



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 ze sterowaniem cyfrowym

O tym jak bardzo potrzebny jest w warsztacie elektronika zasilacz chyba nikogo nie trzeba przekonywać. Wiele tego typu projektów prezentowano na łamach różnych czasopism, jednak przeważnie były to tradycyjne zasilacze analogowe.

Postanowiłem połączyć technikę analogową z cyfrową i zbudować układ łączący w sobie elastyczność sterowania cyfrowego z analogowymi elementami wykonawczymi.

Projekt 175



Zasilacz jest zbudowany z łatwo dostępnych elementów. Jego sercem jest mikrokontroler z rodziny AVR. Zbudowałem go na własne potrzeby, w celu ułatwienia sobie pracy w moim warsztacie. Odkąd go mam, to już w pełni zdaje sobie sprawę z tego jak bardzo był mi potrzebny. Każde z wyjść ma zabezpieczenie przed przeciążeniem, a napięcie jest cały czas kontrolowane i utrzymywane na poziomie napięcia zadanego. Zasilacz został wyposażony w różnego rodzaju sygnalizatory i opcje podwyższające komfort jego użytkowania, których nie mają zasilacze sterowane analogowo.

Program sterujący

Większa część programu sterującego napisana jest w Bascomie, ale niektóre fragmenty programu napisane są w assemblerze po to, aby przyspieszyć czas realizacji krytycznych czasowo fragmentów programu.

Wy1:	12,5V	OFF
Wy2:	05,0V	0,48A
Imax	Wy1:_	
Imax	Wy2:_	
Dzw.	Auto	NIE
Dzw.	kław.	TAK
Czas	Auto	
		33ms x 100

Rys. 1. Struktura menu

Strukturę menu użytkownika przedstawiono na **rys. 1**. Tuż po załączeniu zasilacza na wyświetlaczu zostaną wyświetlone kolejno: numer wyjścia, zadane napięcie oraz aktualny stan wyjścia (OFF – wyjście wyłączone; zawsze po włączeniu zasilacza). Włączenie wyjść odbywa się poprzez wciśnięcie na klawiaturze „*„. Jej wciśnięcie spowoduje zgaszenie kursora pokazującego pozycję wprowadzania nowego napięcia – będzie o tym mowa w dalszej części artykułu. Później należy wcisnąć jeden z klawiszy odpowiadający numerowi wyjścia „1”, „2” lub „3” (3 – oba wyjścia). Jeżeli chcemy zrezygnować z załączenia wyjścia, to należy wcisnąć „#”. Analogicznie jest z wyłączeniem wyjść, tylko zamiast „*„ należy wcisnąć „#” a potem numer wyjścia.

