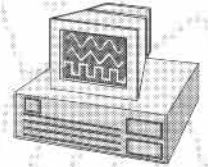
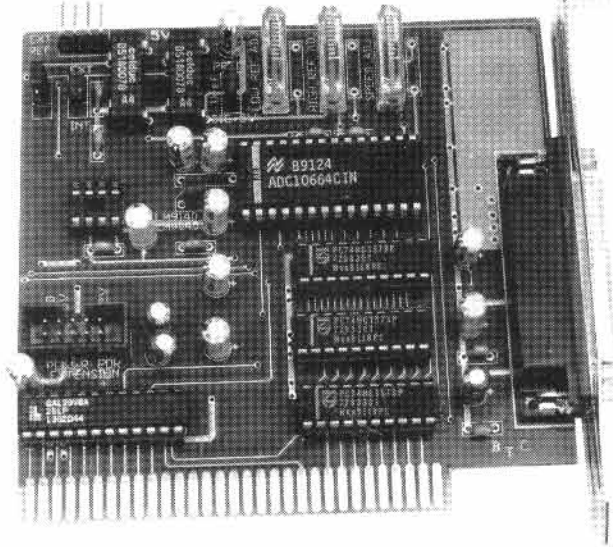


LABORATORIUM W PC-cie

10-bitowy przetwornik A/C do komputera PC, część 1

kit AVT-264

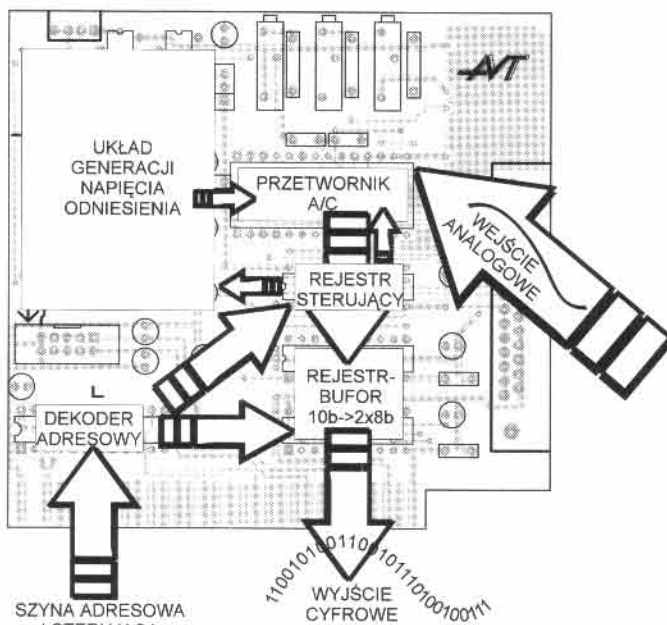
Przetwornik A/C o dużej, bo aż 10-bitowej rozdzielczości, jest bardzo przydatnym urządzeniem w każdym laboratorium elektronicznym. Dzięki zastosowaniu prostego w obsłudze i jednocześnie praktycznego oprogramowania, kartę można zastosować jako precyzyjny woltomierz czterokanałowy lub jako prosty oscyloskop, ułatwiający analizę mierzonych przebiegów.



Przedstawione w artykule urządzenie jest kolejnym przyrządem, stanowiącym wyposażenie „Laboratorium w PC-cie”. Karta wraz z oferowanym przez nas oprogramowaniem umożliwia:

- pomiar napięć stałych, w czterech niezależnych, włączanych programowo kanałach. Wartość zmierzonych napięć wskazywana jest na poczwórnym, czteropozycyjnym wyświetlaczu cyfrowym (symulowanym programowo na ekranie monitora komputera),
- pomiar i wykreślenie na ekranie monitora przebiegu napięcia zmiennego w funkcji czasu, z jednego wybranego programowo wejścia,
- automatyczne przeliczanie wyniku pomiaru w zależności od wartości stosowanego napięcia wzorcowego. Możliwe jest zastosowanie źródła precyzyjnego o napięciu 4.096V lub 5V,
- istnieje możliwość dowolnego zawężenia okna napięcia odniesienia (w zakresie 0..+5V),
- odstęp pomiędzy kolejnymi pomiarami można ustalić w zakresie: 100ms, 1sek, 10 sek.

