

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. 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 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

**PROJEKT
NR 231**

Mikroprocesorowa ładowarka ogniw AA/AAA

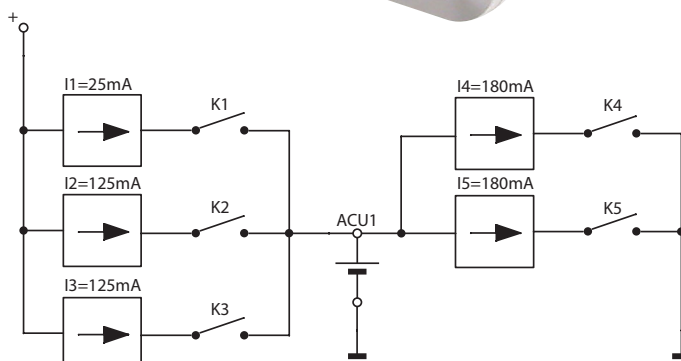
Dzieci zużywają niezmierny „ocean” baterii. Służą one do zasilania różnych zabawek, odtwarzaczy MP3, gier elektronicznych i innych urządzeń. Alternatywą są akumulatory np. NiCd. W handlu są dostępne tanie, „ładne” ładowarki, ale problem w różnorodności dziecięcych potrzeb polega na tym, że raz potrzeba ogniwa AA, innym razem AAA, raz 4 ogniwa, raz 3 a nawet 1. Ponadto, z moich obserwacji wynika, że jeśli w jednym urządzeniu pracują 4 ogniwa i ładowane są szeregowo (w taniej ładowarce), to po krótkim czasie każde z nich ma inną pojemność. Stąd pomysł na ładowarkę, która ładuje niezależnie do 4 ogniw AA lub AAA oraz pozwala na zmierzenie ich pojemności.

Ładowarka jest złożona z 4 jednakowych obwodów złożonych z 5 źródeł prądowych, których pracę nadzoruje mikrokontroler. Budowę ładowarki ilustruje schemat blokowy pokazany na **rysunku 1**.

Ładowanie

Cykl ładowania rozpoczyna się od rozładowania ogniwa. Otwarte są wówczas klucze K1, K2 i K3, a zamknięte klucze K4 i K5. Prąd 360 mA rozładowuje ogniwo do chwili, aż jego napięcie spadnie do 1,05 V. Proces ten jest pokazywany na wyświetlaczu za pomocą symbolu baterii, której „zawartość” (stopień zaczerwienia symbolu) się zmniejsza. Ten etap można pominąć naciskając przycisk z numerem ładowanego ogniwa.

Po rozładowaniu ogniwa zaczyna się proces ładowania. Otwierane są klucze K4 i K5, a zamykane K2 (i K3, jeśli ładujemy ogniwo AA). Na wyświetlaczu jest wizualizowany postęp ładowania w „%” oraz za pomocą



Rysunek 1. Schemat blokowy ładowarki

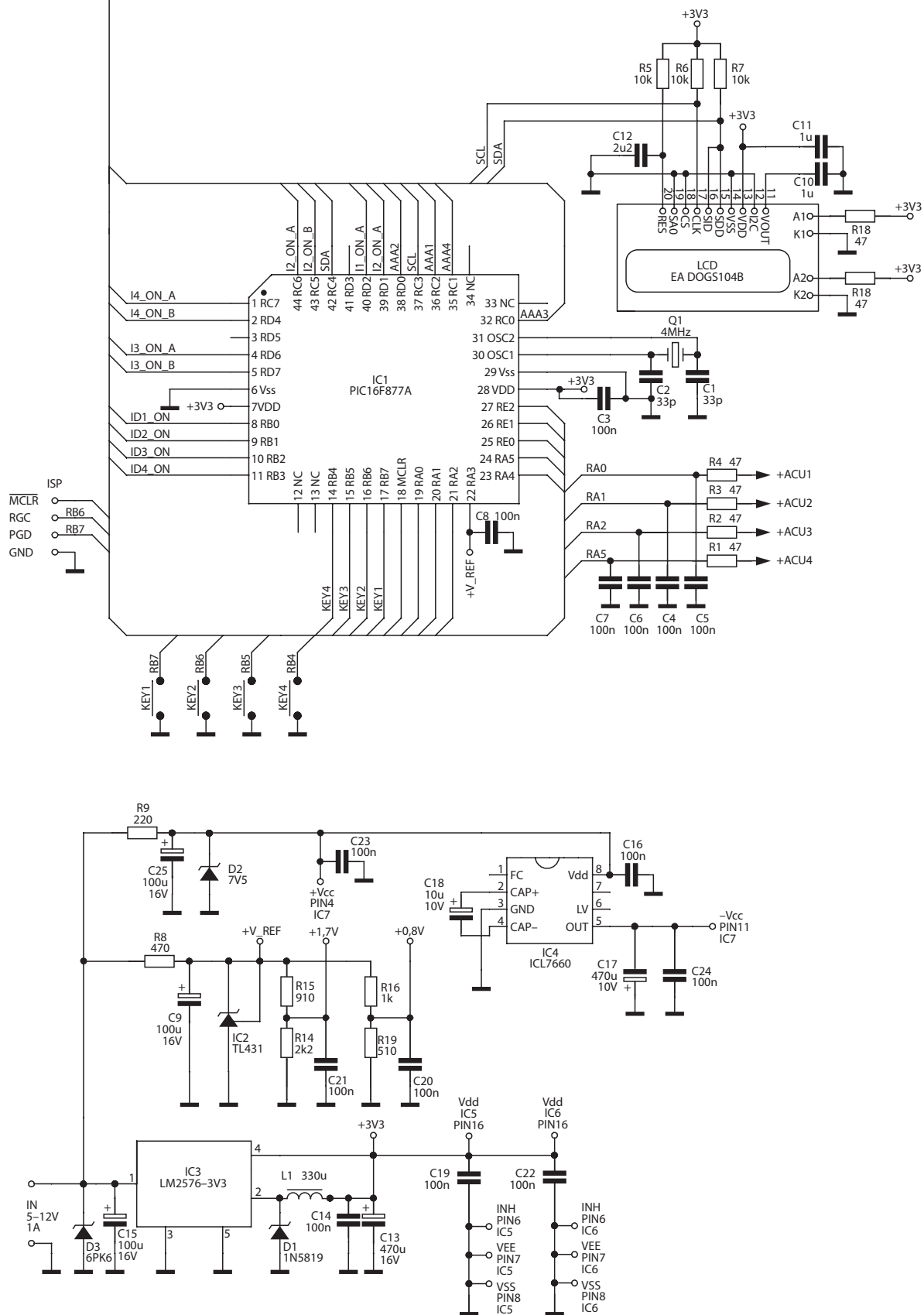
narastającego zacczernienia” symbolu baterii. Gdy ogniwo zostanie w pełni naładowane, jest otwierany klucz K2 (oraz K3) i zamykany K1. Załącza on prąd „konserwujący”, który