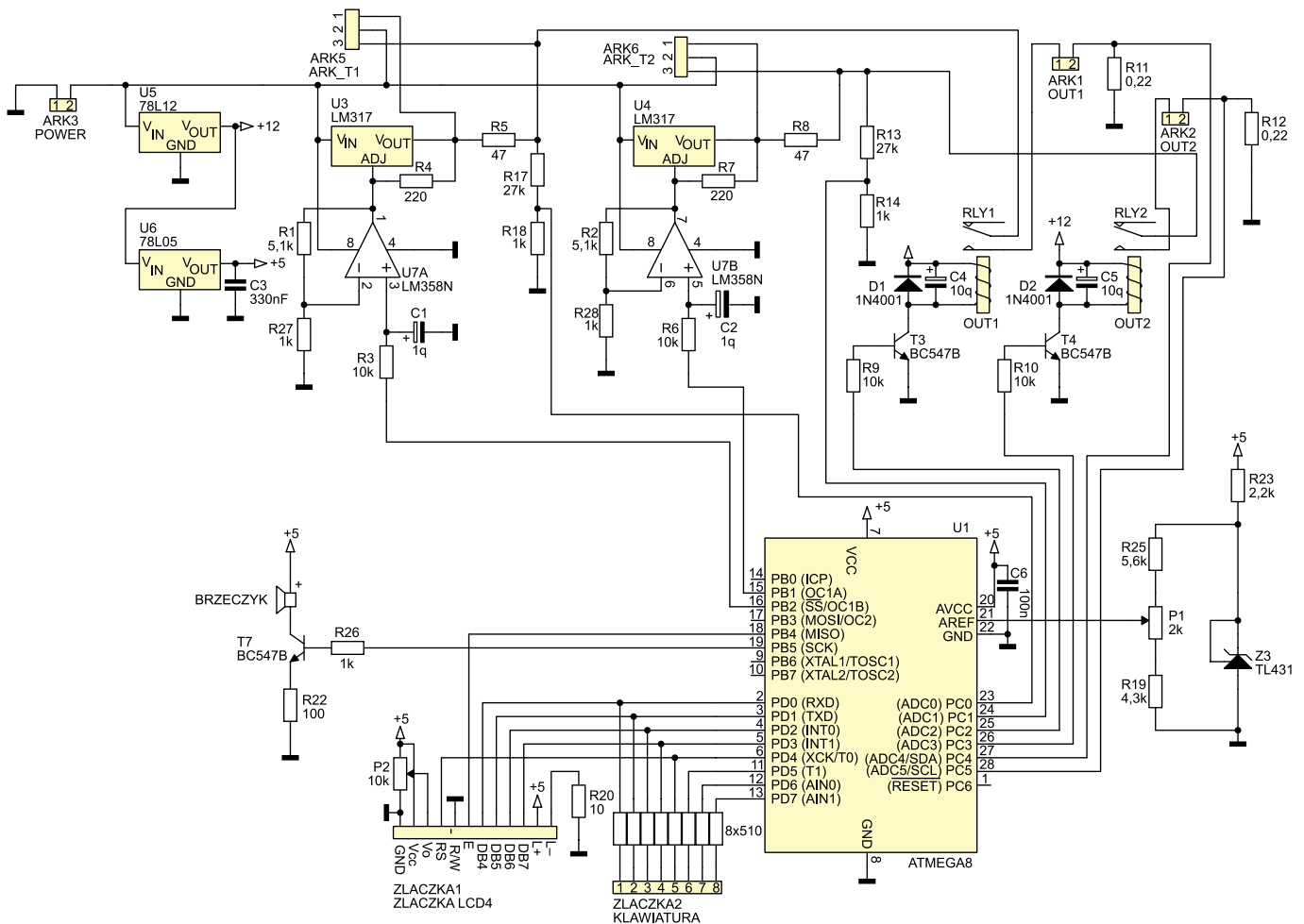
Na wyświetlaczu, w miejscu aktualnego stanu wyjścia, mogą także pojawić się następujące komunikaty:

!ERR – co oznacza że nie da się ustawić zadanego napięcia wyjściowego z powodu zbyt niskiego napięcia zasilającego

AUTO – sygnalizuje odliczanie czasu auto-włączenia wyjścia (może mu towarzyszyć dźwięk brzęczyka; ustawiane w opcjach). Gdy zaprogramowany maksymalny prąd danego wyjścia zostanie przekroczony, to wyjście natychmiast wyłączy się i nastąpi odliczanie czasu (programowanego w menu), po którym nastąpi automatyczne załączenie wyjścia. Jeżeli po auto-włączeniu w ciągu około 3 s kolejny raz nastąpi przekroczenie

PODSTAWOWE PARAMETRY

- 2 wyjścia (regulowane oddzielnie),
- maksymalny prąd każdego z wyjść 4,65 A, regulowany z krokiem co 0,01 A,
- napięcie wyjściowe regulowane w zakresie 2,5...25,5V z krokiem co 0,1 V,
- soft start (umożliwiający podłączenie np. silników)



Rys. 2. Schemat ideowy zasilacza

maksymalnego prądu, to wyjście zostanie wyłączone na stałe. Będzie je można włączyć tylko poprzez wciśnięcie „*” i jego numeru.

