



# Modelarski tester akumulatorów NiCd

## Do czego to służy?

Opisywane urządzenie powstało "na zamówienie" zaprzyjaźnionej Redakcji Młodego Technika. Przeznaczone jest dla modelarzy, którzy wykorzystują akumulatory NiCd, zazwyczaj w zestawach o napięciu 4,8V (4 ogniwa) oraz 6,0V (pięć ogniw). Problem polega na tym, że poszczególne ogniwa NiCd zużywają się i wyładowują w różnym stopniu. Pomiar napięcia bez obciążenia nie pozwala ocenić stanu akumulatora.

W miarę dobrą metodą sprawdzenia jest kontrola napięcia pod obciążeniem, zwłaszcza przy obciążeniu maksymalnym. Jeśli bowiem przy maksymalnym obciążeniu (np. kilkoma serwami) napięcie spadnie poniżej granicy dopuszczalnej dla współpracującej aparatury elektronicznej, model może stracić sterowność. Szczególnie groźne jest to w przypadku modeli latających – nietrudno przewidzieć, jak skończy się utrata kontroli nad modelem choćby na kilka sekund.

Opisany tester zawiera linijkę diod LED, która pokazuje aktualne napięcie akumulatora. Ten niewielki moduł należy umieścić wewnątrz modelu i podłączyć na stałe do obwodów zasilania – najlepiej, by można było obserwować z zewnątrz diody LED. Po uruchomieniu modelu, a przed lotem można sprawdzić wzrokowo, na ile napięcie zasilania zmniejsza się przy włączeniu poszczególnych obciążeń (serw). Przy odrobinie wprawy pozwoli to określić stan akumulatorów.

Tester zawiera także dodatkowy ważny obwód – pamięć obniżenia napięcia poniżej ustalonej granicy bezpieczeństwa. Obecność tego obwodu pozwala wykryć chwilowe spadki napięcia zasilania już w trakcie normalnej pracy modelu (w czasie lotu), gdy obsługa nie może obserwować linijki świetlnej.

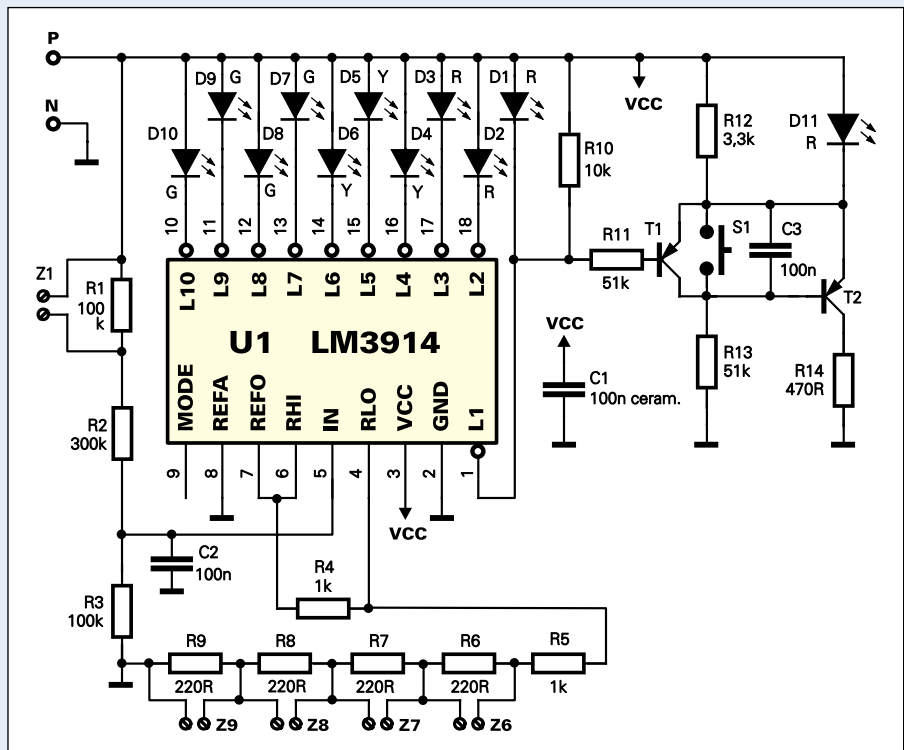
Jeśli po (udanym) locie ciągle świeci czerwona kontrolka, znaczy to, że podczas lotu napięcie przynajmniej raz spadło poniżej ustawionego progu bezpieczeństwa. Dalsza praca tego zestawu akumulatorów grozi katastrofą. Akumulatory należy naładować lub wymienić.

