

# Zabezpieczenie akumulatora z MOSFET-em

AVT-772

**Prosty układ zabezpiecza akumulator przed głębokim wyładowaniem. Zawiera tylko sześć elementów i nie wymaga płytki drukowanej.**

**Prąd obciążenia:**  
 – bez radiatora 0 do 3A,  
 – z radiatorem do 10A.

**Wersja podstawowa przeznaczona do akumulatorów żelowych 12V.**

**Możliwość zmiany napięcia wyłączania i histerezy.**

**Możliwość dostosowania do akumulatorów o napięciu 6V...12V.**

**Spoczynkowy pobór prądu – około 1,5mA.**

Wszystkie akumulatory „nie lubią” głębokiego rozładowania. Niektóre przy rozładowaniu „do zera” znacząco zmniejszają pojemność, a kilkakrotne głębokie rozładowanie i pozostawienie akumulatora w takim stanie może oznaczać zupełną utratę pojemności. Dotyczy to zwłaszcza akumulatorów kwasowych, w tym popularnych żelowych. Prezentowany prosty układ automatycznie odłącza obciążenie, gdy napięcie akumulatora zmniejszy się poniżej 9,5V. Elementem wykonawczym jest tranzystor MOSFET IRF9540, który bez radiatora pozwala na pracę z prądem obciążenia do 3A. Przy większych

prądach (3...10A) należałoby tranzystor wyposażyć w radiator, jednak wtedy trzeba liczyć się ze spadkiem napięcia na rezystancji otwartego tranzystora.

Schemat układu pokazany jest na **rysunku 1**. Do takiego prostego układu, pracującego ze znacznym prądem nie jest potrzebna płytka drukowana. Układ można zmontować „w pająku”, jak w przykładzie na fotografiach. Pomocą w montażu może być trójwymiarowa **fotografia 2**, którą trzeba oglądać w okularach anaglifowych, jakie otrzymali w prezencie wszyscy prenumeratorzy EdW. Szereg cennych wskazówek praktycznych dotyczących identyfikacji elementów oraz ich lutowania zawartych jest w broszurze *Elektronika dla nieelektroników – Elementarz elektronika*, która została wydana przez AVT w roku 2006.

Układ prawidłowo zmontowany ze sprawnych elementów powinien od razu pracować i nie wymaga żadnego uruchamiania.

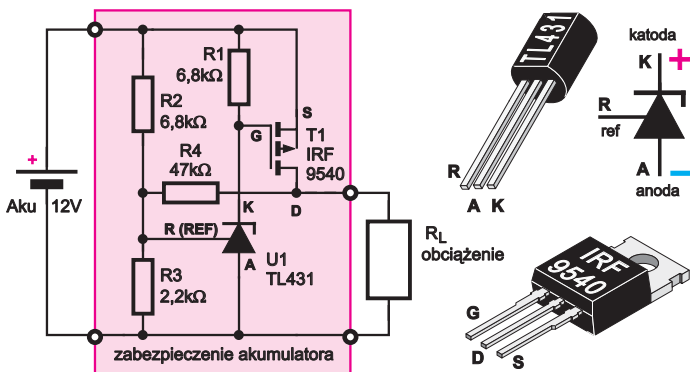
## Tylko dla dociekliwych – działanie układu

Czujnikiem napięcia jest układ scalony TL431, który w zasadzie jest źródłem napięcia odniesienia. Jednak w tym przypadku pracuje jako układ porównujący – komparator, a właściwie jak tranzystor o napięciu  $U_{BE}=2,5V$ . Ilustruje to **rysunek 3**.

Gdy „napięcie  $U_{BE}$ ”, czyli między elektrodami A, REF jest większe, niż 2,5V, „tranzystor” U1 jest otwarty, a nawet „nasycony” i przez rezystor R1 płynie prąd. W takim stanie „napięcie nasycenia” między elektrodami K, A wynosi około 2V. Oznacza to, że otwarty jest też tranzystor T1, ponieważ napięcie na R1, a tym samym napięcie bramka – źródło ( $U_{GS}$ ) jest duże, o około 2V niższe, niż napięcie zasilania.

