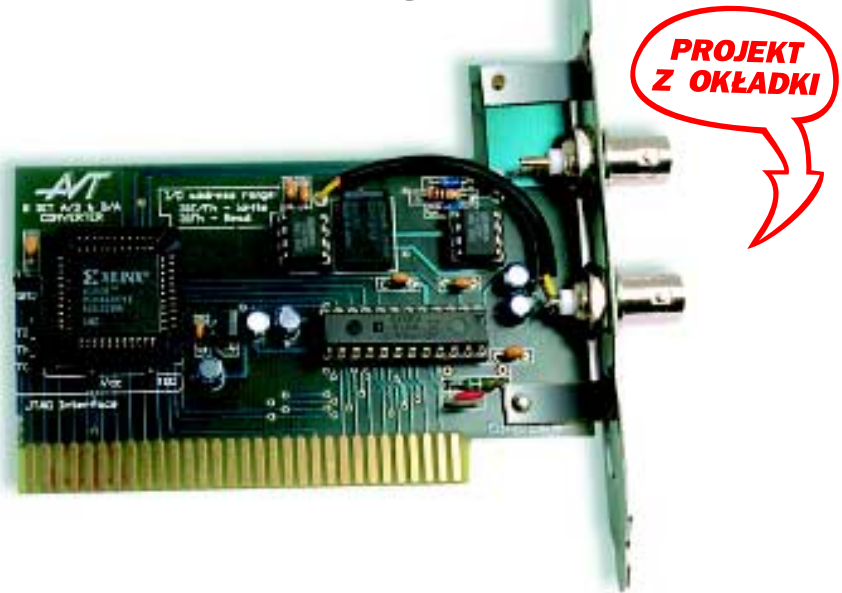


8-bitowy przetwornik A/C i C/A do PC, część 1

kit AVT-444

Urządzenia wejścia-wyjścia dla komputerów PC cieszą się ogromnym powodzeniem wśród Czytelników EP. Ze względu na największą użyteczność w codziennym życiu i nasze naturalne przystosowanie, najbardziej atrakcyjne są przystawki umożliwiające realizację pomiarów i obróbki sygnałów analogowych. W artykule przedstawiamy konstrukcję 8-bitowego zintegrowanego przetwornika A/C i C/A, wykonanego w oparciu o najnowocześniejsze elementy półprzewodnikowe.



**PROJEKT
Z OKŁADKI**

Podstawowe parametry karty

Przetwornik A/C

- ✓ maksymalna częstotliwość próbkowania 100..300kHz (zależy od szybkości PC i wersji Windows 95),
- ✓ rozdzielczość: 8 bitów,
- ✓ napięcia wejściowe (zakresy unipolarne): 0..+0,125V, 0..+1,25V, 0..+12,5V, 0..+0,250V, 0..2,5V, 0..25V,
- ✓ napięcia wejściowe (zakresy bipolarne): -0,125V..+0,125V, -1,25V..+1,25V, -12,5V..+12,5V, -0,25V..+0,25V, -2,5V..+2,5V, -25V..+25V,
- ✓ błąd przetwarzania: ±3LSB,
- ✓ rezystancja wejściowa: 10kΩ.

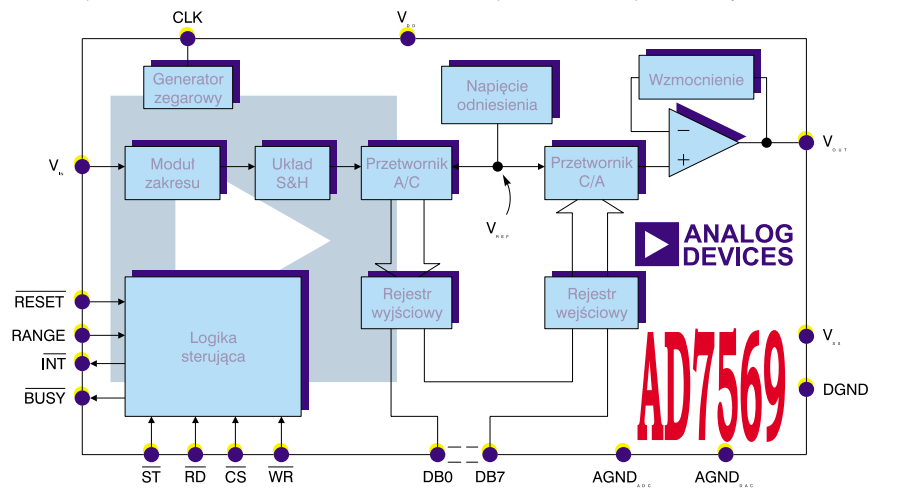
Przetwornik C/A

- ✓ maksymalna częstotliwość zapisu do rejestru przetwornika: 100..300kHz ((zależy od szybkości PC i wersji Windows 95),
- ✓ rozdzielczość: 8 bitów,
- ✓ napięcia wyjściowe (zakresy unipolarne): 0..+1,25V, 0..+2,5V,
- ✓ napięcia wyjściowe (zakresy bipolarne): -1,25V..+1,25V, -2,5V..+2,5V,
- ✓ błąd przetwarzania: ±2LSB,
- ✓ obciążalność wyjścia (max.): 100mA,
- ✓ szybkość narastania sygnału na wyjściu bufora: 2500V/μs.

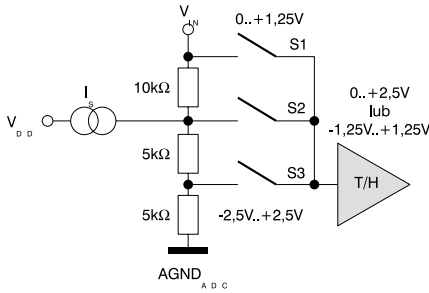
Uwaga!
Dokładną specyfikację czasową podamy w EP5/98. W chwili obecnej prowadzone są prace, mające na celu zoptymalizowanie czasu dostępu do portów karty w systemie Windows 95. Minimalne wartości napięć, które będzie można zmierzyć przy pomocy karty zależą od konstrukcji komputera, jego zasilacza i rozmieszczenia komponentów we wnętrzu obudowy komputera. Wynika to z bardzo wysokiego poziomu szumów elektromagnetycznych, jakie występują w standardowych komputerach PC.

