

# Miernik pojemności akumulatorów

## Do czego to służy?

Liczne listy nadchodzące do redakcji zawierają prośby o artykuły i układy dotyczące akumulatorów.

Opisany dalej układ przewidziany jest do sprawdzania pojemności akumulatorów NiCd i NiMH o napięciu nominalnym 1,2V. Należy wyraźnie zaznaczyć, że miernik przeznaczony jest do pomiaru pojedynczych ogniw o wymiarach takich jak baterie R6, R14, czy R20 i pojemności od 100mAh do kilku amperogodzin.

W praktyce, podczas używania takich akumulatorów, niektóre ogniwa tracą pojemność dużo wcześniej niż inne. Potrzebny jest sposób, który pozwoliłby w miarę prosto określić pojemność poszczególnych egzemplarzy, a właściwie różnice pojemności poszczególnych ogniw.

Najczęściej użytkownik ma większą ilość takich akumulatorów, a nie tylko jeden komplet. Znajomość pojemności poszczególnych ogniw pozwoli złożyć zestawy z egzemplarzy o zbliżonych pojemnościach i eliminować akumulatory o zdecydowanie małej pojemności.

Pozwoli to w pełni wykorzystać dostępną pojemność – w przeciwnym wypadku można natknąć się na nieprzyjemne niespodzianki – przecież o pojemności całego zestawu decyduje pojemność najsłabszego ogniwa.

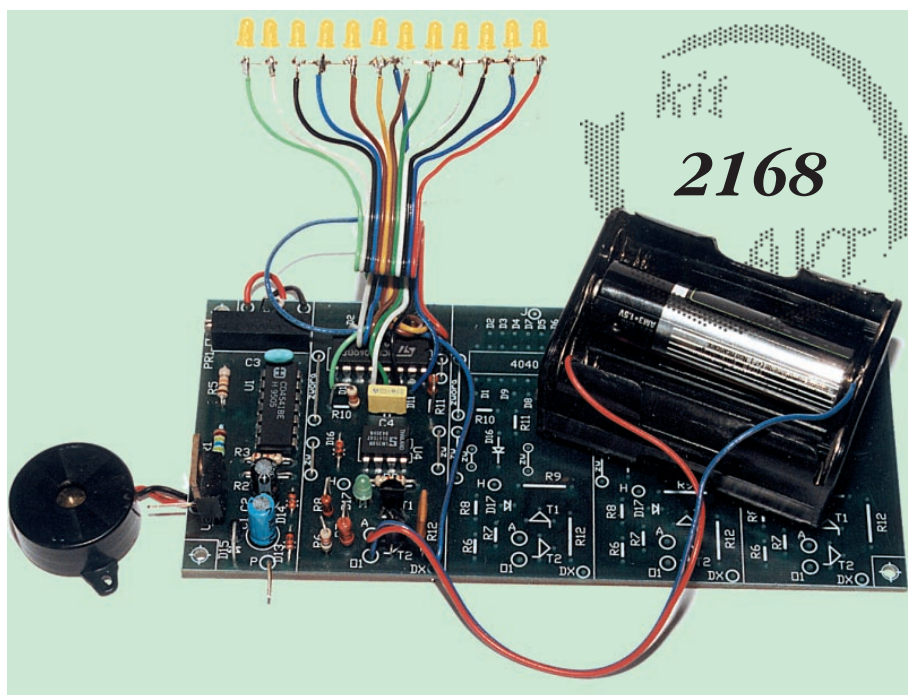
Jak z tego widać, co pewien czas (np. co 20 cykli ładowania/rozładowania) należy sprawdzić pojemność wszystkich posiadanych akumulatorów i ewentualnie wymienić najsłabsze.

Jeśli chodzi o pomiary pojemności fabrycznie zamkniętych zestawów akumulatorów, składających się z kilku ogniw, to sprawa nie jest taka prosta. Ponieważ zestaw jest nierozbieralny, praktycznie nie można poradzić, gdy poszczególne ogniwa będą tracić pojemność w niejednakowym stopniu.

Dlatego opisany dalej przyrząd nie był przewidziany do pomiaru pojemności ogniw o napięciu większym niż 2...3V.