## Jak to działa?

Schemat ideowy testera pokazany jest na rysunku 1. Sercem urządzenia jest popularny sterownik linijki świetlnej LM3914. Pracuje tu on w trybie punktowym (nóżka 9 niepodłączona). Układ aplikacyjny kostki jest

typowy. Napięcie akumulatora zmniejszone przez dzielnik R1, R2, R3 podawane jest na wejście pomiarowe (nóżka 5). Zwora Z1 pozwala dostosować się do napięcia akumulatora (4,8V lub 6V). Na końcówkach 6 i 7 występuje napięcie odniesienia, wynoszące około 1,27V, bo końcówka REFA (n. 8) jest zwarta do masy. Różnica napięć między końcówkami RHI, RLO (nóżki 6, 4) określa zakres napięć wskazywanych przez linijkę. Napięcie na końcówce RLO (n. 4) wyznacza też

Rys. 1 Schemat ideowy



dolną dopuszczalną granicę bezpieczeństwa, poniżej której włączy się układ pamiętający.

Łańcuch rezystorów R5...R9 wraz ze współpracującymi zworami pozwoli użytkownikowi dobrać zakres mierzonych napięć i dopuszczalną granicę bezpieczeństwa. Zastępują one potencjometr montażowy. W układzie przeznaczonym do stosowania w modelach latających, gdzie występują duże wibracje, zastosowanie potencjometru jest ryzykowne. Może on łatwo ulec uszkodzeniu pod wpływem drgań. Zwory pozwalają jedynie na regulację skokową, jednak są odporne na wibracje. Szczegóły dotyczące regulacji napięcia granicznego za pomocą zwór Z6...Z9 opisane są w dalszej części artykułu.

Wartość C2 decyduje, jak krótkie zaniki napięcia spowodują reakcję układu pamiętającego. Przy podanej wartości 100nF będą krótkie, kilkunastomilisekundowe spadki napięcia poniżej wyznaczonej granicy. Krótsze zaniki nie powinny spowodować błędnej pracy układów elektronicznych, bo te powinny mieć własne obwody filtracji z kondensatorami o znacznych pojemnościach, rezystorami szeregowymi i dławikami. Zmniejszanie pojemności C2 powoduje, że tester będzie reagował także na bardzo krótkie zaniki napięcia (ujemne szpilki), co może spowodować reakcję na zakłócenia impulsowe, a nie rzeczywisty spadek napięcia zasilania. Najprawdopodobniej podana wartość C2 okaże się odpowiednia, jednak w razie potrzeby można ją zmieniać w szerokich granicach (1nF...1μF).

Układ z tranzystorami T1, T2 ma za zadanie wykryć i zapamiętać obniżenie napięcia zasilania poniżej dolnej dopuszczalnej granicy. Jest to możliwe dzięki specyficznym cechom układów LM391X, wykorzystywanym tylko w bardziej wyrafinowanych układach. Wiadomo, że przez diodę D1 prąd będzie płynął przy napięciu akumulatora zbliżonym do dolnej granicy bezpieczeństwa. Nie wszyscy jednak wiedzą, że w trybie punktowym przez wyprowadzenie 1 płynie niewielki prąd (typowo 0,15mA) także wtedy, gdy świeci się którakolwiek z diod D2...D10. Ten mały prąd nie płynie tylko wtedy, gdy napięcie wejściowe spada poniżej dolnej granicy, wyznaczonej przez napięcie na nóżce RLO.

Oznacza to, że napięcie na rezystorze R10 jest większe niż 1V przez cały czas, gdy świeci którakolwiek z diod D1...D10, czyli wtedy, gdy napięcie akumulatora jest wyższe od dolnej granicy. Jeśli napięcie akumulatora zanadto spadnie, przez rezystor R10 przestanie płynąć prąd. Spowoduje to zaświecenie diody D11.