Program obsługujący kartę pracuje w standardowym trybie graficznym VGA (640x480). Napisany



Rys. 1. Schemat blokowy karty pomiarowej.

został w języku C++ z niewielkimi wstawkami w assemblerze i86. Cechuje go łatwa i intuicyjna obsługa oraz dość duże możliwości pomiarowe. Ponieważ graficzny tryb pracy angażuje sporo mocy obliczeniowej jednostki centralnej komputera, zalecane jest wykorzystanie pamięci „shadow” dla BIOSów systemu i karty graficznej. Rozwiązanie takie znacznie przyspiesza wszelkie operacje związane z dostępem do ekranu. „Sercem” karty jest czterokanałowy przetwornik A/C firmy National Semiconductor ADC10664. Wybrano ten układ, ponieważ obok wbudowanego multipleksera analogowego, jest wyposażony także w wewnętrzny, bardzo szybki układ próbkująco-pamiętający (ang. Sample & Hold), timer ustalający moment pojawienia się sygnału przerwania INT (sygnalizujący koniec przetwarzania) i jest zasilany pojedynczym napięciem 5V. Układ ADC10664 należy do nowej generacji przetworników firmy National Semiconductor, pracujących w oparciu o zasadę semiflash (o podziale 6/4 bity). Dzięki temu wewnętrzna budowa układu jest niezbyt skomplikowana, a przetwornik jest bardzo szybki.

Wymagania karty i oprogramowania w stosunku do komputera są następujące:

- min. AT286-16MHz ze stacją dysków elastycznych 3.5' (zalecany dysk twardy),
- karta graficzna VGA z monitorem monochromatycznym lub kolorowym,
- jedno wolne złącze 8-bitowe ISA.

Nie są to duże wymagania, tak więc praktycznie każdy posiadacz komputera PC będzie mógł stosować tę kartę w swoim laboratorium. Należy jednakże zwrócić uwagę na fakt, że zastosowanie szybkiego i dobrze skonfigurowanego komputera pozwala na powiększenie górnej częstotliwości próbkowania. Układy zastosowane na karcie zapewniają poprawną pracę z częstotliwością taktowania szyny ISA nawet 25MHz, co znacznie przekracza możliwości standardowych komputerów PC.

Opis układu

Schemat blokowy karty pomiarowej przedstawia rys.1. Jej schemat elektryczny znajduje się na rys.2. Budowa układu pomiarowego jest niezwykle prosta, głównie dzięki zastosowaniu układu PLD typu GAL20V8 (US1) jako dekodera adresowego. Ta stosunkowo najmniej złożona funkcjonalnie część interfejsów komputerowych, realizowana technikami dyskretnymi (TTL) zajmuje dużo miejsca na płycie i może sprawić spore kłopoty podczas uruchomienia. Jeden układ PLD likwiduje większość tego typu problemów. Na wejścia US1 podawane są sygnały z szyny adresowej A0..9, szyny sterującej !RD, !WR oraz AEN. Na wyjściach układu US1 pojawiają się trzy sygnały selekcyjne, sterujące wpisem do rejestru konfiguracyjnego US3 (CLK_CNTR) oraz odczytem z rejestrów-buforów US4 (SEL_HIGH) i US5 (SEL_LOW). Program napisany w języku CUPL, który po skompilowaniu i zaprogramowaniu układu GAL20V8 po-

zwoli na pracę tego układu jako kompletnego dekodera adresowego przedstawia list.1. Na rys.3 znajduje się widok wyprowadzeń układu US1 wraz z przypisanymi im oznaczeniami. Na list.2 znajduje się tabela prawdy opisująca działanie dekodera US1. Listing ten stanowi fragment pliku wykorzystywanego do symulacji układu przy pomocy kompilatora CUPL. Układ US3 spełnia rolę rejestru sterującego zarówno pracą przetwornika US2, jak i przełączników ograniczających wartość napięcia odniesienia Prz1 i Prz2. Na rys.4 przedstawiono mapę adresową obszaru I/O zajętego przez kartę, wraz ze skróconym opisem znaczenia poszczególnych bitów. Sterowanie pracą całego przetwornika odbywa się poprzez dokonywanie wpisów do tego rejestru. Rejestry-bufory US4 i US5 mają do spełnienia w układzie dwa zadania:

