

Impulsowa, mikroprocesorowa ładowarka akumulatorów kwasowo-ołowiowych

Najefektywniejszą metodą ładowania akumulatorów kwasowo-ołowiowych jest ładowanie stałym prądem (algorytm CC) z odcięciem napięcia (algorytm CV). W praktyce oznacza to, że dla akumulatora ołowiowego prąd ładowania może zawierać się w przedziale od kilku do około 30% pojemności znamionowej akumulatora. Prąd o takim natężeniu nie jest szkodliwy dla ładowanego akumulatora pod warunkiem, że nie zostanie przekroczone napięcie 2,4...2,5 V na ogniwo. Dlatego do nadzoru przebiegu procesu ładowania akumulatora zaprzęgnięto mikrokontroler.

Rekomendacje: ładowarka przyda się każdemu użytkownikowi akumulatorów ołowiowych. Zastosowany algorytm jest gwarancją maksymalnego wykorzystania możliwości akumulatora.

DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 75540, PASS: 75542v64

Podstawowe informacje:

- Możliwość ładowania akumulatorów o napięciu 6, 12 i 24 V.
- Automatem rozpoznawanie typu dołączonego akumulatora.
- Wyświetlanie prądu ładowania, ładunku, statusu ładowarki, czasu ładowania, napięcia akumulatora.
- Ładowanie z wykorzystaniem algorytmów CV i CC.
- Testowana przy prądzie obciążenia 10 A.
- Wbudowana przetwornica impulsowa (bez transformatora sieciowego).
- Składa się z płytki panelu czołowego i płytki przetwornicy.

Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

Projekt 222	Impulsowa ładowarka akumulatorów ołowiowych (EP 5/2015)
AVT-3120	Automatyczna ładowarka akumulatorów ołowiowych (EdW 2/2015)
Projekt 219	Ładowarka impulsowa akumulatorów ołowiowych (EP 9/2014)
AVT-5348	Uniwersalna ładowarka akumulatorów modelarskich (EP 6/2012)
AVT-2715	Ładowarka akumulatorów ołowiowych 10-200 Ah (EdW 3/2004)

* Uwaga: Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach: AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych. AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych. AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych. AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf. AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu). AVT xxxx CD Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://shlep.avt.pl>

Aby móc skorzystać z opisywanego we wstępie algorytmu ładowania należy wykonać odpowiednie obwody stabilizujące prąd oraz napięcie ładowania. Zgodnie z teorią, do ładowania akumulatora wystarczy stabilizator napięcia mający możliwość pracy w następujących zakresach:

- Przy ładowaniu akumulatora Pb 6 V: 7,2...7,5 V.
- Przy ładowaniu akumulatora Pb 12 V: 14,4...15 V.
- Przy ładowaniu akumulatora Pb 24 V: 28,8...30 V.

Wymagany jest przy tym obwód pomiarowy prądu, który będzie dbał o przepływ prądu o stałym natężeniu podczas ładowania. W praktyce można użyć liniowego stabilizatora typu np. LM723, dzięki któremu będzie możliwe utrzymanie stałego prądu ładowania oraz napięcia odcięcia.

Wadą stabilizatorów liniowych jest ich mała sprawność oraz duże ilości ciepła wydzielane w elemencie mocy. Pociąga to za sobą potrzebę stosowania wydajnych układów chłodzenia. Dużo lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie stabilizatora impulsowego, którego sprawność jest bardzo wysoka, a wydzielana ilość ciepła stosunkowo niewielka. Pozwala to wykonać poręczną, lekką ładowarkę mającą duży prąd wyjściowy. W swoim projekcie wykorzystałem przepustową przetwornicę prądu stałego.

Budowa i zasada działania

Ładowarka składa się z dwóch płytek: czołowej będącej interfejsem użytkownika

i głównej zawierającej obwodę mocy ładowarki. Schemat ideowy płyty czołowej (panelu sterowania) pokazano na **rysunku 1** i **rysunku 2**. Na płycie czołowej zamontowano mikrokontroler, w którym jest zaszyty program sterujący pracą ładowarki. Dzięki jego użyciu można było w znacznym stopniu zautomatyzować proces ładowania i ograniczyć obsługę urządzenia tylko do włączenia lub wyłączenia ładowarki oraz ustawienia pojemności ładowanego akumulatora. Na tej płycie zamontowano cztery wyświetlacze LED, na których są wyświetlane:

- W1 – zadana pojemność znamionowa ładowanego akumulatora.
- W2 – ładunek elektryczny przesłany do akumulatora w trakcie procesu ładowania. Wskaźnik ten może służyć do oceny stopnia zużycia akumulatora.
- W3 – napięcie akumulatora.
- W4 – prąd ładowania akumulatora.

Diody LED są wskaźnikami statusu ładowarki i oznaczają:

- START (D1) – praca ładowarki i rozpoczęcie procesu ładowania akumulatora.
- STOP (D2) – praca ładowarki jest zatrzymana, a akumulator nie jest ładowany.
- ERROR (d3) – awaria lub błąd procesu ładowania.
- BIEGUNOWOŚĆ (D4) – zła polaryzacja akumulatora.
- ŁADOWANIE (D5) – ciągle świecenie oznacza, że akumulator jest ładowany prądem $0,1 \times C$ z odcięciem napięcia. Miganie oznacza doładowywanie akumulatora prądem $0,05 \times C$ z odcięciem napięcia.

- 6 V (D6) – akumulator o napięciu znamionowym 6 V.
- 12 V (D7) – akumulator o napięciu znamionowym 12 V.
- 24 V (D8) – akumulator o napięciu znamionowym 24 V.

Impulsator SW1 jest ostatnim elementem komunikacji ładowarki z użytkownikiem. Służy do włączania jak i wyłączania ładowarki, przejścia w tryb ustawiania aktualnej

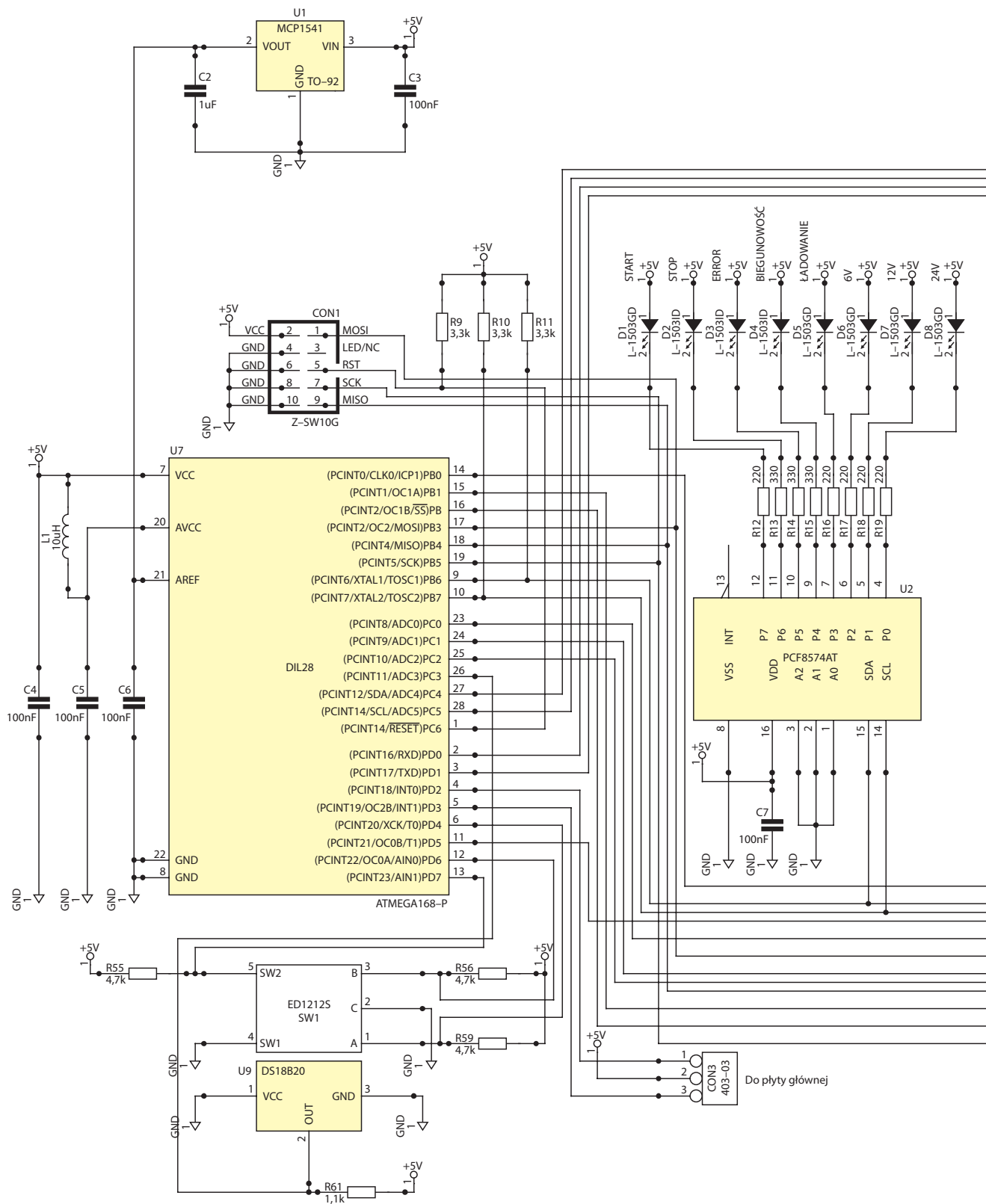
godziny poprzez przyciśnięcie ośki impulsatora, oraz ustawienie zadanej pojemności znamionowej akumulatora poprzez obracanie pokrętki. Na płycie czołowej jest umieszczony cyfrowy czujnik temperatury U9. Po prawidłowym podłączeniu akumulatora do ładowarki odczytuje on temperaturę otoczenia i odpowiednio kompensuje napięcie ładowania o:

- $-12 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ dla akumulatora Pb 6 V.
- $-24 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ dla akumulatora Pb 12 V.

