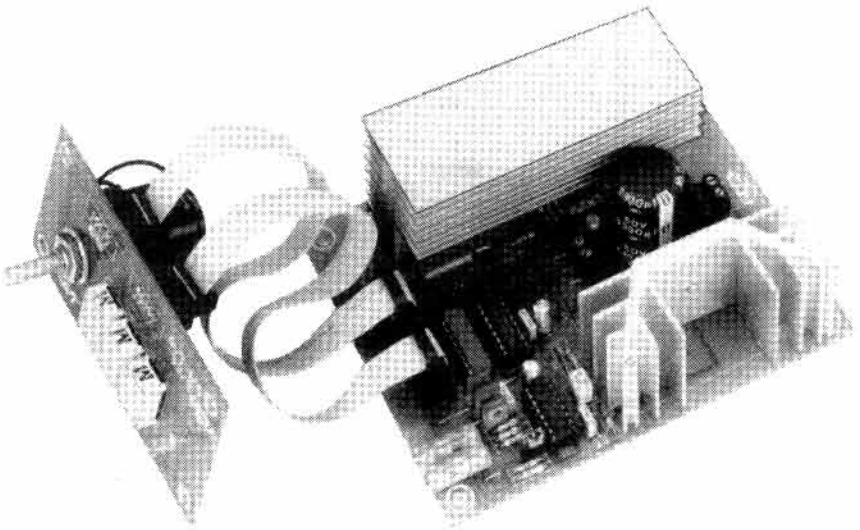
# Zasilacz warsztatowy dużej mocy cz. 1

## kit AVT-169

*Zasilacz jest niezbędnym i jednym z najbardziej podstawowych elementów wyposażenia każdego warsztatu elektronicznego. Najwięcej zalet praktycznych mają zasilacze uniwersalne - o regulowanym w szerokim zakresie napięciu wyjściowym, dużej obciążalności i jednocześnie odporności na zwarcia i długotrwałe przeciążenia. Przedstawiamy zasilacz stabilizowany wykonany w oparciu o nowoczesny układ stabilizatora LM350K produkcji National Semiconductor. Zastosowanie tego układu pozwoliło zbudować zasilacz o dobrych parametrach i stosunkowo niskiej cenie. Dodatkowym atutem jest zintegrowany z zasilaczem 3-cyfrowy woltomierz z wyświetlaczem LED pozwalający na ciągłą kontrolę wartości napięcia zasilającego.*



Układ LM350 jest produkowany przez wielu producentów na świecie, w związku z czym jego cena jest dość przystępna. Przeprowadzone próby z układami produkcji firm Motorola oraz Linear Technology wykazały ich pełną wymienność i utrzymanie parametrów zasilacza na podanym poziomie.

