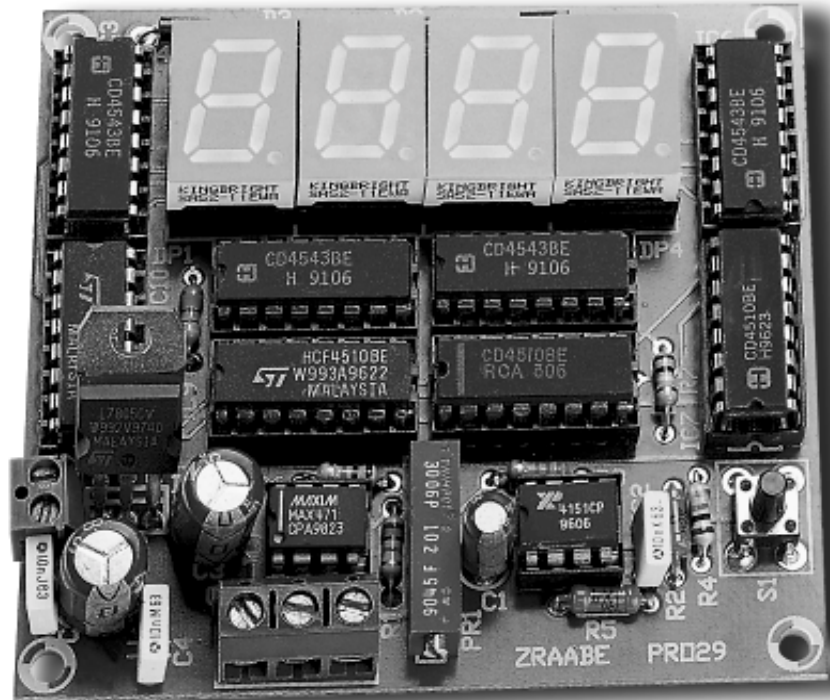


Licznik amperogodzin

kit AVT-818

Przyrządy do mierzenia wartości elektrycznych należą do żelaznego repertuaru pism przeznaczonych dla elektroników. Opisywaliśmy już wiele takich układów. Były to przede wszystkim najróżniejsze woltomierze, amperomierze, mierniki RLC i częstotliwości. Teraz chciałbym zaproponować budowę przyrządu umożliwiającego pomiar ładunku, który został dostarczony do lub pobrany z jakiegoś urządzenia.



Podstawowe zastosowanie proponowanego układu narzuca się samo: może on służyć do precyzyjnego monitorowania procesu ładowania i rozładowywania akumulatorów. Podczas normalnej eksploatacji akumulatorów, standardowe urządzenia służące do ich obsługi okazują się zwykle zupełnie wystarczające. Typowe ładowarki spełniają swoje zadanie, ponieważ zwykle nie interesuje nas „wyciśnięcie“ z akumulatorów maksimum ich możliwości. Jednak w zastosowaniach bardziej profesjonalnych ciągłego monitorowania pracy akumulatora może okazać się niezwykle cenna. Obserwacja bilansu energetycznego ogniwa jest bardzo użyteczna podczas procesu formowania akumulatorów, które mają być zastosowane jako źródło energii w modelach samolotów z napędem elektrycznym, a także podczas kontroli akumulatorów zasilających aparaturę zdalnego sterowania. Informacja o tym, ile w rzeczywistości możemy pobrać prądu z akumulatora może mieć decydujące znaczenie dla bezpieczeństwa lotu miniaturowego, ale

bardzo kosztownego samolotu. Posłużyłem się tu przykładem wziętym „z mojego podwórka“, ale sądzę, że zaprojektowany przeze mnie układ znajdzie zastosowanie także podczas innych operacji związanych z eksploatacją i konserwacją akumulatorów