- $-48 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ dla akumulatora Pb 24 V.

Współczynnik korekcji wynosi $-4 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ na ogniwo, co jest wartością optymalną, ponieważ według dostępnych informacji może on zawierać się w granicach od $-3 \dots -5 \text{ mV}/\text{K}$ na ogniwo.

Zegar czasu rzeczywistego U8 ma dwojganie zadanie. W trybie czuwania ładowarki ten układ odmierza czas, a aktualna godzina jest pokazywana na wyświetlaczu W1.



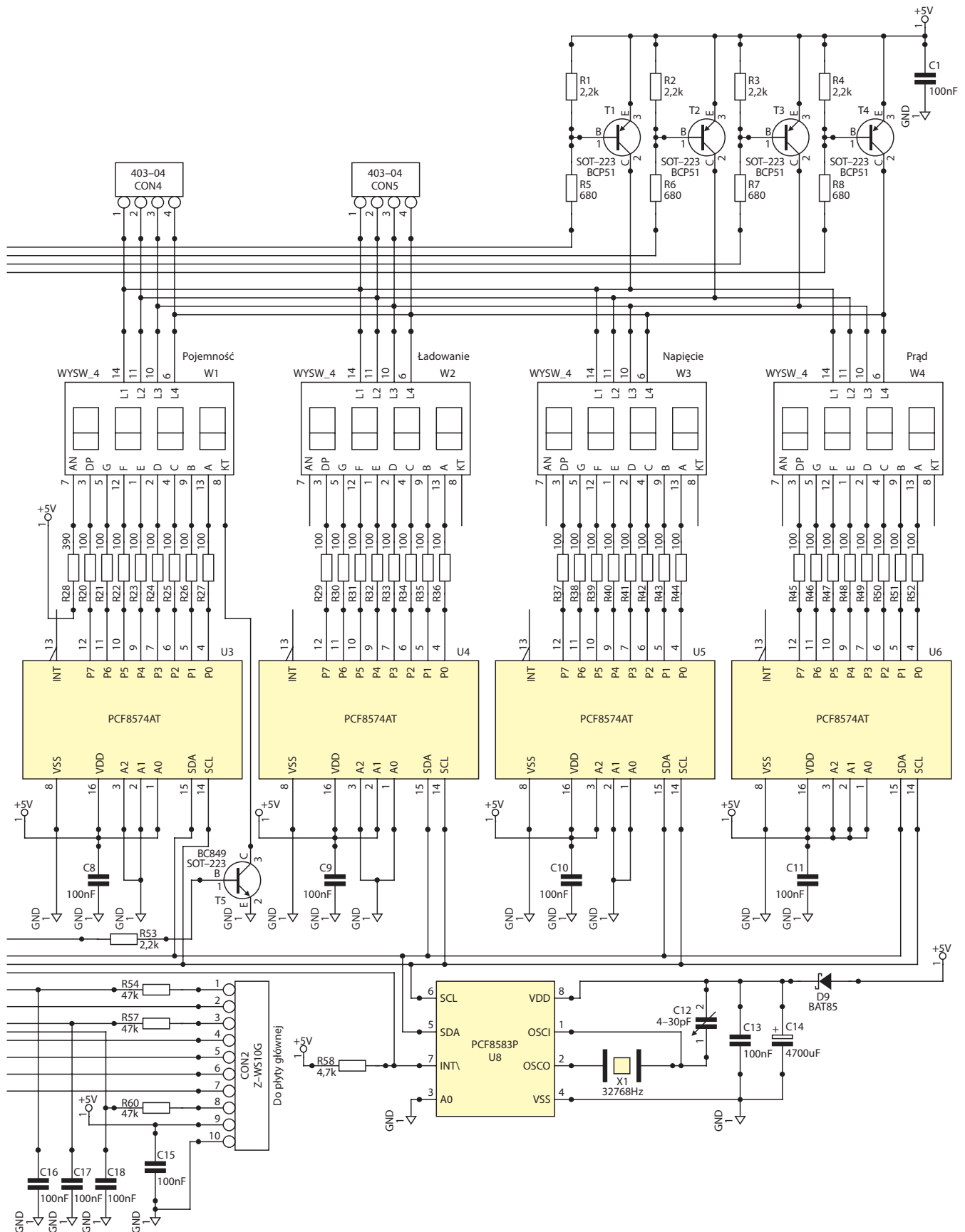
Rysunek 1. Schemat ideowy panelu czołowego – część 1

Podczas ładowania jego wyjście INT¹ taktuje procesem obliczania ładunku oraz służy do sterowania dwukropkiem wyświetlacza.

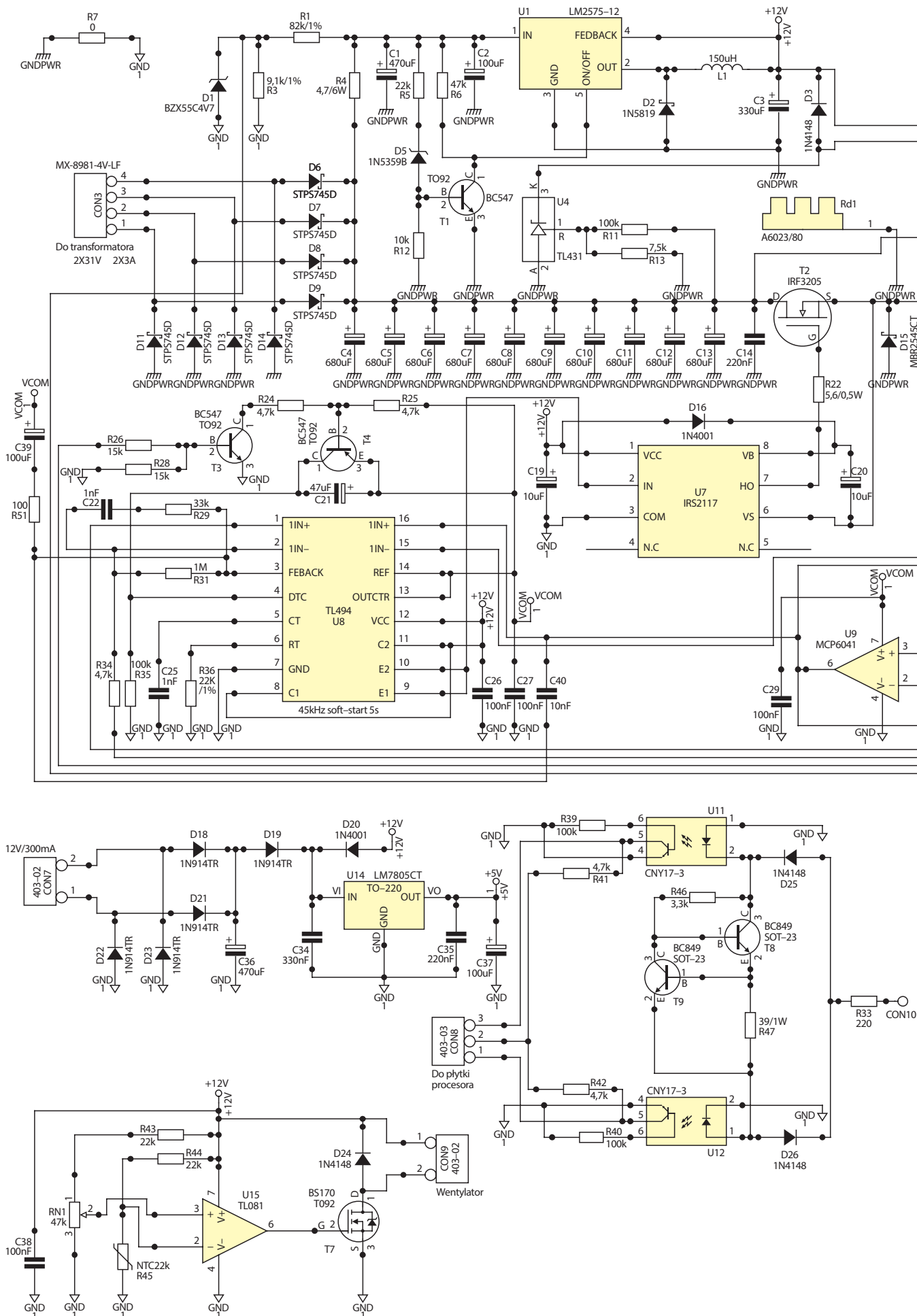
Mikrokontroler mierzy kilka napięć mających wpływ na prawidłową pracę ładowarki oraz na przebieg procesu ładowania.

Napięcie odniesienia dla przetwornika A/C zostało doprowadzone na wejście AREF procesora i odfiltrowane przez kondensator C6. Jako źródło napięcia odniesienia służy układ U1, który dostarcza napięcie 4,096 V. Na płycie czołowej jest dostępna

magistrała I²C do komunikacji z zegarem U8. Użyto jej do sterowania pracą wyświetlaczy i diod LED. Zastosowanie ekspanderów typu PCF8574 oraz multipleksowania wyświetlaczy znacznie ogranicza wykorzystanie portów procesora.



