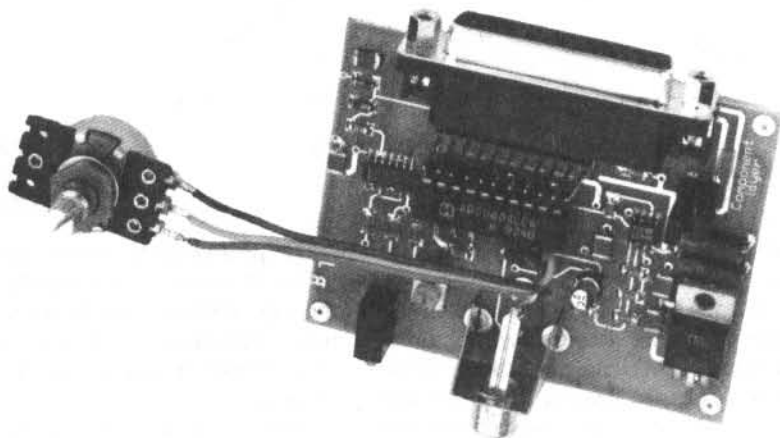


Komputery Amiga słyną z doskonałej jakości dźwięku generowanego przez wbudowane układy syntezy. Brakuje im jednak możliwości bezpośredniego „nagrywania” sygnałów akustycznych z zewnątrz, a czasami tego typu możliwości okazują się niezwykle cenne. Przedstawiamy konstrukcję przetwornika A/C dołączanego do portu równoległego drukarki - Centronics (PRN), dzięki któremu można zapisać, przetworzyć i później odtworzyć dowolny sygnał akustyczny.

Sampler akustyczny do Amigi

kit AVT-160

PROJEKT Z OKŁADKI

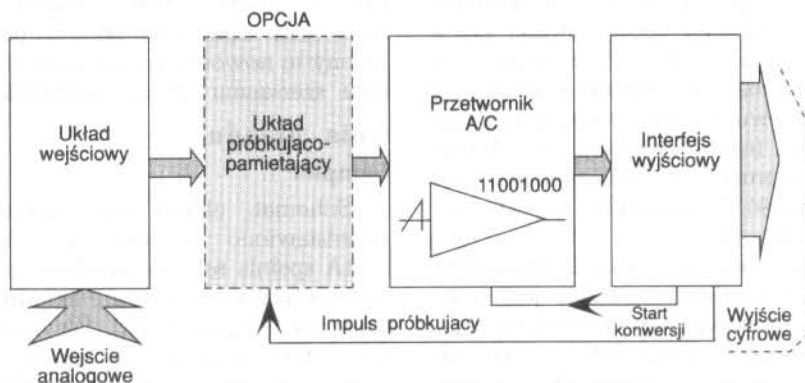


Podstawowe parametry samplera:

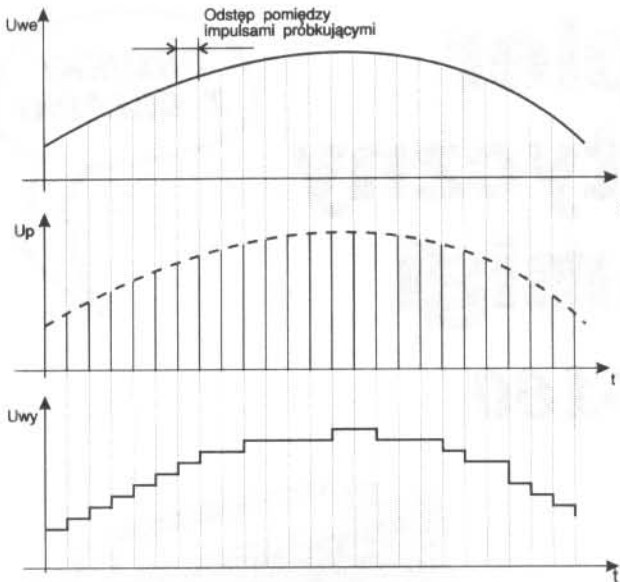
- pobór prądu zasilającego (bez wskaźnika wysterowania): ok. 40mA;
- maksymalna częstotliwość próbkowania: ok. 9kHz, co zapewnia poprawne przetwarzanie sygnału o częstotliwości 4kHz;
- rozdzielczość przetwornika: 8 bitów, co daje 256 dyskretnych poziomów napięcia;
- zakres napięcia wejściowego: 0...5V (regulacja poziomu sygnału wejściowego potencjometrem P1);
- maksymalna długość kabla łączącego sampler z komputerem: 5m;
- zewnętrzne napięcie zasilania: +8...15V;

Urządzenia tego typu są popularnie nazywane samplernami (schemat blokowy takiego urządzenia pokazano na rys. 1). Nazwa ta wywodzi się z zasady przetwarzania A/C, która wymaga pobierania próbek (ang. sample) przetwarzanego sygnału w ściśle określonych przedziałach czasu i konwersję analogowej wartości napięcia na liczbę 8-bitową (w rozpatrywanym przypadku). W wykonanym przez nas samplernie, dla uproszczenia konstrukcji, zrezygnowano z układu próbkująco-pamiętającego.

