

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.

Zasilacz cyfrowy

Każdy konstruktor wie, jak bardzo przydatnym urządzeniem jest w pracowni elektronika zasilacz. Na dobry, firmowy zasilacz trzeba wydać sporo pieniędzy, a z drugiej strony, wykonanie funkcjonalnego zasilacza z podzespołów dostępnych w handlu i wyposażenie go w „wymarzone” funkcje jest realne i wykonalne. Dlatego też postanowiłem samodzielnie zbudować zasilacz i wyposażić go w kilka przydatnych funkcji.

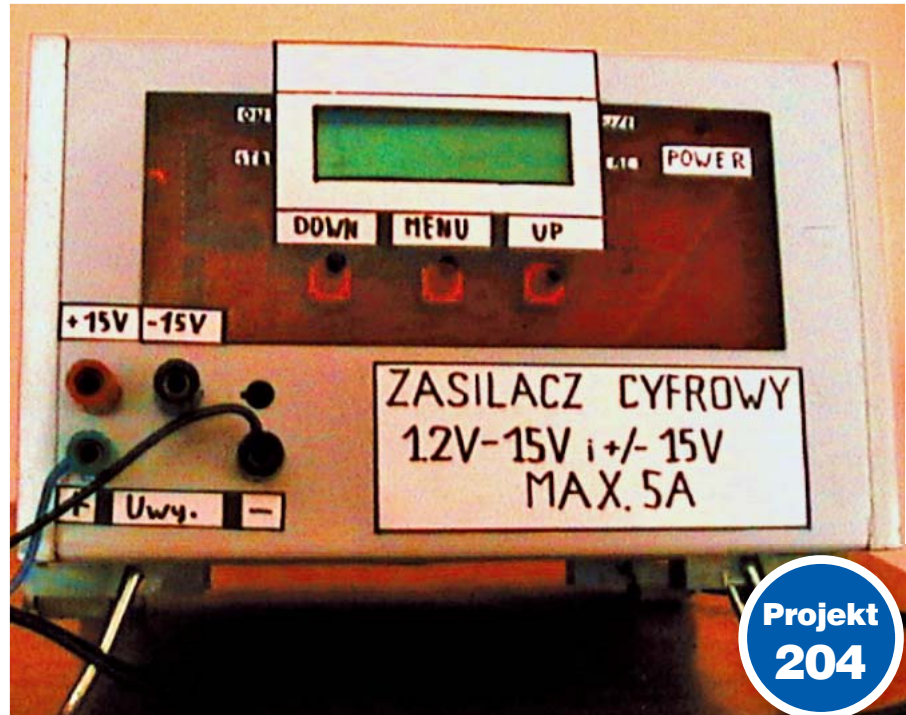
Projektując zasilacz przyjąłem kilka założeń, które powinno spełniać gotowe urządzenie. Założenia były podyktowane potrzebami, najważniejsze z nich to:

1. Napięcie wyjściowe kanału głównego 1,2...15 V regulowane z krokiem co 100 mV.
2. Ciągły prąd obciążenia ok. 3,5 A regulowany z krokiem co 100 mA w zakresie do 5 A.
3. Maksymalny, krótkotrwały prąd obciążenia 5 A.
4. Dodatkowe, pomocnicze wyjście napięcia symetrycznego ± 15 V DC o małej wydajności prądowej do zasilania układów analogowych, pomocniczych itp.
5. Wyświetlanie na wyświetlaczu LCD wartości napięcia i prądu.
6. Regulacja parametrów za pomocą przycisków.
7. Zabezpieczenie przed przegrzaniem i przeciążeniem.
8. Możliwość programowej rozbudowy zasilacza o kolejne funkcje.

Projektując zasilacz zdecydowałem się na zastosowanie mikrokontrolera, co ułatwiło wykonanie interfejsu użytkownika oraz pomiar i wyświetlanie parametrów zasilania dostarczanego do obciążenia.

Zasada działania

Schemat ideowy części sterującej pokazano na **rysunku 1**, natomiast obwodów



wykonawczych mocy na **rysunku 2**. Sercem urządzenia jest mikrokontroler ATtiny2313. Obsługuje on wyświetlacz LCD, interfejs I²C, komunikuje się z 8-bitowym przetwornikiem PCF8591, interpretuje i przetwarza wartości ustawione przez użytkownika oraz obsługuje zabezpieczenie przed przeciążeniem. Elementem wykonawczym jest tranzystor T4 i współpracujący z nim tranzystor T3. Oba pracują w układzie super-alfa ograniczając prąd pobierany ze wzmacniacza operacyjnego U6. Ze względu na dużą ilość ciepła wydzielaną w elemencie mocy T4 został on umieszczony na radiatorze, który jest dodatkowo chłodzony za pomocą wentylatora wymontowanego ze starego zasilacza komputerowego. Wentylator jest sterowany przez układ utrzymujący stałą temperaturę radiatora. Do regulowania temperatury załączenia wentylatora służy RN1. Dioda D13 zabezpiecza tranzystor mocy przed skutkami przepięć.