Prezentowana konstrukcja pomimo znacznej złożoności funkcjonalnej nie wygląda na pierwszy rzut oka imponująco - pięć układów scalonych, przekaźnik i kilka elementów biernych... Czy rzeczywiście jest to prawdziwy przetwornik A/C i C/A? Okazuje się, że tak! Jest to możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnego przetwornika AD7569 firmy Analog Devices i prostego układu programowalnego XC9536 firmy Xilinx. Zanim przejdziemy do opisu konstrukcji karty, skrótowo omówimy te dwa układy, co znacznie ułatwi „zrozumienie“ całej konstrukcji.

Dwa w jednym, czyli AD7569
Układ AD7569 jest dość niezwykłą konstrukcją, integruje bowiem w jednej obudowie następujące bloki funkcjonalne (rys. 1):
- Kompletny 8-bitowy przetwornik A/C z układem śledząco-pamiętającym (ang. Track & Hold), który znacznie poprawia jakość przetwarzania. Pomimo zastosowania przetwarzania metodą SAR (ang. Successive Approximation) przetwornik A/C jest dość szybki - czas przetwarzania nie przekracza 2μs. Na wyjściu przetwornika znajduje się rejestr zatraskowy z wyjściem trójstanowym. Na we-



Rys. 1. Schemat blokowy układu AD7569.



Rys. 2. Schemat przedstawiający budowę wejścia analogowego AD7569.

jiściu przetwornika A/C znajduje się prosty (rys. 2) układ dopasowania napięcia wejściowego do wybranego przez użytkownika zakresu przetwarzania (jednego z czterech).

- Przetwornik C/A z wyjściem napięciowym i buforem separującym matrycę rezystorową od obciążenia dołączonego do wyjścia. Wzmacniacz separujący ma włączoną w pętlę sprzężenia zwrotnego przełączaną matrycę rezystorową, dzięki której zapewnione jest osiągnięcie odpowiedniego zakresu zmian napięcia na wyjściu. Sterowanie wzmacnieniem tego wzmacniacza oraz współczynnika podziału napięcia w obwodzie wejściowym przetwornika A/C (z rys. 2) odbywa się jednocześnie, dzięki czemu zakresy przetwarzania napięcia są jednakowe dla obydwu przetworników. Przetwornik C/A w zależności od zakresu przetwarzania jest sterowany danymi w formacie NKB (dla unipolarnych zakresów przetwarzania, tzn. 0..+1,25V oraz 0..+2,5V) oraz U2 (dla bipolarnych zakresów przetwarzania, tzn. -1,25V..+1,25V oraz -2,5V..+2,5V). Przełączanie sposobu kodowania odbywa się w sposób automatyczny, przez wbudowany w strukturę AD7569 komparator napięcia na końcówce zasilającej V_{SS} (rys. 3). Dla zakresów bipolarnych najstarszy bit D7 spełnia rolę bitu znaku napięcia wyjściowego. Na rys. 4 przedstawiono przebiegi charak-

D50	D40	Zakres A/C	Zakres C/A
0	0	0..+1,25V	0..+1,25V (wy. NKB)
0	1	0..+2,5V	0..+2,5V (wy. NKB)
1	0	-1,25V..+1,25V	-1,25V..+1,25V (wy. U2)
1	1	-2,5V..+2,5V	-2,5V..+2,5V (wy. U2)

terystyczne podczas zapisywania danych do rejestru wejściowego przetwornika C/A.

- Źródło napięcia odniesienia, którego rolę spełnia skompensowana termicznie, bardzo dokładna i stabilna dioda referencyjna. Napięcie odniesienia ma wartość 1,25V. Konstrukcję układu opracowano w taki sposób, że zmiany parametrów elementów decydujących o napięciu wyjściowym i wyniku przetwarzania napięcia wejściowego mają przeciwny kierunek niż zmiany napięcia odniesienia, co dodatkowo zwiększa stabilność termiczną przetwarzania.
- Układ zegarowy, który generuje wszystkie sygnały zegarowe niezbędne do zapewnienia poprawnej pracy przetworników. Możliwe jest sterowanie tego modułu sygnałem doprowadzonym z zewnątrz, możliwe jest także wykorzystanie możliwości zalecanej przez producenta, czyli taktowanie układu sygnałem generowanym po dołączeniu elementów RC do wejścia CLK.
- Blok kontrolno-sterujący, którego zadaniem jest współpraca z szyną sterującą, układem wyzwalania pomiaru ST , generacja sygnału przerwania INT , zajętości $BUSY$ i sterowanie elektronicznymi przełącznikami konfiguracyjnymi zakresy przetwarzania (sygnał $RANGE$).

Z tego krótkiego opisu widać wyraźnie, że pomimo niepozornych wymiarów układ AD7569 jest prawdziwym „kombajnem“ i nie wymaga do pracy zbyt dużego wsparcia sprzętowego z zewnątrz.

Kolejne dwa w jednym, czyli XC9536

Kolejnym układem, który pozwolił znacznie uprościć konstrukcję karty jest układ programowalny XC9536 produkowany przez firmę Xilinx. Układy rodziny XC9500 są strukturami programowanymi w systemie ISP (ang. In System Programmable), a ich architektura jest rozwinięciem popularnych układów GAL.

W prezentowanym projekcie zastosowano najmniejszy układ z serii XC9500.