### Opis układu

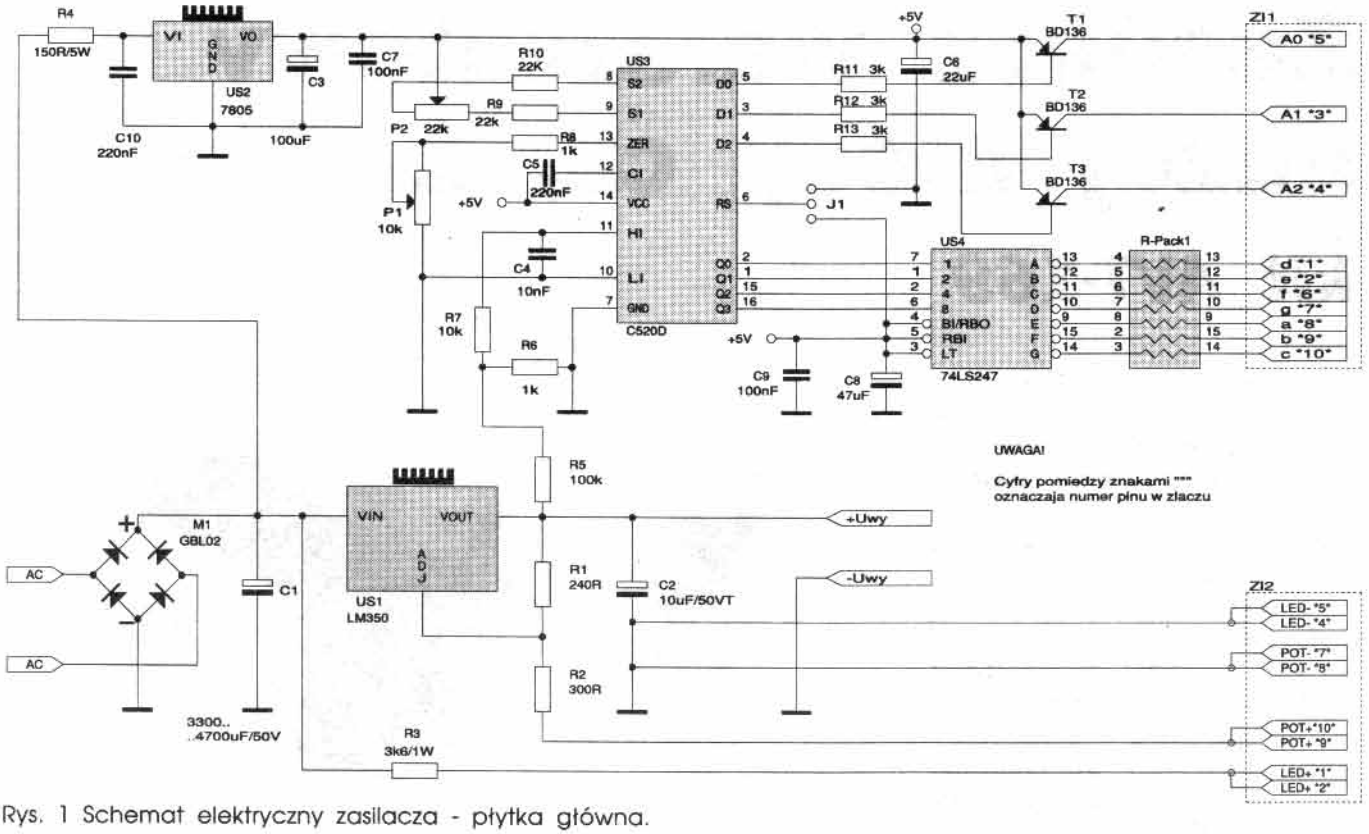
Na **rysunku 1** znajduje się schemat elektryczny zasilacza. Układ stabilizatora jest bardzo prosty - mostek M1 jest typowym prostownikiem Graetza, kondensator C1 filtruje napięcie wejściowe, obniżając wielkość przydźwięku sieciowego na wyjściu do dopuszczalnego poziomu. Rezystor R1 zasila wewnętrzny układ pomiarowy stabilizatora US1. Rezystor R2 wraz z potencjometrem P3 (**rys. 2**) spełnia rolę obciążenia dzielnika napięciowego dla układu pomiarowego. Zmiana rezystancji potencjometru P3 powoduje zmianę napięcia wyjściowego. Kondensator C2 filtruje napięcie wyjściowe i zapobiega wzbudzaniu się stabilizatora w przypadku stosowania długich przewodów doprowadzających napięcie do obciążenia. Jest to w zasadzie cały układ stabilizujący.

Drugą częścią zasilacza jest miernik napięcia wyjściowego. Jako przetwornik pomiarowy wykorzystano niezbyt nowoczesny, ale bardzo popularny układ produkcji byłego NRD C520D (odpowiednik Analog Devices AD2020). Napięcie wejściowe do przetwornika pobierane jest z wyjścia stabilizatora US1. Rezystory R5, R6 spełniają rolę dzielnika napięciowego, zapewniającego bezpieczną dla układu US3 wartość napięcia mierzonego. Ważne dla dokładności pomiaru jest dokładne dobranie stopnia podziału napięcia w tym dzielniku, tak aby wynosił on 100 (R5/R7). Wartość bezwzględna rezystancji nie ma bardzo dużego

