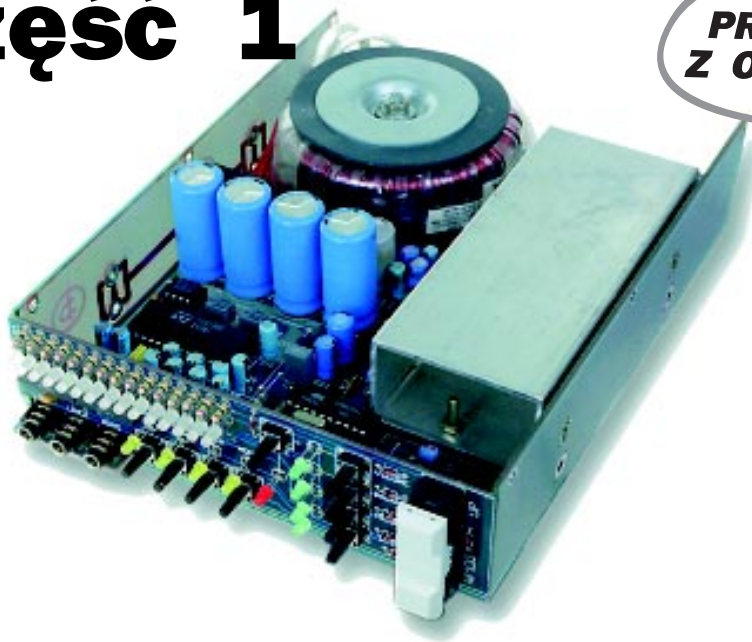


# Wzmacniacz multimedialny do PC, część 1

## kit AVT-325

PROJEKT Z OKŁADKI



*W dobie multimediiw nikogo nie dziwi obecność w komputerach kart dźwiękowych i wideo, czy też odtwarzaczy CD-ROM. Często jednak jakość dźwięku oraz moc wyjściowa tych urządzeń jest niewystarczająca, dlatego też niezbędne staje się dołączenie zewnętrznego zestawu stereo, co komplikuje obsługę oraz zwiększa plątaninę kabli pod biurkiem. Przedstawione w artykule urządzenie kompleksowo rozwiązuje ten problem, a specjalnie opracowana konstrukcja oraz gabaryty umożliwiają zamontowanie tego wzmacniacza w obudowie każdego PC-ta.*

„Czy w obudowie o wymiarach typowej stacji dysków 5,25" można zmieścić kompletny przedwzmacniacz klasy Hi-Fi, końcówkę mocy oraz zasilacz z niezbędnym w takich konstrukcjach transformatorem?“. Oto pytanie, na które jeszcze do niedawna autor musiał odpowiedzieć sobie przecząco.

Dzisiaj, dzięki miniaturyzacji elementów elektronicznych, zrealizowanie urządzenia mającego

wszystkie cechy funkcjonalne wysokiej jakości wzmacniacza audio, bez konieczności stosowania trudno dostępnych podzespołów, okazało się realne. Brak kłopotliwych w montażu i zawodnych elementów regulacyjnych, przysparzających amatorom elektroniki bólu

głowy podczas uruchamiania, to jedna z cech które w znaczący sposób wpływają na jakość dźwięku przedstawionego rozwiązania.

W pełni cyfrowe sterowanie oraz moc wyjściowa 2x20W, przy jakości Hi-Fi, to niezaprzeczalne atuty, dzięki którym każdy miłośnik „mocnego uderze-

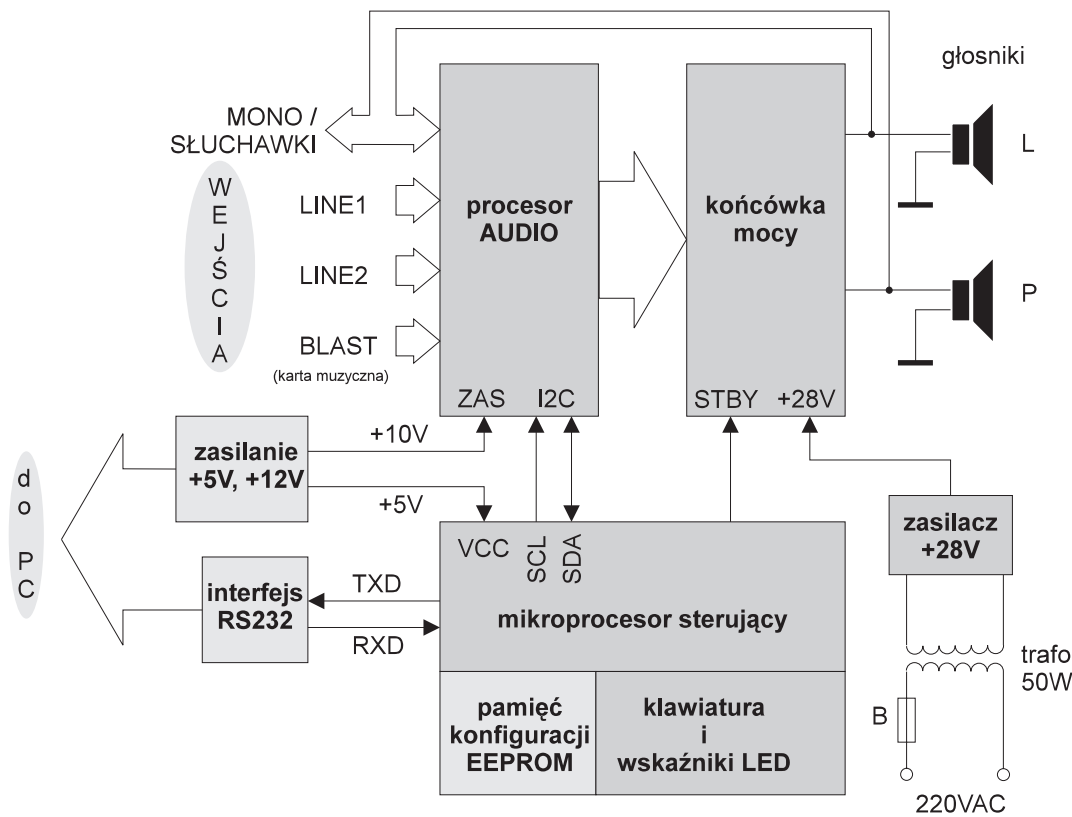
nia“ i komputera w prosty sposób może połączyć przyjemność słuchania muzyki z pracą na swoim komputerze. Podczas opracowywania konstrukcji mechanicznej, szczególny nacisk położono na dostosowanie urządzenia do łatwego zamontowania w miejscu przeznaczonym na typową, rzadko już dzisiaj używaną, „dużą“ stację dyskietek.