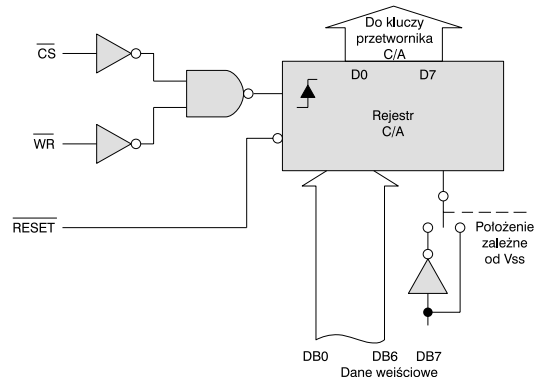
D30	D20	Wzmocnienie US5 [V/V]
0	0	x1
0	1	x10
1	0	x100
1	1	zabronione

We wnętrzu tego układu znajduje się 36 makrocel, z których wykorzystano tylko 9. Wybór układu został podyktowany ilością dostępnych pinów - do zintegrowana w jednej strukturze kompletnego interfejsu niezbędne okazało się aż 30 linii I/O, co nie jest możliwe do osiągnięcia w układach mniejszej skali integracji. Atrakcyjność układów XC9500 podnosi niska cena, porównywalna z szybszymi wersjami GAL22V10.

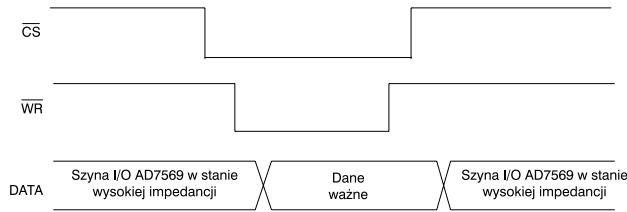
Projekt dla układu XC9536 przygotowany został przy pomocy pakietu projektowego Xilinx Foundation Series, który umożliwia budowanie projektów hierarchicznych, opisanych przy pomocy języka Abel, schematów logicznych lub grafów przejść. Oprogramowanie to opisaliśmy w EP12/97.

W strukturze układu XC9536 wykorzystywanego w przetworniku zawarto dwa podstawowe bloki logiczne:

- Dekoder adresowy, który dekoduje trzy rejestry w obszarze I/O komputera PC dla zapisu lub odczytu (wyjścia LD_O , $START$, B_RD) i jeden rejestr dwukierunkowo (wyjście $!CS$). Na rys. 5 przedstawiono schemat blokowy dekodera adresowego i listing programu w języku ABEL, który opisuje działanie tej części układu. Łatwo jest zauważyć, że dzięki zastosowaniu opisu struktury dekodera w języku wysokiego poziomu, jest on bardzo



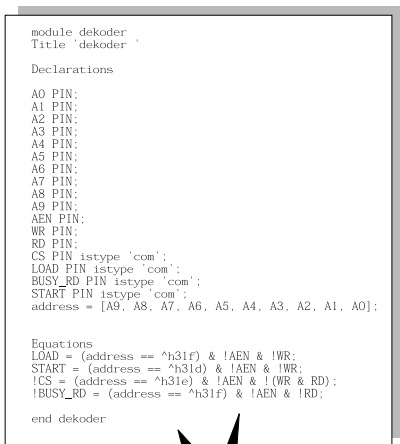
Rys. 3. Sposób przełączania kodów sterujących przetwornikiem C/A.



Rys. 4. Przebiegi sterujące podczas zapisywania rejestru C/A.

przejrzysty i łatwy w analizie.
 - Blok rejestrów i bufor trójstanowy (rys. 6). Ta część układu zapewnia poprawną współpracę pomiędzy szyną ISA w komputerze, a układami znajdującymi się na płycie przetwornika.

Na rys. 7 przedstawione zostało rozmieszczenie wyprowadzeń zaprojektowanego układu. Wyprowadzenia oznaczone PGND nie są wykorzystywane w projekcie i są połączone z masą przez wewnętrzne źródło prądowe (emuluje rezystancję ok. 10kΩ). Wyprowadzenia TDI, TDO, TCK i TMS są wykorzystywane przez interfejs JTAG (opisany w EP1 i 2/98). Przy pomocy tych pinów możliwe jest programowanie układu XC9536 bez konieczności wyjmowania go z podstawki. Niezbędny jest do tego celu interfejs, który wchodzi w większość zestawów CAD firmy Xilinx (począwszy od xABELA). Możliwe jest stosowanie zarówno taniego interfejsu dołączanego do portu równoległego Parallel Cable



Rys. 5. Sposób realizacji dekodera adresowego.

III, jak i popularnego wśród konstruktorów używających układów FPGA xCheckera.

Ponieważ wymagania czasowe dla układu XC9536 nie są zbyt rygorystyczne (najwolniejszy z dostępnych spełnia wszelkie wymagania z dużym zapasem) nie ma większego sensu stosowanie struktur szybszych niż XC9536-15.

Inne ciekawostki

Do tej pory omówiliśmy dwa układy scalone z pięciu zastosowanych w urządzeniu. Nie oznacza to, że pozostałe są na tyle banalne, że nie warto jest im poświęcić odrobiny miejsca w artykule.

Układ DS1813 (Dallas) jest specjalizowanym układem zerującym, który dba o to, aby po włączeniu zasilania komputera ustalić powtarzalne warunki pracy przetwornika (opis tych i innych układów zerujących znalazł się w EP3/98).

Układ PGA103 (Burr-Brown) jest wzmacniaczem operacyjnym o programowanym wzmacnieniu. Współczynnik wzmacnienia (x1, x10 lub x100) ustalany jest przy pomocy dwóch wejść cyfrowych sterowanych poziomami TTL.

Ostatni z układów - OPA633 (także Burr-Brown) jest bardzo szybkim wtórniakiem napięciowym (wzmocnienie bardzo bliskie 1V/V) o dużym dopuszczalnym prądzie wyjściowym (do ±100mA).