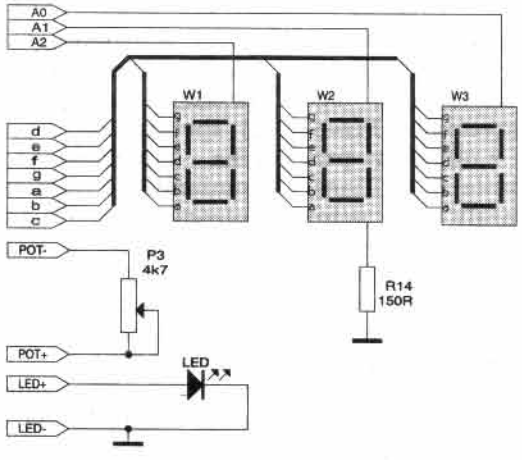
**Parametry egzemplarza modelowego**

| | |
|---|---|
| - zakres napięcia wyjściowego: | 1.2..24VDC |
| - maksymalny prąd wyjściowy: | 3A (patrz tekst) |
| - ilość pomiarów: | 3..180/s |
| - dokładność wskazań napięcia przez wbudowany woltomierz:: | 0,15% ±1 cyfra |
| - wpływ temperatury na przesunięcie „0" pomiaru: | 30µV/K |

*Podane parametry zmierzono multimetrami cyfrowymi Voltcraft 91. Transformator sieciowy nawinięty był na rdzeniu toroidalnym, miał moc 100VA i napięcie uzwojenia wtórnego 28VAC przy obciążeniu prądem 3A. Rezystory R5 i R6 miały tolerancję 0,1%.*




Rys. 1 Schemat elektryczny zasilacza - płytka główna.

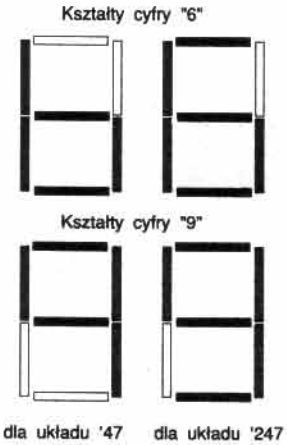



Rys. 2 Elementy na płytce dodatkowej.

znaczenia, wartości podane na schemacie są przykładowe. Ze względów sprawnościowych nie należy jednak zbytnio obniżać rezystancji dzielnika, ponieważ spowoduje to wzrost wydzielanej w nim mocy. Znaczne zwiększenie rezystancji spowoduje zwiększenie błędu pomiaru, pomimo niewielkiego prądu wejściowego układu US3 (utrzymuje się on na poziomie 100..200nA). Mierzone napięcie jest filtrowane przez kondensator C4. Jako zabezpieczenie wejścia przetwornika US3 można zastosować diodę Zenera D1, przy czym w praktyce nie jest ona niezbędna. W przypadku jej zastosowania warto dobrać egzemplarze o jak najmniejszym prądzie wstecznym, ponieważ może on wywołać znaczne odchyłki pomiarów.

Kondensator C5 współpracuje z wewnętrznym integratorem (układ dokonuje pomiaru metodą podwójnej integracji), potencjometr P2 umożliwia wyzerowanie konwertera U/I ustalając „0" pomiaru. Potencjometr P1 pomaga ustalić współczynnik przetwarzania, dzięki czemu możliwe jest wyjustowanie górnej granicy pomiarowej (rezystor R8 zmniejsza nieco zakres regulacji, dopasowując ją do potrzeb zasilacza).

Wynik konwersji układ US3 wyświetla na trzycyfrowym wskaźniku LED. Sterowanie tym wskaźnikem jest multipleksowe, tzn. kolejno wyświetlane są pojedyncze cyfry. Szybkie przełączanie wskaźników wywołuje wrażenie ciągłego świecenia wszystkich naraz. Sterowanie anodami wyświetlaczy odbywa się za pomocą tranzystorów T1..3. Ich bazy zasila układ US3 z wyjść wskazujących wyświetlaną aktualnie cyfrę D0..2. Rezystory R11..13 ograniczają prądy baz tranzystorów T1..3 zapobiegając ich uszkodzeniu. Na wyjściach danych Q0..3 pojawiają się sygnały cyfrowe (w standardzie TTL) określające jaka cyfra zostanie wyświetlona na wskaźniku. Dekodowaniem tej informacji zajmuje się standardowy dekoder z rodziny TTL 74247 - US4. Możliwe jest zastosowanie w jego miejsce układu 7447. Należy się jednakże liczyć w tym wypadku ze zmianą kształtu wyświetlanych cyfr 6 oraz 9. **Rysunek 3** przedstawia różnice pomiędzy wskazaniami układu 47 oraz 247. Możliwe jest także zastosowanie zamiast zalecanych układów serii LS lub HCT nieco łatwiej dostęp-