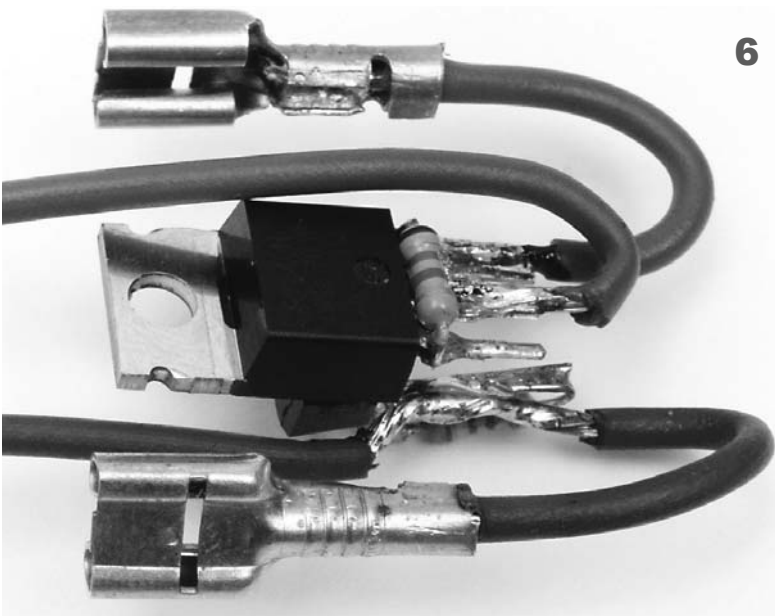
Jeżeli jednak „napięcie  $U_{BE}$ ”, czyli między elektrodami A, REF jest mniejsze

Fotografia trójwymiarowa - oglądać w okularach anaglifowych. Można zobaczyć na [www.elportal.pl/3d](http://www.elportal.pl/3d)

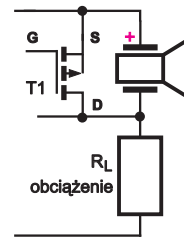


2

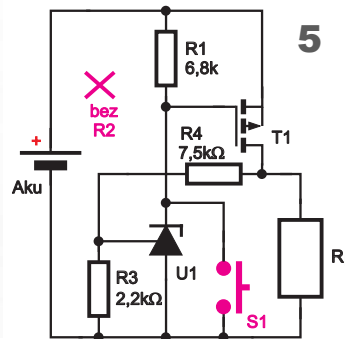
1



6



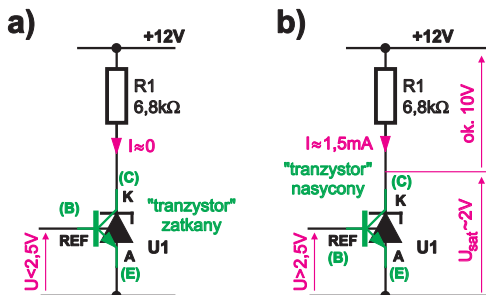
4



5

korzystnie zwiększy histerezę – wtedy po wyłączeniu i „odpoczynku” akumulatora, układ nie włączy się samoczynnie. Trzeba jednak pamiętać, że zmniejszanie wartości R4 nie tylko zwiększa histerezę, ale też ma pewien wpływ na napięcie progowe wyłączenia, więc zmniejszając R4, trzeba zwiększać R2. Ponadto przy zbyt dużej histerezie napięcie wymagane do włączenia może wynieść powyżej 12V. Czyli może się wtedy okazać, że układ dołączony do naładowanego akumulatora... nie włączy się i trzeba będzie dodać jakiś przycisk startowy.

Nie jest to absurdalny pomysł. Można zrealizować



3

niż 2,5V, „ tranzystor” U1 jest zatkany i możemy uznać, że przez rezystor R1 nie płynie prąd. W rzeczywistości U1 nie jest tranzystorem, tylko układem scalonym, i także w takich warunkach przez rezystor R1 płynie niewielki prąd (poniżej 0,3mA). W każdym razie napięcie na R1 na pewno jest wtedy mniejsze od napięcia progowego tranzystora mocy MOSFET P (wynoszącego zwykle około 3,5V) i tranzystor ten jest zatkany. Obciążenie R<sub>L</sub> jest odłączone. Prąd pobierany z akumulatora jest wtedy znikomy, wyznaczony głównie przez sumę rezystancji R2, R3 i wynosi co najwyżej 1,5mA.