Działanie układu pamiętającego opiera się na typowym dwutranzystorowym przerzutniku Schmitta.

W stanie spoczynku, gdy napięcie na rezystorze R10 wynosi co najmniej 1V, otwar-

ty jest tranzystor T1. Prąd płynie w obwodzie R12, T1, R13. Ponieważ wartość R13 jest znacznie większa od R12, spadek napięcia na R12 będzie niewielki, co pozwoli utrzymać T1 w stanie nasycenia, a także na pewno nie wystarczy do zaświecenia diody D11. Ponieważ tranzystor T1 jest nasycony, tranzystor T2 nie będzie przewodził.

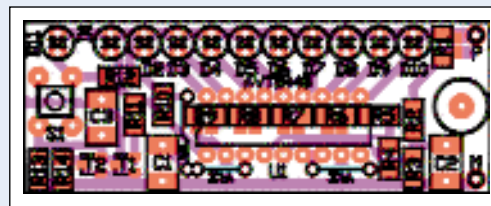
Jeśli napięcie akumulatora spadnie, przestanie płynąć prąd przez R10. Spowoduje to zatkanie tranzystora T1 i otwarcie T2, który otworzy się dzięki prądowi płynącemu przez R13.

Przez diodę popłynie znaczny prąd o wartości wyznaczonej przez R14. Prąd popłynie też przez R12, ale nie ma to znaczenia. W każdym razie na diodzie D11 i emiterze T1 napięcie wyniesie około 1,6...1,9V względem plusa zasilania. Aby w takiej sytuacji otworzyć tranzystor T1, na jego bazie powinno pojawić się napięcie jeszcze o około 0,6V większe (względem plusa zasilania). Jest to niemożliwe, bo napięcie na bazie jest praktycznie równe napięciu na diodzie D1 i wynosi 1,6...1,9V, jak na diodzie D11. Oznacza to, że dioda D11 zaświeci się na stałe, sygnalizując, że napięcie zasilania choć na chwilę obniżyło się poniżej wyznaczonego progu.

Diodę można wyłączyć naciskając przycisk S1. Dodatkowy kondensator C3 chroni układ pamiętający przed ewentualnymi krótkimi zakłóceniami impulsowymi, które mogą się pojawić w modelu.

## Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na małej płytce drukowanej, pokazanej na **rysunku 2**. Jak widać, większość elementów jest typu SMD i te elementy należy włutować w pierwszej kolejności. Dzięki temu płytka jest niewielka i bez wątpienia zmieści się w modelu.



Rys. 2 Schemat montażowy

Montaż małych elementów SMD wymaga staranności i uwagi. Konieczna jest pinceta oraz lutownica z małym grotem (lub nakładka na grot np. z grubego drutu miedzianego). Elementy SMD można zidentyfikować na podstawie opisu, a w razie wątpliwości zmierzyć omomierzem – przy kondensatorach omomierz wykaże przerwę. Pomocą w montażu będzie też fotografia modelu. Na wszelki wypadek kit AVT-2448 zawiera dwie płytki drukowane i dwa komplety elementów SMD.

Po udanym zmontowaniu wszystkich elementów SMD należy włutować układ scalony, diody i microswitch.

W modelu jako C1 zmontowano kondensator przewlekany, ale z powodzeniem może to być kondensator SMD.

Układ po zmontowaniu nie wymaga uruchomienia i od razu powinien pracować.

Trzeba jednak ustalić stan zwory Z1 w zależności od napięcia akumulatora:

**4,8V (cztery ogniwa) - zwora Z1 zwarta**  
**6,0V (pięć ogniw) – nie montować zwory Z1**

Zazwyczaj dwie spośród zwór Z6...Z9 będą zwarte, a dwie otwarte, co da rezystancję między punktem RLO a masą równą 1,44k. Taka rezystancja wynikała z obliczeń, zakładających próg zadziałania układu pamiętającego przy napięciu około 0,8...0,85V/ogniwo. Ponieważ jednak elementy R1...R5 oraz napięcie odniesienia kostki będą mieć wartości różne od nominalów, przewidziano cztery rezystory R6...R9 i cztery zwory, które pozwolą wyeliminować wpływ rozrzutu elementów oraz dobrać potrzebne minimalne napięcie graniczne.

