



Unitester – kieszonkowy tester

Do czego to służy?

Unitester posiada ma funkcje: pomiaru zużycia baterii, pomiaru przejścia (testowanie żarówek) oraz pomiaru temperatury otoczenia. Do jego obsługi został przewidziany tylko jeden przycisk – funkcja wybierana jest automatycznie przez mikrokontroler!

Prosta budowa, łatwa konfiguracja (dedykowana aplikacja komputerowa) i dostęp do gotowego oprogramowania z domyślnymi ustawieniami (nie trzeba nic zmieniać) powinien być zachętą dla młodszych i mniej doświadczonych Czytelników. Urządzenie można rozbudować o dodatkowe funkcje, zmodyfikować obecne i całość dostosować do własnych upodobań. Będzie to doskonałą okazją do samodzielnej zabawy z oprogramowaniem, gdyż na stronie Elportalu, oprócz skompilowanej, gotowej do wgrania wersji softu, są jeszcze pełne kody źródłowe. Zostały one napisane w języku C++ i zostały skompilowane w bezpłatnym pakiecie WinAVR (wersja 20070525).

Jak to działa?

Schemat ideowy urządzenia pokazano na rysunku 1. Centralnym ośrodkiem sterującym jest mikrokontroler ATmega8. Kupując układ U1 we własnym zakresie, należy koniecznie zwrócić uwagę, aby miał sufix L (ATmega8L), informujący o możliwości pracy z niskim napięciem. W przypadku niniejszego urządzenia jest to wymóg konieczny ze względu na zasilanie, pobierane z baterii guzikowej CR2032. Do komunikacji z użytkownikiem przewidziane zostały dwa wyświetlacze 7-segmentowe, które pokazują wartości liczbowe oraz skrótowe nazwy funkcji i komunikatów. Są one sterowane w sposób multipleksowy.

Elementy T3, R13-R16 stanowią obwód pomiaru napięcia. Rezystory R15 i R16 tworzą dzielnik, który pozwala na pomiar praktycznie dowolnych wartości (przy odpowiednim dobraniu rezystorów). Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest zmniejszenie napięcia o połowę, więc odwrotne podłączenie popularnego paluszka sprawi, że na port mikrokontrolera trafi napięcie – 0,75V, a więc niepowodujące jego uszkodzenia. Transzystor T3 pozwala dołączyć napięcie do dzielnika (R14 ogranicza płynący prąd). Procedura pomiaru jest następująca:

– sprawdzane jest napięcie na rezystorze R16, gdy ma ono niezerową wartość, wtedy program szacuje stopień zużycie baterii, informując o tym uprzednim komunikatem *bt* – brak napięcia na R16 (lub odwrotne podłączenie baterii) skutkuje włączeniem tranzystora T3. Ponownie mierzone jest napięcie na R16, jeżeli wynosi ono ponownie zero, to znaczy, że mostek pomiarowy jest zwarty i wyświetla się znak *P* na wyświetlaczu. Oznacza to, że żarówka jest dobra :)
– niezerowe napięcie na R16 przy drugim pomiarze (przepalona żarówka) spowoduje