## Jak to działa?

Zasada pomiaru jest bardzo prosta. Akumulator rozładowywany jest stałym prądem. Wystarczy zmierzyć czas rozładowania do określonego napięcia (np. 0,9V) – ten czas jest wprost proporcjonalny do pojemności mierzonego akumulatora. Przy projektowaniu urządzenia założono, że wartość pojemności powinna być w jakiś sposób zobrazowana liczbowo, a ponadto zakończenie rozładowania powinno być sygnalizowane dźwiękiem.



Nadrzędny warunek, że urządzenie pomiarowe nie może być drogie, zdecydował o wyborze najprostszego, a jednocześnie bardzo dokładnego sposobu zobrazowania, mianowicie z wykorzystaniem licznika dwójkowego (a nie dziesiętnego) i kilkunastu diod LED.

Schemat ideowy układu pokazany jest na **rysunku 1**. Jak widać, urządzenie zawiera część wspólną (generator 4541, zasilacz i dzielnik napięcia), oraz cztery identyczne torry – właściwe obwody rozładowania.

W obwodzie zasilacza zastosowano diodę D15, która zabezpieczy układ w przypadku odwrotnego włączenia napięcia zasilającego. Układ może być zasilany napięciem stałym w zakresie 7,5...12V, a nawet więcej – do 18V. Przy większych napięciach stabilizator U2 należy zaopatrzyć w niewielki radiator.

W modelu pokazanym na fotografii został zmontowany tylko jeden tor. Zmontowanie wszystkich czterech torów pozwoli jednocześnie sprawdzać cztery akumulatory, ale zwiększy koszt urządzenia.

Wydaje się, że większości użytkowników wystarczy jeden tor, a swoje akumulatory będą sprawdzać po kolei.

Dlatego zestaw AVT-2168 zawiera elementy tylko dla jednego toru

Działanie miernika pojemności jest następujące.

Po włączeniu napięcia zasilającego następuje zerowanie wszystkich liczników: U1 dzięki połączeniu wejścia AR do masy i wszystkich U3 dzięki obwodowi R11C4.

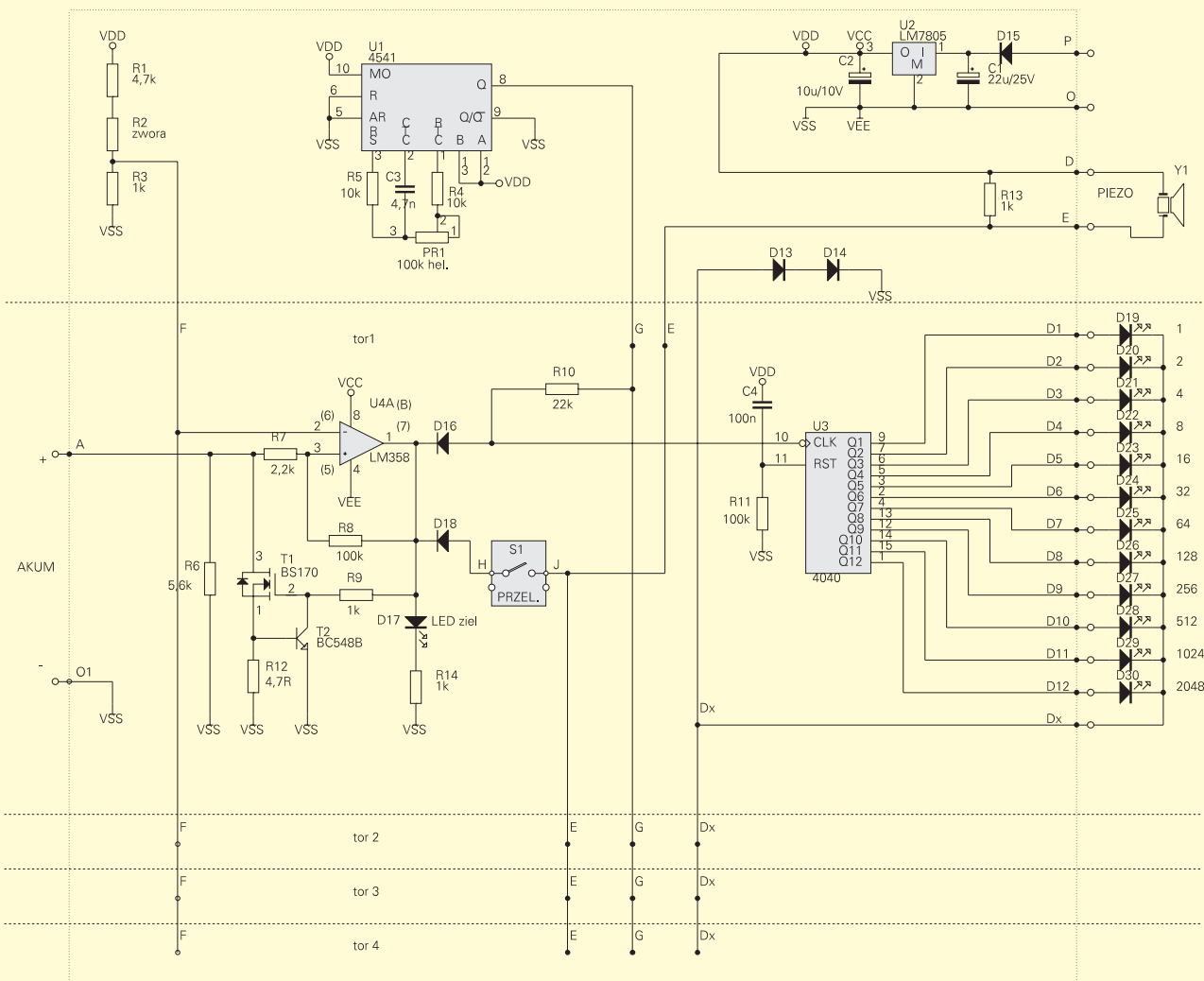
Na wszystkich wyjściach licznika(ów) U3 występuje stan niski i wszystkie diody LED (D19 – D30) są wygaszone.