Rysunek 2. Schemat ideowy panelu czołowego – część 2



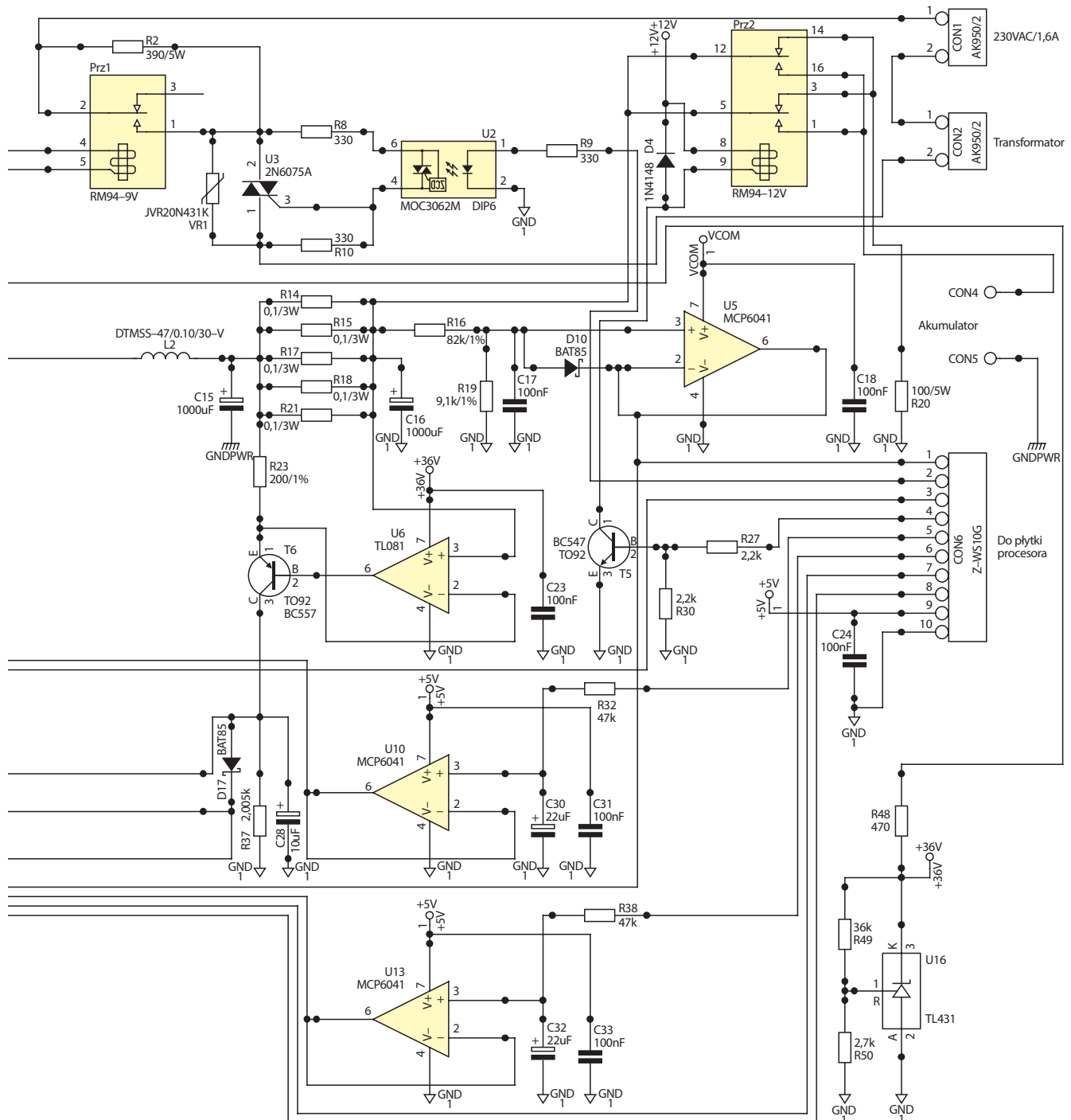
Rysunek 3. Schemat ideowy przetwornicy ładowarki – część 1

Schemat płyty głównej pokazano na **rysunku 3** i **rysunku 4**. To na niej znajduje się przepustowa przetwornica impulsowa. W trybie czuwania rolę zasilacza pełni pomocniczy transformator sieciowy dołączony do złącza CON7. Musi on mieć napięcie wyjściowe 9...12 V i mocy minimalną 4 VA. Napięcie przemiennie zostaje wyprostowane przez mostek złożony z diod D18, D21, D22, D23 i filtrowane przez kondensator C36. Diody D19 i D20 stanowią zawory jednokierunkowe. W danej chwili przewodzi tylko ta dioda, na której występuje wyższe napięcie. Podczas czuwania na anodzie diody D20 nie ma napięcia, więc prąd poprzez diodę D19 i zasila stabilizator U14.

Stabilizator zasila płytę czołową i dostarcza +5 V do zasilania wtórników napięciowych U10 i U13.

Napięcie sieciowe jest doprowadzone do złącza CON1. Gdy ładowarka zostanie włączona, optotriak U2 przewodzi i załącza triak U3. Warystor VR1 chroni triak przed przepięciem podczas wyłączenia transformatora. Po załączeniu triaka prąd przepływa przez włączony równoległe ze stykami przełącznika Prz1 rezystor R2, który łagodzi prąd płynący podczas ładowania się kondensatorów. Napięcie do zasilania uzwojenia pierwotnego transformatora jest wyprowadzony na złącze CON2. Transformator, który zastosowałem ma moc 200 VA i dwa uzwojenia

wtórne dostarczające napięcie po 30 V każde i obciążalności ok. 3,3 A. Napięcie z uzwojeń wtórnych jest doprowadzone na złącze CON3, a z niego trafia do prostownika złożony z 8 diod Schottky. Filtr za prostownikiem jest złożony z kondensatorów C4...C13 (6,8 mF) o małym LSR. Odfiltrowane napięcie trafia poprzez rezystor R4 na dzielnik rezystancyjny oraz zasila stabilizator dostarczający +12 V z układem LM2575. Układ ten został wyposażony w obwód detekcji napięcia zasilania złożony z diody D5, tranzystora T1 oraz rezystorów R5, R6 i R12. Gdy napięcie zasilania przekracza +28 V, zasilacz startuje i dostarcza napięcie +12 V zasilające sterownik U8, driver U7 oraz układ



Rysunek 4. Schemat ideowy przetwornicy ładowarki – część 2

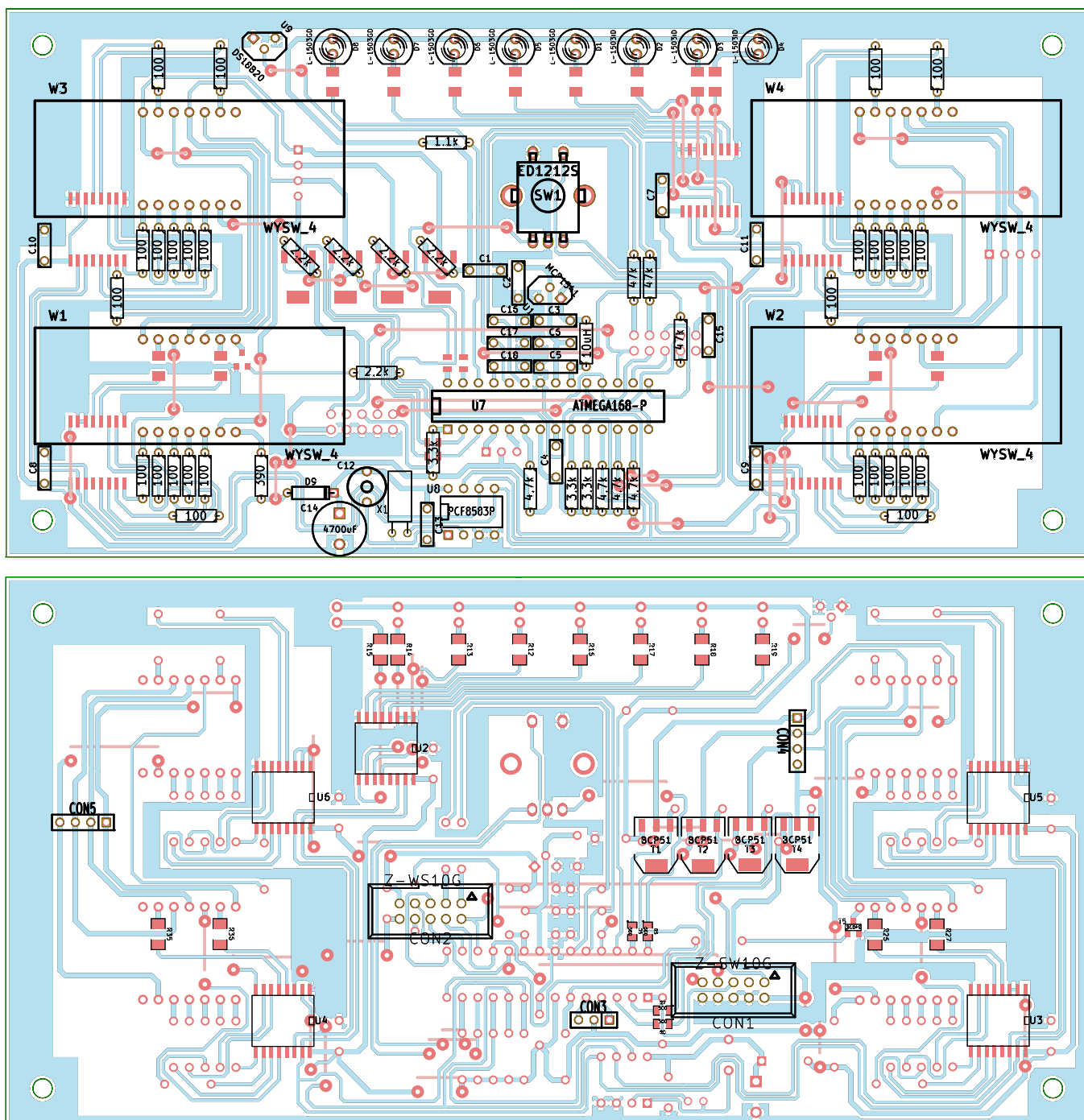
aktywnego chłodzenia. Zastosowanie przetwornicy impulsowej okazało się konieczne ze względu na duże napięcie wejściowe oraz spory prąd pobierany z szyny +12 V.