Dzięki odpowiednio dobranym wymiarom, instalacja wzmacniacza sprowadza się do zamocowania go do chassis typowego PC-ta za pomocą 4 śrub. Pozostała po takiej operacji zaślepka, po wykonaniu kilkunastu otworów, doskonale spełnia rolę płyty czołowej, dzięki czemu wzmacniacz nie odstaje wzorniczo od harmonijnej linii obudowy komputera.

Urządzenie w czasie uruchomienia nie wymaga żadnych regulacji, toteż poprawne jego zmontowanie, nawet przez mniej doświadczonych elektroników, gwarantuje poprawne działanie od pierwszych chwil „życia“. Warto przed tym zapoznać się ze sposobem montażu i bezcennymi wręcz wskazówkami autora, bez których „dopasowanie“ naszego urządzenia do obudowy PC-ta może okazać się bardzo trudne.

### Dane techniczne i właściwości wzmacniacza

- X wzmacniacz stereofoniczny w klasie AB,
- X moc wyjściowa: 2 x 20W ( $R_L=8\Omega$ ),
- X moc muzyczna: 2 x 25W ( $V_S=28V$ ,  $d=10\%$ ,  $R_L=4\Omega$ ),
- X zniekształcenia: 0,1% ( $f=100Hz..10kHz$ ,  $P_o=0,1..14W$ ),
- X pasmo przenoszenia: 20Hz..20kHz (-1dB),
- X separacja kanałów: 100dB (1kHz),
- X zakres regulacji:
  - wzmocnienia: -68dB..0dB
  - balansu: -38dB..0dB
  - tony wysokie i niskie:  $\pm 15dB$
- X wejścia: 3 stereo +1 mono ( $R_{IN}=47k\Omega$ ),
- X opcjonalne wyjście słuchawkowe (zamiast wejścia mono),
- X zasilanie: +5V, +12V (stab.) - część cyfrowa i przedwzmacniacz, 220VAC/50W - końcówka mocy,
- X wymiary: 145x40x195 (szer. x wys. x głęb.),
- X brak potencjometrów regulacyjnych (cyfrowe sterowanie),
- X cyfrowy wybór wejścia sygnału,
- X wskaźnik poziomu aktualnie regulowanego parametru,
- X funkcja pamiętania aktualnych nastaw (po wyłączeniu zasilania),
- X funkcja „mute“ - wyciszenia,
- X funkcja płynnego narastania wzmocnienia (po włączeniu zasilania),
- X zabezpieczenia: nadprądowe, termiczne, zwarciovowe,
- X brak konieczności wykonywania połączeń poza obudową komputera,
- X opcjonalne sterowanie wszystkimi funkcjami z poziomu komputera poprzez złącze szeregowo COM z możliwością odczytu aktualnych nastaw (w dB).



Rys. 1. Schemat blokowy wzmacniacza.

### Opis układu

Zanim przeanalizujemy działanie układu wzmacniacza, przyjrzyjmy się schematowi blokowemu, który jest przedstawiony na rys.1. Cały układ można podzielić na dwa bloki funkcjonalne: tor analogowy (audio) oraz tor cyfrowy (sterowanie).

Część analogowa składa się z kompletnego przedwzmacniacza w postaci jednego układu scalonego. Do jego wejść dołączone są gniazda źródeł sygnału, oznaczone jako: LINE1, LINE2 (uniwersalne), BLAST (gniazdo przeznaczone do dołączenia karty dźwiękowej) oraz MONO (gniazdo wejściowe sygnału mono). To ostatnie w razie potrzeby można przystosować do dołączenia słuchawek, co jednocześnie odłącza kolumny głośnikowe. Gniazda LINE1 i 2 oraz słuchawkowe są umieszczone na płycie czołowej wzmacniacza. Ułatwia to dołączanie źródeł zewnętrznych. Gniazdo karty dźwiękowej w postaci standardowego złącza 4-pinowego umieszczone jest wewnątrz na płycie drukowanej tak, aby uprościć połączenie jej ze wzmacniaczem.

Sygnal z bloku przedwzmacniacza dociera do końcówki mo-

cy, do której dołączone są głośniki. Dzięki sygnałowi STBY (ang. „Stand-By“) jest możliwe „wyłączenie“ końcówki mocy, co w znaczący sposób obniża pobór prądu przez cały układ w stanie czuwania lub podczas użycia funkcji „mute“.