nie spowoduje przeładowania ogniwa. Symbol baterii jest „pełny”.

Pomiar pojemności ogniwa

Ładowarka umożliwi pomiar pojemności ogniwa. Po wybraniu tej funkcji otwierane są klucze K1, K2, K3, a zamykany K4 (i jeśli

jest to ogniwo AA – K5). Ogniwo jest obciążone prądem 180 mA (jeśli jest to ogniwo AA, jest obciążone prądem 360 mA) i jest mierzony czas do rozładowania. Co 20 sekund pojemność mierzonego ogniwa jest inkrementowana o 1 mAh (dla ogniw AA inkrementacja następuje co 10 sekund). Ten proces



Rysunek 2. Schemat ideowy części cyfrowej i zasilacza

jest pokazywany na wyświetlaczu wskazaniem pojemności ogniwa oraz symbolem baterii o coraz mniejszym stopniu zacinienia.

Po rozładowaniu ogniwa symbol baterii jest pusty, a wynik pomiaru pojemności już się nie inkrementuje. Otwierany jest klucz K4 (i jeśli jest to ogniwo AA – K5), a zamykany K1.

Budowa

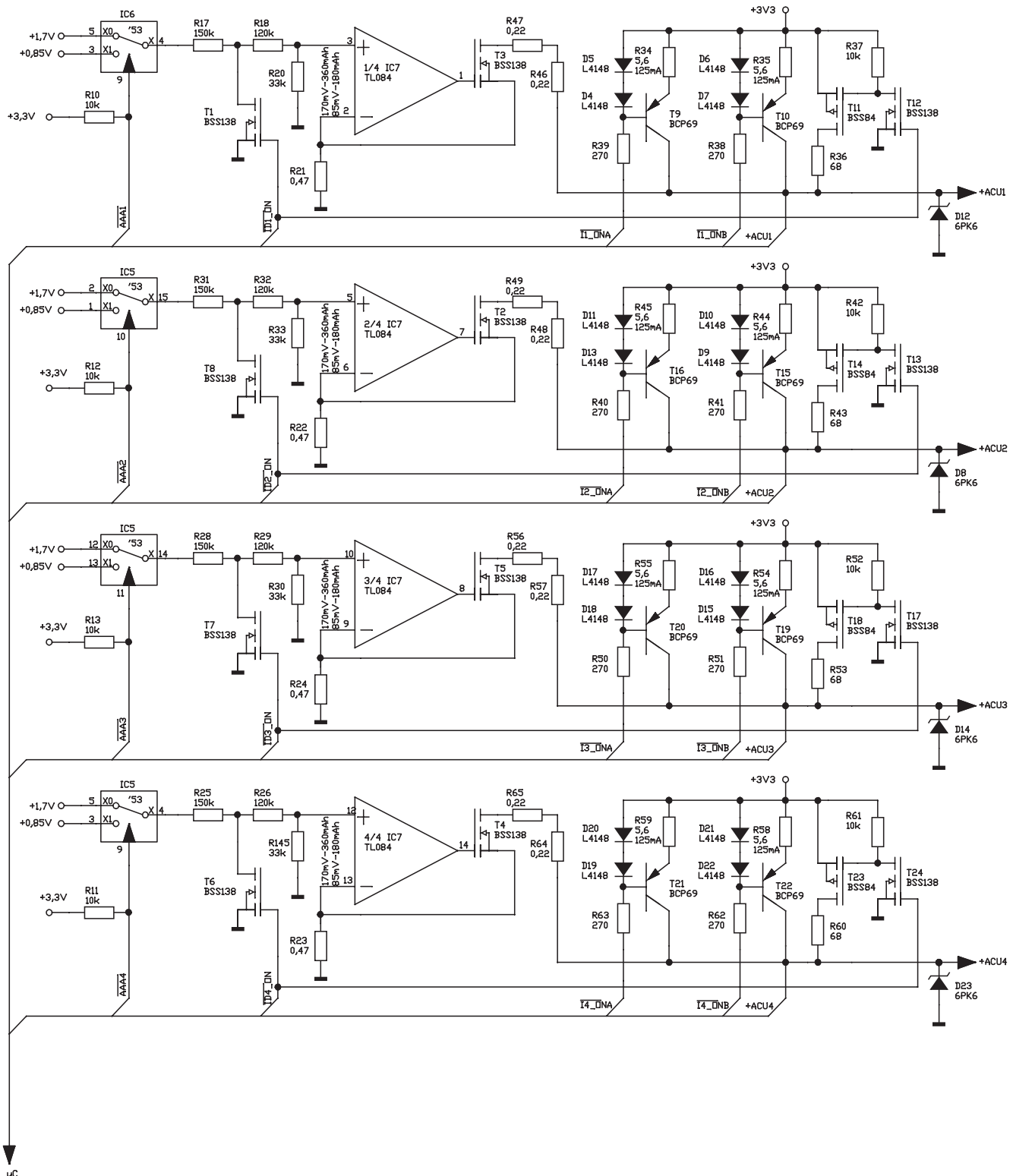
Ładowarka składa się z 3 trzech bloków funkcjonalnych: zasilacza, części cyfrowej, części