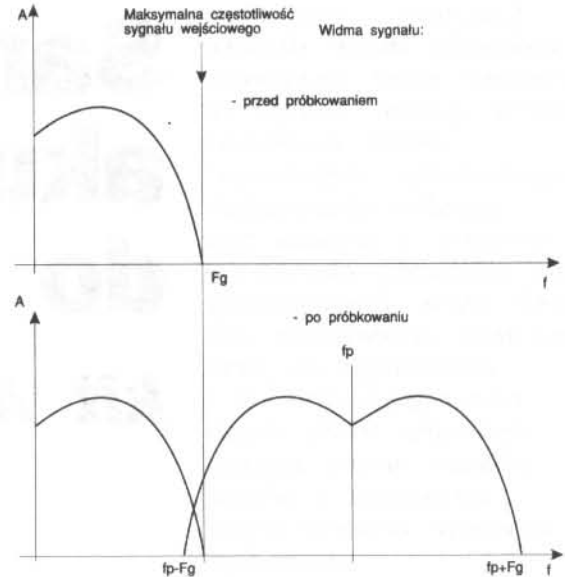
Zasada pobierania próbek sygnału analogowego jest przedstawiona na rys. 2. Na górnym wykresie znajduje się przykładowy przebieg wejściowy poddawany obróbce, oznaczony U_{we} . Poniżej zaznaczono chwilowe wartości napięcia odpowiadające pobranym próbkom (linią przerywaną zaznaczono obwiednię sygnału wejściowego). Sygnał ten oznaczono jako U_p . Na trzecim wykresie przedstawiono kształt sygnału po przetworzeniu A/C; oznaczono go U_{wy} , lecz należy pamiętać, że oznacza to liczbą (binarną) wartość próbki,



Rys. 1. Schemat blokowy samplera



Rys. 2. Uproszczona ilustracja zasady pracy przetwornika A/C w samplerze



Rys. 3. Widma częstotliwościowe sygnału akustycznego przed i po próbkowaniu (f_p - częstotliwość próbkowania, F_g - maksymalna częstotliwość sygnału przetwarzanego)

a nie określone napięcie wyjściowe.

Bardzo istotnym zagadnieniem jest takie dobranie częstotliwości próbkowania, aby ilość pobranych w zadanym czasie próbek była wystarczająca do możliwie najwierniejszego odtworzenia kształtu (obwiedni) sygnału analizowanego. Z tej zależności wywodzi się jedno z najważniejszych twierdzeń w teorii cyfrowego przetwarzania sygnałów - twierdzenie o próbkowaniu. Mówi ono, że częstotliwość próbkowania musi być co najmniej dwukrotnie większa niż częstotliwość próbkowanego sygnału, bowiem tylko wtedy możliwe jest prawidłowe odfiltrowanie sygnału bez istotnych zniekształceń. Na **rysunku 3** pokazano widma sygnału przed próbkowaniem oraz po próbkowaniu. Jak widać, gdy częstotliwość próbkowania jest mniejsza niż dwukrotna maksymalna częstotliwość sygnału przetwarzanego, w sygnale wyjściowym mogą wystąpić zniekształcenia spowodowane nakładaniem się widm. Przestrzeganie tej zasady ma tym większe znaczenie, że zastosowano tani i stosunkowo powolny (czas konwersji ok. 100 μ s) przetwornik A/C. Maksymalna częstotliwość próbkowania sygnału wynosi ok. 9kHz.

Zupełnie naturalnym wnioskiem z tego krótkiego wstępu jest celowość stosowania przetwornika o jak największej ilości bitów i jak najkrótszym czasie konwersji. Niestety, ogranicza nas szerokość słowa da-

nych przesyłanych przez złącze LPT (tylko 8 bitów), lecz dzięki programowej obróbce próbkowanego sygnału (filtracja cyfrowa) jest to w warunkach amatorskich wystarczające.

Jako wyposażenie dodatkowe do samplera przewidziano cyfrowy wskaźnik wysterowania, wykonany na układzie PLD. Wskaźnik ten posiada wbudowany układ dzielnika częstotliwości próbkowania (4-bitowy), co umożliwi regulację czułości dynamicznej wskaźnika.

Ponieważ zainteresowanie cyfrowym przetwarzaniem sygnałów jest wśród naszych Czytelników bardzo duże, do opisywanego samplera zaprojektowano interfejs umożliwiający podłączenie urządzenia do komputera PC lub innego wyposażonego w standardowy port drukarkowy.

Sampler wykonano w mieszanej technice montażu standardowego i SMD, dzięki czemu obniża się nieco koszt urządzenia, ponadto przybliżyliśmy tę nowoczesną technikę montażu szerszemu gronu elektroników.