Akumulatory mogą być dołączone zarówno przed, jak i po włączeniu zasilania układu.

Jeśli akumulator nie jest dołączony, to dzięki rezystorowi R6, na wejściu nieodwracającym wzmacniacza operacyjnego U4 wymuszony jest stan niski. Ponieważ na wejście odwracające podane jest napięcie około 0,9V z dzielnika R1...R3, więc na wyjściu wzmacniacza operacyjnego napięcie jest bliskie masy (można powiedzieć, że jest to stan logiczny niski. Tym samym nie świeci dioda D17. Licznik U3 nie zlicza, bo stan niski podany przez diodę D16 na wejście CLK tej kostki, uniemożliwia jej pracę. Gdy przełącznik S1 jest zwarty, ten stan niski powoduje zadziałanie brzęczyka Y1.

Natomiast gdy akumulator jest podłączony i jego napięcie jest wyższe niż 0,9V, wtedy na wyjściu wzmacniacza operacyjnego panuje napięcie zbliżone do dodatniego napięcia zasilania. Świeci dioda D17, a licznik U3 zlicza impulsy podawane z generatora przez rezystor R10. Prąd, a tym samym jasność świecenia diod D19 – D30 określona jest rezystancją wewnętrzną wyjść licznika U3. Dla zmniejszenia tego prądu przewidziano dwie diody D13 i D14.

Dodatknie napięcie z wyjścia wzmacniacza operacyjnego otwiera także tranzystor T1 (MOSFET małej mocy – BS170). Obwód T1, T2, R12, R9 tworzy źródło prądowe o stałej wydajności, wyznaczonej wartością rezystora R12.



Rys. 1. Schemat ideowy (tory 2, 3, 4 mają schemat identyczny jak tor 1)

Właśnie rezystor R12 decyduje o wartości prądu rozładowania. Przybliżona wartość tego prądu wynosi:

$$I_{rozł} = \frac{0,6V}{R12}$$

W modelu i zestawie AVT-2168 rezystor ten ma wartość 4,7Ω, co daje prąd w granicach 120...130mA, odpowiedni dla większości małych akumulatorów, zwłaszcza o wymiarach baterii R6 (pojemność 500...1200mAh).

Gdy akumulator zostanie rozładowany takim prądem do napięcia trochę niższego niż 0,9V, napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego spadnie (nastąpi to gwałtownie dzięki wprowadzeniu obwodu dodatniego sprzężenia zwrotnego z rezystorami R7 i R8). Zgaśnię wtedy dioda D17, a dzięki diodzie D16 licznik U3 przestanie zliczać impulsy. Jeśli przełącznik S1 będzie zwarty, odezwie się także brzęczyk piezo.

