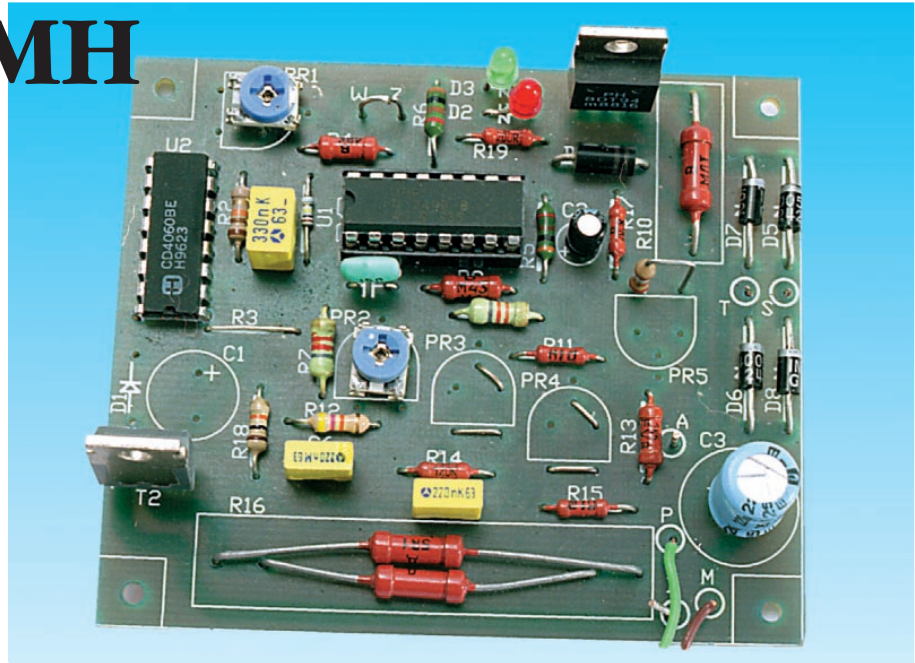


Uniwersalny układ ładowania akumulatorów NiCd i NiMH



Dużym zainteresowaniem Czytelników EdW cieszyły się artykuły z cyklu „Dodatnie sprzężenie zwrotne” opisujące akumulatory kwasowe i zasadowe.

Jednocześnie wyniki ankiety dowiodły, że istnieje olbrzymie zainteresowanie praktycznymi układami do ładowania akumulatorów wszelkiego typu.

Przedstawiony dziś układ umożliwia bezpieczne ładowanie akumulatorów niklowo-kadmowych i wodorkowych.

Co najważniejsze, układ skutecznie zapobiega wystąpieniu efektu pamięciowego – jest to właściwość bardzo rzadko spotykana w fabrycznych ładowarkach.

Jednym z układów, o który najczęściej upominają się Czytelnicy EdW jest dobra ładowarka akumulatorów NiCd i NiMH. Akumulatory takie, o wymiarach standardowych baterii R6, R14 i R20 są bardzo popularne.

Jednocześnie trzeba stwierdzić, że niemal wszyscy, którzy zamiast jednorazowych baterii zaczęli używać akumulatorów NiCd i NiMH, napotkali kłopoty. Nie znaczy to, że akumulatorów takich nie warto stosować: wprost przeciwnie. Należy rozważyć możliwość wykorzystania akumulatorów wszędzie tam, gdzie wymiana baterii następuje częściej niż raz na dwa miesiące.

Jednak faktem jest, że w trakcie użytkowania akumulatorów NiCd i NiMH często występują problemy.

Powodów jest kilka.

Przede wszystkim trzeba przyznać, że w naszym kraju sprzedaje się dużo akumulatorów miernej jakości, a tym samym tanich. Klient jest zachęcony niską ceną i nie zwraca uwagi, że jest to wyrób niemarkowy, wręcz zupełnie nieznanego producenta. Szybko się okazuje, że niektóre egzemplarze już po niewieli cyklach ładowania tracą pojemność.

Korzystając z zestawu akumulatorów należy pamiętać, że obowiązuje tu zasada: „łańcuch jest tak mocny, jak mocne jest jego najsłabsze ogniwo”. Dlatego co jakiś czas konieczne trzeba kontrolować pojemność poszczególnych akumulator-

ków i w razie potrzeby wymieniać najsłabsze egzemplarze na nowe. W jednym z najbliższych numerów EdW zostanie przedstawiony prosty układ miernika pojemności akumulatorów.