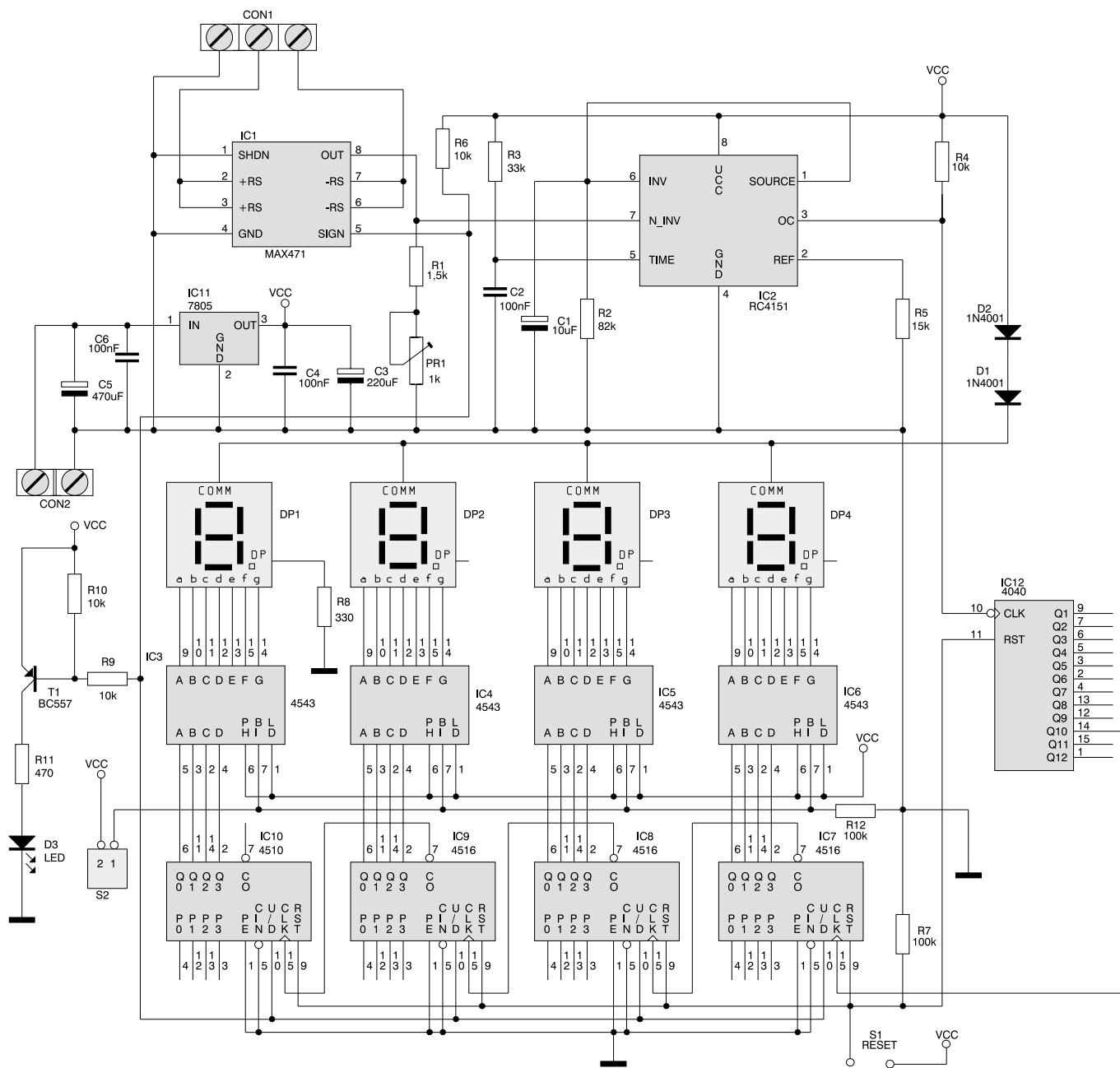
Opis działania układu

Schemat elektryczny proponowanego przyrządu został pokazany na **rys. 1**, a na **rys. 2** przedstawiono jego schemat blokowy. Jak widać, układ jest niezwykle prosty, a pozorne skomplikowanie schematu spowodowane zostało jedynie umieszczeniem na nim powtarzających się czterokrotnie bloków funkcjonalnych: licznik + dekodery BCD na kod wyświetlacza siedmiosegmentowego + wyświetlacz. Najważniejszym w układzie jest jednak blok pomiarowy zbudowany na układach IC1 i IC2 i od niego właśnie rozpoczniemy omawianie schematu.