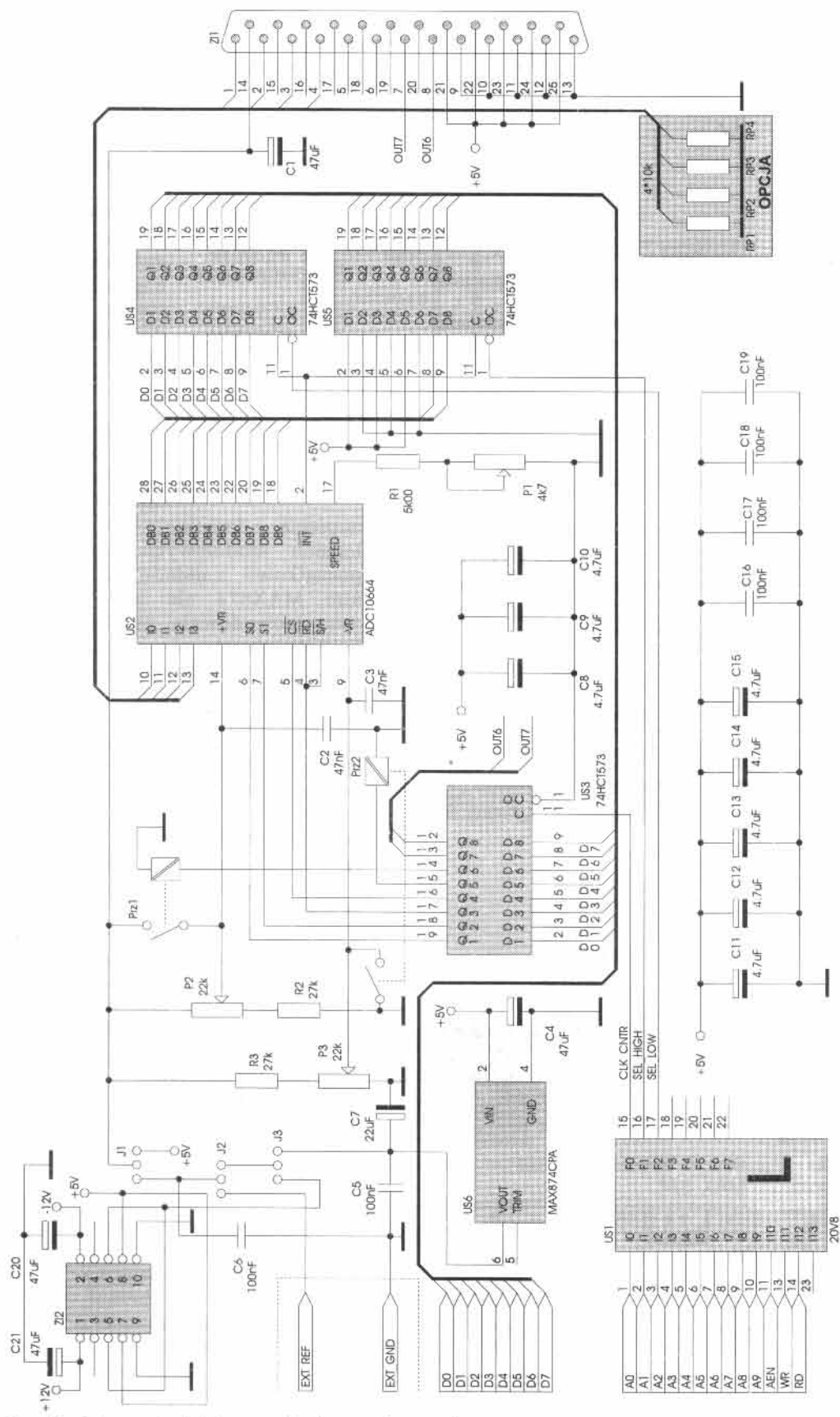
- zapamiętanie wyniku pomiaru z wyjść przetwornika US2. Wpisu do rejestrów dokonuje sam przetwornik przy pomocy sygnału zgłoszenia przerwania !INT (pin 2). Wejścia zegarowe C układów US4 i US5 połączone są ze sobą, co sprawia, że wpis 10-bitowej danej odbywa się jednocześnie do obydwu rejestrów,

- buforowanie odczytu danych przesyłanych do komputera. Wyjścia układów US4 i US5 połączone są równolegle ze sobą, tak więc jednoczesny ich odczyt jest niemożliwy - zapobiega takiej sytuacji dekodery adresowe US1.