Drugą przyczyną kłopotów bywają niewłaściwe parametry stosowanej ładowarki. Dawniej powszechnie ładowano akumulatorki prądem dziesięciogodzinnym przez 14...16 godzin. Taki sposób jest bezpieczny i nie grozi uszkodzeniem akumulatorów, gdyby przypadkowo były ładowane przez czas dłuższy od przewidzianego. Dziś wiele ładowarek pracuje przy większych prądach, a czas ładowania jest krótszy. I to może być przyczyną kłopotów. Z jednej strony ładowanie przez czas dłuższy od przewidzianego grozi przeładowaniem, wzrostem temperatury i nieodwracalną utratą pojemności. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, gdyby ładowane były akumulatory rozładowane tylko częściowo – praktyka pokazuje, że sytuacja taka zdarza się naprawdę często.

Z drugiej strony ładowarki wyposażone w wyłącznik czasowy mogą nie w pełni naładować puste akumulatory, w przypadku, gdy rzeczywisty prąd ładowania okaże się mniejszy od podanego w instrukcji. Dotyczy to zwłaszcza akumulatorów o większych pojemnościach (800...1100mAh dla ogniwi R6).

W naszym kraju stosuje się powszechnie prostsze i tańsze ładowarki. Wiele z nich nie zawiera żadnych obwo-

Projekty AVT

dów zabezpieczenia, inne mają tylko prosty układ czasowy. Nawet te, które mają wbudowane układy automatyki nie zawsze sprawdzają w praktyce. Nie zawsze zdają egzamin ładowarki wyposażone w obwód zabezpieczenia termicznego, wyłączający ładowanie przy nadmiernej wzroście temperatury. A zupełnie nieskuteczne mogą się okazać ładowarki wyłączające ładowanie po osiągnięciu określonego napięcia – jak podano we wcześniejszych numerach EdW, metoda kontroli napięcia ładowania zupełnie nie zdaje egzaminu w przypadku akumulatorów NiCd i NiMH, a jest skuteczna jedynie w przypadku akumulatorów litowych oraz kwasowo-ołowiowych.

Na akumulatorkach podane są parametry ładowania: prąd i czas. To są dane, które powinieneś znać, jeśli chcesz w pełni wykorzystać możliwości opisanej dalej ładowarki.

Uwaga! Nie powinieneś przekraczać maksymalnego dopuszczalnego prądu ładowania.

Przykładowo jeśli na akumulatorze znajdziesz napis: *Charge: 90mA 14...16HRS*, nie powinieneś stosować prądu ładowania większego, niż podany. Jeśli znajdziesz napis: *Normal charge 90mA 15HRS Quick charge 350mA 4HRS* to znaczy, że twój akumulator nie powinien być ładowany prądem większym niż 350mA.

Nie próbuj ładować takich akumulatorów dużym prądem w ciągu jednej czy dwóch godzin. Owszem, są akumulatory przeznaczone do tak szybkiego ładowania, ale są one wyraźnie oznaczone stosownym napisem. Użycie ładowarki przeznaczonej do bardzo szybkiego (1...2 godzin) ładowania dużym prądem jest wręcz groźne dla nieprzystosowanych do tego akumulatorów. Tymczasem zdecydowana większość akumulatorów dostępnych na rynku nie nadaje się do ładowania tak dużymi prądami, i próba wykorzystania szybkiej ładowarki może skończyć się ich uszkodzeniem, a nawet wybuchem.

Trzecią przyczyną kłopotów (ale tylko w przypadku akumulatorów NiCd) może być tak zwany efekt pamięciowy. Polega on na tym, że akumulatory NiCd tracą pojemność, jeśli nie rozładowuje się ich do końca. Niejako zapamiętują, ile ładunku pobiera się z nich w kolejnych cyklach rozładowania i po jakimś czasie zachowują się, jakby miały taką właśnie, niewielką pojemność.

Poszczególne źródła podają różne opinie na temat powszechności występowania efektu pamięciowego. Niektórzy twierdzą, że jest to zjawisko stosunkowo rzadkie i nie warto się nim przejmować. Inni uważają, że koniecznie należy podejmować środki zapobiegające efektowi pamięciowemu.

Autor artykułu nie ma zdania na ten temat.

