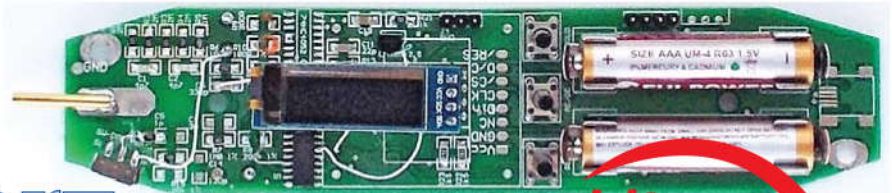


# Sonda - woltomierz



Multimetr jest podstawowym przyrządem pomiarowym elektronika. Niestety, jego gabaryty nie zawsze pozwalają ustawić go w dogodnym miejscu tak, aby nie trzeba było odrywać wzroku od sond miernika. Można kupić małe wskaźniki napięcia, ale najczęściej mają one małą rozdzielczość i sygnalizują obecność kilku napięć albo jak DT-9130 są stosunkowo duże i drogie (150–200zł).

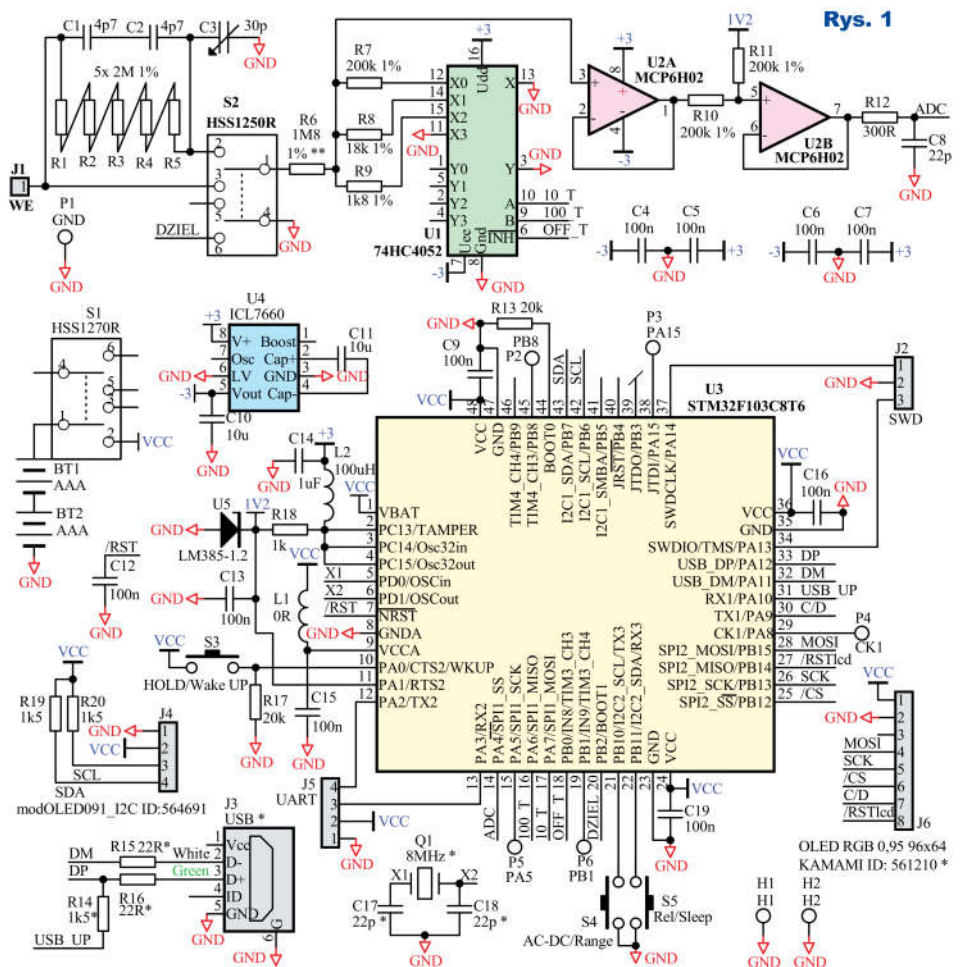
Opisywana sonda jest stosunkowo małym wskaźnikiem napięcia z graficznym wyświetlaczem. Pozwala na pomiar napięć w czterech zakresach, które są **automatycznie zmieniane**. Tłumik wejściowy pozwala zwiększyć rezystancję wewnętrzną, niwelując wpływ miernika na badany obwód. Sonda zasilana jest z dwóch baterii AAA mieszczących się razem z urządzeniem w obudowie KM-80. Mały pobór prądu przez mikrokontroler i nowoczesny wyświetlacz OLED oraz automatyczne przechodzenie w tryb uśpienia pozwalają na wydłużenie żywotności baterii. Często przydaje się funkcja **pomiaru relatywnego**, względnego, rzadko spotykana w tanich miernikach. Dodano też funkcję HOLD, która może się przydać, gdy mierzone napięcie nie jest stabilne. Aby na granicy napięć automatyczna zmiana zakresu nie powodowała ciągłego przełączania zakresów pomiarowych, wprowadzono histerezę o wartości 10% mierzonego napięcia. Poza automatyczną zmianą zakresu możliwy jest ręczny wybór zakresu. Miernik wyposażony jest w **bargraf**, co jest opcją rzadko spotykaną w tanich przyrządach pomiarowych, tak samo jak **interfejs USB**.