Drugi tor - sterowania - składa się zasadniczo z czterech części. Główną funkcję pełni mikroprocesor, który steruje całym urządzeniem, nastawami, wyborem wejść, itd. W bloku „pamięci nastaw“ są zapamiętywane wszystkie parametry konfiguracyjne urządzenia. Do komunikacji z użytkownikiem służy blok klawiatury i sygnalizacji stanu pracy. Ostatni blok, interfejs TTL/RS232c, jest opcjonalny, a jego zastosowanie umożliwia programowe sterowanie wszystkimi funkcjami wzmacniacza, począwszy od ustawienia głośności, balansu, tonów wysokich i niskich, ustalenia źródła sygnału, po funkcje dodatkowe, takie jak wyciszenie, czy wyłączenie wzmacniacza. Dodatkowo dostępna jest opcja odczytu nastaw (w dB) wspomnianych regulatorów, wybranego wejścia itp.

Wszystkie te funkcje opisane zostaną w dalszej części artykułu.

Do sterowania i komunikacji

z użytkownikiem wykorzystano 11 klawiszy monostabilnych oraz szereg diod świecących, których zadaniem jest informowanie użytkownika o aktualnych nastawach. Elementy te wchodzi w skład bloku klawiatury i wyświetlania.

W przypadku wyłączenia komputera, a więc i całego wzmacniacza, układ zapamiętuje wszystkie nastawy regulatorów i rodzaj wybranego wejścia sygnału w bloku pamięci konfiguracji.

Całe urządzenie zasilane jest z trzech napięć: dwa pobierane są bezpośrednio z typowego złącza zasilania w komputerze PC, a trzecie napięcie do zasilania końcówki mocy jest uzyskiwane

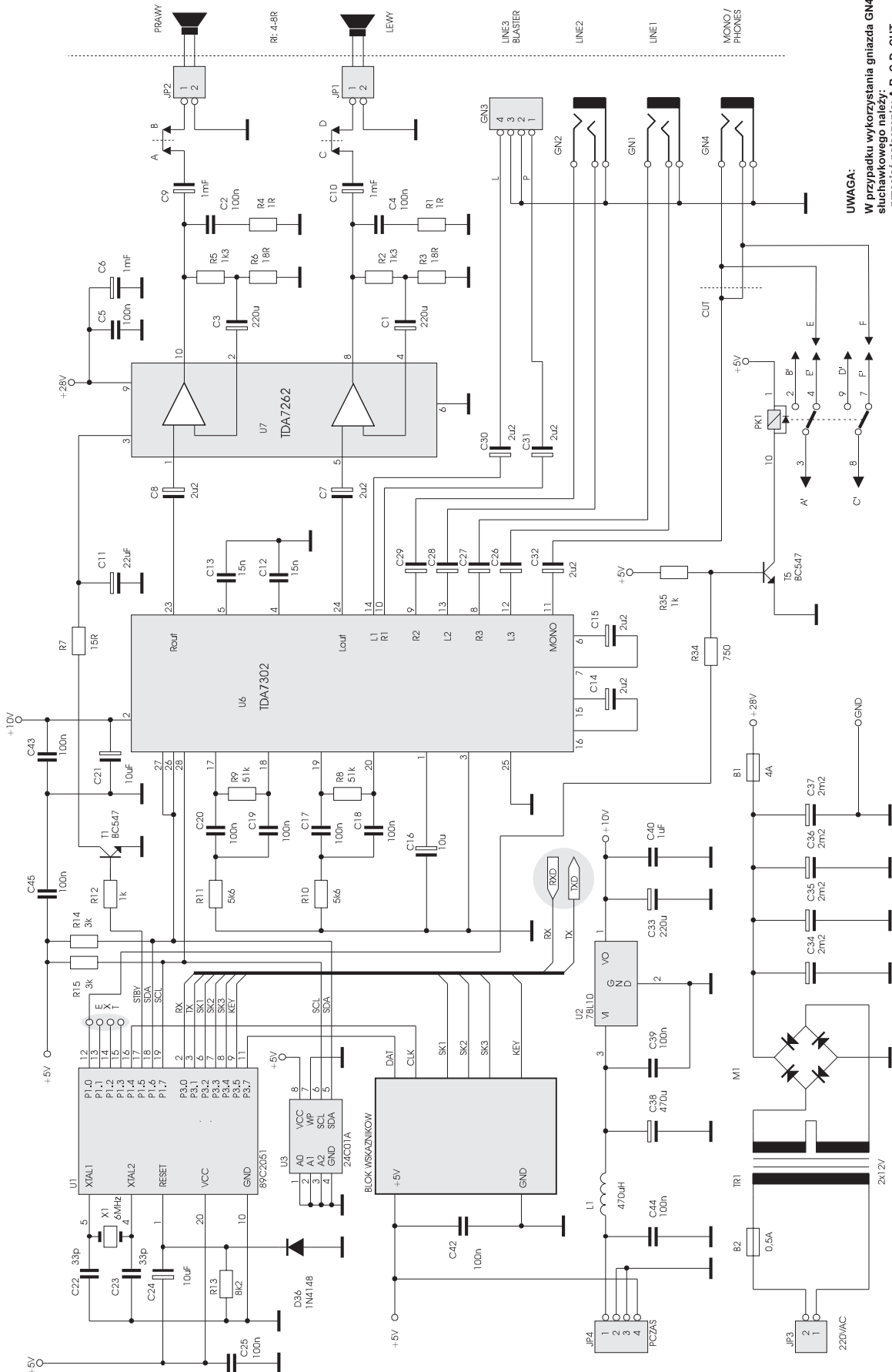
wbudowanego w układ zasilacza dostarczającego prąd o wystarczającym natężeniu do prawidłowegoysterowania wzmacniacza mocy.

