięcia i prądu z USB

Coraz więcej urządzeń elektronicznych jest zasilanych z interfejsu USB urządzenia (zwykle komputera) hosta. W związku z tym, że jest to interfejs przeznaczony do użytku masowego, to musi mieć bezpieczne złącza, uniemożliwiające zwarcie pomiędzy liniami interfejsu lub linią zasilającą, a masą. Dlatego też dołączenie woltomierza i amperomierza do złącza jest bardzo trudne – pomiar bez użycia specjalnych adapterów jest wręcz niemożliwy. Prezentowane urządzenie jest w stanie w wygodnej formie podać wartość poboru prądu i napięcia dostępnego na linii zasilającej bez zakłócania transmisji danych.

**Rekomendacje:** przyrząd przyda się w warsztacie konstruktora – elektronika.

Schemat ideowy miernika pokazano na **ry-sunku 1**. Najistotniejszym elementem układu jest blok przetwarzania analogowo – cyfrowego. Rolę przetwornika pełni układ MCP3425. Zawiera on w swojej strukturze:

- Przetwornik A/C o rozdzielczości 16 bitów.
- Wzmacniacz różnicowy o programo-walnym wzmacnieniu z wejściem różnicowym.
- Wysokostabilne źródło napięcia odniesienia 2,048 V.
- Interfejs I<sup>2</sup>C.

Przetwornik jest oferowany w niewielkiej, 6-nóżkowej obudowie do montażu powierzchniowego SOT23-6. Dodatkowo, zachęcająca jest również jego cena detaliczna: około 8 złotych w sprzedaży wysyłkowej. Ma on jednak dosyć istotną wadę: szybkość próbkowania przy najwyższej rozdzielczości to nie więcej niż 15 próbek na sekundę. Jednak w tej aplikacji nie stanowi to istotnego problemu.

Użycie zewnętrznego przetwornika A/C było konieczne z racji zbyt niskiej rozdzielczości (tylko 10 bitów) wbudowanego w użyty mikrokontroler. Osiągana rozdzielczość wykonywanych pomiarów byłaby na poziomie:

- Dla napięcia:  $5,5 \text{ V}/2^{10} = 5,37 \text{ mV}$ .
- Dla prądu:  $2,5 \text{ A}/2^{10} = 2,44 \text{ mA}$ .

Z kolei, zakodowanie informacji o zmierzonej wielkości na 16 bitach zapewnia rozdzielczość:

- Dla napięcia:  $5,5 \text{ V}/2^{16} = 83,9 \mu\text{V}$ .
- Dla prądu:  $2,5 \text{ A}/2^{16} = 38,2 \mu\text{A}$ .

Jest to całkowicie wystarczające na potrzeby tego urządzenia. Rezystor R17 jest bocznikiem do pomiaru pobieranego prądu. Dla ułatwienia, prąd jest mierzony od strony masy (metoda *low side*). Wprawdzie MCP3425 dysponuje wejściem różnicowym, które umożliwiłyby pomiar między zaciskami rezystora również od strony zasilania (metoda *high side*), lecz taki pomiar mógłby być obciążony błędem wynikającym ze skończonej wartości współczynnika CMRR, więc zdecydowano się na dołączenie wejścia „-” do masy układu i wykonywanie pomiarów względem masy. Ponieważ uzyskanie pełnej rozdzielczości pomiaru prądu wymagałoby odłożenia na boczniku pełnego napięcia odniesienia (tj. 2,048 V), do celu pomiaru prądu wbudowany wzmacniacz jest przełączany na wzmacnienie 8 V/V, dzięki czemu maksymalny spadek na boczniku nie przekracza wartości 256 mV przy prądzie 2,5 A. Napięcie ze złącza USB

## W ofercie AVT\*

AVT-5502 A	AVT-5502 B
AVT-5502 C	AVT-5502 UK

### Podstawowe informacje:

- Płytkę drukowaną o wymiarach 110 mm×45 mm.
- Rodzaj wyświetlacza LED: 4 cyfry.
- Zakres napięcia mierzzonego: 0...5,5 V (z rozdzielczością 1 mV).
- Zakres prądu mierzzonego: 0...2,5 A (z rozdzielczością 1 mA).
- Częstotliwość odświeżania: 1 Hz.
- Uśrednianie wyniku pomiaru z 5 próbek pobranych w odstępie 100 ms.
- Rezystancja bocznika: 0,1 Ω.
- Kalibrowanie za pomocą potencjometrów nastawnych.
- Interfejs UART zgodny z poziomami TTL.