## Opis układu

Schemat ideowy pokazany jest na **rysunku 1**. Układ zasilany jest z dwóch baterii AAA. Na płycie przewidziano wyłącznik zasilania S1, ale można zastąpić go zworą ze względu na to, że w stanie uśpienia pobór prądu nie przekracza 10uA. U4 wytwarza ujemne napięcie wymagane przez wzmacniacz operacyjny.

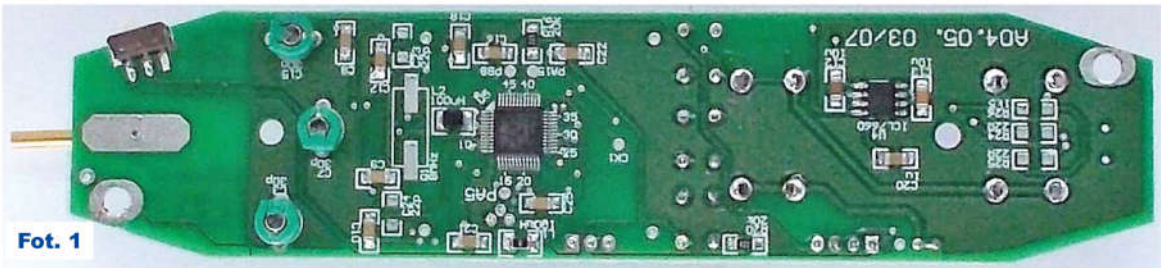
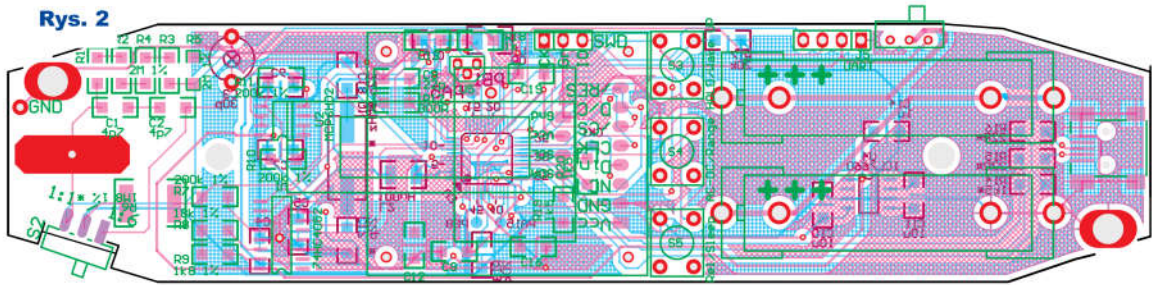
Mierzone napięcia podane na J1 może przejść przez tłumik zbudowany z rezystorów R1...R5. Wyboru pracy z tłumikiem lub bez dokonuje się przełącznikiem S2. Styki 4 i 6 przełącznika informują mikrokontroler o fakcie włączenia tłumika, dzięki czemu dobierana jest skala wartości wyświetlanych na wyświetlaczu. Dzielnik wejściowy miernika pracuje w trybie równoległym. Załączanie poszczególnych zakresów pomiarowych realizuje multiplexer analogowy U1. Bufor na wzmacniaczu U2A zapewnia dużą rezystancję wejściową, małą wyjściową. Niska rezystancja wyjściowa jest wymagana przez dzielnik R10, R11, który przesuwają zakres pomiarowy z  $-V_{cc}/2 \dots +V_{cc}/2$  do  $0 \dots V_{cc}$ . Dzięki temu możliwy jest też