0.00A – aktualnie pobierany prąd

Gdy znajdujemy się w menu głównym (czyli tuż po uruchomieniu zasilacza) i wciśniemy dwukrotnie „*”, to spowoduje to przejście do menu opcji (wyjścia samoczynnie wyłączają się). Strzałkami \uparrow , \downarrow wybieramy opcje, które chcemy zmienić i wciśkamy „*”. Następnie wprowadzamy zmiany i zatwierdzamy „*” Wyjątkiem jest wprowadzanie czasu auto-wyłączenia. Ustawia się go bezpośrednio za pomocą strzałek \leftarrow , \rightarrow i zatwierdza „*” Max. możliwa wartość to 8,4 s ($33 \text{ ms} \times 255$).

Zmiana napięcia na wyjściu odbywa się poprzez bezpośrednie wprowadzenie jego nowej wartości za pomocą cyfr z klawiatury lub za pomocą strzałek \uparrow , \downarrow , które zwiększają lub zmniejszają wartość napięcia o jedną jednostkę. Wszystkie zmiany dokonywane są na pozycji aktualnie wskazywanej przez kursor.

Soft start

Zasilacz wyposażony jest w układ tzw. „miękkiego startu”. Za każdym razem po załączeniu wyjścia, napięcie na nim jest minimalne i po ułamku sekundy w sposób liniowy rośnie do wartości zadanej. Taki sposób

sterowania umożliwia podłączenie np. silników bez konieczności zwiększania wartości natężenia prądu, przy którym ma zadziałać zabezpieczenie nadprądowe (bo jak wiadomo zatrzymany silnik w pierwszym momencie podłączenia stanowi prawie zwarcie)

Opis układu

Schemat ideowy zasilacza przedstawiono na rys. 2. Jak wspomniano wcześniej, sercem zasilacza jest mikrokontroler z rodziny AVR – ATmega8. Źródłem sygnału zegarowego jest oscylator RC mikrokontrolera o częstotliwości 8 MHz. (domyślna częstotliwość oscylatora to 1 MHz, więc należy ją zmienić za pomocą bitów CKSEL3..0).

Napięcie odniesienia potrzebne do pracy przetwornika A/C wytwarza układ zbudowany z elementów R19, R23, R25, P1 i regulowanej diody Zenera TL431, która w tej konfiguracji dostarcza napięcie 2,5 V. Napięcie to podawane jest na dzielnik rezystorowy, który należy za pomocą potencjometru P1 ustawić tak, aby na jego wyjściu uzyskać 1,023 V. Przetwornik AC pracuje z rozdzielczością 10-bitów, więc otrzymujemy 1 mV/jednostkę.

Sposób regulacji napięcia zostanie omówiony na przykładzie jednego z wyjść – drugie działa identycznie. Na nóżce 16 (OC1B) mikrokontrolera pojawia się sygnał PWM, którego wypełnienie zależy od zadanej na-

piecia. Jeżeli napięcie na wyjściu różni się od napięcia zadanego, to wypełnienie tego sygnału zmienia się (rośnie lub maleje) o $1/1024$ w zależności od tego, czy napięcie jest za niskie, czy za wysokie. Po zmianie wypełnienia mikrokontroler porównuje bieżące napięcie wyjściowe z zadanym i jeżeli są one różne, to ponownie dokonuje zmiany wypełnienia sygnału PWM. Tak aż do skutku.

Sygnał o zmiennym wypełnieniu podawany jest na układ całkujący (R3, C1), gdzie zostaje uśredniony, a następnie na wzmacniacz operacyjny (U7A) pracujący w konfiguracji nieodwracającej, o wzmocnieniu ok. 6 razy. W związku z tym, że sygnał PWM ma rozdzielczość 10 bitów, to napięcie podawane na wejście wzmacniacza można zmieniać z dokładnością około 4,88 mV w zakresie 0...5 V. Po wzmocnieniu jest ono podawane na doprowadzenie ADJ regulowanego stabilizatora napięcia LM317 (U3). W podstawowym układzie pracy (rys. 3) napięcie wyjściowe stabilizatora wyznaczane jest przez stosunek napięć na rezystorach R2, R1. W zasilaczu rolę rezystora R1, na którym odkłada się napięcie, spełnia wzmacniacz U7A, którego napięcie wyjściowe jest regulowane za pomocą sygnału PWM. Stabilizator U3 pełni tu tylko rolę układu sterującego tranzystor mocy T1 (BD243C). Stabilizatora nie trzeba mocować na radiatorze, ponieważ maksymalny prąd