Sygnal z brzęczyka będzie znakiem, że rozładowanie zostało zakończone. Przez ten czas licznik zliczy pewną ilość impulsów z generatora U1.

Stan licznika można łatwo odczytać wiedząc, że jest to licznik dwójkowy, czyli „wagi” kolejnych diod są potęgami liczby 2, jak pokazano to na rysunku 1. Zakres wskazań takiego dwunastobitowego licznika wynosi oczywiście od 0 do 4095.

Aby odczytać wartość pojemności należy po prostu zsumować liczby odpowiadające wszystkim zaświeconym diodom. Przykładowo, gdy na koniec rozładowania odezwie się sygnalizator i będą się świecić diody D19, D22, D23, D26, D28 i D29, to odczytana pojemność wyniesie:

- D19 – 1
- D22 – 8
- D23 – 16
- D26 – 128
- D28 – 512
- D29 – 1024

czyli razem 1689.

Czy jednak odczytana liczba wyraża pojemność w miliamperogodzinach?

To zależy. Można oczywiście tak dobrać częstotliwość generatora U1, by przy danym prądzie rozładowania wynik

wyrażony był wprost w miliamperogodzinach. Zależność jest bardzo prosta – jeśli jeden impuls z generatora ma odpowiadać jednej miliamperogodzinie, to należy tak ustawić częstotliwość generatora, by przez jedną godzinę licznik zliczył tyle impulsów, ile wynosi prąd rozładowania wyrażony w miliamperach. Ponieważ 1mAh (miliamperogodzina) to 3600mAs (miliamperosekund), więc ostatecznie okres generatora U1 powinien wynosić:

$$T = 3600 : I_{rozł}$$

Gdy prąd podany będzie w miliamperach, okres wyjdzie w sekundach. Przykładowo przy rezystorze R12 o wartości 4,7Ω, prąd rozładowania będzie miał wartość w granicach 120mA. Aby przy takim prądzie uzyskać wskazanie pojemności wprost w miliamperogodzinach, należy potencjometrem PR1 ustawić okres generatora U1 (na nóżce 8) równy:

$$T = 3600 : 120 = 30 \text{ sekund}$$

W praktyce należałoby zmierzyć rzeczywistą wartość prądu rozładowania i odpowiednio do tego ustawić częstotli-

wość generatora U1. Ale zazwyczaj wcale nie będzie to potrzebne.

Zgodnie z podanymi wcześniej założeniami, absolutna dokładność jest zupełnie niepotrzebna. W zasadzie nawet gdyby wskazanie różniło się od rzeczywistości nawet kilkukrotnie, to w praktyce nie ma to większego znaczenia. Przeciwnie przyrząd ma służyć przede wszystkim do określenia, które egzemplarze są najłabsze, które najlepsze. Ważna jest powtarzalność pomiaru, a nie bezwzględna dokładność. Dlatego w praktyce wystarczy ustawić potencjometr PR1 tak, by okres przebiegu na nożce 8 układu U1 wynosił 30...50 sekund. Pozwoli to mierzyć także akumulatory o pojemności większej niż 4095mAh.

Wartość rezystora R12 można zmieniać, byle tylko nie przekroczyć dopuszczalnej mocy strat rezystora R12 i tranzystora T1. Przykładowo przy prądzie równym 0,12A moce strat wydzielanych na rezystorze i tranzystorze wynoszą po mniej więcej

$$P = 0,6V \times 0,12A = 72mW$$

W zasadzie prąd rozładowania można zwiększać zmniejszając wartość R12, ale na przeszkodzie stanie w pewnym momencie rezystancja R<sub>DSon</sub> tranzystora T1 wynosząca kilka omów, oraz dopuszczalny prąd tranzystora wynoszący 300mA.

W przypadku budowy układu mającego tylko jeden tor pomiarowy (jak w modelu) nie trzeba stosować przełącznika S1 – należy zewrzeć punkty oznaczone H, J. Przełączniki są potrzebne w przypadku, gdy czynny jest więcej niż jeden tor pomiarowy.

Rezystor R13 bocznikujący brzęczyk piezo jest potrzebny ze względu na poziomy napięcie uzyskiwane na wyjściu wzmacniacza operacyjnego. Ponieważ „stan wysoki” nie jest równoznaczny z dodatnim napięciem zasilania, bez rezystora R13 brzęczyk mógłby cichutko piszczeć także podczas rozładowywania.

