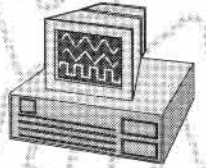


LABORATORIUM W PC-cie

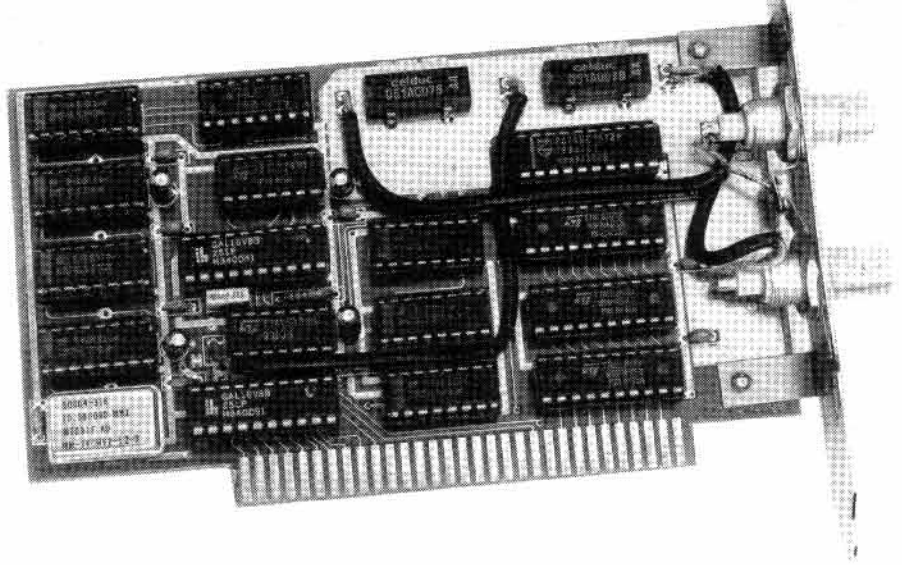
Miernik częstotliwości i okresu - karta do PC

część 1



kit AVT-261

Przyrządy pomiarowe, a wśród nich także częstotściomierze, stanowią niezbędny fragment pracowni każdego elektronika. Największą popularnością cieszyły się dotychczas przyrządy stacjonarne, wyposażone w zasilacz, własny wyświetlacz, przełączniki, rozbudowane układy wejściowe oraz specjalnie przygotowaną obudowę. Chcemy zachęcić Czytelników do nieco innego spojrzenia na wyposażenie swojego laboratorium - zastosowanie komputera do pomiarów, przetwarzania wyników i wyświetlania wskazań może obniżyć koszt wykonania przyrządu, zwiększyć komfort obsługi i znacznie ją uprościć. Budowę „Laboratorium w PC-cie“ rozpoczynamy od przyrządu umożliwiającego pomiar częstotliwości i okresu sygnału prostokątnego, a po dodaniu prostych przystawek także sinusoidalnego.

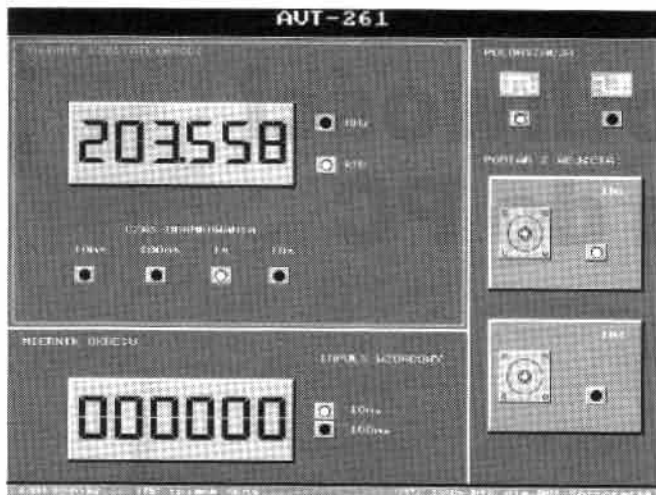


Typowe laboratorium elektroniczne powinno być wyposażone w szereg przyrządów - najczęściej są to: miernik uniwersalny, zasilacz, generator funkcyjny, oscyloskop oraz miernik częstotliwości. Zakup takich przyrządów wymaga z reguły sporego wysiłku finansowego, na co większość miłośników elektroniki nie może sobie pozwolić. Znaczne obniżenie kosztów wyposażenia laboratorium można osiągnąć poprzez zmianę podejścia do sprzętu pomiarowego - przecież w większości wypadków wykonywanie pomiarów oraz obróbkę danych można zlecić komputerowi, dzięki czemu możemy skupić się na realizacji samego „rdzenia“ urządzenia pomiarowego, a pominąć zasilanie, obudowę oraz panel wskaźnikowy. Ten ostatni element jest szczególnie podatny na plastyczną obróbkę utalentowanego programisty. Możliwości współczesnych kompilatorów języków C++ oraz Pascala pozwalają na niemal dowolne operowanie grafiką. Mamy nadzieję, że wygląd panelu