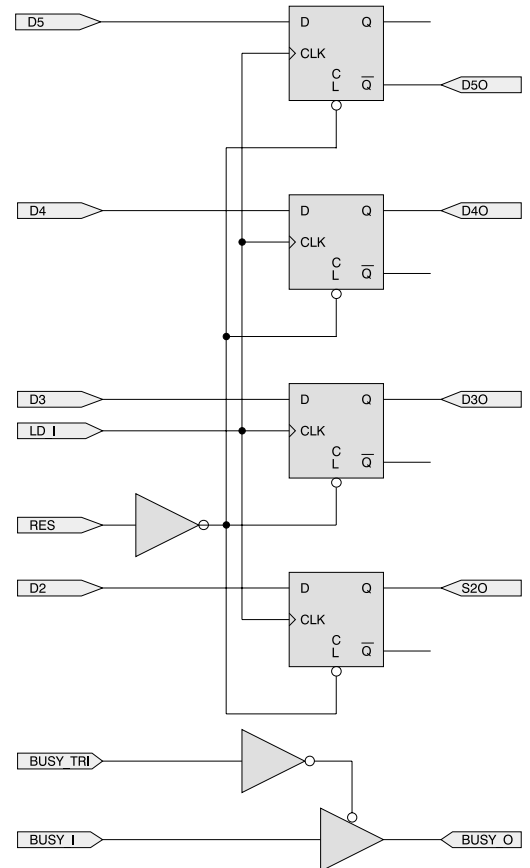
Opis układu

Schemat elektryczny przetwornika przedstawiono na rys. 8. Urządzenie, które opisujemy w artykule, jest minimalnie zmodyfikowane w stosunku do modelu przedstawionego na zdjęciach. Modyfikacje polegały na:

- uproszczeniu sposobu sterowania rejestrami karty, co spowodowało zajęcie kolejnego adresu w przestrzeni I/O komputera;

- dodaniu dzielnika napięcia na analogowym wejściu karty, co poprawiło pozwoliło poszerzyć zakresy pomiarowe.

Układ US1 jest przetwornikiem A/C i C/A. Transfer danych do i z tego układu jest możliwy dzięki 8-bitowej szynie danych. Ponieważ układ AD7569 jest wyposażony w wyjściowe bufory trójstanowe nie ma konieczności stosowania dodatkowych buforów, separujących ten układ od szyny danych PC. Wejścia sterujące kierunkiem przesyłu informacji (!WR i !RD) dołączone są bezpośrednio do sygnałów !IOWR i !IORD szyny ISA. Sygnał wyboru układu US1 !CS generowany jest przez dekodler adresowy znajdujący się w układzie US2. Sygnał !CS staje się aktywny zarówno dla operacji zapisu, jak i odczytu portu o adresie 31Eh. Odczyt rejestru znajdującego się pod tym adresem powoduje pojawienie się na szynie danych zawartości rejestru wyjściowego przetwornika A/C. Zapis pod ten adres powoduje modyfikację rejestru danych przetwornika C/A.



Rys. 6. Część rejestrowa układu US2.

dzy stanami logicznymi na tych wyjściach i wzmocnieniem układu. Rezystory R3 i R4 dzielą napięcie podawane na wejście US5, rezystor R2 ogranicza prąd wejściowy tego układu. Diody D1 i D2 spełniają rolę ogranicznika napięcia, nie pozwalając, aby napięcie na wejściu US5 było większe niż 5,7V i mniejsze niż -0,7V. Układ US5 jest zasilany napięciem symetrycznym $\pm 5V$, co z dużym zapasem wystarcza do uzyskania maksymalnej wymaganej amplitudy sygnału na wejściu przetwornika.

Jak wcześniej wspomniano układ AD7569 ma na wyjściu przetwornika C/A wbudowany bufor separujący. Jego wydajność prądowa nie jest zbyt duża - producent układu zaleca nie przekraczanie wartości 1,25mA, co w wielu wypadkach może nie być wystarczające. Z tego powodu zastosowany został bardzo szybki układ buforujący US4. Jego wzmocnienie wynosi ok. 0,95..0,99V/V, maksymalna wydajność prądowa 100mA, rezystancja wyjściowa poniżej 5Ω , a szybkość narastania sygnału na wyjściu ok. 2600V/ μs . Według informacji producenta możliwe jest na jego wyjściu uzyskanie sygnału o amplitudzie 2,5V przy częstotliwości 15MHz i rezystancji obciążenia 100Ω (prąd wyjściowy 25mA). Jest to więc doskonały bufor prądowy, którego parametry z dużym zapasem spełniają wymagania aplikacji.

Ponieważ układ OPA633 nie ma wbudowanych żadnych zabezpieczeń przed przeciążeniem należy zwracać uwagę w czasie eksploatacji, aby nie zewrzeć jego

wyjścia z masą lub którymś z biegunów zasilania.

Na schemacie elektrycznym z rys. 8 nie narysowano połączeń wyprowadzeń szyny JTAG, która służy do programowania układu US2. Wszystkie sygnały tego złącza wyprowadzono na zewnątrz do punktów lutowniczych. Złącze to nie będzie w większości wypadków wykorzystywane, ponieważ układy XC9536 będą dostarczane w zestawach zaprogramowane.

Montaż i uruchomienie

Widok ścieżek na płycie drukowanej przetwornika przedstawiono na wkładce wewnątrz numeru. Rozmieszczenie elementów widać na rys. 9. Płytkę jest wykonana w technologii dwustronnej z metalizacją otworów. Ponieważ złącze krawędziowe jest kryte złotem należy zachować dużą ostrożność podczas montażu, aby przypadkowo nie kapnąć na nie cyną, co może uszkodzić złącze w sposób nieodwracalny.