Dzielnik złożony z rezystorów R1, R3 i diody D1 umożliwi pomiar napięcia przez mikrokontroler. Pozwala to na pomiar obciążenia ładowarki i informuje o prawidłowym funkcjonowaniu obwodów zasilania. Ważną funkcję pełni detektor złożony z rezystorów R11, R13 oraz programowanej diody Zenera U4. Monitoruje on wzrost napięcia na kondensatorach podczas ich ładowania zaraz po załączeniu transformatora sieciowego. Jak wspomniałem, prąd sieci płynie poprzez rezystor R2 – jego rezystancja włączona szeregowo z uzwojeniem

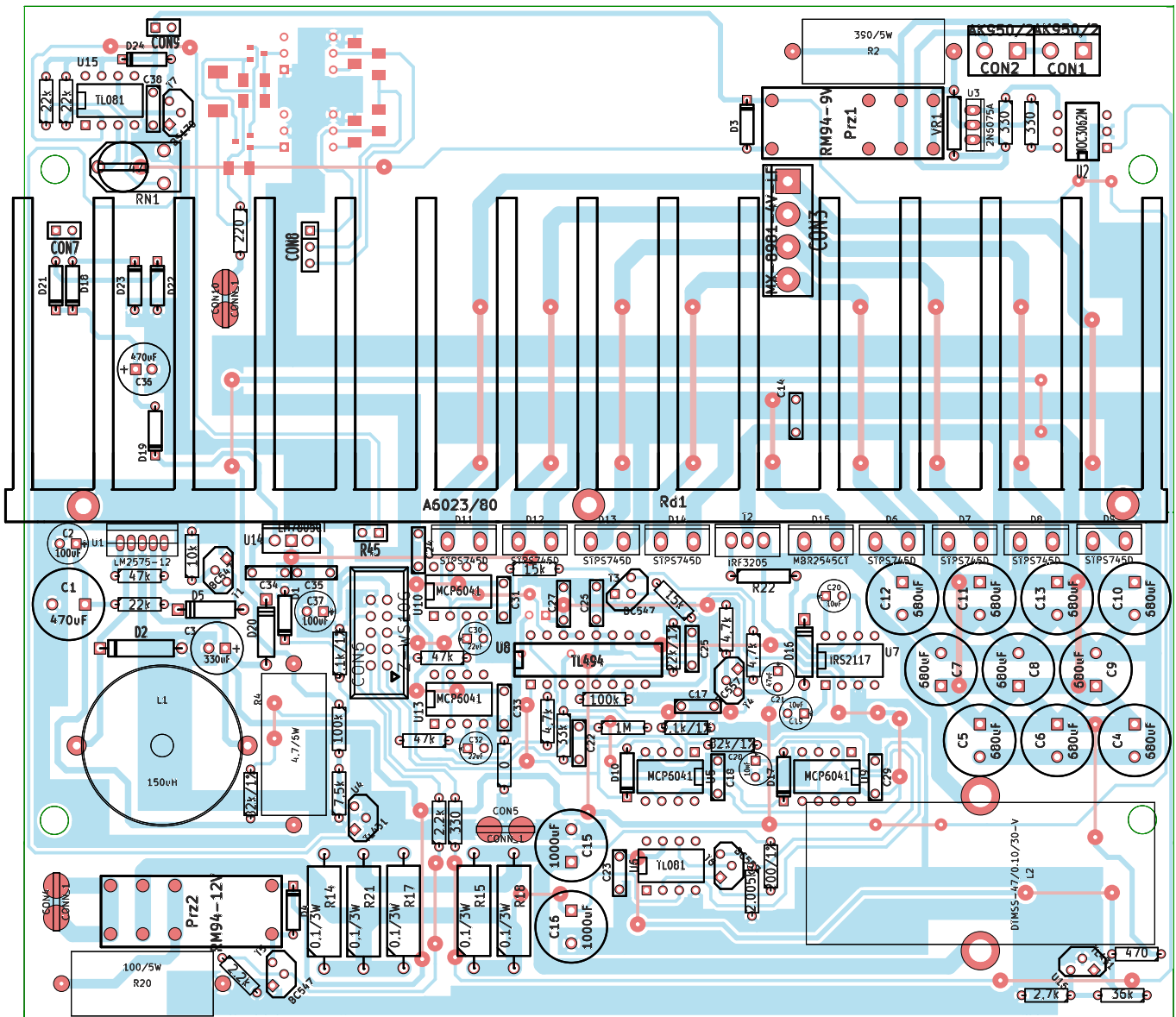
pierwotnym transformatora ogranicza płynący prąd uzwojenia pierwotnego. Tym samym prąd ładowania kondensatorów jest ograniczony, co powoduje ich powolne ładowanie. Po przekroczeniu napięcia +36 V na kondensatorach filtrujących, dioda U4 zaczyna przewodzić i załącza przełącznik Prz1, co powoduje ominięcie rezystora R2 i pracę z pełną wydajnością. Łatwo domyślić się, że opisywany obwód zapewnia łagodny start oraz – dodatkowo – zabezpiecza ładowarkę przed przeciążeniem. Jeśli ładowarka zostanie przeciążona spowoduje to spadek napięcia poniżej +36 V i przełącznik Prz1 zostaje rozłączony. Prąd sieci płynie poprzez rezystor R2, co powoduje dalszy spadek napięcia. Wartość napięcia za

dzielnikiem R1, R3 jest zinterpretowana przez program sterujący jako błąd w układzie zasilania, co powoduje przerwanie procesu ładowania i zaświecenie się odpowiednich lampek ostrzegających o wystąpieniu przeciążenia.

Napięcie zasilania jest podawane na tranzystor T2, który jest kluczem elektronicznym przetwornicy przepustowej. Wykorzystałem tu tranzystor z kanałem typu N, ponieważ ma mniejszą rezystancję $R_{DS(on)}$. Niestety, skomplikowało to układ sterowania tranzystorem. Za tranzystorem T2 znajduje się dioda usprawniająca Schottky D15. Dławik L2 gromadzi energię podczas przewodzenia T2, którą później oddaje do obciążenia, gdy tranzystor nie przewodzi. Dławik



Rysunek 5. Schemat montażowy panelu czołowego



Rysunek 6. Schemat montażowy płyty głównej

ma indukcyjność 47 μ H i prąd nasycenia rzędu 30 A. Za cewką jest włączony kondensator filtrujący C15 o małym LSR i bocznik do pomiaru prądu złożony z połączonych równolegle rezystorów R14, R15, R17, R18 i R21. Za bocznikiem włączono kolejny kondensator (LSR) i dzielnik rezystancyjny złożony z R16 i R19 oraz styki przełącznika wyjściowego Prz2. Do styków NC jest dołączony rezystor R20 (wykorzystany do startu przetwornicy). Styki NO są połączone ze złączem konektorowym CON4, które za złączem CON5 stanowi wyjście dla ładowanego akumulatora.

Napięcie z dzielnika po odfiltrowaniu przez C17 trafia na wtórnik napięciowy ze wzmacniaczem U5. Napięcie wyjściowe tego wtórnika jest informacją dla mikrokontrolera o wartości napięcia ładowania akumulatora. Trafia ono na wejście nieodwracające pierwszego komparatora zawartego w strukturze sterownika U8. Wzmacniacz U6 mierzy spadek napięcia na boczniku prądowym i steruje tak tranzystorem

T6, aby prąd płynący przez rezystor R23 był proporcjonalny do spadku napięcia na boczniku. Na wejściach tego wzmacniacza występuje napięcie ładowanego akumulatora i może osiągać 33 V. Z tego względu została ona zasilony dodatkowym napięciem +36 V (dioda U16 i rezystory R48...R50). Prąd przepływający przez rezystor R37 jest taki sam, jak przez rezystor R23, a rezystancja R37 jest 10 razy większa od rezystancji R23, więc spadek napięcia na R37 jest dziesięciokrotnie większy niż spadek napięcia na boczniku.

Kondensator C28 filtruje napięcie będące informacją o płynącym prądzie. Jest ono podawane na wejście wtórnika napięciowego U9, którego napięcie wyjściowe jest informacją dla mikrokontrolera o prądzie ładowania oraz jest podawane na wejście nieodwracające drugiego komparatora zawartego w U8. Wtórnik napięciowy U10 i U13 z filtrami RC są przetwornikami A/C. Na wejścia filtrów złożonych z R32 i C30 oraz R38 i C32 są podawane przebiegi PWM

z procesora. Wypełnienie przebiegów jest wyznaczane na podstawie napięcia, pojemności, trybu ładowania oraz temperatury otoczenia. Przebiegi PWM są uśredniane przez filtry, co prowadzi do tego, że na wejścia wtórników U10 i U13 jest podawane napięcie stałe. Po wzmocnieniu jest ono podawane na wejścia odwracające komparatorów zawartych w U8.

