

Duża popularność kitów Vellemana zachęciła nas do publikowania cyklu artykułów „Raport EP”, w których szczegółowo opisujemy konstrukcje wybranych zestawów (na podstawie oryginalnych instrukcji). Przedstawiamy Czytelnikom wrażenia z montażu i uruchomienia każdego opisywanego kitu.

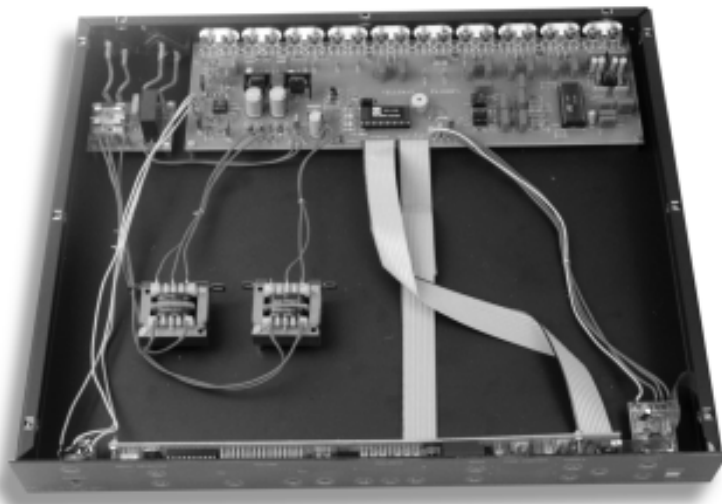
Wszystkie przedstawiane w „Raporcie EP” urządzenia były zmontowane i uruchomione w laboratorium EP przez doświadczonych konstruktorów.

## Przedwzmacniacz audio sterowany cyfrowo, część 1 kit VELLEMAN K-4100

*Kontynuujemy opisy urządzeń audio, które wchodzi w skład oferty kitów firmy Velleman.*

*Tym razem zaprezentujemy konstrukcję uniwersalnego przedwzmacniacza sterowanego cyfrowo, który spełnia identyczną rolę, jak standardowe przedwzmacniacze analogowe, jest jednak znacznie prostszy w obsłudze i ma bardzo dobre i stabilne parametry toru audio.*

*Ponadto, dzięki zastosowaniu nowoczesnych układów scalonych, konstrukcja elektryczna urządzenia jest dość prosta, a jej uruchomienie nie powinno sprawić żadnych kłopotów nawet mniej zaawansowanym konstruktorom.*



Urządzenie zaprojektowano bez użycia jakichkolwiek elementów mechanicznych, tak regulacyjnych jak i przełączników wyboru. Wszystkie bloki przedwzmacniacza są sterowane poprzez mikroprocesor. Zastosowanie w torze audio scalonego procesora audio wysokiej jakości uprościło konstrukcję oraz zmniejszyło do minimum liczbę elementów zewnętrznych. Prezentowany w artykule kit Vellemana to propozycja nie tylko dla zaawansowanych elektroników lubiących muzykę. Ze względu na brak konieczności jakichkolwiek regulacji podczas uruchamiania, może być zmontowany przez każdego, nawet mało doświadczonego amatora. W kicie znajdują się wszystkie najdrobniejsze elementy, począwszy od elektronicznych po mechaniczne, toteż zmontowanie kompletnego przedwzmacniacza jest tylko kwestią dobrych chęci i poświęcenia kilku wolnych godzin. Nowoczesna linia wzornicza urządzenia nie odbiega, tak charakterem jak i jakością wykonania, od urządzeń produkowanych fabrycznie. Przyjrzyjmy się zatem bliżej tej ciekawej konstrukcji, która do niedawna była poza zasięgiem wielu miłośników elektroniki.

