

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.



Cyfrowy tuner stereofoniczny (1)

Projekt
213

Prezentowane urządzenie jest propozycją wzbogacenia naszego domowego zestawu wideo o amplituner stereofoniczny, gotowy do współpracy odbiornikiem telewizyjnym i jeszcze jednym, zewnętrznym urządzeniem audio.

Cały amplituner postanowiłem zmieścić w obudowie po dekodrze satelitarnym. Wzmacniacz ma moc 2×5 0W przy obciążeniu 4Ω i pracuje w klasie AB, więc należało zastosować zasilacz o mocy ok. 200 W. Chciałem uniknąć użycia dużego i ciężkiego transformatora sieciowego, więc postanowiłem zastosować zasilacz impulsowy własnej konstrukcji pracujący w konfiguracji *push-pull*.

Jako obudowę tunera zastosowałem obudowę od dekodera NTV PLUS 2000. Taki dekodler można kupić na aukcjach

internetowych za niewielką kwotę – ja swój otrzymałem od kolegi. Góra i spód obudowy mają otwory wentylacyjne, co umożliwia swobodny przepływ powietrza chłodzącego komponenty urządzenia. Starałem się dostosować rozmieszczenie poszczególnych bloków do posiadanej obudowy i istniejących w niej punktów montażowych.

Amplituner ma budowę modułową, w której można rozróżnić następujące bloki:

1 Zasilacz.

- 2 Płyta główna z umocowanym do niej radiatorom chłodzącym układy mocy.
- 3 Moduł wzmacniaczy słuchawkowych, mikrofonowych i wskaźników wystereowania.
- 4 Płyta czołowa.
- 5 Moduł odtwarzacza MP3.

Poszczególne moduły są połączone pomiędzy sobą przewodami. Wszystkie zostały zaprojektowane we własnym zakresie, jedynie odtwarzacz MP3 został zakupiony jako gotowy moduł o oznaczeniu VMUSIC2.

Ponieważ na panelu czołowym było konieczne umieszczenie pokrętła regulacji głośności, to niezbędne było przerobienie płyty czołowej i dostosowanie mocowania dla płytki umieszczonej pod panelem. Zastosowałem również wyświetlacz LCD,

Założenia projektowe:

1. Łatwość transportu.
2. Możliwość współpracy z dwoma zestawami głośnikowymi.
3. Sterowanie za pomocą nadajnika podczerwieni.
4. Prostota użytkowania.
5. Możliwość dołączenia mikrofonu.
6. Dwa analogowe wejścia audio o czułości 300 mV.
7. Wbudowany tuner FM.
8. Łatwość zakupu komponentów i ich niska cena.
9. Wbudowany odtwarzacz plików muzycznych mp3, wma.

więc należało wyciąć otwór pod niego otwór oraz pod wskaźnikiysterowania i siły sygnału. Panel czołowy pokazano na **fotografii 1**. Przeróbki wymagał również panel tylny –trzeba było w nim wywiercić otwory pod wejścia analogowe, mikrofonowe, słuchawkowe, wentylator i moduł odtwarzacza MP3. Oryginalne otwory pod złącza Euro zostały wykorzystane dla wyjść głośnikowych. Tylną ściankę amplitunera pokazano na **fotografii 2**.

Zasilacz sieciowy

Zasilacz dostarcza stabilizowanych napięć symetrycznych ± 25 V zasilających końcowe stopnie mocy, napięcie pomocnicze prostowane jednopółokwoko zasilające układ aktywnego chłodzenia zasilacza i sterownik z transformatorem separującym. Podczas pracy przetwornicy drugie napięcie pomocnicze (+17 V) jest doprowadzone do płyty głównej. Do zasilania panelu czołowego i mikroprocesora sterującego zostało wyprowadzone na złącze CON3 oddzielne napięcie stabilizowane +5 V. Schemat zasilacza przedstawiono na **rysunku 3**.

Napięcie sieciowe 230 V AC jest doprowadzone bezpośrednio na złącze CON1. Następnie przez rezystor R20 i bezpiecznik F1 trafia na filtr złożony z kondensatorów C15 i C17 oraz dławika DŁ1, a potem jest doprowadzone do mostka prostowniczego. Równolegle napięcie sieci jest dołączone przez rezystor R22 i bezpiecznik F2 do transformatora Tr4. Po wyprostowaniu napięcia z uzwojenia wtórnego jest filtrowane za pomocą kondensatora C21, stabilizowane przez U2 i wyprowadzone na złącze CON3. Napięcie występujące na kondensatorze C2 służy do zasilania sterownika zasilacza i transformatora separującego Tr2. Rezystor R20 ogranicza skutki udaru prądowego podczas ładowania pojemności kondensatorów C1 i C2. Rezystory R1 i R2 umożliwiają równomierny rozkład napięcia na kondensatorach C1 i C2 oraz rozładują je po wyjęciu wtyczki z gniazda sieciowego. Diody D1 i D2 zabezpieczają tranzystory kluczujące przed przepływem prądu wstecznego. Diody są typu FR107 – należy zwrócić uwagę, że są to diody szybkie i nie można ich zastąpić diodami prostowniczymi np. typu 1N4007.



Fotografia 1. Wygląd panelu czołowego amplitunera



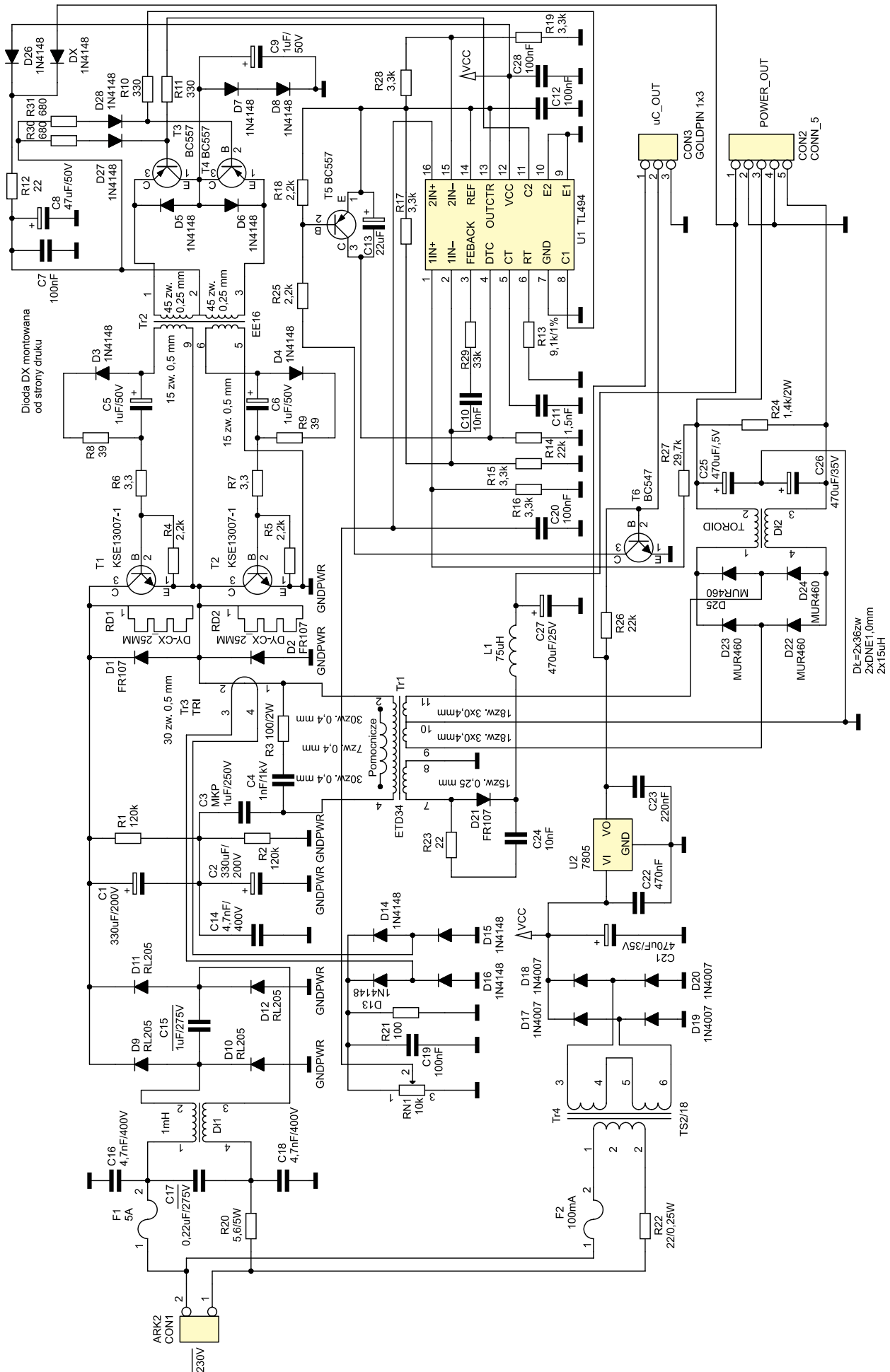
Fotografia 2. Wygląd płyty tylnej amplitunera

