

Obsługa kart pamięci Flash za pomocą mikrokontrolerów, część 1

Wraz ze wzrostem zapotrzebowania na tanie i pojemne nośniki danych niezawierających elementów ruchomych, kilka firm specjalizujących się w elektronice użytkowej rozpoczęło produkcję kart pamięciowych opartych na technologii pamięci FLASH. Powstało kilka odmiennej rodzajów kart, różniących się konstrukcją mechaniczną, interfejsem i sposobem komunikacji. Na rynku pojawiły się karty: Compact Flash, Multimedia Card, Smart Media, Secure Digital, Memory Stick i kilka innych mniej znanych rodzajów.

Karty pamięci Flash znajdują coraz szersze zastosowanie w elektronice użytkowej. Cyfrowe aparaty fotograficzne, odtwarzacze MP3, organizery czy palmtopy to urządzenia, w których zastosowanie kart pamięci stało się wręcz niezbędne. Spowodowało to znaczny spadek ich cen, a szybki rozwój przemysłu elektronicznego umożliwił wzrost pojemności kart do ponad 1 GB!

Coraz częściej ulegamy więc pokusie zastosowania kart pamięci we własnych projektach. W artykule chciałbym przybliżyć Czytelnikom budowę, sposób podłączenia oraz wymagane protokoły komunikacji dwóch najbardziej popularnych i jednocześnie dobrze udokumentowanych typów kart pamięci: Compact Flash (CF) oraz Multimedia Card (MMC).

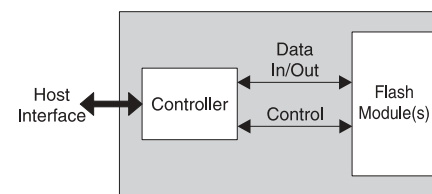
Tab. 1. Opis styków kart CF

Numer styku	Typ	Nazwa sygnału w trybie PC Card Memory	Nazwa sygnału w trybie PC Card I/O	Nazwa sygnału w trybie True IDE
1	P	GND	GND	GND
2... 6	I/O	D03...D07	D03...D07	D03...D07
7	I	-CE1	-CE1	-CS0
8	I	A10	A10	A10 *GND
9	I	-OE	-OE	-ATA SEL
10 - 12	I	A09...A07	A09...A07	A09...A07 *GND
13	P	VCC	VCC	VCC
14 - 17	I	A06...A03	A06...A03	A06...A03 *GND
18- 20	I	A02...A00	A02...A00	A02...A00
21 - 23	I/O	D00...D02	D00...D02	D00...D02
24	O	WP	-IOS16	-IOS16
25	O	-CD1	-CD1	-CD1
26	O	-CD2	-CD2	-CD2
27 - 31	I/O	D11...D15	D11...D15	D11...D15
32	I	-CE2	-CE2	-CS1
33	O	-VS1	-VS1	-VS1
34	I	-IORD	-IORD	-IORD
35	I	-IOWR	-IOWR	-IOWR
36	I	-WE	-WE	-WE *VCC
37	O	RDY/-BSY	-IREQ	INTRQ
38	P	VCC	VCC	VCC
39	I	-CSEL	-CSEL	-CSEL
40	O	-VS2	-VS2	-VS2
41	I	RESET	RESET	-RESET
42	O	-WAIT	-WAIT	IORDY
43	O	-INPACK	-INPACK	-INPACK
44	I	-REG	-REG	-REG *VCC
45	I/O	BVD2	-SPKR	-DASP
46	I/O	BVD1	-STSCHG	-PDIAG
47 - 49	I/O	D08...D10	D08...D10	D08...D10
50	P	GND	GND	GND

Legenda: I - wejście; O - wyjście; I/O - linia dwukierunkowa (wejście-wyjście); P - zasilanie; *GND - w tym trybie podłączyć do GND; *VCC - w tym trybie podłączyć do VCC

Każda karta pamięci składa się z pamięci, najczęściej typu NAND Flash oraz specjalizowanego kontrolera zarządzającego nią i będącego jednocześnie interfejsem wejściowo-wyjściowym karty (rys. 1).