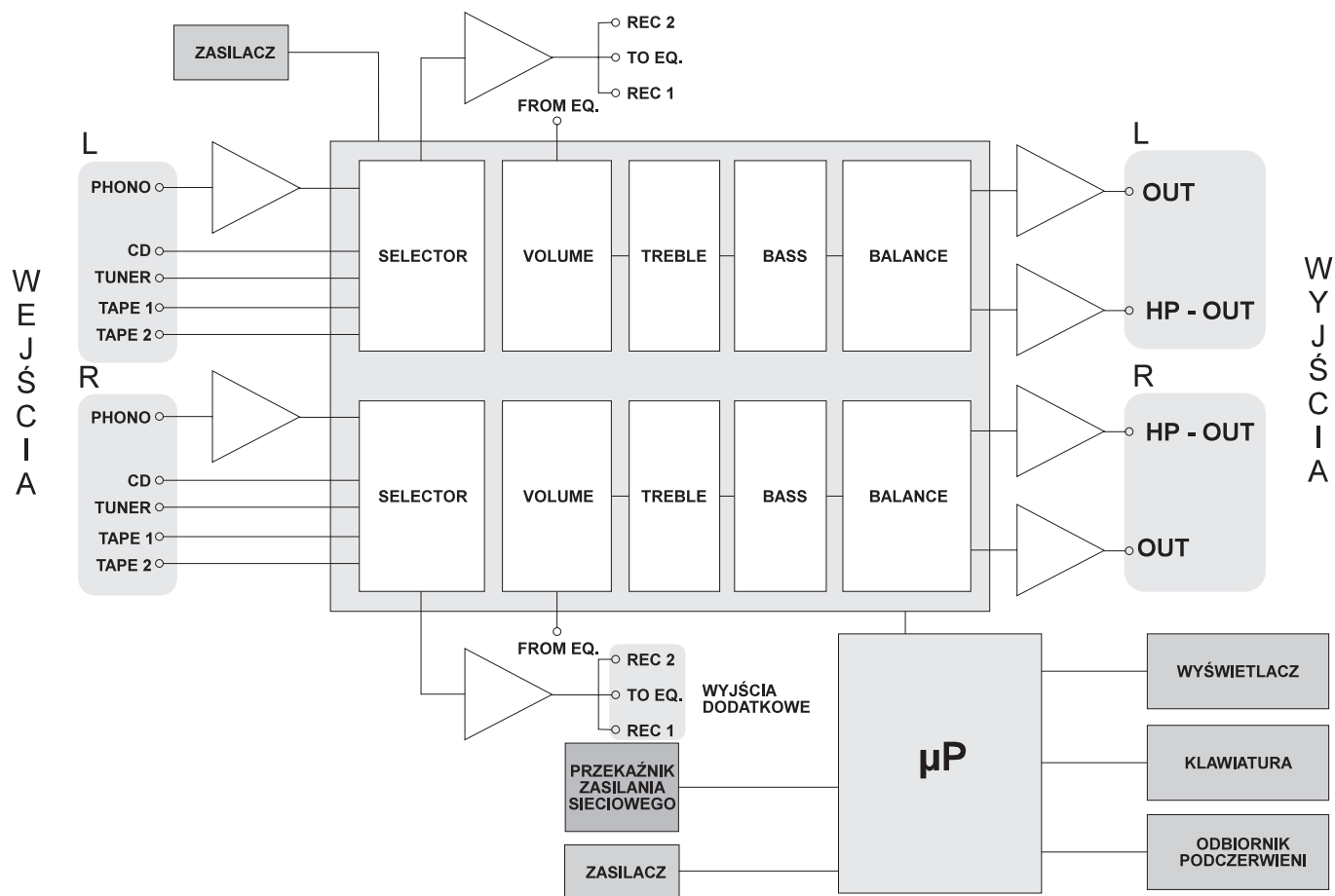
### Opis układu

Schemat blokowy przedwzmacniacza jest przedstawiony na rys.1. Tor analogowy składa się z dwóch identycznych bloków regulacji wzmacnienia (Volume), balansu (Balance), tonów wysokich (Treble) i niskich (Bass). Układ posiada 5 wejść dla źródeł sygnałów. Są to: PHONO (wejście gramofonu zapewniające odtworzenie charakterystyki RIAA), CD, TUNER, TAPE1 i 2 (odpowiednio wejścia do dołączenia odtwarzacza płyt kompaktowych, tunera oraz dwóch magnetofonów).