Zastosowanie brzęczyka jest też korzystne ze względu na swego rodzaju histerezę akumulatora. Należy wziąć pod uwagę, że gdy napięcie akumulatora obniży się poniżej 0,9V, to rozładowywanie zostanie wyłączone. Spowoduje to wzrost napięcia akumulatora (jego swoistą regenerację) i po pewnym czasie napięcie podniesie się na tyle, że rozładowanie znów zostanie włączone. Różnica napięć wyłączenia i włączenia jest niewielka (kilkadziesiąt miliwoltów). Wyznacza ją stosunek rezystorów R7 do R8. Wskutek tak małej histerezy układu porównującego U1 i wspomnianego regenerowania akumulatora, wyłączenie i włączenie rozładowywania będzie następować kilkakrotnie i to w coraz dłuższych odstępach czasu. W praktyce nie ma potrzeby czekać, aż wystąpią te zjawiska – wystarczy określić, kiedy rozładowanie zostanie wyłączone po raz pierwszy.

Temu celowi służy właśnie sygnalizator piezo.

Przykładowo, gdy przy rozładowywaniu czterech oddzielnych akumulatorów (za pomocą czterech torów miernika), gdy któryś z akumulatorów zostanie rozładowany do napięcia poniżej 0,9V, wtedy odezwie się sygnalizator i użytkownik po prostu odłączy akumulator i wyłączy przełącznik S1 w odpowiednim torze (w tym, w którym zgasła dioda D17, a przełącznik S1 był zwarty).

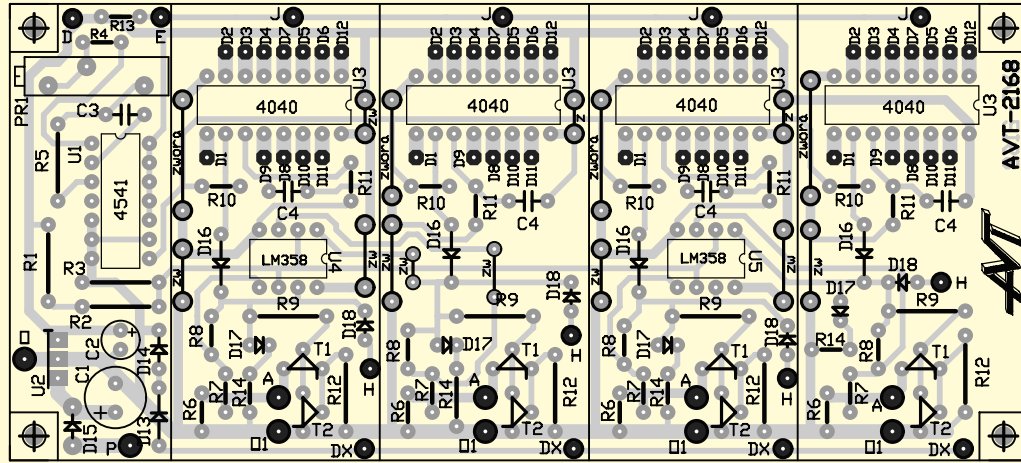
## Montaż i uruchomienie

Montaż układu na płytce pokazanej na rysunku 2 nie sprawi trudności. Montaż jest klasyczny. W pierwszej kolejności należy wlotować zwory, potem elementy bierne i półprzewodniki.

Przy montażu diod świecących D19...D30 przy pomocy tasiemki przewodów, należy zwrócić uwagę na ich kolejność. Na schemacie ideowym i na płytce, odpowiednie punkty do przyłączenia diod oznaczono D1...D12, w układzie nie występują z tego względu diody D1...D12.

W zależności od liczby wykorzystanych torów można zastosować różne obudowy. W każdym razie płytka na pewno zmieści się w popularnej obudowie KM-60. Przełączniki i diody LED można wtedy umieścić na płycie czołowej obudowy. Skala z rysunku zanieszczonego na wkładce ułatwi określanie pojemności – rysunek ten można skserować na papierze samoprzylepnym i umieścić obok rzędka diod.

Należy zwrócić uwagę, że wszystkie rozładowywane akumulatory mają biegun ujemny dołączony do masy układu, i w związku z tym jeśli do ich dołączenia miałby być zastosowany koszyk, taki jak na zdjęciu, to należy przerwać połączenia między sąsiednimi stykami koszyka i wykonać nowe połączenia.



Rys. 2. Schemat montażowy

## Wykaz elementów

### Rezystory

	sztuk	
	1 kanał	(4 kanały)
R1: 4,7k	1	1
R2: zwora		
R3,R9,R13,R14: 1k	4	10
R5,R4: 10k	2	2
R6: 5,6k	1	4
R7: 2,2k	1	4
R8,R11: 100k	2	8
R10: 22k	1	4
R12: 4,7Ω	1	4
PR1: 100k helitrim	1	1

### Kondensatory

C1: 22μF/25V	1	1
C2: 10μF/10V	1	1
C3: 4,7nF	1	1
C4: 100nF	1	4

### Półprzewodniki

D13,D14,D16,D18: 1N4148	4	10
D15: 1N4001...7	1	1
D17: LED 3mm ziel	1	4
D19 – D30: LED 3mm czerwona	12	48
T1: BS170	1	4
T2: BC548B	1	4
U1: 4541	1	1
U2: LM7805	1	1
U3: 4040	1	4
U4: LM358	1	2

### Pozostałe

Y1: piezo z generatorem	1	1
S1: przełącznik	1	4

**Uwaga:** transformator zasilający, obudowa i koszyk na odpowiednie baterie nie wchodzi w skład kitu AVT-2168.

Jak wspomniano, dokładna kalibracja przyrządu nie jest konieczna. Kto chciałby uzyskać wynik w miliamperogodzinach, powinien zmierzyć prąd rozładowania i skorzystać z podanego wcześniej wzoru, a następnie ustawić potrzebny czas za pomocą PR1.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania.

Po zmontowaniu całości należy dołączyć do punktów A, O baterię 1,5V lub naładowany akumulator i sprawdzić wartość prądu rozładowania – powinien wynosić 120...130mA. Gdyby prąd miał wartość poniżej 1mA, należy sprawdzić czy pracuje układ U1. Po dołączeniu do punktów A, O baterii lub akumulatora, napięcie na wyjściu wzmacniacza U1 powinno być większe od 3V i powinna się świecić dioda D17. Jeśli dioda D17 świeci, a prąd

przez tranzystor nie płynie, trzeba sprawdzić napięcie na końcówkach tranzystora T1 – na jego bramce napięcie powinno wynosić więcej niż 1,2V, a na rezystorze R12: 0,55...0,62V. Jeśli jest inaczej to najprawdopodobniej delikatny tranzystor T1 uległ uszkodzeniu w trakcie montażu. W zasadzie zamiast tranzystora MOSFET typu BS170, w roli T1 można też użyć zwykłego tranzystora bipolarnego o dużym wzmocnieniu (>200), np. BC548B lub BC548C, albo modyfikowanego układu Darlingtona wg rysunku 3.

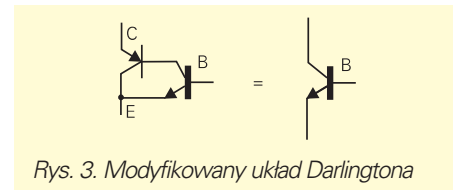
### Możliwości zmian

Układ przeznaczony jest do współpracy z akumulatorami o napięciu do 3V. Dostosowanie do współpracy z akumulatorami o wyższym napięciu jest możliwe, ale wymaga kilku istotnych zmian. Prze-

de wszystkim napięcie zasilające (napięcie stabilizatora U2) musi być co najmniej o 2V większe od napięcia akumulatora.

Po zmianie typu stabilizatora U2 należy także odpowiednio zmienić poziom napięcia rozładowania, dobierając elementy dzielnika R1...R3. Zwiększenie napięcia zasilającego będzie także wymagało zmniejszenia prądu diod LED przez zmianę wartości R14 i zastąpienie D13, D4, diodą Zenera i dobranym rezystorem. Być może modyfikacji ulegnie też obwód brzęczyka Y1.

Przy większych napięciach zasilania w roli tranzystora T1 można zastosować MOSFET dużej mocy, albo „darlingtona” wg **rysunku 3** i znacznie zwiększyć prąd rozładowania, zmniejszając wartość R12.



Rys. 3. Modyfikowany układ Darlingtona

Ponieważ wszelkie przeróbki mogą zaowocować dalszymi niespodziankami, do ich przeprowadzenia powinni zabierać się jedynie bardziej zaawansowani elektronicy.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2168.