

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 sterowany cyfrowo

Obecnie mikrokontrolery są stosowane coraz powszechniej: w przemyśle, medycynie, motoryzacji itp. Stosunkowo łatwe jest wykorzystanie tych elementów do sterowania układami dwustanowymi. Kiedy trzeba coś załączyć lub wyłączyć, odmierzyć czas, zmierzyć częstotliwość, to każdy mikrokontroler zrobi to bez trudu. Jednak otaczający nas świat nie jest dwustanowy. Wiele wielkości fizycznych, które chciałoby się mierzyć lub regulować, ma charakter ciągły, czyli bezpośrednio "niezrozumiały" dla urządzeń cyfrowych.

Przedstawiony tutaj projekt zasilacza sterowanego cyfrowo jest próbą wykorzystania mikrokontrolera do regulacji wielkości analogowej jaką jest niewątpliwie napięcie.

Zazwyczaj mikrokontrolery do "zrozumienia" (czyli przetworzenia na swój "język") wielkości analogowych wykorzystują przetworniki A/C (analogowo-cyfrowe). Jeżeli natomiast "odpowiadają" analogowo, to wykorzystują przetworniki C/A (cyfrowo-analogowe). W opisywanym zasilaczu, jako regulowane źródło napięcia odniesienia można było wykorzystać właśnie przetwornik C/A. W takim przypadku trzeba zaprojektować i zbudować całą część analogową zasilacza, która zapewniałaby odpowiednie parametry (zakres regulacji, ograniczenie prądowe, poziom tętnień, odpowiednią rezystancję wyjściową itp.). Nie jest to zadanie proste, a więc o wiele łatwiej jest wykorzystać gotowy scalony stabilizator napięcia.

Obecnie na rynku jest wiele takich stabilizatorów, które umożliwiają budowę regulowanego zasilacza o dobrych parametrach. Jed-

nak regulacja napięcia w takich układach odbywa się najczęściej na innej zasadzie. Stałe napięcie odniesienia jest porównywane z napięciem wyjściowym. Napięcie wyjściowe jest podawane na układ porównujący nie bezpośrednio, lecz za pomocą dzielnika rezystancyjnego. Zmiana wartości tego dzielnika powoduje zmianę (regulację) napięcia wyjściowego. Wiadąc więc, że aby regulować cyfrowo napięcie, należy zbudować coś w rodzaju przetwornika cyfra/rezystancja.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, przyjęto następujące założenia projektowe:

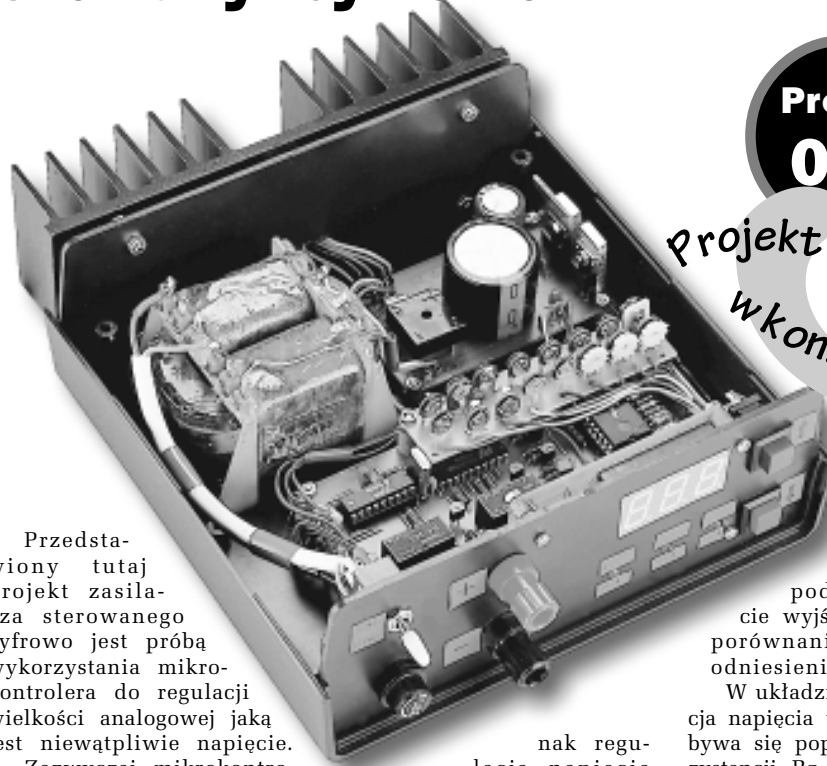
- Zastosowanie scalonego stabilizatora L200, który umożliwi regulację napięcia wyjściowego w dość szerokich granicach oraz prostą realizację ograniczenia prądowego.
- Regulacja napięcia ma być realizowana poprzez cyfrowo sterowaną zmianę re-