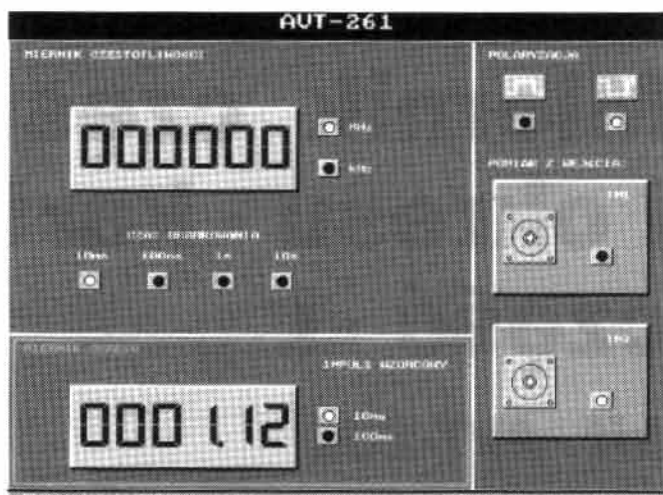
sterującego program obsługującego kartę (na **rysunku 1** oraz **rysunku 2**) spodoba się naszym Czytelnikom.

Podczas opracowywania projektu autor kierował się następującymi założeniami:

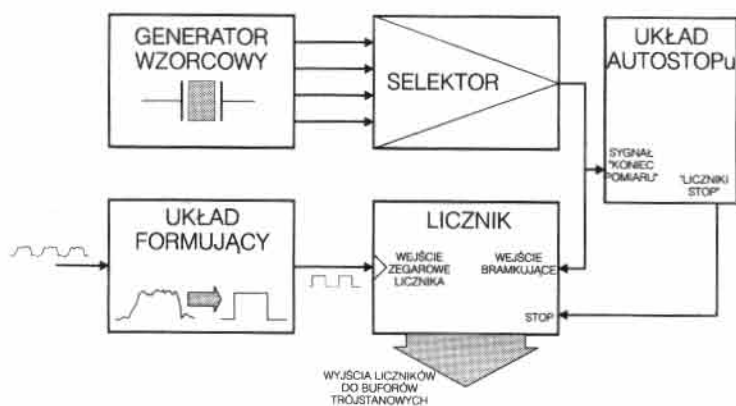
- konstrukcja powinna się opierać o ogólnie dostępne i tanie układy TTL serii LS lub HCT oraz układy programowalne GAL16V8. Zastosowanie GALi pozwoliło na wydatne obniżenie ilości układów - jeden z nich spełnia rolę dekodera adresowego (dekoduje adresy wszystkich portów zajętych przez kartę), drugi zastępuje funkcjonalnie co najmniej 4 standardowe układy TTL, co przy stosunkowo niskiej cenie układu PLD przeważało na jego korzyść;
- obok „sprzętu“ w komplecie powinno znaleźć się proste w obsłudze i jednocześnie w pełni funkcjonalne oprogramowanie umożliwiające wykorzystanie wszystkich możliwości pomiarowych karty (rys. 1 oraz rys. 2);



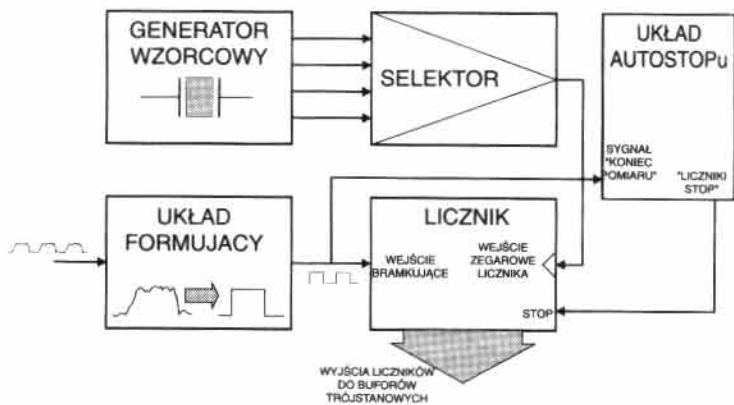
Rys. 1. Widok ekranu monitora podczas pomiaru częstotliwości



Rys. 2. Widok ekranu monitora podczas pomiaru okresu



Rys. 3. Schemat blokowy przyrządu podczas pomiaru częstotliwości



Rys. 4. Schemat blokowy przyrządu podczas pomiaru okresu

- przy pomocy karty można będzie mierzyć okres i częstotliwość sygnałów prostokątnych TTL, układy dopasowujące i przekształcające przebiegi o innych kształtach dołączane są z zewnątrz;
- zliczanie impulsów odbywa się w kodzie BCD (w każdym bajcie