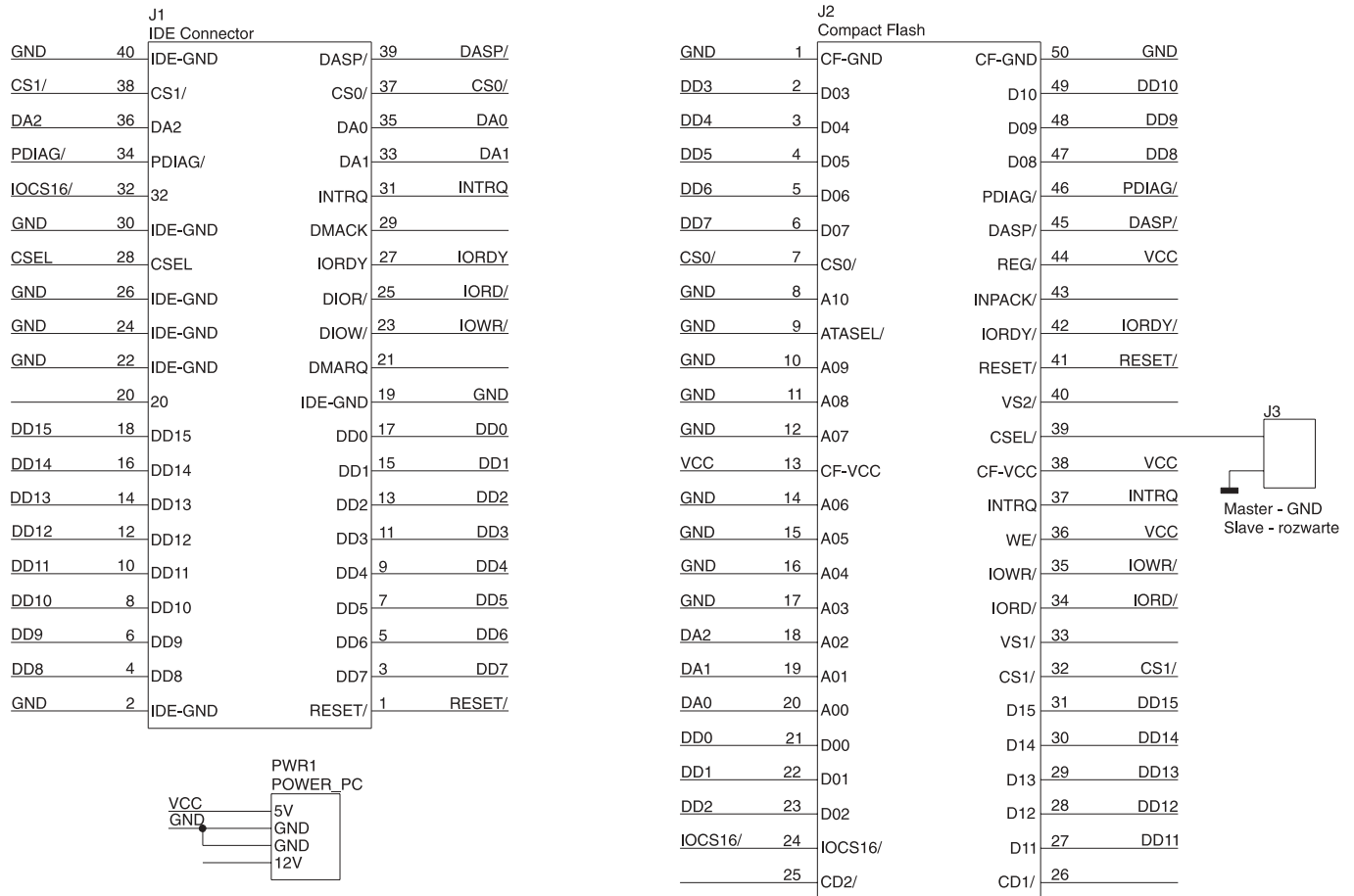
W zależności od rodzaju karty, interfejs może być typu równoległego lub szeregowego. Karty typu Compact Flash są kartami z interfejsem równoległym, mogącym komunikować się z mikrokontrolerem za pomocą 8- lub 16-bitowej magistrali danych oraz kilku linii adresowych i sterujących. Karty typu