analogowej. Schemat części cyfrowej oraz zasilacza pokazano na **rysunku 2**. Napięcie z zewnętrznego źródła zasilania jest doprowadzone do nóżki 1 układu scalonego IC3, przez rezystor R8 do układu IC2 oraz przez rezystor R9 do diody Zenera D2. Źródło zasilania powinno dostarczać napięcie z zakresu 5...12 V DC przy prądzie 1 A.

Zasilacz

Układ IC3 typu LM2576 jest stabilizatorem „step-down” wytwarzającym napięcie 3,3 V

zasilające część cyfrową oraz źródła prądowe ładujące ogniwa. Dławik L1 musi być przeznaczony do pracy przy prądzie 1,5 A lub więcej. Układ scalony IC2 typu LM431 to precyzyjne źródło napięcia odniesienia zasilające przetwornik A/C mikrokontrolera, a poprzez dzielniki rezystancyjne R14/R16 i R19 stanowi źródło napięcia regulujące prąd rozładowania ogniwa. Układ IC4 typu ICL7660 to inwerter napięcia generujący ujemne napięcie zasilania dla wzmacniacza operacyjnego. Dioda Zenera ogranicza napięcie



Rysunek 3. Schemat ideowy części analogowej

zasilania układów analogowych do 7,5 V. Jeśli doprowadzone napięcie zewnętrzne jest mniejsze od 7,5 V, to dioda nie działa. Transil D3 zabezpiecza układ przez dołączeniem napięcia zewnętrznego o niezgodnej polaryzacji.

Część cyfrowa

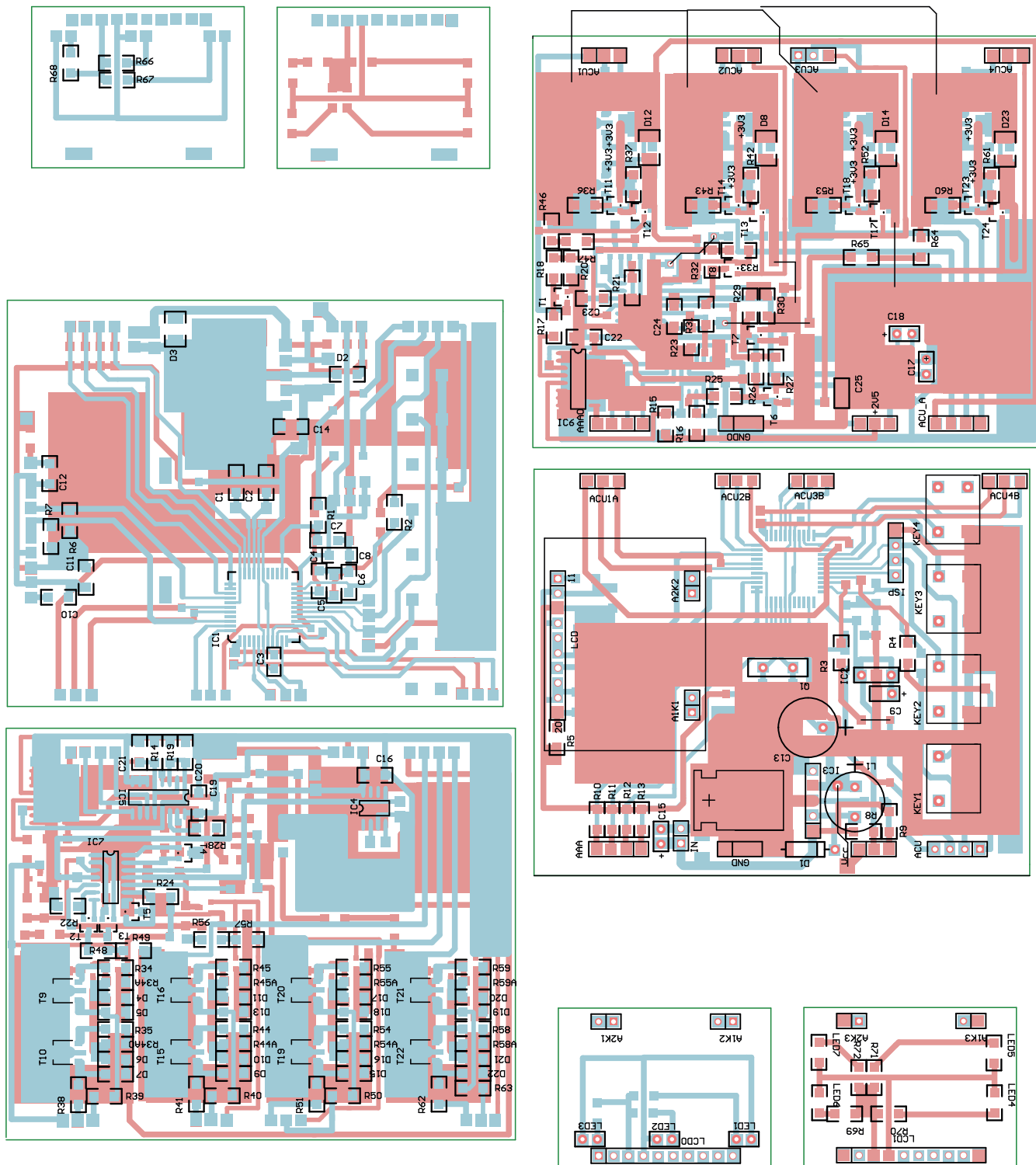
Główny element to mikrokontroler IC1 typu PIC16F877A zasilany napięciem 3,3 V, taktowany za pomocą rezonatora Q1 (4 MHz). Można było wykorzystać wewnętrzny generator RC, ale pomiar pojemności sprawnego