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2: 5,1 kΩ
- R3, R6, R9, R10: 10 kΩ
- R4, R7: 220 Ω
- R5, R8: 47 Ω
- R11, R12: 0,22 Ω/5 W
- R13, R17: 27 kΩ
- R14, R18, R26...R28: 1 kΩ
- R19: 4,3 kΩ
- R20: 10 Ω
- R22: 100 Ω
- R23: 2,2 kΩ
- R25: 5,6 kΩ
- R29...R36: 510 Ω
- P1: 2 kΩ
- P2: 10 kΩ

Kondensatory

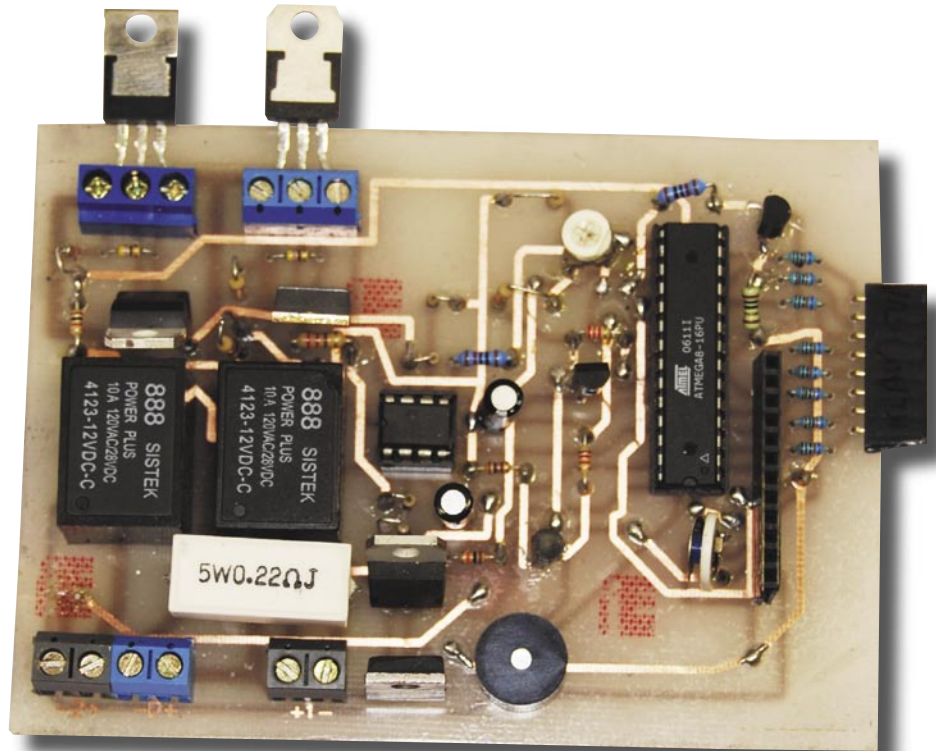
- C1, C2: 1 μF
- C3: 330 nF
- C4, C5: 10 μF
- C6: 100 nF

Półprzewodniki

- D1, D2: 1N4001
- U1: ATMEGA8-16PU
- U3, U4: LM317
- U5: 78L12
- U6: 78L05
- U7: LM358N
- T1, T2: BD243C
- T3, T4, T7: BC547B
- Z3: TL431

Inne

- BRZ1: piezzo z generatorem 5 V
- RLY1, RLY2: przekaźnik 12 V (min. 5 A)
- ARK1...ARK3: podwójne złącze śrubowe
- ARK5, ARK6: potrójne złącze śrubowe
- ZLACZKA1: złącze na goldpin 1×12 (pod LCD)
- ZLACZKA2: złącze na goldpin 1×8 (pod klawiaturę)
- Podstawki: DIL28, DIP8
- Klawiatura matrycowa 4×4
- Wyświetlacz LCD 2×16 (zgodny z HDD44780)



jaki pobierany jest z wyjścia układu to ok. 15 mA, a co za tym idzie, moc która jest na nim tracona nie przekracza 1 W. Sposób podłączenia tranzystora T1 do złącza śrubowego ARK5 przedstawiono na **rys. 4**.