Tranzystory kluczujące T1 i T2 są typu KSE13007. Ich napięcie przebicia (U_{CE}) wynosi 400 V. Obwód złożony z rezystorów R4...R9, diod D3 i D4 oraz kondensatorów C5 i C6 formuje impulsy sterujące tranzystory kluczujące. Pojemność C4 i rezystancja R3 tworzą gasik impulsów powstałych podczas kluczenia napięcia na uzwojeniu pierwotnym transformatora impulsowego Tr1. Kondensator C3 wyrównuje asymetrię zasilania uzwojenia pierwotnego – musi być typu MKP na napięcie nominalne co najmniej 250 V. Tr3 to przekładnik prądowy, który stanowi część obwodu zabezpieczenia przeciążeniowego zasilacza. Przepływający przez uzwojenie pierwotne przekładnika prąd impulsowy powoduje indukowanie się napięcia na uzwojeniu wtórnym. Trafia ono na prostownik złożony z diod D13...D16. Rezystor R21 jest obciążeniem przekładnika, a kondensator C19 filtruje napięcie. Za pomocą RN1 można ustawić próg zadziałania zabezpieczenia przeciążeniowego.

Za prawidłową pracę zasilacza odpowiada sterownik PWM typu TL494. Sterownik ma dwa wzmacniacze błędów: pierwszy stabilizuje napięcia, a drugi odpowiada za zabezpieczenie przed przeciążeniem. Na wejścia odwracające obydwu wzmacniaczy jest podawane napięcie równe 1/2 UREF dostępne na wyprowadzeniu 14 układu U1. Do wejścia nieodwracającego pierwszego wzmacniacza doprowadzono napięcie pochodzące z dielnika R16/R27. Rezystor R27 ma nietypową wartość będącą wynikiem połączenia równoległego dwóch rezystorów 56 kΩ i 68 kΩ. Obwód ten odpowiada za stabilizację napięci symetrycznych na poziomie $\pm 25,6$ V. Jak widać napięcia wyjściowe są symetryczne, ale tylko napięcie dodatnie

jest podane na wzmacniacz błędów. W takiej konfiguracji zasilacz będzie utrzymywał symetrię zasilania tylko wtedy, gdy podłączymy obciążenie symetryczne, którym jest układ wzmacniacza mocy. Do wejścia nieodwracającego drugiego wzmacniacza – po uprzednim odfiltrowaniu przez kondensator C20 – trafia napięcie zabezpieczenia przed przeciążeniem pochodzące z suwaka potencjometru RN1. Kondensator C10 i rezystor R29 stanowią obwód sprzężenia zwrotnego napięciowego wzmacniacza błędów, który ogranicza wzmocnienie. Zabezpiecza to sterownik przed wzbudzeniem się i „syczeniem” transformatora impulsowego podczas stabilizowania napięcia wyjściowego. Prądowy wzmacniacz błędów nie ma takiego obwodu i dzięki temu podczas przeciążenia słychać charakterystyczne „syczenie” zasilacza. Nie jest to niebezpieczne. Ma za zadanie ostrzec użytkownika o przeciążeniu i jest używane przy regulowaniu prądu zadziałania.

Kondensator C13 odpowiada za łagodny start zasilacza – tranzystor T5 i T6, rezystory R18, R25 i R26 tworzą obwód włączania. Na wyprowadzeniach 8 i 11 występują przebiegi PWM sterujące tranzystorami T3 i T4, które kluczują uzwojenia pierwotne transformatora separującego Tr2. Tranzystory pracują jako wzmacniacze prądowe. Rezystory R30 i R31, D27 i D29 polaryzują tranzystory w kierunku zaporowym aby nie płynęła przez nie składowa stała. W tego typu zasilaczach bardzo ważną funkcję pełni dławiki wyjściowe D11 i L1 odciażają one przetwornice i razem z kondensatorami C25, C26 i C27 stanowią filtr dolnoprzepustowy. Rezystor R24 stanowi wstępne obciążenie zasilacz, aby nie pracował bez obciążenia.



Rysunek 3. Schemat ideowy zasilacza amplitunera

Jak widać, transformator ma jeszcze dwa uzwojenia pomocnicze, z których jedno jest dołączone do jednopółkowego prostownika z diodą D21 i filtrowane za pomocą dławika L1 i kondensatora C27, dalej wyprowadzane jest na złącze CON2 oraz na diodę DX obwody. Za tą diodą stanowią zasilacz sterownika przetwornicy i transformatora separującego, gdy przetwornica jest włączona. Rozwiązanie to odciąża transformator sieciowy Tr4 podczas pracy amplitunera, gdy panel czołowy pobiera znaczny prąd. Drugie uzwo-

jenie pomocnicze jest wyprowadzone na pomocniczy mostek prostowniczy opisany w dalszej części artykułu.

Montaż i uruchamianie zasilacza

Schemat montażowy zasilacza zamieszczono na **rysunku 4**. Zasilacz jest typu push-pull, w konfiguracji pół mostka. Został zmontowany na płytce jednostronnej o wymiarach 120,7 mm×179 mm. Jego montaż rozpoczynamy od elementów najmniejszych: rezystorów, diod,

kondensatorów, tranzystorów, złączy. Na końcu montujemy dławiki i transformatory. Dioda DX jest montowana od strony druku w ten sposób, że jej anodę lutujemy bezpośrednio do wyprowadzenia 1 złącza CON2, natomiast katodę do nóżki 12 sterownika TL494. Pola lutownicze „X” łączymy ze sobą kawałkiem przewodu. To samo robimy z polami Y. Następnie wlutowane uprzednio tranzystory mocy smarujemy pastą silikonową i przykręcamy do radiatorów. Dalej, radiatory należy przykręcić do płytki od spodu za pomocą

Wykaz elementów

Zasilacz

Rezystory: (0,125 W, 5%)

R1, R2: 120 kΩ/0,5 W

R3: 100 Ω/2 W

R4, R5, R18, R25: 2,2 kΩ

R6, R7: 3,3 Ω

R8, R9: 39 Ω

R10, R11: 330 Ω

R12, R23: 22 Ω

R13: 9,1 kΩ/1 %

R14, R26: 22 kΩ

R15...R17, R19, R28: 3,3 kΩ

R20: 5,6 Ω/5 W

R21: 100 Ω

R22: 22 Ω/0,25 W

R24: 1,4 kΩ/2 W

R27: opis w tekście

R29: 33 kΩ

R30, R31: 680 Ω

RN1: 10 kΩ (pot. nastawny, miniaturowy)

Kondensatory:

C1, C2: 330 μF/200 V

C3: 1 μF/250 V (MKP)

C4: 1 nF/1 kV

C5, C6, C9: 1 μF/50 V

C7, C12, C19, C20, C28: 100 nF (ceramiczny)

C8: 47 μF/50 V

C10, C24: 10 nF

C11: 1,5 nF

C13: 22 μF/25 V

C14, C16, C18: 4,7 nF/400 V

C15: 100 nF/275 V AC

C17: 220 nF/275 V AC

C21: 470 μF/35 V

C22: 470 nF (ceramiczny)

C23: 220 nF (ceramiczny)

C25, C26: 470 μF/35 V

C27: 470 μF/25 V

Półprzewodniki:

D1, D2, D21: FR107

D3...D8, D13...D16, D26...D28, DX: 1N4148

D9...D12: RL205

D17...D20: 1N4007

D22...D25: MUR460

T1, T2: KSE13007-1

T3...T5: BC557

T6: BC547

U1: TL494

U2: LM7805

Inne:

CON1: ARK2

CON2: AK950/5

CON3: goldpin proste

F1: bezpiecznik 5 A z podstawką do wlotowania w płytkę

F2: bezpiecznik 100 mA z podstawką do wlotowania w płytkę

L1: 75 μH/1 A

DŁ1: dławik (z zasilacza ATX, filtr wejściowy)

DŁ2: opis w tekście

Tr1...Tr3: opis w tekście

Tr4: TS2/18

Radiatory typu DY-CX wysokość 25 mm

Sterownik wentylatora

Rezystory: (0,125 W, 5%)

R1: 8,2 kΩ

R2: 22 kΩ

R3: 91 kΩ

R4: 2,2 kΩ

R5: 47 kΩ

Kondensatory:

C1, C2: 100 nF (ceramiczny)

Półprzewodniki:

D1: 1N4148

T1: BS170

U1: LM35DZ

U2: LM393

CON1: Goldpin proste

CON2: ARK2

Inne:

Wentylator 5 V DC

Płyta główna

Rezystory: (0,125W)5%:

R1, R101, R207, RX1, RX2: 100 kΩ

R2, R102, R219, R232: 3,3 kΩ

R3, R103: 75 kΩ

R4, R104: 2,7 Ω/2 W

R5, R105: 10 Ω/1 W

R6, R106, R14, R114, R202, R9...R12, R109...

