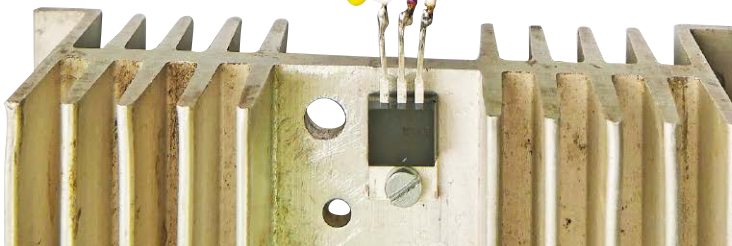
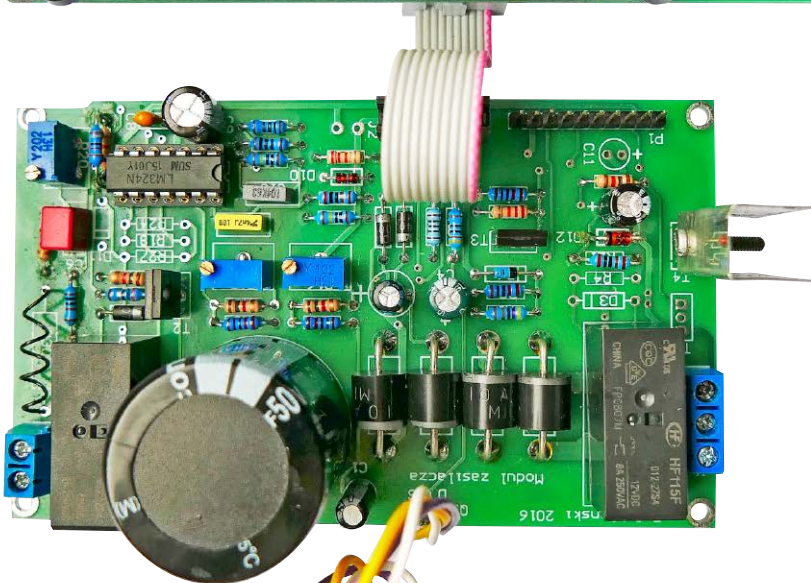
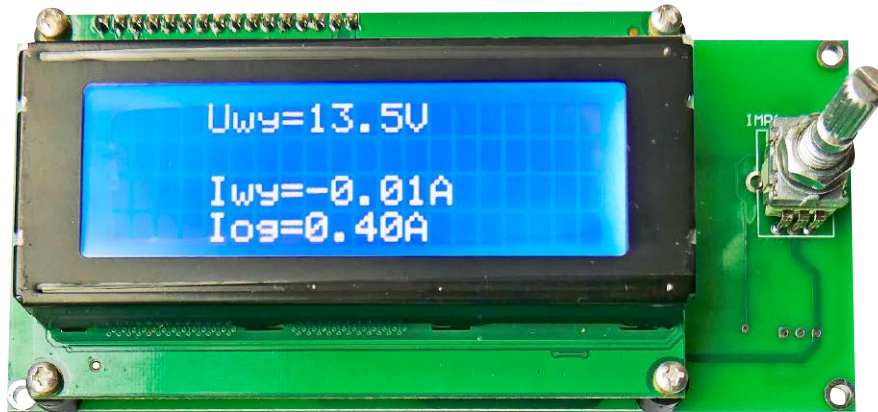


Zasilacz warsztatowy (3)

Kilka lat temu opisywałem na łamach *Elektroniki Praktycznej* projekt zasilacza sterowanego cyfrowo. Tamten zasilacz pracuje bezawaryjnie do dzisiaj, jednak postanowiłem zaprojektować i zbudować kolejny, o nieco lepszych parametrach elektrycznych nieco prostszy w konstrukcji. W pierwszej części artykułu omówiłem jego budowę, w drugiej oprogramowanie. Kończąc opiszę sposób montażu i uruchomienia zasilacza.



DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 33372, PASS: 6nwd5fk4

W ofercie AVT*

AVT-5579

Podstawowe informacje:

- Napięcie wyjściowe regulowane w zakresie 0...28 V DC.
- Prąd wyjściowy regulowany w zakresie 0...3 A.
- Stabilizator liniowy, analogowy z szeregowym tranzystorem regulacyjnym.
- Pomiar prądu i napięcia wyjściowego.
- Sterowanie zasilaczem za pomocą mikrokontrolera.

Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-1946	Zasilacz napięcia symetrycznego z LM27762 (EP 2/2017)
AVT-1938	Moduł zasilacza z układem KDSN05 (EP 11/2016)
AVT-1895	Uniwersalny moduł zasilający (EP 10/2016)
AVT-1913	Moduł miniaturowego zasilacza (EP 8/2016)
AVT-5546	Stabilizator z kompensacją spadku napięcia na przewodach połączeniowych (EP 7/2016)
AVT-1882	Regulowany zasilacz napięcia symetrycznego (EP 9/2015)
AVT-1865	Dołączany do USB zasilacz napięcia symetrycznego z układem ADP5071 (EP 8/2015)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KItem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dotychczasową płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytce PCB)
- wersja [A] płytka drukowana bez elementów i dokumentacja

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:

- wersja [A+] płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://shlep.avt.pl>

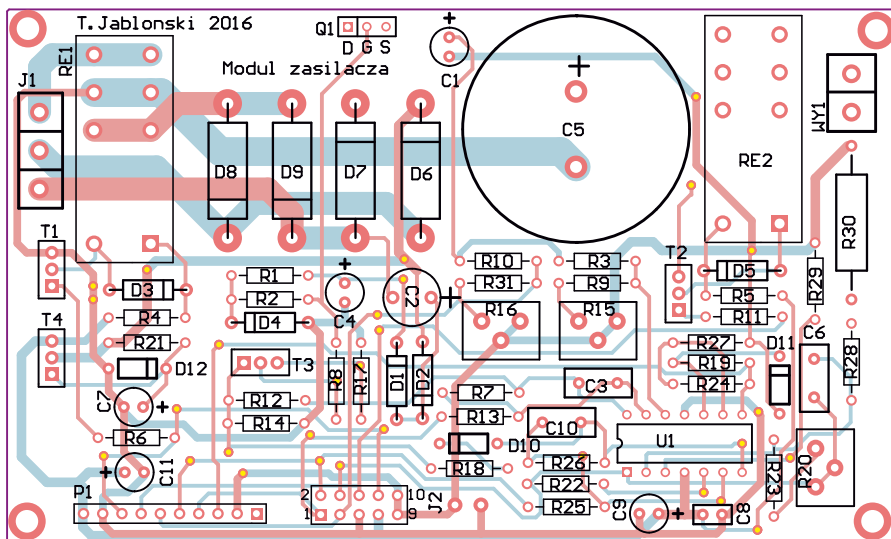
Zasilacz składa się z dwóch płytek – analogowej i cyfrowej. Ich uruchomieniem zajmujemy się kolejno, zaczynając od części analogowej.

Płytkę analogową

Schemat montażowy płytki analogowej pokazano na **rysunku 15**. W prototypie przewidziano zamontowanie dwóch przełączników – RE1 i RE2. Przełącznik RE1 ma za zadanie przełączanie odczepu na uzwojeniu wtórnym transformatora, aby przy niskim napięciu wyjściowym ograniczyć straty mocy na tranzystorze regulującym. W obecnej wersji zasilacza ta funkcjonalność nie jest wykorzystywana i zamiast RE1 trzeba wylutować dwie zwory wykonane ze srebrzanki