Ponieważ całe urządzenie składa się ze stosunkowo niewielkiej ilości łatwych w montażu elementów, nie będziemy szczegółowo omawiać całego procesu montażu. Należy pamiętać o zastosowaniu podstawek dla wszystkich układów scalonych (z wyjątkiem US3). Montaż US2 w podstawce nie jest zbyt trudny, lecz warto jest poświęcić mu nieco uwagi, ponieważ wy-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: $6,2k\Omega$
R2: 100Ω
R3: $9k\Omega-1\%$
R4: $1k\Omega-1\%$

Kondensatory

C1: $68pF$
C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8: $100nF$
C9, C10, C12, C11, C13: $10\mu F/10V$

Półprzewodniki

US1: AD7569JN
US2: XC9536PC44
zaprogramowany
US3: DS1813
US4: OPA633KP
US5: PGA103P
D1, D2: 1N4148

Różne

Gn1, Gn2: gniazda BNC
Prz1: TQ2-5V (NAIS Matsushita)
goldpin 1x5
dyskietka z oprogramowaniem sterującym (Windows 95) oraz programem PTEST.EXE

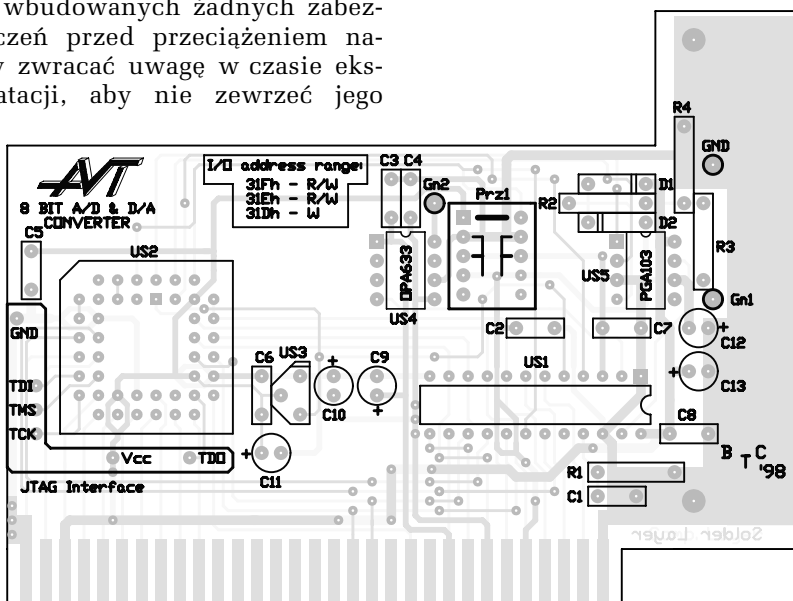
przewodzenia układu w obudowie PLCC są dość delikatne.

W egzemplarzu modelowym gniazda BNC były przykręcone do śledzia mocującego kartę w obudowie PC. Górne gniazdo wykorzystano jako wejściowe dla przetwornika A/C, dolne zaś jako wyjściowe przetwornika C/A. Sygnał z punktu lutowniczego położonego w pobliżu US4 należy podłączyć do gniazda BNC kablem ekranowanym.

Do wstępnego uruchomienia urządzenia będzie potrzebny program PTEST.EXE, który znajduje się na dyskietce wchodzącej w skład kitu. Niezbędne będą także diody LED dołączone anodami do wyjść D20..D50 US2. Pomiędzy katody i masę zasilania należy włączyć cztery rezystory ok. 300Ω . Następnie przy PTESTa należy dokonać kolejno modyfikacji bitów D2..5 rejestru o adresie 31Fh. Po wpisaniu na D20..30 „1” logicznej na dany bit dioda powinna się zaświecić, po wpisaniu „0” zgasnąć. Odwrotnie jest w przypadku bitu D50, ponieważ wyjście rejestru jest zanegowane.

Resztę procedury uruchomienia opiszemy w drugiej części artykułu, w której przedstawione będzie oprogramowanie sterujące kartą (jest tam moduł wspomagający przetestowanie karty).

Piotr Zbysiński, AVT

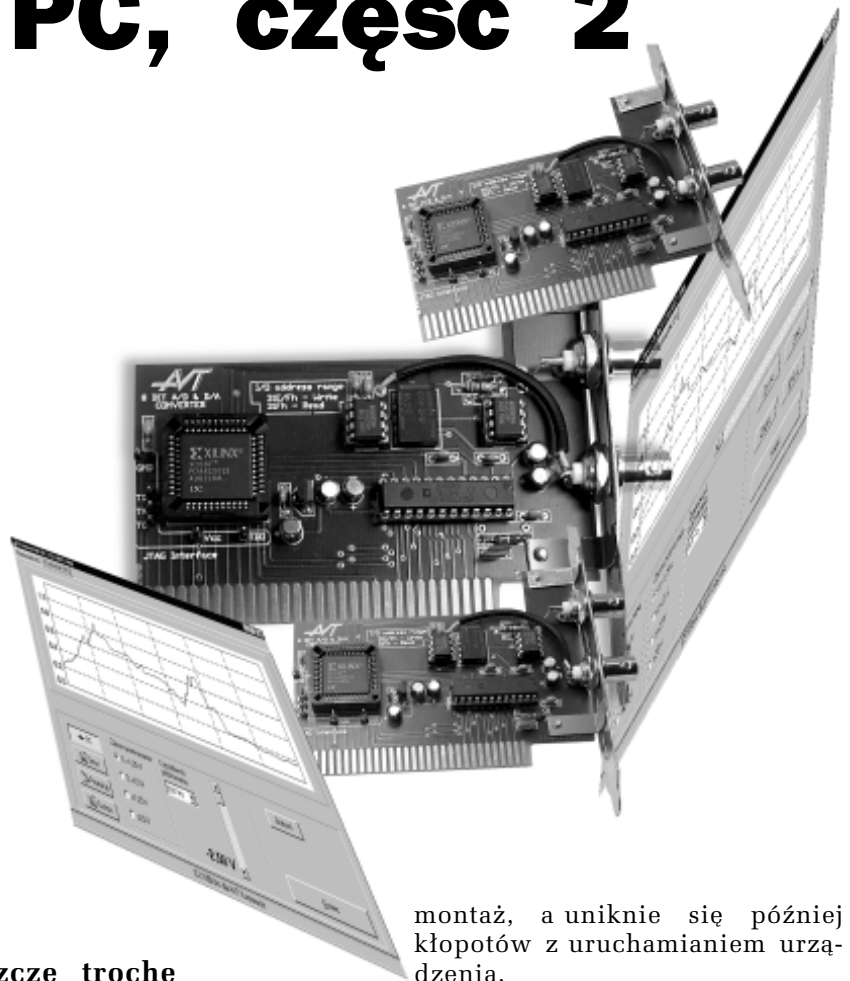


Rys. 9. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej.