Ponieważ jednym z założeń podczas konstruowania tej karty było maksymalne uproszczenie układu, przesyłanie danych odbywa się po szynie 8-bitowej. Zastosowanie 10-bitowego przetwornika pozwoliło uzyskać bardzo dużą dokładność pomiaru ale w konsekwencji konieczne było zastosowanie pewnej „sztuczki”, umożliwiającej przesłanie 10-bitowej danej 8-bitową szyną. „Sztuczka” polega na kolejnym odczycie dwóch bajtów, z których w jednym przesyłane jest osiem młodszych bitów słowa wyjściowego przetwornika US2 (są to bity D0..7), drugi bajt zawiera tylko dwa najstarsze bity słowa wyjściowego układu US2 (D8 i D9), które są przesyłane liniami D7 i D6 szyny danych komputera. Rys.5

Parametry karty przetwornika:

- ilość kanałów pomiarowych w trybie znakowym: 1..4,
- ilość kanałów pomiarowych w trybie graficznym: 1 z 4,
- napięcie wejściowe dla każdego kanału: 0..+5V,
- rozdzielczość pomiaru: 10 bitów,
- napięcie odniesienia (dla wszystkich kanałów jednocześnie): 4.096 (kwant napięcia 4mV) lub 5V (kwant napięcia 4.88mV). Napięcie to może być otrzymywane przy pomocy układów montowanych na płycie lub dostarczane z zewnątrz. Podane wartości Uref wynikają z przyjętego w programie przelicznika,
- czas konwersji: ok. 500ns,
- maksymalna częstotliwość próbkowania w trybie graficznym (zależna od komputera i jego konfiguracji): 30..70kHz,
- napięcie zasilania: +5V,
- pobór prądu przez kartę, max. 300mA,
- wykorzystany interfejs: 8-bitowa ISA,
- zajmowany obszar adresowy: 310H..312H (obszar przewidziany dla kart prototypowych),



Rys. 2. Schemat elektryczny karty pomiarowej.

ułatwi zrozumienie sposobu nakiadkowania tych dwóch bajtów danych na siebie. Pozostałe bity (tzn. D0..5) bufo-

rowane przez US5 są połączone tak, że na przemian ustalone są na nich „1” i „0”. Można wykorzystać te bity do identyfikacji

bezpośrednio z wyjść rejestru US3) podajemy „0” logiczne, co powoduje włączenie potencjometrów w szereg z rezystorami R2

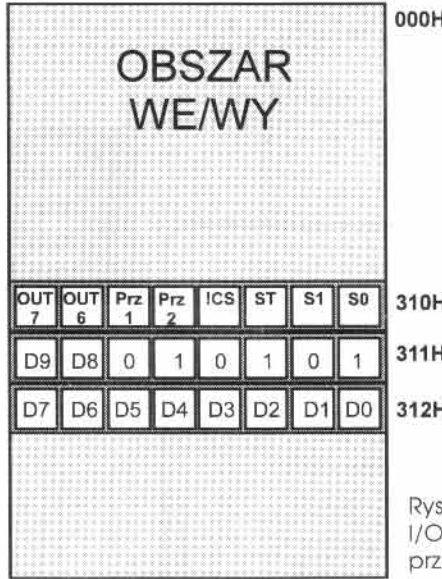
karty zamontowanej w komputerze. Identyfikacja polega na odczytaniu przy pomocy dowolnego programu (choćby PTEST.EXE, który jest dołączony do kitu AVT-264) danej znajdującej się pod adresem 311H. Jeżeli na sześciu najmłodszych bitach kombinacja „0” i „1” będzie następująca: XX010101 (gdzie X-może być jedynką lub zerem), to jest bardzo prawdopodobne, że w slotcie zainstalowana jest karta przetwornika. Fałszywa identyfikacja jest oczywiście możliwa, ale bardzo mało prawdopodobna. Sens stosowania tego typu rozwiązania polega na zapobieganiu wyświetlaniu fałszywych wyników pomiarów np. podczas błędnego skonfigurowania karty. Jak wspomniano na początku artykułu wartość napięcia odniesienia można zmieniać w zakresie 0...+5V. Zmiana taka jest możliwa dzięki zastosowaniu dzielników rezystancyjnych P2/R2 oraz P3/R3. Podczas standardowej pracy na wejście +Uref (pin 14, US2) podawane jest napięcie odniesienia wprost z jumpera J1, a na wejście -Uref (pin 9, US2) podawana jest masa zasilania. Stan taki występuje dzięki zwarceniu suwaków potencjometrów P2 i P3 przez styki miniaturowych przełączników Prz1 i Prz2.