Do sterowania pracą przetwornicy przepustowej wykorzystano sterownik typu TL494. Pracuje on z częstotliwością kluczkowania 45 kHz, którą ustanawiają elementy R36 i C25. Sterownik wyposażono w układ miękkiego startu (zwłoka około 5 s). Ten czas ustalają elementy C21 i R35. Oba komparatory zawarte w strukturze sterownika U8 są wyposażone w sprzężenie zwrotne. Komparator pierwszy odpowiada za stabilizowanie napięcia wyjściowego – jest do niego podłączona pętla sprzężenia składająca się z R29, R31, R34 i C22. Rezystory R31 i R34 ustalają wzmocnienie dla składowej stałej, a rezystory R29, R34 i pojemność

C22 – wzmocnienie dla składowej zmiennej. Komparator drugi odpowiada za stabilizowanie prądu ładowania. Dołączono do niego sprzężenie pojemnościowe w postaci kondensatora C40, co zapobiega pischczeniu dławika podczas stabilizowania prądu.

Pomiędzy wyjście komparatorów FEBACK, a napięcie referencyjne sterownika włączono dwójnik szeregowy RC składający się z rezystora R51 i kondensatora C39. Jego zadaniem jest tłumienie szybko zmieniających się przebiegów na końcówce FEBACK, co zapewnia lepszą stabilność napięcia i prądu wyjściowego ładowarki. Niestety, spowalnia reakcję na zmiany obciążenia, ale w ładowarce akumulatorów nie ma to znaczenia. Ponieważ tranzystor kluczujący T2 ma kanał typu N konieczne stało zastosowanie drivera U7 sterującego bramką tego tranzystora. Driver dba o szybkie przeładowanie pojemności bramki, co zmniejsza straty mocy w tranzystorze. Rezystor R22 ogranicza prąd ładowania bramki. Sterowanie drivera dołączono do emiterów tranzystorów w U8.

Zastosowanie drivera ma jedną wadę – przetwornica bez dołączonego obciążenia nie chce startować z tego powodu, że „wiszące w powietrzu” wyjście nie powoduje naładowania się kondensatora C20, w którym jest gromadzony ładunek potrzebny do sterowania bramką tranzystora. Jeśli więc ładunek nie zgromadzi się, tranzystor nie zostajeysterowany w związku z tym przetwornica nie pracuje. Tu okazuje się niezbędny rezystor R20, o którym wspominałem wcześniej. Gdy przekaźnik Prz2 nie jest załączony, rezystor jest połączony z wyjściem przetwornicy. Prąd zasilania drivera przepływa przez diodę D16 i jest podawany na dodatni biegun kondensatora C20. Biegun ujemny jest połączony z rezystorem R20, co zamyka obwód i ładuje kondensator. Zgromadzony ładunek powodujeysterowanie tranzystora kluczującego i pracę przetwornicy. Po określonym czasie w programie sterującym przekaźniki Prz2 zostaje załączony i prąd płynie nie do rezystora R20 tylko do ładowanego akumulatora. Nasuwa się pytanie, dlaczego zamiast zamykać obwód kondensatora C20 przez rezystor nie został zamknięty przez ładowany akumulator? Wyobraźmy sobie, że tak zostało zrobione. Przekaźnik Prz2 jest załączony, a przetwornica nie wystartowała. Akumulator, który został przyłączony ma napięcie +12 V spowoduje, że pojawi się ono na okładzinie ujemnej kondensatora C20. Na okładzinie dodatniej jest również napięcie wynoszące ok. +12 V. Wynika z tego, że napięcie na kondensatorze ma wartość 0 V, czyli nie ma ładunku potrzebnego do sterowania bramką tranzystora i przetwornica nie wystartuje. Jeszcze gorzej, gdy zostanie dołączony akumulator o napięciu +24 V.

Kondensator naładuje się napięciem -12 V, co może spowodować uszkodzenie drivera oraz tranzystora kluczującego.

Kolejnym elementem wymagającym opisu jest detektor prawidłowego dołączenia akumulatora do ładowarki. Składa się on z transoptorów U11, U12, tranzystorów T8, T9, diod D25, D26 oraz rezystorów R33, R39... R42, R46, R47. Jeśli akumulator jest dołączony prawidłowo, to napięcie z bieguna dodatniego jest doprowadzone do złącza konektorowego CON10. Prąd płynie przez rezystor R33 i trafia na dwie diody półprzewodnikowe, lecz tylko dioda D25 przewodzi. Dalej, jest zasilany stabilizator złożony z tranzystorów T8, T9 oraz rezystorów R46, R47. Rezystor R47 jest odpowiedzialny za ustalenie prądu stabilizacji na ok. 20 mA. Prąd po przejściu przez stabilizator trafia na diodę świecącą zawartą w strukturze U12 powodując jej świecenie. Tranzystor zawarty w U12 zostaje zwarty, co stanowi to informację dla procesora, że akumulator jest przyłączony prawidłowo i można rozpocząć proces ładowania. Inna sytuacja, która może mieć miejsce jest taka, że akumulator może być dołączony odwrotnie. Wówczas napięcie z bieguna ujemnego jest doprowadzone do złącza CON10, prąd przepływa przez rezystor ograniczający R33, dioda D26 przewodzi. Prąd trafia na stabilizator prądu, a potem na diodę świecącą zawartą w strukturze U11. Tranzystor zawarty w strukturze U11 przewodzi, co jest informacją dla procesora, że akumulator jest dołączony

nieprawidłowo. Spowoduje to zaświecenie się odpowiednich kontrolki i zablokuje start procesu ładowania.

Jeśli do ładowarki nie dołączono akumulatora, to nie płynie żaden prąd, co powoduje, że tranzystory zawarte w strukturach U11 i U12 nie przewodzą. Napięcie na korektorach wynosi +5 V, co jest to informacją dla procesora, że nie podłączono żadnego akumulatora i rozpoczęcie procesu ładowania nie jest możliwe. Wtedy również zostają zaświeczone odpowiednie kontrolki. W układzie detekcji do stabilizowania prądu diod świecących zastosowałem źródło prądowe, ponieważ napięcie wejściowe może wynosić 5...33 V.

Układ aktywnego chłodzenia wykonano ze wzmacniaczem operacyjnym U15. Jako czujnik temperatury radiatora użyto termistora R45. Potencjometr RN1 służy do ustawiania temperatury załączenia wentylatorów.

Oprogramowanie

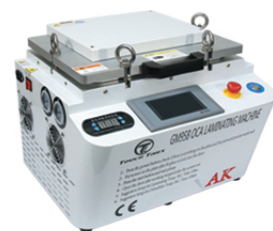
Program napisano w języku Bascom AVR. Jego struktura składa się z pętli głównej i procedury obsługi przerwania od Timera 0 (mult_wysw). W obsłudze przerwania są obsługiwane wyświetlacze LED, kontrolki, impulsator. Również jest ustawiana flaga_zeww, której ustawienie zezwala na wykonanie instrukcji w pętli do...loop. W pętli nieskończonej jest sprawdzana flaga_zeww. Jeśli jest ustawiona, to zostają wykonane wszystkie instrukcje, które znajdują się wewnątrz instrukcji warunkowej.