miar napięć ujemnych. Przesunięte napięcie jest przekazywane na wejście ADC mikrokontrolera U2. Ze względu na to, że w aktualnej wersji oprogramowania interfejs USB nie jest wykorzystany, nie trzeba montować kwarcu i kondensatorów C17, C18, ponieważ wykorzystano wewnętrzny generator RC. U5 jest źródłem napięcia odniesienia. Ma ono lepsze parametry niż to wbudowane w mikrokontroler. Można zauważyć, że U5 oraz wzmacniacz U2 i przetwornica U4 jest zasilana z portów





mikrokontrolera. Rozwiązanie to jest konieczne, aby zapewnić mały pobór prądu przez urządzenie w stanie uśpienia. Przyciski S3...S5 sterują pracą programu. S3 służy także do wybudzenia mikrokontrolera ze stanu uśpienia. Wyniki pomiaru są wyświetlane na wyświetlaczu umieszczonym w złączu J4. Przewidziano miejsce na kolorowy wyświetlacz OLED (złącze J6), ale podwyższyłby on znacznie koszt urządzenia. Aktualna wersja oprogramowania nie obsługuje kolorowego wyświetlacza. Jeśli Czytelnicy będą zainteresowani programem obsługującym kolorowy wyświetlacz, proszę o e-maile. J2 służy do zaprogramowania mikrokontrolera. Punkty P2...P6 oraz złącze J5 służą diagnostyce przydatnej w czasie pisania czy modyfikacji programu.



Fot. 1



Fot. 2

Obsługa sondy jest bardzo prosta. Przycisk „Hold/Wake UP” wybudza mikrokontroler z uśpienia. W czasie pracy sonda pobiera prąd o wartości około 20mA – rysunek 3.

Po podaniu napięcia na J1 rozpocznie się pomiar. W razie konieczności nastąpi zmiana zakresu pomiarowego. Na wyświetlaczu można odczytać (fotogra-

fia 2) zmierzone napięcie, jednostki, zakres pomiarowy i tryb pracy.

Po 10 minutach bezczynności mikrokontroler przejdzie w stan uśpienia, pobierając w tym czasie z baterii mniej niż 10uA – rysunek 4. Za stan bezczynności przyjęto zmiany napięcia mniejsze niż  $\pm 20\%$ . Stan taki występuje, gdy grot sondy nie jest do niczego podłączony. Możliwe jest też wcześniejsze uśpienie mikrokontrolera przez przytrzymanie przycisku „Rel/Sleep” ponad jedną sekundę.

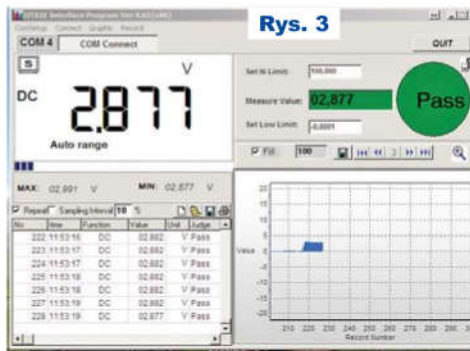
Przycisk „Hold/Wake UP”, po wybudzeniu mikrokontrolera, pełni

funkcję przycisku „Rel/Sleep”.

