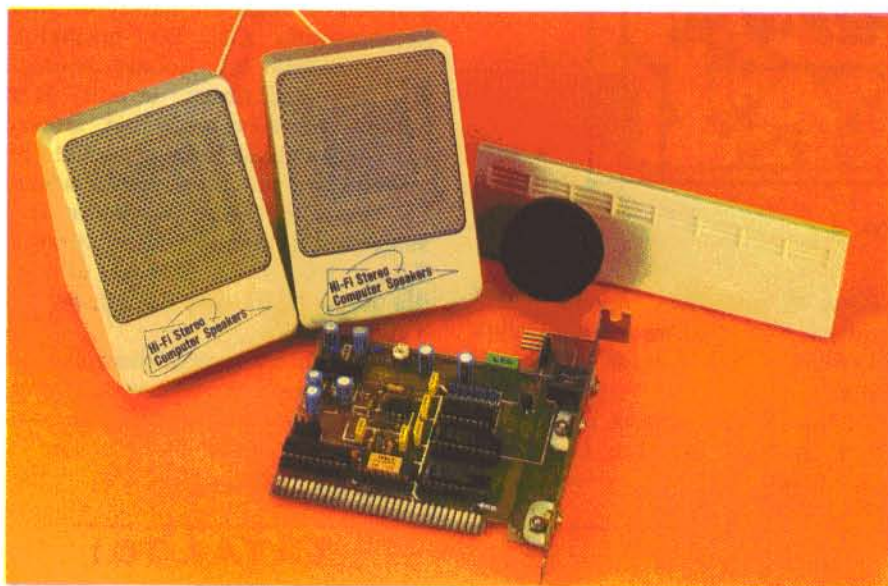


# Karta dźwiękowa do PC

## kit AVT-126

W artykule proponujemy wykonanie stosunkowo taniej i prostej karty dźwiękowej do komputerów klasy PC, które z natury rzeczy są prawie „nieme” (jeżeli nie brać pod uwagę dźwięku wydobywającego się z wbudowanego miniaturowego głośniczka).



Opisana karta jest funkcjonalnym odpowiednikiem bardzo popularnego Covox'a, przetwornika C/A dołączanego do złącza równoległego drukarki (LPT). Zaletami tej karty w stosunku do najprostszyc wersji Covox'a, składających się z drabinki rezystorowej dołączanej do szyny rejestru danych (rys. 1) są:

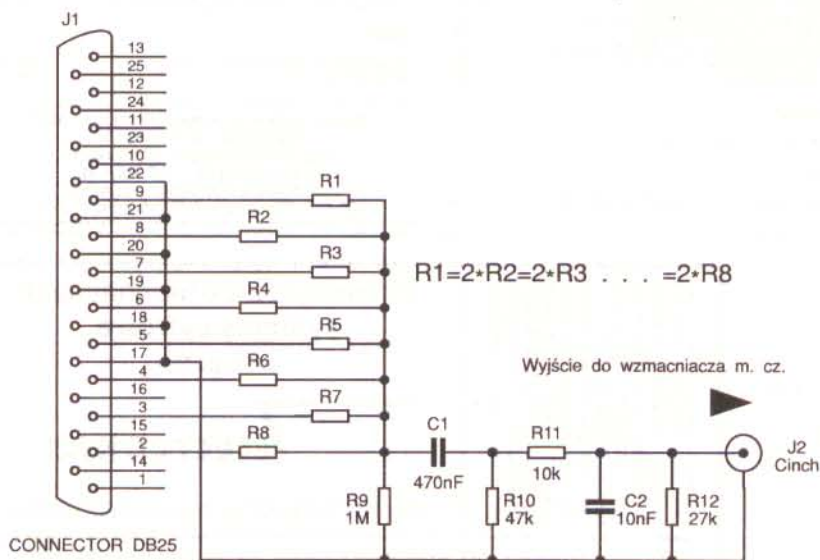
- znacznie lepsza liniowość przetwarzania C/A, uzyskana dzięki zastosowaniu dokładnego monolitycznego przetwornika DAC-08, co bardzo korzystnie wpływa na jakość dźwięku;

- wbudowany wzmacniacz m.cz. o mocy do 3W, zasilany ze złącza rozszerzającego (slotu) komputera, z regulacją głośności, przy czym głośność można regulować za pomocą potencjometru dostępnego z zewnątrz lub dzięki zastosowaniu „potencjometru elektronicznego”, przestrajanego za pomocą rezydentnego programu COVOX.COM (nie jest więc konieczne stosowanie dodatkowego wzmacniacza, specjalnego zasilacza, itp.);