zystancji w dzielniku podającym napięcie wyjściowe na układ porównania z napięciem odniesienia.

W układzie L200 regulacja napięcia wyjściowego odbywa się poprzez zmianę rezystancji R_g (rys. 1) według zależności $U_{wy} = 2,77(1 + R_g/R_d)$. Producent układu zaleca, aby wartość R_d zawierała się w granicach od $0,5k\Omega$ do $1,5k\Omega$. Wartości ograniczającego prądu określa zależność $I_{ogr} = 0,45/R_{ogr}$. Maksymalny prąd wyjściowy bez zewnętrznego tranzystora wynosi 2A.

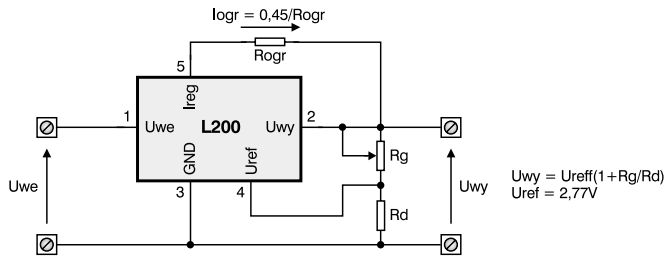
Stosunkowo łatwo jest zrealizować cyfrowe sterowanie przełączaniem ograniczenia prądowego. Wystarczy za pomocą styków przekaźnika dołączać różne wartości rezystancji R_{ogr} . Ponieważ zazwyczaj w praktyce wystarczają dwa lub trzy zakresy ograniczenia, to można wykorzystać do ich przełączania linie portu mikrokontrolera. Oczywiście, w ten sam sposób można także regulować napięcie wyjściowe dołączając różne wartości R_g . Jednak taki układ byłby bardzo drogi i skomplikowany.

W naszym rozwiązaniu dołączanie różnych wartości R_g odbywa się za pomocą



Projekt
058

Projekt nagrodzony
w konkursie



Rys. 1.

scalonego, analogowego multiplexera/demultiplexera CMOS 4067. Umożliwia on za pomocą czterech linii adresowych załączenie lub wyłączenie jednego z szesnastu kluczy analogowych CMOS. Jeden taki układ pozwala na uzyskanie szesnastu różnych napięć wyjściowych. W praktyce taka liczba jest zupełnie wystarczająca, ale oczywiście można dołączyć drugi taki układ i otrzymać następnych 16 wartości napięcia. Mimo wielu niewątpliwych zalet, układ 4067 ma też dwa istotne ograniczenia. Rezystancja klucza analogowego w stanie załączenia ma wartość kilkuset omów. Z zależności na napięcie wyjściowe wynika, że nie da się uzyskać minimalnego napięcia wyjściowego (ok. 2,77V dla $R_g=0$). W naszym układzie można uzyskać ok. 3,4V.