Na rys.2 jest przedstawiony schemat elektryczny bloku wzmacniacza i sterowania. Elementem głównym toru wzmacniacza jest scalony procesor audio w postaci układu U6. Kostka ta, wraz z kilkoma elementami zewnętrznymi stanowi kompletny tor przedwzmacniacza klasy Hi-Fi. Zawarte we wnętrzu regulatory elektroniczne eliminują zastosowanie typowych potencjometrów, co wyklucza typowe w takich rozwiązaniach trzaski oraz korzystnie wpływa na jakość odtwarzanego dźwięku.

Bardziej ciekawskim czytelnikom polecamy rys.3, na którym pokazany jest schemat wewnętrzny zastosowanego układu TDA7302.

Ponieważ układ ten był szczegółowo opisany w zeszytach USKA 4/95 z serii AV, przypomnimy jedynie najważniejsze jego cechy i parametry.

Procesor zawiera w swojej strukturze dwa identyczne tory: jeden dla kanału lewego, drugi dla prawego. Pierwszym elementem jest selektor źródła sygnału.



**UWAGA:**  
 W przypadku wykorzystania gniazda GN4 jako słuchawkowego należy:  
 - przełączyć połączenia: A-B, C-D, CUT  
 - połączyć punkty A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F'

Rys. 2. Schemat ideowy bloku wzmacniacza i sterowania.

Do układu można dołączyć trzy stereofoniczne źródła sygnału oraz jedno monofoniczne. Dzięki wprowadzeniu na końcówkach 16 i 7 wyjść tych przełączników jest możliwe włączenie w tor przedwzmacniacza dodatkowego korektora audio. W przeciwnym przypadku końcówki te łączy się odpowiednio z 15 i 6 poprzez kondensatory separujące. I tak też jest w naszym układzie. Za selektorami znajduje się blok regulacji wzmacnienia sygnału (VOLUME), potem blok regulacji tonów wysokich (TREBLE) i niskich (BASS). Na wyjściu procesora znajdują się cztery (po 2 na każdy kanał) tłumiki sygnału, dzięki którym jest możliwe uzyskanie regulacji balansu. Jak widać, procesor pracuje w typowym dla techniki samochodowej układzie z dwiema parami głośników: dwa na przodzie, dwa z tyłu. Możliwa jest więc także regulacja balansu między tylnymi i przednimi zestawami głośnikowymi. W naszym rozwiązaniu kanały „tylne“ nie są podłączone, toteż układ pracuje w typowej konfiguracji stereo.

Wszystkie regulatory są nastawiane cyfrowo, poprzez popularny w sprzęcie Audio-Video interfejs I<sup>2</sup>C. Dzięki temu połączenie między układem przedwzmacniacza a mikroprocesorem sterującym ogranicza się do dwóch linii. Dla maksymalnego zmniejszenia zakłóceń przez część cyfrową części analogowej procesora audio, zastosowano w kostce dwa wyprowadzenia masy: „Analog GND“ i „Digital GND“.

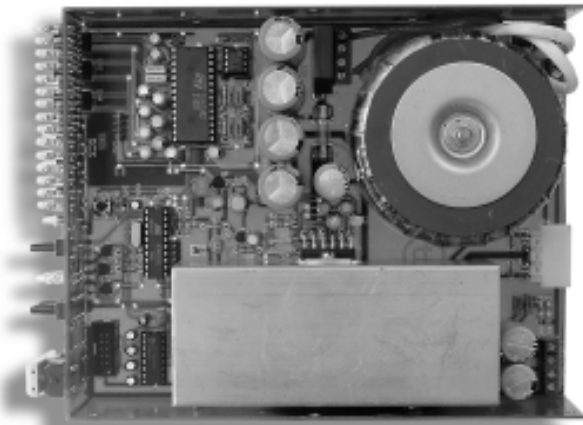
Do wejść analogowych układu U6 dołączone są gniazda GN1..GN4. Za ich pośrednictwem sygnał ze źródła dociera do układu przedwzmacniacza, gdzie po regulacji zostaje podany na wyjścia - końcówki 23 i 24 układu procesora audio. Stąd poprzez kondensatory C7 i C8, separujące składową stałą, sygnał wystawia się na końcówkę mocy oparta o scalony podwójny wzmacniacz klasy Hi-Fi, pracujący w klasie AB (U7).

Ten, jakże funkcjonalny, układ znanego producenta (firmę SGS-Thomson), znajduje głównie zastosowanie w wysokiej jakości odbiornikach TV. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, aby stosować

go w innych amatorskich i profesjonalnych konstrukcjach.

Głównymi zaletami układu TDA7262 są: szeroki zakres napięcia zasilania, małe zniekształcenia oraz szereg zabezpieczeń. Dodatkową zaletą jest obecność trybu „stand-by“, dzięki któremu możliwe jest maksymalne obniżenie pobieranego prądu przez układ w momencie kiedy akurat nie korzystamy ze wzmacniacza. Podczas pracy z komputerem przy dołączonym zasilaniu sieciowym ma to szczególne znaczenie.

Elementy C1, C3, R2, R3, R5, R6 stanowią obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza, natomiast C2, R4 oraz C4



i R1 zapobiegają wzbudzeniu się końcówki mocy.

Jak wcześniej wspomniano, gniazdo wejściowe mono (GN4) może być wykorzystane jako wyjście słuchawkowe. Jest to możliwe przez dołączenie wyjść wzmacniacza mocy do tego gniazda poprzez przełącznik PK1. Wtedy jednak użytkownik pozbawiony zostaje wejścia MONO, co przy obecności trzech wejść stereo, w większości przypadków, nie ma znaczenia. I na tym w zasadzie opiera się cały tor audio naszego wzmacniacza.