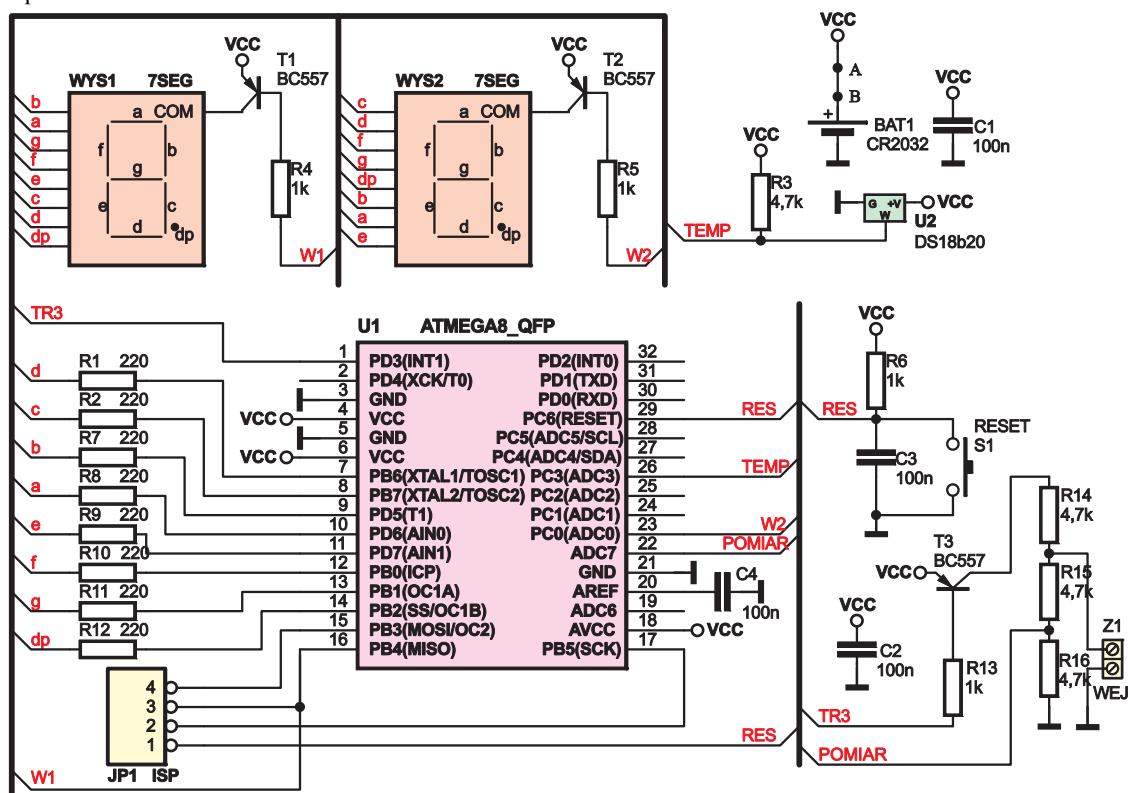
zmierzenie temperatury otoczenia poprzez wyświetlenie *t* lub *t-* (w przypadku temperatury ujemnej)

Do pomiaru temperatury wykorzystano popularny termometr cyfrowy DS18B20. Do pracy wymaga on rezystora podciągającego R3. Elementy pojemnościowe mają za zadanie filtrować zakłócenia.

Urządzenie pracuje z baterią o małej pojemności (220mAh), więc należało na etapie projektu przewidzieć sposób na oszczędzanie energii. Najprostszą metodą jest ograniczenie jasności wyświetlacza, poprzez zwiększanie wartości rezystorów R1, R2, R7-R12. Zmniejszy to jednak widoczność cyfr i komunikatów. Działanie to nie jest wystarczające, gdyż stosunkowo duży prąd pobiera mikrokontroler. Założono więc, że



Rys. 1



będzie on pracował tylko przez kilka chwil, po czym zostanie wprowadzony w stan obniżonego poboru mocy. Wyprowadzenie urządzenia z tego stanu jest możliwe na kilka sposobów, ale najlepszym, w tym wypadku, okazał się sprzętowy reset. Jego naciśnięcie wyprowadzi mikrokontroler ze „snu” – wykonane zostaną stosowne pomiary, prezentacja wyniku i ponownie wejście w stan „spoczynku”.

Oprogramowanie

Pełny kod źródłowy można pobrać z Elportalu. Program z natury nie jest skomplikowany i długi, można powiedzieć, że 8kB to aż nadto pamięci (ale mając taki zapas, program pisze się bezstresowo :)).

Oprogramowanie może mierzyć stopień zużycia baterii na trzy sposoby: podając procentowe zużycie, pokazując napięcie ogniwa lub wartość rejestru ADCH (pomiar mają rozdzielczość 8-bitów). Pierwszy sposób wymaga dwóch parametrów: v_{min} oraz v_{max} . Są to wartości przetwornika odpowiadające skrajnym wartościom, odpowiednio: całkowitemu rozładowaniu baterii i napięciu nowo zakupionej. Gdyby po zmierzeniu napięcia okazało się, że rejestr ADCH zawiera wartość odpowiadającą v_{min} , to na wyświetlaczu zostanie pokazane całkowite wyczerpanie ogniwa (0%). Podobnie, gdyby ADCH będzie zawierał wartość v_{max} , to na wyświetlaczu pokaże się... Nie, nie 100%, no bo jak? :) Pokaże się wartość 99. Dla wartości z przedziału $\langle v_{min}, v_{max} \rangle$ liczba procentów będzie proporcjonalna (funkcja liniowa).