### Dodatkowe materiały na FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 11877, pass: ragjkd9

### wzory płytek PCB

### Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

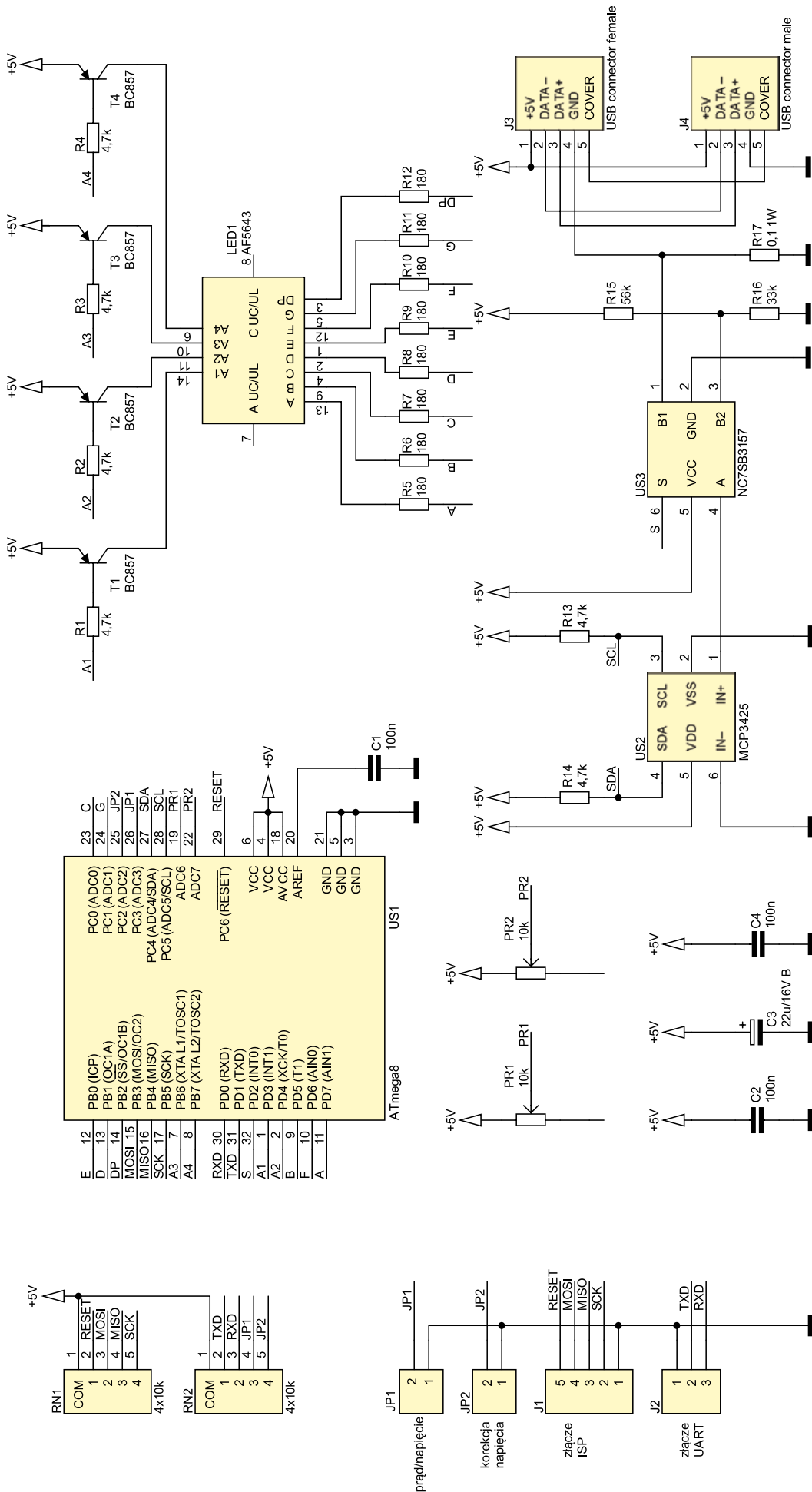
AVT-5425 MKP – moduł kontrolno-pomiarowy z interfejsem USB (EP 12/2013)