Selekcja źródła sygnału odbywa się bez udziału jakichkolwiek przełączników, tak mechanicznych jak i sterowanych elektronicznie, np. przekaźników. Rolę tę pełnią wbudowane w scalony układ przedwzmacniacza (nazywany dalej procesorem audio) selektory, zapewniające bardzo dobre parametry przełączania oraz przenoszenia sygnałów ze źródeł do dalszych części toru audio prezentowanego układu. Wejście gramofonowe wyposażone jest w dodatkowy wzmacniacz z korekcją RIAA. Przedwzmacniacz, oprócz wyjścia sygnału do końcówki mocy, posiada kilka dodatkowych wyjść. Są to: To EQ - wyjście do

### Dane techniczne

- ✓ czułość wejść:
  - PHONO - 5,5mV/50kΩ
  - C.D. - 500mV/32kΩ
  - TUNER - 360mV/22kΩ
  - TAPE1 - 360mV/22kΩ
  - TAPE2 - 360mV/22kΩ
- ✓ napięcia wyjściowe wyjść:
  - LINE - 1,0V
  - TAPE - 360mV
  - EQUALIZER - 180mV
- ✓ maksymalny poziom sygnału wejść:
  - PHONO - 40mV
  - C.D. - 3,5V
  - TUNER - 2,5V
  - TAPE1 - 2,5V
  - TAPE2 - 2,5V
  - EQUALISER - 2,5V
- ✓ stosunek sygnał/szum
  - PHONO - 75dB (ważony A)
  - TAPE/CD/TUNER - 100dB (ważony A)
- ✓ zakresy regulacji
  - tonów wysokich: ±15dB (100Hz) krok 2,5dB
  - tonów niskich: ±15dB (10kHz) krok 2,5dB
  - wzmocnienia: -68dB...+10dB krok 2dB
  - balansu: 0...-38dB krok 3dB
- ✓ całkowite zniekształcenia: 0,01%
- ✓ pasmo przenoszenia: 8Hz...150kHz (-3dB)
- ✓ separacja kanałów: 90dB
- ✓ przesłuch: 98dB
- ✓ odchyłka charakterystyki RIAA: ±0,5dB (20Hz...20kHz)
- ✓ poziom przy wyciszaniu (MUTE): -68dB
- ✓ wyjście słuchawkowe: 280mW/32Ω
- ✓ wyjście przekaźnikowe (zasilania 220V): 5A
- ✓ pobór mocy: max. 6W
- ✓ wymiary: 420x50x350 mm (szer x wys x głęb)
- ✓ waga: 5kg.



Rys. 1. Schemat blokowy przedwzmacniacza.

dołączenia korektora audio (wejście oznaczono jako From EQ), REC1 i REC2 - wyjścia bezpośrednio z selektorów źródeł sygnału przeznaczone do dołączenia dodatkowego urządzenia nagrywającego np. magnetofonu. Ostatnim, dodatkowym, jest wyjście słuchawkowe (HP-OUT), do którego można dołączyć słuchawki o impedancji większej 32Ω.

Cały tor analogowy jest sterowany za pomocą mikroprocesora. Układ ten obsługuje także klawiaturę, sterowanie diodami LED oraz odbiornikiem podczerwieni. Dzięki temu ostatniemu, możliwa jest obsługa, podobnie jak w przypadku tunera FM, urządzenia za pomocą pilota podczerwieni K4101.

Przejdźmy do dokładnej analizy układu elektrycznego przedwzmacniacza, którego schemat jest przedstawiony na rys.2 i 3. Pierwszy z nich obejmuje część analogową urządzenia, drugi część cyfrową - odpowiadającą za sterowanie. Z uwagi na większą czytelność schematu, niektóre elementy toru audio identyczne dla obu kanałów wzmacniacza oznaczono jako L/R, na rysunkach więc widnieje tylko jeden kanał przedwzmacniacza, co należy uwzględnić przy analizie układu. To samo dotyczy numerów wyprowadzeń układu IC7 - scalonego procesora audio.