R112: 47 kΩ

R7, R13, R107, R113, R212: 1,1 kΩ

R8, R108: 15 kΩ

R201: 180 kΩ

R203...R206, R209, R210: 180 Ω

R208: 330 Ω

R211: 470 kΩ

R213, R240: 2,2 kΩ

R216, R237, R242: 33 kΩ

R217: 10 kΩ (pot. nastawny, miniaturowy)

R218: termistor NTC 6,8 kΩ

R220...R225, R235: 330 Ω

R226, R228, R230: 1,1 kΩ

R227, R233: 430 Ω

R229: 820 Ω

R231: 1,4 kΩ

R234: 5,6 kΩ

R236: 4,7 kΩ

R238: 3 kΩ

R239: 12 Ω/5 W

R241: 470 Ω

R243: 390 Ω

R244: 134 Ω (wybrać z rezystorów o wartości 130 Ω/5%)

R245: opis w tekście

R246: 5,1 kΩ

R247: 766 Ω (połączony szeregowo rezystor

750 Ω i 16 Ω)

Kondensatory:

C1, C3, C7, C101, C103, C107, C203, C205,

C207, C208, C216, C223...C225, C234,

C237: 100 nF (ceramiczny)

C2, C4, C102, C104, C222: 100 μF/35 V

C5, C12, C105, C112, C226: 470 nF

(ceramiczny)

C6, C106: 220 pF (ceramiczny)

C8, C108: 10 μF/35 V

C9, C109, C209: 2,2 μF/25 V

C10, C110: 5,6 nF

C11, C111: 33 nF

C13...C16, C113...C116, C206: 22 μF/16 V

C201, C202: 15 nF

C210: 560 pF (ceramiczny)

C211: 330 pF (ceramiczny)

C212: 680 pF (ceramiczny)

C213: 47 pF (ceramiczny)

C214: 82 pF (ceramiczny)

C227...C232: 10 μF/16 V (tantalowy)

C335: 470 μF/35 V

C336: 22 nF

Półprzewodniki:

D1, D2, D101, D102, D210...D215: 1N4148

D203: LM385-1.25V

D204...D209: dioda LED 3 mm, czerwona

T1, T101, T203: BC557

T201, T202: BS170

T204, T205: BUZ11

T206: 2N2219A

U1, U101: LM3886TF

U201: TDA8425

U202: CD4052

U203, U208...U210, U215: LM358

U204: moduł tunera FM o oznaczeniu

GFM420 z układem TEA5767

U205: SNA17

U206: CAA6588

U211: LM1117-2.5

U212: LM1117-3.3

U213: LM1117-5

U214: LM7812

Inne:

CON201: AK950/6

CON202...CON204, CON214...CON217:

goldpin prosty

CON205: wlotować taśmę przewodów (opis w tekście)

CON206, CON213: 403/02

CON207: AK950/2

CON208: AK950/3

CON210: 403/04

CON211, CON212: 403/03

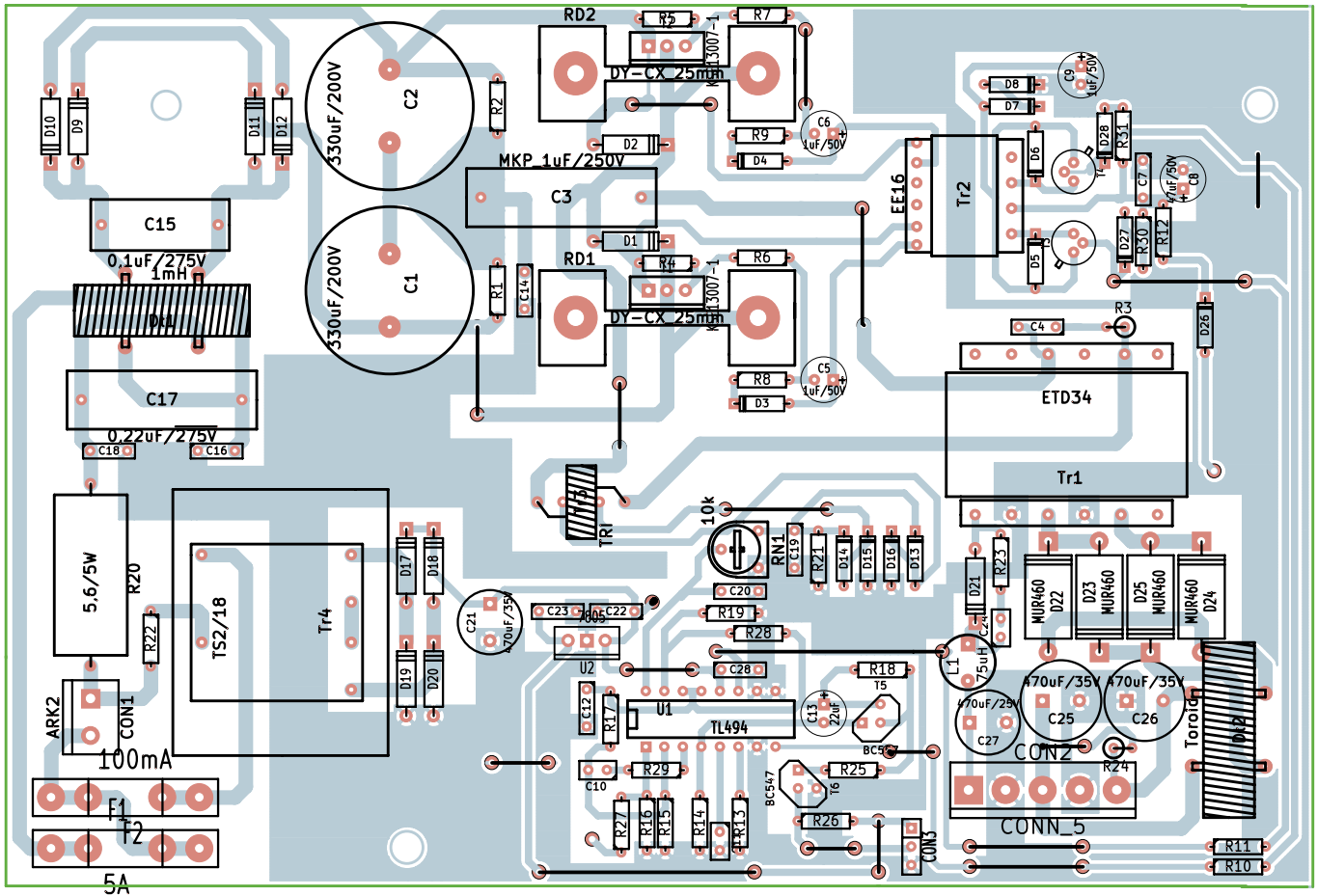
X201: kwarc 8,664 MHz niski

Rd201: radiator typu A6023 o wysokości 50 mm

Rd202: radiator typu DY-CX o wysokości 25 mm

L1, L2: opis w tekście

P1, P2, P101, P102: RM94/12 V DC



Rysunek 4. Schemat montażowy zasilacza

wkrętów M3×15 mm. Kolejnym etapem jest montaż transformatora sieciowego Tr4. Teraz można wmontować dławik L1, który bez problemu można kupić w sklepie elektronicznym. Dławik DŁ1 pochodzi ze starego zasilacza ATX.