Zbudowanie przetwornika prąd - napięcie jest w zasadzie sprawą prostą i taki układ można skonstruować z wykorzystaniem tylko jednego wzmacniacza operacyjnego

Podstawowe parametry licznika:

- ✓ Zakres napięć wejściowych: 3..36VDC;
- ✓ Zakres pomiaru prądu: ±3A;
- ✓ Prądowy współczynnik przetwarzania: 500A/A;
- ✓ Wyjściowy współczynnik przetwarzania: 1V/A (przy wartości R1 + PR1=2kΩ);
- ✓ Wartość rezystancji rezystora pomiarowego (wewnątrz struktury układu): 35mΩ;
- ✓ Pobór prądu: maks. 100μA;
- ✓ Sygnalizacja kierunku przepływu prądu.



Rys. 1. Schemat elektryczny miernika.

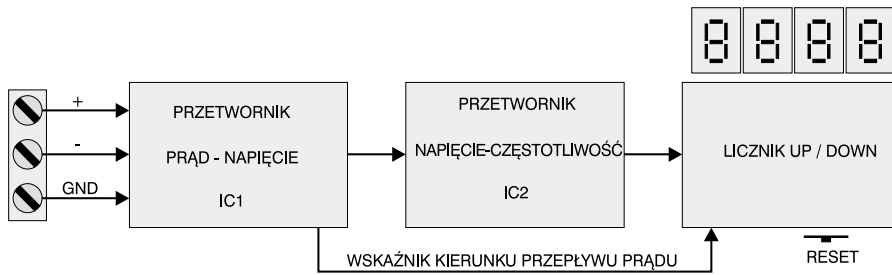
go. Podczas praktycznej realizacji układu pojawiają się jednak dwa problemy. Po pierwsze, trudno jest zdobyć rezystor pomiarowy o odpowiedniej klasie dokładności. Rezystory takie są wprawdzie produkowane, lecz są to elementy relatywnie drogie i trudne do nabycia w pojedynczych egzemplarzach. Pozostaje zatem stosowanie typowych rezystorów i konieczność wykonywania żmudnej kalibracji wykonanego przyrządu. Drugi problem, specyficzny dla układu, który zamierzamy zbudować, jest znacznie poważniejszy. Jeżeli bowiem mamy zamiar do-

konywać pomiarów prądu zarówno wpływającego do nadzorowanego urządzenia jak i z niego wpływającego, to konieczny będzie specjalny układ wykrywający kierunek przepływu prądu. Także taki układ można wykonać z wykorzystaniem wzmacniaczy operacyjnych, ale byłoby to rozwiązanie mało eleganckie i skomplikowane.

Obydwa problemy konstrukcyjne zostały przezwyciężone przez zastosowanie scalonego przetworznika prąd - napięcie wyposażonego także w układ wykrywający kierunek przepływu prądu. Ukła-

dem tym jest znany już Czytelnikom Elektroniki Praktycznej MAX471, opisany w numerze 5/96. W największym więc skrócie podamy podstawowe parametry tego interesującego i niesłychanie użytecznego dla konstruktorów układu.

A zatem, jeden ośmiokońcówkowy układ scalony zawiera w swojej strukturze wszystkie potrzebne nam elementy, łącznie z precyzyjnym rezystorem pomiarowym i układem detekcji kierunku przepływu prądu! Z jego wyjść otrzymujemy wszystkie potrzebne nam informacje: napięcie na wyj-



Rys. 2. Schemat blokowy toru pomiarowego.

ściu OUT jest wprost proporcjonalne do wartości prądu płynącego pomiędzy wejściami +RS i -RS, a stan wyjścia SIGN wskazuje na kierunek przepływającego prądu. Jest to wyjście typu OPEN COLLECTOR, co umożliwia zastosowanie kostki MAX471 zarówno w układach TTL jak i CMOS zasilanych w całym zakresie stosowanych dla nich napięć. Umieszczenie rezystora pomiarowego wewnątrz układu scalonego rozwiązało wszelkie problemy związane ze „zdobyciem“ dyskretnego rezystora o dobrych parametrach. Zastosowanie tego układu scalonego nasuwa jednak dwa ograniczenia, przed którymi należy ostrzec Czytelników. Pierwszym jest ograniczenie maksymalnej wartości mierzonego prądu do 3A. Jeżeli ta wartość okaże się niewystarczająca, to wracamy do punktu wyjścia i do poszukiwań odpowiedniego rezystora, którym moglibyśmy zbocznikować wejścia naszego przyrządu i rozszerzyć jego zakres pomiarowy.