W każdym razie dla uniknięcia kłopotów należy wyeliminować przyczyny, mogące prowadzić do ich wystąpienia należy:

- unikać najtańszych akumulatorów nieznanego pochodzenia,
- stosować sposoby i parametry ładowania dokładnie dopasowane do konkretnych akumulatorów,
- podjąć stanowcze kroki uniemożliwiające przeładowanie,
- podjąć kroki zapobiegające efektowi pamięciowemu,

Wszystkie te wymagania spełni opisana dalej ładowarka z układem scalonym firmy Telefunken o oznaczeniu U2400. Celowo wybrano tę właśnie, nieco starszą kostkę, choć obecnie na rynku dostępnych jest wiele nowszych układów scalonych do szybkich ładowarek. Mają one rozbudowane systemy detekcji naładowania, na przykład przez monitorowanie szybkości i kierunku zmian napięcia podczas ładowania (dU/dt , d^2U/dt^2). **Wspomniane metody (i wykorzystujące je układy scalone) są skuteczne tylko przy dużych prądach ładowania, a więc wiele z nowoczesnych kostek jest nieprzydatnych dla użytkowników, którzy stosują tańsze akumulatory, nie nadające się do ładowania dużymi prądami rzędu 0,5...1,5C.**

Natomiast kostka U2400 doskonale nadaje się do pracy przy dowolnych wartościach prądu ładowania.

Tylko układ U2400 ma obwody umożliwiające całkowite rozładowanie akumu-

latora przed rozpoczęciem ładowania. Właśnie ta właściwość pozwoli uniknąć zarówno przeładowania, jak i efektu pamięciowego.

Koniec ładowania następuje po upływie wyznaczonego czasu, ale może on być skrócony jeśli napięcie akumulatora nadmiernie wzrośnie, albo gdy wzrośnie temperatura. Po zakończeniu ładowania główny układ przechodzi w tryb podładowywania małym prądem konserwującym.

Ponieważ poszczególne egzemplarze starzeją się w różnym stopniu, należy ładować każdy akumulator oddzielnie. Dlatego właśnie opisany dalej układ w wersji podstawowej przeznaczony jest do ładowania tylko jednego ogniwa.

Tylko dla dociekliwych – opis kostki U2400

Schemat blokowy wnętrza układu scalonego U2400 pokazany jest na rysunku 1.

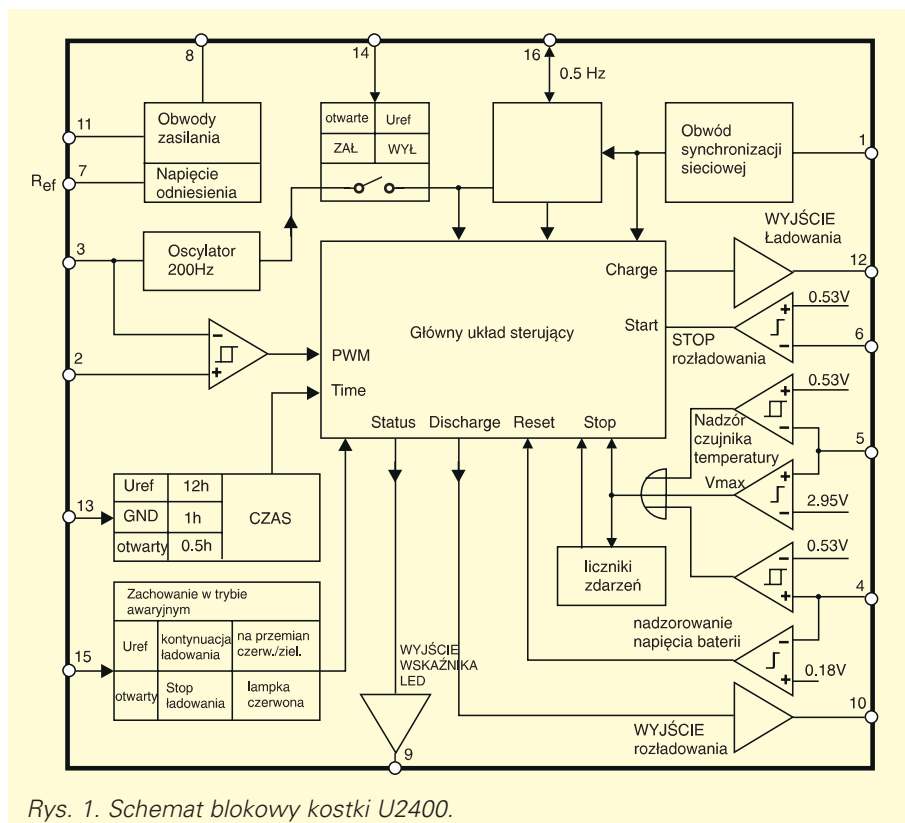
Końcówki zasilania kostki to 11 minus, czyli masa, oraz 8 – plus.