REKLAMA

Urządzenia do naprawy ekranów LCD



TOUCH TIMES

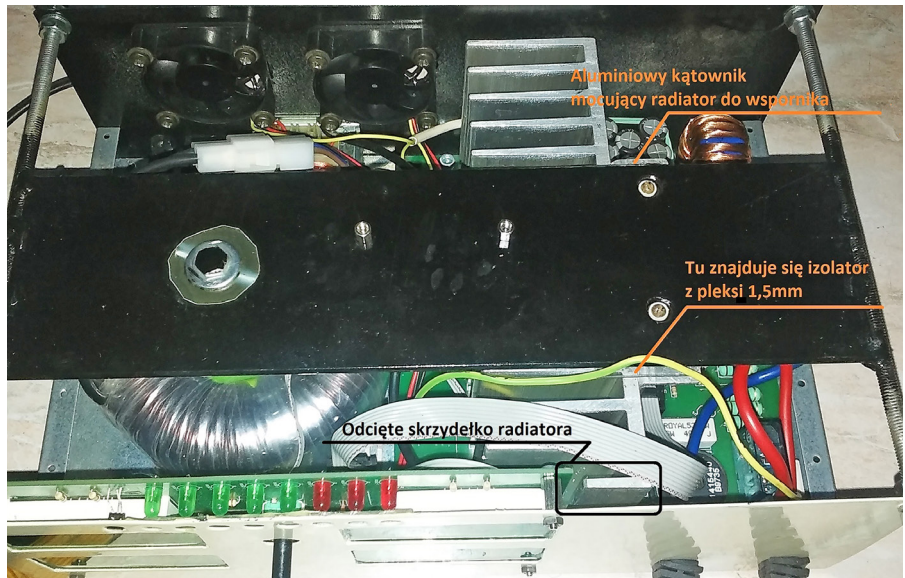


POWERED BY REBALL.PL

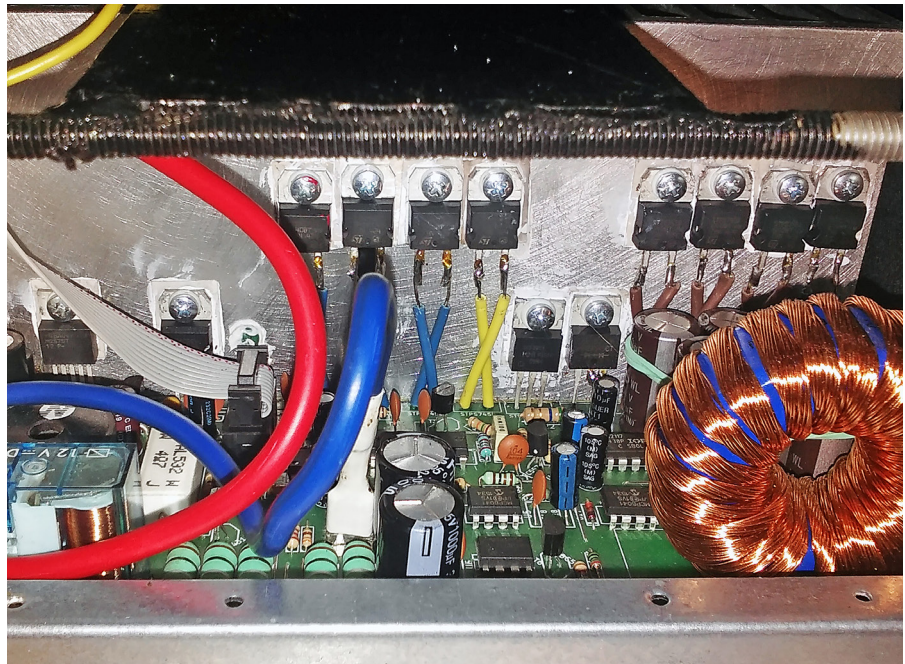
serwisowe.pl

Sprawdzana jest flaga *power_on* odpowiedzialna za stan pracy urządzenia. Jeśli flaga nie jest ustawiona, urządzenie jest w stanie czuwania. Flaga ustawiona oznacza urządzenie włączone. W stanie czuwania są ustawione wartości poszczególnych zmiennych, a wypełnienie sygnałów PWM wynosi 0. Jest tu także zapisana obsługa przycisku impulsatora, którego dłuższe trzymanie powoduje wejście w tryb ustawiania czasu, a krótkie naciśnięcie i puszczenie – wejście ładowarki w tryb pracy. Dwukropek w tym trybie miga w takt sygnału z zegara czasu rzeczywistego.

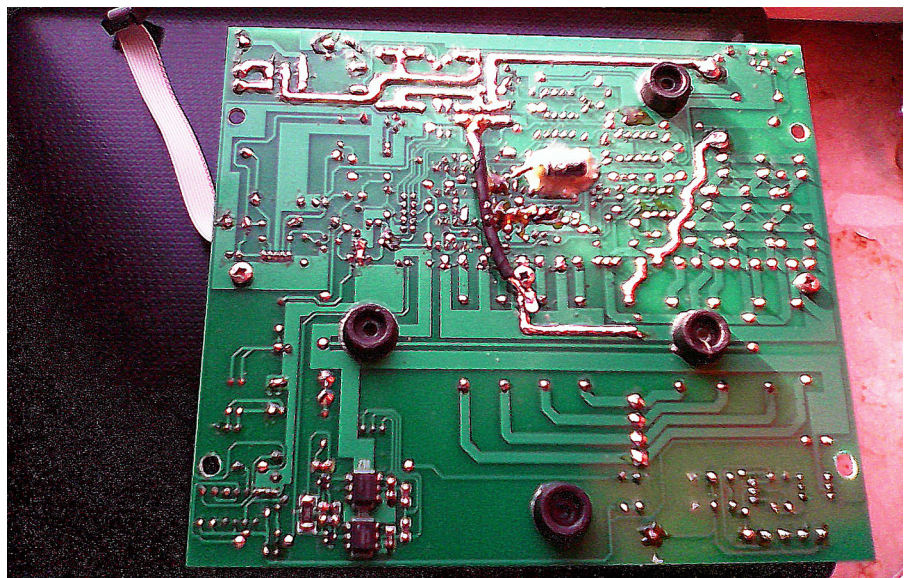
Gdy flaga *power_on* jest ustawiona, zostają ustawione zmienne bitowe włączenia transformatora głównego oraz zostaje zgaszony dwukropek wyświetlacza. Następnie jest sprawdzany stan przycisku impulsatora. Krótkie wciśnięcie i puszczenie powoduje przejście ładowarki w stan czuwania oraz zapisanie do pamięci nieulotnej procesora ważnych zmiennych bitowych. Dalej, przy każdym obiegu pętli jest zwiększana zmienna *licznik_petli*. Teraz program natrafia na instrukcję wyboru, która jest zależna od wcześniej wspomnianej zmiennej. Po 5 obiegach pętli są zerowane odpowiednie zmienne bitowe oraz jest sprawdzany stan detektora prawidłowego przyłączenia akumulatora. Jeśli akumulator jest dołączony prawidłowo program wykonuje się dalej, aby przy 10 obiegu pętli wysłać dane do cyfrowego czujnika temperatury. Przy 17 i 20 obiegu zostaje przepisana wartość z przetwornika A/C do zmiennej *napięcie*. Pomiar jest wykonany dwa razy. W 20 obiegu są wykonywane instrukcje odpowiedzialne za prawidłowe odczytanie napięcia ładowanego akumulatora oraz dobór odpowiedniego trybu ładowania. Zostaje obliczone napięcie akumulatora, aby można było wyświetlić jego poprawną wartość na wyświetlaczu. Przy 95 obiegu zostaje odczytana wartość temperatury otoczenia z czujnika, oraz zostaje przeliczona na współczynniki korekcji dla poszczególnych napięć. Na czas odczytu przerywania globalne muszą być zablokowane. Współczynniki korekcji zostają zapisane w pamięci nieulotnej procesora. Przy 185 obiegu zostaje sprawdzona flaga *odczyt_pamieci*. Jest ona ustawiona, gdy proces ładowania nie dobiegł końca, a nastąpiła przerwa w dostawie prądu. Dzięki tej zmiennej, po przywróceniu zasilania, z pamięci zostaje odczytany ładunek bieżący i jest możliwe dokończenie procesu ładowania. Przy 190 obiegu instrukcja wyboru zatrzymuje się. Cyklicznie zostają przepisane wartości z rejestrów przetwornika A/C oraz zostaje obliczony i wyświetlony prąd ładowania akumulatora, a program wchodzi w drugą instrukcję wyboru *licznik_erom*. Licznik ten przy wartości 180 zapisuje wszystkie ustawienia ładowarki do pamięci nieulotnej – ma to miejsce przy każdym obrocie pokrętką



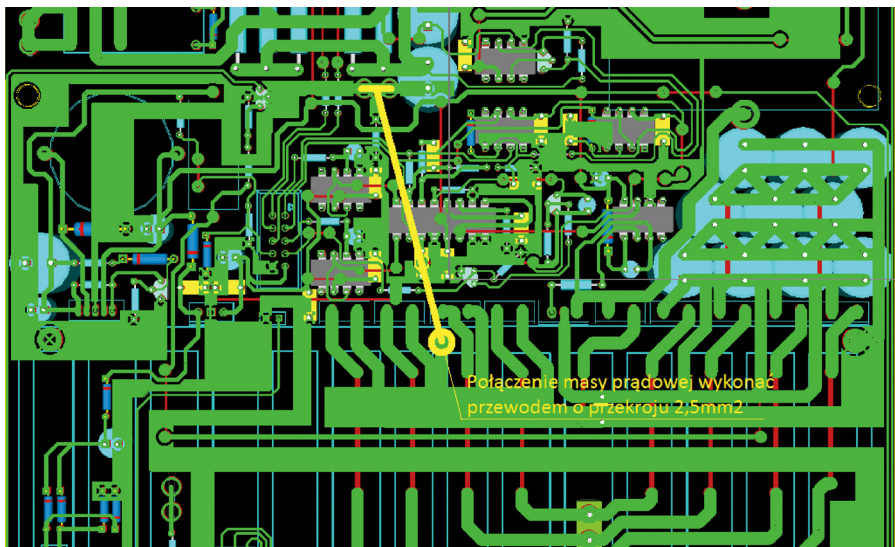
Fotografia 7. Sposób odcięcia skrzydełka radiatora



Fotografia 8. Sposób zamocowania diod dla ułatwienia dostępu



Fotografia 9. Montaż stopek podpierających płytkę



Rysunek 10. Połączenie masy prądowej wykonywane od spodu płyty głównej

impulsatora. Gdy licznik ma wartość 190 jest wykonywana cała procedura odpowiedzialna za proces ładowania. Najpierw jest sprawdzany stan zmiennej Q i jeśli wynosi 10 lub mniej, proces ładowania jest zatrzymany. Gdy ma wartość większą od 10, proces ładowania rozpoczyna się. Najpierw jest zwiększany licznik *opóźnienie* oraz zostaje włączony sterownik przetwornicy. Gdy licznik *opóźnienie* przekroczy 1000, co odpowiada ok. 10-sekundowemu opóźnieniu, zostaje załączony przekaźnik oraz ustawiona flaga zezwalająca na pomiary prądu i napięcia ładowania akumulatora. Dalej zostają dokonane odpowiednie obliczenia korekcji temperatury napięcia ładowania oraz jest obliczany prąd ładowania dopasowany do napięcia znamionowego oraz trybu ładowania akumulatora. W następnej kolejności jest sprawdzane czy akumulator został już naładowany. W tym celu jest dokonywane formatowanie

zmiennych U_r i I_r oraz są porównywane zmienne U_r z U_{rr} oraz I_r z I_{rr} .