Innym ważnym elementem układu wykonawczego jest wzmacniacz operacyjny U6, który pracuje jako komparator porównujący napięcie wzorcowe podane na wejście nieodwracające z napięciem wyjściowym zasilacza pomniejszonym 10-krotnie i doprowadzonym do wejścia odwracające-

cego. Wzmacniacz ma stałe wzmocnienie równe $K=10$.

Tranzystor T5 z rezystorem R10 stanowi część zabezpieczenia termicznego. Po podaniu napięcia na bazę tego tranzystora zaczyna on przewodzić, co powoduje spadek napięcia wyjściowego do zera. Po ostygnięciu zasilacz wraca do normalnej pracy.

Kondensator C6 o dużej pojemności wraz z rezystorem R8 filtrują napięcie podawane na tranzystory T3 i T4. Są one konieczne, gdyż napięcie wyjściowe przetwornika ma charakter schodkowy, co powoduje niestabilność napięcia i prądu wyjściowego.

REKLAMA

Projekty na... 

STM32

www.stm32.eu

 **KAMAMI**

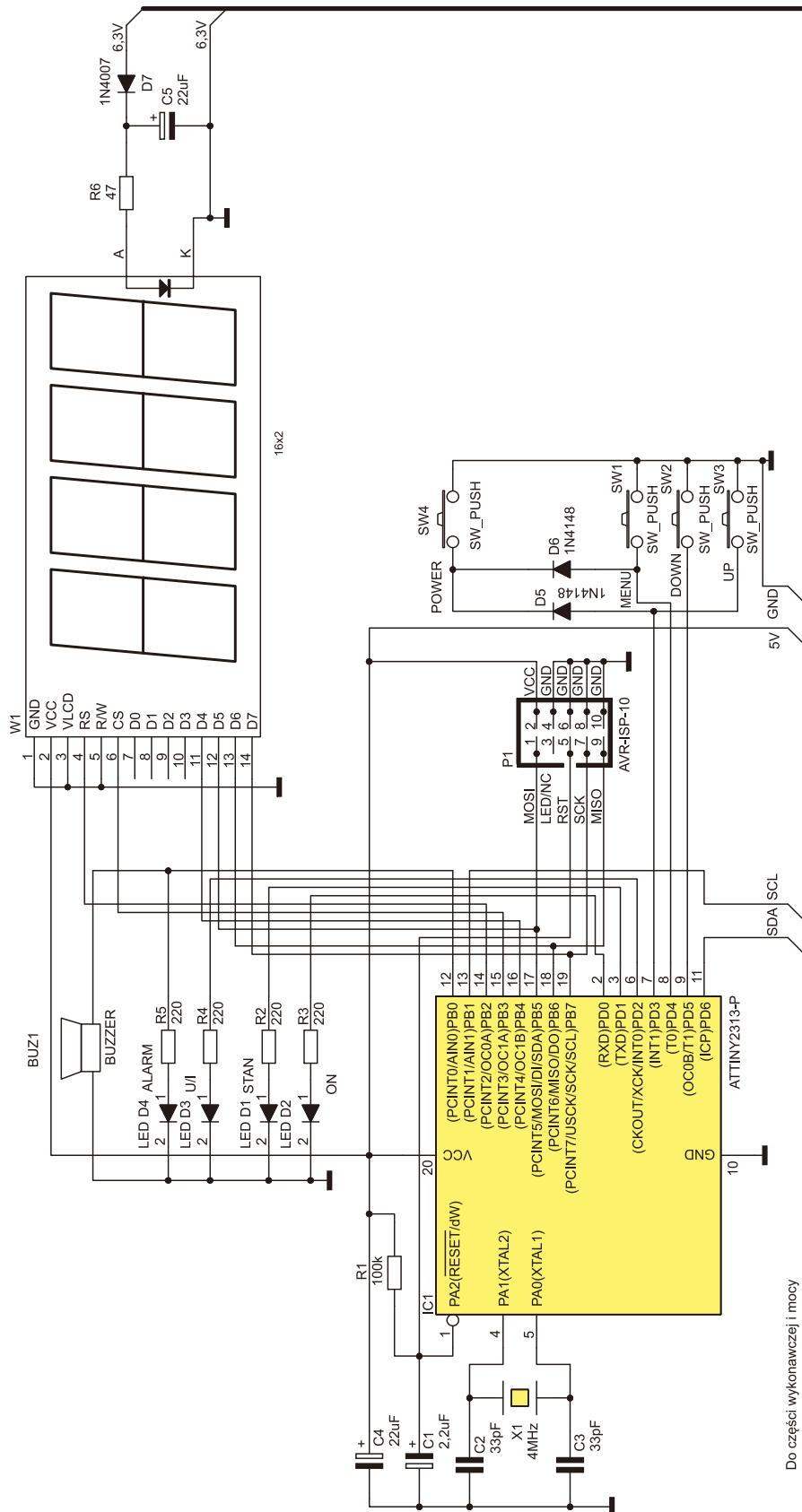
life.augmented

Mostek M1 prostuje napięcie z transformatora, kondensator C3 filtruje je. Do zasilania U6 potrzebne jest również napięcie ujemne. Za doprowadzenie go odpowiadają element R7 ograniczający prąd płynący przez diody D6 i D7, które utrzymują stałe ujemne napięcie względem masy. Ma ono wartość ok.

-5,6 V. Układ U6 zawiera w swej strukturze dwa wzmacniacze, jednego z nich użyto do sterowania wentylatorem.

Przetwornik U2 potrzebuje do prawidłowej pracy napięcie odniesienia o wartości ok. 2,55 V podawane na nóżkę 14. Jest ono uzyskiwane za pomocą obwodu złożonego