Kostka ma wewnętrzny stabilizator 3V do zasilania wewnętrznych bloków. Wyjściem stabilizatora jest nóżka 7, oznaczona Ref – panuje tam napięcie równe 3V.

Pracą układu steruje generator (200Hz). Jego częstotliwość wyznaczają elementy RC dołączone do końcówki 3.

Poszczególne fazy cyklu ładowania sygnalizowane są świeceniem dwóch diod dołączonych do końcówki 9.

Ładowarka jest stale włączona – świeci ciągle dioda czerwona. Włożenie aku-



Podstawowe dane kostki U2400

Maksymalne napięcie zasilania (nóżka 8):	26,5V
Pobór prądu przez kostkę (typ) :	1,5...5mA
Napięcie odniesienia (nóżka 7):	2,82...3,18V
Maksymalny prąd końcówki rozładowania (n. 10):	100...135mA
Maksymalny prąd końcówki ładowania (n. 12):	100...135mA
Prąd diod LED (n. 9):	8...15mA
Częstotliwość oscylatora, nóżka 3 (15nF, 430kΩ):	200Hz
Napięcie końcowe rozładowania (n. 6):	525mV±5%
Napięcie końcowe ładowania (n. 4) z histerezą 15mV:	525mV±5%
Napięcie monitorowania obecności baterii (n. 4):	140...200mV
Napięcie przełączania czujnika temperatury (n. 5):	525mV±5%

*Dalsze szczegóły dotyczące parametrów i możliwości zastosowania kostki U2400 są dostępne w karcie katalogowej (po angielsku) oraz z zeszytce USKA UA 3/95 (po polsku).

mulatora (a właściwie pojawienie się na końcówce 4 napięcia wyższego niż 0,18V) rozpoczyna z dwusekundowym opóźnieniem cykl pracy. Najpierw następuje faza rozładowania. Na nóżce 10 pojawia się napięcie dodatnie i sterowany przez nią tranzystor rozładowuje akumulator. W tym czasie miga dioda czerwona. Gdy napięcie na nóżce 6 spadnie poniżej 0,53V rozładowanie zostaje zakończone i rozpoczyna się faza ładowania. Gaśnie dioda czerwona, a pulsuje dioda zielona sygnalizująca ładowanie. Nóżka 10 jest teraz zwarta do masy. Ładowaniem steruje nóżka 12. W fazie ładowania na nóżce też pojawia się potencjał masy.

Po upływie wyznaczonego czasu kończy się faza ładowania i lampka zielona zapala się na stałe, a akumulator jest doładowywany niewielkim prądem konserwującym.

Ładowanie zostanie przerwane wcześniej, jeśli napięcie na nóżce 4 pojawi się napięcie wyższe niż 0,53V. Bywa to wykorzystywane do zapobiegania przeładowaniu oraz do przerywania ładowania w przypadku rozłączenia się akumulatorów (ładowanie może też być przerwane w przypadku zwarcia akumulatora).

Przerwanie ładowania nastąpi też, gdy napięcie na nóżce 5 spadnie poniżej 0,53V – jest to wykorzystywane w obwodzie zabezpieczenia akumulatora przed przegrzaniem.

Nóżka 13 pozwala wybrać potrzebny czas ładowania: zwarcie jej do masy daje czas ładowania równy 1 godzinę, pozostawienie „w powietrzu” – 0,5 godziny, a zwarcie do nóżki 7 – 12 godzin. Przy czasach 0,5 i 1 godziny ładowanie jest ciągłe, natomiast przy czasie 12 godzin ładowanie ma charakter impulsowy: włącza się na 100ms co każde 1,2 sekundy. Końcowe ładowanie prądem konserwującym też ma charakter impulsowy – włączane jest na 100ms co każde 16,8 sekundy. Jak z tego widać, w każdym trybie następuje ładowanie dużym prądem – przy czasie 12 godzin średni niewielki prąd wynika

z małego współczynnika wypełnienia impulsów ładujących (może to być korzystne przy ładowaniu akumulatorów NiMH, które według niektórych źródeł „lubią” taki rodzaj ładowania). Takie rozwiązanie utrudnia jednak wykorzystanie kostki do zbudowania ładowarki klasycznych akumulatorów NiCd starszego typu.

Na pierwszy rzut oka, aby uzyskać dłuższe czasy ładowania (mniejszym prądem) wystarczyłoby zmniejszyć częstotliwość generatora (nóżka 3). Jest to niepraktyczne, ponieważ wewnętrzny generator wyznacza też inne funkcje układu, w tym częstotliwość migania diod LED.