8-bitowy przetwornik A/C i C/A do PC, część 2

kit AVT-444

Pierwsza część artykułu zawierała opis konstrukcji elektrycznej karty przetwornika oraz procedurę montażową i uruchomieniową. W drugiej części postaramy się pokazać Czytelnikom, w jaki sposób można stworzyć samodzielnie oprogramowanie do tej karty, która mimo niewielkiej liczby elementów, posiada duże możliwości funkcjonalne. Daje ona naprawdę szerokie pole do popisu dla programisty.



Jeszcze trochę o montażu i uruchomieniu

Zapewne każdy, po zmontowaniu karty, z wielkimi emocjami zainstaluje ją w swoim komputerze. Po pierwszej chwili niepewności (czy komputer wystartuje, czy też nie da znaku życia) zwykle pojawi się ekran startowy komputera i system operacyjny zostanie załadowany. Słowo *zwykle* pojawiło się w poprzednim zdaniu nie bez powodu. Z doświadczeń serwisu AVT wynika, że wiele osób próbuje zmontować dosyć delikatną konstrukcję, jaką z pewnością jest karta do komputera, nie posiadając odpowiedniego sprzętu lub doświadczenia w lutowaniu. Konstrukcja karty, dzięki zastosowaniu wyrafinowanych układów scalonych, jest niezwykle prosta i wystarczy poświęcić trochę więcej czasu na dokładny

montaż, a uniknie się później kłopotów z uruchamianiem urządzenia.

Przed zainstalowaniem karty należy zwrócić uwagę czy nie ma zwarcia na złączu krawędziowym (ze względu na technologię złączenia złącza jest to wielce prawdopodobne). Jeżeli, po włożeniu karty, komputer nie uruchomił się, tzn. jego ekran pozostał czarny lub zatrzymał się podczas procedur POST, możemy stwierdzić, że został popełniony błąd podczas montażu karty lub płytką drukowaną jest uszkodzona. Należy pamiętać, że zainstalowanie źle zmontowanej karty w komputerze może doprowadzić do jego uszkodzenia!

Jeżeli komputer uruchomił się i system operacyjny został załadowany, to można wykonać procedurę testującą karty za pomocą programu PTEST. Procedura ta została opisana w pierwszej części artykułu. Program PTEST pracuje pod kontrolą MS-DOS, tak więc

wstępnego uruchomienia karty można dokonać na dowolnym komputerze. Sytuacja jest idealna, jeżeli do takich eksperymentów posiadamy starą płytę główną (na rynku wtórnym jest sporo płyt głównych komputerów klasy AT w cenie około 30..40 zł). Jeżeli diody będą świecić się zgodnie z opisem, to można stwierdzić dwie rzeczy:

1. karta prawdopodobnie jest zmontowana prawidłowo;
2. dekodery adresowe (US2) jest sprawny i prawdopodobnie nie występuje konflikt adresów z innymi urządzeniami.

W tym momencie nie można jednak mieć pewności czy przetwornik AD7569 (US1) działa prawidłowo. Aby się o tym przekonać można skorzystać z programu TEST_444 znajdującego się na dyskietce dołączanej do kitu. Program ten pracuje pod kontrolą Windows 95 i zawiera dwie zakładki:

- do karty pracującej jako przetwornik CA (rys. 10);
- do karty pracującej jako przetwornik AC (rys. 11).

W pierwszym trybie, w centralnej części okna programu jest umieszczony pionowy pasek przewijania. Przesunięcie tego paska powoduje zmianę napięcia na wyjściu przetwornika. Po dołączeniu do tego wyjścia woltomierza powinien on mierzyć napięcie o wartości zgodnej z wyświetlaną obok paska przewijania wartością napięcia. Dodatkowo można zmieniać zakres napięć wyjściowych przełączając przycisk w grupie *Zakres przetwarzania*. Przy przełączeniu pomiędzy napięciami unipolarnymi i bipolarnymi powinno być słyszalne przełączanie styków przekaźnika.

Drużga zakładka umożliwia przetestowanie karty pracującej jako przetwornik AC. W trybie tym również jest możliwe zmienianie zakresu napięć wyjściowych, dodatkowo

można sterować wzmacniaczem o programowalnym wzmacnieniu PGA103 (US5). Przetwornik US1 jest odczytywany co 100 ms, a odczytywana wartość jest wyświetlana w centralnej części okna (rys. 11).

Karta, która pomyślnie przejdzie wyżej wymienione próby, jest sprawna.

Przestrzeń adresowa

Komunikacja z kartą odbywa się poprzez dwa 8-bitowe porty o adresach 31Eh i 31Fh. Pierwszy z nich jest portem danych. Poprzez ten port odbywa się odczyt zmierzonych wartości z przetwornika AC oraz zapis wartości do przetwornika CA. Należy pamiętać, że dla zakresów unipolarnych dane są zapisywane/odczytywane w naturalnym kodzie binarnym (NKB), a dla zakresów bipolarnych w kodzie uzupełnień do dwóch (U2). Drugi port jest rejestrem sterującym pracą karty. Podczas odczytu tego portu jedynie bit piąty jest istotny. Jeżeli jest on równy „0”, to przetwornik zakończył przetwarzanie i można odczytać wynik pomiaru z portu danych. Podczas zapisu do rejestru sterującego są wykorzystane



Rys. 11. Wygląd ekranu programu testowego 444_TEST - zakładka przetwornika AC.

nie tylko bity B2, B3, B4 i B5. Pierwsze dwa ustawiają wzmacnienie wzmacniacza wyjściowego zgodnie z tabelą 2, natomiast B4 i B5 ustawiają zakresy przetwarzania zgodnie z tabelą 1. Znaczenie tych bitów było przedstawione w pierwszej części artykułu. Na **listingu 1** została przedstawiona procedura reagująca na zmianę przycisku typu *RadioButton* w grupie przycisków o nazwie *RadioGroupWzmocnienie*. Pod nazwą *KByte* jest ukryty rejestr kontrolny. Procedura została skompilowana przy pomocy kompilatora Delphi firmy Borland, a jej efektem jest zmiana wartości wzmacnienia wzmacniacza wyjściowego. Analogiczną procedurę można napisać do obsługi zdarzenia zmiany zakresu przetwarzania.