Transformator separujący(sterujący) nawinięto na rdzeniu EE16 bez szczeliny. Uzwojenie pierwotne jest dzielone. Zaczynamy od przylutowania drutu DNE 0,25 mm do wyprowadzenia 3 karkasu transformatora sterującego. Następnie nawijamy 45 zwojów, a koniec uzwojenia lutujemy do wyprowadzenia 2. Następnie oblewamy uzwojenie klejem i dajemy przekładkę. Teraz nawijamy uzwojenie wtórne. Zaczynamy od przylutowania drutu DNE 0,5 mm do wyprowadzenia 10, następnie nawijamy 15 zwojów w tym samym kierunku, co uzwojenie pierwotne. Końce uzwojeń lutujemy do wyprowadzenia 9 a całość oblewamy klejem i owijamy przekładką. Teraz drugie uzwojenie wtórne – zaczynamy od przylutowania drutu DNE 0,5 mm do wyprowadzenia 5 i nawijamy 15 zwojów w tym samym kierunku, co poprzednie uzwojenia. Koniec lutujemy do wyprowadzenia 6, oblewamy klejem i owijamy przekładką. Wykonanie drugiej połowy uzwojenia pierwotnego zaczynamy od przylutowania drutu DNE 0,25 mm do wyprowadzenia 2. Nawijamy

45 zwojów w tym samym kierunku, co resztę uzwojeń. Koniec lutujemy do wyprowadzenia 1, oblewamy klejem i owijamy przekładką. W tym momencie trzeba sprawdzić ciągłość i prawidłowość połączeń. Po przygotowaniu i sprawdzeniu połączeń w karkas z uzwojeniami należy włożyć rdzeń i skleić całość.

Transformator impulsowy nawinięto na rdzeniu ETD 34 bez szczeliny. I tu uzwojenie pierwotne jest dzielone. Zaczynamy od przylutowania drutu DNE 0,4 mm do wyprowadzenia 2 karkasu transformatora impulsowego, a następnie nawijamy 30 zwojów. Należy pamiętać, że po nawinięciu kolejnej warstwy trzeba stosować przekładki izolacyjne. Koniec uzwojenia lutujemy do wyprowadzenia 3, oblewamy klejem i zakładamy przekładkę. Następne w kolejności jest uzwojenie wtórne nawinięte trzema drutami DNE 0,4 mm – pozwala to uniknąć efektu nasłórkowości. Uzwojenie wtórne składa się z dwóch uzwojeń, po 18 zwojów każde. I w tym wypadku po każdej warstwie zakładamy przekładkę. Zaczynamy od przylutowania wszystkich trzech drutów do wyprowadzenia 9 i nawinięcia 18 zwojów. Końce lutujemy do wyprowadzenia 10, a następnie uzwojenie oblewamy klejem i zakładamy przekładkę. Teraz nadeszła pora na pierwsze uzwojenie pomocnicze

składające się z 15 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,25 mm. Początek uzwojenia jest przylutowany do wyprowadzenia 6, a koniec do 7. Po nawinięciu uzwojenie oblewamy klejem i zakładamy przekładkę. Po uzwojeniu pomocniczym nadeszła pora na drugą część uzwojenia wtórniego, która również jest wykonana trzema drutami dla uniknięcia zjawiska nasłórkowości. Zaczynamy od przylutowania drutów do wyprowadzenia 10 i nawinięcia 18 zwojów. Teraz lutujemy koniec przewodu do wyprowadzenia 11, oblewamy klejem i owijamy przekładką. Przedostatnia jest druga część uzwojenia pierwotnego. Początek jest przylutowany do wyprowadzenia 3. Uzwojenie ma 30 zwojów nawiniętych drutem DNE 0,4 mm, którego drugi koniec lutujemy do wyprowadzenia 4. Jak poprzednio, stosujemy przekładki przed kolejną warstwą. Uzwojenie oblewamy klejem i owijamy przekładką. Zostało nam do nawinięcia drugie uzwojenie (pomocnicze), nawinięte jako ostatnie. Liczy ono 7 zwojów drutu DNE 0,4 mm – końce uzwojenia muszą być wyprowadzone na zewnątrz i jest do nich przylutowany kawałek dwużyłowego przewodu. Drut uzwojenia należy oblać klejem w celu unieruchomienia.

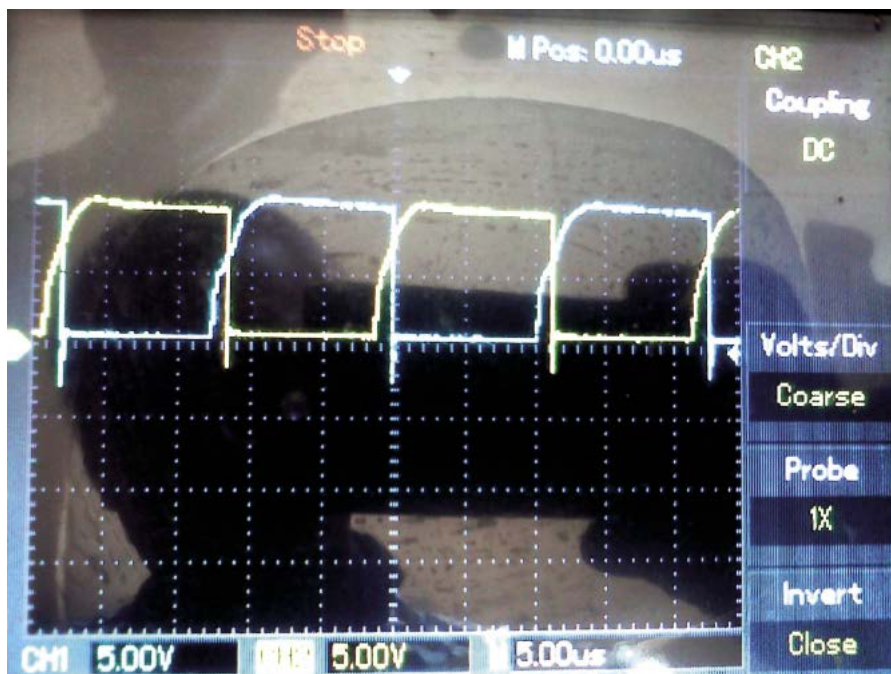
Wszystkie uzwojenia muszą być nawijane w tym samym kierunku. Po sprawdzeniu



Fotografia 5. Wygląd zamontowanego przekładnika

niu ciągłości uzwojeń i sprawdzeniu czy nie ma zwarc pomiędzy uzwojeniami trzeba włożyć rdzeń, a całość skleić. Podczas klejenia rdzenia może powstać pomiędzy połówkami niewielka szczelina powietrzna rzędu ułamków milimetra i jeśli nie będzie ona większa, to nie będzie miała wpływu na działanie zasilacza. Należy zwrócić uwagę na staranność nawinięcia uzwojeń i odizolowanie ich od siebie, ponieważ pełnią one rolę separatora od sieci energetycznej w transformatorze sterującym i impulsowym. Nawijanie transformatorów w sposób opisany powyżej zapewnia dobre sprzężenie magnetyczne pomiędzy uzwojeniami.

Przekładnik prądowy jest wykonany na rdzeniu toroidalnym o średnicy 25 mm i grubości 3 mm. Najpierw trzeba nawinąć uzwojenie wtórne składające się z 30 zwojów DNE 0,25 mm. Uzwojenie pierwotne składa się z jednego zwoju nawiniętego trzema równoległymi drutami DNE 0,4 mm i dodatkowo jest naciągnięta na nie



Fotografia 6. Przebiegi na nóżkach 6 i 11 układu TL494

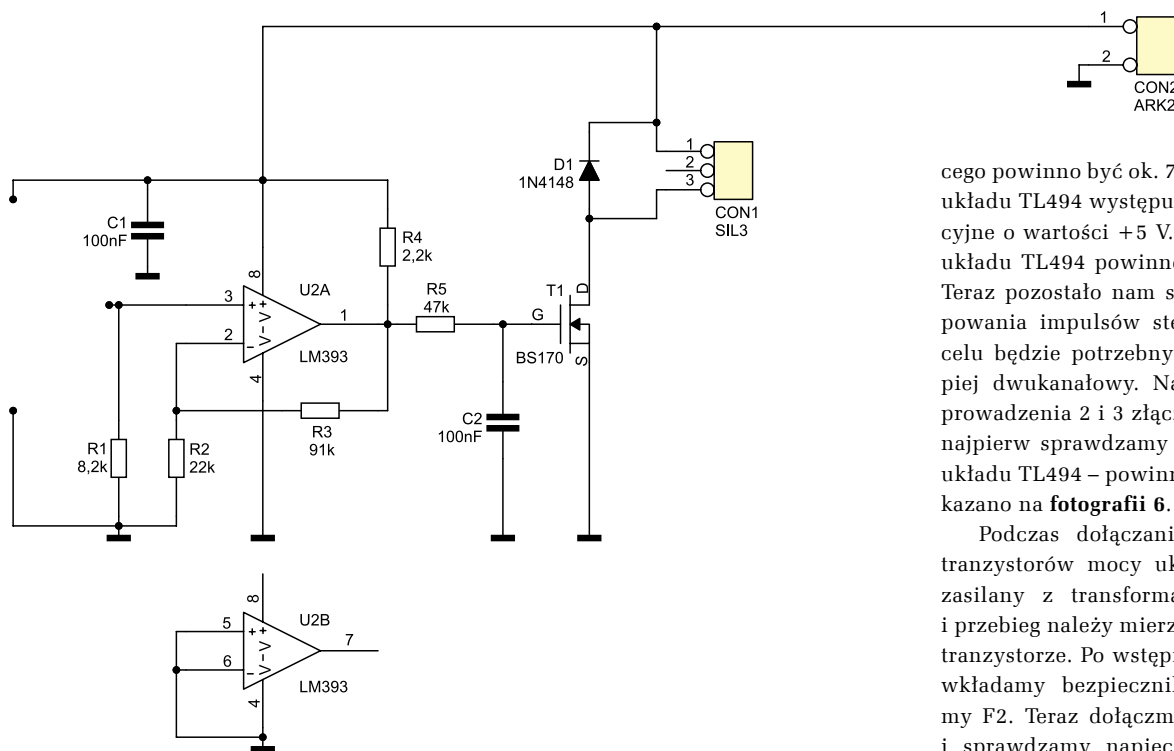
izolacja. Wygląd wmontowanego przekładnika pokazano na **fotografii 5**.