Drugie ograniczenie wynika ze specyficznego sposobu zasilania układu MAX471. Prąd zasilania tego układu pobierany jest z jego wejść pomiarowych +RS i -RS, co uniemożliwia monitorowanie układów, w których napięcie jest mniejsze niż 3VDC. Nie będziemy więc mogli bez rozbudowania układu nadzorować procesu ładowania akumulatorów składających się z mniej niż trzech ogniw.

Kolejnym zadaniem, przed jakim stanąłem podczas projektowania proponowanego układu, było przetworzenie uzyskanej z MAX471 wartości napięcia na częstotliwość. Na szczęście ten problem okazał się banalny, produkowana jest bowiem ogromna liczba scalonych przetworników napięcie-częstotliwość. Mój wybór padł na popularny układ RC4151,

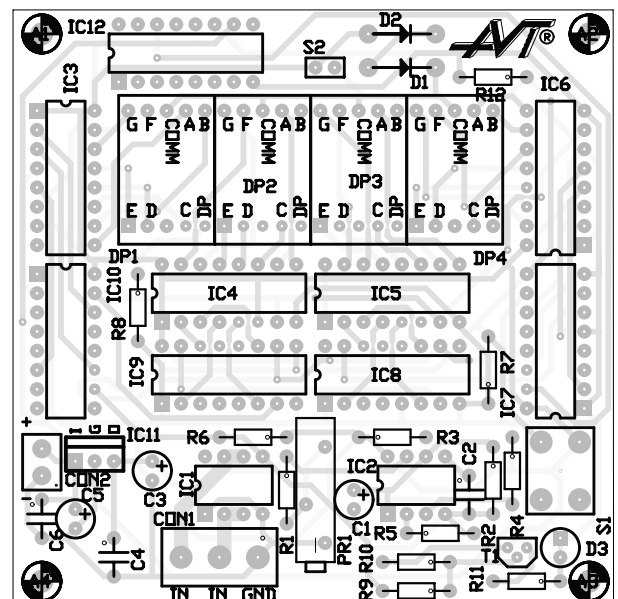
a podyktowany był głównie prostą aplikacją i niską ceną tego układu. Częstotliwość przebiegu prostokątnego na wyjściu OC tego układu jest wprost proporcjonalna do napięcia podanego na wejście N_INV, a zakres jej zmian określony jest wartościami R3 i C2. Generowany przez IC2 ciąg impulsów prostokątnych kierowany jest do dzielnika częstotliwości zrealizowanego na układzie IC12 - 4040, a następnie do bloku kaskadowo połączonych liczników.

Pozostała część układu jest typowym licznikiem impulsów, wyposażonym w możliwość zliczania zarówno „w dół“ jak i „w górę“. Wejścia wyboru kierunku zliczania U/D liczników IC7..IC10 zostały połączone ze sobą i doprowadzone do wyjścia SIGN przetwornika prąd - częstotliwość IC1. Jeżeli wyjście to jest zwarte poprzez wewnętrzny tranzystor do masy, to liczniki odejmują od swojej zawartości każdy kolejny impuls dostarczany na wejście CLK IC7. Występowanie na tych wejściach stanu wysokiego powoduje dodawanie impulsów do zawartości liczników. Wszystkie liczniki możemy w dowolnym momencie, najczęściej na początku cyklu ładowania - rozładowywania akumulatorów, wyzerować za pomocą przycisku S1.

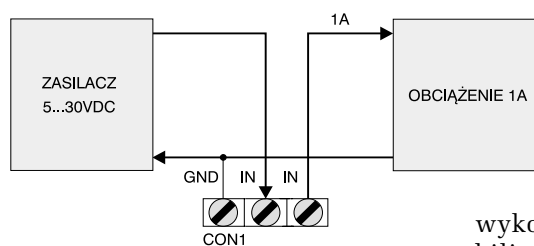
Wyjścia liczników połączone są z wejściami dekodery BCD - kod wyświetlacza siedmio-segmentowego IC3..IC6. Zadaniem