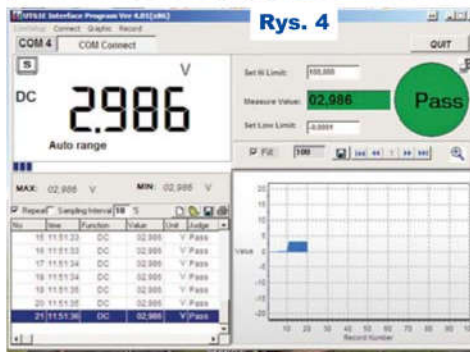
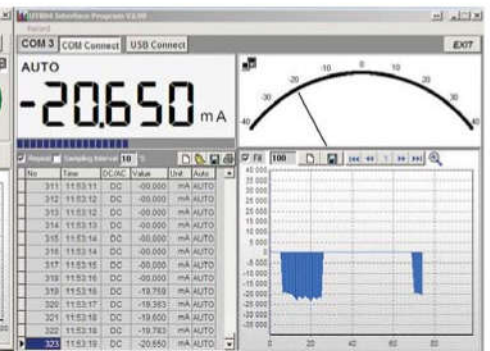
## Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płycie drukowanej, której projekt pokazany jest na rysunku 2. Standardowo montujemy układ, zaczynając od elementów najmniejszych, a kończąc na największych, rozpoczynając od warstwy bottom. Wyświetlacz montujemy na samym końcu. Należy wlotować go w pola lutownicze na płycie. W prototypie został zamontowany w gnieździe, aby ułatwić uruchamianie, ale taki montaż uniemożliwi zamknięcie obudowy. W pole lutownicze J1 należy wlotować grot sondy wykonany na przykład ze stępionej igły krawieckiej. W prototypie wlotowano gniazdo „bananowe” 2mm. Umożliwia to wymianę sond. Fotografia wstępna oraz fotografia 1 pokazują model.

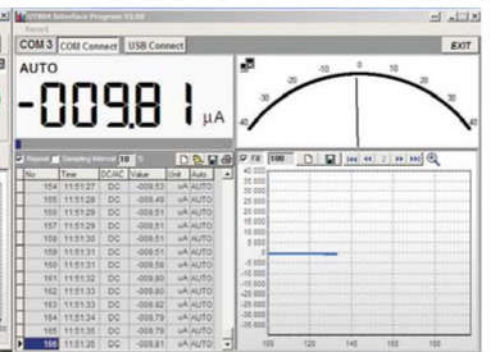
Układ nie wymaga uruchomienia poza zaprogramowaniem procesora. Osoby niedoświadczone powinny poprosić kogoś o pomoc w jego zaprogramowaniu. Układ zmontowany prawidłowo ze sprawnych elementów powinien od razu pracować.



Rys. 3



Rys. 4







Fot. 5

dwie funkcje. Krótki naciśnięcie do 0,5 sekundy włącza/wyłącza funkcję HOLD. Towarzyszy temu pojawienie się stosownego napisu – **fotografia 3**. Dłuższe przytrzymanie przycisku wyłącza automatyczną zmianę zakresu pomiarowego, co jest sygnalizowane napisem „MAN” na wyświetlaczu – **fotografia 4**. Ponowne włączenie następuje po kolejnym krótkim naciśnięciu „Hold/Wake UP”. Gdy automatyczna zmiana zakresu jest wyłączona, przycisk „AC-DC/Range” zmienia zakres pomiarowy. Miernik ma cztery zakresy: 0–1,1V, 1–11V, 10–110V, 100–1000V. Z włączonym tłumieniem zakresy są inne: 0–6,6V, 6–66V, 60–660V, 600–6600V. W praktyce górna granica napięcia jest ograniczona do 500V przy pracy bez tłumika i zależy od wytrzymałości napięciowej R6 oraz do 1000V przy włączonym tłumiku. W tym przypadku ważną jest wytrzymałość napięciowa R1...R5 oraz budowa sondy (przebieg ścieżek, odstępy pomiędzy ścieżkami). Zakresy pomiarowe zachodzą na siebie. Spowodowane jest to histerezą przełączania wynoszącą 10% zakresu pomiarowego. Dzięki temu na granicy napięć nie następuje ciągłe przełączanie zakresów.

Przycisk „Rel/Sleep” uruchamia pomiar względny, co sygnalizuje napis „REL”. Towarzyszy temu przejście miernika w tryb ręcznej zmiany zakresu – **fotografia 5**. Kolejne naciśnięcie „Rel/Sleep” wyłączy tryb względny, a miernik przełączy się z powrotem w tryb automatyczny, jeśli był wcześniej włączony. Warto zaznaczyć, że w trybie manualnej zmiany zakresu jego zmiana przyciskiem „AC-DC/Range” wyłącza tryb względny.

Przełącznikiem S2 można włączyć tłumik wejściowy zwiększający rezystancję miernika. Ze względu na to, że tryb automatycznej zmiany zakresu jest dostępny tylko dla pracy bez tłumika, włączenie go powoduje przejście w tryb manualny; wyłączenie włączy tryb automatyczny.