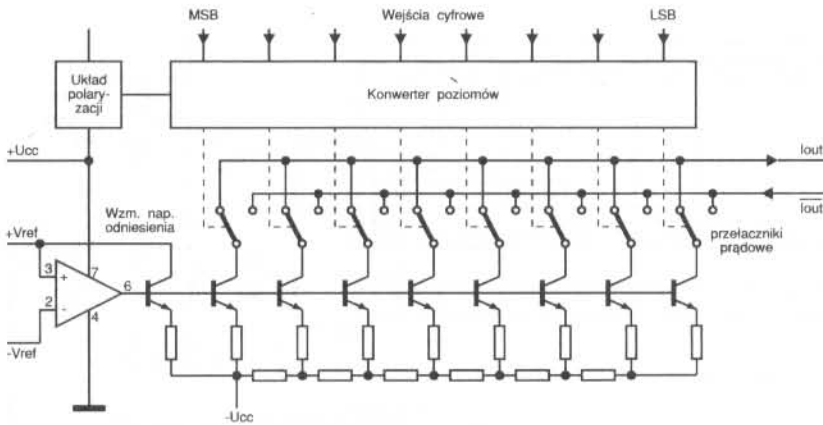
- możliwość łatwego kształtowania charakterystyki przenoszenia przetwornika w wyniku zastosowania

układu filtra aktywnego (układ całujący) z zewnętrznie dobraćanymi elementami R, C, dzięki czemu można dostosować brzmienie dźwięku do własnych wymagań, co przy stosunkowo niewielkiej rozdzielczości przetwornika ma dość duże znaczenie.

Niska cena i łatwość wykonania Covox'a na pewno zachęci wielu Czytelników do wykonania tej karty dźwiękowej, jednakże kilka rzeczy warto jest wiedzieć przed podjęciem się tego zadania. Otóż za pomocą przetwornika C/A (a to jest „serce” Covox'a, niezależnie od techniki wykonania) można poprawnie odtworzyć tylko jeden rodzaj dźwięków - są to tzw. sample, czyli dowolne sygnały akustyczne próbkowane i przetwarzane w 8-bitowym przetworniku A/C, które są następnie zapisywane do plików (np. typu \*.MOD lub \*.SAM) - co umożliwia ich dalszą obróbkę i odtwarzanie. Tak więc nie jest możliwe otrzymanie dźwięku o jakości osiągalnej w kartach zgodnych ze standardami AdLib lub SoundBlaster, zawierających rozbudowane syntezatory FM, co zapewnia rewelacyjną jakość dźwięku, ale oczywiście za znacznie wyższą cenę. Tak więc proponowana przez nas konstrukcja jest rozwiązaniem kompromisowym pomiędzy możliwościami i jakością, a ceną karty.



Rys. 1. Schemat elektryczny najprostszego Covox'a



Rys. 2. Uproszczony schemat przetwornika DAC08

Nie zmienia to faktu, iż mimo pewnych niedoskonałości w parametrach akustycznych jest sporo gier, które potrafią „obsłużyć” Covox'a, chociażby Electro Body, Robbo, Sim City, Koło Fortuny czy też znakomity Block Out. Warto też wspomnieć o programach muzycznych do odtwarzania i obróbki „sampli”, np. Module Player, Whacker, SEdit.

W celu ułatwienia korzystania z karty dźwiękowej, jako jej uzupełnienie, proponujemy też dyskietkę z oprogramowaniem „shareware'owym”. Zawiera ona kilka dość znanych programów muzycznych, narzędziowych, a także program COVOX.COM będący rezydentnym sterownikiem karty (wraz z kodem źródłowym).

Atrakcyjność proponowanego rozwiązania karty dźwiękowej powinna podnieść opracowywana przez autora karta próbkująca A/C, dzięki której możliwe będzie łatwe nagrywanie dźwięków z otaczającego środowiska za pomocą mikrofonu lub z zewnętrznych źródeł sygnałów akustycznych (np. magnetofonu, gramofonu itp.).

Opis tej karty przedstawimy w jednym z najbliższych numerów EP.

Parametry karty Covox:

- zasilanie +5V ok. 60mA, +12V ok. 20mA, -12V ok. 15mA;
- pobór prądu przez stopień mocy przy  $U_{cc}=+5V$  i  $R_{gl}=4\Omega$  - ok. 450mA;
- moc wyjściowa przy  $U_{cc}=+5V$  ok. 1.5W (układ mostkowy);
- zniekształcenia przy mocy maksymalnej 1.5W ( $U_{cc}=+5V$ ) ok. 6%;
- maksymalna częstotliwość zegara szyny ISA ok. 10MHz.

Parametry karty są podane z pewnym przybliżeniem, ich war-

tość zależy bowiem od zastosowanych elementów (także układów scalonych), szybkości pracy komputera i wartości napięć zasilających.

### Działanie przetwornika DAC08

Układ DAC08 jest monolitycznym 8-bitowym mnożącym przetwornikiem C/A, o bardzo małej energii impulsów zakłócających, tzw. „szpilek” (glitch) w sygnale wyjściowym. Budowę wewnętrzną przetwornika przedstawia rys. 2.

Źródła prądowe z tranzystorami dostarczają odpowiednich prądów zasilających drabinkę rezystorową (wykonaną także w strukturze układu), natomiast przełączniki sterowane za pomocą interfejsu cyfrowego, sterują rozplywem prądów wyjściowych.

Wejściowy wzmacniacz operacyjny pracuje jako konwerter napięcia odniesienia (n. 14 i 15) na prąd zasilający drabinkę rezystorową.

