

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za poprawność tych projektów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 100,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

## (Roz)ładowywarka ogniw wtórnych Ni-Cd

Gdy w Twoim, Szanowny Czytelniku, sprzęcie, znajduje się już ładowarka, i jesteś z niej zadowolony - nie będziesz przez nas do niczego namawiany. Jeśli zdarza Ci się natomiast wieczorem podłączyć zasilacz i rano stwierdzać, iż akumulatory są gorące, powinieneś rzucić okiem na ten artykuł.

W układzie klasycznego stabilizatora napięcia pracuje IC2, w którym R2 ustala prąd (3,5mA) dla szeregowego obwodu R1 + RM + D3 + D4. Jest on wystarczająco duży, by IC2 działał prawidłowo i dostatecznie mały, aby nie wystąpiło podgrzewanie D3 i D4 ( tranzystorów w układzie diodowym). Rolę wstępnego obciążenia wyjścia IC2 spełniają T1, stanowiący prostę i skuteczne źródło prądu o wartości 3-5mA (w zależności od egzemplarza).

Między wyprowadzenie 2 IC2 a zacisk dodatni akumulatorów włączony jest T4 (ściślej: jego złącze B-E). Separuje on IC2 od obwodu stab. prądu na IC1, dzięki czemu nawet pod koniec okresu ładowania, napięcie na akumulatorach narasta

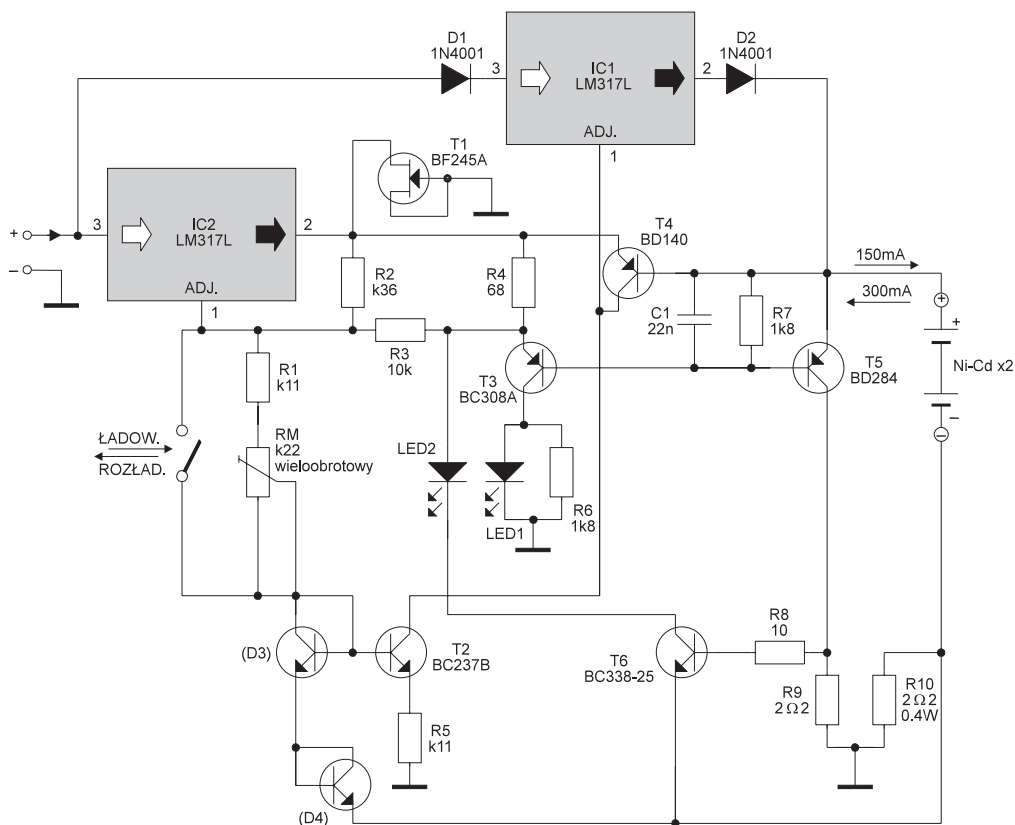
w tempie nie gorszym niż 0,5mV na minutę - co czyni cały proces szybszym, a sygnalizację przy pomocy LED1 bardziej precyzyjną. Zapala się ona na mniej więcej 10mV przed końcem ładowania.

Prąd LED1 pojawia się skokowo za sprawą naturalnie ostrej charakterystyki diody, oraz niewielkiej histerezy (o szerokości ok. 3mV) zapewnionej przez R3. Można polecić wykorzystanie sygnału 1,8V z kolektora T3 do bramkowania zewnętrznego generatora akustycznego.