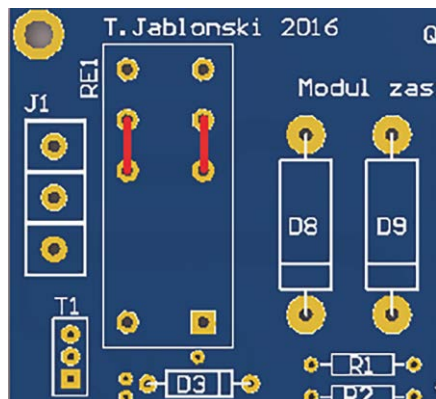
o przekroju przynajmniej 1 mm², jak pokazano na **rysunku 16**. Nie montujemy też tranzystora T1, rezystorów R6 i R4 oraz diody D3. Dla układu wzmacniacza LM324 można zamontować podstawkę precyzyjną. Po zmontowaniu płytki trzeba zwrócić uwagę na prawidłową polaryzację diod prostowniczych i kondensatorów, szczególnie C5. Do złącza J1 dołączamy uzwojenie wtórne transformatora o napięciu wtórnym 30..32 V AC i mocy ok. 100 VA (lub większej), jak na **rysunku 17**.

Pierwsze włączenie można wykonać bez zamontowanego LM324. Sprawdzamy poprawność napięcia na kondensatorze C5 (40...45 V bez obciążenia), napięcie wyjściowe +15 V

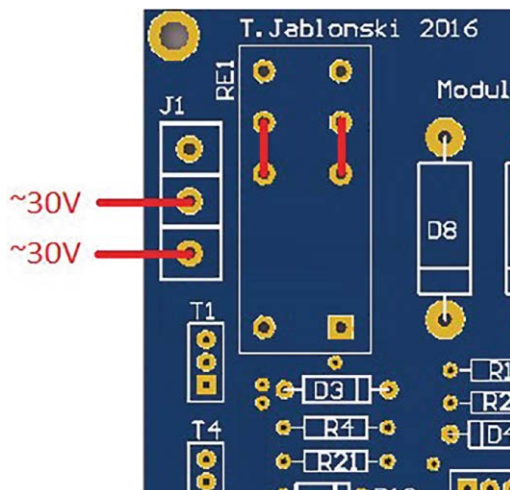


Rysunek 15. Schemat montażowy płytki analogowej

z układu zasilania wzmacniacza operacyjnego i sterownika oraz napięcie +40 V stabilizowane diodą D4 z układu polaryzacji bramki tranzystora szeregowego Q1. Po tych czynnościach można dołączyć tranzystor Q1 oraz włożyć w podstawkę lub wlutować wzmacniacz operacyjny LM324 (U1).



Rysunek 16. Sposób montażu zwory zamiast przełącznika RE1 (kolor czerwony)



Rysunek 17. Sposób dołączenia transformatora

Do uruchomienia i regulacji modułu analogowego będzie potrzebny miernik uniwersalny. Przydatny będzie też oscyloskop, żeby ocenić poziom zakłóceń na wyjściu oraz stwierdzić brak wzbudzenia się wzmacniacza błędów i komparatora w układzie ograniczenia prądowego. Zasilacz zmontowany ze sprawnych elementów nie powinien się wzbudzać i oscyloskop nie jest bezwzględnie potrzebny. Do uruchomienia będzie też potrzebne regulowane źródło napięcia z zakresu 0...4 V lub w ostateczności tylko +4 V. Do wstępnego uruchomienia nie powinno się używać sterownika mikroprocesorowego, bo na wyjściu niewyregulowanego układu pomiaru prądu lub napięcia może wystąpić zbyt wysokie napięcie, które uszkodzi mikrokontroler.

REGULACJA NAPIĘCIA WYJŚCIOWEGO Regulacja napięcia wyjściowego polega na ustawieniu napięcia wyjściowego +28 V dla $U_{reg}=4$ V. Do pinu 2 złącza P1 dołączamy ujemny biegun (masę), a do pinu 4 dodatni biegun zewnętrznego napięcia o dokładnie ustawionej wartości +4 V (rysunek 18). Teraz potencjometrem R15 ustawiamy na wyjściu zasilacza napięcie +28 V. Od tej regulacji zależy dokładność ustawiania napięcia wyjściowego przez sterownik mikroprocesorowy. Jeżeli mamy dokładnie ustawione napięcie +28 V, to za pomocą potencjometru R16 ustawiamy napięcie U_{wy} na dokładną wartość +4 V. Napięcie U_{wy} mierzymy na pinie 6 złącza P1. Od dokładności tej regulacji będzie zależała dokładność pomiaru napięcia wyjściowego przez sterownik mikroprocesorowy.