Układ DAC08 cechuje duża szybkość, dokładność przetwarzania i niska cena. Przeprowadzone testy karty z zastosowaniem układu MDAC08, będącego funkcjonalnym odpowiednikiem DAC08, a zdecydowanie od niego tańszym wykazały, że pomimo nie zawsze najlepszej renomy półprzewodników produkcji TESLI, nie zauważono praktycznie żadnej różnicy w jakości sygnału akustycznego.

### Opis karty

Na rys. 3 przedstawiono mapę obszaru adresowego I/O komputera PC z zaznaczonymi adresami wykorzystywanymi przez kartę dźwiękową. Jak widać, rejestry są rozrzucone po obszarze adresowym, wynika to prawdopodobnie z braku konsekwencji konstruktorów komputerów PC, ale zawsze wykorzystywane są dwa ad-

resy - stały 31FH (rejestr sterujący) i konfigurowalny - jeden z rejestrów danych złącza LPT.

Na rys. 4 jest przedstawiony schemat elektryczny karty dźwiękowej w wersji najbardziej rozbudowanej, tzn. z zamontowanymi układami tworzącymi elektroniczny potencjometr (układy US2, US6, R-Pack). Zasadę pracy tego potencjometru omówimy w dalszej części artykułu.

Pewną ciekawostką proponowanego rozwiązania jest zastosowanie jako dekodera adresowego układu PLD (Programmable Logic Device) typu GAL 16V8 (układ US1). Wewnątrz struktury tego układu „wprogramowano” realizację funkcji logicznych opisanych równaniami logicznymi z listingu 1. Na listingu 2 zamieszczono wydruk pliku dokumentacyjnego stworzonego przez kompilator CUPL, co powinno ułatwić analizę rozwiązania zastosowanego przez AVT.

Dzięki zastosowaniu układu PLD bardzo łatwe stało się wykonanie dekodera trzech adresów:

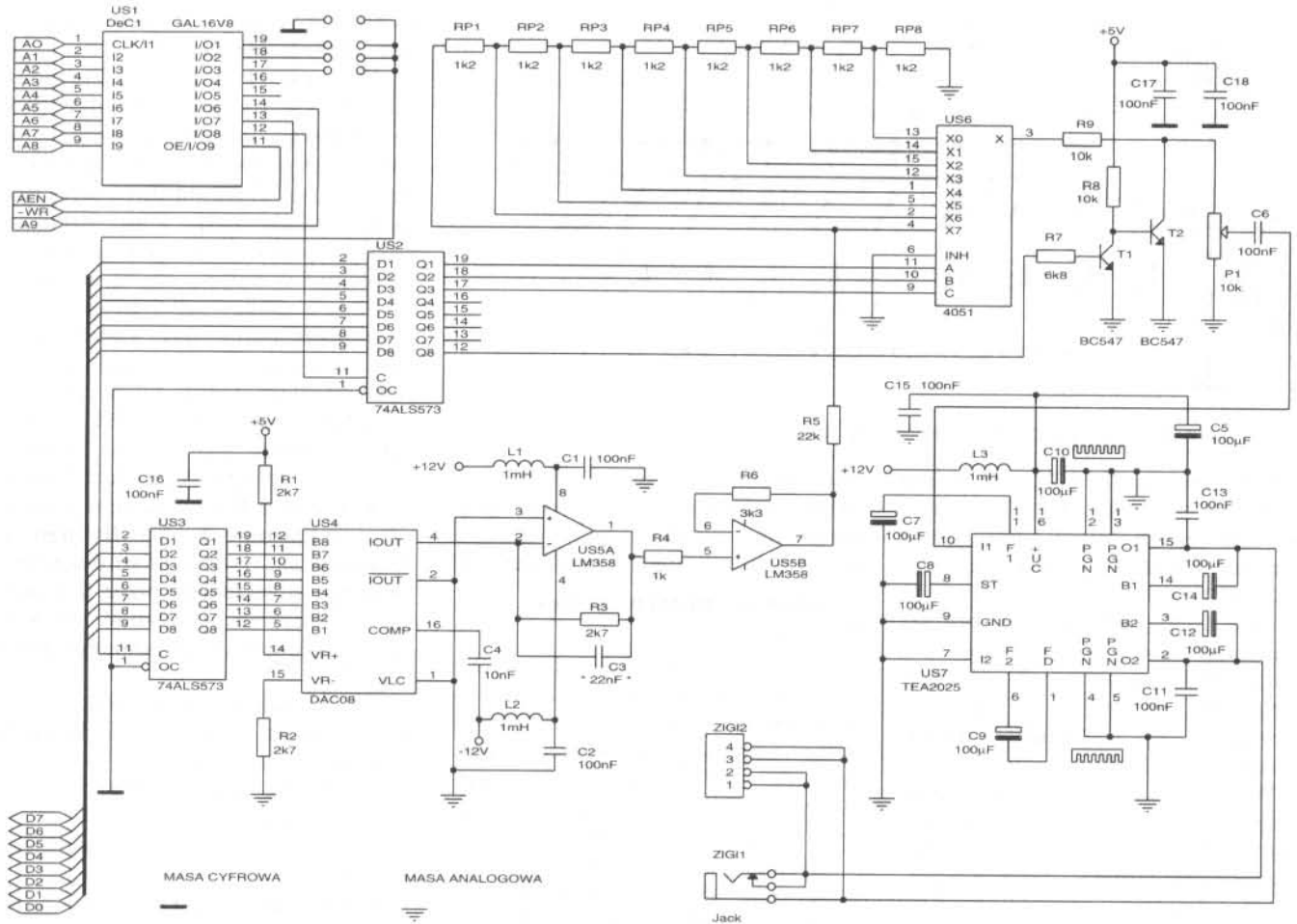
- 378H, dla portu LPT1;
- 278H, dla portu LPT2;
- 3BCH, dla portu LPT3 (na karcie Video).