Drugim ograniczeniem jest maksymalne napięcie przyłożone do końcówki układu. Nie może być ono większe niż napięcie zasilania. Typowo dla tego układu przyjmuje się górną wartość napięcia pracy ok. 16V (maksymalne katalogowe 18V). Ponieważ napięcie wyjściowe zasilacza jest dołączone także do nóżek 4067, to nie może być ono większe niż 16V.

Oprócz regulacji napięcia i zakresów ograniczenia prądowego przyjęto, że zasilacz ma pamiętać po włączeniu ostatnio ustawione napięcie i ograniczenie. Przyjmujemy, że eksperymentujemy z jakimś układem. Często trzeba coś w nim zmienić, wylutować, sprawdzić itp. Wyłącza się wtedy zasilanie, by je za chwilę ponownie włączyć. Jeżeli mikrokontroler sterujący po restarcie ustawiałby ciągle to samo napięcie, np. najniższe możliwe, to byłoby to bardzo uciążliwe. Zapamiętywanie nastaw powoduje, że zasilacz zachowuje

się podobnie jak zwykły analogowy, w którym napięcie jest ustawiane potencjometrem, a ograniczenie przełącznikiem.

Schemat zasilacza przedstawiono na rys. 2. Sterowanie napięciem i ograniczeniem prądowym, obsługa wyświetlacza i klawiatury zrealizowana jest na mikrokontrolerze PIC16C84 firmy Microchip. Element ten posiada pamięć użytkownika typu EEPROM, w której można zapisywać nastawy zasilacza. Do obsługi wyświetlacza potrzeba 7 linii wyjściowych, sterowanie napięciem wyjściowym i ograniczeniem prądu wymaga następnych 7 linii wyjściowych, a 2 klawisze to jeszcze 2 linie. PIC16C84 posiada 13 linii we/wy. Jak widać jest to za mało, wobec potrzebnych szesnastu. Problem ten został rozwiązany w następujący sposób: port B spełnia rolę magistrali danych. Linie RA2 i RA3 są liniami adresowymi. Dane przeznaczone dla wyświetlacza pojawiają się na porcie B. W tym momencie na RA3 pojawia się stan wysoki i następuje wpis do bufora U3 74LS373. Następnie na RA3 pojawia się stan niski. Dane na wyjściu U3 nie zmieniają się do czasu pojawienia się kolejnego stanu wysokiego na RA3. Analogicznie wygląda wpis danych do bufora U2. Program sterujący pilnuje, by dane na porcie B trafiły do odpowiedniego bufora. Jeżeli nie ma wpisu do żadnego z buforów, to na RA2 i RA3 jest stan niski.

Ustawiane napięcie wyjściowe jest wyświetlane na 3-cyfrowym wyświetlaczu LED (wspólna anoda). Tranzystory T8-T10 zapewniają odpowiednią wartość prądu anodowego wyświetlaczy (cyfr). Układ U4 4543 jest scalonym dekoderym kodu BCD na kod wyświetlacza 7-

segmentowego. Rezystory R34-R40 ograniczają prąd segmentów.

Jak wspomniano wyżej, do regulacji napięcia jest wykorzystany analogowy multiplexer 4067.

Ponieważ jest zasilany napięciem +16V, a sterowany poziomami TTL, to potrzebny jest odpowiedni konwerter poziomów logicznych. Taką rolę spełniają elementy R1 do R8 i T1 do T4. Jak wiadomo, układ klucza tranzystorowego WE odwraca fazę napięcia. Program sterujący wystawia więc znaną napięcia na wyjście Q0-Q3 układu U2. Po podaniu na wejścia A0-A3 układu U5 odpowiedniej kombinacji adresowej zamyka się jeden z analogowych kluczy i łączy wybraną rezystancję z nóżką Z. W ten sposób tworzy się dzielnik rezystancyjny ustalający napięcie wyjściowe. Rezystor R35 to odpowiednik Rd z rys. 1, a włączona rezystancja plus rezystancja klucza to odpowiednik Rg z rys. 1.