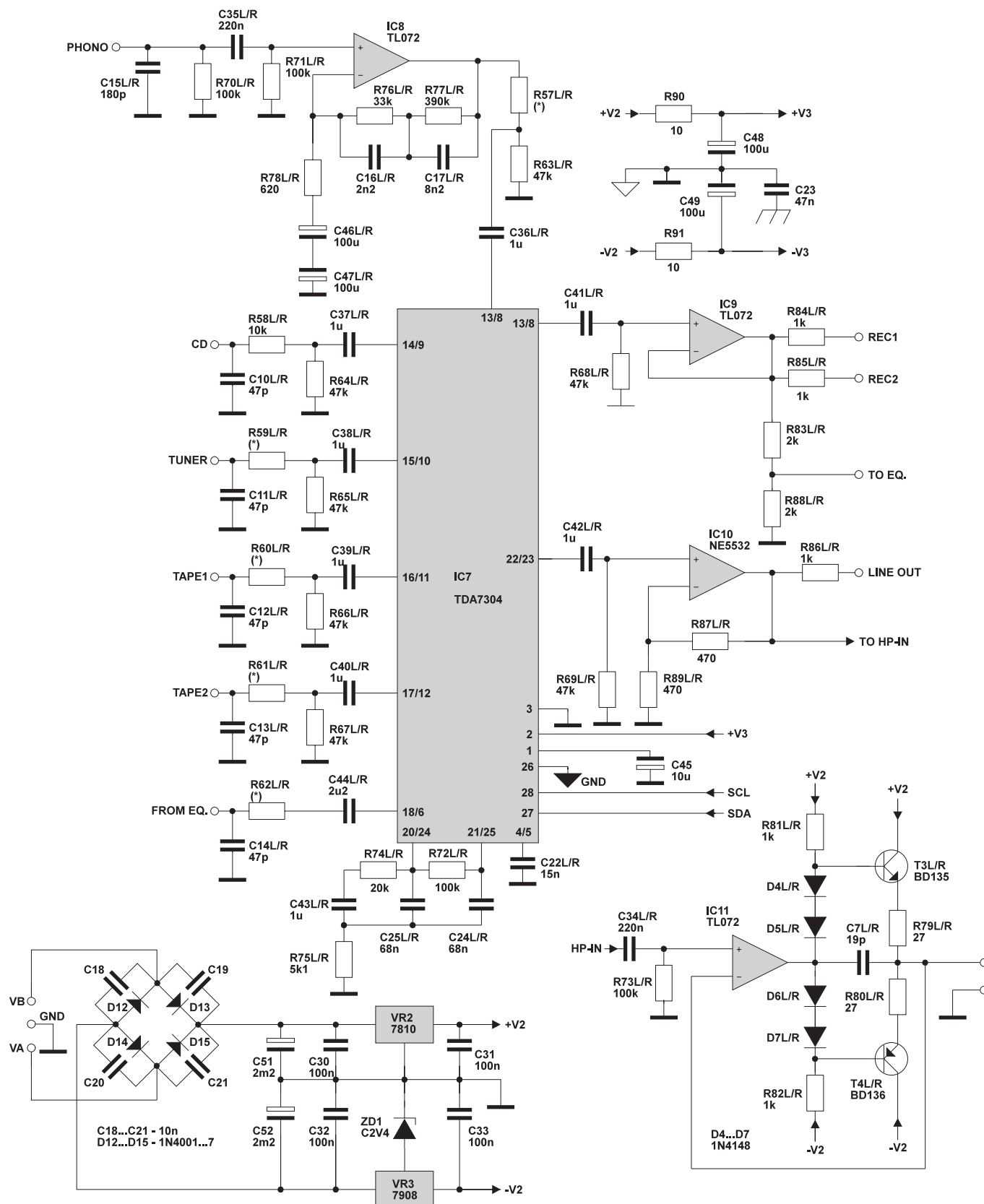
Jak wcześniej wspomniano, głównym elementem przedwzmacniacza jest scalony procesor audio

firmy SGS-Thomson. Układ ten charakteryzuje się doskonałymi parametrami pod względem przeniesienia sygnału w zakresie pasma 8Hz...150kHz.

Pięć wejść źródeł sygnałów jest liczbą w zupełności wystarczającą dla większości zastosowań w sprzęcie powszechnego użytku. Każde wejście sygnału jest poprzedzone kondensatorem separującym składowa stałą: elementy C37, C38, C39, C44. Dodatkowe rezystory R58..R61 wraz z R64...R67 dopasowują impedancję wejść do odpowiednich źródeł sygnałów. Podczas montażu kitu jest możliwy dobór tych elementów, dzięki czemu można łatwo zmienić impedancję wybranego wejścia w zależności od potrzeb. O tym w dalszej części artykułu. Pozostałe kondensatory C10...C11 ograniczają z góry pasmo przenoszonych częstotliwości sygnału audio.

Układ zbudowany na wzmacniaczu operacyjnym IC8 wraz z dodatkowymi elementami C15...C17, C35, C46, C47 oraz R70, R71, R76, R77, R57, R63 kształtuje





Rys. 2. Schemat części analogowej.