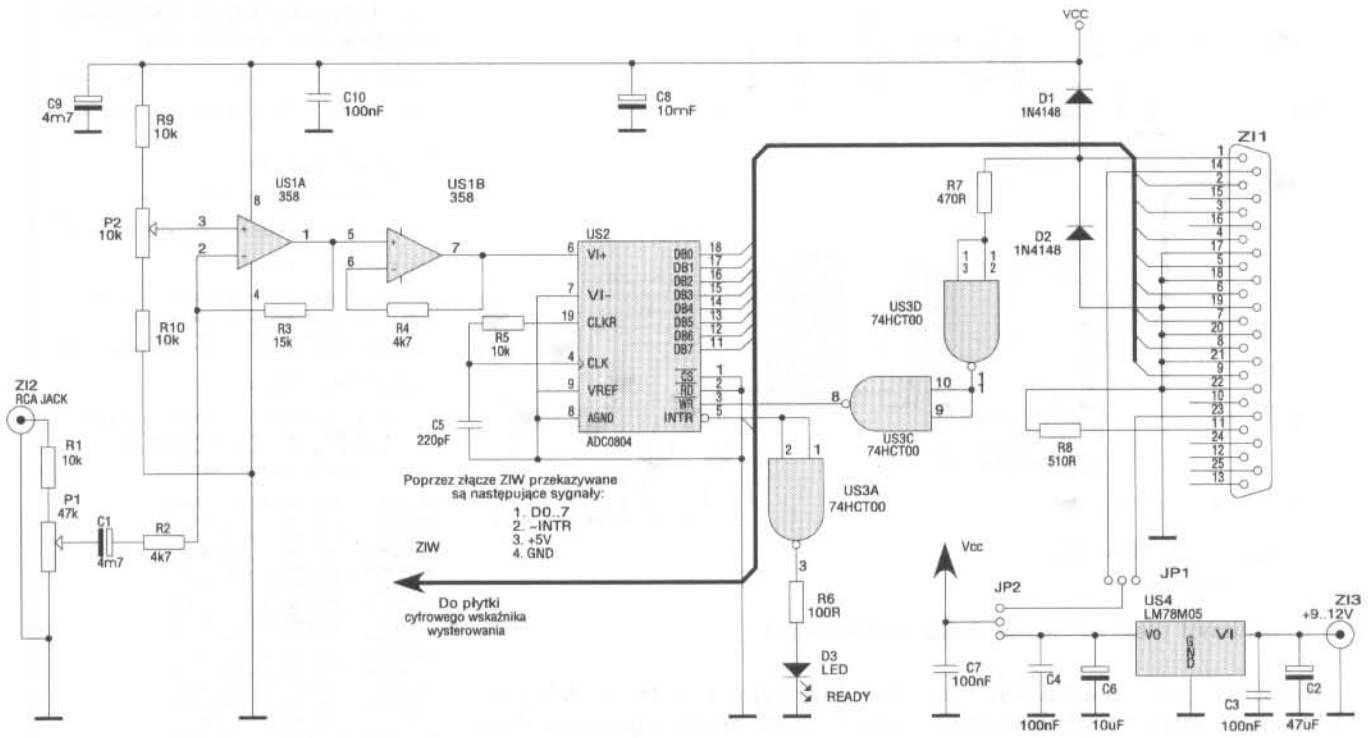
Opis układu Sampler

Schemat elektryczny samplera przedstawiono na **rys. 4**. Układ US1A spełnia rolę wzmacniacza m.cz. o regulowanym poziomie składowej stałej (potencjometr P2). Wzmocnienie ustala dzielnik R3, R2. Sygnał wejściowy jest podawany na złącze typu Cinch Z12 (montowane bezpo-

rednio na płytce drukowanej) i wstępnie obniżony dzielnikiem R1, P1; potencjometr P1 służy do regulacji poziomu sygnału wejściowego. Układ US1B jest wtórnikiem napięciowym ($k_u=1V/V$), zapewniającym odseparowanie wyjścia wzmacniacza wstępnego od wejścia przetwornika A/C.

Układ US2 jest scalonym przetwornikiem A/C o czasie konwersji ustalonym za pomocą elementów R5 i C5. Zastosowane zostały wartości elementów zalecane przez producenta (firma Harris) ze względu na stosunkowo małą ilość błędów powstałych w czasie przetwarzania. Możliwe jest zwiększenie częstotliwości zegarowej (np. przez zmniejszenie wartości kondensatora C5) nawet do wartości 1,5MHz, ale powoduje to faktyczne zmniejszenie rozdzielczości przetwornika do ok. 5...6 bitów, co radykalnie pogarsza jakość otrzymywanego dźwięku. Bliższy opis tego przetwornika można znaleźć w EP11/93 („Charakterograf do badania elementów półprzewodnikowych AVT-78“).

Interfejs cyfrowy (wyjściowy) jest bardzo prosty - jego głównym elementem jest układ US3, który spełnia funkcję separatora wejściowego sygnału wyzwalającego. Ponieważ sampler współpracuje z komputerem poprzez złącze równoległe, jako złącze wyjściowe Z11 zastosowano złącze DB25. Ujemny sygnał wyzwalający sampler pojawia się na wyprowadzeniu 1 (jest to sygnał