W razie potrzeby po próbnym okresie eksploatacji testera można zmienić wartość C2 według wcześniej podanych wskazówek.

## Dobór napięcia granicznego

Jak wiadomo, napięcie nominalne akumulatora NiCd wynosi 1,2V. W praktyce podczas ładowania i po jego zakończeniu jest znacznie wyższe, a potem podczas rozładowania – znacznie niższe. Trzeba też pamiętać, że napięcie zależy od poboru prądu. Duży prąd obciążenia wywoła znaczny spadek napięcia na (niewielkiej) rezystancji wewnętrznej akumulatora. Rezystancja wewnętrzna nie jest stała – rośnie w trakcie cyklu rozładowania, a także zwiększa się stopniowo w kolejnych cyklach pracy.

Akumulator uważa się za całkowicie rozładowany, gdy jego napięcie spada do 0,7...0,8V na ogniwo.

W modelu jako R6...R9 włutowano rezystory o nominalnie 100Ω. Dało to zakres regulacji dolnego napięcia granicznego, czyli progu zaświecenia diody D11 od 0,70V/ogniwo (rezystory zwarte) do 0,82V/ogniwo (rezystory rozwarte). Przy zwarciu dwóch (dowolnych) zwór spośród Z6...Z9, napięcie graniczne wyniosło 0,77V/ogniwo.

Przy zwarciu zwory Z1 (4,8V – cztery ogniwa) i wszystkich zwór Z6...Z9, dioda D11 zaświecała się przy obniżeniu napięcia zasilania poniżej 2,82V (0,70V/ogniwo), natomiast dioda D10 zaświecała się przy napięciach większych niż 5,18V.

Po rozwarciu zwór Z6...Z9 (Z1 – zwarta), gdy rezystancja R6...R9 wyniosła 400Ω, zaświecenie D11 następowało dla napięć poniżej 3,27V (0,82V/ogniwo), a D10 zaświecała się powyżej 5,37V.

Ciąg dalszy na stronie 87.

Okazało się, że regulacja dolnego progu powoduje też zmiany progu świecenia lampki D10, jednak nie ma to istotnego znaczenia – użytkownik jednorazowo ustawi według potrzeb dolne napięcie graniczne za pomocą zwojów Z6...Z9, a potem już nic nie będzie zmieniał. W trakcie prób sprawdzono też, że nawet przy chwilowym obniżeniu napięcia akumulatora do 1,3V, układ pracował poprawnie, to znaczy świeciła lampka D11.

Nabywcy zestawu AVT-2448 Otrzymają w komplecie rezystory R6...R9 o nominalnie 220. Umożliwi to regulację progu zadziałania diody D1 w zakresie około 0,7V/ogniwo (zwoje Z6...Z9 zwarte) do 0,95V/ogniwo (zwoje rozwarne). Kto chce, może zamiast jednakowych rezystorów R6...R9 zastosować rezystory o nominalach 470, 220, 100 i 47. Umożliwi to bardziej precyzyjne dobranie dolnego napięcia granicznego.

Kto natomiast chciałby zmniejszyć zakres pomiaru, by dioda D10 zaświecała się przy napięciach niższych niż 1,25...1,3V/ogniwo, musi zwiększyć wartość R3, pamiętając, iż zmieni to też napięcie progowe lampki D11.

### Wykaz elementów

C1-C3	.....100nF SMD (6szt.)
D1-D3,D11	.....dioda LED czerwona 3mm (4szt.)
D4-D6	.....dioda LED żółta 3mm (3szt.)
D7-D10	.....dioda LED zielona 3mm (4szt.)
R1,R3	.....100k SMD (4szt.)
R2	.....300k SMD (2szt.)
R4,R5	.....1k SMD (4szt.)
R6-R9	.....220 SMD (8szt.)
R10	.....10k SMD (2szt.)
R11,R13	.....51k SMD (4szt.)
R12	.....3,3k SMD (2szt.)
R14	.....470 SMD (2szt.)
S1	.....microswitch (1szt.)
T1,T2	.....tranzystor pnp SMD (4szt.)
U1	.....LM3914 (1szt.)
Płytką drukowana (2szt.)	

W nawiasach podano zawartość zestawu AVT-2448.

**Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT - 2448**

Piotr Górecki