Dla rozszerzenia zakresu zastosowania wzbogacono kostkę o układy synchronizacji zewnętrznej. Można tu wykorzystać częstotliwość sieci energetycznej – wejściem jest końcówka 1 (należy wtedy zerwać niepodłączoną zwykle nóżkę 14 do końcówki Ref).

Ale można też zastosować zewnętrzny generator taktujący dołączony do nóżki 16. Wewnętrzny oscylator (nóżka 3) będzie pracował przy częstotliwości 200Hz, natomiast zewnętrzny generator dołączony do nóżki 16 wyznaczy dowolny czas ładowania. Taki właśnie sposób przyjęto w prezentowanym dalej rozwiązaniu praktycznym.

Końcówka nr 15 określa zachowanie układu w przypadku rozłączenia lub zwarcia baterii podczas ładowania.

Jeśli ta nóżka będzie niepodłączona, po takim zdarzeniu ładowanie zostanie przerwane i zapali się czerwona dioda LED. Jeśli nóżka 15 będzie zwarta do końcówki 7, wtedy przekroczenie określonego napięcia akumulatora (ściśle napięcia na nóżce 4) nie przerwie ładowania, tylko spowoduje przemienne pulsowanie obu diod LED – ten tryb pracy bywa stosowany przy ładowaniu starych akumulatorów, które mają dużą oporność wewnętrzną i napięcie ładowania może wzrosnąć ponad normalnie spotykane wartości.

Nóżka 2 może być stosowana do płynnej regulacji prądu ładowania – wtedy na-

wet przy czasie ładowania 0,5 i 1 godziny wystąpi ładowanie impulsowe, a współczynnik wypełnienia impulsów będzie zależał od napięcia na końcówce 2 (0,9...2,1V).

Schemat ideowy ładowarki pokazany jest na **rysunku 2**. Układ z podanymi wartościami elementów przewidziany jest do ładowania jednego akumulatora NiCd lub NiMH o napięciu nominalnym 1,2V.

Układ jest zasilany z małego transformatora TS2/16 – maksymalny prąd ładowania wynosi przy tym 220mA, co wydaje się być całkowicie wystarczające.

Akumulator jest ładowany napięciem tętniącym z prostownika D5...D8. Natomiast układy scalone zasilane są napięciem filtrowanym za pomocą diody D4 i kondensatora C3.

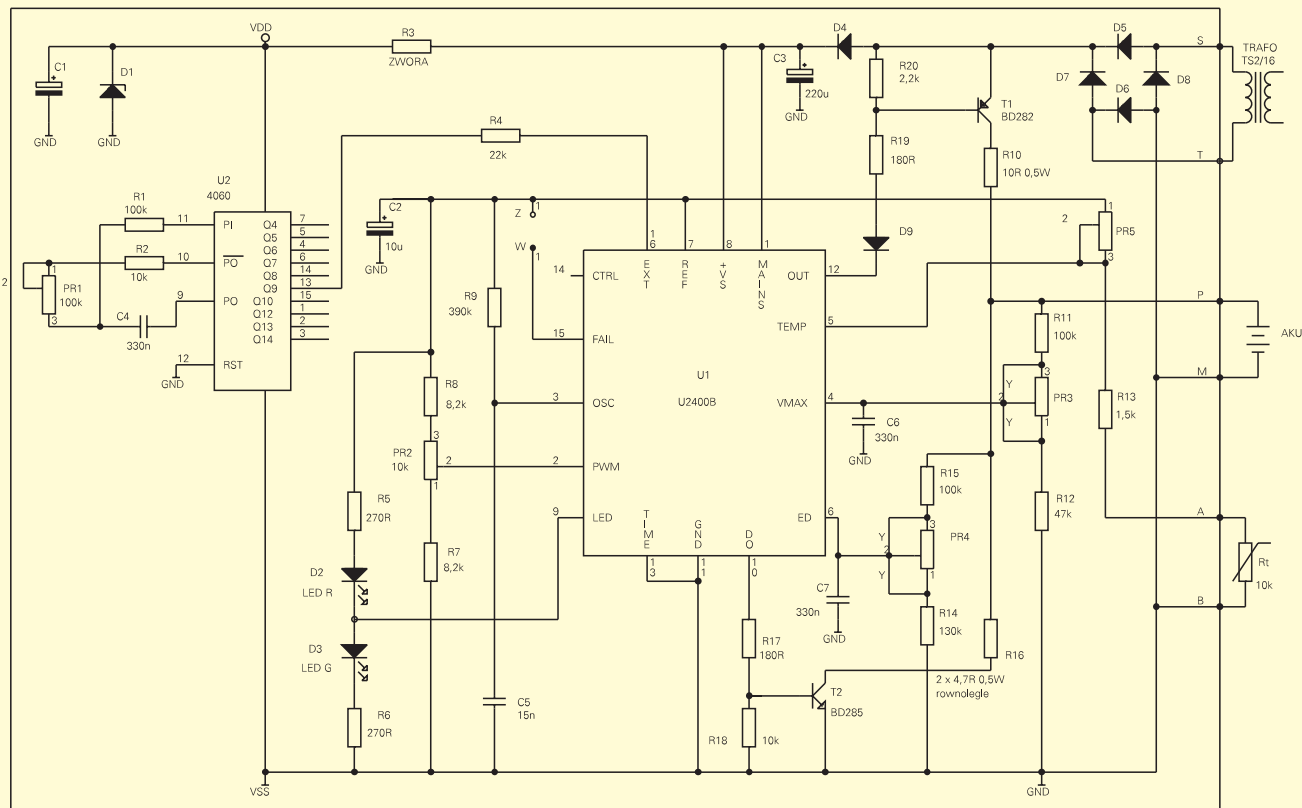
Układ U2400 może być zasilany napięciem do 26V, natomiast kostka 4060, tylko do 18V, dlatego na wypadek pracy przy tak dużych napięciach przewidziano obwód redukcji napięcia z elementami R3, C1, D1. W proponowanym rozwiązaniu nie trzeba stosować elementów C1 i D1, a R3 należy zastąpić zworą.