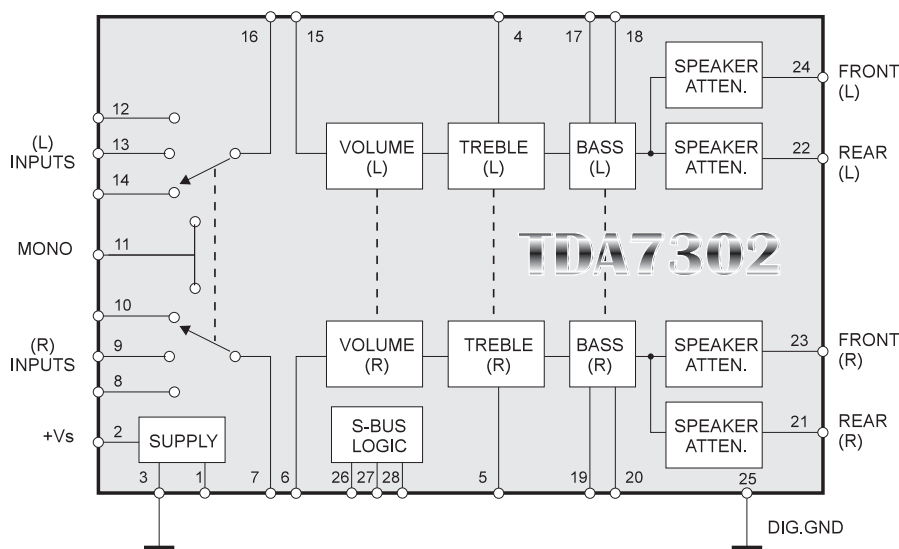
Głównym elementem części cyfrowej konstrukcji jest mikroprocesor U1 (89C2051). Układ ten jest uproszczoną wersją procesora jednoukładowego 80C51. Kostka zawiera w swojej strukturze 2kB reprogramowanej elektrycznie pamięci programu EEPROM typu „Flash“. W niej zapisany jest program, dzięki któremu jest możliwe sterowanie całym układem wzmacniacza. Elementy X1, C22, C23 stanowią obwód zewnętrznego os-

cylatora kwarcowego procesora U1. Kondensator C24 wraz z rezystorem R13 zapewniają prawidłowy „start“ mikroprocesora po włączeniu zasilania. Dioda D36 zapobiega „zawieszeniu“ się układu U1 w przypadku chwilowego zaniku napięcia zasilającego.

Zastosowany mikroprocesor nie zawiera nieulotnej pamięci danych, w której można by przechowywać wszystkie nastawy regulatorów po wyłączeniu zasilania. Dlatego obok procesora użyto taniej i łatwo dostępnej pamięci szeregowej EEPROM o pojemności 128 bajtów (U3). Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest sterowanie zapisem i odczytem danych z tej pamięci poprzez magistralę I<sup>2</sup>C, do której dołączony jest także procesor audio - U6. Minimalizuje to liczbę niezbędnych połączeń w układzie i jednocześnie upraszcza program sterujący zaszyty w mikroprocesorze U1. Do poprawnej pracy magistrali jest niezbędne podciągnięcie jej wyprowadzeń do plusa zasilania poprzez rezystory o wartości 3k $\Omega$  (w naszym przypadku są to R14 i R15).

Cechą charakterystyczną wszystkich układów sterowanych za pośrednictwem standardu I<sup>2</sup>C jest odmienny adres każdego „chipu“. I tak np. w naszym układzie, kiedy mikroprocesor sterujący U1 chce ustawić wartość głośności (wzmocnienia) sygnału na poziomie np. -10dB, to wysyła na linię SDA adres układu U6 (równy 88hex), po czym po odebraniu sygnału potwierdzenia wysyła daną w postaci bajtu o wartości odpowiadającej wymaganemu poziomowi wzmocnienia, w naszym przypadku jest to 10hex.

Podobnie przedstawia się sytuacja podczas odczytu lub zapisu nastaw w pamięci konfiguracji U3. Najpierw wysyłany jest adres układu pamięci, potem adres komórki z/do której nastąpi odczyt/zapis, następnie wysyłana jest dana. Program obsługi wzmacniacza korzysta tylko z 30 bajtów pamięci, dlatego w naszym rozwiązaniu można zastosować inne typy pamięci dostępne na rynku, a mianowicie: 24C01, 24C02,



Rys. 3. Schemat wewnętrzny układu TDA7302.

24C04, 24C08 i 24C16. Ponieważ każda kolejna z nich posiada większy obszar adresowy, gwarantuje to kompatybilność w dół oraz poprawną pracę całego urządzenia.

Tranzystor T1 wraz z elementami R12, R7 i C11 załącza tryb uśpienia końcówki mocy. Włączenie następuje po podaniu przez mikroprocesor U1 wysokiego stanu logicznego na końcówkę 17 tego układu, oznaczona jako STBY.

Pin 12 procesora U1 steruje opcjonalnym przełącznikiem PK1, który przełącza sygnał z końcówki mocy wzmacniacza na złącza głośnikowe JP1 i JP2 lub na gniazdo słuchawkowe GN4.

Nie wykorzystane sygnały procesora U1 - końcówki 13, 14 i 15 - wyprowadzone zostały wraz z masą (GND) na złącze EXT. Złącze to nie pełni w układzie żadnej funkcji, lecz jego obecność jest wynikiem swego rodzaju „savoir vivre”, jakim kieruje się autor w swoich konstrukcjach.

Sygnały mikroprocesora oznaczone jako: CLK, DAT i SK1..SK3 służą do sterowania modułem wyświetlania, a wraz z dodatkowym sygnałem KEY (pin 9-U1) jest możliwy odczyt stanu klawiatury. Dokładny opis bloku wskaźników przedstawiony będzie w dalszej części artykułu. Tam też opiszemy znaczenie dodatkowych sygnałów procesora U1: RX i TX.