ogniwa trwa kilka godzin i rozbieżność zegara systemowego mogłaby wywnik pomiaru obarczyć znacznym błędem. Do mikrokontrolera dołączono 4 przyciski oznaczone KEY1...KEY4, które wraz z wyświetlaczem LCD stanowią interfejs użytkownika.

Wyświetlacz LCD typu EA DOG104B ma rozdzielczość 4x10 znaków i ciekawe możliwości. Można wykorzystać 4 wiersze lub mniej powiększając wiersz do podwójnej wielkości. Ponadto, tworząc własne znaki (np. symbol ładującej się baterii) można wykorzystać piksel między dwoma wierszami.

W ten sposób można tworzyć nieskomplikowaną grafikę. Niewielkie wymiary oraz interfejs ISP lub I²C (do wyboru) czynią go bardzo elastycznym w zastosowaniach. Niestety, cena jest raczej wysoka i można przeżyć rozczarowanie zamawiając taki wyświetlacz, kiedy okazuje się, że podświetlenie należy dokupić osobno, też raczej drogo. W ładowarce wyświetlacz jest sterowany za pomocą interfejsu I²C. Mikrokontroler do komunikacji z LCD korzysta z interfejsu sprzętowego.

Porty RA0, RA1, RA2 oraz RA5 skonfigurowano jako wejścia przetwornika A/C



Rysunek 4. Schematy montażowe płytek ładowarki

i przez rezystory dołączone do zacisków dodatnich ogniw. W ten sposób mikrokontroler nadzoruje napięcie ogniw. Port RA3 skonfigurowano jako wejście źródła napięcia odniesienia dla przetwornika i doprowadzono do niego napięcie 2,5 V z układu TL431.

Część analogowa

Blok analogowy składa się z 4 bliźniaczych obwodów – odrębny dla każdego ogniwa. Opis działania zostanie podany dla obwodu współpracującego z ogniwem „1”. Schemat bloku analogowego pokazano na **rysunku 3**.

Obwód ładowania ogniwa zawiera trzy źródła prądowe, a źródło I2 jest złożone z tranzystora T9 (BCP69) oraz diod D4 i D5. Wydajność tego źródła to 125 mA. Identyczne źródło prądowe I3 jest złożone z tranzystora T10 i diod D6 i D7. Jeśli ładujemy ogniwo typu AA (R6), to włączane są oba źródła. Prąd ładowania wynosi wówczas 250 mA, co przy największych dostępnych pojemnościach zapewnia bezpieczne ładowanie w czasie do 10 godzin. Przy ogniwie typu AAA (R3) załącza się jedno ze źródeł i prąd ładowania wynosi 125 mA, co również w bezpieczny sposób gwarantuje naładowanie ogniwa w zbliżonym czasie. Gdy ogniwo jest naładowane, źródła I1 i I2 są wyłączane poprzez mikrokontroler, który ustawia poziom na wejściach I1_ONA i I1_ONB. Jednocześnie jest ustawiane wejście ID1_ON, co powoduje załączenie tranzystorów T11 i T12, które włączają do naładowanego ogniwa prąd

konserwując I3 ograniczony rezystorem R36 do wartości około 25 mA.

Obwód do pomiaru pojemności jest złożony z precyzyjnego źródła prądu oznaczonego na schemacie blokowym I4 oraz I5. W rzeczywistości jest to jedno źródło o zmienianym przez mikrokontroler natężeniu prądu wyjściowego. Źródło jest zbudowane ze wzmacniacza operacyjnego IC7 (1/4 TL084) oraz tranzystora T3. Prąd płynący przez źródło wynosi $I4 = U_+ / R21$, gdzie U_+ jest to napięcie na dodatnim wejściu wzmacniacza operacyjnego. Źródło jest więc sterowane napięciem przez mikrokontroler, który włącza poprzez klucze analogowe zawarte w układzie IC6 (typu 4053) napięcie referencyjne 1,7 V lub 0,85 V na dzielnik 1/10 (R17, R18, R20) z którego napięcie jest doprowadzone do wejścia wzmacniacza operacyjnego.