Spotykane są także nieco inne sposoby określania adresów portów LPT, mianowicie za LPT1 przyjmuje się port o adresie 3BCH, a dalej kolejno LPT2 - 378H oraz LPT3 - 278H. Konwencja tutaj stosowana jest zbliżona do oznaczeń stosowanych przez IBM (AT Reference Manual) z tą tylko różnicą, że zamiast LPT3 IBM zaleca stosowanie PRN. Uwaga ta powinna wprowadzić pewne uporządkowanie w określaniu portów.



Rys. 3. Mapa adresowa obszaru I/O w komputerze PC z adresami zajętej przez kartę dźwiękową





Rys. 4. Schemat elektryczny karty dźwiękowej do PC (wersja pełna)

Dodatkowo, także za pomocą US1 jest dekodowany rejestr sterujący US2. Rejestr ten znajduje się pod adresem 31FH, czyli w końcu

obszaru przeznaczony na karty prototypowe. Operacje zapisu tego rejestru nie spowodują zaburzeń w pracy komputera.

Tak więc za pomocą jednego układu scalonego udało się zrealizować jednocześnie cztery funkcje logiczne, co przy stosowaniu standar-

dowych układów TTL lub CMOS nie jest praktycznie możliwe. Rozmieszczenie wyprowadzeń układu US1, tj. dekodera DeC1 (oznaczenie redakcyjne) przedstawiono na rys. 5.

Selekcji adresu dokonuje się za pomocą jumper'a J1, który łączy jedno z wyjść US1 SEL1..3 z wej-

PARTNO US1;  
NAME DeC1;  
REV 1.4;  
DATE 4/4/93;  
DESIGNER Piotr Zbysinski;  
ASSEMBLY N/A;  
LOCATION N/N;

```

.....*/
/* * */
/* * Dekoder adresowy do karty COVOX'a */
/* * na LPT1..3 */
/* * */
.....*/

```

```

/* INPUTS*/
/* Definicje wejsc dekodera */

```

```

PIN [1..9] = [A0..A8];
PIN 11 = !AEN;
PIN 13 = !WR;
PIN 14 = A9;

```

```

/* OUTPUTS*/
/* Definicje sygnalow wyjsciowych */

```

```

PIN [17..19] = [SEL1..SEL3];
PIN 12 = CS_R_S;

```

```

/* LOGIC EQUATIONS*/
/* Rownania definiujace funkcje logiczne wyjesc dekodera */

```

```

SEL1 = !A0 & !A1 & !A2 & A3 & A4 & A5 & A6 & !A7 & A8 & A9 & !AEN & !WR;
SEL2 = !A0 & !A1 & !A2 & A3 & A4 & A5 & A6 & !A7 & !A8 & A9 & !AEN & !WR;
SEL3 = !A0 & !A1 & A2 & A3 & A4 & A5 & !A6 & !A7 & A8 & A9 & !AEN & !WR;
CS_R_S = A0 & A1 & A2 & A3 & A4 & !A5 & !A6 & !A7 & A8 & A9 & !AEN & !WR;

```

Listing 1.

```

.....*/
/* * */
.....*/
DeC1
.....*/
CUPL
Device 2.50a Serial# MD-250-3723
Created g16v8s Library DLIB-h-24-9
Created Sun Sep 19 02:50:05 1993
Name DeC1
Partno US1
Revision 1.4
Date 4/4/93
Designer Piotr Zbysinski
Company xxxxxx
Assembly N/A
Location N/N

```

Expanded Product Terms

```

CS_R_S =>
A0 & A1 & A2 & A3 & A4 & !A5 & !A6 & !A7 & A8 & A9 & !AEN & !WR

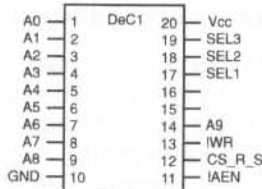
SEL1 =>
!A0 & !A1 & !A2 & A3 & A4 & A5 & A6 & !A7 & A8 & A9 & !AEN & !WR

SEL2 =>
!A0 & !A1 & !A2 & A3 & A4 & A5 & A6 & !A7 & !A8 & A9 & !AEN & !WR

SEL3 =>
!A0 & !A1 & A2 & A3 & A4 & A5 & !A6 & A7 & A8 & A9 & !AEN & !WR

```

Listing 2.