W przypadku konieczności zmiany szerokości okna przetwarzania (rys.6) na cewki prze-

DEC_AC		
A0 x-1	241-x	Vref
A1 x-2	231-x	
A2 x-3	221-x	
A3 x-4	211-x	
A4 x-5	201-x	
A5 x-6	191-x	
A6 x-7	181-x	
A7 x-8	171-x	ISSEL_LDW
A8 x-9	16-x	ISSEL_HIGE
A9 x-10	15-x	CTR_REG_CLR
REM x-11	14-x	RD
GND x-12	13-x	WR

Rys. 3. Wyprowadzenie dekodera adresowego US1.

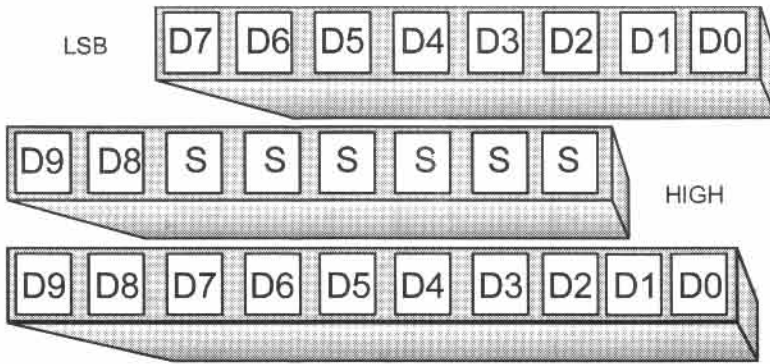
i R3. Wartość napięcia odpowiadającego dolnemu progowi okna przetwarzania ustalamy przy pomocy potencjometru P3, a napięcie odpowiadające górnej części okna, przy pomocy P2. Potencjometr P1 wraz z szeregowo włączonym rezystorem R1 ustala



P1 zamontować wysokostabilny rezystor o rezystancji ok. 3..4kΩ. Dla poprawności pracy karty bardzo istotne jest, aby rezystancja widziana przez wejście SPEED (pin 17, US2) była jak najbardziej stabilna w funkcji temperatury i czasu.

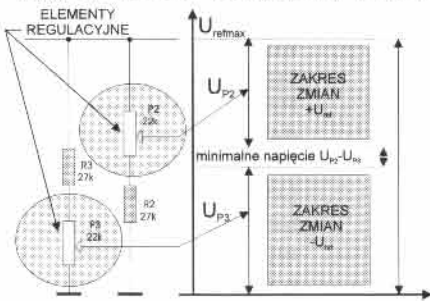
W zależności od możliwości zakupu precyzyjnych źródeł napięcia odniesienia i oczywiście konieczności dokładności realizowanego pomiaru, możliwe jest stosowanie różnych źródeł

Rys. 4. Mapa rejestrów I/O wykorzystywanych przez kartę.

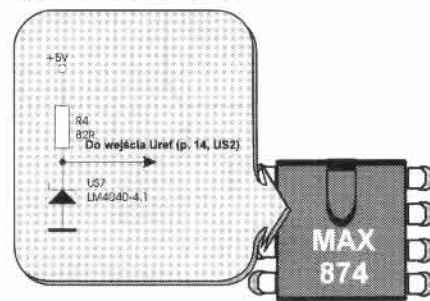


SŁOWO WYJŚCIOWE

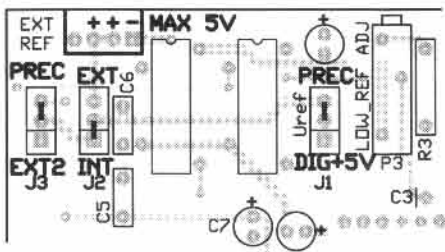
Rys. 5. Sposób nakładania bajtów z wynikiem pomiarów.



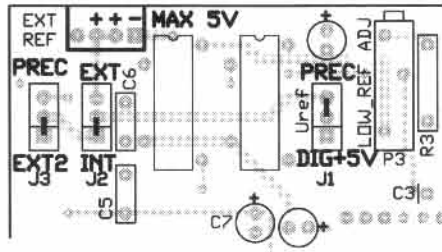
Rys. 6. Sposób zmiany szerokości napięciowego okna przetwarzania.



Rys. 7. Sposób zastąpienia układu MAX 874.