Rys. 4. Schemat elektryczny samplera

STROBE\ złącza Centronics) i jest poddawany dwukrotnej inwersji w bramkach US3C oraz US3D. Diody D1 i D3 wraz z rezystorem R7 zapobiegają możliwości uszkodzenia wejścia bramki US3D impulsem, który może pojawić się w chwili połączenia samplera z komputerem długim przewodem. Pojawienie się sygnału „0” na wejściu WR\ przetwornika US2 powoduje rozpoczęcie cyklu przetwarzania A/C, co trwa ok. 100µs. 8-bitowy, cyfrowy odpowiednik napięcia (podanego na wejście przetwornika w momencie inicjacji) jest odczytywany przez program obsługujący poprzez szynę danych złącza LPT. Koniec przetwarzania układ US2 sygnalizuje podaniem „0” na wyjście INTR\ (standardowo wykorzystywane do zgłoszenia przerwania w systemach µP). W naszym układzie wykorzystano ten sygnał do sygnalizacji pracy przetwornika za pomocą diody świecącej D3. Powinna to być dioda o podwyższonej jasności świecenia ze względu na bardzo małe wypełnienie przebiegu sterującego tą diodą (tzn. przerwy w świeceniu diody są znacznie dłuższe od świecenia). Przebiegi sygnałów wejściowych i wyjściowych w czasie pracy samplera przedstawia rys. 5.

Ponieważ przewidziano możliwość korzystania z samplera przez osoby posiadające inny komputer niż A-

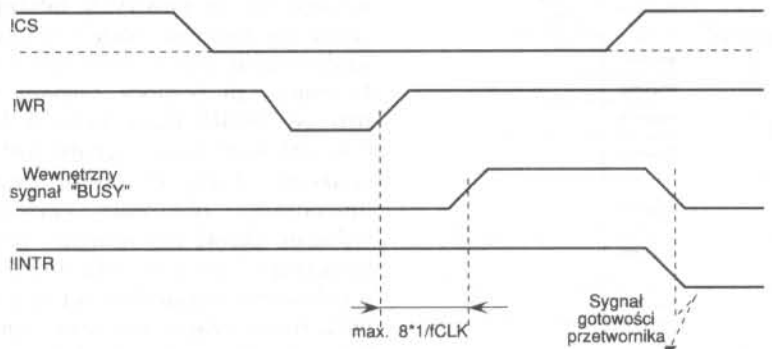
miga, niezbędne okazało się scalenie z urządzeniem stabilizatora napięcia +5V. Układ US4 zapewnia bardzo dobrą stabilizację napięcia zasilającego przy zasilaniu zewnętrznym +8...+15V. Przekraczanie górnej granicy napięcia wejściowego nie jest wskazane ze względu na niewielką powierzchnię chłodzącą pod radiatorem stabilizatora; w celu obniżenia kosztu urządzenia zrezygnowano z dodatkowego radiatora, jedynie na płycie drukowanej wykonano cynowane „miniradiator”, doskonale spisujący się w podanym zakresie napięć. Napięcie wejściowe jest podawane na gniazdo ZI3. Kondensatory C2...C4 oraz C6 filtrują napięcie i odsprężają sampler dla składowej zmiennej przetwarzanych sygnałów.

Selekcji źródła napięcia zasilającego dla samplera dokonuje się za

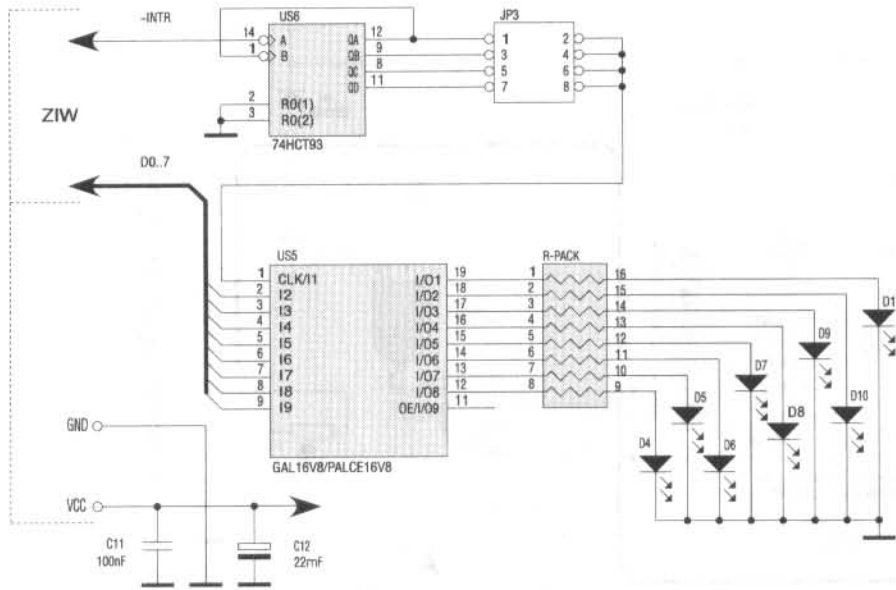
pomocą dwóch zworek: JP1 (wybór pomiędzy zasilaniem z końcówki 14 złącza Centronics - dla komputera Amiga 500 lub z końcówki 23 - dla komputera Amiga 1000) oraz JP2 (zasilanie z zewnątrz, poprzez stabilizator US4 lub ze złącza Centronics).

Wskaźnik wystawiania

Jak wspomniano, sampler ma możliwość współpracy z cyfrowym wskaźnikiem wystawiania, który - podobnie jak jego analogowe odpowiedniki - wskazuje poziom sygnału wejściowego na ośmiu diodach świecących LED. Zaletą zastosowanego przez nas rozwiązania jest wskazywanie poziomu napięcia wejściowego już po obróbce cyfrowej przez przetwornik, dlatego przesterowanie jest wskazywane wtedy, gdy napięcie wejściowe przetwornika przekroczy zakres jego przetwarzania.