Do zasilania procesora audio - U6 wykorzystano standardowy

układ stabilizatora w postaci U2. Zastosowanie wersji „Low Power” podyktowane było małym poborem prądu przez procesor audio TDA7302. Elementy C44, L1 i C38 dodatkowo filtrują napięcie od strony pierwotnej układu U2, natomiast kondensator C33 od strony wtórnej.

Mikroprocesor U1, pamięć U3 oraz blok wskaźników jest zasilany napięciem +5V pobieranym wraz z napięciem +12V z instalacji komputera poprzez standardowe złącze JP4 (takie same jak do dołączenia stacji dysków lub dysku twardego).

Niestabilizowane napięcie +28V, zasilające układ U7, jest uzyskiwane w prostowniku złożonym z mostka M1 oraz kondensatorów filtrujących C34..C37. Łączna wartość pojemności, około 0,9F, skutecznie eliminuje przydźwięk sieciowy oraz wystarcza do poprawnej pracy końcówki mocy przy dużych wahaniami amplitudy sygnału na wyjściu.

Zastosowanie transformatora toroidalnego o mocy 50W pozwoliło na umieszczenie go na płycie wzmacniacza, bez potrzeby prowadzenia dodatkowych kabli zasilających.

Czas na omówienie bloku wskaźników. Na rys.4 przedstawiono jego schemat elektryczny. Blok ten jest umieszczony na oddzielnej płycie drukowanej, za wyjątkiem tranzystorów T2..T4 i rezystorów R31..R33, które umieszczono na schemacie, mimo iż znajdują się na płycie

głównej wzmacniacza. Podyktowane to było czytelnością przedstawionych w artykule schematów ideowych.

Dwa scalone rejestry przesuwne w postaci U4 i U5 pełnią rolę drajwerów sterujących katodami poszczególnych diod świecących. Wszystkie diody LED tworzą trzy sekcje, z których w danej chwili aktywna jest tylko jedna. Pierwsze dwie sekcje zawierają 15 podwójnych diod D1..D15, które w praktyce tworzą „linijkę” poziomu aktualnie programowalnej nastawy. Zastosowanie dwukolorowych diod świecących pozwoliło na czytelne i jednocześnie estetyczne przedstawienie poziomu regulacji, podobnie jak ma to miejsce w odbiornikach telewizyjnych wyposażonych w funkcję OSD (ang. “On Screen Display”).

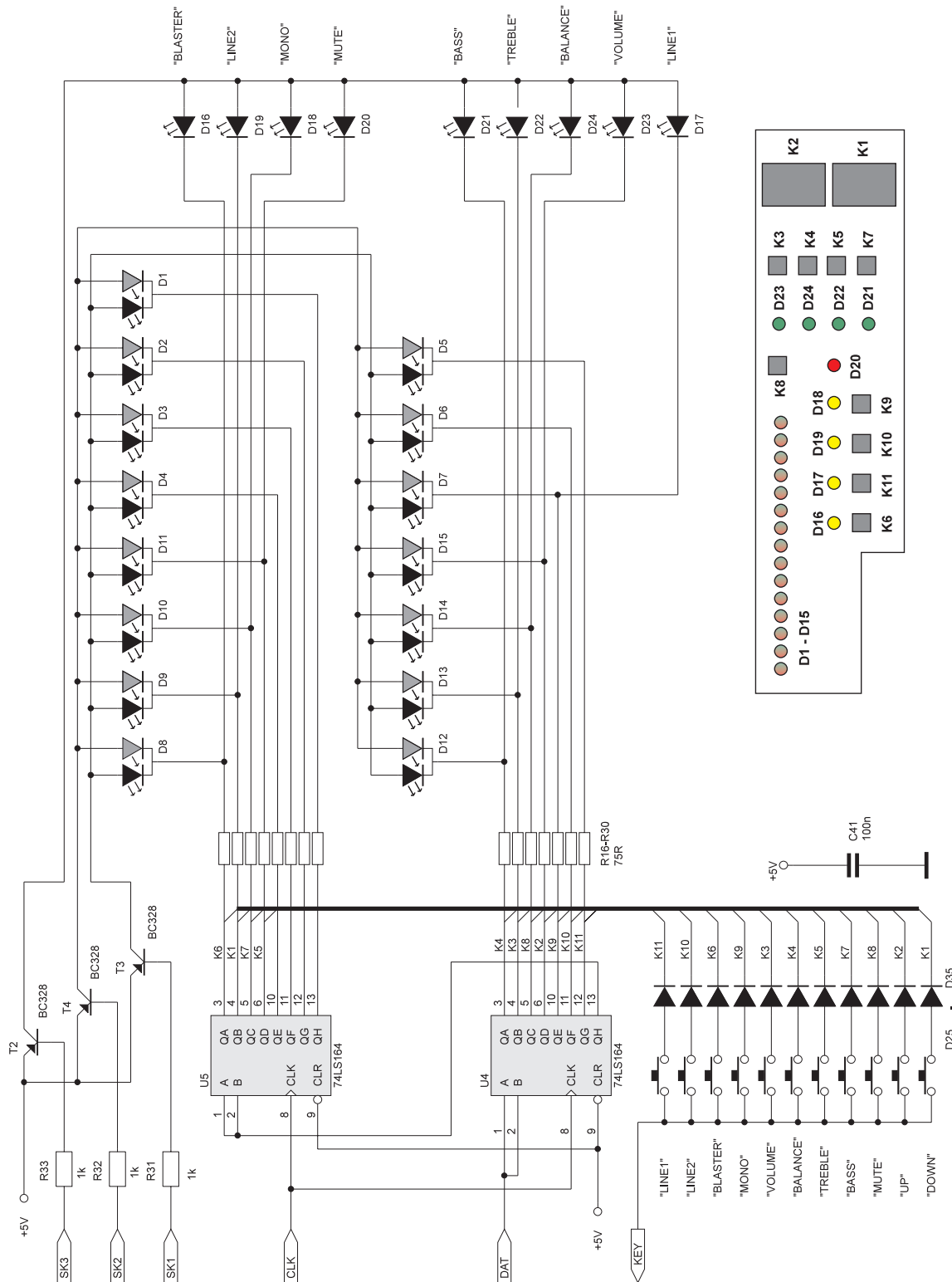
Anody sekcji zielonej i czerwonej, połączone razem, sterowane są sygnałami SK1 i SK2 procesora U1, za pośrednictwem tranzystorów (PNP) T3 i T4. Podanie logicznego „zera” przez procesor powoduje „zasilenie” odpowiedniej sekcji anod diod świecących. Jeżeli w tym czasie po stronie katod diod LED - czyli wyjść układów U4 i U5 - panuje stan niski, to zapalona zostaje odpowiednia, dołączona do tego wyjścia dioda.