Rys. 5. Rozmieszczenie wyprowadzeń układu DeC1

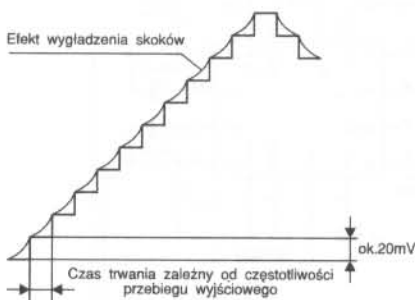
ściami zegarowym rejestrze US3. Wpisana do US3 liczba binarna jest podawana na wejścia B1(MSB) - B8(LSB) przetwornika C/A (US4). Z wyjścia przetwornika C/A (n. 4 - Iout) płynie prąd proporcjonalny do wartości liczby zapisanej w rejestrze US3. Wzmacniacz operacyjny US5A wraz z rezystorem R3 tworzy układ konwertera prądu na napięcie, przy czym napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do prądu wejściowego, zgodnie z zależnością:

$$U_{wy} = I_{we} \cdot R3$$

gdzie

$U_{wy}$  - napięcie na wyjściu US5A,  
 $I_{we}$  - prąd wejściowy przetwornika I/U (wyjściowy US4).

W pętli sprzężenia zwrotnego, równoległe do rezystora R3 dołączono kondensator C3 spełniający rolę elementu całkującego, dzięki czemu sygnał akustyczny podawany na wzmacniacz jest pozbawiony w znacznym stopniu podbarwienia (niektórzy to nazywają „kanciastym dźwiękiem”) spowodowanego niską rozdzielczością przetwornika. Przy ośmio-bitowym słowie wejściowym na analogowym wyjściu przetwornika mogą się pojawić 256 różne wartości prądu, co nie zawsze może zapewnić dobrą jakość dźwięku. Zastosowanie zatem układu całkującego spowoduje pewne wygładzenie „skoków” pomiędzy kolejnymi wartościami sygnału. Wpływ całkowania na kształt sygnału wyjściowego obrazuje rys. 6. Istotne znaczenie ma



Rys. 6. Efekt "wygładzenia" przebiegu wyjściowego dzięki zastosowaniu elementu całkującego w obwodzie przetwornika C/A

dobór odpowiedniej wartości stałej czasowej całkowania. Jeżeli będzie ona zbyt mała, to dźwięk nie będzie dostatecznie czysty; przy zbyt dużej wartości tej stałej obcięte zostaną składowe sygnały wyjściowego o wyższych częstotliwościach, co niezbyt przyjemnie wpłynie na jakość dźwięku. W modelowych egzemplarzach wypróbowano trzy wartości kondensatora C3 - 10nF, 22nF i 33nF. Wartość tego kondensatora należy dobrać w zależności od indywidualnych upodobań.

Po konwersji C/A i I/U sygnał napięciowy jest podawany poprzez wtórnik napięciowy US5B na wejście „elektronicznego potencjometru”. Rozwiązanie zastosowane w układzie może nie do końca zasługuje na miano potencjometru, bowiem zespół rezystorów RP1-RP7 (R-Pack) stanowi drabinę dzielnika napięcia (podział na osiem poziomów), a selekcji dokonuje multiplexer analogowy US6. W zależności od stanu wejść adresowych multiplexera na jego wyjście jest podawany sygnał analogowy o wybranym poziomie. Wejścia adresowe multiplexera są sterowane z wyjść Q1..Q3 (odpowiedniki bitów D0..D2 szyny danych) rejestru sterującego US2 (adres 31FH). Dzięki niewielkiej składowej stałej, utrzymującej się na wyjściu wtórnika US5A, w czasie przełączania poziomu głośności w głośniku słychać lekkie „stuk”, sygnalizujące pracę programu COVOX.COM.

Zaproponowane rozwiązanie ma jedną wadę, a mianowicie jeżeli zostanie zastosowany standardowy R-Pack zawierający 8 jednakowych rezystorów, to regulacja będzie liniowa, ucho ludzkie ma zaś charakterystykę czułości wymagającą regulacji logarytmicznej, aby zmiany natężenia dźwięku były odbierane jako liniowe. Pewną poprawę jakości tej regulacji można otrzymać stosując zamiast monolitycznego R-Pack'a osiem oddzielnych rezystorów o wartości rezystancji tak dobranej, aby regulacja była „odczuwalnie” liniowa; ale nie jest to chyba warte zachodu.

Dodatkowym zadaniem rejestru US2 jest włączanie i wyłączanie sygnału akustycznego podawanego z przetwornika C/A na wzmacniacz mocy. Sterowanie odbywa się poprzez zmianę poziomu logicznego bitu D7 (wyjście Q8) portu 31FH. Blokady

dokonyują tranzystory T1 i T2, przy czym T1 jest inwerterem sterującym właściwy klucz (tranzystor T2) zwiężający potencjometr P1. Rozwiązanie to zostało podyktowane bardzo często spotykaną koniecznością wspólnego korzystania z portu LPT przez drukarkę i interfejs muzyczny.

Istnieje także możliwość zablokowania karty dźwiękowej na poziomie „sprzętu”, za pomocą jumper'a J1, który należy ustawić w pozycji D (disable). W takim wypadku rejestr wejściowy (adres 378H, 278H lub 3BCH) nie jest dekodowany i jest możliwa współpraca z drukarką bez konieczności korzystania z programu COVOX.COM.