Rys. 5. Przebiegi sterujące pracą samplera



Rys. 6. Schemat elektryczny wskaźnikaysterowania

Wskaźnik jest zmontowany na oddzielnej płytce drukowanej. Z główną płytką samplera łączy się za pomocą długich końcówek oraz 11-punktowego złącza „tulipanowego“ (na schemacie oznaczone jako ZIW). Dzięki temu możliwe jest korzystanie z samplera bez wskaźnikaysterowania. Przez złącze ZIW, oprócz sygnałów D0...D7 oraz INTR\, do płytki wskaźnika jest podawane zasilanie +5V oraz masa układu GND.

Schemat elektryczny wskaźnikaysterowania pokazano na rys. 6. Głównym jego elementem jest uk-

ład PLD typu GAL16V8 (lub podobny), który został zaprogramowany w sposób podany na list. 1. Projekt układu wykonano posługując się programem CUPL. Po skompilowaniu programu otrzymujemy układ ośmiu 1-bitowych rejestrów z rozbudowanymi układami kombinacyjnymi na wejściach, które realizują funkcje przełączania diod D4...D11 w zależności od wartości 8-bitowej liczby wejściowej. W razie potrzeby można zaprojektować wskaźnik o charakterystyce: liniowej, logarytmicznej, wykładniczej lub dowolnej innej. W modelowym egzemplarzu charakterystyka wskaźnika jest liniowa (rys. 7). Zmiany tej charakterystyki można dokonać poprzez zmianę zakresu świecenia kolejnych diod w polu deklaracji zakresów w projekcie z list. 1.

Widok wyprowadzeń zaprojektowanego układu przedstawia rys. 8. Ponieważ przetwarzanie cyfrowe ma charakter dyskretny, tzn. stany na wyjściach przetwornika A/C pojawiają się w pewnych odstępach czasu, niezbędnym okazało się synchronizowanie pracy wskaźnikaysterowania za pomocą sygnału zegarowego INTR\ (końcówka 5 US2). Częstotliwość tego sygnału jest stosunkowo duża, co może czasami powodować obniżenie czytelności wskaźnika. Dzięki zastosowaniu licznika binarnego US6 powstała możliwość regulowania częstotliwości wyświetlania (odświeżania wskaźnika). Licznik ten pracuje w standardowym układzie dzielnika czterostopniowego

List. 1. Projekt układu sterującego wskaźnikiemysterowania

```

.....
/** Inputs */
.....
pin 1 = CLK;
pin [2..9] = [We0..7];

.....
/** Outputs */
.....
pin [12..19] = [LED0..7];

.....
/** Declarations and Intermediate Variable Definitions */
.....

field POZIOM = [We0..7];

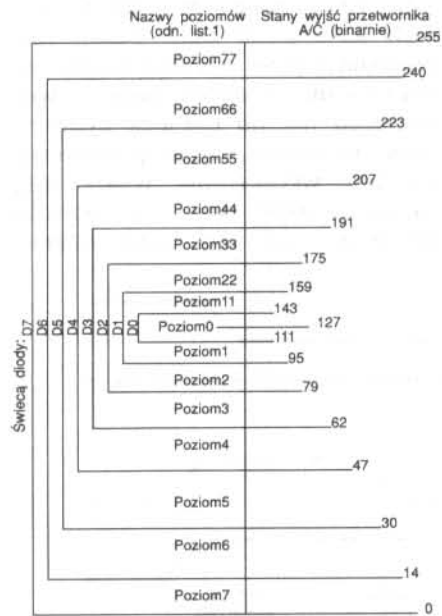
/* Pole definiowania binarnych zakresow */
/* wyswietlania. Zmieniajac zakresy */
/* swiecenia diod mozna modyfikowac */
/* charakterystyke wskazan */

POZIOM0 = POZIOM: 'd' [111..143];
POZIOM1 = POZIOM: 'd' [95..110];
POZIOM11 = POZIOM: 'd' [144..159];
POZIOM2 = POZIOM: 'd' [79..94];
POZIOM22 = POZIOM: 'd' [160..175];
POZIOM3 = POZIOM: 'd' [63..79];
POZIOM33 = POZIOM: 'd' [176..191];
POZIOM4 = POZIOM: 'd' [47..62];
POZIOM44 = POZIOM: 'd' [192..207];
POZIOM5 = POZIOM: 'd' [31..46];
POZIOM55 = POZIOM: 'd' [208..223];
POZIOM6 = POZIOM: 'd' [15..30];
POZIOM66 = POZIOM: 'd' [224..240];
POZIOM7 = POZIOM: 'd' [0..14];
POZIOM77 = POZIOM: 'd' [241..255];

/** Logic Equations */

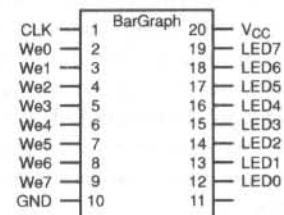
LED0.d = POZIOM0 # POZIOM1 # POZIOM2 # POZIOM3
# POZIOM4 # POZIOM5 # POZIOM6 # POZIOM7
# POZIOM11 # POZIOM22 # POZIOM33
# POZIOM44 # POZIOM5
# POZIOM66 # POZIOM77;
LED1.d = POZIOM1 # POZIOM2 # POZIOM3 # POZIOM4
# POZIOM5 # POZIOM6 # POZIOM7 # POZIOM11
# POZIOM22 # POZIOM33 # POZIOM44
# POZIOM55 # POZIOM66 # POZIOM77;
LED2.d = POZIOM2 # POZIOM3 # POZIOM4 # POZIOM5
# POZIOM6 # POZIOM7 # POZIOM22 #
POZIOM33
# POZIOM44 # POZIOM55 # POZIOM66
# POZIOM77;
LED3.d = POZIOM3 # POZIOM4 # POZIOM5 # POZIOM6
# POZIOM7 # POZIOM33 # POZIOM44
# POZIOM55 # POZIOM66 # POZIOM77;
LED4.d = POZIOM4 # POZIOM5 # POZIOM6 # POZIOM7
# POZIOM44 # POZIOM55 # POZIOM66
# POZIOM77;
LED5.d = POZIOM5 # POZIOM6 # POZIOM7 # POZIOM55
# POZIOM66 # POZIOM77;
LED6.d = POZIOM6 # POZIOM7 # POZIOM66 # POZIOM77;
LED7.d = POZIOM7 # POZIOM77;