ściowego zasilacza. Prąd pobierany z zasilacza przepływa także przez rezystor R11. Spadek napięcia na tym rezystorze jest miarą płynącego prądu.

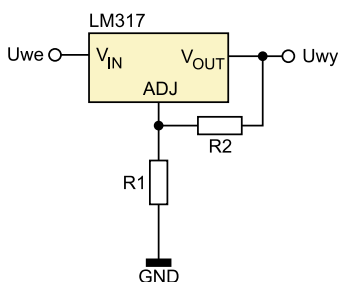
Maksymalna dopuszczalna moc strat dla tranzystora BD243C to 65 W. Oznacza to, że maksymalny prąd (4,65 A) możemy pobrać z zasilacza jeżeli różnica pomiędzy napięciem wejściowym i wyjściowym zasilacza (czyli napięcie pomiędzy kolektorem i emitorem tranzystora) nie przekracza 14 V ($P = U_{CE} \times I_E$). Tranzystory muszą być zamontowane na odpowiednich radiatorach, a Napięcie wejściowe nie może być większe niż 37 V.

Adrian Paradowski
albercik_k-ce@o2.pl

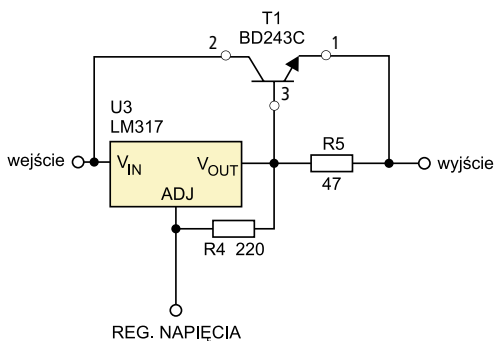
Montaż

Układ zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej. Jego montaż nie powinien nastręczyć żadnych trudności. Kondensatory C3...C6 przylutowano od spodu, bezpośrednio do nóżek elementów. Kondensatory C4, C5 tłumią zakłócenia impulsowe (w postaci szpilek napięcia). Są one konieczne i bez nich układ nie jest w stanie poprawnie stabilizować napięcia.

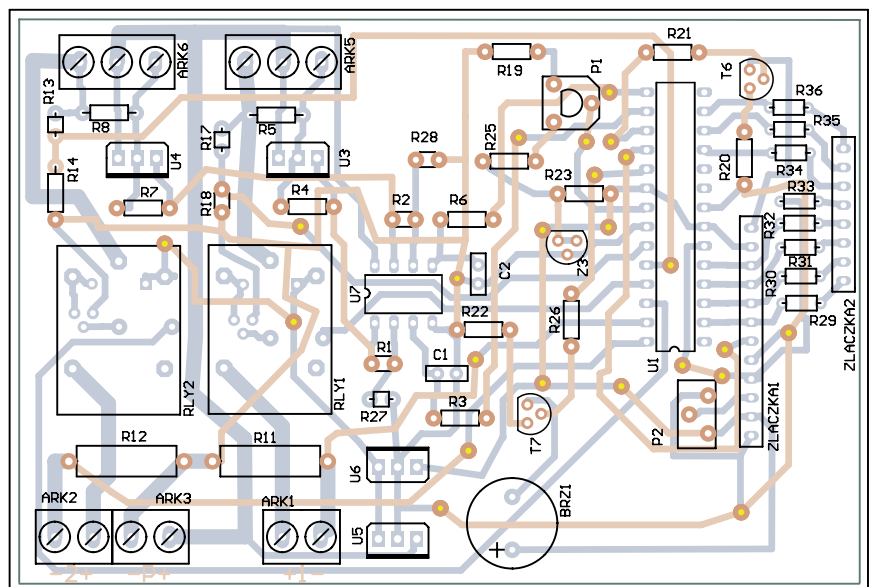
Rezystory R17, R18 tworzące dzielnik napięcia, umożliwiają pomiar napięcia wyj-



Rys. 3. Podstawowa aplikacja LM317



Rys. 4. Podłączenie T1 do złącza ARK5



Rys. 5. Schemat montażowy zasilacza