Konieczne jest zdefiniowanie tych dwóch parametrów. Po uruchomieniu urządzenia sprawdzana jest komórka pamięci EEPROM o adresie 1. Gdy znajdzie się tam wartość 0xFF (a jest tam zawsze w nowo zakupionych procesorach), wówczas zostaną wpisane wartości domyślne, ustanowione przez autora:

$$v_{min} = 46 ; //1,0V$$

$$v_{max} = 71 ; //1,5V$$

Odpowiada to, mniej więcej, wartościom typowego paluszka (symbol handlowy: R4). Chcąc mierzyć inne napięcia, należy zmodyfikować te wartości za pomocą programu konfiguracyjnego (również w Elportalu). Odbywa się to w prosty sposób, za pomocą dwóch wzorów:

$$v_{min} = (256 * U_{min} * R16) / ((R16 + R15) * U_{ref})$$

$$v_{max} = (256 * U_{max} * R16) / ((R16 + R15) * U_{ref})$$

U_{min} – napięcie rozładowania baterii (odpowiadające 0%)

U_{max} – napięcie nowej baterii (odpowiadające 99%)

U_{ref} – napięcie odniesienia przetwornika, w urządzeniu od 2,3 do 2,7V, można przyjąć 2,56V i w razie potrzeby, doświadczalnie skorygować te wartości.

Istnieje również inny sposób – można wymusić pokazywanie przez mikrokontroler zawar-

tości rejestru ADCH, podłączyć nową i zużytą baterię i odczytać te wartości, ale UWAGA! Ta sztuczka nie będzie działać dla zawartości rejestru większej niż 99! Wtedy zostają jedynie powyższe wzory.

Nowe wartości należy wprowadzić do programu konfiguracyjnego, który generuje plik *unitester_eerpom.hex* i wgrać ten plik do pamięci EEPROM, ale podkre-

ślam, nie jest to wymagane w przypadku baterii 1,5V, gdyż jest to zaprogramowane domyślnie.

Wpisanie nowych parametrów sprawi, że komórka o adresie 1 nie będzie już miała wartości 0xFF, więc mikrokontroler odczyta nowe wartości z EEPROM.

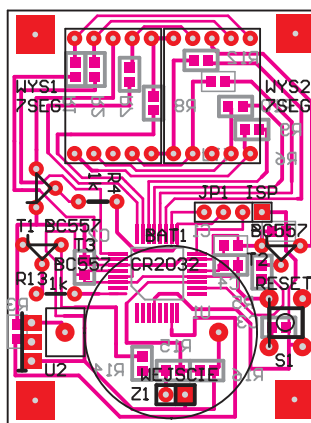
Kolejny krok to uruchomienie licznika i przerw, aby zapewnić odświeżanie multiplexowanych wyświetlaczy. Każde przerwanie wywołuje funkcję *refresh()* obiektu *ekran* i powoduje przemienne wyświetlanie znaków na obu wyświetlaczach. Obiekt ten przyjmuje również (poprzez operator nawiasów) liczbę do wyświetlenia i symbol informujący o tym, co się wyświetla.

Po skonfigurowaniu przetwornika następuje pierwszy pomiar. Jeżeli stwierdzona zostanie obecność napięcia, to mikrokontroler oszacuje zużycie podłączonej baterii. W przypadku braku napięcia podłączony jest tranzystor T3 i wykonywany jest test ciągłości. Gdyby i on zawiódł, mierzona jest temperatura. Pomiar temperatury odbywa się za pomocą obiektu *term*, który obsługuje scalony czujnik temperatury DS18B20 komunikujący się za pomocą magistrali 1-wire. Obsługa tego standardu jest napisana w osobnym pliku, więc powinna stanowić cenną pomoc przy własnych opracowaniach. Wspomnę tylko jeszcze, że czujnik może zgłosić dwa rodzaje błędów:

– inicjacji – skutkuje to wyświetleniem napisu *in* na wyświetlaczu i wskazuje na złe podłączenie czujnika lub niewłaściwą konfigurację mikrokontrolera,

– *crc* – odczyta danych zawiera błąd – pozostaje sprawdzić podłączenie, upewnić się, że rezystor R3 jest wlutowany, a jeżeli i to nie pomoże, są dwie możliwości: uszkodzony czujnik lub nadmierny rozrzut parametrów. W drugim przypadku warto pomaniplulować parametrami *F_CPU* w programie.

Po wykonaniu całego programu pozostaje mikrokontrolerowi udać się na



Rys. 2

spoczynek. Trzeba zwrócić uwagę na mały, ale istotny szczegół – należy KONIECZNIE wyłączyć przetwornik AC!!! (instrukcja *ADCSRA=0x00*). Potrafi on konsumować aż 0,3mA prądu, co spowoduje wyczerpanie baterii już po miesiącu. Wyłączenie tego układu zmniejsza pobór prądu do kilku μA , co wydłuża pracę urządzenia do pięciu lat (teoretycznie).