Obie opisane regulacje należy przeprowadzić starannie i ewentualnie po pewnym czasie pracy zasilacza skorygować. Potencjometry R15 i R16 powinny być dobrej jakości i z wiarygodnego źródła.

REGULACJA UKŁADU POMIARU PRĄDU Do dokładności pomiaru prądu w zasilaczu nie jest

bardzo krytyczna. Zazwyczaj zależy nam by znać rząd natężenia prądu pobieranego przez zasilany układ, a nie jego dokładną wartość co do miliampera. Metoda techniczna pozwala na dokładny pomiar, jednak przepływ prądu przez rezystor pomiarowy powoduje jego rozgrzewanie się i w konsekwencji – wzrost rezystancji. Można temu zapobiec stosując rezystory o dużej mocy i ograniczając czas pomiaru. W zasilaczu pomiar musi być wykonywany ciągle, ale można zastosować rezystor o dużej mocy. Moc wydzielaną na rezystorze pomiarowym dla najbardziej niekorzystnego przypadku przepływu 3 A można wyliczyć z równania $P=I^2 \times R=3 \times 3 \times 0,1=0,9$ W. Zastosowanie rezystora o mocy 5 W jest rozsądnym kompromisem. W prototypie przy przepływie prądu 3 A rezystor robił się zauważalnie ciepły i po pewnym czasie wskazania były lekko zawyżane.

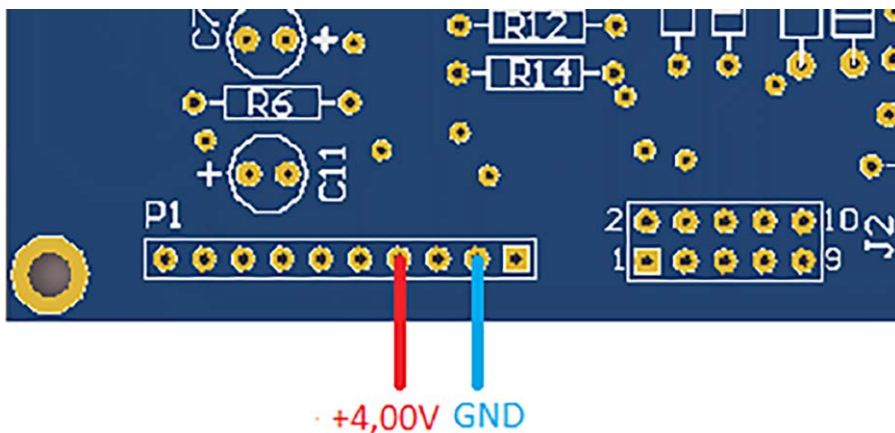
Do wyregulowania układu pomiaru prądu potrzebne będzie regulowane obciążenie, ewentualnie stałe obciążenie tak dobrane, żeby przy napięciu na przykład 20 V zasilacz dostarczał prąd o natężeniu 3 A. Ja użyłem regulowanej opornicy o dużej mocy, bardzo przydatnej przy uruchamianiu i testowaniu zasilacza. Opornica została wyprodukowana w Polsce w latach 70-tych i do dzisiaj pracuje niezawodnie. Obciążenie trzeba połączyć szeregowo z amperomierzem o zakresie 10 A do zacisków złącza WY1. Napięcie wyjściowe z zasilacza jest podawane na to złącze poprzez zwarte styki przełącznika RE2. Bez sterownika przełącznik jest w stanie spoczynkowym i trzeba od strony druku zewrzeć jego styki (rysunek 19). Po wymuszeniu na wyjściu prądu 3 A zmierzonego włączonym w szereg z obciążeniem amperomierzem, rezystorem R20 ustawiamy dokładne napięcie +4 V na nóżce 1 układu U1 (LM324). Kontrolnie można zmierzyć napięcie na rezystorze R30 – powinno ono wynosić ok. 300 mV. Przy regulacji prądu wygodnie jest mieć zmontowany układ do regulacji