Oprócz dwóch wymienionych portów, do pracy karty jest niezbędne zarezerwowanie portu o adresie 31Dh. Port ten jest wykorzystywany przy odczycie wartości zmierzonej z przetwornika. Przed każdym odczytaniem war-



Rys. 10. Wygląd ekranu programu testowego 444_TEST - zakładka przetwornika CA.

Listing 1.

```

procedure ZmianaWzmocnienia;
begin
  case RadioGroupWzmocnienie.ItemIndex of
    0: {wzmocnienie 1/1 V}
      begin
        KByte := KByte and $f3; { 0|na D2 i|D3 }
      end; { 1/1 V }
    1: {wzmocnienie 1/10 V}
      begin
        KByte := KByte and $f3; { 0|na D2 i|D3 }
        KByte := KByte or $0b; { 0|na D2 i|1|na D3 }
      end; { 1/10 V }
    2: {wzmocnienie 1/100 V}
      begin
        KByte := KByte and $f3; { 0|na D2 i|D3 }
        KByte := KByte or $07; { 1|na D2 i|0|na D3 }
      end; { 1/100 V }
  end; {case }

  asm { wysłanie bajtu kontrolnego }
    mov dx,Kport
    mov al,Kbyte
    out dx,al.
  end; { asm }

end; { zmiana wzmacnienia }

```

Listing 2.

```

procedure ScrollBar1Change;
begin
    Dana := ScrollBar1.Position;

    asm
        mov dx,DPort
        mov al,Dana
        out dx,al
    end; { asm }

end; { zmiana napięcia na wyjściu CA }

```

tości z przetwornika należy dokonać wpisania dowolnej wartości pod ten adres.

Zapis i odczyt rejestrów

Zapis do portu danych przetwornika i do rejestru sterującego odbywa się w standardowy sposób. Fragment programu w assemblerze dokonującego zapisu do portu jest umieszczony poniżej:

```

; zapis do portu karty
mov dx,Port
; 31Eh lub 31Fh
mov al,Dana
; dana 8-bitowa
out dx,al.
; zapis do portu

```

Na **listingu 2** została przedstawiona procedura obsługująca zdarzenie zmiany pozycji na komponencie typu *ScrollBar*. Aby procedura działała poprawnie należy ustawić, dla *ScrollBar1*, wartości właściwości *Min* i *Max* odpowiednio na 0 i 255. Przy takich założeniach przesunięcie paska będzie powodowało zmianę napięcia wyjściowego przetwornika CA. Należy zwrócić uwagę, że przytoczona procedura jest uproszczona, gdyż nie uwzględnia faktu, że dla napięć bipolarnych bajt danych powinien być zapisany w kodzie U2.

Fragment programu odczytującego wartość zmierzoną z przetwornika może wyglądać następująco:

```

mov dx,31dh
out dx,al.
; zapis przypadkowej
; wartości do portu 31Dh
mov dx,Port
; 31Eh lub 31Fh
in al,dx
; odczyt portu
mov Dana,al
; dana 8-bitowa

```

Na **listingu 3** została przedstawiona procedura odczytująca pomiar z przetwornika. Procedurę tą można używać do obsługi zdarzenia *OnTimer* (występującego co zadana liczba milisekund) komponentu *Timer* lub można ją wywoływać po naciśnięciu przycisku. Wartość odczytana z przetwornika jest zapisywana w zmiennej *Dana*.

Program AVT444

Dyskietka dołączana do płytki (AVT-444A) i kitu (AVT-444B) zawiera, oprócz programu PTEST i 444_TEST, program o nazwie AVT444. Jest to przykładowa aplikacja umożliwiająca wykorzystania karty przetwornika AC i CA jako prostego oscyloskopu z generatorem funkcyjnym. Program AVT444, podobnie jak program testujący, ma dwie zakładki, dzięki którym jest możliwe przełączanie pomiędzy oscyloskopem a generatorem.

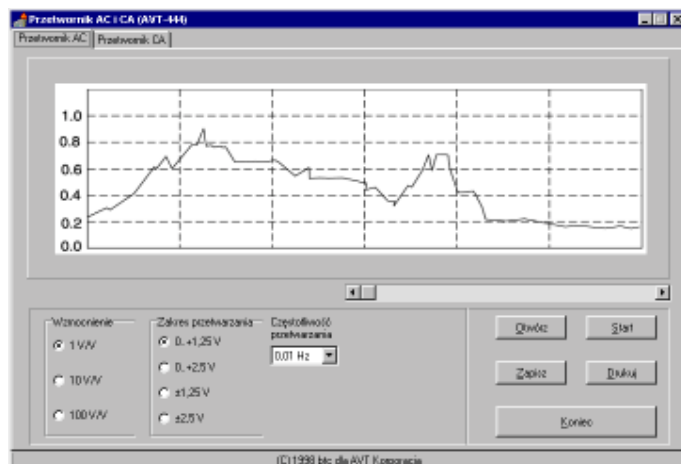
Na **rys. 12** pokazano wygląd okna oscyloskopu (przetwornik AC). W górnej części okna jest wyświetlany wykres czasowy. Poniżej wykresu jest umieszczony poziomy pasek przewijania, który umożliwia przeglądanie zarejestrowanych przez przetwornik na dysk. Przycisk *Start/Stop* umożliwia włączenie/wyłączenie rejestrowania danych. Dane te można później przeglądać (posługując się poziomym paskiem przewijania), nagrać na dysk, lub wydrukować. Po naciśnięciu przycisku *Koniec* praca programu zostaje zakończona.

wcześniej, komponenty umożliwiające zmianę zakresu przetwarzania oraz wzmocnienia. W centralnej części jest umieszczone rozwijane menu służące do wyboru częstotliwości próbkowania. Do wyboru są następujące wartości:

- 0,01 Hz;
- 0,02 Hz;
- 0,05 Hz;
- 0,1 Hz;
- 0,2 Hz;
- 0,5 Hz;
- 1 Hz;
- 2 Hz;
- 5 Hz;
- 10 Hz;
- 20 Hz;
- 50 Hz;
- 100 Hz;
- 200 Hz;
- 500 Hz;
- 1 kHz;
- 2 kHz;
- 5 kHz;
- 10 kHz;
- 20 kHz;
- 50 kHz;
- 100 kHz.