z diody D8, rezystorów R16 i R15 oraz potencjometru RN2 służącego do precyzyjnej regulacji tego napięcia. Stabilizatory U4 i U5 wraz z kondensatorami C9, C10, C11 i C12 oraz mostkiem M2 tworzą zasilacz napięcia symetrycznego ± 15 V o wydajności ok. 100 mA.



Rysunek 1. Schemat ideowy części sterującej zasilacza warsztatowego

Wykaz elementów

Rezystory: (0,128 W) :

- R1, R2, R7, R14, R16, R19: 220 Ω
- R3, R20: 680 Ω
- R4, R5, R21: 100 $\Omega/0,25$ W
- R6: 330 $\Omega/0,25$ W
- R8: 1,5 k Ω
- R9: 2 k Ω
- R10, R29, R30: 3,3 k Ω
- R11, R17: 1 k Ω
- R18: 0,1 $\Omega/5$ W
- R22, R23: 22 k Ω
- R15, R24: 10 k Ω
- R25, R26, R27: 68 Ω
- R28: 75 Ω
- R31, R32, R33, R34: 180 Ω
- RN1: 4,7 k Ω (pot. nastawny)
- RN2: 1 k Ω (pot. nastawny)
- RN3: 2,2 k Ω (pot. nastawny)

Kondensatory:

- C1: 470 μ F/35 V
- C2: 10 μ F/25 V
- C3: 4700 μ F/35 V
- C4: 220 μ F/63 V
- C5, C7, C9, C10, C13: 100 μ F/25 V
- C6: 1000 μ F/25 V
- C8: 220 μ F/25 V
- C11, C12: 330 μ F/35 V
- C15, C17: 22 μ F/25 V
- C16: 4,7 μ F/25 V
- C18, C19: 33 pF

Półprzewodniki:

- D1...D5, D10...D13: 1N4007
- D6: BZX35C10
- D7: BZX55C5V6
- D8: TL431
- D9: BZX55C2V4
- D14, D18, D20: prostokątna dioda LED zielona
- D15, D19: prostokątna dioda LED czerwona
- D16, D17: dowolne diody półprzewodnikowe małej mocy
- T1: BTA12/600
- T2: BC107
- T3: BD139
- T4: 2N3055
- T5: BC548
- U1: L7805
- U2: PCF8591T
- U3: L7815
- U4: L78L15
- U5: L79L15
- U6: LM 833N
- U7: L7809
- U8: LM358N
- U9: ATtiny2313-20CV
- IC1: MOC3062
- M1: E2240 B250C5000/3300
- M2: KBU6D
- Inne:
- R19: termistor NTC 120 Ω
- X1: 4 MHz
- W1: wyświetlacz 2x16
- BUZ: buzzer z generatorem na 5 V
- SW1, SW4: przycisk TM118B 12X12 H=7 mm lub inny.
- TR1: TSZE2/9/12,5
- TR2: TS90/9