Dławik wyjściowy jest nawinięty na rdzeniu toroidalnym białą żółtym. Rdzeń ten pochodzi z zasilacza ATX 350 W ma dwa uzwojenia po 36zw. Nawinięte drutem DNE.1mm w sposób bifilarny .

Uruchamianie

Po zmontowaniu całego zasilacza i sprawdzenia poprawności montażu nadeszła pora na wstępne uruchomienie. Do tego celu będzie potrzebna żarówka

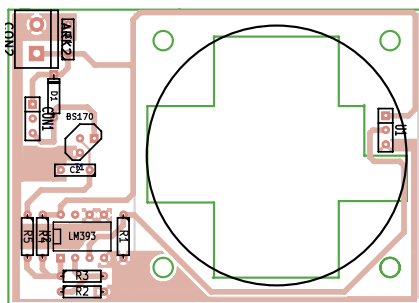
60 W/230 V, którą włączamy szeregowo w obwód zasilania zasilacza. Podczas uruchamiania należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ część układu jest pod napięciem sieciowym. Najlepiej do tego celu użyć tzw. transformatora bezpieczeństwa. Przy wyjętym bezpieczniku F1 i urządzeniu dołączonym do sieci sprawdzamy poprawność napięć wyjściowych. Na kondensatorze C21 powinno występować napięcie ok. +12 V, na doprowadzeniu 1 złącza CON3 napięcie +5 V. Na wprowadzeniu 2 transformatora sterują-



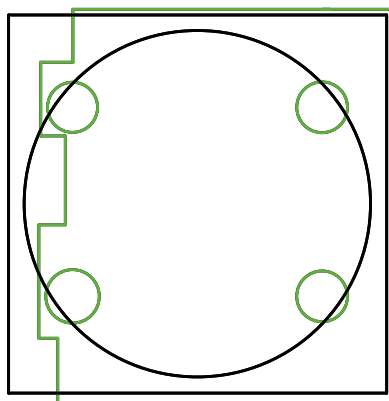
Rysunek 7. Schemat ideowy układu sterownika wentylatora chłodzącego

tego powinno być ok. 7...10 V. Na nóżce 14 układu TL494 występuje napięcie referencyjne o wartości +5 V. Na nóżkach 2 i 15 układu TL494 powinno być po ok. 2,5 V. Teraz pozostało nam sprawdzenie występowania impulsów sterujących. Do tego celu będzie potrzebny oscyloskop, najlepiej dwukanałowy. Należy zawrzeć wyprowadzenia 2 i 3 złącza CON3. Przebiegi najpierw sprawdzamy na nóżkach 8 i 11 układu TL494 – powinny wyglądać jak pokazano na **fotografii 6**.

Podczas dołączania oscyloskopu do tranzystorów mocy układ powinien być zasilany z transformatora separującego i przebieg należy mierzyć tylko na jednym tranzystorze. Po wstępnym uruchomieniu wkładamy bezpiecznik F1, a wyjmujemy F2. Teraz dołączmy zasilacz do sieci i sprawdzamy napięcia na kondensatorach C1 i C2 – powinny one wynosić po



Rysunek 8. Schemat montażowy układu sterownika wentylatora chłodzącego

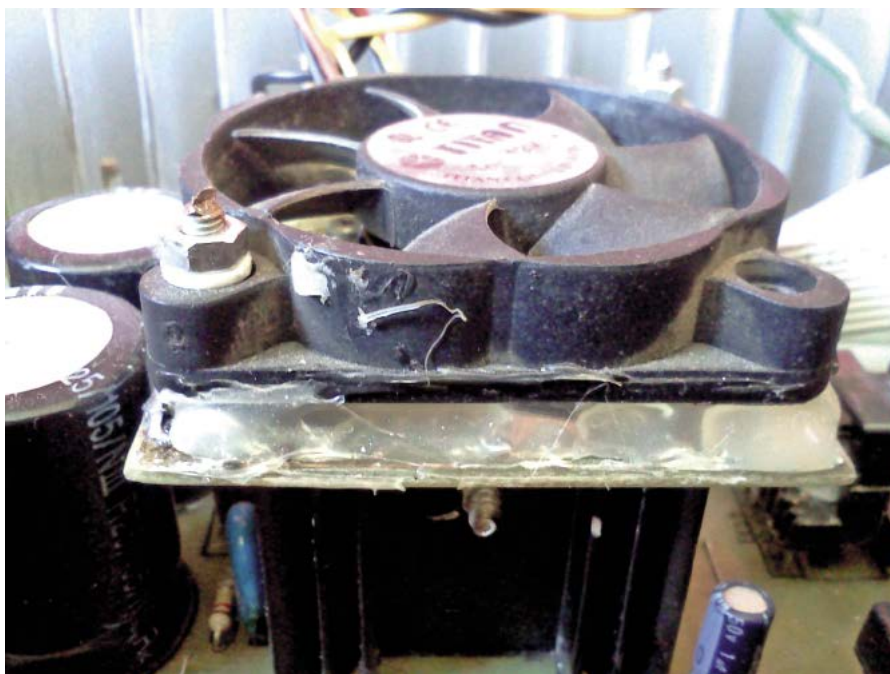


Rysunek 9. Podkładka z laminatu przeznaczona pod wentylator chłodzący

ok. 160 V, a żarówka nie powinna świecić. Po sprawdzeniu zasilacza rezystor nastawny RN1 skręcamy w lewe skrajne położenie i na wyprowadzeniach 2 i 3 złącza CON3 pozostawiamy zwórkę. Teraz wkładamy bezpiecznik F2 i włączamy zasilacz do sieci pamiętając, aby żarówka była ciągle włączona w szereg z zasilaniem. Sprawdzamy obecność napięć na złączu CON2. Powinno być tam obecne napięcie symetryczne mierzone względem masy ok. ± 25 V i napięcie pomocnicze o wartości ok. 25...35 V. Jeśli napięcia są poprawne, można zasilacz obciążyć żarówką 10 W/24 V pamiętając, aby ją włączyć w obwód napięcia +25 V i zmierzyć napięcie. Powinno ono spaść co najwyżej o kilkaset miliwolt. Zasilacz pod takim obciążeniem nie może pracować zbyt długo, bo jeszcze nie jest wyposażony w układ aktywnego chłodzenia, o którym w dalszej części artykułu.

System aktywnego chłodzenia zasilacza

Schemat układu sterownika wentylatora chłodzącego pokazano na **rysunku 7**. Jako czujnik temperatury zastosowano układ LM35 z wyjściem analogowym. Jego napięcie wyjściowe jest wzmacniane poprzez wzmacniacz nieodwracający U2A, którego wzmacnienie ustalono na 5,14. Ponieważ układ LM393 ma wyjście typu otwarty kolektor, konieczny jest użycie rezystora R4 podciągający wyjście do napięcia zasilania. Wzmocnione przez układ U2A napięcie



Fotografia 10. Wygląd zamontowanego układu chłodzenia

cie z czujnika temperatury trafia na bramkę tranzystora T1, który wraz ze wzrostem napięcia na bramce zaczyna przewodzić, co w konsekwencji uruchamia wentylator dołączony do złącza CON1. Wzmocnienie tak dobrano, aby radiatory zasilacza miały temperaturę od 45°C do 55°C.