Tranzystor T2 dostarcza podczas ładowania 9mA prądu (5mA po naładowaniu) dla nasyconego do ostatnich chwil T4, który przechodząc w aktywny obszar pracy włącza T3 i T5. Podczas gdy T3

ma zacząć przewodzić (zapalając jednocześnie LED1), po obniżeniu się napięcia na bazie o 0,8V, tranzystor T5 potrzebuje napięcia  $U_{CE}$  T4 o wartości 1,1V, aby podtrzymać prąd bazy T4 nie dopuszczając do jego odcięcia. Ma to na celu utrzymanie możliwie stabilnej wartości  $U_{BE}$  T4, a tym samym i  $U_{wy}$ , które trzeba ustawić (wielobrotowym potencjometrem montażowym - RM) na 2,780 - 2,790V. Należy je wyregulować (przy odłączonych akumulatorach!) po paru minutach od połączenia

**Projekt  
033**



Rys. 1.

### Cechy charakterystyczne układu

- ✓ zasilanie popularnymi, tanimi zasilaczami o wydajności 0,2A;
- ✓ tryb rozładowywania (pozwala na odświeżanie lub test pojemności);
- ✓ optyczna sygnalizacja zakończenia pracy;
- ✓ łatwa regulacja  $U_{wy}$  (konieczna tylko dla ładowania);
- ✓ konstrukcja bazuje na ogólnie dostępnych elementach;
- ✓ możliwość rozładowywania dwóch akumulatorów 1,2V (np. do discmana) jednocześnie;
- ✓ możliwość długotrwałego przetrzymywania akumulatorów w ładowarce.

nie ładowarki do zasilacza 6,5 - 8,0V/200mA. Urządzenie będzie się dobrze spisywało w temperaturach pokojowych (z przedziału 20 - 30°C), tak jak większość typowych akumulatorów. Napięcie wyjściowe ładowarki wykazuje ujemny współczynnik temperaturowy, równy współczynnikowi diod D3 lub D4 - czyli ok. -2,2mV/°C. Uwidacznia się tu zamierzony wpływ tylko jednej z tych „diod” - wpływ drugiej kompensowany jest przez T4.

Akumulator Ni-Cd 1,2V ładowany standardowym prądem o wartości 0,1..0,2 swojej pojemności znamionowej, osiąga najczęściej napięcie 1,40V i dalej zachowuje się jak dioda Zenera o takim napięciu (i bardzo niskiej rezystancji dynamicznej). Zwiększenie wartości prądu ładowania, lub wydłużanie czasu bardzo nieznacznie podwyższa to napięcie - rośnie natomiast temperatura akumulatora i skraca się jego żywotność.

### Anatomia ładowania

Zdecydowana część cyklu ładowania odbywa się na przestrzeni ostatnich 10mV. Ze stanu pełnego rozładowania (za który przyjmuje się 1V na ogniwo - w tej konstrukcji przyjęto 1,975V na obydwa) w kilka minut po rozpoczęciu procesu ładowania napięcie osiąga pułap 2680mV, by dalej wzrastać już dużo wolniej przez blisko półtorej godziny (dotyczy pary akumulatorów 750mAh. Wartość równa ok. 2770mV sygnalizowana jest zapaleniem LED1). Na R10 utrzymuje się do tego czasu 270mV przy  $U_{zas} = 6,5V$  lub 360mV przy  $U_{zas} = 8V$  - co odpowiada 120mA lub 160mA (jaka dalej zauważyć, optymalne  $U_{zas} > 6,5V$ ).

Dalsze zwiększenie  $U_{zas}$  nie wpływa na  $I_{ład}$ , zwiększa tylko niepotrzebnie moc traconą w IC1. W prototypie IC1 umieszczono w ceramicznym naparstku wypełnionym silikonem o objętości ok. 0,5cm<sup>3</sup> - w celu lepszego odprowadzenia ciepła, jak i wygodnej kontroli temperatury półprzewodnikową sondą. Smar nagrzał się do 45°C przy temperaturze otoczenia 23°C i  $U_{zas} = 8V$ . Konwencjonal-

ny zasilacz 7,5V/2-3VA, lub 9V z dwiema włączonymi szeregowo diodami prostowniczymi na wyjściu w zupełności wystarczą. Akumulatory uznajemy za naładowane po odczekaniu około pół godziny od chwili zaświecenia się LED1.

### Anatomia rozładowania

Warto zarekomendować okresowe, kontrolowane rozładowywanie akumulatorów Ni-Cd, które zapobiega powstawaniu efektu pamięciowego. Ujawnia się on, kiedy ogniwa pozostają przez długi czas (rzędu tygodni) nieużywane.

Przy pomocy układu rozładowującego można sprawdzić pojemność akumulatorów, rozładowując je prądem o znanej wartości w zadanym czasie do bezpiecznej, powtarzalnej wartości 0,9-1,0V/sztukę.