- dwie cyfry), dzięki czemu stonunkowo łatwe jest napisanie własnej wersji programu obsługującego kartę;
- karta nie będzie wykorzystywała przerwań sprzętowych w złączu ISA, ponieważ prawdopodobne jest wystąpienie konfliktu

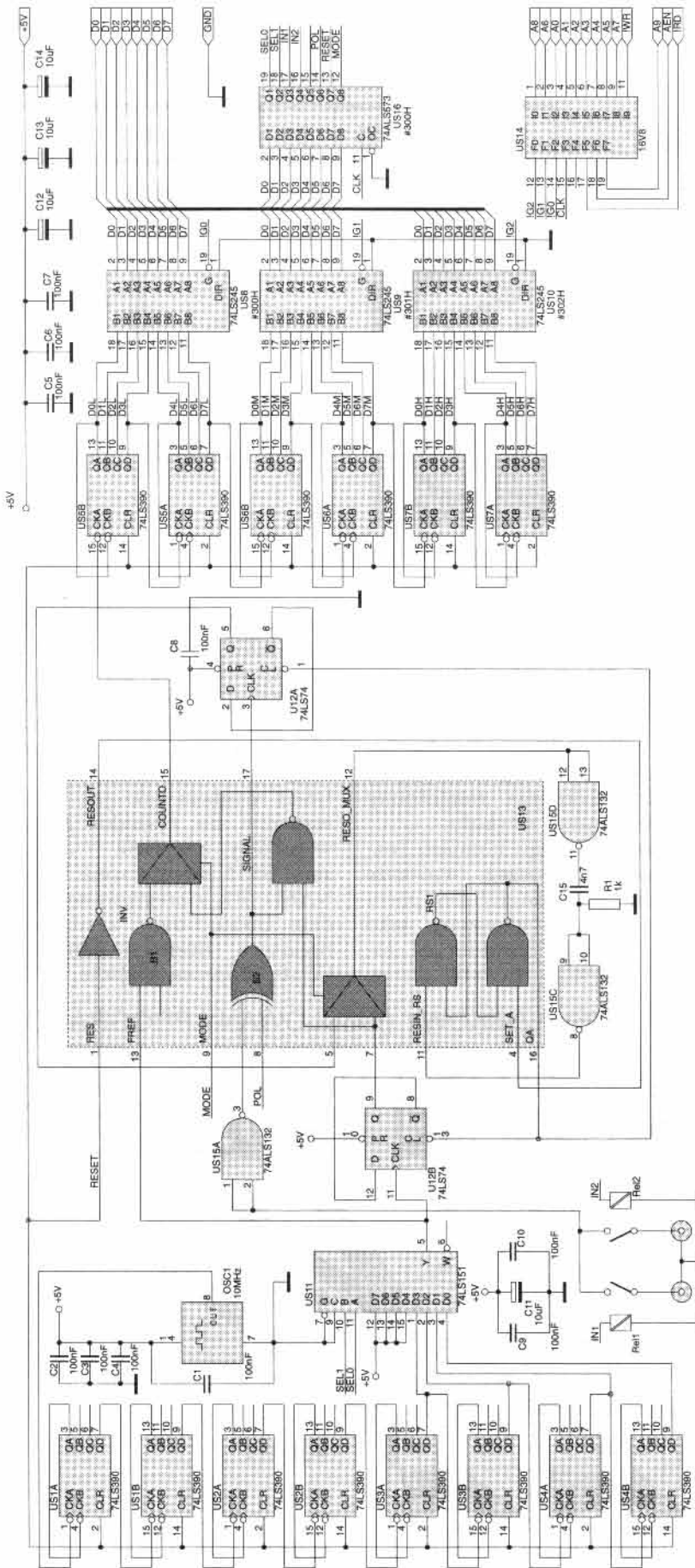
w przypadku złego skonfigurowania;

- karta może pracować na dowolnym komputerze PC wyposażonym w standardowe, 8-bitowe złącze ISA.

Wymagania stawiane przez oprogramowanie sterujące miernikiem komputerowi są niewielkie:

- karta VGA (można wykorzystać monitor monochromatyczny) z min. 256kB RAM. Program nie będzie pracował poprawnie na karcie graficznej Hercules, EGA nawet z programami emulującymi tryb VGA;
- dowolny procesor kompatybilny z 8086 (sprawdzono, karta pracuje także z XT);
- co najmniej 256kB wolnej pamięci RAM w komputerze.

Ponieważ program wykorzystuje przerwania programowe do zliczania czasu odniesienia, dla odczytania wyniku pomiaru należy unikać korzystania z programów mogących zmieniać czas zliczania. Wszystkie standardowe programy, jeżeli dokonują zmian w obsłudze przerwań, to po zakończeniu swojej pracy odtwarzają stan początkowy. W przypadku posługiwania się programami nie-licencjonowanymi lub shareware (pisanymi przez programistów - amatorów) istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia kłopotów z poprawnością odczytu danych. Oczywiście, jeżeli częstościomierz będziemy wykorzystywać od razu po uruchomieniu komputera (program obsługujący kartę pomiarową będzie pierwszym uruchamianym programem, oprócz typowych nakładek - XTree, Norton



Rys. 5. Schemat elektryczny karty pomiarowej

Commander itp.) to tego typu problemy nie powinny wystąpić.