Jeśli mierzymy pojemność ogniwa AAA, źródło pobiera prąd 180 mA. Jest to wartość bezpieczna dla małego ogniwa i po upływie 20 sekund pobrana energia odpowiada 1 mAh. Jeśli badamy pojemność ogniwa AA, źródło pobiera prąd 360 mA i energia odpowiadająca pojemności 1 mAh jest pobierana w ciągu 10 sekund. Tranzystor T1 wyłącza źródło prądowe I4 (I5) na czas ładowania ogniwa. Rezystory R46 i R47 ograniczają wydzielaną moc na tranzystorze T3. Transil D12 zabezpiecza układ przed nieprawidłowym podłączeniem ogniwa. Wzmacniacz operacyjny jest zasilany napięciem symetrycznym.

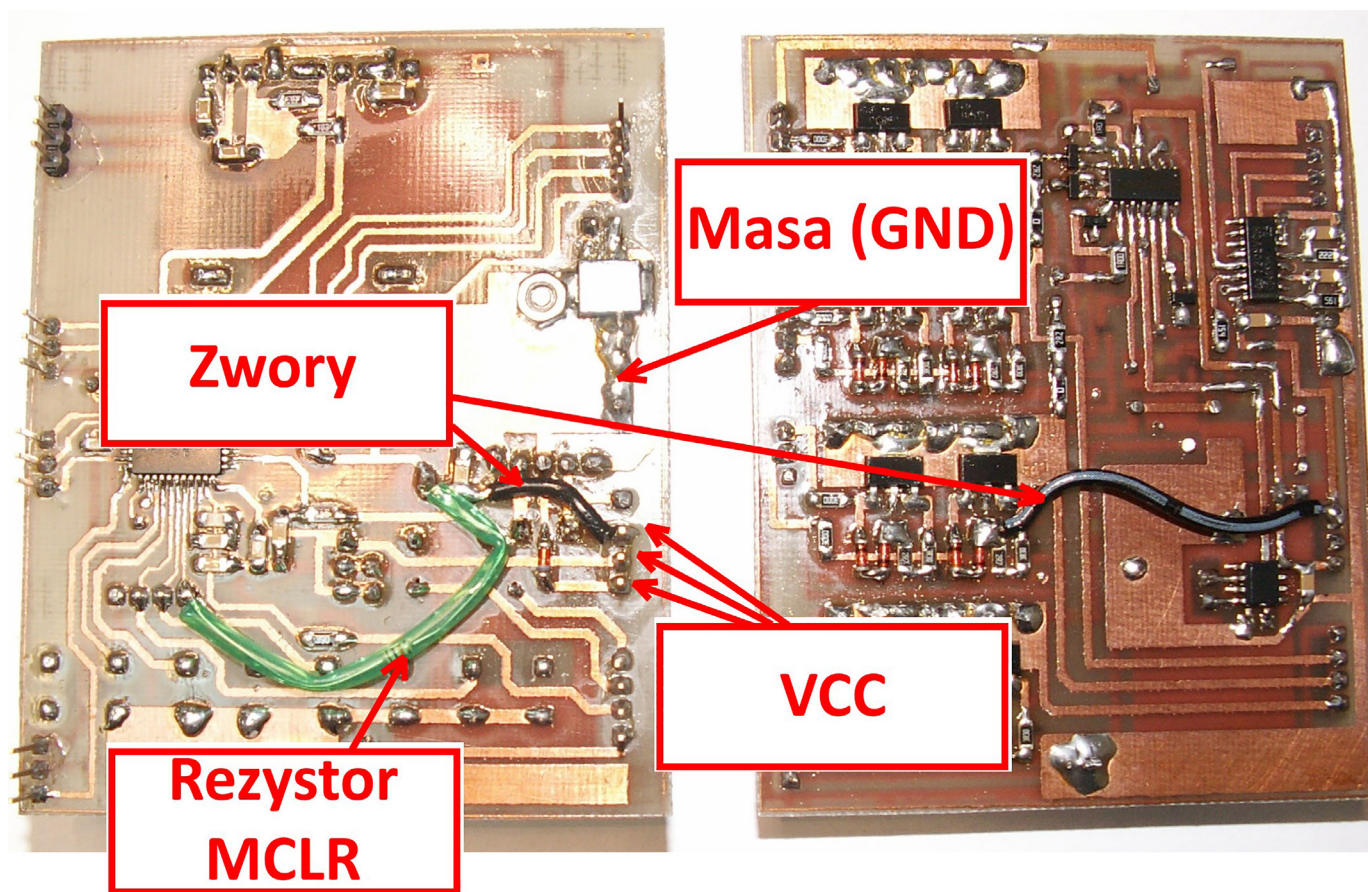
Montaż i uruchomienie

Układ zmontowano na dwóch, dwustronnych obwodach drukowanych o wymiarach 70 mm×85 mm. Schematy montażowe płytek pokazano na **rysunku 4**. Moduły wyposażone są łączone ze pomocą goldpinów i gniazd. Płytki drukowane wykonaniem samodzielnie metodą „na żelazko”. Ma to tę wadę, że otwory nie są metalizowane, co jest kłopotliwe zwłaszcza przy złączach goldpin, ale przy odrobinie praktyki można sobie z tym poradzić.