```

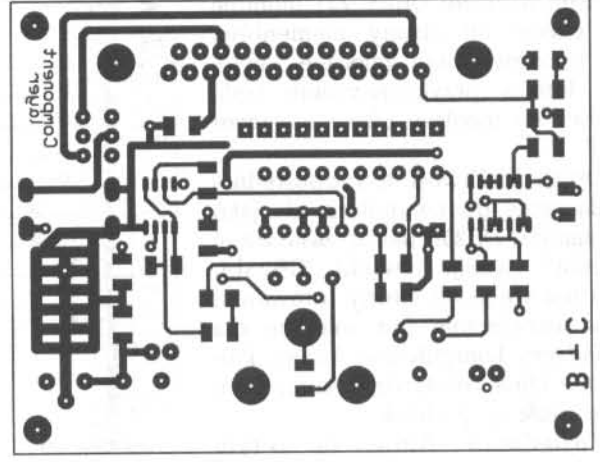
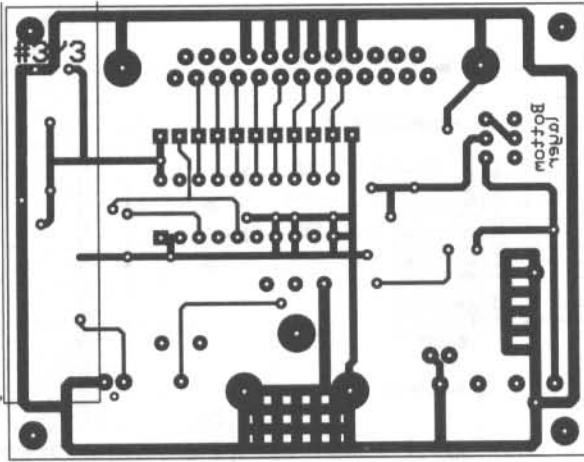


Rys. 7. Charakterystyka przetwarzania układu BarGraph

(dzieli przez 2, 4, 8 i 16). Wejściowym sygnałem zegarowym jest sygnał INTR\ przetwornika US2. Selekcji częstotliwości odczytu dokonuje się przez przełączenie jumpera JP3 na odpowiednie do potrzeb wyjście dzielnika US6. Rezystory ograniczające prąd płynący przez diody D4...D11 są zintegrowane w module R-Pack w obudowie DIL16. Takie rozwiązanie upraszcza montaż.



Rys. 8. Wyprowadzenia układu BarGraph



Rys. 9. Mozaika ścieżek dwustronnej płytki samplera

Montaż układu

Cały układ zmontowano na trzech płytkach drukowanych. Płytką samplera jest dwustronna płytka z metalizacją otworów (rys. 9), a płytki wskaźnika wysterowania oraz interfejsu są standardowymi płytkami jednostronnymi (rysunki na wkładce).

Ponieważ większość elementów biernych oraz układy US1 i US3 są elementami SMD, wymagane jest stosowanie dobrej lutownicy (z możliwie najmniejszym grotom). Przy lutowaniu elementów SMD należy korzystać bardzo oszczędnie z cyny. Połączenie dobrej jakości można uzyskać dzięki cynie powlekającej powierzchnię pola lutowniczego (po cynowaniu, stanowiącym jeden z etapów technologicznych produkcji płytek drukowanych), po mocnym rozgrzaniu pola lutowniczego i końcówki elementu.

Rozmieszczenie elementów na płytkach przedstawia rys. 10. Montaż należy rozpocząć od elementów bier-

nych SMD. Optymalnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie specjalnego kleju przeznaczanego do montażu SMD, dzięki któremu elementy nie przesuwają się podczas lutowania, jednak przy odrobinie staranności można doskonale dać sobie radę bez niego, korzystając tylko z pincety. W dalszej kolejności montujemy układy US1 oraz US3 (także SMD). Ponieważ pola lutownicze elementów SMD są bardzo niewielkie, należy zapobiegać przegrzaniu pól lutowniczych. Układy scalone montujemy w podstawkach umożliwiających w razie konieczności szybką ich wymianę.