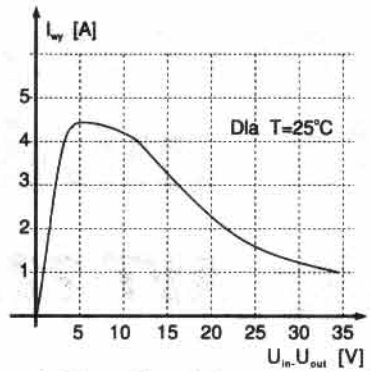


Rys. 3 Dwie wersje wyświetlania cyfr.

nych układów serii standardowej. Wiąże się to niestety z większym poborem prądu przez woltomierz, a w związku z tym z nieco większą temperaturą radiatora układu US2 i rezystora R4. Drugą wadą takiego rozwiązania jest konieczność „podwieszenia" wejść Q0.3 do plusa zasilania, ponieważ wejścia układów serii standardowej pobierają nieco więcej prądu niż wersje LS i HCT. W zupełności wystarczają rezystory o wartości 10kΩ. Prąd płynący przez diody wyświetlaczy jest ograniczany za pomocą rezystorów znajdujących się w R-Packu. Stosunkowo niska wartość rezystancji tych rezystorów wynika z konieczności podniesienia prądu impulsowo płynącego przez diody. Wartość średnia prądu płynącego przez diody jest bardzo niska, w związku z czym nie występuje groźba zniszczenia wyświetlaczy.

Jumper J1 zmontowany na płytce drukowanej służy do zmiany częstotliwości dokonywania pomiaru. W trybie „szybkim" układ US3 mierzy od 50..180 razy na sekundę, w trybie „wolnym" częstość pomiarów spada do 3..7/s. Tryb szybki (jak się okazało w praktyce) w standardowych zastosowaniach nie zdaje egzaminu - cyfra wskazująca dziesiąte części volta miga bardzo szybko, wydatnie obniżając czytelność odczytu. Tak więc do pracy zalecany jest raczej tryb „wolny". Częstotliwość odczytu jest na tyle duża, że nie występują kłopoty z odczytaniem aktualnej wartości napięcia nawet podczas szybkiej zmiany nastaw potencjometrem P3.

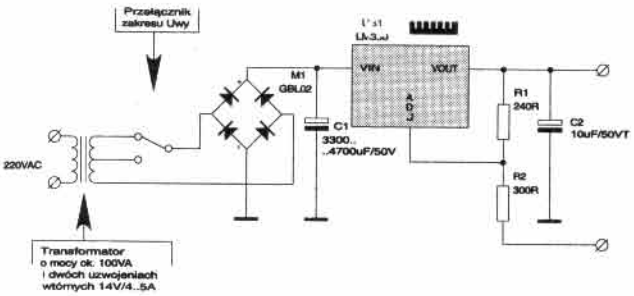
Ponieważ miernik napięcia musi być zasilany napięciem stabilizowanym +5V, na płytce drukowanej zasilacza przewidziano miejsce na scalony stabilizator US2 wraz z rezystorem R4 ograniczającym moc wydzielaną w tym układzie. Rozwiązanie takie zostało podyktowane koniecznością zmniejszenia rozmiarów radiatora chłodzącego US2. Spadek napięcia na rezystorze R4 wynosi ok. 10..15V, tak więc wydziela się w nim moc rzędu 1,5W max. Zastosowano jednakże rezystor drutowy o mocy 5W. W płytce drukowanej, bezpośrednio pod rezystorem, wykonano kilka otworów o średnicy 3..3,5mm dzięki którym znacznie poprawiają się warunki chłodzenia tego rezystora. Także pod radiatorem przymocowanym do układu US2 wywiercone są otwory wspomagające chłodzenie, co daje wyraźną poprawę warunków pracy stabilizatora. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie jest konieczne stosowanie specjalnych technik chłodzenia (np. wentylatorów). Nieco inną metodę chłodzenia przyjęto dla układu US1. Ponieważ wydziela się w nim dość duża moc (w najbardziej krytycznych warunkach ok. 35W) niezbędnym okazało się zastosowanie dużego, silnie żebrowanego, radiatora aluminiowego. Ze względu na budowę radiatora, w płytce nie wykonano żadnych dodatkowych otworów chłodzących. Warunki cieplne pracy układu US1 poprawia nieco