Ze względu na niskie napięcie zasilania, wzmacniacz operacyjny musi mieć wejścia i wyjścia rail-to-rail. Popularne wzmacniacze pracują poprawnie przy napięciach wejściowych Vcc –1,5...2V i Vee +1,5...2V. Wydaje się, że ze względu na to, iż przetwornik ADC mikrokontrolera mierzy napięcia do 1,1V, wystarczy, aby wzmacniacz na wyjściu przenosił poprawnie ±550mV, do czego wystarczy popularny TL062. Niestety, trzeba uwzględnić spadek napięcia na portach PC13...15 oraz na wyjściu przetwornicy U4. W takiej sytuacji pomiary są poprawne przy zasilaniu mikrokontrolera napięciem 2,7V–3,6V. Aby wykorzystać całą pojemność baterii i możliwości układów, konieczny jest wzmacniacz rail-to-rail.

Płytkę sondy ma wymiary dostosowane do obudowy KM-80. Obudowę należy od środka (poza obszarem, gdzie

## Wykaz elementów

### Rezystory 1206:

R1-R5	.....	1MΩ 1%
R6	.....	1,8MΩ 1% **napięcie przebicia min. 500V
R8	.....	18kΩ 1%
R9	.....	1,8kΩ 1%
R12	.....	300Ω
R13,R17	.....	20kΩ
R14,R19,R20	.....	1,5kΩ
R15,R16	.....	22R* niewymagane
R18	.....	1kΩ
R7,R10,R11	.....	200kΩ 1%
L1	.....	0Ω

### Kondensatory 1206:

C1,C2	.....	4p7
C3	.....	30p trymer 2-30pF
C4-C7,C9,C12,C13,C15,C16,C19	.....	100nF
C8,C17,C18	.....	22pF
C10,C11	.....	10u
C14	.....	1uF
U1	.....	74HC4052
U2	.....	MCP6H02
U3	.....	STM32F103C8T6
U4	.....	ICL7660
U5	.....	LM385-1.2
Q1	.....	8MHz
L2	.....	100uH
BT1,BT2	.....	uchwyt baterii BAT_KEYS82
S1,S2	.....	przełącznik HSS1270R
S3-S5	.....	mikroswitch 5×7 przycisk 15mm
J2	.....	goldpin 3×1
J3	.....	gniazdo USB-B Mini MUSB-B5-S-RA-SMT
J4	.....	modOLED091_I2C ID:564691
J6	.....	OLED RGB 0,95 96×64 KAMAMI ID: 561210 *

**Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3286**

znajdują się dzielniki napięcia) pokryć grafitem w sprayu lub wykleić samoprzylepną folią aluminiową, dbając o to, aby na słupkach mocujących PCB do obudowy znalazł się grafit czy folia, bo w tym obszarze na PCB znajdują się punkty masy. Brak połączenia ekranu z masą układu nie zapobiegnie przedostawaniu się zakłóceń z zewnątrz. Z sondy należy wyprowadzić przewód masy zakończony krokodylkiem. Do tego celu może posłużyć punkt P1. Płytkę w obszarze dzielników napięcia warto pokryć lakierem w sprayu, na przykład platiciem70.

Rezystory w obwodach dzielników napięcia najlepiej, aby miały tolerancję 0,1%, ostatecznie 1%. Użycie 5% rezystorów mija się z celem, bo sonda nie będzie już miernikiem, ale wskaźnikiem napięcia.

## Rozbudowa programu

Kody wynikowe i źródłowe znajdują się na Elportalu razem z pozostałymi materiałami niezbędnymi do wykonania płytki drukowanej. Ze względu na dostępność kodu omówię najistotniejsze funkcje i zmienne, co może być pomocne przy samodzielnej modyfikacji programu.

W celu obniżenia poboru energii mikrokontroler taktowany jest wewnętrznym generatorem RC 8MHz. Częstotliwość ta nie jest powielana w PLL. Oznacza to, że aby użyć USB, konieczna jest zmiana częstotliwości taktującej, co wiąże się z modyfikacją funkcji czasowych.