Rys. 8. Konfiguracja jumperów dla wewnętrznego źródła Vref.



Rys. 9. Konfiguracja jumperów dla zewnętrznego źródła Vref.

czas opóźnienia generowanego przez wewnętrzny timer układu US2. Ponieważ w warunkach ama-

torskich precyzyjne ustalenie czasu opóźnienia jest bardzo trudne można w miejscu potencjometru

napięcia odniesienia. W egzemplarzach modelowych korzystano początkowo z układu firmy Maxim MAX874 ale jego wysoka cena spowodowała, że płytką drukowana została nieco zmodyfikowana, co umożliwiło stosowanie popularnego i dość taniego układu produkowanego przez National Semiconductor LM4040-4.1. Na rys.7 znajduje się schemat obrazujący sposób zastąpienia układu MAX874.

Istnieje ponadto możliwość wykorzystania napięcia odniesienia z dowolnego źródła zewnętrznego. Można je dołączyć do karty na dwa sposoby - poprzez proste złącze szpilkowe znajdujące się w górnej części karty (oznaczone EXT. REF.) lub poprzez złącze ZWS (oznaczone POWER FOR EXTENSION), na które dodatkowo wyprowadzono napięcia +12V, -12V oraz +5V. Napięcia te można wykorzystać do zasilania dodatkowych układów współpracujących z kartą przetwornika.

Dodatkową ale rzadko wykorzystywaną opcją jest możliwość wykorzystania jako napięcia odniesienia napięcia zasilającego kartę. Nie zapewnia ono jednak wysokiej dokładności pomiarów i powoduje, że przetwornik A/C jest mało odporny na zakłócenia. Selekcji źródła napięcia odniesienia dokonuje się przy pomocy jumperów J1..3, które znajdują się w górnej części płytki drukowanej. Na rys.8 przedstawiono konfigurację jumperów podczas korzystania z napięcia stabilizowa-

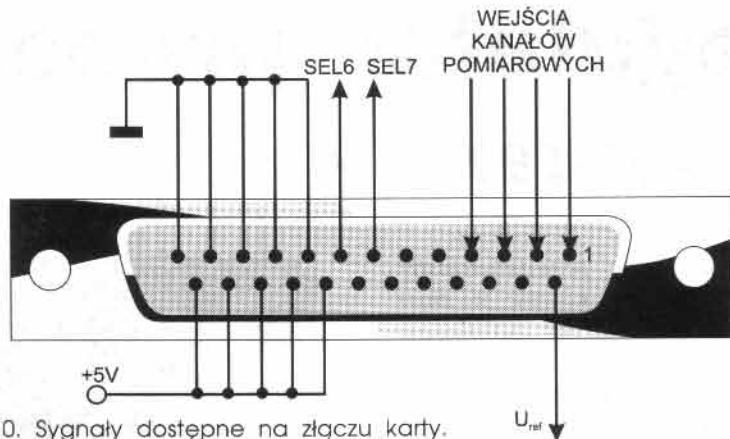
nego przez układ zamontowany na karcie, a na **rys.9** podczas korzystania z napięcia odniesienia dostarczanego z układu zewnętrznego, dołączonego do złącza Z12. Wejścia przetwornika oraz szereg sygnałów pomocniczych wprowadzono na typowe złącze DB-25 (żeńskie). Na **rys.10** znajduje się uproszczony opis funkcjonalny tych sygnałów.