Montaż i uruchomienie

Urządzenie zostało zamontowane w obudowie Z-69. Schemat monta-

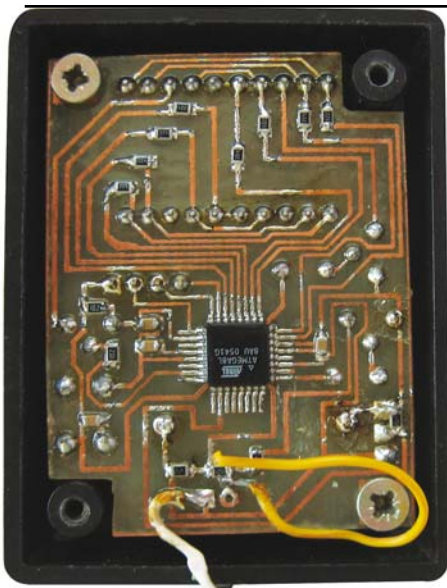
żowy pokazany jest na rysunku 2. Do najbardziej uciążliwych rzeczy należy niewątpliwie wycięcie otworów na przycisk resetu (mikroswitch powinien mieć długość 10mm) oraz na wyświetlacze.

Autor poradził sobie z tym w następujący sposób:

- otwór pod reset – wydrukowałem wzór PCB, wyciąłem fragmenty z czarnymi kwadratami (odpowiadające otworom montażowym), ułożyłem papier i zaznaczyłem nożem miejsce, w którym wypadł przycisk. Pozostało rozwiercenie wiertłem około 4mm.
- otwór pod wyświetlacze – korzystając ponownie z wcześniej wydrukowanego szablonu, wykonałem obrys wyświetlacza z pewnym marginesem (tzn. obrys był mniejszy niż rzeczywisty wymiar wyświetlacza). Następnie wywierciłem dziury wiertarką wewnątrz tego obrysu i tak powstałe „sitko” usunąłem poprzez wyłamanie. Na koniec pozostała praca isticie rzemieślnicza – pilowanie pilnikiem i nieustanna kontrola, czy wyświetlacz już pasuje do otworu, czy też trzeba jeszcze kawałek doszlifować.

Następnym problemem są „sondy pomiarowe”, które na schemacie są podłączone do złącza Z1. W moim przypadku przylutowałem dwa przewody. Pierwszy został zakończony szpilką (goldpin) i zabezpieczony rurką termokurczliwą w miejscu lutowania, natomiast drugi został wprowadzony w otwór śruby zamykającej obudowę. Po wprowadzeniu

R E K L A M A



wkręta nastąpiło przebicie izolacji i śruba stała się drugim polem kontaktowym :). Ma to tę zaletę, że paluszka nie można podłączyć odwrotnie, gdyż do wgłębienia może wejść tylko elektroda z potencjałem dodatnim. Chcąc uzyskać nieco lepszy efekt, można pokusić się o dołączenie przewodzącego łączuszka, który będzie pełnił funkcję „ogonka”.

Po wykonaniu tych wszystkich czynności okazało się, że gniazdo baterii jest za wysokie i nie można zamknąć obudowy. Problem usunąłem pilnikiem i nożem do tapet. W pierwszym kroku usunięty został plastik stanowiący „nóżki”, następnie zostały spiłowane blaszki, gdyż rozszerzały się w miejscu, w którym wcześniej był plastik. Zostały one spiłowane i obudowa baterii nie stanowiła już problemu. Gniazdo baterii musi przylegać bezpośrednio do PCB, bez żadnego odstępu.

Urządzenie jest, teoretycznie, przeznaczone również do pomiarów temperatury ujemnej. Praktycznie autor postanowił poddać je próbie i... włożył układ do zamrażarki :). Efekt był taki, że wskazania temperatury były błędne, a po chwili włączał się pomiar baterii zamiast temperatury. Śledztwo zakrojone na szeroką skalę, litry kawy i dwie nieprzespane noce (zartując :)) pozwoliły ustalić, że winne są dwa czynniki.

Pierwszy z nich to para wodna. Po wyjęciu układu z zamrażarki na laminacie skraplała się woda, powodując zwarcie i doprowadzenie napięcia do mostka pomiarowego – stąd włączenie niewłaściwej funkcji. Rozwiązanie było bardzo proste – laminat, od strony druku, został w całości pokryty przezroczystym lakierem do paznokci, co uniemożliwiło powstawanie zwarć. Drugi problem był nieco trudniejszy do wykrycia – termometr pokazywał 85°C zamiast minus „coś”... Intuicja podpowiadała, że powstają błędy w transmisji lub wyświetlaniu danych, ale to rozwiązanie nie wchodziło w grę, bo powodowałoby wyświetlenie komunikatu Cr. Szczęściem dla autora, zapoznał się on trochę wcześniej z archiwalnym rozwiązaniem Szkoły Konstruktorów (zadanie 30 do pobrania z Elportalu). Analiza zawartych tam materiałów pozwoliła ustalić, że winę ponosi... bateria! Po schłodzeniu do temperatury -15°C rośnie znacznie opór wewnętrzny, więc napięcie ogniwa zmniejsza się (na skutek wewnętrznego spadku napięcia) i jest mniejsze od deklarowanych 3V. W takich warunkach posuszeństwa odmawia czujnik DS18B20 (zasilanie minimum 3V). Przeprowadzono test, polegający na przecięciu ścieżki za plusem zasilania (pomiędzy punktami A oraz B) i wstawiono tam diodę prostowniczą, a następnie zamiast CR2032 włożone zostały dwie baterie CR2016. W efekcie znacznie wzrosło napięcie zasilające, a urządzenie pomyślnie przeszło test z zamrażarką pokazując -16°C.

Reasumując: aby uzyskać pracę w zakresie temperatur pokojowych lub trochę niższych można spokojnie zasilac całość ogniwem CR2032. W innym przypadku należy wlotować szeregowo diodę prostowniczą (dowolną, najlepiej SMD) i całość zasilić dwoma bateriami CR2016. Wadą tego rozwiązania jest znaczne skrócenie czasu pracy na skutek wzrostu poboru prądu (wyższe napięcie)

oraz mniejszej pojemności baterii (90mAh zamiast 230mAh). Wybór pozostawiam Czytelnikom...

Dioda obniża napięcie o około 0,6V – czujnik i mikrokontroler mogą być zasilane maksymalnym napięciem 5,5V.

Możliwości zmian

Istnieje kilka możliwości wprowadzenia usprawnień do niniejszego projektu. Najprostszą z nich jest zmiana ogniwa, które ma być testowane. Wymagać to będzie obliczenia nowych wartości przetwornika ADC i/lub wymiany rezystorów R15 oraz R16 (zwiększenie zakresu pomiarowego). Można wstawić rezystory 1%, aby zagwarantować większą dokładność pomiaru. Należy zawsze zadać sobie pytanie: co się stanie w przypadku odwrotnego podłączenia badanej baterii? Mostek pomiarowy powinien być tak dobrany, aby napięcie w takiej sytuacji na przetworniku nie było mniejsze od -0,7V, a rezystory R15, R16 powinny mieć minimum 1kΩ (a jeszcze lepiej 10kΩ).

Kolejną możliwą zmianą jest sposób prezentacji zużycia ogniwa, można wybrać trzy opcje za pomocą programu konfiguracyjnego.

Pomiar napięcia i liniowe przeliczenie nie zawsze daje dobre efekty, więc ambitni i cierpliwi Czytelnicy mogą pokusić się o zakup nowej baterii, powolne jej rozładowanie i notowanie wartości napięcia, jakie występują na ogniwie w określonych odcinkach czasu. Pozwoli to zaimplementować w oprogramowaniu specjalną tablicę z pomierzonymi wartościami, aby mikrokontroler mógł z niej odczytywać na zasadzie: takie napięcie, to takie zużycie baterii.

Prawdopodobnie niniejsze urządzenie nie będzie tak niezbędne jak telefon komórkowy, jednakże mam nadzieję, że okaże się użyteczne i czasem będzie towarzyszyć Czytelnikowi :).

Jakub Borzdziński

jakub.borzdziński@elportal.pl

Wykaz elementów

R1,R2,R7-R12	220Ω SMD
R3,R14-R16	4,7kΩ SMD
R4-R6,R13	1kΩ SMD
C1-C4	100nF SMD
T1-T3	BC557
U1	ATmega8L
U2	DS18B20
WYS1,WYS2	wyświetlacze 7-segmentowe
BAT1	CR2032
JP1	goldpin x4
S1	mikroswitch
Z1	goldpin x2

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2916.