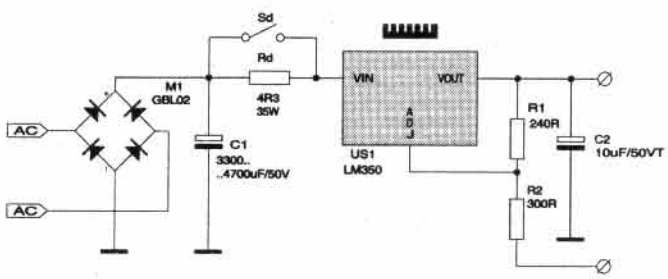
Rys. 4 Charakterystyka ogranicznika prądowego.

fakt, że charakterystyka ogranicznika prądowego wbudowanego w strukturę zapewnia obniżenie maksymalnego prądu wyjściowego przy dużej wartości różnicy napięcia pomiędzy wejściem i wyjściem. Przybliżony kształt tej charakterystyki przedstawia **rysunek 4**, a nieco dokładniejszy opis układu LM350 zamieszczono w EP 11/94. Z jednej strony, zmniejszenie wartości maksymalnej prądu wyjściowego przy niskich napięciach na wyjściu jest wadą proponowanego rozwiązania. Z drugiej strony, okazuje się, że stosunkowo rzadko występuje konieczność zasilania układu niskonapięciowego ze źródła o wydajności powyżej 1A. W przypadku konieczności utrzymania w całym zakresie napięć wyjściowych wydajności prądowej na poziomie 3A należy zastosować w zasilaczu transformator z odczepem (**rys. 5**) lub dodatkowy rezystor w szereg z wejściem układu US1 (**rys. 6**). Są to rozwiązania komplikujące nieco budowę zasilacza. W przypadku zastosowania rozwiązania z rys. 6 należy się liczyć dodatkowo ze znacznym pogorszeniem sprawności zasilacza i znacznym zwiększeniem się mocy wydzielanej w postaci ciepła.

**Piotr Zbysiński, AVT**



Rys. 5.



Rys. 6.