AVT-5233 3-kanalowy woltomierz z USB (EP 5/2010)

### \* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxx UK to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf  
 AVT xxxx C to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)  
 AVT xxxx CD AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

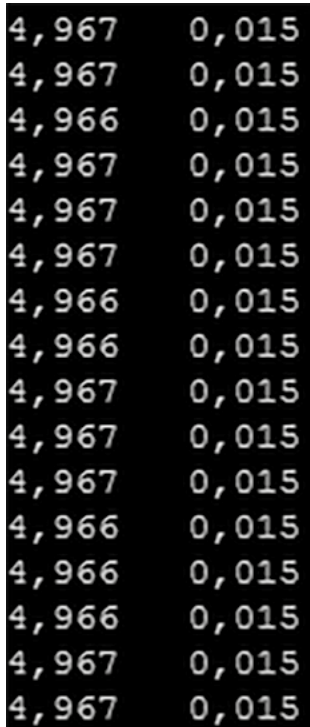
REKLAMA



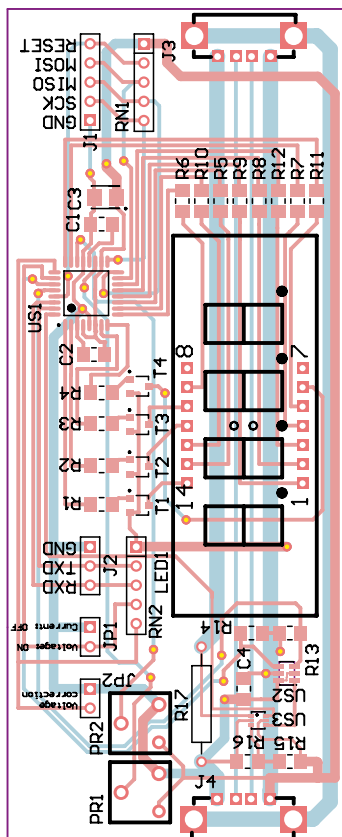
Rysunek 1. Schemat ideowy miernika parametrów napięcia/prądu USB

Tabela 1. Opis funkcji zwrotek

JP1	Założona	Wyświetla wartość napięcia
	Zdjęta	Wyświetla wartość prądu
JP2	Założona	Napięcie zmierzone na obciążeniu
	Zdjęta	Napięcie skorygowane o spadek na boczniku



Rysunek 2. Przykład komunikatów odebranych z UART



Rysunek 3. Schemat montażowy miernika parametrów napięcia/prądu USB

jest mierzone przy wzmacnieniu 1 V/V za pomocą dzielnika rezystorowego R15/R16. Przy okazji, mierzone napięcie jest wykorzystane do zasilenia układu miernika.

Do przełączania wejścia przetwornika A/C wykorzystano klucz analogowy NC7SB3157. Ma on dwa wejścia przełączane pomiędzy jednym wyjściem, cyfrowe wejście sterujące i wyprowadzenia zasilania. O aktualnie mierzonej wartości (prąd/napięcie) decyduje mikrokontroler ustawiając odpowiedni poziom logiczny na linii S.

Ponieważ komunikacja między mikrokontrolerem a przetwornikiem odbywa się za pośrednictwem interfejsu I<sup>2</sup>C, konieczne było dodanie rezystorów R13 i R14, których zadaniem jest zapewnienie wysokiego poziomu logicznego dla wyjść typu otwarty kolektor.

Wybrany przez użytkownika pomiar jest prezentowany na 4-cyfrowym wyświetlaczu LED. Jego cyfry są sterowane multiplekso-wo, co redukuje liczbę wymaganych linii mikrokontrolera.