Montaż należy rozpocząć od elementów SMD (z wyjątkiem R47, R49, R56 i R65 w module analogowym). Następnie należy wlutować zwoje i przelotki, a na końcu elementy THT zwracając uwagę na polaryzację kondensatorów, diod i transilii.

Uruchomienie należy zacząć od sprawdzenia zasilacza. Jako źródło napięcia proponuję użyć zasilacza 5 V o ograniczonym prądzie, który należy dołączyć tylko do płytki z częścią cyfrową i zasilaczem – na początku bez wyświetlacza. W razie gdyby z powodu jakiś błędów montażowych układ IC3 nie ograniczył napięcia do 3,3 V, to podane 5 V nie zaszkodzi procesorowi, ale może uszkodzić wyświetlacz.

Po włączeniu napięcia zasilania należy sprawdzić napięcie systemowe 3,3 V, napięcie referencyjne 2,5 V oraz pomocnicze napięcia referencyjne 1,7 V i 0,85 V. W razie różnic należy skorygować rezystancje R14...R16 i R19. Jeśli użyjemy rezystorów



Fotografia 5. Wyprowadzenie MCLR mikrokontrolera



Fotografia 6. Montaż przewodów do wyprowadzeń koszyków

o tolerancji 1%, to przypuszczalnie korekcja nie będzie potrzebna. Jeżeli wszystkie napięcia są poprawne, można wgrać do procesora program **mch.hex**. W programie uaktywniono wejście MCLR (reset) procesora. W tej sytuacji należy dołączyć rezystor np. 10 kΩ między wyprowadzenie MCLR procesora

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 1206)

- R1...R4: 47 Ω
- R5...R7, R10...R13, R37, R42, R52, R61: 10 kΩ
- R8: 470 Ω
- R9: 220 Ω
- R14: 2,2 kΩ
- R15: 910 Ω
- R16: 1 kΩ
- R18: 47 Ω
- R19: 510 Ω
- R20: 33 kΩ
- R21...R24: 0,47 Ω
- R25: 150 kΩ
- R26, R29: 120 kΩ
- R27, R28: 150 kΩ
- R30...R33: 33 kΩ
- R34, R35, R44, R45, R54, R55, R58, R59: 5,6 Ω
- R36, R53, R60: 68 Ω
- R38...R41, R50, R51, R62, R63: 270 Ω
- R42: 10 kΩ
- R43: 68 Ω
- R46...R49, R56, R57, R64, R65: 0,22 Ω

Kondensatory: (SMD 1206)

- C1, C2: 33 pF
- C3: 100 nF (SMD 0805)
- C4...C8, C14, C16, C19...C24: 100 nF
- C9, C15, C25: 100 μF/16 V
- C10, C11: 1 μF
- C12: 2,2 μF
- C13: 470 μF/16 V
- C17: 470 μF/10 V
- C18: 10 μF/10 V

Półprzewodniki:

- IC1: PIC16F877A (TQFP)
- IC2: TL431 (TO92)
- IC3: LM2576-3.3 (TO220)
- IC4: ICL7660 (SO-8)
- IC5, IC6: 4053 (SO-16)
- IC7: TL084 (SO-14)
- T1...T8: BSS138 (SOT23)
- T9...T22: BCP69 (SOT223)
- T23, T24: BSS84 (SOT23)
- D1: 1N5819 (DO41)
- D2: BZX7V5 (miniMELF)
- D3: P6SMB15A (DO214AA)
- D4...D7, D9...D22: L4148 (miniMELF)
- D8: P6SMB6.8A (DO214AA)
- D23: P6SMB6.8B (DO214AA)

Inne:

- L1: 330 μH/ 1,5 A
- LCD: EA DOGS104B

a +3,3 V (fotografia 5). Można również dezaktywować MCLR procesora wpisując w programie MCLR_OFF i ponownie kompilując program. Wówczas dodatkowy rezystor nie będzie potrzebny.

Program po kompilacji ma zajmuje ok. 4,5 kB. Po wgraniu programu można zainstalować wyświetlacz i po włączeniu zasilania w pierwszym wierszu na wyświetlaczu powinien zostać pokazany komunikat „1 AA/AAA?”. Następnie należy za pomocą przewodów połączyć masę części cyfrowej (złącze „GND”) oraz zasilanie (złącze „Vcc”) z modułem części analogowej. Po włączeniu zasilania należy sprawdzić działanie konwertera napięcia IC4, na którego wyprowadzeniu 5 powinno być ujemne napięcie z wyprowadzenia nr 8 układu IC4. Teraz należy użyć zewnętrznego źródła napięcia około 1,5 V/0,5 A (może to być np. bateria R6) i dołączyć „-” tego źródła do masy, a „+” przez miliamperomierz do wolnego wyprowadzenia rezystora R47. Wyprowadzenie ID1_ON (bramka T1) modułu analogowego należy połączyć z masą. Miliamperomierz powinien wskazać około 180 mA. Następnie należy podłączyć wyprowadzenie AAA1 modułu analogowego (sterowanie klucza 4053) do masy. Wówczas prąd na miliamperomierzu powinien wynosić około 360 mA. Od dokładności tych wskazań zależy dokładność pomiaru pojemności ogniwa. Jeśli oba pomiary są za duże lub za małe można to skorygować rezystancją R20. Jeśli jeden z pomiarów jest za duży, a drugi za mały, należy sprawdzić napięcia referencyjne 1,7 V i 0,85 V.