Jak zauważyli uważni Czytelnicy, artykuł nosi nagłówek „Laboratorium w PC-cie“, co ma za sygnalizować początek cyklu artykułów o różnego typu przyrządach pomiarowych przeznaczonych do wbudowania w PC-ta.

Opis układu

Niezależnie od zastosowanego w częstotściomierzu interfejsu wyświetlającego, struktura blokowa przyrządu jest właściwie zawsze jednakowa. Oznacza to, że struktura przedstawianego przez nas miernika jest typowa dla przyrządów tej klasy. Główną różnicą w stosunku przyrządów stacjonarnych jest układ „autostopu“, zatrzymujący miernik po dokonaniu odczytu aż do momentu ponownej inicjacji. Na **rysunku 3** przedstawiono schemat blokowy przyrządu podczas pomiaru częstotliwości, zaś na **rysunku 4** schemat blokowy podczas pomiaru okresu. Różnica w konfiguracji pomiarowej w obydwu przypadkach jest niewielka - w przypadku pomiaru częstotliwości wzorcowy sygnał generatora kwarcowego bramkuje zliczanie impulsów przez licznik, zezwalając na zliczanie przez precyzyjnie wybrany (z dokładnością oscylatora kwarcowego) odcinek czasu. W czasie pomiaru okresu licznik zlicza impulsy wzorcowe z generatora kwarcowego przez czas określony przez impuls wejściowy. Porównanie schematów blokowych z rys. 3 i rys. 4 sugeruje możliwość wykorzystania w obydwu aplikacjach elementów wspólnych dla obydwu układów, tzn. bramki wejściowej, generatora wzorcowego wraz z multiplekserem selekcji zakresu oraz liczników. Postępowanie takie wymusza na projektancie wbudowanie w strukturę urządzenia układów przełączających pomiędzy dwoma trybami pracy. Stało się to bardzo proste dzięki zastosowaniu układu programowalnego GAL.

Na **rysunku 5** przedstawiono schemat elektryczny karty pomiarowej. Moduł generatora wzorcowego, generujący wszystkie wzorce czasu i częstotliwości niezbędne do pomiarów, składa się z oscylatora kwarcowego OSC1 oraz połączonych szeregowo licz-

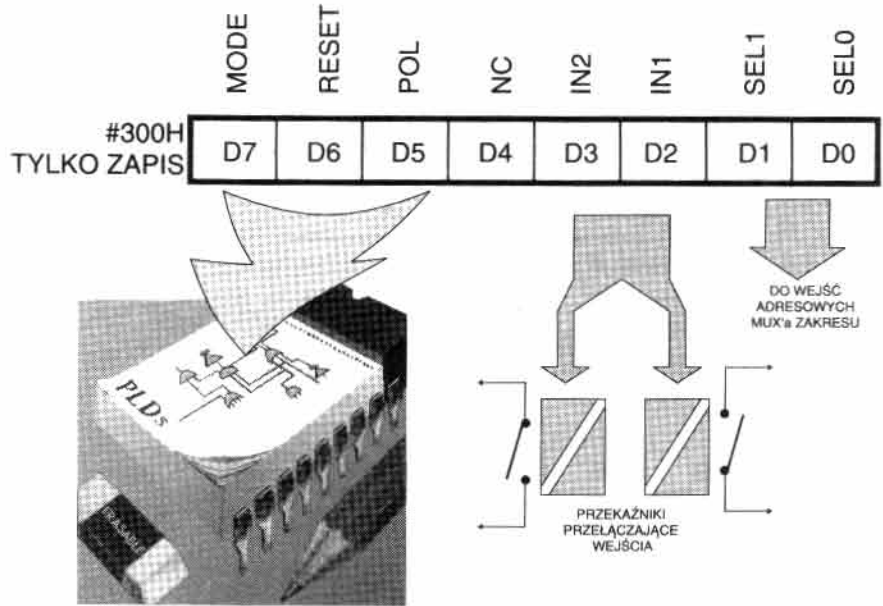
ników US1..4. Jako wzorce dla pomiarów wykorzystane są sygnały wyjściowe ze stopni liczników o podziałach:

- 1:100000 (f=100Hz, t=10ms),
- 1:1000000 (f=10Hz, t=100ms),
- 1:10000000 (f=1Hz, t=1s),
- 1:100000000 (f=0.1Hz, t=10s).

