

# Sygnalizator zużycia baterii

- Układ niezawodnie sygnalizujący obniżenie napięcia zasilającego
- \* przeznaczony do współpracy ze źródłami zasilania o napięciu 3,6...15V
  - \* bardzo prosta budowa
  - \* niewielka liczba elementów
  - \* niski koszt
  - \* pomijalnie mały pobór prądu w spoczynku (25µA)

## Do czego to służy?

W wielu urządzeniach przenośnych, zasilanych z baterii lub akumulatora dużym problemem jest określenie stanu źródła zasilania. Pół biedy, gdy urządzenie ma kontrolkę w postaci diody LED – po jasności świecenia tej diody, a właściwie po zmianach jasności (przygasaniu) tuż po włączeniu zasilania można poznać, kiedy bateria jest u kresu swej służby. Gorzej jest, gdy urządzenie nie ma żadnego wskaźnika. Wtedy wyczerpanie baterii może być dla użytkownika przykrym zaskoczeniem.

Jeszcze gorzej wygląda to w przypadku przenośnych urządzeń pomiarowych. Użytkownik korzysta z przyrządu, nieświadomy, że napięcie baterii zbyttno się obniżyło i wskazania są zupełnie błędne.

Opisany dalej prosty układzik przeznaczony jest do ciągłego monitorowania napięcia baterii. Po obniżeniu tego napięcia poniżej dopuszczalnego poziomu, układ zasygnalizuje ten fakt dźwiękiem i miganie diody LED.

O taki układ upomniało się wielu Czytelników EdW, między innymi przy okazji grudniowej ankiety.

## Jak to działa?

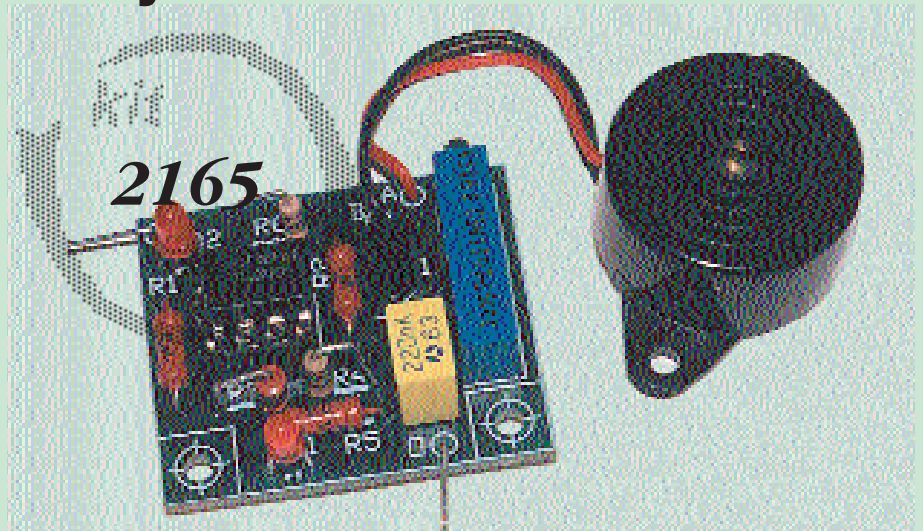
Schemat ideowy układu pokazany jest na rysunku 1.

Sercem jest wzmacniacz operacyjny U1, który pracuje tu w bardzo dziwnej konfiguracji.

W zasadzie jest to komparator, czyli układ porównujący bieżące napięcie zasilające z napięciem wzorcowym. Napięciem wzorcowym jest w tym wypadku napięcie przewodzenia czerwonej diody LED – D1. Jak wiadomo, napięcie to zmienia się w niewielkim stopniu, nawet przy znacznych zmianach prądu przewodzenia.

Napięcie wzorcowe podawane jest na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego.

Na drugie wejście tego wzmacniacza podawane jest napięcie z suwaka potencjometru PR1, które jest wprost proporcjonalne do napięcia zasilającego.



Wzmacniacz jest objęty podwójną pętlą sprzężenia zwrotnego. Osoby obeznane ze wzmacniaczami operacyjnymi mogą zacząć rwać sobie włosy (lub resztki włosów) z głowy, bo obwody sprzężenia zwrotnego są delikatnie mówiąc – niecodzienne.

Jak słusznie należy przypuszczać, pokazany układ w pewnym zakresie napięć zasilania staje się generatorem. Generator taki odbiega jednak znacznie od typowych książkowych propozycji układowych.

Nie warto chyba jednak wglębiać się w teoretyczne rozważania.

Wystarczy zapoznać się z działaniem układu.