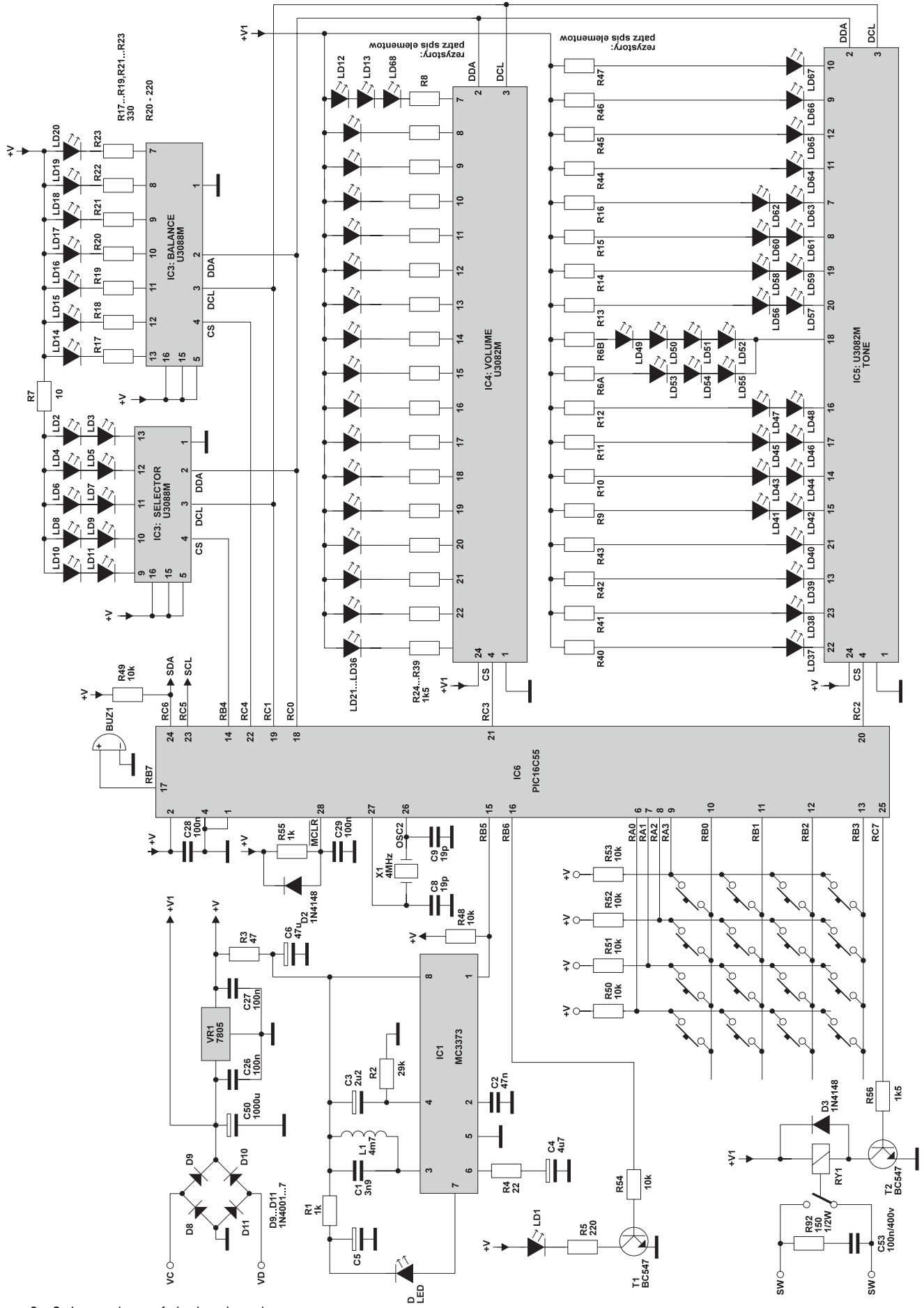
niezbędną przy przetworniku magnetydynamicznym charakterystykę RIAA.

Elementy R72, R74, R75 wraz z kondensatorami C24, C25, C43 są niezbędne do korekcji tonów wy-

sokich i niskich, która odbywa się wewnątrz układu IC7.

Sygnał pochodzący z selektora układu IC7, oprócz tego że dostaje się na dalsze wewnętrzne regulatory barwy, wyprowadzony jest na piny

19 i 7 (2 kanały L/P). Wykorzystano to do wyprowadzenia sygnałów na dodatkowe gniazda wyjściowe za pośrednictwem prostego wtórnika w postaci układu IC9 wraz z elementami dodatkowymi R83...R85 i R88.