Selekcji odpowiedniego sygnału wzorcowego dokonuje się za pomocą multipleksera US11, adresowanego za pomocą bitów SEL0 oraz SEL1. Obydwa bity selekcyjne są zatraskiwane w rejestrze sterującym pracą karty - US16. Na **rysunku 6** przedstawiono mapę bitową tego rejestru. Jak widać, oprócz dwóch bitów selekcji zakresu (są to dwa najmłodsze bity D0, D1) do rejestru wpisywane są także inne bity, przy pomocy których konfiguruje się tryb pracy karty (D7, MODE - pomiar częstotliwości lub okresu), aktywne wejście (IN1, IN2 - D2, D3), polaryzację sygnału mierzonego (POL - D5) oraz inicjację kartę (RESET - D6). Tak więc poprzez wpisywanie odpowiednich danych do rejestru sterującego możemy dowolnie sterować pracą karty - jest to jedyny rejestr, do którego możemy wpisywać dane. Pozostałe trzy porty są tylko do odczytu.

Pod adresem 300_H możemy odczytać dwie najmłodsze cyfry wyniku pomiaru (w kodzie BCD) i kolejno pod adresem 301_H dwie środkowe cyfry, a pod adresem 302_H dwie najbardziej znaczące cyfry. Jak widać, w sumie na karcie znajdują się cztery porty wymagające obsługi, co sugeruje konieczność wykorzystania czterech adresów w przestrzeni I/O. Ze względu na fakt, iż każdy z portów jest jednokierunkowy (tzn. tylko do odczytu lub tylko do zapisu), możliwe było umieszczenie pod adresem 300_H obok portu najmłodszych cyfr także port sterujący. W konsekwencji takiego rozwiązania bajtowa mapa obszaru I/O w okolicy interesujących nas adresów wygląda jak na **rysunku 7**.

Dekodowaniem adresów i odpowiednim sterowaniem buforami zajmuje się układ programowalny US14. Zastosowanie w miejscu dekodera GALa znacznie upraszcza konstrukcję urządzenia, a w konsekwencji jego montaż i uruchomienie.



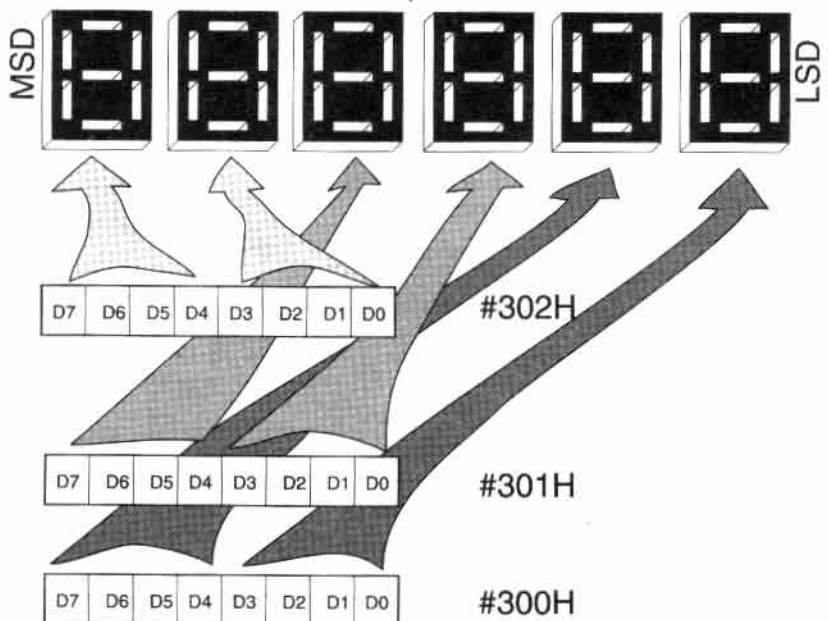
Rys. 6. Mapa bitowa rejestru konfiguracyjnego

mienie. Możliwe jest także dowolne przekonfigurowanie dekodera (dowolne zmiany adresów portów odbywają się poprzez niewielkie modyfikacje programu), co w klasycznych rozwiązaniach jest niezwykle skomplikowane. Listing programu napisanego w języku CUPL dla dekodera zamieścimy w drugiej części artykułu.