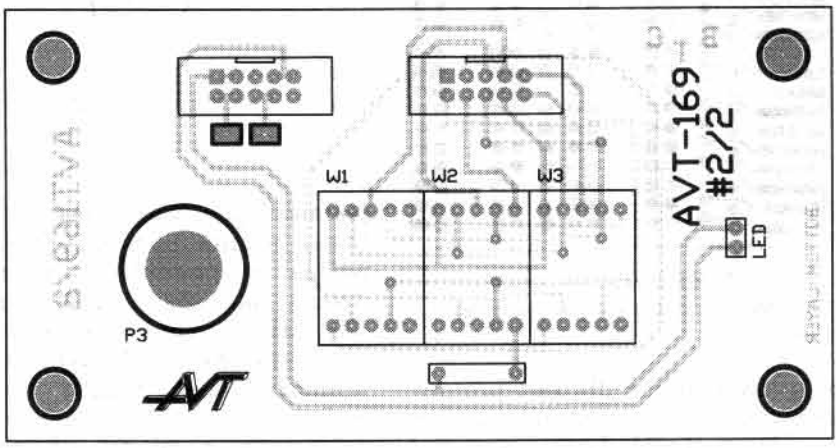
# Zasilacz warsztatowy dużej mocy cz. 2

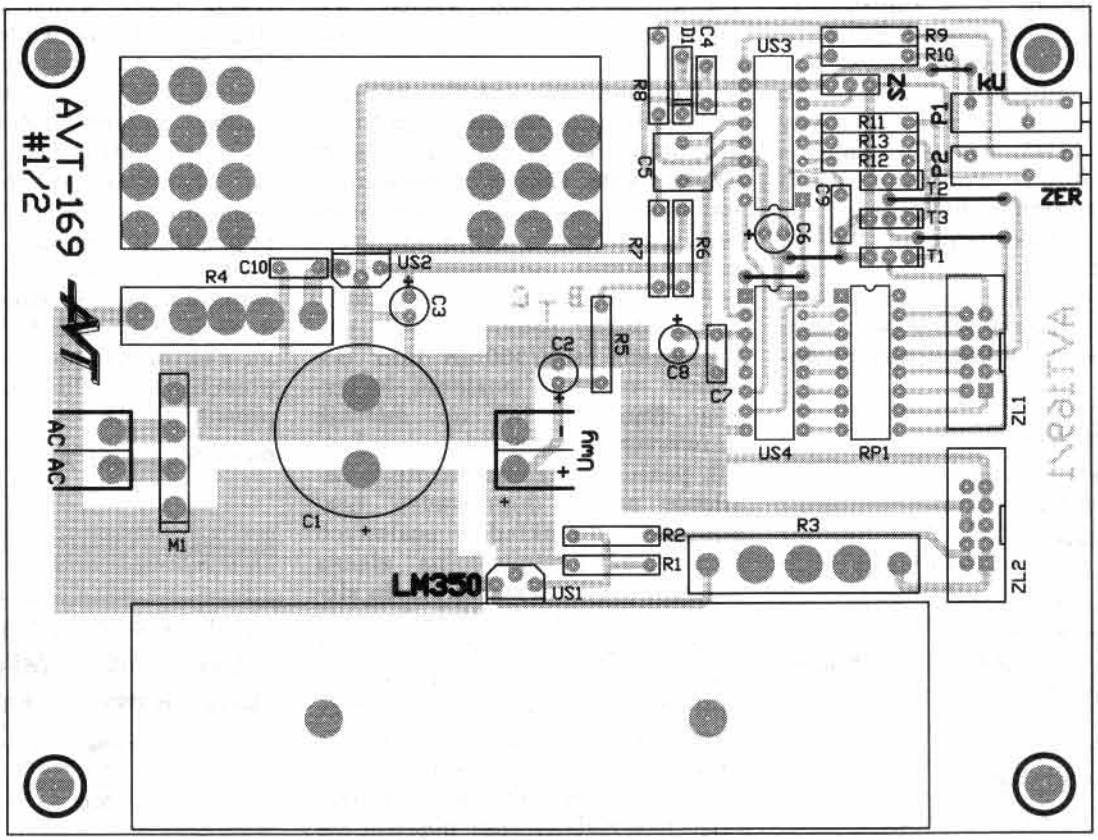
## *kit AVT-169*

### Montaż i uruchomienie układu

Zasilacz jest montowany na dwóch płytkach drukowanych, wykonanych wg rysunku na wkładce (płytka dwustronna z metalizacją). Rozmieszczenie elementów na tych płytkach przedstawiają **rysunki 7 i 8**. Na piewszej płytce zamontowane są wszystkie elementy zasilacza mocy, zasilacza woltomierza oraz samego miernika (schemat z rys. 1). Na drugiej płytce montowane są wyświetlacze wskaźnika napięcia, dioda LED wskazująca, że zasilacz jest włączony do sieci oraz potencjometr wieloobrotowy służący do regulowania napięcia wyjściowego (schemat na rys. 2). W modelowym egzemplarzu zastosowany został potencjometr drutowy produkcji Telpodu.

Montaż zasilacza wymaga nieco uwagi, ponieważ wlutowywanie układów scalonych przymocowanych do radiatorów grozi ich uszkodzeniem (wyłamaniem



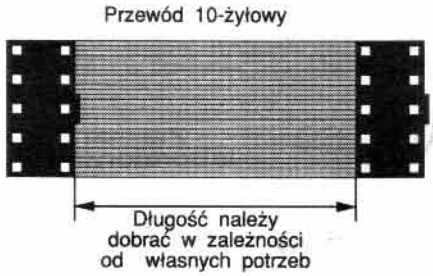

Rys. 7, 8. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych zasilacza

końcówek). Radiator chłodzący układ US1 jest przykręcony do płytki drukowanej za pomocą dwóch wkrętów ϕ 3mm. Radiator chłodzący stabilizator US2 jest przymocowany do płytki drukowanej za pomocą kleju odpornego na temperaturę.