Stała „DEF\_TIM\_SLEEP” definiuje czas w milisekundach do uśpienia mikrokontrolera w przypadku, gdy miernik nie jest używany. W „VREFLM385” wpisujemy napięcie źródła napięcia odniesienia U5. „U\_AUTO\_MAX” i „U\_AUTO\_MIN” definiują napięcia, przy których zmieniany będzie zakres pomiarowy w trybie automatycznym. „TLUMIK\_1”, „TLUMIK\_10”, „TLUMIK\_100” i „TLUMIK\_1000” określają faktyczny podział dzielnika złożonego z R6 oraz jednego z rezystorów R7...R9. Stałymi „TIM\_KEY\_SHORT\_MIN” i „TIM\_KEY\_SHORT\_MAX” ustala się minimalny i maksymalny czas w milisekundach interpretowany jako krótkie naciśnięcie przycisku, natomiast „TIM\_KEY\_LONG”, czas interpretowany jako długie naciśnięcie. W funkcji „PrintDC” we fragmencie:

```
case TLUMIK 10:
    printf( txt, "%0.1f", napiecieW * tlumik * 6 ); // 6.6-66V
    break;
case TLUMIK 100:
    printf( txt, "%0.0f", napiecieW * tlumik * 6.5005500550055 );
    // 66-660V
    break;
case TLUMIK 1000:
    printf( txt, "%0.0f", napiecieW * tlumik * 6.55000555000555 );
    // 660-6600V
```

wpisane są faktyczne stopnie podziału dzielnika utworzonego z R1...R5 i pozostałych rezystorów. Trzeba mieć świadomość, że mimo wpisania 13 cyfr po przecinku, zmienne są typu float i interpretowane jest tylko 7 cyfr znaczących. Można zmienić typ na double (15 cyfr znaczących), ale nie ma to większego znaczenia, biorąc pod uwagę inne niedokładności. W przypadku przeniesienia kodu na AVR, trzeba



mieć świadomość, że w popularnym AVR-GCC, typ *double* ma taką samą dokładność jak *float*.

W programie użyto watchdoga okienkowego WWDG, ponieważ w przeciwieństwie do IWDG, jest on wyłączany po uśpieniu mikrokontrolera i nie spowoduje jego wybudzenia. WWDG nie może być resetowany zbyt często, dlatego w kodzie znajdziemy fragment:

```
if( !TimWwdg ){ TimWwdg = TIM_WWDG;
WWDG->CR = WWDG_CR_WDGA | WWDG_CR_T6 |
TIM_WWDG_MAX; }
```

Przed uśpieniem mikrokontrolera wyłączany jest wyświetlacz OLED:

```
if( !TimSleep || (Keys & KEY_REL_LONG) ){
HAL_DeLAY( 30 );
ssd1306_command(SSD1306_DISPLAYOFF);
```

Opóźnienie (Delay) przed uśpieniem jest konieczne, ponieważ dane do wyświetlacza są wysyłane przez DMA. Po rozpoczęciu procedury usypiania nie ma gwarancji, że nie odbywa się transmisja DMA, dlatego należałoby to sprawdzić lub jak w tym przypadku odczekać maksymalny czas

transmisji, który w tym przypadku nie przekracza 20ms.

Mikrokontrolery STM32 w obudowach mniejszych niż 100 pin nie mają wyprowadzonych linii Vref+ i Vref-, są one na stałe podłączone do Vss i Vdd wewnątrz układu. Z tego powodu nie można podać na przetwornik ADC napięcia odniesienia. Połączenie Vref+ z Vdd powoduje, że napięcie odniesienia dla ADC zmienia się wraz ze zużyciem się baterii. Także dla dzielnika R10, R11 napięciem odniesienia jest Vdd. Precyzyjny pomiar napięcia wydaje się niemożliwy. Jest to jednak jak najbardziej do zrobienia. W tym celu mierzone jest napięcie zasilające mikrokontroler w stosunku do wewnętrznego lub jak w przypadku sondy, zewnętrznego napięcia odniesienia. Realizuje to sekwencja rozkazów:

```
VccCpuE = VREFL385 * 4096 / ExtRefAdc;
VccCpu = VccCpuE; // VccCpuI;
```

Przy okazji mierzone jest napięcie zasilające

```
if ( VccCpu < VBAT_MIN ) loBat = true; else
loBat = false;
```

i w razie gdy jest ono zbyt niskie, wyświetlany jest migający napis „LoBat”.

Dzięki temu, że U2 może zewrzeć R6 do masy, można przeprowadzić procedurę autozerowania niwelującą niedokładność R10 i R11. Aktualne oprogramowanie nie przeprowadza takiej operacji.