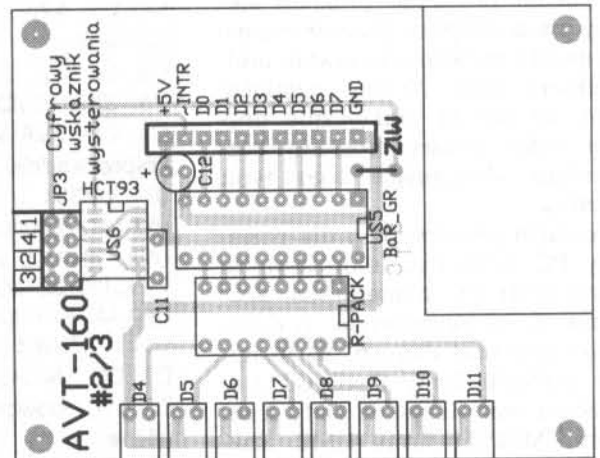
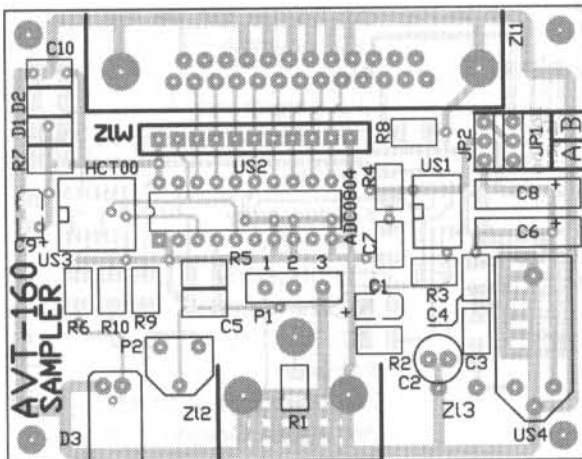
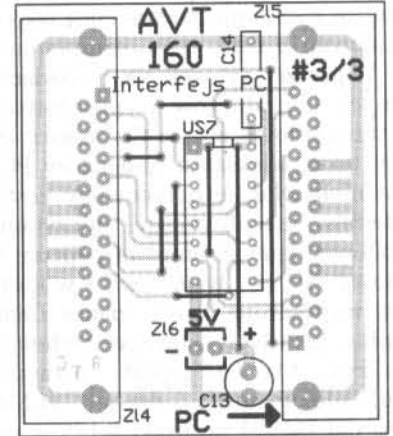
Podczas montażu układu należy się kierować ogólnie znanymi zasadami dotyczącymi płytek z metalizacją otworów.

Montaż pozostałych elementów nie wymaga specjalnego komentarza.

Uwagi końcowe

Sampler został zaprojektowany w taki sposób, aby można go było wykorzystać jako układ stacjonarny,

podłączony do komputera za pomocą kabla zakończony złączami DB25 lub bezpośrednio podłączony do złącza Centronics (tylko w komputerach Amiga). W pierwszym wypadku jako złącze Z11 należy zastosować „żeńską” wersję złącza DB25F, co umożliwi podłączenie za pomocą zwykłego kabla (tzw. przedłużacza drukarkowego) obustronnie zakoń-



Rys. 10. Rozmieszczenie elementów na płytkach: samplera, cyfrowego wskaźnika wysterowania i interfejsu PC

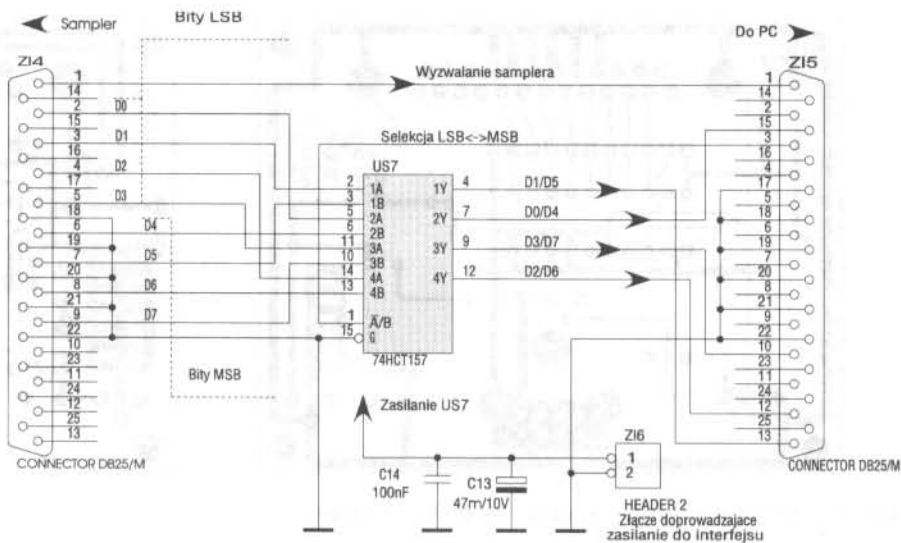
czonowego wtykami DB25. Z11 montuje się wtedy od strony elementów. Jest to rozwiązanie zalecane i w takiej formie przygotowywane będą zestawy do montażu oferowane przez AVT.