Sterowanie pracą karty

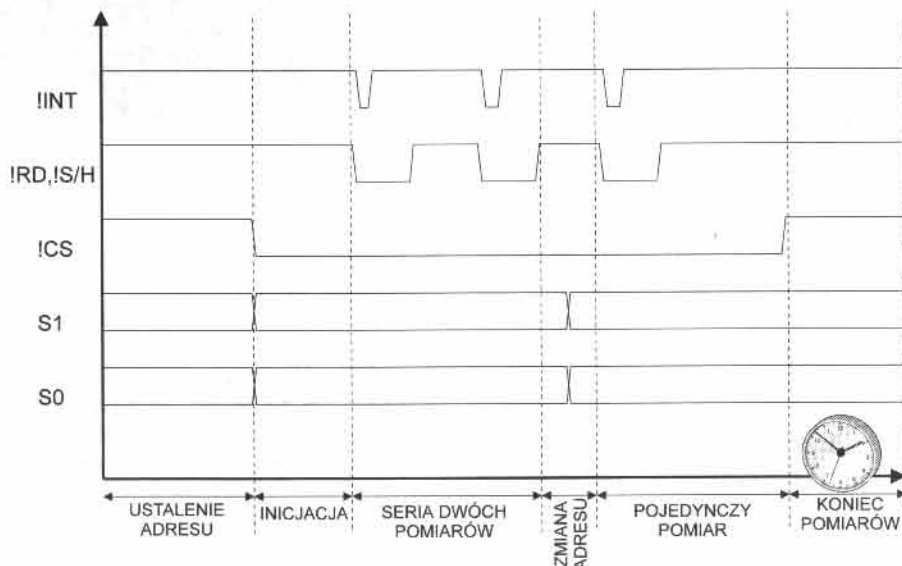
Wszystkie operacje związane z zainicjowaniem pracy przetwornika, jak i jego konfiguracją, odbywają się poprzez dokonywanie wpisów do rejestru sterującego CNTR_REG (adres 310H).

Rozpoczęcie cyklu pomiarowego przez przetwornik rozpoczynamy od wpisania do rejestru 310H na dwa najmłodsze bity (D0 i D1) numeru kanału z którego chcemy otrzymać odczyt. Bity te sterują bezpośrednio wejściami adresowymi multiplexera zintegrowanego w strukturze US2.

Kolejnym krokiem jest uaktywnienie przetwornika poprzez wpisanie „0” logicznego na bit D3 rejestru 310H. Powoduje to podanie sygnału „0” na wejście !CS US2 (US2 przechodzi w tryb aktywnego oczekiwania). Pomiar rozpoczyna się w kolejnym kroku - na bit D2 rejestru 310H wpisujemy kolejno „0” i następnie „1”. Standardowo po czasie ok. 470 ns od podania „0” na połączone ze sobą wejścia !RD i !S/H (a więc



Rys. 10. Sygnały dostępne na złączu karty.



Rys. 11. Wykres czasowy przebiegu sygnałów sterujących pracą karty.

bardzo szybko, znacznie szybciej niż może zareagować procesor komputera) na wyjściu INT⁺ US2 (pin 2) pojawia się ujemny impuls

wpisujący dane z wyjść DB0..9 do rejestrów US4 i US5. Od tego momentu możliwe jest odczytanie wyniku pomiaru. Jak wspomniano już wcześniej odczyt 10-bitowej danej odbywa się w dwóch krokach i wymaga zsumowania logicznego przez program obsługujący. Kolejne pomiary można realizować poprzez generowanie kolejnych impulsów na bicie D2 (wyjście Q3) rejestru US3, bez konieczności każdorazowego inicjowania układu przetwornika sygnałem !CS (oczywiście pod warunkiem, że !CS=0).

Opisany powyżej sposób sterowania układu ADC10664 jest jednym z dwóch przewidzianych przez producenta. Nazywa się on MODE2 i jest prostszy w realizacji programowej od MODE1. **Rys.11** przedstawia przykładowe przebiegi sterujące pracą karty, zgodne z przedstawionym opisem.

Dokończenie artykułu w EP1/96
Piotr Zbysiński, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory

R1: 5.0kΩ (4.5..5.5kΩ)
R2, R3: 27kΩ
R4: 82Ω
RP: 10kΩ (w obudowie SIL5)

Kondensatory

C1, C4, C20, C21: 47μF/16V
C2, C3: 47nF
C5, C6, C16, C17, C18, C19: 100nF
C7: 22μF/16V

C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15: 4.7μF/10V

Półprzewodniki

US1: GAL20V8-zaprogramowany AVT-264
US2: ADC10664CIN lub podobny (DIL28)
US3, US4, US5: 74LS573 lub HCT573

US6: MAX874CPA (patrz tekst)

US7: LM4040-4.1 (patrz tekst)

Różne

J1, J2, J3: Jumpery
P1: 4k7-precyzyjny
P2, P3: 22k-precyzyjny
Prz1, Prz2: CELDUC DIL14
Z1: Złącze DB25 żeńskie
Z12: ZWS5X2 (gniazdo proste do druku)

Dyskietka z oprogramowaniem AVT-264.

Na dyskietce znajdują się następujące programy:

- ac.exe, odpowiadający za obsługę karty,
- ptest.exe, uniwersalny program wspomagający uruchomienie karty.

Nie są dostępne kody źródłowe programów.