Potencjometr P1 służy do regulacji głośności, czyli maksymalnego poziomu sygnału akustycznego docierającego na wejście wzmacniacza mocy.

Jako wzmacniacz mocy wykorzystano mało popularny w Polsce układ typu TEA2025 firmy SGS-Ates. Wybrano go ze względu na dużą moc wyjściową osiąganą w układzie mostkowym, przy stosunkowo niskim napięciu zasilania. Warto też wspomnieć, że w jednej obudowie DIL-16 są zawarte dwa niezależne wzmacniacze, co zmniejsza liczbę elementów na płycie. Niewątpliwą zaletą tego wzmacniacza jest bardzo stabilna praca przy napięciu zasilania 5V (dostarczanym z szyny komputera). Zdecydowano się na takie zasilanie, gdyż napięcie zasilające +12V jest często dość silnie „zaśmiecone” przez silniki napędów dysków elastycznych i dysku twardego. Jako filtr zakłóceń linii zasilającej wykorzystano dławik L3 i kondensatory C5, C10, C15.

Przy napięciu zasilającym +5V moc wyjściowa wynosi  $\leq 1,5W$ , co w większości wypadków w zupełności wystarcza.

## Oprogramowanie

Na dyskietce oferowanej wraz z płytą drukowaną znajduje się listing programu COVOX.COM, umożliwiającego regulację głośności i włączanie-wyłączanie karty dźwiękowej. Stanowi on uzupełnienie do sprzętowej części rozwiązania. Program napisano w Asemblerze 80X86 i skompilowano przy pomocy Turbo Assemblera firmy Borland.

Jest to program rezydentny (TSR), po zainstalowaniu zajmuje w pamięci ok. 2000 bajtów. Jego zadaniem jest

odczyt klawiatury (przechwytuje przerwanie INT 09), a przez wciśnięcie kombinacji klawiszy:

- „ALT” + „-” zmniejsza natężenie dźwięku poprzez wpisywanie coraz mniejszych wartości (w zakresie 7-0) na najmłodsze bity portu 31FH;
- „ALT” + „+” działa podobnie jak poprzednio, lecz regulacja odbywa się w górę;
- „ALT” + „0” wyłącza kartę dźwiękową;
- „ALT” + „1” włącza kartę dźwiękową.

Warto zwrócić uwagę, że istnieje możliwość zmniejszenia ilości pamięci zajętej przez program, jednak takie działanie znacznie wydłużyłoby listing programu, a niecałe 2kB kodu to stosunkowo niewiele.

Program został tak skonstruowany, aby było możliwe zainstalowanie lub usunięcie go z pamięci poprzez wywołanie nazwy programu z parametrem /i (install) lub /u (uninstall).

### Możliwe modyfikacje

Jeżeli ktoś odczuwa niechęć do instalowania kolejnego „rezydenta” w pamięci RAM swojego kompu-

tera, to może, dokonując pewnych modyfikacji układu, zrezygnować z elektronicznej regulacji głośności i elektronicznej blokady karty muzycznej. Na rys. 7 przedstawiono schemat elektryczny uproszczonej wersji Covox'a. Potencjometr P1 (z włącznikiem) służy do regulacji głośności, dla wygodnego użytkownika powinien być zainstalowany na zewnątrz komputera. W wersji modelowej potencjometr przymocowano do zaślepki stacji dysków 5.25", znajdującej się w przedniej ścianie obudowy komputera.

W wersji zubożonej karty dźwiękowej nie jest konieczne montowanie układów US2, US6, R-Pack'a, tranzystorów T1, T2 i rezystorów R7, R8.