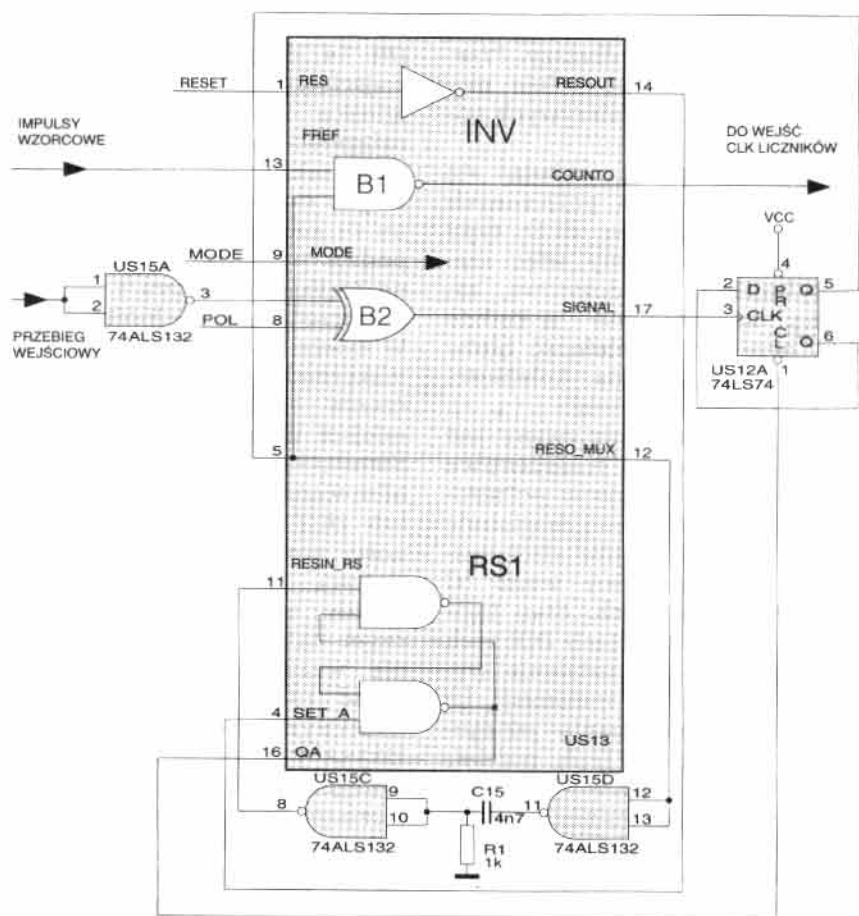
Inicjacja każdego pomiaru rozpoczyna się poprzez wpisanie sekwencji „1,0” na bit D6 portu 300_H, który jest oznaczony jako RESET. W czasie trwania „1” logicznej wszystkie liczniki karty,

przerzutniki US12A/B oraz przerzutnik RS1 (wewnątrz US13) są kasowane, dzięki czemu od razu po wpisaniu na bit RESET „0” logicznego może rozpocząć się pomiar. W przypadku pomiaru okresu sygnału wejściowego wewnętrzna konfiguracja układu US13 wygląda tak, jak to przedstawiono na **rysunku 8**. Sygnał wzorcowy z wyjścia Y multipleksera US11 steruje wejście bramki NAND B1 zintegrowanej w układzie US13 i dalej zasila wejście zegarowe licznika pomiarowego US5B (poprzez wyjście COUNTO

PANEL WSKAŹNIKOWY (EMULOWANY PROGRAMOWO)



Rys. 7. Mapa obszaru I/O zajętego przez liczniki karty



Rys. 8. Konfiguracja układu GAL (US13) podczas pomiaru okresu

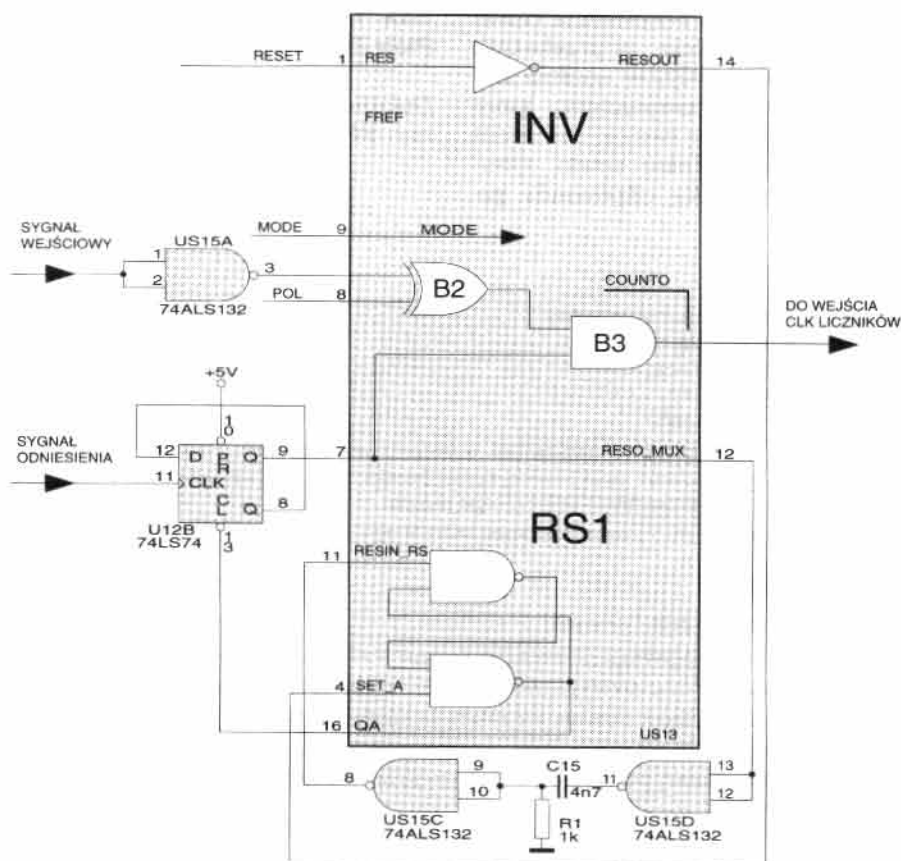
US13). Jednocześnie sygnał wejściowy poprzez inwerter Schmitta US15A i programowany inwerter wykonany z bramką ExOR B2 (wewnątrz US13) steruje wejściem zegarowym przerzutnika US12A (sygnał pojawia się na wyjściu US13 oznaczonym SIGNAL).