Prąd ładowania jest monitorowany. Jeśli akumulator zostanie odłączony, to po około 10 sekundach mikrokontroler rozpozna ten fakt, przerwie proces ładowania i zaczyna od początku, czyli od odczytu stanu detektora prawidłowego przyłączenia akumulatora. Sytuacja wygląda podobnie, jeśli ładowarka zostaje przeciążona lub jeśli doszło do zwarcia. Na koniec jest obliczany ładunek przekazany do akumulatora. Jest on wyznaczany na bazie natężenia prądu ładowania oraz czasu, przez który płynął ten prąd. Wartości prądu ładowania są sumowane przy każdym obiegu pętli i dzielone przez 1800, a potem formatowane do wartości wyświetlanej na wyświetlaczu. Obliczenia te są dokonywane tylko, jeśli akumulator jest ładowany. Na końcu dodano procedurę dbającą o to, aby po 30 minutach

od zakończenia procesu ładowania ładowarka samoczynnie weszła w tryb czuwania.

Montaż i uruchamianie

Na rysunku 5 pokazano schemat montażowy płyty panelu czołowego. Płytką jest jednostronna, ale powinna mieć metalizowane otwory pod wszystkie złącza, ponieważ w innym wypadku ich wlotowanie jest bardzo trudne, bo są montowane od strony druku. Montaż należy zacząć od wlotowania wszystkich zwór, rezystorów przewlekanych i SMD, kondensatorów, tranzystorów, diod półprzewodnikowych, dławika i rezonatora kwarcowego. Następnie montujemy układy scalone i wszystkie złącza. Kondensator C14 musi być zamontowany na leżąco. Trymer C12 można wlotować od strony druku, co ułatwi dokładne skalibrowanie częstotliwości zegara czasu rzeczywistego podczas uruchamiania. Na koniec zostawiamy montaż wyświetlaczy, diod LED i impulsatora. Złącza CON4 i CON5 muszą być ze sobą połączone, ponieważ stanowią połączenia pomiędzy anodami wyświetlaczy prawej i lewej strony płytki. W zasadzie można nie montować tych złączy a połączenie wykonać kawałkiem samej 4 żyłowej taśmy przewodów lutowanej bezpośrednio do płytki.

Na rysunku 6 zamieszczono schemat montażowy płyty głównej ładowarki. Również ta płytka jest jednostronna. Montaż zaczyna się od wlotowania wszystkich zwór – są one wykonane drutem o średnicy 0,5 mm lub 0,8 mm. Te „grubsze” wyróżniono na schemacie montażowym za pomocą pogrubionych linii. Następnie montujemy rezystory SMD detektora prawidłowego dołączenia akumulatora. Są one umieszczone od strony druku. W następnej kolejności montujemy kondensatory – zaczynamy od ceramicznych

REKLAMA

LITEMAX
Sunlight Readable LCD!

- ☀ szerokogamutowa paleta barw – 94% NTSC D65 (10-bit/kanal)
- 4K UHD rozdzielczości UltraHD 4K i 8K przy 60fps
- ➦ wersje z wąskimi ramkami (jedynie 1.9mm)
- ☀ czytelne w słońcu, superjasne – 3000 cd/m²
- 🌡 temperatury pracy – od -40°C do 110°C
- ⚡ odporne na zakłócenia elektromagnetyczne
- 🛡 powłoki AR, AG, AF, filtry polaryzacyjne
- 🔍 energooszczędne (dzięki LOCAL DIMMING)
- 🔍 kontrast 1:1000000 (dzięki LOCAL DIMMING)
- ✈ odporne na wstrząsy i wibracje
- 💧 wodoodporne
- 📏 rozmiary od 6" do 88"

UNI SYSTEM
zapraszamy na www.unisystem.pl



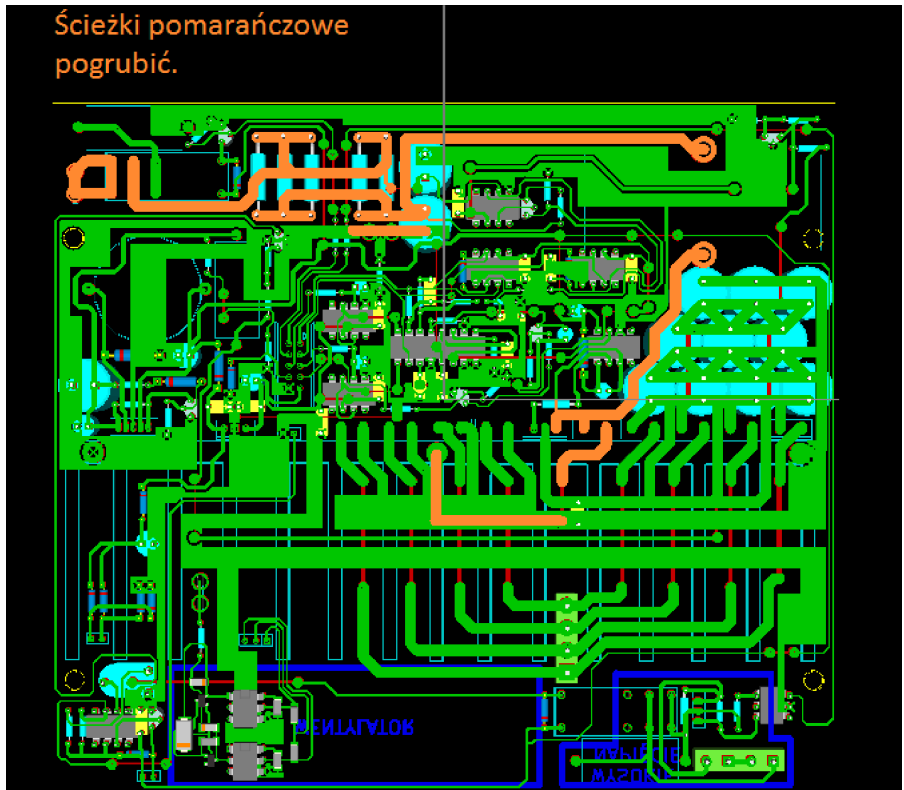
i blokowych, kończymy na elektrolitycznych. Kondensatorów C10...C13 na razie nie montujemy. Dalej, należy wlutować elementy półprzewodnikowe zaczynając od elementów SMD detektora (montowane od strony druku), a kończąc na wszystkich układach scalonych. Układy U11 i U12 są montowane od strony druku. W dalszej kolejności należy wlutować wszystkie złącza, przekaźniki oraz dławiki. Jako przedostatni montujemy radiator (po uprzednim rozplanowaniu, przewierceniu i nagwintowaniu otworów do przykręcenia tranzystora mocy T2, diod D6...D9, D11...D15 oraz stabilizatorów U14 i U1). Po stronie od panelu czołowego należy odciąć jedno skrzydełko radiatora, zgodnie z **fotografią 7**. Radiator musi mieć elektryczne połączenie ze ścieżkami masy płyty głównej. Wszystkie elementy półprzewodnikowe muszą być odizolowane od radiatora za pomocą podkładek izolacyjnych z miki posmarowanych pastą termoprzewodzącą.

Termistor R45 jest przyklejony do radiatora za pomocą kleju termoprzewodzącego. Podczas montażu radiatora do płytki można powierzchnie styku radiatora z płytką posmarować klejem. Usztywni to dodatkowo płytkę, ponieważ spoczywa na niej spory ciężar radiatora oraz dławików. Po zamontowaniu i przykręceniu wszystkich elementów do radiatora pora na wlutowanie kondensatorów C10...C13. Po zmontowaniu widać, że kondensatory uniemożliwiają dostęp do śrub mocujących diody do radiatora. Aby w przyszłości ułatwić do nich dostęp można wystawić je ponad powierzchnię płytki, jak pokazano na **fotografii 8**.

Wcześniej wspomniałem, że na płycie głównej spoczywa spory ciężar, toteż podczas wstrząsów może dojść do jej pęknięcia. Aby skutecznie temu zapobiec do spodniej strony płytki zostały przyklejone stopki, jak na **fotografii 9**.

Ostatnią rzeczą, którą trzeba zrobić kończąc montaż płyty głównej jest wykonanie masy prądowej. Połączenie masy jest wykonane przewodem o przekroju 2,5 mm² (**rysunek 10**). Prąd ładowania może osiągnąć wartość nawet 20 A i dlatego należy pogrubić ścieżki prądowe (**rysunek 11**). Po zmontowaniu obu można przystąpić do montażu całej ładowarki. Płytki umieszczono w metalowej obudowie, która jest dostępna w AVT pod oznaczeniem T-303. Obudowa ta jest wyposażona w gniazdo bezpiecznika, które w prototypie posłużyło do zabezpieczenia uzwojenia pierwotnego transformatora (bezpiecznik zwłoczny 2...2,5 A).

Podczas montażu płytek w obudowie należy pamiętać, że masa płytek nie może mieć połączenia elektrycznego z obudową. Do zamocowania płytek można użyć np. tulejek dystansowych z tworzywa sztucznego. Obudowa nie jest zbyt sztywna i dlatego usztywniłem ją za pomocą dodatkowego,



Rysunek 11. Ścieżki prądowe zaznaczone na pomarańczowo należy pogrubić



Fotografia 12. Na pomarańczowo oznaczono miejsca, w których śruby należy odizolować od obudowy

stalowego płaskownika. Również śruba mocująca transformator sieciowy do spodu obudowy została przykręcona do płaskownika.

Radiator jest przymocowany do płaskownika za pośrednictwem kątownika aluminiowego. Takie rozwiązanie usztywni obudowę oraz skutecznie zabezpieczy płytki przed uszkodzeniem, gdyby coś ciężkiego spadło na obudowę. Należy przy tym pamiętać, aby radiator oraz pręt mocujący transformatora

były odizolowane elektrycznie od płaskownika (**fotografia 12**).