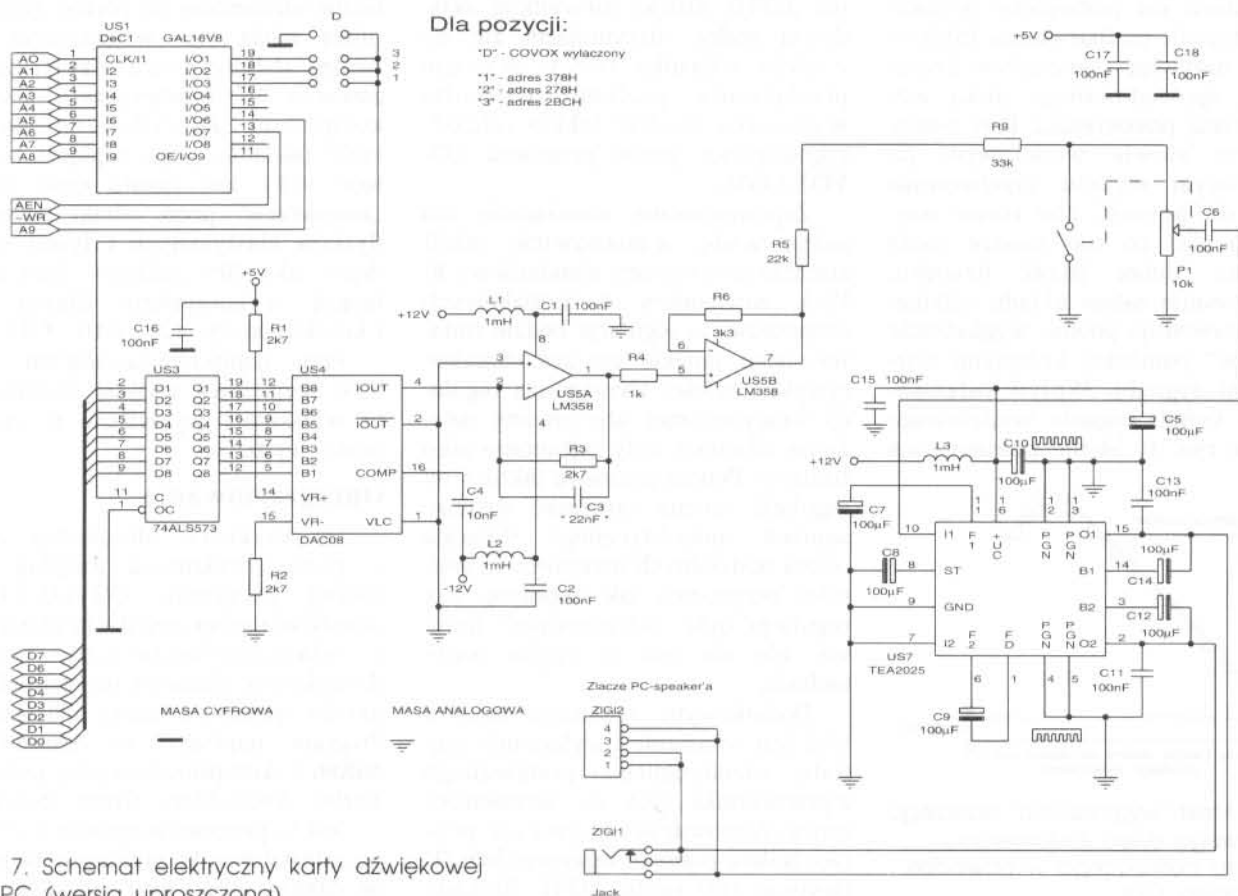
Zmodyfikowane rozwiązanie ma sporo zalet, ale ma też jedną wadę: przewody doprowadzone do potencjometru P1 działają jak miniantena, zbierając zakłócenia elektromagnetyczne z wnętrza komputera, co może się objawiać jako różnego rodzaju efekty akustyczne w głośniku. Należy więc pamiętać o bardzo dokładnym ekranowaniu przewodów sygnałowych.

### Montaż i uruchomienie

Karta dźwiękowa została zaprojektowana na płytce drukowanej o obrysie ok. 1/3 standardowej długości karty PC. Jest to płytka dwustronna z metalizacją otworów. Mozaika ścieżek obu stron płytki jest przedstawiona na wkładce. Rozmieszczenie elementów na płytce przedstawia rys. 8.

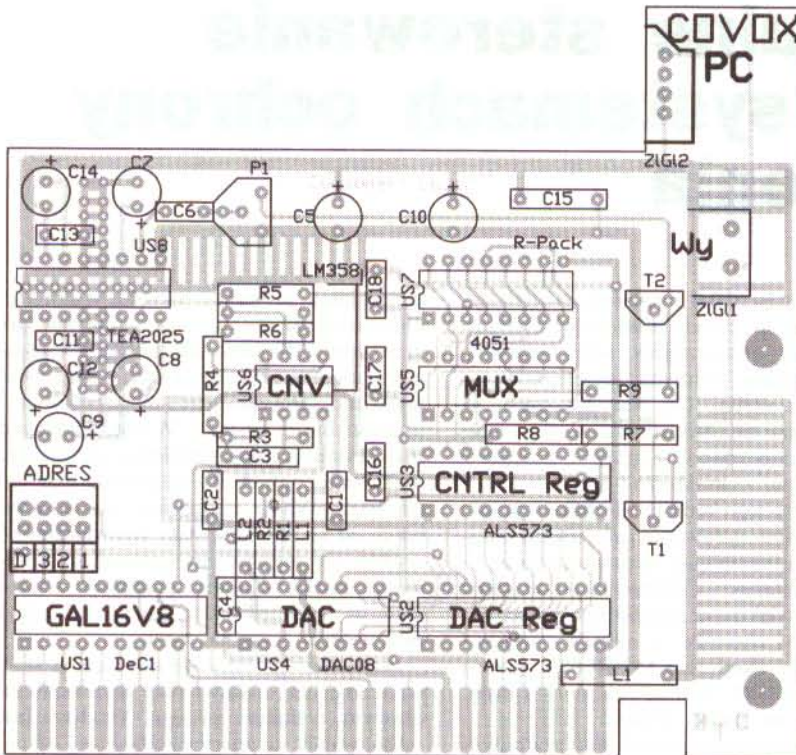
Wszystkie układy scalone są montowane w podstawkach lutowanych bezpośrednio do płytki drukowanej. Nie dotyczy to układu US7 - TEA2025, którego nóżki 4, 5, 12, 13 stanowią radiator i powinny być lutowane do możliwie dużej powierzchni cynowanej miedzi. W ten sposób zwiększa się powierzchnię czynną (odprowadzającą ciepło) radiatora, co ma o tyle istotne znaczenie, że w wypadku znacznego wzrostu temperatury struktury wewnętrznej zabezpieczenie powoduje ograniczanie mocy wyjściowej.