Schemat montażowy przedstawiono na **rysunku 8**. Montaż jest typowy i nie wymaga opisu. Należy pamiętać, że płytkę ma być montowana drukiem w górę. Od strony druku jest zamontowany wentylator w taki sposób, aby dmuchał powietrzem na radiatory zasilacza. Szczeliny powstałe pomiędzy płytką a wentylatorem należy uszczelnić klejem silikonowym. Aby było możliwe przykręcenie do radiatorów trzeba sobie przygotować podkładkę z laminatu, bez warstw miedzi, pokazaną na **rysunku 9**. Ostatnią czynnością jest sklejenie podkładki z płytką drukowaną i przykręcenie do radiatorów zasilacza wkrętami M3×15 mm. Na **fotografii 10** pokazano wygląd zamontowanego układu chłodzenia do radiatorów przetwornicy. Cały układ należy zasilć napięciem pomocniczym pochodzącym ze złącza CON2 przetwornicy i doprowadzić na złącze CON2 układu chłodzenia. Do złącza CON1 dołączamy wentylator na napięcie 12 V DC.

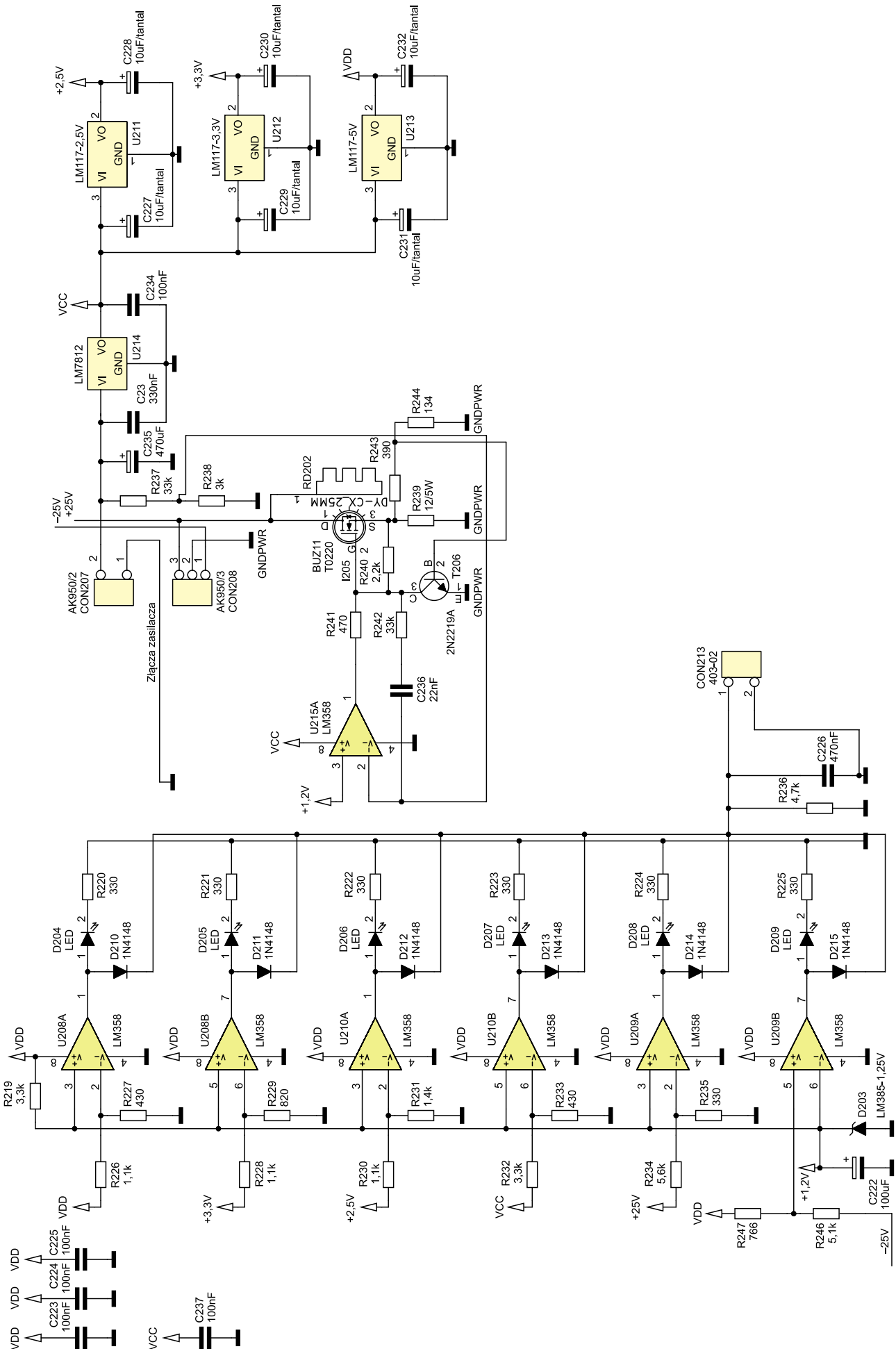
Płyta główna

Na płycie głównej umieszczono wszystkie elementy toru audio razem ze wzmacniaczem mocy, modulem radia FM oraz dekodery RDS i detektor napięć zasilania.

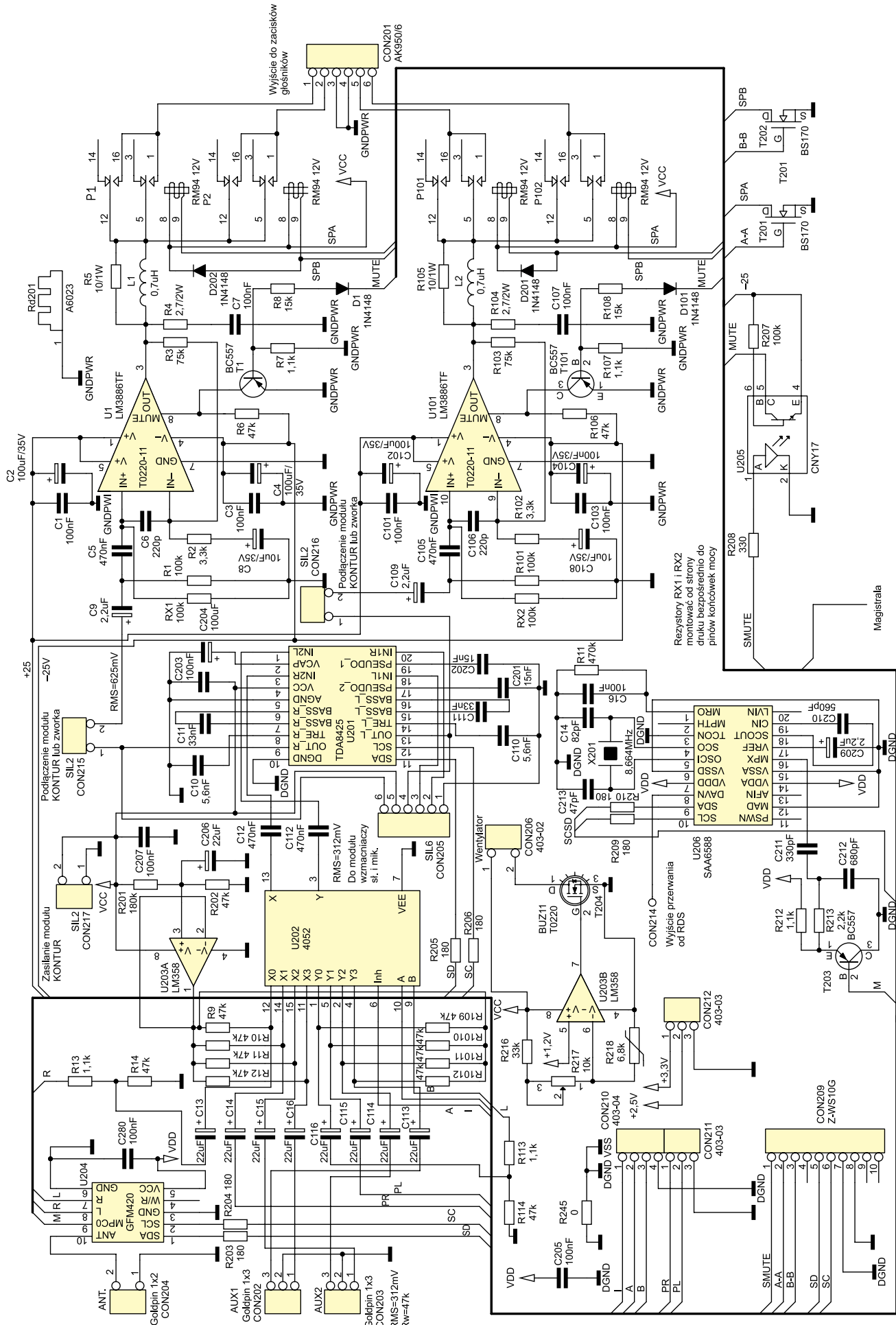
Schemat został podzielony na dwie części. Na **rysunku 11** pokazano schemat detektora napięć zasilania i układ przeciwdziałający spadkom napięcia pomoc-