Rys. 3. Schemat części sterującej.

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1: 1kΩ  
 R2: 39kΩ  
 R3: 47Ω  
 R4: 22Ω  
 R5: 220Ω  
 R6a: 470Ω  
 R6b: 330Ω  
 R7, R90, R91: 10Ω  
 R8: 100Ω  
 R9...R16: 1,2kΩ  
 R17...R19, R21...R23: 330Ω  
 R20: 220Ω  
 R24...R39, R42...R45, R56: 1,5kΩ  
 R40, R41, R46, R47, R55: 1kΩ  
 R48...R54: 10kΩ  
 R57L/R, R59L/R...R62L/R: zwory (patrz tekst)  
 R92: 150Ω/0,5W  
 Rezystory metalizowane (1...2%)  
 R58L/R: 10kΩ  
 R63L/R...R69L/R: 47kΩ  
 R70L/R...R73L/R: 100kΩ  
 R74L/R: 20kΩ  
 R75L/R: 5,1kΩ  
 R76L/R: 33kΩ  
 R77L/R: 390kΩ  
 R78L/R: 620Ω  
 R79L/R, R80L/R: 27Ω  
 R81L/R, R82L/R: 1kΩ  
 R83L/R, R88L/R: 2kΩ  
 R84L/R...R86L/R: 1kΩ  
 R87L/R, R89L/R: 470Ω

### Kondensatory

C1: 3,9nF  
 C2: 47nF  
 C3: 2,2μF  
 C4: 4,7μF  
 C5: 10μF  
 C6: 47μF  
 C7L/R, C8L/R: 19pF  
 C10L/R...C14L/R: 47pF  
 C15L/R: 180pF  
 C16L/R: 2,2nF MKM  
 C17L/R: 8,2nF MKM  
 C18...C21: 10nF MKM  
 C22L/R: 15nF MKM  
 C23: 47nF MKM lub ceramiczny

C24L/R, C25L/R: 68nF MKM  
 C26...C33: 100nF ceramiczny  
 C34L/R, C35L/R: 220nF MKM  
 C36L/R...C43L/R: 1μF MKM  
 C44L/R: 2,2μF MKM  
 C45: 10μF/16V  
 C46L/R, C47L/R: 100μF/16V  
 C48, C49: 100μF/16V  
 C50: 1000μF/25V  
 C51, C52: 2200μF/25V  
 C53: 0,1μF/400V

### Półprzewodniki

IC1: MC3373  
 IC2, IC3: U3088M Tfk  
 IC4, IC5: U3082M Tfk  
 IC6: PIC16C55 z programem VK4100  
 IC7: TDA7304  
 IC8, IC9, IC11: TL072  
 IC10: NE5532  
 VR1: 7805  
 VR2: 7810  
 VR3: 7908  
 T1, T2: BC547  
 T3L/R: BD135...139  
 T4L/R: BD136...140  
 D: BPW41  
 D2, D3, D4L/R...D7L/R: 1N4148  
 D8...D15: 1N4001...7  
 ZD1: Zener C2V4  
 LD1, LD17: LED czerwona 5x2  
 LD2...LD11: LED żółta 5x5  
 LD12, LD13, LD49...LD55: LED czerwona 5x5  
 LD14...LD16, LD18...LD20, LD21...LD36: LED zielona 5x2  
 LD37...LD48: LED zielona 5x2  
 LD68: LED migająca czerwona φ=5mm  
**Różne**  
 X1: 4 MHz  
 L1: 4,7μH  
 F1: 250mA  
 F2: 6,3A  
 J1...J20 L/R: gniazda CHINCH do druku  
 TRAFO1: 220V/2x12V 6W  
 TRAFO2: 220V/2x9V 6W

nym. Zastosowane tranzystory m.cz. średniej mocy, typu BD135 i BD137, w tej aplikacji mogą być przyjmowane ze zdziwieniem, lecz w praktyce okazują się w zupełności wystarczające.

Do zasilania części analogowej zastosowano zasilacz stabilizowany, zbudowany z wykorzystaniem układów VR2 i VR3, dostarczających napięć ±10V. Dzięki dodatkowej diodzie Zenera ZD1, przy użyciu stabilizatora VR3 (7908), uzyskujemy podbicie napięcia do wartości nieco ponad 10V. Prawdopodobnie producent miał kłopoty ze zdobyciem odpowiedniej kostki 7910, komplementarnej do układu VR2.