REKLAMA

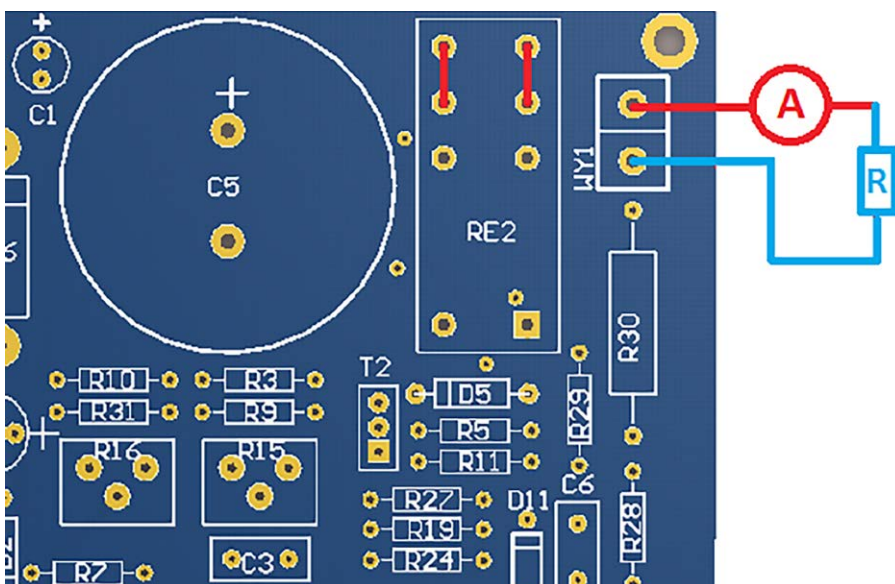
Projekty na...
STM32

www.stm32.eu

ST life.augmented **KAMAMI**



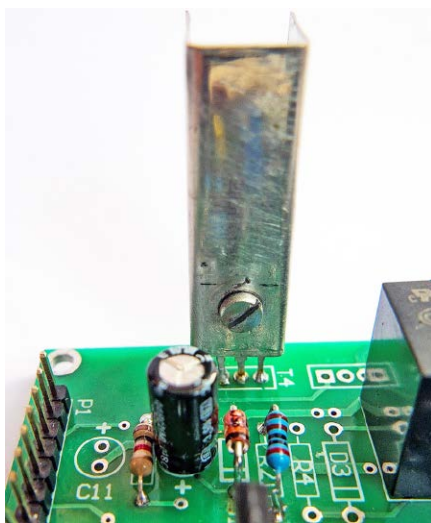
Rysunek 18. Sposób doprowadzenia napięcia Ureg



Rysunek 19. Układ do regulacji pomiaru prądu

napięcia (rysunek 17) i ewentualnie ustawić takie napięcie na wyjściu, żeby przy zastosowanym obciążeniu móc wymusić prąd 3 A. W prototypie było to +20 V.

Po wyregulowaniu układu pomiaru prądu trzeba usunąć zwory ze styków przełącznika RE2. Przed połączeniem ze sterownikiem trzeba zamontować radiator na tranzystorze T4 pracującym w układzie