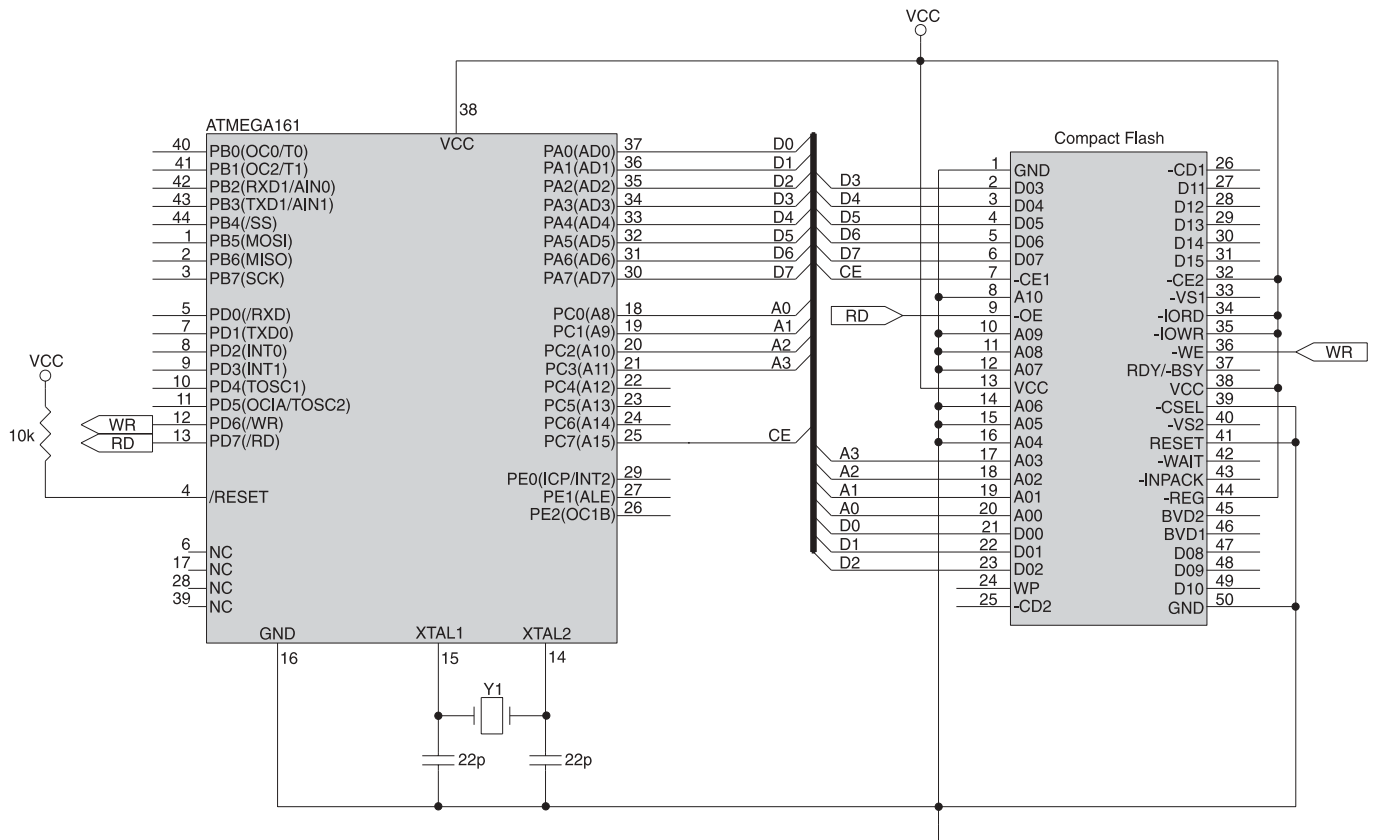
Rys. 1. Schemat blokowy kart pamięci FLASH



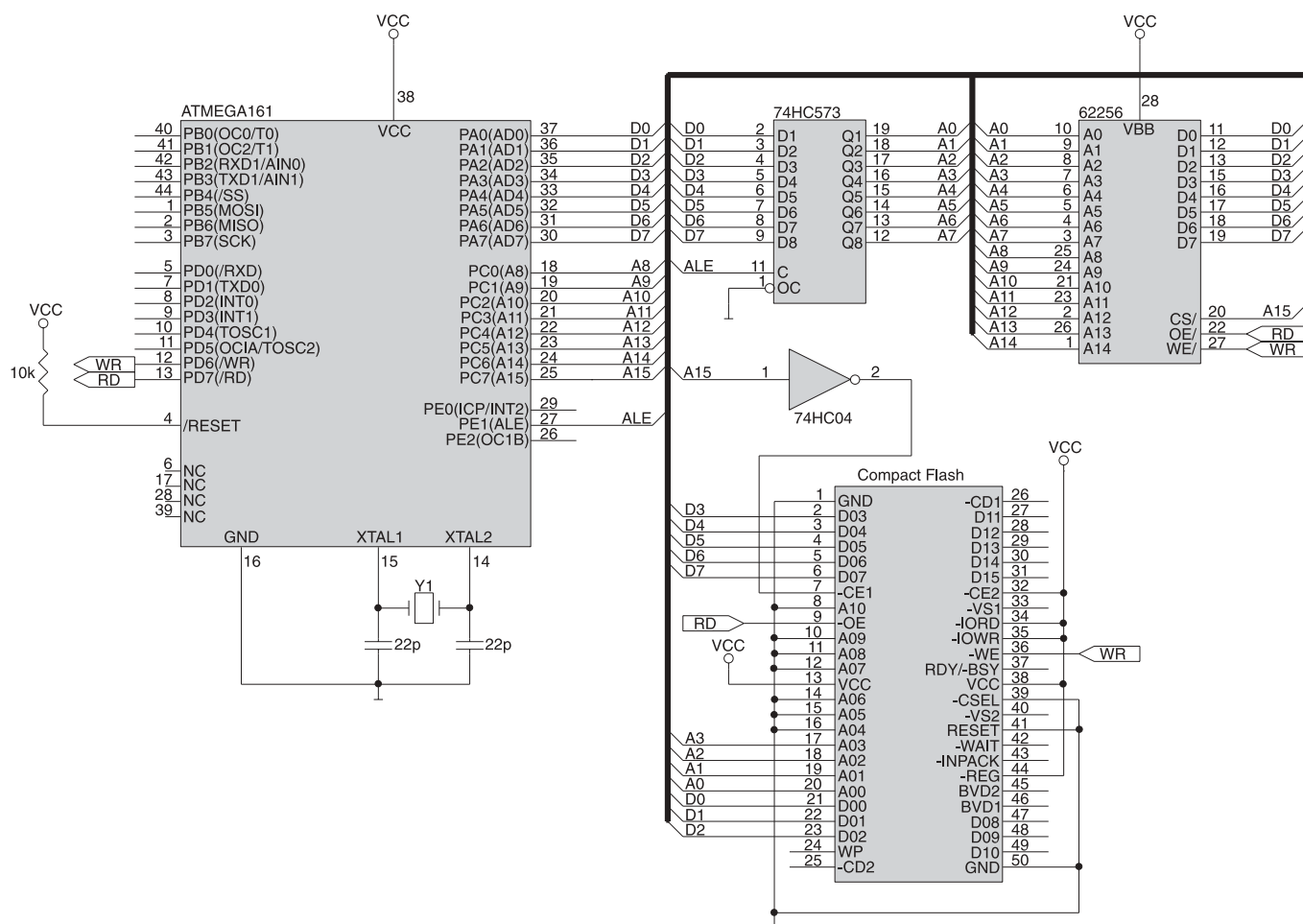
Fot. 2. Wygląd karty Compact Flash



Rys. 3. Schemat przejściówki z karty CF na złącze IDE



Rys. 4. Podłączenie karty CF do mikrokontrolera AVR



Rys. 5. Podłączenie karty CF wraz z dodatkową pamięcią RAM do mikrokontrolera AVR

MMC są wyposażone w interfejs szeregowy, w którym zastosowano do komunikacji zaledwie 3 linie. Ze względu na znaczne różnice pomiędzy oboma rodzajami kart opiszę je oddzielnie.

Karty Compact Flash

Compact Flash jest najstarszym typem karty. Po raz pierwszy została ona zaprezentowana w 1994 roku przez firmę SanDisk. Od tego czasu karty te zyskały dużą popularność ze względu na największe osiągnięte pojemności, najlepszy stosunek pojemności do ceny oraz możliwość prawie bezpośredniego podłączenia do komputera PC - szczególnie typu notebook. Potrzebna jest jedynie pasywna przejściówka z 50-stykowego złącza karty na 68-stykowe złącze PCMCIA.

Karty CF mają obecnie największe pojemności - do 1 GB, chociaż są już dostępne pierwsze karty o pojemności 4 GB (fot. 2). Karty te mogą być zasilane zarówno napięciem 3,3 V, jak i 5 V, co czyni je idealnymi do zastosowania w bardzo wielu urządzeniach przenoś-

nych. Kolejną zaletą tych kart jest wbudowany układ korekcji błędów oraz wykrywania i omijania ewentualnych defektów pamięci. Ze względu na 16-bitowy, równoległy interfejs, karty te osiągają transfer danych o szybkości do 16 MB/s. Żywotność kart CF określa się na poziomie 1 miliona zapisów lub 1 miliona godzin pracy, a czas przechowywania danych - na poziomie 100 lat. Sama karta ma wymiary 42,8x36,4x3,3 mm i waży około 11 gramów.

Interfejs

Interfejs kart CF jest elektrycznie zgodny z interfejsem PCMCIA, powszechnie stosowanym w przenośnych komputerach typu notebook. Jest to dwurzędowe, 50-stykowe złącze szpilkowe z rastrem 1,27 mm, podobne do 68-stykowego złącza PCMCIA. W zależności od potrzeb, karty CF mogą pracować w jednym z trzech trybów komunikacji: *PC Card* w trybie *Memory*, *PC Card* w trybie *I/O* oraz *True IDE* - zgodnym ze standardowymi dyskami twardymi IDE. W każdym z try-

bów część sygnałów występujących na złączu karty ma odmienne funkcje. W tab. 1 opisano nazwy sygnałów wyprowadzanych na poszczególne styki złącza CF we wszystkich trzech trybach pracy, a w tab. 2 funkcje poszczególnych sygnałów.

W trybach *Memory* oraz *I/O*, dostęp do karty może być realizowany w trybie 8-bitowym - przy współpracy z 8-bitowymi mikroprocesorami lub w celu przyspieszenia komunikacji z mikroprocesorami 16-bitowymi, karta może pracować wykorzystując pełną, 16-bitową magistralę danych. W celu wykorzystania 16-bitowego trybu wejścia -CE1 i -CE2 łączymy razem i wykorzystujemy jako pojedynczy sygnał *Chip Select*. W trybie *True IDE* komunikacja odbywa się wyłącznie za pomocą interfejsu 16-bitowego.

Wybór trybu pracy

Bezpośrednio po załączeniu zasilania karta może się uruchomić w jednym z dwóch trybów. Jeśli w tym czasie na wejściu -OE będzie występował poziom wysoki, to karta zostanie skonfigurowana do

pracy w trybie *PC Card Memory*. Aby zmienić tryb na I/O, należy dokonać odpowiedniego wpisu do rejestru *Configuration Option Register* pod adresem 0 w obszarze rejestrów konfiguracyjnych (dostęp przy niskim poziomie sygnału -REG).

Aby wymusić pracę w trybie *True IDE*, należy załączyć zasilanie karty przy niskim poziomie na wejściu -OE (które w tym trybie ma nazwę -ATA SEL). W tym przypadku nie ma dostępu do rejestrów konfiguracyjnych karty, a kontroler karty zachowuje się jak standardowy dysk twardy IDE. Ten tryb pracy wykorzystuje się jedynie w przypadku podłączenia karty CF do magistrali IDE komputera PC. W tym celu niezbędna jest odpowiednia przejściówka, której schemat pokazano na rys. 3.

Podłączenie karty CF do mikrokontrolera

Podłączając kartę CF do mikrokontrolera jednocukłowego, najdogodniej jest wybrać tryb *PC Card Memory*. Jeśli ma to być 8-bitowy mikrokontroler, to należy używać 8-bitowego trybu dostępu. W większości przypadków nie ma potrzeby dokonywania jakichkolwiek zmian w obszarze rejestrów konfiguracyjnych karty, co znacznie upraszcza układ i ogranicza liczbę pinów niezbędnych do komunikacji mikrokontrolera z kartą. Jeśli użyty mikrokontroler ma wbudowany interfejs do obsługi zewnętrznej pamięci RAM, to możemy go wykorzystać, co znacznie upraszcza i przyspiesza działanie procedur komunikacyjnych. Oczywiście w przypadku braku takiego interfejsu nic nie stoi na przeszkodzie, aby do komunikacji użyć standardowych linii portów wejścia-wyjścia, a odpowiednie kombinacje sygnałów sterujących generować programowo.

Na rys. 4 i rys. 5 pokazano przykładowe sposoby podłączenia karty CF, skonfigurowanej do pracy w trybie *PC Card Memory*, do mikrokontrolera Atmega161 firmy Atmel. Mikrokontroler ma wbudowany interfejs do zewnętrznej pamięci RAM, a więc został on użyty. Do pełnej obsługi rejestrów karty odpowiadających za adresowanie, zapis i odczyt całego dostępnego obszaru pamięci Flash na karcie wystarczy użycie tylko jej 4 linii adresowych (adresy od A00 do A03). Pozostałe linie adresowe łączymy po prostu z masą.