Płytkę panelu czołowego przymocowano za pomocą śrub z tworzywa sztucznego. Z tyłu obudowy są zamontowane dwa wentylatory dbające o zabezpieczenie półprzewodników mocy przed przegrzaniem. W praktyce, gdy prąd ładowania nie przekracza 6 A wentylatory nie są potrzebne. Jednak ładowarka podczas pracy na słońcu

Wykaz elementów

Płyta czołowa

Rezystory: (0,25 W)

R1...R4, R53: 2,2 kΩ/5%
 R5...R8: 680 Ω (SMD 0805)
 R9...R11: 3,3 kΩ/5%
 R12, R16...R19: 220 Ω (SMD 1206)
 R13...R15: 330 Ω (SMD 1206)
 R20...R25, R29...R34, R37...R52: 100 Ω/5%
 R26, R27, R35, R36: 100 Ω (SMD 1206)
 R28: 390 Ω/5%
 R54, R57, R60: 47 kΩ/5%
 R55, R56, R58, R59: 4,7 kΩ/5%
 R61: 1,1 kΩ/5%

Kondensatory:

C1, C3...C11, C13, C15...C18: 100 nF (ceramiczny)
 C2: 1 μF (ceramiczny)
 C12: trymer 6,8/40 pF (żółty)
 C14: 4700 μF/6,3 V (UFWOJ222MPD)

Półprzewodniki:

D1, D5...D8: L1503GD
 D2...D4: L1503ID
 D9: BAT85
 T1...T4: BCP51 (SOT223)
 T5: BC849 (SOT23)
 U1: MCP1541 (TO92)
 U2...U6: PCF8574AT (SO16L)
 U7: ATmega168P (DIP28)
 U8: PCF8583P (DIP8)
 U9: DS18B20(TO92)
 W1, W2: AF5643FG (wyświetlacz LED)
 W3, W4: AF5643FY (wyświetlacz LED)

Inne:

SW1: impulsator(ED1212S)
 X1: 32,768 kHz (rezonator kwarcowy, zegarkowy)
 L1: 10 μH (dławik osiowy)
 CON1, CON2: złącze Z-WS10G
 CON3: złącze 403-03
 CON4, CON5: złącze 403-04

Płyta główna

Rezystory:

R1, R16: 82 kΩ/1%/0,4 W
 R2: 390 Ω/5 W (CRL5W-390R)
 R3, R19: 9,1 kΩ/1%/0,4 W
 R4: 4,7 Ω/5 W (AX5W-4R7)
 R5, R43, R44: 22 kΩ/5%/0,25 W
 R6, R32, R38: 47 kΩ/5%/0,25 W
 R7: 0 Ω/5%/0,25 W
 R8...R10: 330 Ω/5%/0,25 W
 R11, R35: 100 kΩ/5%/0,25 W
 R12: 10 kΩ/5%/0,25 W
 R13: 7,5 kΩ/5%/0,25 W
 R14, R15, R17, R18, R21: 0,1 Ω/5%/3 W (KNP03WS-0R1)
 R20: 100 Ω/5 W (CRL5W-100R)
 R22: 5,6 Ω/0,5 W
 R23: 200 Ω/1%/0,25 W
 R24, R25, R34: 4,7 kΩ/5%/0,25 W
 R26, R28: 15 kΩ/5%/0,25 W
 R27, R30: 2,2 kΩ/5%/0,25 W
 R29: 33 kΩ/5%/0,25 W
 R31: 1 MΩ/5%/0,25 W
 R33: 220 Ω/5%/0,25 W
 R36: 22 kΩ/1%/0,4 W
 R37: opis w tekście

R39, R40: 100 kΩ (SMD 1206)
 R41, R42: 4,7 kΩ (SMD 1206)
 R46: 3,3 kΩ (SMD 1206)
 R47: 39 Ω/1 W (SMD 2512)
 R48: 470 Ω/5%/0,25 W
 R49: 36 kΩ/5%/0,25 W
 R50: 2,7 kΩ/5%/0,25 W
 R51: 100 Ω/5%/0,25 W
 RN1: 47 kΩ (pot. montażowy)

Kondensatory:

C1, C36: 470 μF/50 V (GT470/50)
 C2, C37: 100 μF/50 V
 C3: 330 μF/16 V (ED1C331MNN0812)
 C4...C13: 680 μF/50 V (WL1H687M12025BB)
 C14, C35: 220 nF
 C15, C16: 1000 μF/35 V (CE-1000/35PHT-Y)
 C17, C18, C23, C24, C26, C27, C29, C31, C33, C38: 100 nF
 C19, C20, C28: 10 μF/16 V
 C21: 47 μF/16 V
 C22, C25: 1 nF
 C30, C32: 22 μF/16 V
 C34: 330 nF
 C39: 100 μF/16 V
 C40: 10 nF

Półprzewodniki:

D1: BZX55C4V7
 D2: 1N5819
 D3, D4, D24, D26: 1N4148
 D5: 1N5359B
 D6...D9, D11...D14: STPS745D (TO220AC)
 D10, D17: BAT85
 D15: MBR2545CT(TO220AC)
 D16, D20: 1N4001
 D18, D19, D21...D23: 1N914TR
 T1, T3, T5: BC547 (TO92)
 T2: IRF3205 (TO220)
 T4, T6: BC557 (TO92)
 T7: BS170 (TO92)
 T8, T9: BC849 (SOT23)
 U1: LM2575-12 (TO220)
 U2: MOC3062M (DIP6)
 U3: 2N6075A (TO126)
 U4, U16: TL431 (TO92)
 U5, U9, U10, U13: MCP6041 (DIP8)
 U6, U15: TL081 (DIP8)
 U7: IRS2117 (DIP8)
 U8: TL494 (DIP16)
 U11, U12: CNY17-3 (DIP6)
 U14: LM7805CT (TO220)

Inne:

R45: termistor NTC22 kΩ (NTCC-22K)
 VR1: warystor JVR20N431K
 Rd1: radiator np. A6023/80
 Prz1: przekaźnik LM2-9D
 Prz2: przekaźnik HF115F/012-1Z3A
 L1: 100...150 μH (MURATA 1410454C)
 L2: 47 μH/30 A (DTMSS-47/0.10/30-V)
 CON1, CON2: złącze AK950/2
 CON3: złącze MX-8981-4V-LF
 CON4, CON5, CON10: konektor 6,3 mm do druku
 CON6: złącze Z-WS10G
 CON7, CON9: złącze 403-02
 CON8: złącze 403-03
 Transformatory TS6/30
 Transformatory TTS200/Z230/30-30V

może ulec przegrzaniu z braku odpowiedniego chłodzenia. Kable służące do połączenia ładowarki z akumulatorem powinny mieć minimalny przekrój rzędu 4 mm².

Przed pierwszym uruchomieniem nie zamykamy góry obudowy. Po zmontowaniu oraz sprawdzeniu poprawności montażu można przejść do uruchamiania ładowarki. Po załączeniu na wyświetlaczu pojemności powinna być wyświetlona aktualna godzina. Aby ustawić czas należy przytrzymać wciśniętą ośkę impulsatora przez ok.5 sekund, aż dwukropek przestanie migać i zacznie świecić światłem ciągłym. W tym momencie jest możliwe ustawienie aktualnego czasu poprzez kręcenie pokrętki impulsatora. Po ustawieniu czasu dwukropek zacznie migać. Ustawienie godziny nie jest potrzebne do poprawnej pracy.

Teraz dołączamy akumulator, który chcemy ładować i włączamy ładowarkę poprzez przytrzymanie pokrętki impulsatora przez około 2 sekundy i zwolnienie go. Ładowarka sama rozpozna napięcie znamionowe akumulatora oraz dobierze odpowiedni tryb ładowania. Użytkownik jedynie musi ustawić pojemność ładowanego akumulatora poprzez kręcenie ośką impulsatora. Po ustawieniu pojemności proces ładowania rozpocznie się automatycznie. Gdy akumulator naładuje się, ładowarka zacznie ładować go napięciem podtrzymania, a po 30 minutach takiego ładowania, ładowarka samoczynnie wyłączy się.

Akumulator może pozostać dołączony do ładowarki bez obawy, że zostanie rozładowany. Podczas pierwszego uruchamiania trzeba ustawić temperaturę przy jakiej mają włączyć się wentylatory systemu chłodzenia. Aby to wykonać, należy rozgrzać radiator do temperatury około 50°C, co wiąże się z obciążeniem ładowarki prądem o natężeniu 8 A w temperaturze otoczenia 20°C. Gdy radiator się rozgrzeje, to można ustawić moment załączenia się wentylatorów za pomocą potencjometru RN1 znajdującego się na płycie głównej. Teraz ładowarka jest prawidłowo uruchomiona i można zamknąć obudowę.

Podczas użytkowania ładowarki trzeba pamiętać, że po jej dołączeniu do ładowanego akumulatora pobiera z niego prąd ok. 20 mA, co po dłuższym czasie może doprowadzić do rozładowania akumulatora o małej pojemności. Mocno rozładowane akumulatory nie zostaną prawidłowo rozpoznane przez ładowarkę. Minimalne napięcie akumulatora, zależnie od typu, to:

- 6 V to ok. 5,5 V.
- 12 V to ok. 11 V.
- 24 V to ok. 22 V.

Przedstawiona w artykule ładowarka została testowana przede mną z prądem maksymalnie 10 A przy napięciu 12 V. Nie testowałem jej przy maksymalnym obciążeniu 20 A.

Rafał Wasiak
fabian_wasiak@interia.pl