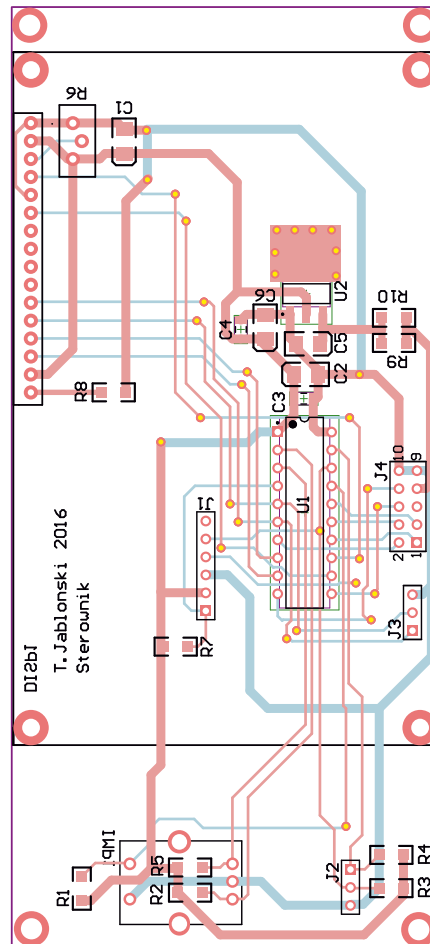


Fotografia 20. Radiator tranzystora T4

stabilizatora napięcia +15 V. Sterownik pobiera prąd ok. 80 mA (głównie do podświetlania wyświetlacza LCD). Moc traconą na tranzystorze szeregowym można oszacować jako $P=(U_{we} - 15 V) \times 0,08 A = (42-15) \times 0,08 = 2,16 W$. Według danych katalogowych tranzystor BD139 pracuje w obszarze bezpiecznym przy ciągłym prądzie kolektora 0,08 A i spadku $U_{ce}=27 V$, ale wymaga solidnego radiatora. Brak radiatora powoduje natychmiastowe nagrzewanie się struktury i obudowy, co skutkuje zmniejszaniem się dopuszczalnej mocy traconej i w konsekwencji zniszczenia tranzystora. Na przykład, dla temperatury ok 60°C moc tracona musi być zredukowana do 70%. Na fotografii 20 pokazano radiator zastosowany w prototypie. Tranzystor z tym radiatorem pracował w zasilaczu po kilka godzin dziennie bez przerwy i nie uległ uszkodzeniu.

Płytki sterownika

Płytki sterownika jest jednocześnie elementem konstrukcyjnym do zamocowania wyświetlacza LCD i impulsatora – jej schemat montażowy pokazano na rysunku 21. Montaż płytki rozpoczynamy od wlutowania wszystkich elementów

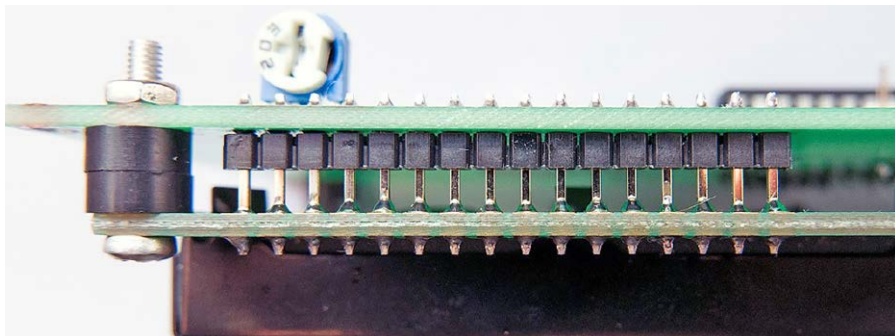


Rysunek 21. Schemat montażowy płytki sterownika

SMD, potencjometru do regulacji kontrastu, podstawki pod mikrokontroler oraz listew goldpinów na umownej stronie elementów (component layer). Po montażu trzeba szczególnie dokładnie sprawdzić luty w elementach przewlekanych (goldpiny, potencjometr i podstawka), bo po zamontowaniu wyświetlacza będzie je bardzo trudno poprawić.

Uruchomienie rozpoczynamy od podłączenia zasilania do pinów 9 (masa) i 7 (12 V). W tym momencie mikrokontroler powinien być wyjęty z podstawki. Po sprawdzeniu poprawności napięcia +5 V ze stabilizatora U2 można zamontować wyświetlacz i impulsator.