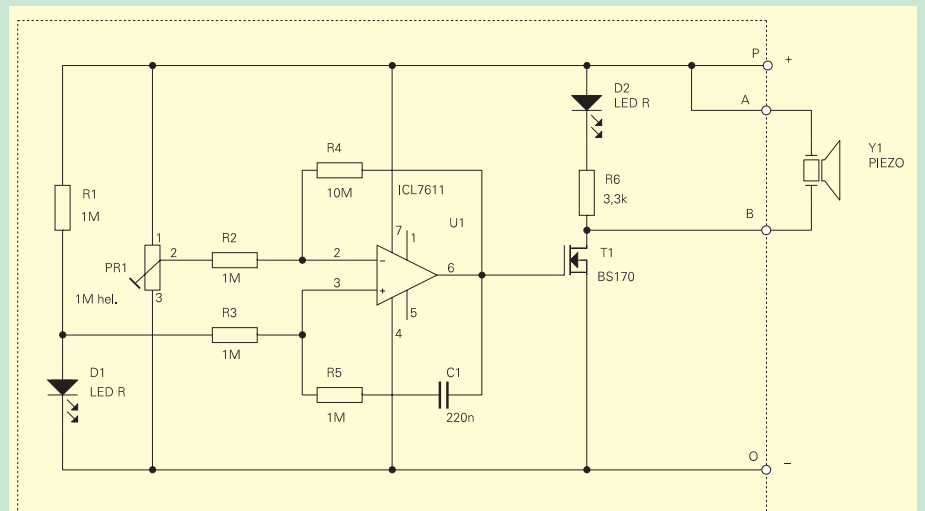
Zakładamy, że napięcie na diodzie LED D1 jest stałe i nie zależy od napięcia zasilającego.

Gdy napięcie zasilania, a tym samym napięcie na suwaku potencjometru PR1, jest odpowiednio duże, na wyjściu wzmacniacza operacyjnego napięcie jest praktycznie równe potencjałowi masy. Tym samym tranzystor T1 jest zatkany,

dioda LED D2 – wygaszona, a współpracujący brzęczyk piezo -wyłączony.

Przy obniżaniu napięcia zasilającego, w pewnym momencie napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego zacznie wzrastać. W zasadzie, dzięki obecności rezystorów R4 i R3 układ byłby po prostu wzmacniaczem o wzmocnieniu około 10. Tak jednak nie jest wskutek obecności elementów C1, R5 i R3. Elementy te tworzą obwód bardzo silnego dodatniego sprzężenia zwrotnego. Właśnie dzięki tym elementom, po obniżeniu się napięcia poniżej pewnej ustalonej granicy, układ zaczyna generować drgania o częstotliwości około 2Hz. Po obniżeniu się napięcia poniżej granicy ustawionej za pomocą potencjometru PR1, odezwie się brzęczyk i zacznie pulsować dioda D2.

Gdy napięcie zasilania jeszcze bardziej się obniży, układ przestanie generować drgania, i na wyjściu wzmacniacza pojawi się na stałe stan wysoki. Brzęczyki i lampka D2 będą włączone ciągle. Stan taki



Rys. 1. Schemat ideowy

będzie trwał aż do całkowitego wyładowania się baterii.

Jak widać z opisu, potencjometr PR1 umożliwi ustawienie potrzebnego progu napięcia, przy którym układ ostrzegawczy zacznie pulsować. Ze względu na potrzebę zachowania znacznej dokładności, zastosowano tu potencjometr wieloobrotowy – helitrim.

Bardziej zaawansowani konstruktorzy zdziwią się zapewne, widząc na schemacie rezystory o tak dużej wartości. Przyczyna jest prosta – chodzi o zmniejszenie poboru prądu zasilania w spoczynku.

Autorzy artykułu spotkali się już w swojej karierze z układami podobnych sygnalizatorów zużycia baterii, ale większość takich konstrukcji miała zdecydowanie zbyt duży pobór prądu. Obecnie, przy użyciu nowoczesnych podzespołów można zbudować złożone układy, pobierające kilka miliamperów prądu. Głupotą byłoby wyposażanie takich urządzeń w układ monitorowania stanu baterii, pobierający mniej więcej tyle samo energii.

Tymczasem układ zbudowany według rysunku 1 pobiera ze źródła zasilania tylko około 25µA prądu!

Jest to niewątpliwym sukces, a wynika on z zastosowania energooszczędnego wzmacniacza operacyjnego wykonanego w technologii CMOS, oraz rezystorów o dużych wartościach.