## Propozycja zmian

Oprogramowanie nie mierzy napięć przemiennych, ale można dodać taką opcję. Bargraf można by wykonać w wersji z zerem na środku skali. Może warto też wykonać wersję dla osób leworęcznych? Może pożądana byłaby wersja z przetwornikiem 16-bit? STM32F373 jest w taki przetwornik wyposażony. W sprawie pomysłów dotyczących rozbudowy oprogramowania proszę pisać na podany adres e-mailowy.

SaS

sas@elportal.pl

## Ciąg dalszy ze strony 18

Dłuższe przytrzymanie przycisku przełącza na ustawianie dziesiątek minut 0–9, następne przytrzymanie przełącza na ustawianie pojedynczych minut. Kolejne dłuższe przytrzymanie przycisku zatwierdza nowy, ustawiony właśnie czas – co zegarek sygnalizuje

krótkim przygaśnięciem. Aby prze-rwać proces ustawiania, należy po prostu zaczekać kilka sekund, przez co tryb ustawiania zostanie przerwany, a zegarek powróci do poprzednio wskazywanego czasu.

Oprócz wyświetlania czasu urządzenie ma zaimplementowaną obsługę alarmów: zbyt niskiego napięcia akumulatora

(brak ładowania!), niskiej temperatury otoczenia (ślisko!) oraz zbyt wysokiej temperatury silnika (przegrzanie!). Po przekroczeniu któregoś ze zdefiniowanych progów zegarek przełącza się w tryb wskazania, które wywołało alarm, a wyświetlacz mruga. Skasowanie alarmu następuje po naciśnięciu przycisku przy kierownicy.

Poziom, przy którym wyzwalany jest alarm, również można ustawiać. W tym celu należy nacisnąć przycisk trybu ustawień w chwili wyświetlania właściwego wskazania (napięcia czy temperatury). Ustawianie progów alarmu wygląda analogicznie jak czasu – krótkie naciśnięcie przycisku na kierownicy – zmiana, dłuższe – zatwierdzenie. Ustawione wartości są zapamiętywane w nieulotnej pamięci EEPROM procesora, zatem nie kasują się po wyłączeniu zasilania.

Kilkumiesięczna eksploatacja zegarka pozwoliła na usunięcie wszystkich niedomagań oraz wykazała jego dużą użyteczność. Taki gadżet można polecić wszystkim skuterzystom i motocyklistom – LWG !

Sławomir Węgrzyn  
bsw@poczta.onet.pl  
e-bsw.blogspot.com

## Wykaz elementów

US1	MC34063 w obudowie SO-8
US2	ATmega32A TQFP44
US3	PCF8563 SO-8
US4	LM335 SO-8
US5	AD8066 SO-8
R1,R6,R8,R12,R13,R15,R16	10k smd1206
R2	3k 1206 smd1206
R3,R10	1k smd1206
R4	1R smd1206
R5	75k smd1206
R7,R11	100R smd1206
R9	120k smd1206
R14	2k2 smd1206
R17,R18	0R smd1206
R21-R47	150R smd0603, dobrac do wyświetlacza
C1	22uF/10V w obudowie smd-b
C2	500pF smd0805
C3,C5,C6,C7,C8,C9,C12	100nF smd0805
C4	22uF/50V smd 6,3x5,4
C10	200nF smd0805

C11	10n smd0805
C13	22p smd0805
L1	dławik 100uH 1A
L2	dławik osiowy 100uH
D1	1N5819
D2,D5	SM4007
D3,D4	dioda Zenera 5V1 smd
D6	SOD123
Q	kwarc zegarkowy 32768Hz
DIS1,DIS2	podwójny niezależny wyświetlacz 7seg. 13mm wspólna anoda,
KANDA-ISP	kątowe gniazdo IDC 2x5 pin,
DISP1	kątowe złącze pinhead 20 pin,
DISP2	kątowe złącze pinhead 7 pin,
12V	3-pinowe kątowe złącze EDG 5.08,
TC	2-pinowe kątowe złącze EDG 5.08,
BTN	kątowy tact switch,
BAT	bateria litowa CR2032 „z wąsami”,
Termopara typu K,	
Przycisk na kierownicę z przewodem i wtykiem IDC,	
Obudowa Z-23 z maskownicą.	