W stanie oczekiwania świeci czerwona dioda D2. Po dołączeniu akumulatora, który ma napięcie choć 0,5V, zostanie zapoczątkowany cykl rozładowania. Dioda D2 będzie pulsować, a tranzystor T2 zostanie otwarty napięciem z nóżki 10 układu U1. Akumulator rozładowuje się przez rezystor R16 do napięcia około 930mV – napięcie określające koniec rozładowania jest wyznaczone dzielnikiem R15, PR4, R14.

Po rozładowaniu zacznie się faza ładowania. Pulsować będzie zielona dioda D3. Napięcie na końcówce 12 kostki U1 spadnie i tym samym włączy tranzystor T1. Prąd ładowania jest wyznaczony wartością napięcia transformatora i rezystancją R10. W modelu prąd ten sięga 220mA.

Końcówka 13 kostki U1 jest połączona do masy, co znaczy, że układ pracuje w trybie ładowania jednogodzinnego. W tym trybie ładowanie jest ciągłe. W układzie przewidziano możliwość płynnej regulacji prądu ładowania za pomocą potencjometru PR2 w zakresie od zera do wartości maksymalnej.

Ale jedna godzina to zdecydowanie za mało dla ładowania starszych akumulatorów. Dlatego dodano układ U2 będący źródłem zewnętrznego sygnału dla układu czasowego. Sygnał ten jest podawany na nóżkę 16. Wewnętrzny układ czasowy kostki U2400 zlicza 1800 impulsów podanych na wejście 16, a następnie wyłącza ładowanie. To znaczy, że aby uzyskać czas ładowania równy 1 godzinie, częstotliwość musi wynosić 0,5Hz (okres – 2 sekundy). Jeśli częstotliwość wyniesie 0,1Hz (okres -10 sekund), wtedy czas ła-



Rys. 2. Schemat ideowy ładowarki.

dowania wyniesie 5 godzin. Właśnie ze względu na tak długie czasy impulsów zastosowano kostkę 4060, zawierającą wielostopniowy dzielnik – wykorzystano podział częstotliwości przez 512. Częstotliwość generatora (wyznaczona przez C4, R2, PR1) jest tak dobrana, aby w efekcie uzyskać czasy ładowania od 2 do 20 godzin.

Po upływie tego czasu prąd ładowania zmniejszy się do małej wartości rzędu miliampera – prąd ten jest prądem konserwującym pokrywającym straty samorozładowania oraz zapobiegając powolnemu rozładowaniu się akumulatora przez obwody R11, R12 i R14, R15.

Ładowanie zostanie skrócone, jeśli napięcie akumulatora wzrośnie powyżej 1,6V – próg wyłączenia jest wyznaczony elementami R11, PR3 i R12.