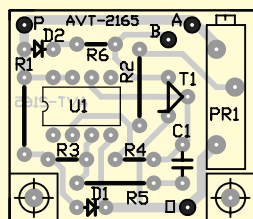
Niektórych może też zdziwić brak w układzie kondensatora filtrującego zasilanie. Nie jest on niezbędny, bo układ dołączony będzie wprost do zacisków baterii, a więc źródła o małym oporze wewnętrznym. Zastosowany wzmacniacz operacyjny nie należy do najszybszych, więc tym bardziej brak kondensatora filtrującego nie spowoduje sensacji.

## Montaż i uruchomienie

Montaż układu pokazanego na rysunku 1 z łatwością można wykonać na niewielkiej płytce, pokazanej na **rysunku 2**. Kolejność montażu jest dowolna.

Układ CMOS jest dość delikatny, więc tym razem można zastosować podstawkę, i układ scalony włożyć do niej na samym końcu, po zmontowaniu wszystkich pozostałych elementów.

Zmontowany układ należy sprawdzić i wyregulować.



Rys. 2. Schemat montażowy

Zastosowany układ scalony ma niewielkie, jak na wzmacniacze operacyjne, dopuszczalne napięcie zasilania, dlatego układ nie powinien pracować przy napięciach większych niż 15V.

W praktyce wyregulowanie układu jest bardzo proste, niezależnie od potrzebnego progu zadziałania sygnalizatora (w zakresie 3...13V).

Przypuśćmy, że współpracujący układ zasilany jest z baterijki 9-woltowej typu 6F22, i pracuje poprawnie w zakresie napięć 7,5...10V. Opisane zabezpieczenie trzeba tak wyregulować, by sygnalizowało obniżenie się napięcia zasilania poniżej 7,5V.

Wystarczy w tym celu ustawić napięcie wyjściowe jakiegokolwiek regulowanego zasilacza na wartość 7,5V, a następnie ustawić potencjometr PR1 na progu działania układu. To wszystko!

Dla pewności można jeszcze sprawdzić działanie układu w pełnym zakresie napięć od 0...10V.

W egzemplarzu modelowym pokazanym na fotografii przeprowadzono próby i ustawiono napięcia zadziałania sygnalizatora inne niż 7,5V.

W jednej pozycji suwaka potencjometru PR1 układ „był cicho” przy napięciu zasilającym większym niż 10,5V. W zakresie 6,3V...10,5V sygnał był przerywany, a dla napięć poniżej 6,3V sygnał dźwiękowy i świecenie diody D2 były ciągłe. Dopiero przy napięciu zasilania wynoszącym 1,7V układ milkł całkowicie.

W drugim ustawieniu potencjometru PR1 (do współpracy z baterią 6V), układ „był cicho” przy napięciu zasilającym powyżej 4V. W zakresie 3...4V sygnał był przerywany, a w zakresie 1,7V...3V – ciągły.

## Możliwości zmian

Układ w postaci pokazanej na rysunkach i fotografiach doskonale spełni swoje zadanie w ogromnej większości praktycznych zastosowań.

## Wykaz elementów

### Rezystory

R1, R2, R3, R5: 1MΩ  
R4: 10MΩ  
R6: 3,3kΩ  
PR1: 1MΩ helitrim

### Kondensatory

C1: 220nF

### Półprzewodniki

D1, D2: LED R 3mm  
T1: BS170  
U1: ICL7611 (lub TLC271)

### Pozostałe

Y1: buzzer piezo z generatorem podstawka 8-pin

Przy rozpatrywaniu działania układu założono, że napięcie diody D1 jest stałe. W rzeczywistości tak nie jest. Napięcie to zmienia się nieco wraz z napięciem zasilania. Ale to akurat zupełnie nie ma znaczenia.

W pewnych rzadkich przypadkach może natomiast mieć znaczenie stabilność ciepła tego napięcia. Jak wiadomo, napięcie przewodzenia diod LED (podobnie jak zwykłych diod krzemowych) zmniejsza się o około 2mV przy wzroście temperatury o 1°C. Gdyby wyjątkowo potrzebna była lepsza stabilność, można w roli źródła napięcia wzorcowego, zamiast diody LED zastosować precyzyjne źródło w postaci choćby układu scalonego LM385-1,2V. Wtedy trzeba będzie nieco zmniejszyć wartość rezystora R1, bo układ ten wymaga przepływu prądu o wartości przynajmniej 20µA.

Osoby lubiące eksperymentować mogą spróbować zmienić wartości elementów C1 oraz R2...R5, mierząc uzyskane zakresy pulsacyjnej pracy układu. Z punktu widzenia praktycznej przydatności nie ma to żadnego znaczenia, ale dociekliwi poznają w ten sposób wzajemne współdziałanie i zależności między oboma obwodami sprzężenia zwrotnego oraz poznają możliwości wykorzystania w innych sytuacjach takiego zupełnie nietypowego generatora.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski