

Przyjęło się, że karta z magistralą ISA, to coś archaicznego, ale prostego w użyciu dla osób pragnących napisać własne oprogramowanie i korzystających z systemu operacyjnego DOS. Czy inaczej jest w przypadku kart PCI?

Obsługa kart

PCI



DOS, Turbo Pascal i nowa karta pomiarowa PCI

Okazuje się, że w typowych zastosowaniach różnica nie jest aż tak znacząca. Aby tego dowiedzieć przedstawiono pokrótce specyfikację standardu magistrali i urządzeń PCI oraz zaprezentowano dwie karty kontrolno-pomiarowe firmy Advantech, ilustrując przy tym sposób ich obsługi przykładami krótkich programów napisanych w języku Turbo Pascal.

Magistrala i urządzenia PCI

32-bitowa magistrala PCI (*Peripheral Component Interconnect*) opracowana została przez firmę Intel. Zgodnie ze specyfikacją (v 2.1), w jednym systemie może współpracować do 256 magistral PCI, przy czym każda z nich może obsługiwać do 32 urządzeń PCI, a każde urządzenie może pełnić do 8 funkcji. Magistrala może pracować z częstotliwością do 66MHz, co daje przepustowość w granicach 132 Mb/s (dla porównania - w przypadku magistrali zewnętrznej ISA przepustowość wynosi jedynie 8,33Mb/s).

Urządzenia PCI wyposażone są w 256-bajtową pamięć konfiguracyjną, w której przechowywane są informacje niezbędne do ich skonfigurowania. Pamięć ta podzielona jest na dwie części: - początkowe 64 bajty są przeznaczone na nagłówek, którego struktura jest jednakowa dla wszystkich urządzeń PCI (z wyjątkiem układów sprzęgających dwie magistrale PCI),

- pozostałe 192 bajty przeznaczone na rejestry specyficzne dla danego urządzenia.

Strukturę nagłówka pamięci konfiguracyjnej przedstawiono w **tab. 1** (koloriem szarym oznaczono rejestry, które muszą być predefiniowane).

Konfiguracja urządzeń PCI, nie wymagająca jak wiadomo zwór konfiguracyjnych (było to typowe rozwiązanie stosowane w kartach rozszerzeń ISA) i polegająca na wpisaniu odpowiednich wartości do poszczególnych (przyporzędowanych danemu urządzeniu) rejestrów przebiega automatycznie podczas uruchomienia komputera, przed rozpoczęciem testów POST (*PowerOnSelfTest*).

Mechanizmy dostępu do pamięci konfiguracyjnej urządzeń PCI

Ze względu na wymaganą dużą pojemność, pamięć konfiguracyjna urządzeń PCI nie została umieszczona w przestrzeni wejścia-wyjścia. Dlatego magistrala PCI wykorzystuje trzy obszary dostępowe: pamięć operacyjną, przestrzeń wejścia-wyjścia i pamięć konfiguracyjną.

Aby zachować zgodność z wcześniejszymi systemami i umożliwić implementację magistral ISA i EISA w systemach PCI, zostały zdefiniowane odpowiednie mechanizmy dostępu do pamięci konfiguracyjnej urządzeń PCI,

wykorzystujące porty umieszczone w przestrzeni wejścia-wyjścia. Jednym z mechanizmów jest wykorzystanie procedur BIOS. Specyfikacja PCI 2.1 wprowadziła funkcję B1h do przerywania programowego INT 1Ah. Udostępnia ona wiele podfunkcji umożliwiających między innymi:

Tab. 1. Struktura nagłówka pamięci konfiguracyjnej urządzenia PCI

3	2	1	0	
Identyfikator urządzenia		Identyfikator producenta		00
Rejestr stanu		Rejestr komend		01
Kod klasy urządzenia			Nr wersji	02
BIST	Typ nagłówek	Minimalny czas transmisji	Rozmiar linii cache	03
Adres bazowy 0				
Adres bazowy 1				
Adres bazowy 2				
Adres bazowy 3				
Adres bazowy 4				
Adres bazowy 5				
Wskaźnik CardBus CIS				
Dodatkowy identyfikator urządzenia		Dodatkowy identyfikator producenta		
Adres bazowy rozszerzenia ROM				
Zarezerwowane				
Zarezerwowane				
Częstość	Długość transmisji	Linia INT	Linia IRQ	15

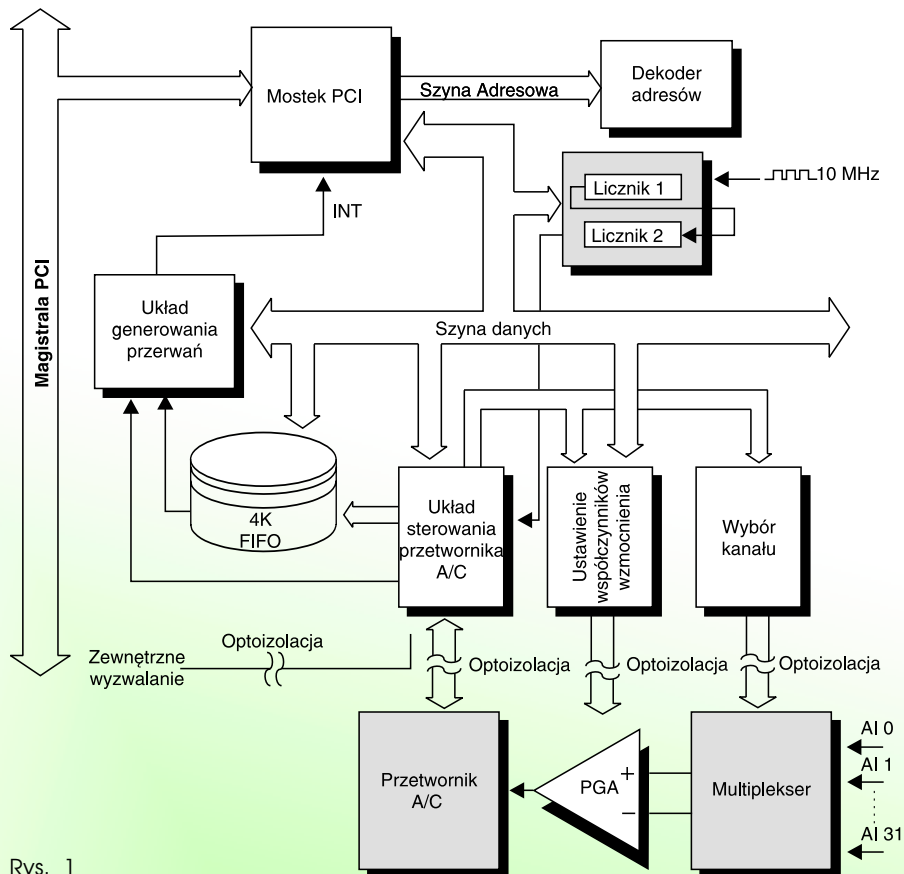
- wykrycie wersji PCI BIOS,
- wykrycie urządzenia PCI,
- odczytanie i zapisanie danych w rejestrach konfiguracyjnych urządzenia PCI,
- odczytanie i zapisanie informacji dotyczących przypisania kanałów przerwań.

Odczytanie adresu bazowego przydzielonego danemu urządzeniu PCI (w naszych rozważaniach będzie to oczywiście wybrana karta kontrolno-pomiarowa) okazuje się więc niezbyt skomplikowane. Teoretycznie (przy założeniu, że nasz BIOS jest zgodny ze specyfikacją PCI 2.1) konieczne staje się wykorzystanie jedynie dwóch podfunkcji.

Pierwszą z nich jest podfunkcja `FIND_PCI_DEVICE` wyszukująca w systemie urządzenie wyspecyfikowane jednoznacznie przez identyfikator producenta (*VendorID* - szesnastobitowa wartość określana przez PCI SIG (*Special Interest Group*) oraz identyfikator urządzenia (*DeviceID* - szesnastobitowa wartość określana przez producenta urządzenia). W przypadku jego znalezienia (oczywiście w sytuacji występowania kilku identycznych urządzeń procedurę należy powtarzać inkrementując przy tym wartość indeksu urządzenia podawaną w rejestrze SI, poczynając od wartości „0”) w rejestrze BX zwracana jest wartość będąca argumentem pozostałych podfunkcji dotyczących dostępu do pamięci konfiguracyjnej urządzenia PCI i określająca numer magistrali PCI (w produkowanych obecnie komputerach klasy PC opartych na architekturze PCI wykorzystywana jest tylko jedna taka magistrala), numer urządzenia oraz numer funkcji (istotny w przypadku zintegrowanych urządzeń mogących pełnić kilka funkcji).

Dysponując tymi danymi jesteśmy w stanie, za pomocą dwukrotnego wykorzystania podfunkcji `READ_CONFIG_WORD` (rozważamy cały czas wykorzystanie systemu operacyjnego DOS i języka Turbo Pascal, z poziomu którego nie mamy niestety możliwości dostępu do 32-bitowych rejestrów) odczytać wartość przydzielonych adresów bazowych (w uzyskanych 32-bitowych wartościach *bit 1* jest bitem zarezerwowanym, natomiast *bit 0* określa czy adres umieszczony jest w przestrzeni wejścia/wyjścia, wartość 1 czy w pamięci operacyjnej, wartość 0). Przykładowy program odczytujący zawartość rejestrów adresów bazowych zawiera plik *pci.pas* (dostępny po adresie www.advantech.pl oraz na płycie CD-EP5/2002B).

Po odczytaniu zawartości wszystkich rejestrów adresów bazowych i wybraniu właściwej wartości (urządzeniu może być przydzielonych kilka adresów bazowych) możemy przystąpić do właściwej obsługi urządzenia PCI, która może



Rys. 1

się nie różnić od obsługi standardowej karty ISA z adresem bazowym ustawionym za pomocą zwór konfiguracyjnych. Dla przykładu przyjrzymy się dwóm wybranym kartom kontrolno-pomiarowym firmy Advantech.

Karta PCI-1762: wejścia/wyjścia cyfrowe

Jest to jedna z najprostszych kart kontrolno-pomiarowych z magistralą PCI spośród dostępnych w ofercie Advantech, lecz wykorzystując ją z programem wykonującym odpowiedni algorytm (trzeba go przygotować) można zbudować prosty układ sterowania sekwencyjnego. Karta wyposażona jest w szesnaście wejść cyfrowych z optoizolacją 2500V_{DC} (z szerokim zakresem napięć wejściowych 10...50V_{DC}) oraz szesnaście wyjść przekaźnikowych (konfigurowalnych za pomocą zwór jako wyjścia NO lub NC). Dodatkowo umożliwia także wywoływanie za pomocą dwóch wejść cyfrowych (IDI_0, IDI_8) żądanie przerwania.

W przestrzeni adresowej wejścia-wyjścia karta wykorzystuje sześć szesnastobitowych rejestrów. Ich rozmieszczenie przedstawiono w **tab. 2**.

Obsługa karty jest więc bardzo prosta. Trzy pierwsze rejestry pozwalają na włączenie/wyłączenie poszczególnych przekaźników, odczyt ich stanu, oraz odczyt stanu wszystkich szesnastu wejść cyfrowych. Wartość odczytywana

z rejestru *Board ID* umożliwia identyfikację karty spośród kilku identycznych kart pracujących w jednym komputerze (czterobitowa wartość ustawiana jest za pomocą DIP-switch'a znajdującego się na karcie). Dwa pozostałe rejestry związane są z możliwościami karty dotyczącymi generowania przerwań (czyli umożliwiają między innymi włączenie/wyłączenie tej funkcji, ustawienie aktywnego zbocza sygnału wywołującego przerwanie, odczyt statusu, kasowanie bitu żądania obsługi przerwania). Kod źródłowy przykładowego programu wykonującego odczyt stanu wejść cyfrowych i ustalającego na tej podstawie stan wyjść przekaźnikowych zawarto w pliku *pci1762.pas* (dostępny pod adresem www.advantech.pl oraz na płycie CD-EP5/2002B).

Karta PCI-1713: wejścia analogowe

Karta przeznaczona jest do wykonywania szybkich pomiarów sygnałów analogowych. Jej schemat blokowy przedstawiono w **rys. 1**. Kartę wyposażono w przetwornik analogowo-cyfrowy o rozdzielczości 12 bitów i czasie konwersji umożliwiającym wykonywanie pomiarów z częstotliwością do 100kHz. Zastosowane multiplexery mogą dołączyć aż 32 wejścia analogowe ze wspólną masą, które dodatkowo mogą być konfigurowane jako wejścia różnicowe (co wiąże się jednak z dwukrot-

Tab. 2. Rozmieszczenie rejestrów karty PCI-1762 w przestrzeni adresowej wejścia-wyjścia

Przemieszczenie	Rejestr odczytywany	Rejestr zapisywany
0	Relay Output Status	Relay Output
2	Isolated Digital Input	-
4	Board ID Register	-
6	Interrupt Status Register	Interrupt Control Register

nym zmniejszeniu liczby dostępnych wejść). W karcie zastosowano pełną izolację galwaniczną części analogowej (przetwornik A/C wraz z multiplexkami analogowymi i programowalnym wzmacniaczem pozwalającym na regulację wejściowego zakresu napięciowego) od części cyfrowej, w której znajdują się między innymi: układ wyzwalania przetwornika A/C (zbudowany w oparciu o układ programowalnych liczników 82C54, pozwalający dodatkowo na wyzwalanie przetwornika A/C za pomocą zewnętrznego sygnału EXT-TRG), pamięć FIFO (pozwalająca na buforowanie otrzymanych próbek), układ generowania przerw (istnieje możliwość generowania sygnału żądania przerwy po wykonaniu pojedynczego pomiaru lub po przepełnieniu połowy pamięci FIFO) oraz układy sterujące odpowiedzialne za wybór kanału pomiarowego i wzmacnienia.

Ze względu na bardziej rozbudowaną wewnętrzną strukturę, karta zajmuje w przestrzeni adresowej wejścia-wyjścia nieznacznie większy obszar niż prostsza karta wejść-wyjść cyfrowych. Rozmieszczenie wykorzystywanych przez nią rejestrów przedstawiono w tab. 3.

W celu poznania sposobu stosowania tej karty do wykonywania szybkich pomiarów analogowych należy przeanalizować program, którego kod źródłowy zawiera plik *pci1713.pas* (dostępny po adresie www.advantech.pl oraz na płycie CD-EP5/2002B). Program pozwala na wykonanie z określoną częstotliwością próbkowania zadanej liczby pomiarów analogowych w wybranym kanale wejściowym.

Pierwszym krokiem wykonywanym przez program jest konfigurowanie układu wyzwalania przetwornika A/C.