Pewnej staranności wymaga montaż układu US1, ponieważ jest on wykonany w technologii CMOS (zasady postępowania z tego typu układami są powszechnie znane).



Rys. 7. Schemat elektryczny karty dźwiękowej do PC (wersja uproszczona)





Rys. 8. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

W uruchomieniu karty znaczną pomocą może się okazać program PTEST.EXE, dołączony do pakietu programów obsługi karty. Za pomocą diod LED lub próbnika stanów logicznych należy kolejno sprawdzić stan (pojawianie się zmian) na wyjściach rejestrów US2, US3. Zapis do portów należy sprawdzić przy wyłączonej lub odłączonej drukarce, gdyż testy mogłyby spowodować wadliwą jej pracę.

Dla ułatwienia analizy na rys. 3 przedstawiono przybliżoną mapę adresową obszaru wejścia - wyjścia z zaznaczonymi obszarami zajętej przez kartę dźwiękową.

### Uwagi końcowe

Niektóre programy (np. Module Player) w czasie inicjalizacji sprawdzają (prawdopodobnie za pomocą żądania obsługi przerwania IRQ5 lub IRQ7), czy karta I/O z portem drukarki jest zainstalowana w systemie. Ponieważ karta Covox'a nie ma możliwości sprzętowego zgłaszania tego przerwania, konieczne jest takie jego zaadresowanie, aby zainstalowana karta drukarki zasymulowała jego obecność. W praktyce oznacza to ustawienie za pomocą jumper'a dekodera identycznego adresu jak pracującej w komputerze karty drukarki. Łatwo sprawdzić ten adres za pomocą dowolnego programu tes-

tującego komputer, np. CheckIt lub SI z pakietu Norton Utilities. W ten sposób program traktuje Covox'a jako zwykły zewnętrzny przetwornik C/A podłączony do wyjść portu LPT.

Inną możliwością jest zdefiniowanie karty jako „User DAC'a” o adresie odpowiadającym karcie I/O.

Opisane kłopoty występują tylko przy niektórych programach użytkowych, z grammi praktycznie nie ma tego typu problemów.

Być może niektórym osobom moc wyjściowa wzmacniacza, osiągnięta przy zasilaniu napięciem 5V może wydać się zbyt mała. Można temu zaradzić poprzez przełączenie dławika L3 z szyny zasilającej +5V (B3) na +12V (B9). Jednakże w takim wypadku należy się liczyć ze wzrostem mocy wydzielanej w układzie US7 i koniecznością zastosowania głośnika o minimalnej wartości impedancji ok. 8...10Ω. Warto też jest nalutować na końcówki 4, 5, 12, 13 układu US7 kawałki blachy miedzianej zwiększające powierzchnię czynną radiatora.

Należy jednak podkreślić, że taki sposób zwiększania mocy wyjściowej nie jest zalecany, a moc osiągalna przy zasilaniu napięciem +5V powinna być zupełnie wystarczająca.

Przy montażu gniazda głośnikowego ZIG1 (mono- lub stereofoniczny mini-jack) należy pamiętać o konieczności izolacji tulei wspólnej (masy) gniazda, od „śledzia” mocującego płytkę drukowaną. Izolacja ta jest niezbędna ze względu na to, że praca mostkowa wzmacniacza wiąże się z utrzymywaniem na obydwu końcówkach głośników stałego, względem masy, potencjału ok. +2.5V, a śledź styka się wprost z konstrukcją chassis komputera (uziemięnie!).

Na koniec poruszymy jeszcze kwestię głośników. Otóż warto zainwestować w dobrej jakości głośnik szerokopasmowy. Wprawdzie na zdjęciu modelu widać standardowe miniaturowe głośniczki często stosowane do odtwarzania muzyki z kart dźwiękowych, ale praktyka wykazuje, że nic nie zastąpi dobrej jakości głośnika. Na karcie zostawiono „na wszelki wypadek” złącze do PC-speakera, ale jest to tylko forma ukłonu do osób nie lubiących „obstawiać” otoczenia komputera zbędnymi dodatkami.

Wybór głośnika należy zatem do Ciebie, Drogi Czytelniku.

**Piotr Zbysiński, AVT**

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

P1, R8, R9: 10kΩ  
R1, R2, R3: 2.7kΩ  
R4: 1kΩ  
R5: 22kΩ  
R6: 3.3kΩ  
R7: 6.8kΩ  
RP1, RP2, RP3, RP4, RP5, RP6, RP7, RP8: 1.2kΩ

#### Kondensatory

C1, C2, C6, C11, C13, C15, C16, C17, C18: 100nF  
C3: 22nF dobierany  
C4: 10nF  
C5, C7, C8, C9, C10, C12, C14: 100μF

#### Elementy półprzewodnikowe

T1, T2: BC547  
US1: GAL16V8 - DeC\_1  
US2, US3: 74ALS573  
US4: DAC08  
US5: LM358  
US6: 4051  
US7: TEA2025

#### Różne

L1, L2, L3: 1mH  
ZIG1: Jack  
ZIG2: 4 Goldpiny