Ładowanie zostanie również przerwane w przypadku, gdy napięcie na nóżce 5 spadnie poniżej 0,53V. W układzie przewidziano zastosowanie czujnika temperatury Rt, mierzącego temperaturę akumulatora. Jest to termistor o rezystancji nominalnej 10kΩ. Przy użyciu zalecanego termistora o współczynniku B=3474, rezystancja PR5 wyniesie 30kΩ – można zastoso-

wać rezystor stały. Jeśli stosowany byłby jakikolwiek inny termistor, rezystancję potencjometru PR5 należy tak dobrać, aby przy temperaturze +40 C, na nóżce 5 występowało napięcie 525mV. W większości zastosowań termistor nie będzie stosowany – jednak dla zapewnienia prawidłowej pracy kostki U2400 należy ustalić na nóżce 5 napięcie wynoszące około połowy napięcia odniesienia (dopuszczalny zakres to 0,6...2,8V). Z powyższego względu w zestawie AVT-2143 w miejsce PR5 przewidziano rezystor stały; taki sam rezystor należy zamontować w miejsce R13, a punkty A, B – zewrzeć.

W układzie przewidziano punkty oznaczone Z, W. Jeśli nie będą zwarte, po przekroczeniu napięcia ładowania 1,6V, układ wyłączy ładowanie i zaświeci się światłem ciągłym dioda czerwona. Nato-

logu, ładowanie powinno być kontynuowane normalnym prądem; w modelu prąd ładowania w tym awaryjnym trybie znacznie maleje.

W praktyce okazało się, że nie trzeba stosować potencjometrów PR3 i PR4 – wystarczy zastosować rezystory R11, R12, R14 i R15 o tolerancji 5%. Dlatego ostatecznie potencjometry te są zwarte. Potencjometry PR3 i PR4 zastosują tylko ci, którzy chcą bardzo dokładnie ustawić progi przełączania (trzeba wtedy przeciąć ścieżki oznaczone literkami Y).

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy pokazany jest na rysunku 3. Montaż nie sprawi kłopotów – należy kolejno wlutować elementy, poczynając od najniższych.

Zamiast rezystora R3 i termistora Rt trzeba wlutować zwory. W wersji podstawowej nie należy montować elementów C1, D1, PR3, PR4, Rt. W miejsce potencjometru PR5 i rezystora R13 należy wlutować dwa jednakowe rezystory o wartościach 22...100kΩ.

W miejsce rezystora R16 trzeba wlutować dwa połączone równolegle oporniki 4,7Ω 0,5W.

Uwaga! R15 = R11 = 100kΩ

liczba ogniw	1	2	3	4	5	6	7
R14 [kΩ]	47	18	10	8,2	6,2	5,6	4,7
R12 [kΩ]	130	39	24	15	12	10	8,2

miast przy wykonaniu zwory Z-W po przekroczeniu dopuszczalnego napięcia ładowania (1,6V) ładowanie nie zostanie przerwane, natomiast na przemian będą migać obie diody świecące. Według kata-

Układ nie wymaga żadnego uruchomienia, zamontowany ze sprawnych elementów od razu pracuje poprawnie.

Przy pierwszym włączeniu należy ustawić potencjometry PR1 i PR2 w środkowym położeniu.

Zakres czasów ładowania, ustawiany z pomocą PR1 wynosi około 2...20 godzin, natomiast zakres prądów ładowania można regulować potencjometrem PR2 w zakresie od 0 do 200mA.

Większość Czytelników będzie chciała sprawdzić działanie układu czasowego w trybie przyspieszonym – nic prostszego: wystarczy jako C3 zamiast kondensatora o pojemności 330nF wlutować na próbę kondensator o pojemności 2,2 lub 4,7nF. Zakres uzyskiwanych czasów ładowania będzie rzędu 1...10 minut.

W sumie budowa ładowarki nie wymaga żadnego doświadczenia.

Później, przy jej wykorzystywaniu trzeba tylko dobrać prąd i czas ładowania tak, by włączony ładunek był równy 150% nominalnej pojemności akumulatora.

Wszystkie akumulatory NiCd można z powodzeniem ładować prądem dziesięciogodzinnym przez piętnaście godzin.