Do kalibrowania funkcji pomiaru napięcia i prądu służą potencjometry montażowe, odpowiednio PR1 i PR2. Ustawienie w środkowym położeniu nie zmienia wyniku, przekręcenie w skrajną pozycję zmienia go o około  $\pm 5\%$ , zależnie od kierunku obrotu. Kalibracja odbywa się programowo, to znaczy mikrokontroler dokonuje pomiaru napięcia ze ślizgacza, po czym mnoży wynik pobrany z zewnętrznego A/C przez obliczony współczynnik kalibracyjny. Takie rozwiązanie zmniejsza do minimum liczbę podzespołów biernych w torze analogowym, które mogłyby być źródłem zakłóceń – w szczególności potencjometry, w których niepewny kontakt ślizgacza ze ścieżką rezystancyjną mógłby zaburzać pracę przetwornika.

Nad pracą całego układu czuwa mikrokontroler ATmega8. Jest taktowany za pomocą wewnętrznego oscylatora RC o częstotliwości 8 MHz. Złącze J1 służy do zaprogramowania go, J2 to wyjście sprzętowego UART, a funkcje zwrotek JP1 i JP2 opisano w tabeli 1. Służą ustawieniu parametru, który ma być pokazany na wyświetlaczu. O ile działanie JP1 nie wymaga komentarza, o tyle przy JP2 jest on wskazany.

Pomiar prądu jest wykonywany poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze 0,1  $\Omega$ . Powoduje to, iż napięcie pochodzące ze źródła (komputera lub zasilacza) nie jest identyczne z tym, którym jest zasilany mierzony odbiornik. Ponieważ układ mierzy prąd i napięcie, jest w stanie obliczyć wartość spadku napięcia na tym rezystorze i dodać do zmierzonego na zaciskach obciążenia – właśnie na tym polega owa korekta.

Miernik ma interfejs UART. Umożliwia on jednostronną komunikację z komputerem – cyklicznie, co 1 sekundę, wysyłane

## Wykaz elementów

## Rezystory: (SMD 1206)

R1...R4, R13, R14: 4,7 k $\Omega$ R5...R12: 180  $\Omega$ R15: 56 k $\Omega$ R16: 33 k $\Omega$ R17: 0,1  $\Omega$ /1 WRN1, RN2: drabinki 4  $\times$  10 k $\Omega$  (SIL5)PR1, PR2: 10 k $\Omega$  (potencjometry montażowe, leżące)

## Kondensatory:

C1, C2, C4: 100 nF (SMD 1206)

C3: 22  $\mu$ F/16 V (SMD „B”)

## Półprzewodniki:

LED1: AF5643 (wyświetlacz)

T1...T4: BC857

US1: ATmega8 (TQFP32)

US2: MCP3425

US3: NC7SB3157

## Inne:

J1: goldpin kątowy 5-pin/2,54 mm

J2: goldpin kątowy 3-pin/2,54 mm

J3: gniazdo USB do druku żeńskie

J4: gniazdo USB do druku męskie

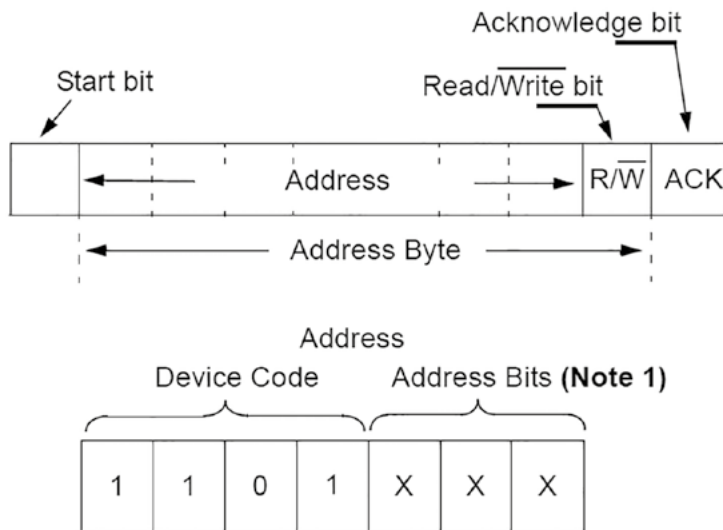
JP1, JP2: goldpin kątowy

2-pin/2,54mm+zworki

są wyniki pomiarów. Najpierw jest wysyłane napięcie w woltach (nieskorygowane, tj. zmierzone na obciążeniu), potem znak tabulacji, wartość prądu w amperach i znak nowej linii. Składnia wysyłanych komunikatów jest niezmienna i niezależna od ustawień zwrotek konfigurujących pracę wbudowanego wyświetlacza. Użycie znaku tabulacji do rozdzielania wartości liczbowych ułatwia późniejsze przeniesienie np. do arkusza kalkulacyjnego, gdyż umożliwia to automatyczne rozdzielanie pomiarów na dwie kolumny przy imporcie danych.