Ostatnim i jedynym zarazem elementem łączącym tor analogowy z częścią sterującą jest szyna I<sup>2</sup>C z sygnałami SCL i SDA, dostępnymi na wyprowadzeniach 27 i 28 układu procesora audio IC7. Poprzez te dwie linie są dostarczane sygnały zawierające informację o wszystkich nastawach układu IC7, o wyborze wejścia, itd.

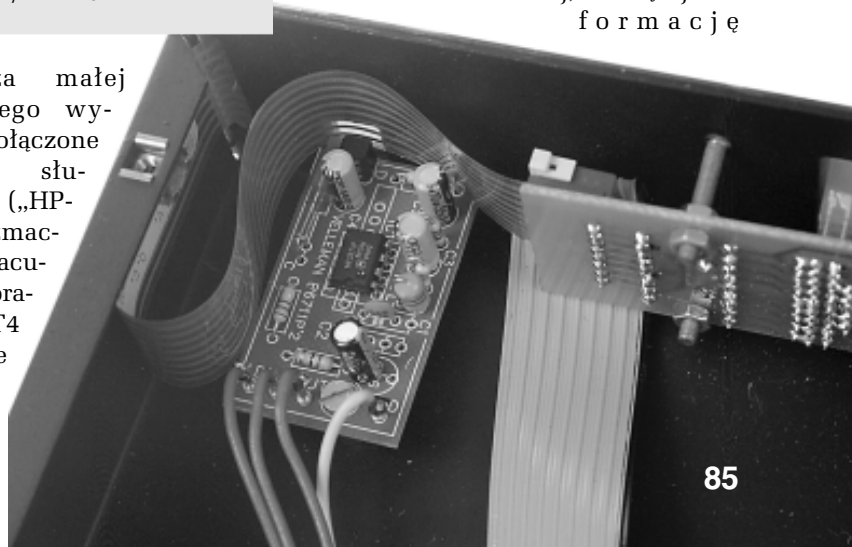
Schemat ideowy części sterującej przedstawia rys.3. Głównym elementem jest mikroprocesor IC6 w postaci kostki PIC16C55. Sygnały wspomnianej magistrali I<sup>2</sup>C dostępne są na wyprowadzeniach 23 i 24 mikroprocesora. Dodatkowy rezystor R49 podciąga wyjście szyny danych SDA, co zwiększa nieco obciążalność tej linii i zmniejsza możliwość wystąpienia błędów podczas transmisji.

Jako odbiornik sygnałów podczerwieni z pilota zdalnego sterowania wykorzystano układ firmy Motorola IC1 o oznaczeniu MC3373. Ta mała kostka zawiera w swoim wnętrzu kompletny układ szerokopasmowego wzmacniacza sygnałów podczerwieni oraz detektor fali nośnej, niosącej in-

f o r m a c j ę

Uformowany sygnał audio po przejściu przez tor regulatorów w IC7 jest dostępny na wyprowadzeniach 22 i 23 tego układu. Stąd poprzez C42 dostaje się na wejście dodatkowego wzmacniacza operacyjnego w postaci kostki IC10, skąd jest otrzymywany sygnał sterujący końcówką mocy (LINE OUT). Dodatkowo sygnał ten jest wykorzystany doysterowania prostego

wzmacniacza małej mocy, którego wyjście jest połączone z gniazdem słuchawkowym („HP-OUT“). Wzmacniacz ten pracuje z tranzystorami T3 i T4 w układzie przeciwzob-



z nadajnika. Typową częstotliwością wykorzystywaną w aplikacjach tego układu jest 40kHz. Wyjście odfiltrowanego sygnału podczerwieni jest dostępne na końcówce 1 układu IC1 i stąd trafia na wejście portu RB5 mikroprocesora IC6. Ten ostatni na podstawie analizy danych, szeregowo przesyłanych z IC1, określa rodzaj kodu z nadajnika podczerwieni, po czym wysyła szyną I<sup>2</sup>C (piny 23 i 24) odpowiedni rozkaz sterujący do procesora audio IC7. Dodatkowo, odebranie ważnego kodu z pilota jest sygnalizowane podaniem stanu wysokiego na pin 16 układu IC6, co w efekcie powoduje zapalenie diody sygnalizacyjnej LED LD1.