Potencjometry montażowe pozwalają na dość dokładne ustawienie napięcia. Lepszym, ale bardziej kłopotliwym rozwiązaniem byłoby dokładne dobranie odpowiednich rezystorów stałych. Nóżka Z U5 połączona jest z nóżką 4 (Uref) stabilizatora L200.

Podanie stanu wysokiego na jedno z wyjść Q4-Q6 układu U2 powoduje występowanie odpowiedniego klucza tranzystorowego i zadziałanie przełącznika. Styki przełącznika zamykają obwód: nóżka 5 L200, rezystor ograniczenia, wyjście zasilacza. Druga para styków przełącznika podaje napięcie przez rezystor ograniczający na diodę sygnalizacyjną włączanego zakresu prądowego.

Stabilizator U7 i dioda D4 dostarczają napięcia +16V do zasilania multiplexera analogowego. Stabilizator U8 zasila układy mikrokontrolera, buforów i wyświetlacza.

Napięcie do zasilania cewek przełączników brane jest z kondensatora C1 i powinno mieć wartość co najmniej 20V (katalogowe minimalne dla przełącznika M4-24H wynosi ok. 17V). Napięcie wyjściowe trans-

formatora powinno mieć wartość ok. 20V.

Program sterujący pracą mikrokontrolera (kody źródłowe są dostępne w Internecie, pod adresem www.ep.com.pl/ftp), po jego restarcie, wykonuje procedurę _INIC, w której ustawiany jest licznik T0, programowane są porty PA i PB, odblokowywany jest system przerwań i przerwanie od T0 oraz inicjowane są wartości początkowe niektórych zmiennych. W tej procedurze jest wywoływana procedura INIC_NAP, w której z pamięci użytkownika EEPROM pobierany numer napięcia (adres 00h) i numer zabezpieczenia prądowego (adres 01h). Procedura _STNOG wpisuje te nastawy do bufora U2. W ten sposób, po restarcie mikrokontrolera napięcie wyjściowe i ograniczenie prądowe mają taką samą wartość jak przed wyłączeniem zasilacza.

Procedura obsługi przerwania od licznika T0 realizuje funkcję dynamicznego wyświetlania napięcia (_WYSWIETLACZ) i obsługuje klawiaturę (_OKL). Licznik T0 generuje przerwanie z częstotliwością zapewniającą brak migotania cyfr.

Po inicjalizacji program czeka na wciśnięcie klawisza. Zastosowano tutaj dwa klawisze: „góra“ i „dół“. Przyciśnięcie klawisza „góra“ powoduje ustawienie następnego, wyższego napięcia, aż do wartości maksymalnej. Dalsze przyciśnięcie tego klawisza nie powoduje żadnego działania sterownika. Przyciśnięcie klawisza „dół“ powoduje ustawienie poprzedniego, niższego napięcia, aż do wartości minimalnej. I tutaj podobnie, dalsza próba zmniejszania napięcia nie daje żadnego skutku. Przyciśnięcie obydwu klawiszy jednocześnie powoduje zwiększenie zakresu ograniczenia prądowego. Po osiągnięciu maksymalnego prądu następnym przyciśnięciem obu klawiszy powoduje ustawienie najniższego zakresu. W ten sposób, za pomocą dwu klawiszy, można dowolnie zmieniać ustawienia zasilacza.