Jak widać, dzielnik R2, R3 decyduje o napięciu wyłączania układu. Pożądanym jest też rezystor R4. Gdyby go nie było, pod koniec okresu pracy akumulatora system mógłby pracować niestabilnie. Mianowicie stopniowe obniżanie napięcia akumulatora spowodowałoby stopniowe zatykanie układu U1 i tranzystora T1. Ponieważ elementy te mają duże wzmocnienie, nie sposób przewidzieć, jakie byłoby wtedy zachowanie systemu przy różnych obciążeniach.

Dodanie rezystora R4 wprowadza niewielką histerezę. W egzemplarzu modelowym wyłączenie następuje po obniżeniu się napięcia akumulatora do 9,5V, a włączenie przy napięciach większych niż 10,5V. Co prawda może to spowodować, że

po pierwszym wyłączeniu, akumulator trochę „odpocznie”, napięcie na nim wzrośnie, układ włączy obciążenie i po krótkim czasie znów się wyłączy. Taki cykl może się powtórzyć, ale nie zaszkodzi to akumulatorowi.

## Możliwości zmian

W prosty sposób można dodać sygnalizację dźwiękową wyładowania i odłączenia. Wystarczy dołączyć brzęczyk piezo z generatorem 12V według rysunku 4. Wtedy odłączenie obciążenia, wynikające z obniżenia napięcia akumulatora zostanie zasygnalizowane dźwiękiem, przy czym pobór prądu w stanie wyłączenia będzie niewielki, ponieważ takie brzęczyki pobierają mniej niż 1mA.

Egzemplarz modelowy przeznaczony dla akumulatora 12V ma elementy według rysunku 1, które wyznaczają niskie napięcie wyłączenia, w granicach 9...9,5V, co oznacza silne rozładowanie. Kto chciałby mniej „męczyć” akumulator, czyli zwiększyć napięcie, przy którym układ wyłączy obciążenie, może zwiększyć wartość R2 do 7,5kΩ lub nawet więcej.

Należy pamiętać, że rezystor R4 zapewnia histerezę, czyli różnicę napięć włączenia i wyłączenia. Przy wartości R4 = 47kΩ wynosi ona około 1V. Wartość R4 można zmieniać według uznania.

Zwiększanie R4, nawet do nieskończoności (przerwa, brak R4) oznacza zmniejszanie histerezy do zera. Nie jest to groźne, ale może powodować dziwne zjawiska pod koniec pracy akumulatora, dlatego raczej nie należy nadmiernie zwiększać ani usuwać R4.

Podobnie należy być ostrożnym przy próbie zmniejszenia wartości R4. Wprawdzie zmniejszenie R4

układ według rysunku 5, z bardzo silną histerezą, o działaniu „jednorazowym”. Taki układ po dołączeniu do akumulatora na pewno nie włączy się samoczynnie, tylko dopiero po naciśnięciu S1. Potem, gdy napięcie akumulatora obniży się do granicy wyznaczonej przez R4, R3, układ zostanie na trwałe wyłączony.

W praktyce należy raczej stosować układ z rysunku 1, jednak zamiast przeprowadzać obliczenia (które i tak nie uwzględnią tolerancji elementów), można z pomocą regulowanego zasilacza eksperymentalnie dobrać próg wyłączenia. Najpierw należy przyjąć jakąś wartość R4, a zamiast R2 włączyć potencjometr 10kΩ lub 22kΩ i potencjometrem tym ustawić pożądane napięcie wyłączania (w granicach 9...10,5V). Następnie trzeba sprawdzić napięcie włączania, które nie powinno być wyższe niż 11,5V.

W ten eksperymentalny sposób można też dobrać wartości R2 i R4 dla akumulatorów o innych napięciach nominalnych, ale nie niższych niż 6V, a to z uwagi na wymagane napięcie progowe tranzystora T1.

Piotr Górecki

## Wykaz elementów

(w kolejności lutowania)

- 1 ✓ R1 – 6,8kΩ (nieb.-szary-czerw.-złoty)
- 2 R2 – 6,8kΩ (nieb.-szary-czerw.-złoty)
- 3 R3 – 2,2kΩ (czerw.-czerw.-czerw.-złoty)
- 4 R4 – 47kΩ (żółty-nieb.-pom.-złoty)
- 5 U1 – TL431
- 6 T1 – IRF9540 (MOSFET P)
- 7 Y1 – brzęczyk piezo z gen. 12V

Komplet podzespołów jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-772.