Do sterowania wszystkimi funkcjami przedwzmacniacza użytkownik posiada 16 klawiszy sterujących, umieszczonych na płycie czołowej urządzenia. Na rysunku oznaczono je liczbami od 1 do 16. Sposób połączenia klawiszy w tzw. „matrycę“, w przypadku wykorzystania mikroprocesora, upraszcza jej odczyt i zmniejsza liczbę linii sterujących do 8 (w przypadku 16 klawiszy). Naciśnięcie dowolnego klawisza powoduje zwarcie jednej z linii kolumny z linią wiersza. Jeżeli w tym czasie na jednej z kolumn panuje logiczne „0“ (reszta = „1“), to w efekcie na linii wiersza zwarcie przez klawisz pojawi się także „0“, co odczyta mikroprocesor. Ponieważ w każdej chwili mikroprocesor IC6 ustala stan logiczny „0“ tylko na jednej z końcówek RA0...RA3, to wiedząc o tym, jest łatwo określić, który klawisz został

naciśnięty. Sytuacja ma się gorzej, kiedy naciśniemy w jednej chwili dwa klawisze. Wtedy odczyt może być błędny. Jednak w praktyce, przy zastosowaniu specjalnie tłoczonych folii z wbudowaną klawiaturą membranową, sytuacja taka zdarzyć się może rzadko.

Rezystory R50...R53 są niezbędne do „podciągnięcia“ kolumn matrycy do plusa zasilania.

Płyta czołowa przedwzmacniacza jest wyposażona w szereg diod świecących LED sygnalizujących o aktualnie wybranych nastawach, rodzaju wejścia itp. Jest to narzucone brakiem mechanicznych elementów regulacyjnych w postaci np. potencjometrów. Sterowaniem wszystkich 67 diod zajmuje się mikroprocesor IC6 za pośrednictwem układów IC2...IC5. Te ostatnie to typowe drivery do sterowania elementami LED, np. wyświetlaczami ze wspólną anodą. Cechą charakterystyczną jest sposób zapisu informacji o wyświetlanej sekcji diod. Odbywa się to za pośrednictwem trzech linii transmisji szeregowej. Linia CS służy do wyboru układu (uaktywnienia), DCL to linia zegarowa - synchronizująca dane przekazywane linią DDA - danych.

W przypadku układu IC2 zapalające diody informujące o aktualnym wyborze wejścia, dla ograniczenia prądu płynącego przez nie wystarcza rezystor R7, bowiem w jednej chwili aktywna jest tylko jedna sekcja diod LD2...LD11. Układ IC3 odpowiada za sterowanie wskazaniami dotyczącymi ba-

lansu. Do prezentacji poziomu wzmocnienia użyto większego układu drivera IC4 z 17 wyjściami sterującymi. Ostatnie wyjście układu 7 jest aktywowane w przypadku włączenia wyciszenia - „MUTE“. Wszystkie poprzednie diody LED są w tej chwili wygaszone. Na płycie czołowej diody LD12 i LD13 podświetlają napis oznaczający uaktywnienie tej funkcji oraz dodatkowo, dzięki zastosowaniu diody LED w postaci LD68, cała sekcja „miga“ (diody LD68 w wersji migającej nie jest widoczna dla użytkownika). Pozostałe diody sterowane za pomocą układu IC5 wskazują aktualny poziom regulatorów tonów wysokich i niskich.

Przedwzmacniacz posiada wbudowane gniazdo sieciowe do dołączenia tunera FM lub innego urządzenia z zestawu audio. Zasilanie sieciowe tego gniazda odcinane jest za pomocą przełącznika RY1. Dzięki temu podczas wyłączenia całego zestawu (tryb „stand-by“: czuwania) pobierana z sieci moc zostaje ograniczona do niezbędnego minimum.

Cewka przełącznika zostaje załączona poprzez tranzystor T2, którego baza jest sterowana z portu RC7 mikroprocesora IC6. Diody D3 zabezpiecza tranzystor przed przepięciami spowodowanymi przełączeniem cewki RY1.

Część cyfrowa przedwzmacniacza jest zasilana stabilizowanym napięciem z zasilacza zbudowanego na stabilizatorze scalonym w postaci układu VR1 (7805).

**Sławomir Surowiński, AVT**