Podobnie sytuacja wygląda z sekcją trzecią LED, do której należą diody D16..D24. Ich znaczenie wyjaśnia schemat elektryczny, a usytuowanie - schemat montażowy płytki wyświetlacza. Wnikliwi czytelnicy z pewnością zauważą możliwość sterowania podwójnych diod LED D1..D15 tak, aby uzyskać trzeci kolor świecenia, powstały z dwóch podstawowych. W przypadku diod zielona-czerwona będzie to kolor żółty. Taka możliwość jest wykorzystywana w przedstawionym projekcie.

Przyjrzyjmy się sposobowi sterowania od początku. Najpierw układ U1 wystawia wysokie stany logiczne na wyjścia SK1..SK3, co powoduje zgaszenie wszystkich LED-ów.

Następnie, w celu „obsłużenia” (zapalenia) wybranych diod LED, np. sekcji czerwonej D1..D15, zapisuje w rejestrach 74LS164 16-bitowe słowo, w którym „0”





Rys. 4. Schemat ideowy bloku klawiszy i wyświetlacza.

„zapala“ odpowiednią diodę LED. Po tej operacji procesor wystawia niski stan logiczny na końcówkę SK1. Odpowiednie diody zostają zapalone.

Ta sama sytuacja powtarza się dla sekcji zielonej diod DL1..DL15. W następnej kolejności „obsłużone“ zostają obie sekcje

jednocześnie, co powoduje świecenie diod w kolorze żółtym (SK1 i SK2 przyjmują jednocześnie niski stan logiczny).

Na końcu cyklu wysterowana zostaje sekcja diod D16..D24. Rezystory R16..R30 ograniczają prąd płynący przez diody do wartości nominalnej.

Układ U1 stwierdzi naciśnięcie klawisza K4-„BALANCE“. W przypadku, gdy ten klawisz nie został naciśnięty, to na wejściu KEY będzie panował nadal stan wysoki. Procesor poprzez podanie dodatniego impulsu zegarowego na wejścia CLK rejestrów 74LS164 (przy stanie wysokim na wejściu

Pozostaje do wyjaśnienia sposób odczytu przez procesor U1 klawiatury złożonej z 11 klawiszów K1..K11. Otóż po ostatnim cyklu zapalającym diody świecące, sygnały SK1..SK3 przyjmują wysoki stan logiczny, co powoduje zatkanie tranzystorów T2..T4. Następnie, do rejestrów U4 i U5 zostaje wpisane 16-bitowe słowo 11111111111110, czyli „jedyńki“ z „zerem“ na najmłodszej pozycji QA układu U4. Na wejściu procesora U1 oznaczonym jako „KEY“, przy wszystkich klawiszach „otwartych“, panuje stan wysoki, wymuszony przez wewnętrzny (wbudowany w U1) rezystor „podciągający“ końcówkę do plusa zasilania. Zauważmy, że jeżeli teraz naciśnięty zostanie klawisz dołączony do wejścia QA układu U4, spowoduje to pojawienie się niskiego stanu logicznego na wejściu procesora.

**WYKAZ ELEMENTÓW**

**Rezystory**

- R1, R4: 1Ω
- R2, R5: 1,3kΩ (1,2kΩ + 100Ω)
- R3, R6: 18Ω
- R7: 15Ω
- R8, R9: 51kΩ
- R10, R11: 5,6kΩ
- R12, R31..R33: 1kΩ
- R13: 8,2kΩ
- R14, R15: 3kΩ
- R16..R30: 75Ω
- R34: 750Ω (\*)
- R35: 1kΩ (\*)

**Kondensatory**

- C1, C3: 220μF/16V
- C2, C4, C5, C17..C20, C25, C39, C41..C45: 100nF MKT
- C6, C9, C10: 1000μF/35..50V
- C7, C8, C14, C15, C26..C32: 2,2μF/16V
- C11: 22μF/25V
- C12, C13: 15nF MKT
- C16, C21: 10μF/25V
- C22, C23: 33p
- C24: 10μF/16V
- C33: 220μF/10V
- C34..C37: 2200μF/35..50V
- C38: 470μF/16V
- C40: 1μF MKT
- C46..C50: 10μF/16V (\*)

**Półprzewodniki**

- U1: 89C2051 zaprogramowany AVT-325
- U2: 78L10
- U3: 24C01A/C02..C16 (EEPROM)
- U4, U5: 74LS164
- U6: TDA7302
- U7: TDA7262
- U8: MAX232 (\*)
- T1: BC547..9
- T2..T4: BC328
- T5: BC547..9 (\*)