Przerzutnik US12 liczy modulo 2, tak więc po każdym zboczach o wybranej (za pomocą bitu POL) polaryzacji zmienia swój stan na przeciwny. Po zliczeniu drugiego zbocza sygnału wejściowego stan wyjścia przerzutnika zmienia się na „0”, co powoduje zmianę stanu logicznego na wyjściu US15D na „1”. Poziom ten zostaje zróżniczkowany w obwodzie C15, R1 i ponownie odwrócony przez bramkę US15C. Sygnał z wyjścia tej bramki wykorzystany jest do skasowania przerzutnika RS1 znajdującego się wewnątrz GALA US13.

Skasowanie tego przerzutnika powoduje zmianę stanu logicznego na wyjściu QA z „1” na „0”, co w konsekwencji powoduje wyzerowanie przerzutnika US12A (US12B także, ale nie bierze on udziału w pomiarze okresu). Na drugim wejściu bramki B1 pojawia się więc stan logicznego „0”, co powoduje zablokowanie zliczania impulsów z wyjścia generatora wzorcowego.

Na tym kończy się pojedynczy pomiar okresu - przerzutnik RS1 jest przerzutnikiem „autostopu”, zatrzymującym pracę miernika po jednokrotnym pomiarze, aż do momentu ponownej inicjacji. Inwerter INV (US13) odpowiada za odwrócenie fazy impulsu kasującego - inicjującego generowanego programowo na bicie D6 portu sterującego. Odwrócenie fazy jest niezbędne ponieważ liczniki US1..7 kasowane są poziomem „1”, a przerzutniki US12A/B poziomem „0”.

Nieco inaczej wygląda konfiguracja układu pomiarowego podczas pomiaru częstotliwości. Schemat elektryczny tego układu przedstawia rysunek 9. Sygnał wzorcowy ulega podziałowi przez 2 dzięki zastosowaniu przerzutnika US12B. Do wyjścia Q (p. 9 US12) dołączone są: wejście bramki B3 (US13) oraz układ US15C/D, R1, C15. Bramka B3 przepuszcza impulsy wejściowe, formowane w przerzu-



Rys. 9. Konfiguracja układu GAL (US13) podczas pomiaru częstotliwości

tniku Schmitta US15A, na wejście licznika US5B przez czas dobrany odpowiednio do zakresu pomiarowego. Po minięciu czasu wzorcowego stan wyjścia przerzutnika US12B zmienia się na „0” logiczne, co powoduje skasowanie przerzutnika RS1 (US13) i zatrzymanie cyklu pomiarowego aż do ponownej inicjacji. Powtarza się więc procedura „autostopu”, podobnie jak podczas pomiaru okresu.

Zastosowanie półautomatycznego trybu zliczania ma kilka zalet - nie ma konieczności obsługiwania przerwań sprzętowych, co czasami może być kłopotliwe. Czas oczekiwania na odczyt wyniku pomiaru przez kartę może być dowolnie długi. Udało się także uniknąć stosowania dodatkowych rejestrów „latch” podtrzymujących wynik pomiaru - dane odczytywane są bezpośrednio z wyjść liczników poprzez bufor trójstanowe US8..11. Niestety, w takim trybie pracy występuje także jedna wada - program obsługujący kartę musi poczekać na odczyt wyniku pomiaru minimum ok. 120% czasu wzorcowego dla wybranego podzakresu, licząc od momentu rozpoczęcia pomiaru. Ważne jest więc aby żadne przerwanie licznikowe w komputerze nie były poddawane przekonfigurowaniu, ponieważ odczyt wyniku mógłby nastąpić w czasie trwania pomiaru, co oczywiście zafałszuje wyświetlane wyniki. Czas ten mo-

że być, jak zostało już zauważone wcześniej, znacznie dłuższy. Przedłużenie go nie spowoduje możliwości powstania fałszywych odczytów.