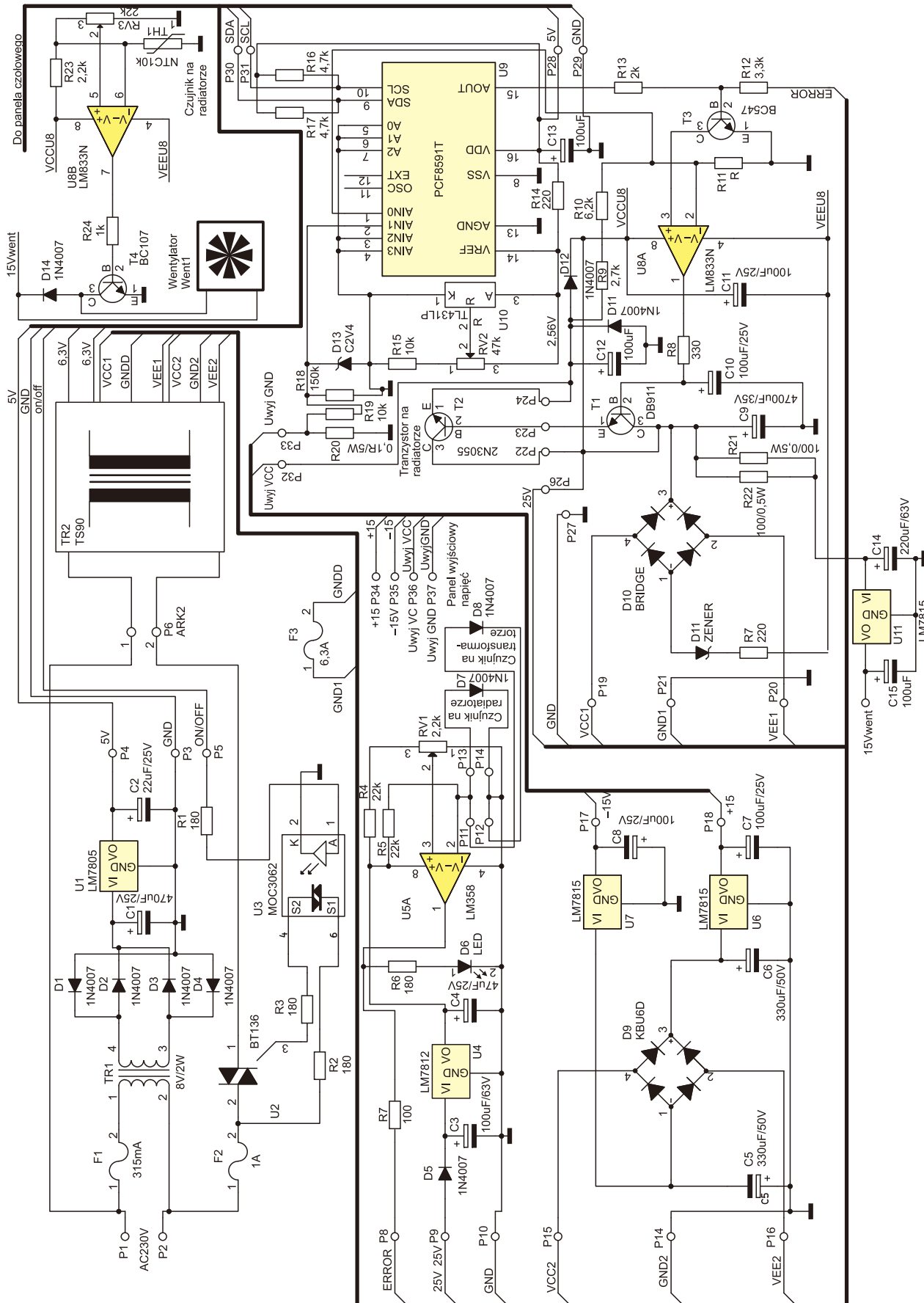
Do części wykonawczej i mocy



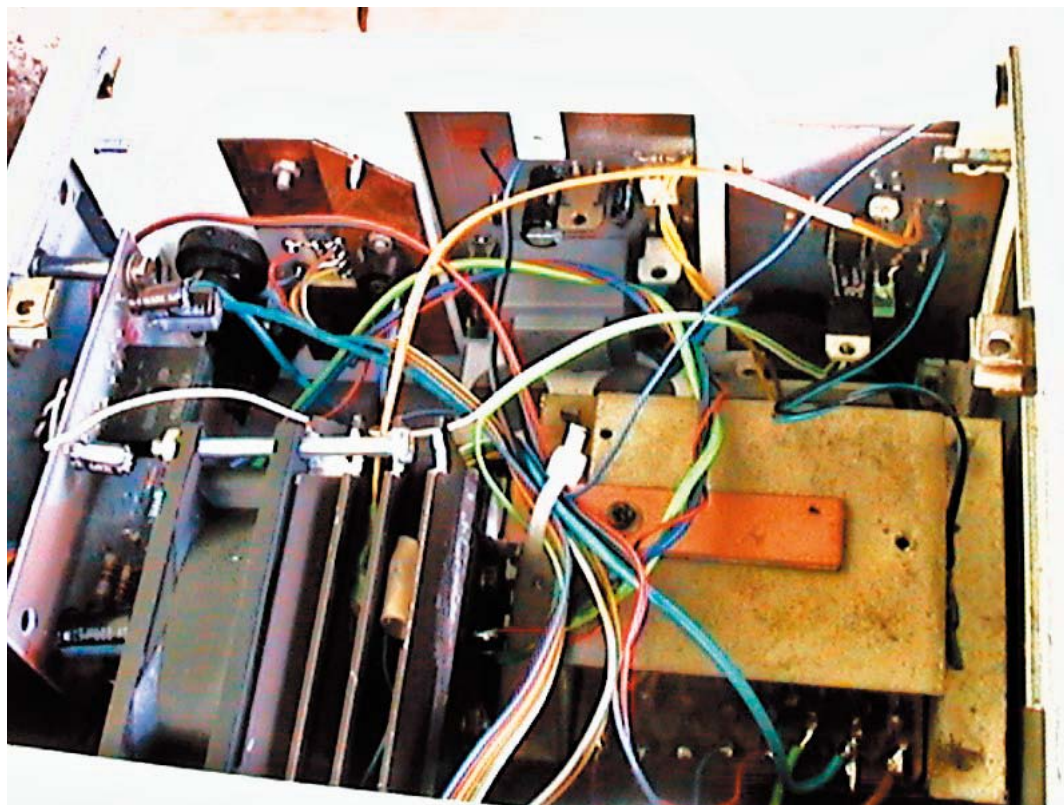
Transformator TR2 użyty w zasilaczu pochodzi z uszkodzonego radiodbiornika „Zodiak”. Ma dwa uzwojenia symetryczne po 17 V i obciążalności 2,2 A każde, jedno

6 V/1 A (użyte do zasilania podświetlenia matrycy LCD) oraz 18 V i 21 V 0,22 A (zastosowane do zasilania zasilacza symetrycznego).

Zasilacz jest wyłączany elektronicznie – ma funkcję STANDBY, której aktywowanie powoduje wyłączenie obwodów mocy oraz ogranicza pobór prądu z sieci zasilającej. Za-



Rysunek 2. Schemat ideowy obwodów wykonawczych mocy zasilacza warsztatowego



Fotografia 3. Widok wnętrza zmontowanego zasilacza

silacz warsztatowy wyposażono w nieskomplikowany obwód zasilania pomocniczego dostarczające napięcie +5 V do zasilania mikrokontrolera i wyświetlacza. Zasilacz ten nie ma wyłącznika sieciowego i działa zawsze po włożeniu wtyczki sieciowej. Dzięki stałemu podtrzymaniu zasilania mikrokontrolera można zachować poprzednie (przed wyłączeniem) nastawy prądu i napięcia wprowadzone przez użytkownika. Nie ma też potrzeby stosowania pamięci nieulotnej. Zasilacz +5 V składa się z transformatora TR1 z uszkodzonego sterownika pieca CO, diod D1, D2, D3, D4, kondensatorów C1 i C2, stabilizatora U1 oraz triaka T1, rezystorów R1, R2, R3 i optotriaka IC1. Elementy te sterowane z portu mikrokontrolera załączają transformator mocy TR2.

Ważnym blokiem funkcjonalnym jest zabezpieczenie termiczne. Składa się z U7, C13, C14 które zapewniają stabilne zasilanie zabezpieczenia. Czujnikami temperatury są tu diody D10 i D11 umieszczone na radiatorze i transformatorze mocy. Potencjometr RN3 służy do ustawienia żądanej temperatury przy której ma zadziałać zabezpieczenie termiczne.