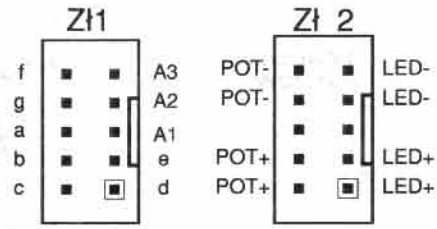
Połączenia pomiędzy płytkami wykonane są za pomocą dwóch płaskich taśm 10-przewodowych z zaciśniętymi na końcach złączami IDC (10-pinowe). Propozycja sposobu ich wykonania jest przedstawiona na **rysunku 9** - długość taśm przewodowych należy dobrać w zależności od planowanej odległości pomiędzy płytkami. Na obydwu płytkach przewidziano miejsca na męskie złączki IDC - montaż ich należy przeprowadzić zgodnie z rysunkiem na opisowej warstwie płytki! Na **rysunku 10** przedstawiono opis i funkcje wyprowadzeń obydwu złączy. Bardzo ważne jest, żeby elementy R5 i R6 miały jak najmniejszą tolerancję i, jak wspomniano wcześniej, stosunek ich wartości powinien być jak najbardziej zbliżony do 100. Kondensatory C4, C5 oraz rezystory R8, R9 i R10 muszą mieć parametry stabilne w funkcji temperatury. Potencjometry P1 oraz P2 są typowymi potencjometrami wieloobrotowymi - jeżeli będą pochodziły od dobrego producenta, nie powinny sprawić kłopotu podczas długiego okresu pracy zasilacza.

Potencjometr P3 należy przykręcić bezpośrednio do płytki drukowanej, na której montowane są także wyświetlacze. Krótkimi przewodami należy dolutować jego końcówki do prostokątnych pól lutowniczych, przewidzianych specjalnie do tego celu.

Uruchomienie zasilacza należy przeprowadzić etapami - najlepiej zacząć od dokładnego sprawdzenia jakości i poprawności montażu. Obydwie płytki drukowane należy połaczyć ze sobą przygotowanymi uprzednio kablami zakończonymi zaciskanymi złączami. Bardzo pomocny w uruchomieniu byłby dowolny miernik uniwersalny, najlepiej cyfrowy. Uruchomienie stabilizatora mocy jest bardzo proste - jeżeli montaż został przeprowadzony poprawnie, nie występują żadne kłopoty. Należy tylko sprawdzić zakres regulacji napięcia wyjściowego i działanie ogranicznika prądowego. Warto także obciążyć wyjście stabilizatora rezystorem lub zestawem rezystorów o mniejszej mocy i sprawdzić kontakt termiczny pomiędzy obudową układu US1 a radiatorem. Autor przeprowadził próby z wykorzystaniem zestawu rezystorów o rezystancji 10Ω i mocy 50W, przy napięciu wyjściowym ok. 20V. Może się czasami okazać konieczne poprawienie kontaktu termicznego za pomocą pasty silikonowej lub też, w przypadku niezbyt dobrego przygotowania powierzchni radiatora, doszlifowanie miejsca styku radiatora i układu scalonego przy pomocy bardzo drobnego papieru ściernego. W przypadku stosowania obciążeń połączonych z zasilaczem długimi przewodami, może wystąpić zjawisko wzbudzania się układu US1. Należy wtedy, bezpośrednio przy zaciskach, zamontować dodatkowy kondensator tantalowy o pojemności 1..4,7μF/50V. Po dokładnym sprawdzeniu jakości odprowadzania ciepła przez radiator możemy przejść do uruchomienia woltomierza. Pierwszy krok to kontrola napięcia zasilającego układy US3 i US4. Mierzymy je na wyjściu stabilizatora US2 - powinno wynosić 5V ±10%. Podobnie jak w przypadku stabilizatora mocy, warto skontrolować termiczne warunki pracy US2 (jakość odprowadzania ciepła przez przymocowany do układu radiator). Za pomocą jumpera J1 wybieramy szybkość wykonywania pomiarów przez