niczego, a na **rysunku 12** resztę układu. Detektor napięć zasilania sprawdza, czy któreś z napięć nie spadło poniżej progów zadziałania detektora. Gdy to nastąpi, na wyjściu CON213 wystąpi napięcie ok. +5 V, które jest podawane na panel czołowy. Rezystor R236 stanowi obciążenie komparatorów detektora, a kondensator C226 filtruje napięcie. Jako detektory zastosowano układy LM358. Napięcie referencyjne dla detektorów pochodzi z układu D203, który utrzymuje je na poziomie 1,25 V. Diody D204...D209 stanowią wizualne wskaźniki spadku napięć. Mechanizm działania detektorów jest oczywisty, więc nie wymaga omawiania. Kolejnym elementem widocznym na schemacie są liniowe stabilizatory napięć +12 V, +5 V, +3,3 V i 2,5 V. Zasilanie z tych stabilizatorów pochodzi ze złącza CON207, do którego jest dołączone wyprostowane napięcie pomocnicze o wartości ok. 15...17 V. Napięcia +2,5 V i 3,3 V są doprowadzone do panelu czołowego i dostępne na złączu CON212. Napięcie +5 V zasilają nam wszystkie cyfrowe układy na płycie głównej. Napięcie +12 V zasilają wentylator, kartę rozszerzenia „KONTUR”, przełączniki wyboru wyjść głośnikowych oraz blok wzmacniaczy mikrofonowych i słuchawkowych. Ostatnim elementem jest układ przeciwdziałania spadkom napięcia pomocniczego doprowadzonego na wejście CON207.

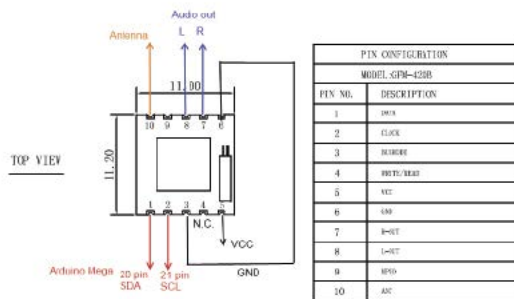
Kilka słów wyjaśnienia. Jak pisałem zasilacz jest stabilizowany i pracuje ze sprzężeniem zwrotnym. Napięcie wyjściowe jest zależne od szerokości impulsów kluczujących. Przy niewielkim poborze mocy z wyjść napięć symetrycznych ± 25 V, gdy impulsy są krótkie, a napięcie



Rysunek 11. Schemat ideowy detektora napięć zasilania umieszczonego na płycie głównej



Rysunek 12. Schemat ideowy płyty głównej



Rysunek 13. Połączenia modułu FM (dokumentacja prod.)

pomocnicze jest znacznie obciążone (np. przy włączeniu przekaźników wyboru wyjść głośnikowych) napięcie pomocnicze mogłoby spaść nawet do +8 V, co w konsekwencji pociągnęłoby za sobą brak zasilania cyfrowego procesora dźwięku i obniżenie skuteczności chłodzenia radiatora wzmacniaczy mocy. Obwód jego wytwarzania nie jest objęty pętlą sprzężenia zwrotnego, więc aby zapobiec spadkowi napięcia pomocniczego należy wydłużyć impuls kluczkowania poprzez częściowe obciążenie napięciem +25 V, które jest objęte pętlą regulacji (sprężeniem zwrotnym). Jest to typowe zjawisko w impulsowych zasilaczach wielowyjściowych. Sterownik przetwornicy będzie starał się przeciwdziałać spadkowi napięcia +25 V i wydłuży impulsy sterujące, co w konsekwencji zapewni bezpieczny poziom napięcia pomocniczego. Napięcie pomocnicze, po podzieleniu za pomocą dzielnika złożonego z rezystorów R237 i R238, trafia na wejście odwracające komparatora U215A. Na wejście nieodwracające jest doprowadzone napięcie 1,25 V – to samo, które ustala próg zadziałania detektorów napięcia. Po spadku napięcia pomocniczego poniżej +15 V na wyjściu komparatora występuje napięcie bliskie napięciu zasilania komparatora. W obwód sprzężenia zwrotnego włączono kondensator C236 i rezystor R242 zapobiegające wzbudzeniu się komparatora. Napięcie wyjściowe, po przejściu przez rezystor R241, trafia na bramkę tranzystora T205, co w konsekwencji zwiiera napięcie +25 V do masy. Aby ograniczyć prąd zwarcia zaprojektowano układ składający się z tranzystora T206 i rezystorów R244, R243, R239. Układ ten utrzymuje maksymalny prąd zwarcia na poziomie ok. 0,3 A. Napięcie symetryczne ± 25 V jest doprowadzone na złącze CON208.

Druga część schematu płyty głównej jest pokazana na rys. 12. Jej omawianie zaczniemy od toru audio. Sygnał analogowy, doprowadzony do wejścia AUX1 (CON202) lub AUX2 (CON203), trafia poprzez kondensatory separujące składową stałą sygnału audio na podwójny, elektroniczny przełącznik wejść audio U202.

Poprzez rezystory R9...R12 i R109...R112 na wejścia przełącznika trafia napięcie +2,5 V pochodzące z dzielnika R201/R202 i wzmacnione poprzez układ U203A.

Kondensator C206 zapobiega wahaniom napięcia na wejściu wzmacniacza. Dalej sygnał analogowy audio trafia na kondensatory C12 i C112, i jest doprowadzony na drugie wejście analogowe cyfrowego procesora dźwięku

U201. Do pierwszego wejścia analogowego jest doprowadzony sygnał z wzmacniacza mikrofonowego dostępny na złączu CON205. Po przejściu sygnału przez procesor dźwięku trafia on na złącze CON205, CON215 i CON216. Do złącza CON205 jest dołączony moduł wzmacniaczy mikrofonowych i słuchawkowych ze wskaźnikamiysterowania.

Do złącz CON215, CON216 i CON217 jest dołączona karta rozszerzenia „KONTUR”. Dalej, sygnał audio trafia na wzmacniacze mocy U1, U101 typu LM3886. Są to układy dobrze znane, w amplitunerze pracują w swojej typowej aplikacji i dostarczają sygnał o mocy 50 W na kanał przy impedancji obciążenia 4 Ω i zasilaniu ± 25 V. Rezystory R2, R3, R102 i R103 ustalają wzmacnienie na poziomie 23,7 V/V. Wzmacniacze mocy mają doprowadzenie wyciszenia MUTE, do której w większości wypadków jest dołączony kondensator ładowany poprzez rezystor dołączony do ujemnego napięcia zasilania. Pozwala to na uniknięcie „stukania” podczas włączania. Ja wykorzystałem te końcówki, ale trochę w inny sposób. Napięcia ujemne poprzez rezystory R6 i R106 są doprowadzane do końcówek MUTE wzmacniaczy mocy. Tranzystory T1 i T101ysterowane napięciem ujemnym zwiierają końcówki MUTE do masy, co prowadzi do wyciszenia. Bazy tranzystorów, poprzez diody D1 i D101 oraz rezystory R7, R8 i R107, R108, są sterowane za pomocą układu U205. Dioda zawarta w strukturze CNY17 jest sterowana poprzez rezystor ograniczający prąd diody sterowana z wyjścia mikroprocesora, więc wyciszeniem wzmacniaczy mocy steruje mikroprocesor. Wzmocniony sygnał akustyczny z wyjść wzmacniaczy trafia na przekaźniki przełączania wyjść głośnikowych P1, P2 i P101, P102. Dalej sygnał jest wyprowadzony na złącze CON201.