dekoderów jest prezentacja wyników zliczania na czterech wyświetlaczach siedmiosegmentowych DP1..DP4. Zastosowanie w układzie tych czterech wyświetlaczy spowodowało znaczne zwiększenie poboru prądu, co w przypadku monitorowania poboru prądu i zasilania układu z akumulatora mogłoby okazać się bardzo niekorzystne. Dlatego też wszystkie wejścia wygaszania BI dekodery IC3..IC6 zostały połączone ze sobą i dołączone do masy zasilania za pośrednictwem rezystora R12, co powoduje stałe wyświetlanie wyników pomiaru. Jeżeli jednak zewrzymy za pomocą przełącznika S2 wejścia wygaszania dekodery do plusa zasilania, to wyświetlacze zgasną i pobór prądu przez układ stanie się pomijalnie mały. Jeżeli często będziemy korzystać z takiego trybu pracy, to jako S2 można zastosować przełącznik z jednym tylko położeniem stabilnym, w którym wejścia BI dekodery będą zwarte do plusa zasilania. Naciśnięcie przycisku umożliwi szybkie odczytanie wyników i natychmiastowy powrót do pracy ze zmniejszonym poborem mocy.

Zadaniem diody LED D3 jest wskazywanie aktualnego kierunku przepływu prądu. Dioda ta świeci w momencie powstania na wejściach U/D liczników stanu niskiego, co odpowiada zliczaniu w dół.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej.



Rys. 4. Proponowany układ testowy.

Montaż i uruchomienie

Na rys. 3 pokazano rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej wykonanej z laminatu dwustronnego z metalizacją otworów. Montaż wykonujemy w typowy sposób, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach, a kończąc na wlotowaniu w płytkę stabilizatora napięcia i kondensatorów elektrolitycznych. Pod układy scalone jak zwykle zalecam zastosować podstawki, ale z jednym wyjątkiem.

Układ zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga uruchamiania. Miejmy nadzieję, że podobnie jak prototyp „odpali”

od razu i będzie wymagał jedynie dość pracochłonnej regulacji. Aby wykonać regulację naszego przyrządu musimy zmontować prosty układ przedstawiony na rys. 4. Możemy

wykorzystać dowolny zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym 4..30VDC, natomiast jako obciążenie najlepiej użyć układu w rodzaju aktywnego obciążenia (np. AVT-318). Jeżeli takiego nie posiadamy, to możemy zastosować inne obciążenie, starając się uzyskać „okrągłą” wartość natężenia prądu, co ułatwi obliczenie liczby impulsów zliczonych w określonym czasie.

Zasada regulacji jest bardzo prosta. Przy prądzie o wartości 1A, po pomiarze trwającym godzinę na wyświetlaczu powinna ukazać się liczba 1000 świadcząca o pobraniu przez obciążenie ładunku 1000mAh. Podczas pierwszej, zgrubnej regulacji nie będziemy czekać na wynik pomiaru całej godziny, wystarczy nam czas 6 min. Po włączeniu zasilania i dołączeniu obciążenia naciskamy przycisk RESET i mamy 6 minut na zrobienie sobie kawy. Po tym czasie sprawdzamy stan wyświetlacza, na którym z pewnością pojawiła się jakaś liczba, na razie różniąca się od 100. Jeżeli była ona większa od 100, to zmniejszamy rezystancję potencjometru montażowego PR1, a jeżeli mniejsza to wartość PR1 należy zwiększyć. Po kilku takich regulacjach osiągniemy z pewnością wystarczającą dokładność przyrządu. Jeżeli jednak zależy nam na osiągnięciu większej do-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

PR1: potencjometr montażowy HELLITRIM 1kΩ
 R1: 1,5kΩ
 R2: 82kΩ
 R3: 33kΩ
 R4, R6, R9, R10: 10kΩ
 R5: 15kΩ
 R7, R12: 100kΩ
 R8: 300Ω
 R11: 470Ω

Kondensatory

C1: 10μF
 C2, C4, C6: 100nF
 C3: 220μF/10V
 C5: 470μF/16V

Półprzewodniki

DP1, DP2, DP3, DP4: wyświetlacz siedmiosegmentowy LED wsp. anoda
 D2, D1: 1N4001
 D3: LED
 IC1: MAX471
 IC2: RC4151
 IC3, IC4, IC5, IC6: 4543
 IC7, IC8, IC9, IC10: 4510
 IC11: 7805
 IC12: 4040
 T1: BC557

Różne

CON1: ARK3
 CON2: ARK2 (3,5mm)
 S1: przycisk RESET

kładności przyrządu, to możemy powtórzyć regulację z wykorzystaniem dłuższego czasu pomiaru, np. 1 godziny. Układ powinien być zasilany napięciem stałym, niekoniecznie stabilizowanym, o wartości 7..16VDC.

Zbigniew Raabe, AVT