Z prawej strony znajduje się przyciski: *Otwórz*, *Start/Stop*, *Zapisz*, *Drukuj*, *Koniec*. Po wciśnięciu przycisku *Otwórz* jest możliwe wczytanie z dysku pliku z danymi pomiarowymi. Dane te można przeglądać lub drukować (przycisk *Drukuj*). Przycisk *Zapisz* umożliwia zapisanie danych zarejestrowanych przez przetwornik na dysk. Przycisk *Start/Stop* umożliwia włączenie/wyłączenie rejestrowania danych. Dane te można później przeglądać (posługując się poziomym paskiem przewijania), nagrać na dysk, lub wydrukować. Po naciśnięciu przycisku *Koniec* praca programu zostaje zakończona.

Na **rys. 13** pokazano wygląd okna generatora (przetwornik CA). W górnej części okna jest wyświetlany wykres czasowy, poka-



Rys. 12. Wygląd ekranu przykładowego programu AVT444 - zakładka przetwornika AC.

Listing 3.

```

procedure TimerTick;
begin
    asm
        mov dx,$31d
        out dx,al
        mov dx,DPort
        in al,dx
        mov Dana,al
    end;

end; { Timer tick }

```


zujący przebieg, generowany przez kartę przetwornika. Dolna część okna zawiera elementy umożliwiające sterowanie pracą karty. Z lewej strony są umieszczone cztery przyciski, którymi można wybrać rodzaj sygnału na wyjściu przetwornika. Do wyboru mamy:

- napięcie stałe;
- przebieg prostokątny;
- przebieg sinusoidalny;
- przebieg wg wzorca wczytanego z pliku.

Po wybraniu pierwszego przycisku na wyjściu przetwornika pojawia się napięcie stałe o wartości regulowanej pionowym paskiem przewijania z centralnej części okna. Przebiegi: prostokątny i sinusoidalny, nie wymagają omówienia. Ciekawą właściwością programu jest czwarta możliwość, czyli generowanie sygnału zgodnie z wzorcem użytkownika. Wzorzec ten jest wczytywany po naciśnięciu przycisku *Otwórz*, znajdującego się z prawej strony. Plik taki można stworzyć za pomocą dowolnego edytora tekstu. Plik tego typu musi spełniać następujące warunki:

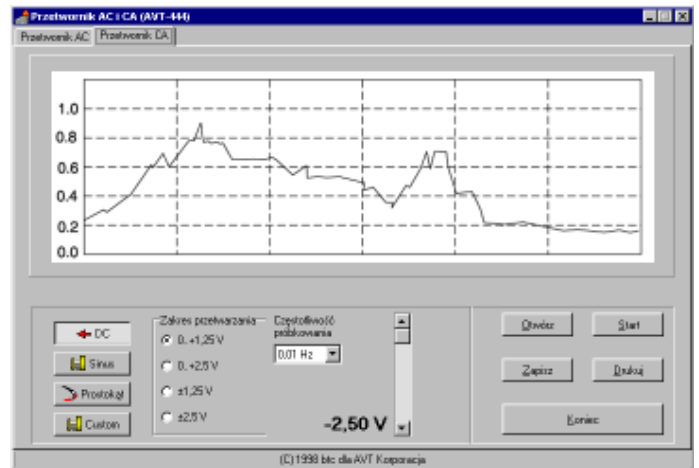
- maksymalna długość pliku z danymi: 5000 bajtów;
- dane muszą być zapisane w formacie heksadecymalnym;
- w każdym wierszu może być podana tylko jedna wartość.

Po wczytaniu pliku z danymi, program sprawdza czy jest

możliwe wygenerowanie przebiegu opisanego danymi z pliku wejściowego przy zadanej częstotliwości. Jeżeli nie będzie to możliwe, zostanie wyświetlony odpowiedni komunikat, w którym będzie podana maksymalna częstotliwość, z jaką zadany przebieg można generować.

W centralnej części, oprócz wspomnianego już paska do ustawiania napięcia stałego, znajduje się grupa przycisków typu *Radio-Button* umożliwiająca zmianę zakresu przetwarzania. W centralnej części jest umieszczone rozwijane menu służące do wyboru częstotliwości próbkowania (wartości częstotliwości próbkowania są takie same, jak dla przetwornika AC). Z prawej strony znajdują się przyciski o znaczeniu analogicznym, jak dla przetwornika AC.

Podane wyżej informacje są wystarczające, aby samodzielnie stworzyć oprogramowanie do kar-



Rys. 12. Wygląd ekranu przykładowego programu AVT444 - zakładka przetwornika CA.

ty. Przy tak bogatych możliwościach, jakie posiada omawiana karta, może ona znaleźć zastosowanie w nieskończonej liczbie aplikacji. Przykładem może być system nadzorujący jakiś proces, który monitoruje sygnał wejściowy (przetwornik AC) i po przekroczeniu pewnej wartości generuje sygnał alarmowy (przetwornik CA). Karta może również pracować jako oscyloskop dla częstotliwości akustycznych, lub jako źródło sygnału zegarowego. Przy konstruowaniu przystawek wykonawczych należy pamiętać, że układ OPA633 (US4) nie jest zabezpieczony przed przeciążeniem.

Paweł Zbysiński