Przełącznik są załączane poprzez tranzystory T201, T202 diody D201, D202 zabezpiecza tranzystory przed przepięciami powstałymi podczas wyłączenia przekaźników. Sygnały sterujące tranzystorami pochodzą ze złącza CON209. Kolejnym elementem znajdującym się na

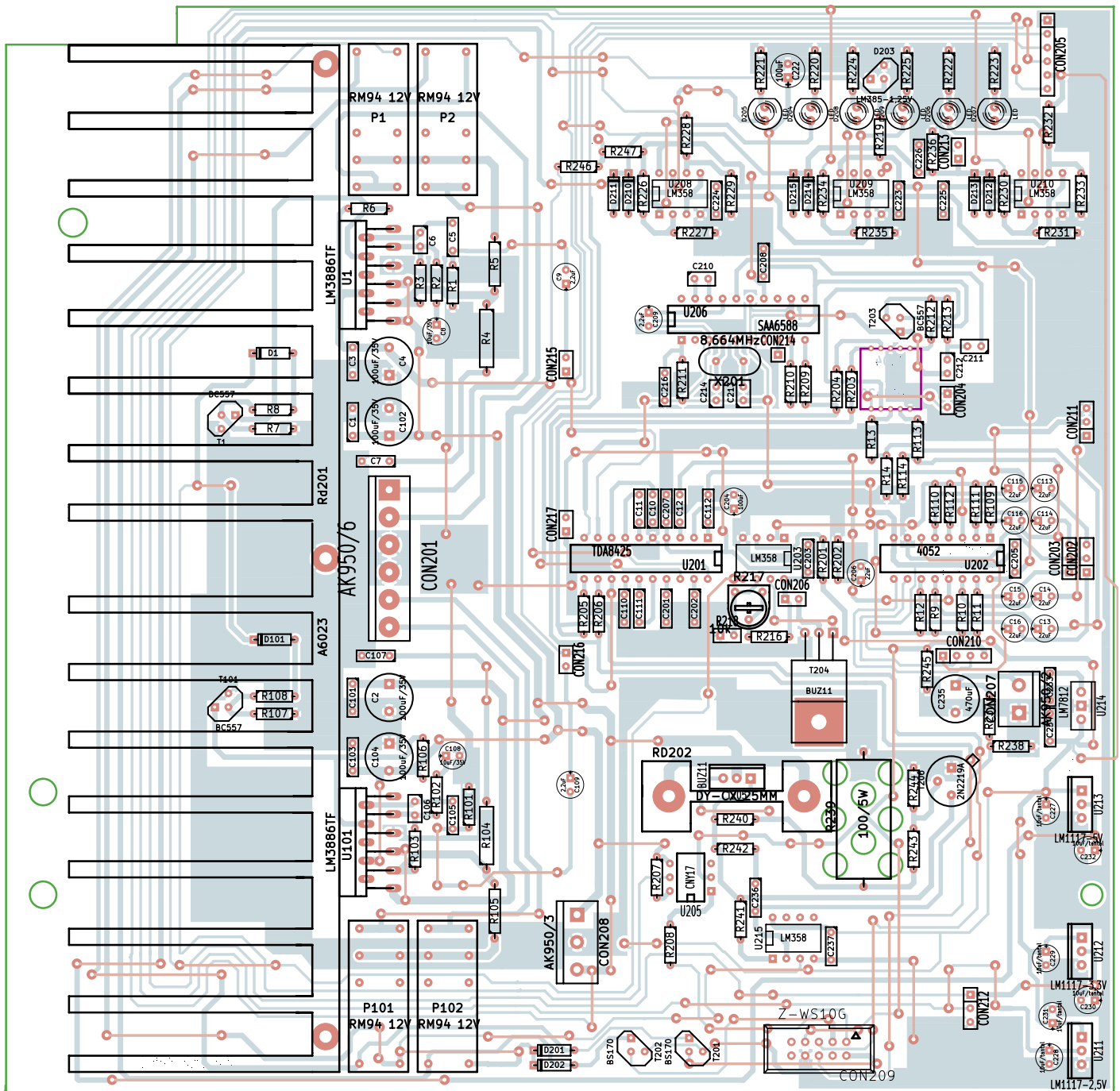
płyce głównej jest tuner FM oparty na module z układem TEA5767 o oznaczeniu GFM420 (rysunek 13). Pomimo niewielkich wymiarów moduł ma niezłe parametry i prosty sposób sterowania. Sygnał antenowy poprzez kondensator 82 pF jest doprowadzony do złącza CON204 i trafia na wyprowadzenie 10 modułu. Z wyprowadzenia 9 wychodzi sygnał MPX i jest podawany do wzmacniacza złożonego z tranzystora T203, rezystorów R212, R213, C211 i kondensatora C212, a następnie na wejście procesora RDS.

Moduł radia FM jest zasilany napięciem +5 V pochodzącym z układu opisanego wcześniej. Na wyprowadzeniach 8 i 7 są dostępne analogowe sygnały audio, które po podzieleniu na dzielnikach R13/R14 i R113/R114 są podawane na wejścia przełącznika audio. Jako dekodera sygnału RDS użyto układu typu SAA6588 pracuje on z kwarcem 8,664 MHz. Układ jest zasilany tym samym napięciem, co moduł FM, procesor dźwięku i przełącznik wejść. Sygnał DAVN jest wyprowadzony do złącza CON214 połączone jest ono z panelem czołowym. Ostatnim elementem płyty głównej jest układ chłodzenia radiatora wzmacniaczy mocy z komparatorem U203B. Działanie tego układu jest też oczywiste, więc nie będzie tu opisywane.

Układy radia FM, dekodera RDS i procesora dźwięku komunikują się z panelem czołowym za pomocą magistrali I²C, która jest wyprowadzona na złącze CON209. Na schemacie widać, że istnieją trzy masy – masa wzmacniaczy mocy GNDPWR, masa cyfrowa DGND i masa analogowa GND. Masa analogowa i cyfrowa łączy się w jednym miejscu na płycie głównej. Masa wzmacniaczy mocy nie ma połączenia z innymi masami na płycie głównej i jest ona doprowadzona na złącza zasilania wzmacniaczy mocy. Połączenie pomiędzy masą zasilania wzmacniaczy mocy a innymi masami następuje w zasilaczu sieciowym.

Montaż płyty głównej

Schemat montażowy płyty głównej pokazano na rysunku 14. Cała płyta główna została zmontowana na płytce jednostronnej o wymiarach 200,9 mm \times 204,8 mm. Ze względu na to, że układ jest dość skomplikowany nie dało się uniknąć zwoerek. Większość otworów mocujących została dostosowana do obudowy, tylko pod otwór oznaczony literką „X” należy wykonać otwór w dnie obudowy we własnym zakresie. Punkty lutownicze oznaczone literką „Y” łączyły cienkim przewodem. To samo robimy z punktami „Z”. Należy zwrócić uwagę na sposób prowadzenia ścieżek masy GNDPWR – jest on dość specyficzny, ponieważ stanowi obwód za-



Rysunek 14. Schemat montażowy płyty głównej

silania wzmacniacza mocy. Takie prowadzenie masy spowoduje, że wzmacniacze mocy nie będą się wzbudzały. Ścieżki zasilania +25V i -25V oraz ścieżki z wyjścia wzmacniaczy mocy należy pocynować.

Montaż płyty jest typowy. Najpierw montujemy elementy najmniejsze: zwoje, rezystory, kondensatory, tranzystory, złącza, układy scalone, stabilizatory i przełączniki. Złącza CON205 nie montujemy. W jego miejsce należy przylutować 7 cm odcinek taśmy wielożyłowej. Cewki L1 i L101 należy wykonać samemu w taki sposób, że na rezystorach R5 i R105 należy nawinąć 7 zwojów drutu DNE 1,0 mm.

Rezystory RX1 i RX2 montujemy od strony druku lutując je jak najbliżej koń-

cówek wzmacniaczy mocy. Rezystor R239 należy zamontować nad płytką, aby umożliwić swobodny przepływ powietrza. Rezystor R245 stanowi połączenie pomiędzy masą analogową, a cyfrową. W jego miejsce należy wlotować zworę. Wzmacniacze mocy są w izolowanych obudowach, co wyklucza stosowanie podkładek izolacyjnych. Stabilizator U214 należy zamontować w taki sposób, aby było możliwe przykręcenie go do obudowy urządzenia. Tranzystor T205 należy posmarować pastą termoprzewodzącą i przykręcić do wcześniej przygotowanego radiatora. Radiator przykręcamy do płytki od dołu za pomocą wkrętów M3×15mm. Teraz montujemy radiator przeznaczony dla wzmacniaczy

mocy. Układy U1 i U101 należy posmarować pastą termoprzewodzącą, następnie odpowiednio przygotować radiator. W pierwszej kolejności należy obciąć jedno boczne skrzydełko potem wymierzyć i rozplanować otwory umożliwiające montaż radiatora do płytki oraz do przykręcenia wzmacniaczy mocy. Należy także wywiercić jeden otwór u góry radiatora wiertłem 4,3 mm na termistor R218. Do złącza oznaczonego R218 dołączamy termistor.

Rafał Wasiak
fabian_wasiak@interia.pl