Po każdym przyciśnięciu klawisza i zmianie napięcia jest wywoływana procedura _WRNNAP. Za-

kontroler jest prawidłowo zaprogramowany, to na wyświetlaczu powinno się wyświetlić 3,3, a ograniczenie powinno się ustawić na wartość środkową. Teraz trzeba podłączyć klawisze. Przez naciśnięcie klawiszy „góra”, „dół” i obu jednocześnie, sprawdzamy poprawność zmiany ustawień zasilacza. Zmianie wyświetlanych wartości napięcia i ograniczenia prądowego powinna towarzyszyć odpowiednia zmiana stanów logicznych na wyjściu bufora U2 (sprawdzić sondą TTL). Należy przy tym pamiętać, że numer napięcia jest zanegowany. Po tym sprawdzeniu można dołączyć stabilizator L200 do płytki ZAS_ZAS i tę płytkę do płytki ZAS_STER. Teraz można ustawić dokładnie napięcia wyjściowe i sprawdzić ograniczenia prądowe.

Przedstawiony tutaj zasilacz nie odbiega parametrami od zasilacza ze stabilizatorem L200 w konwencjonalnym układzie. W trakcie eksploatacji należy pamiętać o tym, że wyświetlane napięcie nie jest

napięciem mierzonym na wyjściu. Przy uruchamianiu zasilacza należy dokładnie sprawdzić zgodność wyświetlanych wartości z rzeczywistym napięciem wyjściowym. W modelowym zasilaczu ustawione napięcia w dość długim czasie praktycznie się nie zmieniały, więc nie ma potrzeby częstego sprawdzania ich poprawności.

W trakcie włączania zasilacza napięcie wyjściowe rośnie od zera do wartości ok. 3,3V. Taka wartość utrzymuje się przez ok. 33 ms (czas określony elementami R46 i C9) i następnie osiąga ustaloną wartość. Po wyłączeniu nie należy ponownie włączać zasilacza po czasie krótszym niż 10 s. Jeżeli tak będzie, to w momencie zmiany napięcia z 3,3V do nastawionej wartości pojawia się impuls napięcia o wartości ok. 15V i szerokości ok. 0,4ms. Oczekanie 10 sekund zapewnia, że taka sytuacja się nie zdarzy. Po włączeniu zasilacza dopiero po czasie ok. 0,5 s „łapią” wszystkie przełączniki ograniczenia prądowego. Należy o tym pamiętać w układach, w których ograniczenie prądu

może spełniać rolę zabezpieczenia przed zniszczeniem. W takim przypadku należy dołączyć zasilanie układu do zacisków zasilacza dopiero po jego włączeniu.

Tomasz Jabłoński

Kod źródłowy programu sterującego oraz wzory płytek drukowanych zasilacza są dostępne na naszej stronie w Internecie: www.ep-com.pl/ftp.

Literatura

1. SGS-Thomson „A designer's guide to the L200 voltage regulator” nota aplikacyjna AN255/1288
2. SGS-Thomson „L200 adjustable voltage and current regulator”
3. Motorola Semiconductor Technical Data MC14067
4. Katalog USKA Układy Cyfrowe 4/95 „HEF4067B 16-kanalowy analogowy multiplexer/demultiplexer”.
5. Microchip PIC16C84 „8bit cmos eeprom microcontroller” DS30445C
6. Microchip „MPASM user guide” DS33014F

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1..R4, R20: 4,7kΩ
- R5..R8, R17, R25..R27, R41..R43, R44, R45: 3,3kΩ
- R9: 220Ω
- R10: 470Ω
- R11: 820Ω
- R12: 1,2kΩ
- R13: 1,8kΩ
- R14: 2kΩ
- R15, R28..30: 2,2kΩ
- R16: 2,7kΩ
- R19: 3,9kΩ
- R21: 5,1kΩ
- R22, 25: 5,6kΩ
- R34..R40, R47: 330Ω
- R35: 1,5kΩ
- R46: 33kΩ
- R31: 4,5Ω
- R32: 0,9Ω
- R33: 0,45Ω
- PR1..PR3: 220Ω
- PR4..PR7: 470Ω
- PR8..PR11: 1kΩ
- PR12..PR15: 1,5kΩ