Przykładowa charakterystyka rozładowania zdjęta w odstępach (krokach) piętnastominutowych (napięcie początkowe: 2,790V):

- Start-krok0: 2,700V - zapala się LED2, łącznik zwarty;
- krok 1: 2,534V (v=11mV/min),
  - krok 2: 2,455V (v=5mV/min),
  - krok 3: 2,418V (v=2,5mV/min),
  - krok 4: 2,353V (v=4mV/min),
  - krok 5: 1,990V (v=24mV/min).

Po piątym kwadransie zgasła LED2 i zapaliła się LED1.

W nawiasach podano wynikową prędkość opadania U/t.

Po odczekaniu kolejnych 15 minut stwierdzimy, że  $I_{rozład}$  zmalał do ułamka wartości pierwotnej - układ nie dopuszcza do dalszego obniżenia  $U_{wy}$ . Operując pojęciem  $U_{we}$  należy pamiętać, iż nie odnosi się go do masy - a do potencjału na R10).

Podczas rozładowania, na R9 odkładało się 580mV, a na R10 występowało napięcie ujemne o wartości - 550mV. Różnica w wartościach bezwzględnych tych napięć (mimo jednakowych rezystorów) wynika ze sprzęgnięcia ich R8 i T6. Napięcie ujemne redukuje IC T2 (który jest prądem bazy T5) tak, aby:  $I_{CT5}=0,3A=const$ .

W trybie rozładowywania, zasilanie układu będzie oczywiście niezbędne. Zapotrzebowanie na prąd jest jednak niewielkie - ok. 2mA. Wyłączenie ICI następuje dzięki obniżeniu potencjału na wyprowadzeniu ADJ.

Aby wyznaczyć pojemność ogniwa (są dwa) należy posłużyć się zależnością:  $C=2xtxI$ , czyli:  $C = 2x1,25Hx300mA = 750mAh$ .

Mnożenie wyniku przez dwa bierze się stąd, że pojemności baterii dodają się tak, jak pojemności kondensatorów szeregowych:  $C_a \times C_b / C_a + C_b$ . Ładując na raz dwa ogniwa, występuje potrzeba dostarczania dwa razy większej mocy, za to w dwukrotnie krótszym czasie - fakt wart odnotowania.

Zwarcie zacisków wyjściowych (podobnie jak próba podłączenia tylko jednego Ni-Cd) spowoduje przepływ prądu o wartości prawie 300mA, ponieważ do emitowania prądu przyłączy się wówczas IC<sub>2</sub>. Jest to stan, w którym żadne obwody regulacji i sygnalizacji nie działają prawidłowo. Dlatego T4 jest średniej mocy, bowiem chwilowy nawet przepływ  $I_b = 0,15A$  mógłby mieć zgubny wpływ na trwałość mniejszego tranzystora. Prąd o takiej wartości wpływa znacząco na wartość napięcia  $U_{BE}$  - mogłoby to mieć poważne konsekwencje w razie niestosowania IC1 i nastęrczało trudności przy kalibracji  $U_{wy}$ . Wartość napięcia  $U_{BE}$  zależy od  $I_C$  w aktywnym punkcie

### WYKAZ ELEMENTÓW

- Rezystory**  
 R1, R5: 110Ω  
 R2: 360Ω  
 R3: 10kΩ  
 R4: 69Ω  
 R6, R7: 1.8kΩ  
 R8: 10Ω  
 R9, R10: 2.2Ω  
 RM: 220Ω wieloobrotowy  
 Tolerancje R1-R10: 5%  
 Moc R1-R8: 0,1W  
 Moc R10 (ewentualnie też R9): 0,3-0,4W
- Kondensatory**  
 C1: 22nF
- Półprzewodniki**  
 D1, D2: 1N4001 (dowolne  $I_p = 1A$ )  
 LED1, LED2: dowolne jaskrawe, czerwone  
 ICI, IC2: LM317LZ  
 T1: BF245A  
 T2, (D3), (D4): BC237B  
 T3: BC308A  
 T4: BD140  
 T5: BD284  
 T6: BC338-16/25

pracy - kiedy tranzystor zachowuje zdolność wzmacniania. Kiedy tranzystor wchodzi w obszar nasycenia, zmiany  $U_{BE}$  zaczynają zależeć od  $I_b$ . Przy tym w praktyce wystarczy znać orientacyjną zależność: dwukrotnie większy/mniejszy prąd przewodzenia oznacza zmianę  $U_{BE}$  o 2%.

Powyższe wyliczenia odzwierciedlają hipotetyczne warunki pracy T4.

Pomyślnego załadunku i rozładunku życzy autor.

**Andrzej Kowalczyk**