Wykaz elementów

Rezystory

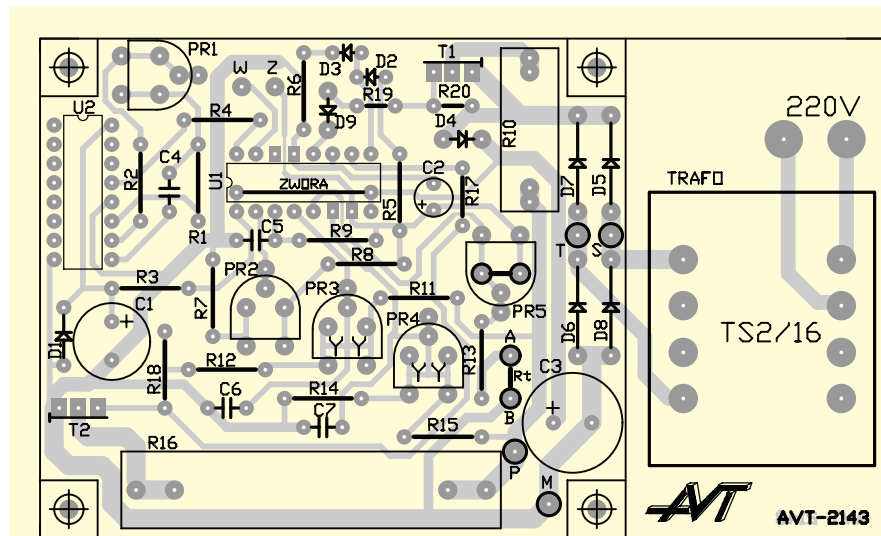
- R1, R11, R15: 100kΩ
- R2, R18: 10kΩ
- R3: ZWORA
- R4: 22kΩ
- R6, R5: 270R
- R8, R7: 8,2kΩ
- R9: 390kΩ
- R10: 10R 0,5W
- R12: 47kΩ
- R13: montować rezystor 47kΩ (patrz tekst)
- R14: 130kΩ
- R16: 2 x 4,7R 0,5W (połączone równolegle)
- R19, R17: 180Ω
- R20: 2,2kΩ
- PR1: 100kΩ
- PR2: 10kΩ
- PR5: montować rezystor 47kΩ
- Rt: montować rezystor 47kΩ (patrz tekst)

Kondensatory

- C2: 10μ/16V
- C3: 220μ/16V
- C4, C6, C7: 330nF
- C5: 15nF

Półprzewodniki

- D1, C1, PR3, PR4, NIE STOSOWAĆ (patrz tekst)
- D2: LED czerwona 3mm
- D3: LED zielona 3mm
- D4-D9: 1N4001...7
- TRAFO: TS2/16
- T1: BD282 lub podobny
- T2: BD285 lub podobny
- U1: U2400B
- U2: 4060
- koszyk baterii 4 x R6



Rys. 3. Schemat montażowy.

Przykładowo dla pojemności 750mAh będzie to prąd 75mA.

Możliwości zmian (dla zaawansowanych)

Jeśli ktoś posiada akumulatorki, które mogą być ładowane prądem większym niż 200mA, może bez większego problemu przerobić ładowarkę. W tym celu należy zastosować transformator o większej mocy. Należy też wymienić rezystor R10. Musi to być rezystor o odpowiedniej mocy strat. Przy takich zmianach nie należy stosować transformatorów dających napięcie wyprostowane większe niż 26V (na kondensatorze C3). Przy większych napięciach niepotrzebnie wzrastają też straty na rezystorze R10. Nie można jednak stosować transformatora o napięciu zbyt niskim – napięcie zasilania układu (na C3) przy obciążeniu maksymalnym prądem nie może być mniejsze niż 5V.

Dla przyspieszenia procesu rozładowania można również zmniejszyć wartość rezystora R16.

Przy większych prądach, zamiast rezystorów R10 i R16 można zastosować odpowiednio dobrane żarówki.

Układ przewidziany jest w pierwszym rzędzie do ładowania pojedynczych akumulatorów R6 i R14. Nic nie stoi na przeszkodzie, by go dostosować do ładowania zestawów akumulatorów o wyższych napięciach. W tym celu trzeba jednak dobrać we własnym zakresie transformator oraz rezystory R10 i R16. Trzeba także dostosować napięcia wymieniając rezystory R12 i R14. Poniższa tabela pokazuje wartość tych rezystorów w zależności od liczby ładowanych ogniw NiCd.

Podane informacje wystarczą do większości praktycznych zastosowań. Jeśli Czytelnicy EdW byliby zainteresowani dalszymi szczegółami budowy i możliwościami zastosowania, mogą nadsyłać listy.

W niedługim czasie w ramach Klubu konstruktorów zostaną przedstawione kostki do szybkiego ładowania, a potem pojawi się opis układu ładowarki akumulatorów kwasowych.

Piotr Górecki