Wyświetlacz LCD i impulsator są montowane na umownej stronie lutowania (solder layer). Wyświetlacz jest połączony z płytką poprzez popularną listwę goldpinów o rastrze 2,54 mm (16 pinów). Trzeba najpierw włożyć listwę do otworów złącza DISP, a potem założyć wyświetlacz i przykręcić go czterema wkrętami M2,5 z tulejkami dystansowymi. Po przykręceniu można przylutować goldpiny do płytki sterownika i do płytki wyświetlacza (fotografia 22). Taka konstrukcja jest stabilna, łatwa w późniejszym montażu mechanicznym w obudowie. Połączenie na stałe, z krótkimi ścieżkami gwarantuje stabilną pracę wyświetlacza bez tendencji do zawieszania się



Fotografia 22. Montaż i podłączenia wyświetlacza LCD

przy zakłóceniach EMI, co może się zdarzać przy połączeniu kablami. Po zamontowaniu wyświetlacza z tej samej strony płytki wlotujemy impulsator.

Teraz można włożyć mikrokontroler w podstawkę i jeżeli nie był wcześniej zaprogramowany, to zaprogramować go w układzie. Do programowania jest przeznaczone złącze J1 ze stykami zgodnymi z wyprowadzeniami programatora PICkit3. Po prawidłowym zaprogramowaniu mikrokontrolera powinien pojawić się na ekranie głównym, a na nim wskazanie napięcia, prądu i progu zabezpieczenia prądowego ustawionego domyślnie na 1 A. Jeżeli na ekranie nic się nie wyświetla, to trzeba wyregulować kontrast wyświetlacza potencjometrem R6.

Moduł sterownika można wstępnie uruchomić sprawdzając działanie ustawiania napięcia wyjściowego i poziomu zabezpieczenia prądowego za pomocą przetworników C/A. Do wyprowadzenia „10” złącza J4 dołączamy ujemny zacisk woltomierza, a do wyprowadzenia „1” zacisk dodatni. Kręcąc ośką impulsatora powinniśmy uzyskać zmianę napięcia w zakresie 0...+4 V. Moduł nie jest połączony z płytką analogową, więc na razie nie można obserwować wyniku regulacji. Następnie przyłączamy dodatni zacisk woltomierza do wyprowadzenia „2” złącza J4. Wcisnąwszy ośkę impulsatora i wchodzimy do funkcji ustawiania progu zabezpieczenia prądowego. Na ekranie obok nastaw progu powinien być wyświetlony napis „<-set”. Kręcimy ośką i mierzymy zmianę napięcia.

Jeżeli wszystko jest w porządku, to można połączyć obie płytki za pomocą płaskiego kabla z zacisniętymi dwoma wtyczkami IDC10. Trzeba przy tym pamiętać o prawidłowej orientacji kabla względem obu złącz: na płytce analogowej i na płytce sterownika.

Do pełnego końcowego uruchomienia będzie potrzebny komplet komponentów: transformator sieciowy, płytka analogowa z radiatorem o odpowiedniej powierzchni dla tranzystora szeregowego Q1 oraz płytka sterownika. Oprócz tego będziemy potrzebowali dwóch mierników: woltomierza i amperomierza oraz obciążenia rezystancyjnego o mocy ok 80...100 W i rezystancji minimum 5...7 Ω . Dla napięcia

wyjściowego 21 V i obciążenia 7 Ω przepłynie przez nie prąd 3 A, a wydzielana moc wyniesie 63 W. Można też testować zasilacz z mniejszymi obciążeniami.