Parametry transmisji zestawione to 9600, n, 8, 1, a przykład odebranych komunikatów na rysunku 2. Ponieważ współczesne komputery nie są już wyposażane w port RS232, można z powodzeniem użyć modułu konwertera USB/UART, akceptującego poziomy napięcia układów TTL. Pin RXD w złączu J2 nie jest w tej wersji oprogramowania wykorzystywany i może być niepodłączony.

REKLAMA



**Note 1:** Specified by customer and programmed at the factory. If not specified by the customer, programmed to '000'.

Rysunek 4. Bajt adresu układu MCP3425

**Budowa i uruchomienie**

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 108 mm×45 mm, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 3**. Montaż jest typowy i nie wymaga szczegółowego opisu. Jedyna uwaga jest taka, że rezystor R17 należy włutować pozostawiając niewielki dystans od powierzchni laminatu, co ułatwi jego chłodzenie przy pomiarze prądu o dużym natężeniu.

Przed przystąpieniem do programowania mikrokontrolera, należy zmienić ustawienia bitów konfiguracyjnych w taki sposób, aby mikrokontroler był taktowany sygnałem zegarowym pochodzącym z wbudowanego generatora RC o częstotliwości 8 MHz (domyślna, fabryczna wartość to 1 MHz).

Poprawnie zmontowany i zaprogramowany układ jest gotowy do pracy. Po włączeniu zasilania, mikrokontroler na 3 sekundy zaświeca wszystkie segmenty wyświetlacza



Fotografia 5. Wyświetlacz pokazujący kod błędu

Tabela 4. Kody błędów sygnalizowanych przez układ	
Numer kodu	Znaczenie
0	Brak odpowiedniego adresu układu MCP3425
1	Błąd komunikacji I <sup>2</sup> C podczas wykonywania pomiarów

LED. Jest to prosty test ułatwiający wykrycie niepoprawnie działającego wyświetlacza. Ponadto, jest wysyłany komunikat powitalny poprzez UART. Zasilanie pochodzi z wtyku J3, nie jest potrzebny dodatkowy zasilacz.

Po wykonaniu testu wyświetlacza, układ przechodzi do cyklicznego wykonywania pomiarów i wysyłania ich poprzez UART.

**Dla dociekliwych**

Podczas testowania prototypu okazało się, że adres układu MCP3425, którym ten jest identyfikowany na linii I<sup>2</sup>C, wymaga ustalenia. Odpowiedni fragment tej zamieszczono na **rysunku 4**.

Teoretycznie, kupiony w hurtowni układ powinien mieć adres 1101000. Tymczasem, układ zastosowany w prototypie ma adres 1101010. Aby ta niedogodność nie stwarzała problemów w uruchamianiu urządzenia, podczas wykonywania testu wyświetlacza mikrokontroler próbuje skomunikować się z przetwornikiem A/C przy użyciu różnych adresów, od 1101000 do 1101111. Adres, którego użycie skutkuje prawidłową odpowiedzią zostaje zapamiętany i wykorzystywany w dalszym działaniu. Fakt ten powinni mieć na uwadze ci, którzy będą chcieli wykorzystać omówiony przetwornik w swoich układach.

Ponadto, układ potrafi sygnalizować zaistniałe błędy. Funkcja ta może być pomocna przy lokalizacji usterek. Sygnalizacja polega na wyświetleniu na wyświetlaczu **Err**(cyfra 5) i wstrzymaniu dalszego działania w pustej, nieskończonej pętli. Kody błędów umieszczono w **tabeli 4**.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

**ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA**

Zaprenumeruj na stronie AVT.pl, e-mail: prenumerata@avt.pl  
 lub telefonicznie pod numerem: 22 257 84 99  
 Bieżący numer zamów na [www.ulubionykiosk.pl](http://www.ulubionykiosk.pl)