Rys. 9. Taśma łącząca płytki




Rys. 10. Opis i funkcje wyprowadzeń obydwu złączy

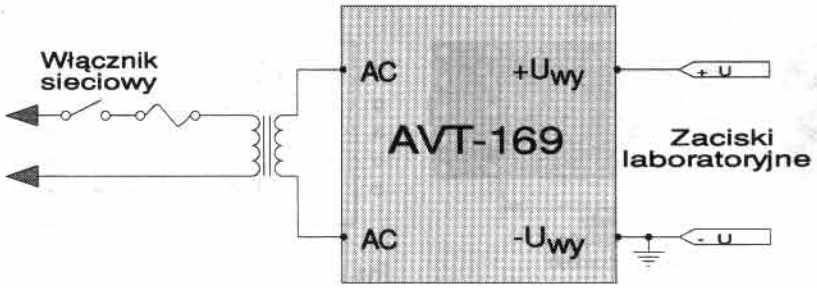
**WYKAZ ELEMENTÓW**

**Rezystory**
R1: 240Ω
R2: 300Ω
R3: 3,6kΩ/1W
R4: 150Ω/5W
R5: 100kΩ, precyzyjny 0,1%
R6: 1kΩ, precyzyjny 0,1%
R8: 1kΩ
R10: 22kΩ
R11, R12, R13: 3kΩ
R14: 150..220Ω
P1, R7: 10kΩ
P2, R9: 22kΩ
P3: potencjometr wieloobrotowy 4,7kΩ
R-Pack1: 150Ω..220Ω w obudowie DIL16 lub 8 rezystorów

**Kondensatory**
C1: 3300..4700μF/50V
C2: 10μF/50V
C3: 100μF/10V
C4: 10nF
C5, C10: 220nF/63V
C6: 22μF/10V
C7, C9: 100nF
C8: 47μF/10V

**Półprzewodniki**
T1, T2, T3: BD136 lub podobny
US1: LM350 w obudowie TO220 (K)
US2: 7805 lub 78M05
US3: C520D
US4: 74LS247 lub 74LS47
W1..3: wyświetlacze LED 13mm WA
LED: dowolna dioda świecąca f 5mm
M1: GBL02 lub podobny

**Różne**
J1: jumper 3x1
ARK: ARK podwójne x2
Zł1..4: 10-pinowe złącza IDC
4 wtyki IDC + przewód płaski 10-żyłowy
oprawka bezpiecznikowa przykręcana do obudowy
włącznik sieciowy
zaciski laboratoryjne
transformator sieciowy 100VA (nie wchodzi w skład kitu AVT-169 - jest sprzedawany na osobne zamówienie)




Rys. 11. Przykładowy schemat połączeń wewnętrznych zasilacza

przetwornik US3. Zmiana napięcia na wyjściu zasilacza (przy pomocy potencjometru P3) powinna powodować zmiany odczytu na wskaźnikach LED W1..3. Wyskalowanie woltomierza polega na ustawieniu wskazania „000" przy zwartym wejściu (pin 10 US3 zwarty z 11) za pomocą potencjometru P2 i następnie po ustaleniu napięcia na wyjściu zasilacza na ok. 20.0V (warto skontrolować tę wartość miernikiem cyfrowym) za pomocą P1 ustalamy odczyt jak najbliżej ustalonej wartości. Taka dwupunktowa regulacja jest bardzo prosta do przeprowadzenia i pozwala w pewnym stopniu zlikwidować błędy wywołane przepływem prądu do wejścia układu pomiarowego.

Po uruchomieniu zasilacza można wmontować go do obudowy - oprócz elementów narysowanych na schemacie elektrycznym (rys. 1 oraz rys. 2) należałoby zastosować włącznik sieciowy oraz bezpiecznik w uzwojeniu pierwotnym transformatora. Bezpiecznik należy dobrać w zależności od mocy zastosowanego transformatora. Jak wspomniano na początku artykułu, w modelu zastosowany został transformator toroidalny o napięciu na uzwojeniu wtórnym ok. 28VAC. W przypadku zastosowania znacznie łatwiej dostępnego transformatora o napięciu wtórnym 24VAC zmniejszy się nieco zakres napięcia wyjściowego (do ok. 22VDC) ale obniży to dość znacznie koszt wykonania zasilacza.

Przykładowy schemat montażowy znajduje się na **rysunku 11.**

**Piotr Zbysiński, AVT**