Po ustawieniu prawidłowych wartości prądów należy odłączyć dodatkowe źródło zasilania i włączyć miliamperomierz między masę a zacisk „+ACU1”. Do zacisków „I1_ONA” (R39), „I1_ONB” (R38), „ID1_ON” (bramka T12) należy doprowadzić napięcie +3,3 V. Miliamperomierz powinien wskazać około 25 mA. Następnie

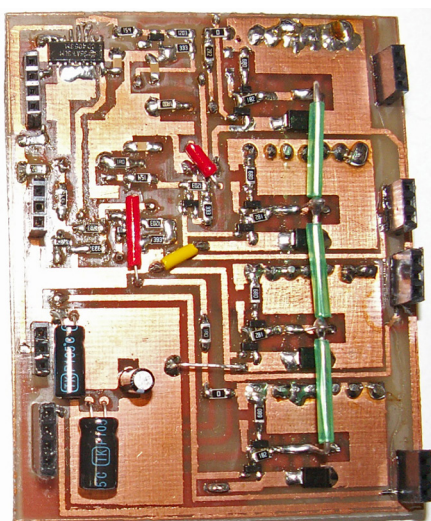
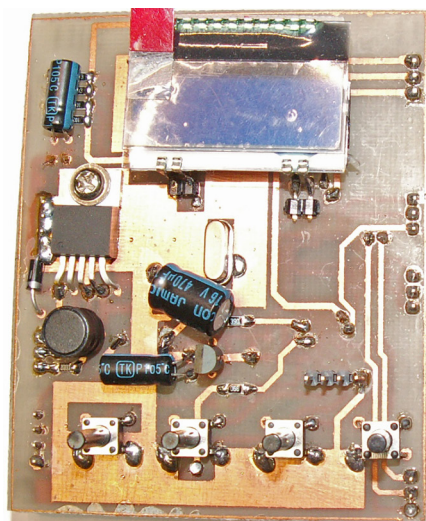
należy na zacisk „ID1_ON” (bramka T12) i zacisk „I1_ONA” (R39) doprowadzić masę. Miliamperomierz powinien wskazać około 125 mA. W dalszej kolejności, masę należy przyłączyć również do zacisku „I1_ONB” (R38). Wskazanie miliamperomierza powinno wzrosnąć do 250 mA. Jeśli wszystkie wartości były prawidłowe, należy wlutować rezystor R46.

W analogiczny sposób należy uruchomić gałęzie obwodów ogniwa 2,3 i 4 (ACU2-ACU4).

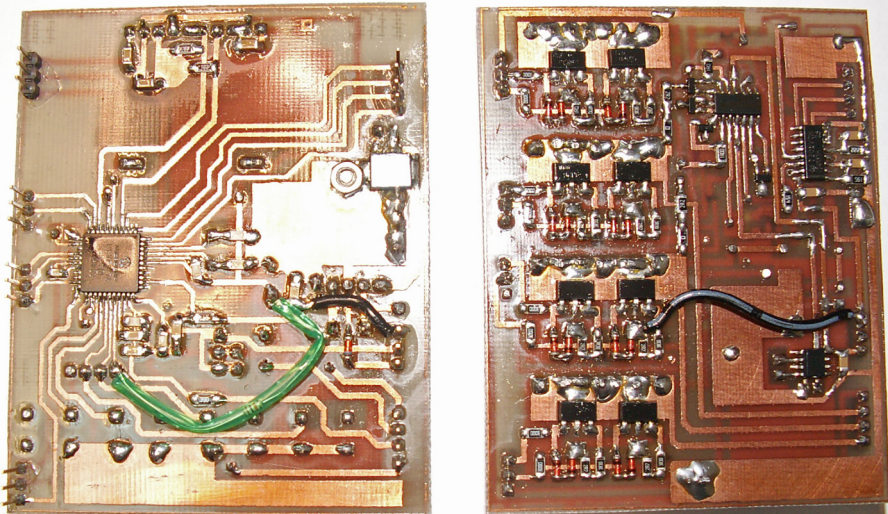
Po uruchomieniu można złożyć obie płytki razem wciskając płytkę części analogowej w goldpiny płytki części cyfrowej. Dodatkowo połączyłem masy obu obwodów przewodem o przekroju 1 mm² z uwagi na znaczny prąd, który może podczas ładowania fałszować pomiar napięcia na ogniwach. Tak zmontowany układ zamknąłem w obudowie z tworzywa sztucznego. Na czole obudowy wykonałem okienko na wyświetlacz oraz wywierciłem otwory na 4 przyciski. Z obu boków obudowy wywierciłem otwory w celu umożliwienia wymiany powietrza. Transzystory źródeł prądowych oraz układ IC3 będą się nagrzewać. Układ IC3 jest dodatkowo przykręcony śrubą M3 do laminatu, który ma duży obszar masy, aby odprowadzić ciepło. Zaciski do przyłączenia ogniwa wyprowadziłem na zewnątrz przewodami.

Pozostaje zamocować koszyki baterii. Ja zainstalowałem osiem koszyków na ogniwa. Cztery na ogniwa AA (R6) i cztery na ogniwa AAA (R3) grupując je po dwa i łącząc równolegle. Koszyki są ponumerowane, aby wiadomo było, którego ogniwa dotyczy wskazanie wyświetlacza.