Druga możliwość to bezpośrednie podłączenie do komputera, ale jako Z11 zamiast DB25F należy zastosować „męską” wersję (wtyk) DB25M. Montuje się ją od strony lutowania. Takie rozwiązanie jest zalecane dla posiadaczy komputerów Amiga, którzy nie chcą „obstawiać” komputera dużą ilością pudełek.

Posiadacze Amig są o tyle w dobrej sytuacji, że montowane w tych komputerach interfejsy Centronics mają możliwość dwukierunkowej transmisji danych po liniach D0...D7. Dodatkowo na końcówkę 14 lub 23 (w zależności od typu Amigi) wyprowadzone zostało napięcie +5V przeznaczone do zasilania układów zewnętrznych. Istnieje także mnóstwo oprogramowania obsługującego samplery, np. Record Maker, DeLuxe Sound, Future Sound. Autor korzystał z programu Audio Master II, ale trzeba pamiętać, że jego nowsze wersje nie zawsze chcą współpracować z tego typu samplernami.

W gorszej sytuacji są posiadacze innych komputerów wyposażonych w standardowe złącze Centronics (w tym także większość posiadaczy PC). Dla nich właśnie opracowany został interfejs umożliwiający odczytanie 8-bitowej danej z samplera poprzez 4-bitową szynę wejściową, w którą jest wyposażone każde złącze Centronics. Idea tego interfejsu (schemat na rys. 11) jest oparta o zasadę multipleksowania dolnej (LSB) i górnej (MSB) połówki 8-bitowego słowa wyjściowego przetwornika A/C. Selekcji dokonuje program sterujący pracą samplera poprzez zmianę poziomu na wejściu adresowym multiplexera US7. Należy pamiętać o tym, że nie są praktycznie dostępne żadne gotowe programy bezpośrednio obsługujące tego typu urządzenia.

Pewnym pocieszeniem dla posiadaczy PC może być informacja, że istnieją karty I/O z interfejsem drukarkowym wyposażonym w dwukierunkowy port danych. Są to np. karty ATS370 firmy Opti, GT1190 GoldStar'a oraz wszystkie karty z układem UM82C11 firmy UMC. Rozwiązania wykorzystane w tych kartach zapewniają poprawną transmi-



Rys. 11. Schemat elektryczny interfejsu samplera do komputerów PC

sje informacji w obydwu kierunkach, bez ryzyka uszkodzenia buforów wyjściowych układu. Najpewniejszym jednakże rozwiązaniem będzie zastosowanie interfejsu pomiędzy samplernem i PC.

Czytelnicy chcący poeksperymentować mogą przeprowadzić próby ze zwiększeniem częstotliwości zegarowej

przetwornika. Zwiększa się wtedy częstotliwość próbkowania sygnału, lecz jednocześnie zwiększają się błędy próbkowania. Przy częstotliwościach zegarowych rzędu 1,5MHz efektywna rozdzielczość przetwornika spada do 5 bitów.

Piotr Zbysiński, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Samplery

Rezystory

- R1, R5, R9, R10: 10kΩ SMD
- R2, R4: 4,7kΩ SMD
- R3: 15kΩ SMD
- R6: 100Ω SMD
- R7: 470Ω SMD, stosuje się go tylko dla programu Sound Master
- R8: 510Ω SMD
- P1: 47kΩ, miniaturowy lub potencjometr
- P2: 10kΩ, miniaturowy

Kondensatory

- C1, C9: 4,7μF/10 SMD
- C2: 47μF
- C3, C4, C7, C10: 100nF SMD
- C5: 220pF SMD
- C6, C8: 10μF SMD

Półprzewodniki

- US1: LM358
- US2: ADC0804LCN
- US3: 74HCT00 lub 74HCT132 lub 74HCT40132. Zamiast HCT może być LS, ALS itp.
- US4: LM78M05 lub LM7805
- D1, D2: 1N4148 SMD
- D3: LED, dowolna

Różne

- JP1, JP2: Jumper 3 ze zworkami
- Z11: złącze DB25/F

- Z12: gniazdo typu Cinch
- Z13: gniazdo zasilające
- Z1W: Gold-Piny długie, 11 szt.

Wskaźnik wystereowania

Rezystory

- R-PACK: 1,2kΩx8, moduł R-PACK

Kondensatory

- C11: 100nF
- C12: 22μF/10V

Półprzewodniki

- US5: GALT6V8/PALCE16V8, zaprogramowany BarGraph
- US6: 74HCT93 SMD
- D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11: LED, dowolne

Różne

- JP3: jumper 4x2
- Z1W: gniazda tulipanowe 11pkt.

Interfejsy

Kondensatory

- C14: 100nF
- C13: 47μF/10V

Półprzewodniki

- US7: 74HCT157

Różne

- Z14: Z15: złącze DB25/M
- Z16: złącze GoldPin 2 piny
- Oznaczenie SMD oznacza element montowany powierzchniowo!