Po włączeniu całości najpierw sprawdzamy poprawność ustawiania napięcia wyjściowego zasilacza. Jeżeli w czasie uruchamiania modułu analogowego regulacje były wykonane dokładnie, to nie trzeba będzie wykonywać ich ponownie. Może się jednak okazać, że trzeba będzie wykonać drobną korektę. Napięcia regulacyjne w sterowniku mogą się różnić od idealnych, na przykład – z powodu tolerancji źródła napięcia odniesienia FVR. Po dołączeniu miernika do zacisków wyjściowych zasilacza ustawiamy na sterowniku napięcie +28 V. Ewentualne różnice napięcia na wyjściu zasilacza mierzone multimetrem większe niż 100 mV korygujemy rezystorem R15. Różnice wskazań pomiaru większe niż 100 mV napięcia w sterowniku korygujemy rezystorem R16. Sprawdzanie można powtórzyć w kilku innych punktach, na przykład w połowie zakresu (14 V) i dla napięcia np. +5 V. Potem trzeba ustawić napięcie 20 V, dołączyć obciążenie szeregowo z amperomierzem i sprawdzić dokładność pomiaru prądu i ewentualnie skorygować wskazania rezystorem R20.

Najtrudniej będzie sprawdzić zadziałanie progu ograniczenia prądowego. Można to zrobić zwiększając napięcie wyjściowe przy stałym obciążeniu, lub przy stałym napięciu wyjściowym zmieniać obciążenie. Jak już wspominałem, użyłem regulowanej opornicy o dużej mocy pozwalającej na płynną zmianę pobieranego prądu. Prawidłowo działające ograniczenie prądowe nie pozwala na pobór prądu większy niż nastawiony próg. Jeżeli obciążenie chce wymusić większy prąd, to zasilacz zaczyna ograniczać napięcie wyjściowe, aby ograniczyć pobór prądu. Końcowy efekt jest taki, że prąd wyjściowy ma wartość progu ograniczenia, a napięcie wyjściowe jest niższe niż nastawione.

Obsługa zasilacza

Zgodnie z założeniami obsługa zasilacza powinna być tak łatwa, jak to tylko możliwe. Dlatego zrezygnowałem z menu

funkcyjnego. Do dyspozycji mamy możliwość ustawiania napięcia wyjściowego z krokiem 0,5 V oraz ustawiania progu zabezpieczenia prądowego z krokiem 0,1 A. Po pierwszym włączeniu po zaprogramowaniu pamięci sterownik ustawia domyślnie napięcie wyjściowe +5 V i ograniczenie prądowe 1 A. Regulacja napięcia odbywa się poprzez kręcenie ośką impulsatora. Po wciśnięciu ośki jest wywoływana funkcja ustawiania progu zabezpieczenia prądowego. Po powtórzeniu przyciśnięciu ośki program przechodzi powtórnie do funkcji ustawiania napięcia wyjściowego.

Na koniec

Można sobie zadać pytanie czy warto projektować i budować przyrządy, takie jak zasilacze warsztatowe, skoro można kupić gotowe w cenie niewiele wyższej od ceny materiałów potrzebnych do wykonania opisywanego urządzenia? Według mnie warto. Po pierwsze, koszty można ograniczyć stosując elementy zalegające w szufladzie. Dotyczy to szczególnie transformatora sieciowego, elementów biernych i obudowy. Zastosowanie taniego mikrokontrolera z rozbudowanymi peryferiami pozwoliło na znaczące uproszczenie budowy sterownika. Układ analogowy zbudowano w oparciu o powszechnie dostępne i tanie elementy.

Budowanie zasilacza ma też walory edukacyjne, trudne do przecenienia. Zastosowane tu rozwiązania są przykładem połączenia techniki analogowej z układami wzmacniaczy błędów i wzmacniaczy napięcia stałego z cyfrowym sterownikiem. Przy projektowaniu, uruchamianiu i regulacji trzeba poznać, i zastosować układy analogowe, a wiedza o nich w czasach powszechnej, cyfrowej obróbki sygnałów nie jest już tak powszechna. Trzeba też poznać i zastosować techniki pomiaru napięcia i prądu oraz określić i uwzględnić błędy pomiarów. I na koniec pozostaje satysfakcja z samodzielnie zbudowanego elementu domowego laboratorium.

Tomasz Jabłoński, EP

REKLAMA

Projekty na **STM32**

www.stm32.eu

ST life.augmented

KAMAMI