Jak już wspomiano, jest on zbudowany w oparciu o układ programowalnych liczników 82C54, którego dwa pierwsze liczniki połączono kaskadowo, a na wejście pierwszego z nich podano sygnał zegarowy o częstotliwości 10MHz. Wprowadzając liczniki w drugi tryb pracy i programując odpowiednio wartości początkowe obydwu liczników jesteśmy w stanie ustalić częstotliwość próbkowania zgodnie ze swoimi wymaganiami. Drugim niezbędnym krokiem jest skonfigurowanie układów wyboru kanałów i wzmacnień (wprowadzane wartości zapisywane są w pamięci konfiguracyjnej SRAM i pozwalają na wykonywanie pomiarów w wielu kanałach pomiarowych ustawionych na różne zakresy wejściowe). Każdemu wykorzystywanemu kanałowi pomiarowemu należy przyporządkować odpowiedni współczynnik wzmacnienia (zgodnie z tabelą zamieszczoną w instrukcji użytkownika) i wpisać go do rejestru *A/D Channel Range Setting*, po uprzednim wpisaniu numeru tego kanału do rejestrów *Start Channel* i *Stop Channel*, które tworzą w sumie szesnastobitowy rejestr *MUX Control*. Po wykonaniu tej procedury do rejestrów należy wpisać numery określające kanały, z których będziemy pobierać próbki (w przykładowym programie wykorzystywany jest tylko kanał A10, dlatego też wartość „0” wpisana została pod adresy *dwBaseAddr+4* i *dwBaseAddr+5*). Po wykonaniu tych kroków pozostaje tylko wpisać odpowiednią wartość do rejestru *Control Register*, co pozwoli na rozpoczęcie wykonywania pomiarów (w przykładowym programie wpisywana wartość 02h oznacza korzystanie ze sprzętowego wyzwalania pomiarów za pomocą programowalnego układu 82C54, bez obsługi przerwań sprzętowych).

Po rozpoczęciu wykonywania pomiarów karta działa autonomicznie - automatycznie wykonując konwersję A/D i „wrzucając” uzyskane w ten sposób wyniki do pamięci FIFO. Ponieważ jej pojemność jest ograniczona, to program w odpowiednim czasie odczytuje jej zawartość, tak aby nie pobrane jeszcze wartości nie zostały zagubione. Do tego celu wykorzystywany jest dziewiąty bit rejestru *Status Register* (flaga *FIFO Half-Full*), ustawiany w przypadku wypełnienia połowy (pierwszej lub drugiej) dostępnej pamięci FIFO. W przypadku od-

Tab. 3. Rozmieszczenie rejestrów karty PCI-1713 w przestrzeni adresowej wejścia-wyjścia

Przemieszczenie	Rejestr odczytywany	Rejestr zapisywany
0	A/D Data	Software A/D Trigger
2	-	A/D Channel Range Setting
4	-	MUX Control
6	Status Register	Control Register
8	-	Clear Interrupt and FIFO
...	-	-
24	82C54 Counter 0	82C54 Counter 0
26	82C54 Counter 1	82C54 Counter 1
28	82C54 Counter 2	82C54 Counter 2
30	-	82C54 Counter Control

czytania tego rejestru z ustawionym bitem dziewiątym, program przepisuje zawartość połowy pamięci FIFO do swojej tablicy danych.

Podsumowanie

Okazuje się, że w przypadku kart PCI, dla których dysponujemy opisem wykorzystywanych w przestrzeni adresowej wejścia/wyjścia rejestrów, obsługa z poziomu DOS nie jest rzeczą skomplikowaną. Zaznajomiwszy się z procedurami dostępu do pamięci konfiguracyjnej urządzeń PCI jesteśmy w stanie nie tylko odczytać jej zawartość, ale także zmieniać wartości zapisanych w niej parametrów (np. w przypadku konieczności zmiany adresu bazowego). Korzystając z systemu operacyjnego DOS, który jak wiadomo mimo swojego już dość poważnego wieku ma też swoje zalety, możemy nadal budować systemy akwizycji danych i sterowania.

Jacek Bonecki,
Elmark Automatyka Sp. z o.o.
advantech@elmark.com.pl

Dodatkowe informacje

W artykule wykorzystano fragmenty książki „Anatomia PC” (Piotr Metzger, wyd. HELION 1996).

Kody źródłowe przytoczonych w artykule programów dostępne są w Internecie pod adresem <http://www.advantech.pl> oraz na płycie CD-EP5/2002B.

Dystrybutorem sprzętu pomiarowego firmy Advantech jest Elmark Automatyka Sp. z o.o.