Ostatnim elementem zasilacza jest blok mikrokontrolera U8 i wyświetlacza LCD. W1 stanowiące interfejs użytkownika. Mikrokontroler U8 jest taktowany kwarcem X1 o częstotliwości 4 MHz. Kondensator C16 i rezystor R24 wypracowują sygnał, który restartuje mikrokontroler przy każdym włączeniu do sieci zasilającej. Moduł wyświetlacza LCD jest wyposażony w podświetlenie, które

włącza się po uruchomieniu TR2. Dioda D16 i kondensator C15 utrzymują napięcie na poziomie ok. 7 V, natomiast rezystor R19 ogranicza prąd podświetlenia.

Zasilacz wyposażono w złącze programatora na wypadek chęci rozbudowy zasilacza i zmiany oprogramowania. Program źródłowy napisano w Bascom AVR. Zajął on prawie całą pamięć Flash mikrokontrolera. Brak miejsca w pamięci na funkcje formatujące wyświetlanie wyniku spowodował, że prąd jest wyświetlany w jednostkach „mV” a napięcie wyświetlane w „mA”. Nie ma to jednak większego wpływu na użytkowanie zasilacza.

Montaż i uruchomienie

Modelowy zasilacz zmontowano na 4 płytkach jednostronnie miedziowanych, zaprojektowanych i wykonanych ręcznie, bez pomocy komputera. Widok wnętrza zmontowanego zasilacza pokazano na **fotografii 3**. Po zmontowaniu wszystkiego ze sprawnych elementów, sprawdzeniu poprawności montażu i zaprogramowaniu mikrokontrolera urządzenie działa od razu, wymaga tylko kilku regulacji:

- Na nóżce 14 przetwornika PCF8591 należy potencjometrem RN2 ustawić napięcie 2,55 V. Następnie za pomocą klawiszy ustawić napięcie wyjściowe na 15000 mV i sprawdzić za pomocą miernika uniwersalnego, czy napięcie wyjściowe zasilacza zgadza się z ustawionym. W razie niezgodności skorygować ustawienie RN2

- Prąd odciążenia ustawiamy na 5000 mA, podłączamy jakiś odbiornik i sprawdzamy wskazanie na zasilaczu ze wskazaniem miernika uniwersalnego. W razie braku zgodności należy przylutować równoległe do diody D9 rezystor o wartości dobranej eksperymentalnie. Ja musiałem dolutować opornik o rezystancji 150 kΩ.

- Należy także ustawić progi zadziałania wentylatora, aby włączał się przy temperaturze ok. 50 stopni Celsjusza i aby zabezpieczenie termiczne działało przy ok. 90 stopni Celsjusza. Tranzystor mocy musi mieć dobre chłodzenie i dlatego jest umieszczony na radiatorze z przymocowanym wentylatorem. Połączenia tranzystora mocy, transformatora TR2 i zacisków wyjściowych powinny być wykonane przewodem o przekroju minimalnym 0,75 mm².

Cały zasilacz został zamknięty w obudowie po starym woltomierzu. Obudowa ta jest idealna do tego typu urządzenia. Ma otwory wentylacyjne, dużo miejsca na wyświetlacz i zaciski wyjściowe.

Użytkowanie

Zasilacz po włączeniu do sieci wyświetla napis STANDBY, podświetlenie pozostaje wyłączone. Po naciśnięciu przycisku POWER zostają wyświetlone wartości napięcia i prądu i jest załączane podświetlenie LCD. W tym trybie za pomocą przycisków UP, DOWN można regulować wartość napięcia wyjściowego. Po przyciśnięciu przycisku „MENU” dioda LED oznaczona „U/I” gaśnie i można ustawić próg zadziałania zabezpieczenia prądowego. Po ustawieniu napięcia i prądu zasilacz jest gotowy do pracy. Jeśli teraz zostanie przekroczony prąd odciążenia, zacznie migać dioda LED oznaczona „AL”, natomiast brzęczyk zacznie piszczeć, a na LCD zostanie wyświetlony komunikat „ZABEZPIECZENIE” naprzemiennie z wartościami prądu i napięcia. Zabezpieczenia jest wyłączane po wciśnięciu przycisku „MENU”. Jeśli zabezpieczenie jest aktywne, to na wyjściach zasilacza nie jest dostępne napięcie. Zabezpieczenie przed przeciążeniem ma zwłokę do zadziałania wnoszącą ok. 200 ms.

Fabian Wasiak
fabian_wasiak@interia.pl