Kondensatory

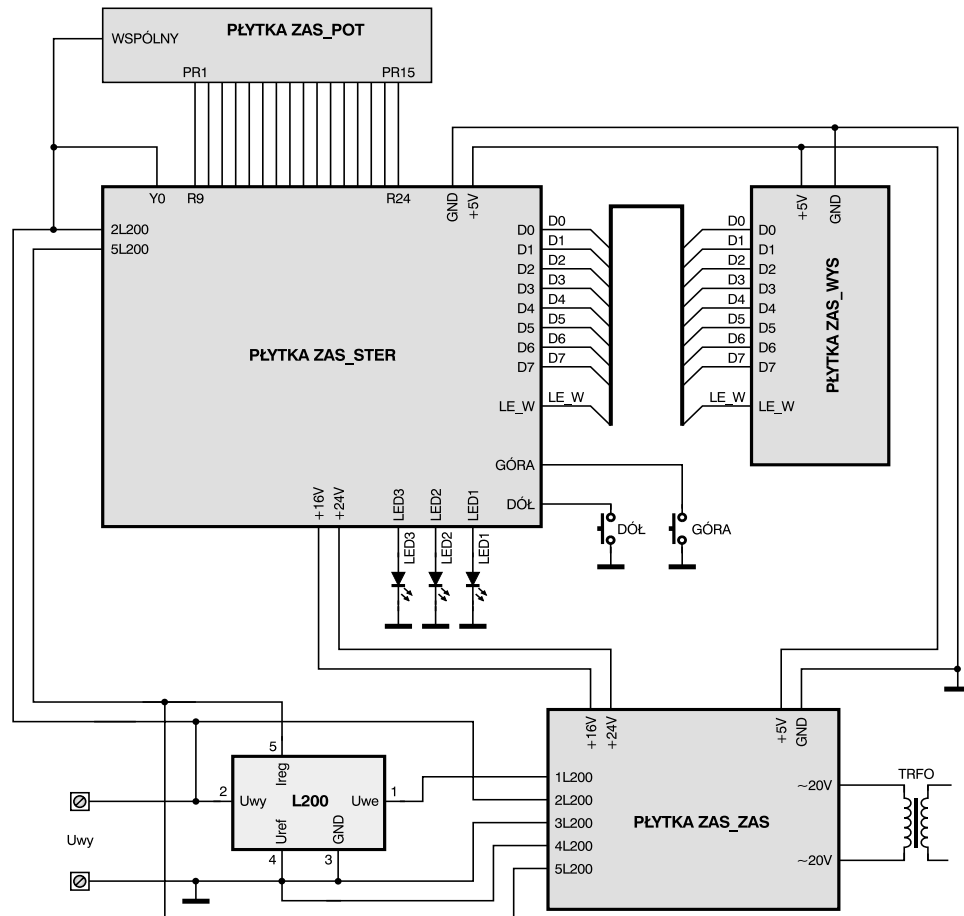
- C1: 4700μF/35V
- C2: 220nF
- C3, C5, C6: 100nF blok.
- C4: 1000μF/50V
- C7, C8, C9: 1μF/35V tantalowe
- C10, C11: 33pF

Półprzewodniki

- T1..T7: BC237
- T8..T10: BC307
- D1..D3: BAV21
- D4: C11
- LED1..LED3: czerwone diody LED φ3mm
- U1: PIC16C84/04P - zaprogramowany
- U2, U3: 74LS373
- U4: 4543
- U5: 4067
- U6: L200
- U7, U8: 7805
- W1..W3: wyświetlacze 13 mm, ze wspólną anodą
- M1: KBPC8005

Różne

- Q1: 2MHz
 - Tr: TS 40/53
 - PRZ1..PRZ3: MEISEI M4-24H
- Wyłącznik sieciowy, gniazdo bezpiecznikowe, 2 zaciski laboratoryjne, płytki drukowane (opis w tekście), sznur sieciowy, obudowa plastikowa, podstawki 18 pin, 24 pin, 40 pin (wyświetlacz)



Rys. 3.