Idealne byłyby takie koszyki na baterie, gdzie w jednym miejscu umieszcza się ogniwo R6 lub R3, ale takie nie sposób znaleźć w sprzedaży jako osobny element. Wszystkie pozostałe rodzaje koszyków mają jedną wadę – przewody. Oryginalne przewody mają bardzo mały przekrój. Ponadto,



Fotografia 7. Płytki ładowarki w widoku od góry



Fotografia 8. Płytki ładowarki w widoku od spodu

są zamocowane do zacisków poprzez nit stanowiąc bardzo wątpliwe połączenie o różnej, przypadkowej rezystancji. Mikrokontroler mierzy napięcie ogniwa tymi samymi przewodami, którymi płynie prąd ładowania i dlatego rezystancja przewodów i styków jest kluczowa. Zastąpiłem te wątpliwej jakości przewody lutując grubsze linki bezpośrednio do zacisków koszyka (fotografia 6). Nie jest to może piękne rozwiązanie i trzeba uważać podczas lutowania, ponieważ tworzywo, z którego zrobione są koszyki ma temperaturę topnienia tylko nieco wyższą od wosku, ale jest to skuteczna metoda na poprawę miejsca styku.

Zmontowane, wykonane własnoręcznie płytki ładowarki pokazano na fotografiach 7 i 8.

Eksplotacja – menu użytkownika

Przed włożeniem akumulatorów należy dołączyć zasilacz (zewnątrznie źródło zasilania). Na wyświetlaczu zostanie pokazany komunikat „1 AA/AAA?”. Następnie w koszyku należy umieścić ogniwa, które chcemy ładować lub mierzyć pojemność.

Przyciskami prawo/lewo wybieramy, jakiego rodzaju ogniwo jest umieszczony w koszyku 1. Podczas przemieszczania się po menu klawiszami przesuwamy kursor. Jeśli już dokonamy wyboru naciskamy „enter” (E). Na wyświetlaczu zostanie pokazany komunikat „CHG / TEST”. Wybierając „CHG” będziemy ładować ogniwo 1, natomiast wybierając „TEST” będziemy mierzyć jego pojemność.

Po ustawieniu kursora w odpowiedniej pozycji i zatwierdzeniu wyboru „enter” zostanie wyświetlony komunikat „2 AA/AAA?”. Dokonujemy ustawień dla ogniwa 2. Jeśli będziemy ładować/mierzyć tylko jedno, ogniwo należy nacisnąć „Esc” – wówczas ładowarka przejdzie do realizacji wybranej funkcji – ładowania lub pomiaru pojemności ogniwa 1. Jeśli są 2 akumulatory, to po wybraniu parametrów i funkcji ogniwa 2 zostanie wyświetlony komunikat „3 AA/AAA?”. Po naciśnięciu „Esc” ładowarka realizuje obsługę ogniwa 1 i 2. Analogicznie, jeśli mamy 3 ogniwa to po wyświetleniu komunikatu „4 AA/AAA?” naciskamy „Esc”. Łatwo zauważyć,

że obwód obsługujący ogniwo 1 pracuje zawsze, a pozostałe w zależności od potrzeby. Dlatego też ogniwa wkładamy według kolejności – od nr 1 do 4.

W pierwszej kolejności ogniwa są rozładowywane (symbol baterii zmniejsza swoją zawartość) aż napięcie na ogniwie spadnie do 1,05 V. Ten etap procesu można pominąć dla każdego ogniwa z osobną przyciskając klawisz z numerem ogniwa, dla którego chcemy pominąć proces rozładowywania. Następnie zaczyna się właściwy proces ładowania. Na wyświetlaczu jest pokazywany postęp ładowania w „%” oraz w za pomocą symbolu baterii. Trudno jest jednoznacznie określić procentowo postęp procesu, ponieważ ogniwo jest połączeniem idealnego źródła napięcia oraz rezystancji zastępczej. Jeśli do takiego dwójnika doprowadzimy źródło prądowe, to w zależności od wartości rezystancji zastępczej napięcie na ogniwie od razu wzrośnie. Im gorsze ogniwo, tym ta rezystancja jest większa. Jeśli ogniwo jest dobre, to po włączeniu ładowania wyświetlacz pokaże 10% (20%). Jeśli ogniwo jest kiepskie, to po włączeniu ładowania wyświetlacz pokaże od razu 80%.

Ładowanie kończy się, gdy proces osiągnie 100%. Wówczas wyłączane jest źródło prądowe i włącza się tylko źródło prądu konserwującego.

Jeśli wybierzemy funkcję test – pomiar pojemności ogniwa, to na wyświetlaczu wartość pojemności będzie wzrastała (inkrementowana co 10 sekund dla ogniwa AA lub co 20 sekund dla ogniwa AAA), a symbol baterii będzie tracił swoją „zawartość”. Proces zakończy się, gdy napięcie na ogniwie spadnie do 1,05 V. Wartość zmierzonej pojemności już się nie zwiększa, a symbol baterii jest pusty. Można oczywiście przeprowadzać jednocześnie różne funkcje. Np.: dwa ogniwa ładować, a w dwóch mierzyć pojemność.

Grzegorz Mazur
grmazur@poczta.onet.pl

HTTP://SKLEP.AVT.PL

SKLEP FIRMOWY
(sprzedaż na miejscu,
obsługa zamówień z odbiorem osobistym):

tel.: 22 257 84 66

Sklep stacjonarny
(ul. Leszczyńska 11, Warszawa – Żerań)

czynny w godzinach:

poniedziałek – piątek: 08:00 – 16:45 (czwartek do 17:45)

sobota: 10:00 – 13:45