- M1: mostek 50V/4A
- D1..D15: LED 2-kolorowe (R/G) φ=3mm
- D16..D19: LED żółte φ=3mm
- D20: LED czerwona φ=3mm
- D21..D24: LED zielona φ=3mm
- D25..D35: BAT43, 44,85
- D36: 1N4148

**Różne**

- X1: 6MHz rezonator kwarcowy
- K1, K2: przełączniki DIGITAST
- K3..K11: mikroswitche z osią 10mm
- GN1, GN2, GN4: gniazda mini jack stereo do druku
- GN3: złącze 4x goldpin 1-rzędowe, proste
- B1: bezpiecznik 4A
- B2: bezpiecznik 0,5A
- L1, L2: dławik 330..470mH
- PK1: przekaźnik OMRON 5V (\*)
- JP4: złącze zasilania (komputerowe)
- RS232 - złącze 2x5 goldpin 2-rzędowe proste (\*)
- złącza ARK2 - 7 szt.
- gniazdo zaciskowe do kolumn głośnikowych, podwójne
- śledź z wycięciem pod gniazdo DB25
- oprawka bezpiecznika do druku
- oprawka bezpiecznika izolowana (na kabel)
- podstawki pod układy scalone (oprócz U4 i U5)
- radiator z kształtownika o przekroju 50x30mm i długości 110mm
- transformator toroidalny 50W 2x12V lub 1x24V (\*)

*Uwaga! elementy oznaczone symbolem (\*) nie wchodzi w skład kitu AVT-325 i można je zamówić oddzielnie.*

całego układu (co w praktyce jest realizowane przejściem w tryb czuwania). Diody D25..D35 zabezpieczają układ przed błędnym wyświetlaniem w przypadku jednoczesnego naciśnięcia kilku klawiszy.

Takie, na pozór dość skomplikowane, sterowanie ogranicza do minimum liczbę sygnałów sterujących. Zauważmy, że do wysterowania 24 diod LED (a właściwie ze względu na liczbę kolorów linijki DL1..DL15: 3x15+9=54!) oraz odczytu 11 klawiszy wykorzystano jedynie 6 sygnałów sterujących! Nie mniejszym atutem jest zastosowanie tanich, 8-bitowych rejestrów, bez potrzeby stosowania dodatkowych drajwerów mocy, co dodatkowo obniżyło koszt bloku wskaźników.

Na koniec wyjaśnienie dotyczące dość niekonsekwentnego, na pierwszy rzut oka, sposobu dołączeń LED-ów i klawiszy do wyjść rejestrów U4 i U5. Otóż autor dokonał takiego połączenia kierując się wyłącznie chęcią zminimalizowania liczby połączeń oraz przelotek na płytce drukowanej. W wypadku użycia w układzie sterującym mikroprocesora U1, takie postępowanie jest w pełni uzasadnione, czyni bowiem projekt bardziej elastycznym w fazie planowania płytki drukowanej. Przychodzi tu na myśl zasada: „łatwiej jest zamienić kilka bitów w programie sterującym mikroprocesora, niż niepotrzebnie komplikować sposób prowadzenia ścieżek na płytce“. Autor projektu przyznaje, że jest jej gorącym zwolennikiem.

**Ślawomir Surowiński, AVT**

DAT) spowoduje „przesunięcie“ zera na następną pozycję słowa (1111111111111101). Teraz, w przypadku przyciśnięcia klawisza K3 („VOLUME“), niski stan logiczny z wyjścia QB układu U4 podany zostanie na wejście KEY układu U1 i procesor odczyta naciśnięcie tego przycisku. Sytuacja ta powtórzy się 11+1-krotnie, bowiem tyle jest klawiszy sterujących. Pozostała jedynka to bit na pinie QH-U4, który przekazuje informacje do drugiego rejestru U5. Za każdym razem jest sprawdzane wejście KEY i podejmowana decyzja o fak-

cie naciśnięcia przycisku sterującego. Procesor dokonuje odczytu w trybie „do pierwszego zera“, czyli w przypadku naciśnięcia kilku klawiszy naraz, odczytany zostanie ten, który jako pierwszy zostanie wysterowany „zerem“ z wyjścia rejestru przesuwanego LS164.

Pewnym wyjątkiem jest przycisk „MUTE“. Procesor w przypadku tego klawisza potrafi określić, czy został on naciśnięty chwilowo, czy przytrzymany dłużej. Jest to konieczne, bowiem przycisk ten oprócz funkcji wyciszenia, pełni także rolę wyłącznika

**Najważniejsze parametry układu TDA7302**

- ✓ zasilanie: 10V, 30mA;
- ✓ rezystancja wejść: 45kΩ;
- ✓ maksymalny poziom sygnału wejściowego: 2,2Vrms (0dB);
- ✓ separacja wejść: 100dB (f=1kHz), 80dB (f=10kHz);
- ✓ zakres regulacji wzmocnienia: -68dB..+10dB (min. krok: 2dB);
- ✓ zakres regulacji balansu: -38dB..0dB (min. krok: 2dB);
- ✓ zakres regulacji tonów wysokich i niskich: ±15dB (min. krok 2,5dB);
- ✓ stosunek sygnał/szum: 105dB (reg.=0dB, Vo=1Vrms, f=22Hz..22kHz);
- ✓ zniekształcenia: 0.01% (f=1kHz, Vo=1V);
- ✓ separacja kanałów: 100dB (f=1kHz), 80dB (f=10kHz);
- ✓ rezystancja wyjściowa toru audio: 70Ω.