Licznik wyniku składa się z trzech podwójnych, połączonych szeregowo liczników BCD typu 74XX390. Uzyskujemy więc sześciocyfrowe pole odczytowe, zapisane bezpośrednio w kodzie BCD, przy czym kolejność bitów liczników odpowiada kolejności bitów portu wyjściowego (rys. 7). Wynik pomiaru odczytywany jest poprzez bufor trójstanowe US8..10, których wyjścia połączone są w jedną 8-bitową magistralę danych. Odczyt portów strobowany jest przy pomocy wejść !G układów buforujących. Stan logicznego „0” na wejściach DIR tych układów powoduje ustalenie wyjściowego kierunku transmisji, co uniemożliwia dokonanie jakiegokolwiek wpisu do tych portów.

Przełącznik wejściowy wykonano przy pomocy miniaturowych przełączników produkowanych przez firmę CELDUC, zasilanych napięciem 5V. Cewki przełączników zasilane są bezpośrednio z wyjścia rejestru US16, na co pozwala wysoka rezystancja cewki i fakt wbudowania w przełącznik diody zabezpieczającej wyjście sterujące przed przepięciem, które indukuje się w cewce w chwili wyłączenia zasilania cewki. Obudowa przełącznika odpowiada ga-

barytowo standardowej obudowie DIL 14, dzięki czemu przełącznik wejściowy nie zajmuje zbyt wiele miejsca i jednocześnie zapewnia osiągnięcie dość dobrych parametrów także dla sygnałów o wyższych częstotliwościach. Połączone ze sobą wyjścia przełączników podają wybrany sygnał mierzony na wejście inwertera i jednocześnie przerzutnika Schmitta US15A. W zależności od przewidywanej maksymalnej częstotliwości zliczania trzeba zastosować w to miejsce układ odpowiedniej serii. Standardowo w zestawie AVT-261 oferowane będą układy serii LS lub HCT. W przypadku konieczności pomiaru wyższych częstotliwości lepiej jest zastosować układy serii ACT lub F, przy czym należy pamiętać o tym, że nie wszyscy producenci oferują układ '132 w szybszych wersjach. Głównym zadaniem układu US15A jest uformowanie prawidłowego przebiegu prostokątnego z często mocno zakłóconego sygnału wejściowego. Podczas pomiaru okresu przebiegu prostokątnego duże znaczenie ma także stromość zboczy sygnału wejściowego, które także „poprawia” bramka US15A.

Piotr Zbysiński

Dokończenie w następnym numerze EP.

Tab.1. Parametry i właściwości karty pomiarowej:

- ✓ miernik częstotliwości wskazuje 6 cyfr znaczących i ma 4 podzakresy pomiarowe:
 - z czasem bramkowania $t_B=10\text{ms}$, $f_{zakr}=100\text{MHz}$ (99,9999MHz);
 - z czasem bramkowania $t_B=100\text{ms}$, $f_{zakr}=10\text{MHz}$ (9,99999MHz);
 - z czasem bramkowania $t_B=1\text{s}$, $f_{zakr}=1\text{MHz}$ (999,999kHz);
 - z czasem bramkowania $t_B=10\text{s}$, $f_{zakr}=100\text{kHz}$ (99,9999kHz);
- ✓ maksymalna częstotliwość zliczania wynosi ok. 30MHz. W przypadku zastosowania w miejsce układów US5..7 ich odpowiedników z rodziny F lub S można ją podnieść do ok. 50MHz. Dalsze podniesienie maksymalnej częstotliwości mierzonej wymaga wymiany układu US13 na szybszy (np. GAL16V8B-15/10/7 lub GAL16V8C), co podnosi nieco koszt całego układu;
- ✓ miernik okresu mierzy z dokładnością do 10ms lub 100ms, przy czym maksymalny okres mierzonego przebiegu nie powinien być dłuższy niż 15s;
- ✓ karta współpracuje z dowolnym komputerem rodziny PC;
- ✓ karta zajmuje trzy adresy w obszarze I/O przeznaczonym dla kart prototypowych;
- ✓ uproszczenie sterowania kartą uzyskano dzięki zastosowaniu tylko jednego uniwersalnego rejestru konfiguracyjnego pod adresem 300_H;
- ✓ zastosowanie dwóch prostych i tanich układów programowalnych GAL16V8B pozwoliło na znaczne uproszczenie konstrukcji karty;
- ✓ wzorec częstotliwości znajduje się na karcie, dzięki czemu dokładność pomiaru nie zależy od konfiguracji komputera;
- ✓ karta wyposażona jest w dwa niezależne wejścia; założono, że do jednego z wejść zostanie podłączony zewnętrzny układ formujący (z własnym zasilaniem), a do drugiego sygnał prostokątny TTL. Należy podkreślić - wejścia nie są dedykowane dla konkretnych pomiarów ani przez program obsługujący, ani przez rozwiązania układowe;
- ✓ zasilanie: +5VDC/300mA (bezpośrednio z szyny ISA);
- ✓ częstotliwość dokonywania pomiarów: co ok. 1,2s dla zakresów 100MHz, 10MHz, 1MHz i co ok. 12s dla zakresu 100kHz;
- ✓ czas trwania pomiaru okresu jest niezależny od sygnału wejściowego i wynosi ok. 17s.