Tab. 2. Funkcje poszczególnych sygnałów występujących na złączu karty CF

Nazwa sygnału	Tryb	Opis
A10...A00	MEM, I/O	W trybach <i>PC Card</i> linie adresowe wykorzystywane wraz z sygnałem -REG do adresowania wewnętrznych rejestrów kontrolera
A02...A00	IDE	W trybie <i>True IDE</i> wykorzystuje się tylko linie A02...A00 do adresowania jednego z ośmiu rejestrów IDE, a pozostałe linie adresowe powinny być połączone z GND
BVD1	MEM	Nie używany w tym trybie
-STSCHG	I/O	Zmienia stan na niski w celu poinformowania o zmianie statusu (RDY/-BSY, WP)
PDIAG	IDE	Wejście/Wyjście sygnału informującego o poprawnej diagnostyce dla współpracy 2 urządzeń IDE
BVD2	MEM	Nie używany w tym trybie
-SPKR	I/O	Cyfrowe wyjście dźwięku, jeżeli karta posiada taką funkcję
-DASP	IDE	Wejście/Wyjście sygnału informującego o aktywności karty lub obecności urządzenia Slave dla współpracy 2 urządzeń IDE
-CD1, -CD2	MEM, I/O, IDE	Detekcja włożenia karty. Styki podłączone wewnątrz karty z GND. Te styki złącza CF są krótsze niż pozostałe
-CE1, -CE2	MEM, I/O	Oba sygnały pełnią rolę sygnałów wyboru karty (<i>Chip Select</i>) oraz do wyboru trybu 8- lub 16-bitowego dostępu do karty. -CE2 zawsze wybiera starsze 8 bitów słowa. -CE1 wybiera młodszy lub starszy bajt słowa w zależności od stanu sygnałów A0 i -CE2. Odpowiednia kombinacja sygnałów A0, -CE1 i -CE2 umożliwia dostęp do 16-bitowych danych jedynie poprzez 8 linii danych (D00...D07)
-CS0, -CS1	IDE	Linia -CS1 jest używana do wyboru dostępu do <i>Alternatywnego Rejestru Statusu</i> oraz <i>Rejestru Kontrolnego</i> , linia -CS0 do wyboru pozostałych rejestrów IDE
-CSEL	MEM, I/O	Nie używany w tych trybach
	IDE	Wybór trybu IDE Master/Slave. Podłączenie tej linii do masy powoduje skonfigurowanie karty jako dysku Slave. Aby karta zgłaszała się jako dysk Master, linia ta powinna pozostać niepodłączona
D15 - D00	MEM, I/O, IDE	16 dwukierunkowych linii danych służących do zapisu/odczytu danych oraz rejestrów konfiguracyjnych. W przypadku wykorzystania 8-bitowego dostępu, używane są linie D00...D07. Tryb IDE zawsze wykorzystuje 16-bitowy tryb dostępu
-INPACK	I/O	Sygnał wystawiany przez kartę w momencie potwierdzenia przyjęcia danych przez kartę. Może być wykorzystany przez system do sterowania buforów magistrali danych
	MEM, IDE	Nie używany w tych trybach
-IORD	MEM	Nie używany w tym trybie
	I/O, IDE	Sygnał zezwolenia na odczyt z karty
-IOWR	MEM	Nie używany w tym trybie
	I/O, IDE	Sygnał zezwolenia na zapis do karty. Dane są zatrzymywane na narastającym zboczku
-OE	MEM	Sygnał zezwolenia na odczyt z karty w trybie <i>Memory</i>
	I/O	W tym trybie sygnał ten jest używany do odczytu rejestru CIS oraz rejestru konfiguracji
-ATA SEL	IDE	Aby karta CF pracowała w trybie <i>True IDE</i> , linia ta musi zostać połączona z GND
RDY/-BSY	MEM	Sygnał gotowości karty do przyjęcia nowych danych. Stan niski oznacza zajętość karty. W trakcie resetu karty sygnał ten utrzymywany jest w stanie niskim aż do zakończenia wewnętrznego zerowania
-IREQ	I/O	Wyjście żądania przerwania do mikrokontrolera. Aktywne w stanie niskim lub przy opadającym zboczku
INTRQ	IDE	Wyjście żądania przerwania dla interfejsu IDE. Aktywne w stanie wysokim
-REG	MEM	Sygnał wyboru dostępu do rejestrów konfiguracyjnych karty lub do rejestrów komunikacji (ATA). Niski dla dostępu do rejestrów konfiguracyjnych
	I/O	Musi być w stanie niskim w czasie wystawiania adresu na magistralę
	IDE	Nie używany w tym trybie. Powinien być podłączony do VCC
RESET	MEM, I/O	Sygnał zerujący kontroler karty CF. Aktywny w stanie wysokim
-RESET	IDE	Sygnał zerujący kontroler karty CF. Aktywny w stanie niskim

Tab. 2 - cd.

Nazwa sygnału	Tryb	Opis
-VS1, -VS2	MEM, I/O, IDE	Sygnał -VS1 jest podłączony wewnątrz karty CF do GND w celu poinformowania interfejsu PCMCIA o możliwości pracy przy napięciu 3,3 V. -VS2 jest zarezerwowany przez PCMCIA dla drugiego zasilania
-WAIT IORDY	MEM, I/O	Sygnał generowany przez kartę w celu przedłużenia cyklu dostępu do karty. Aktywny w stanie niskim
	IDE	Może być wykorzystany do sygnalizacji gotowości interfejsu ATA
-WE	MEM	Sygnał zezwolenia na zapis rejestrów karty w trybie <i>Memory</i> . Używany także do zapisu rejestrów konfiguracyjnych
	I/O	Używany do zapisu rejestrów konfiguracyjnych karty
	IDE	Nie używany w tym trybie. Powinien być podłączony do VCC
WP	MEM	Karty CF nie posiadają przełącznika blokady zapisu, którą udostępniła specyfikacja PCMCIA, więc po zakończeniu sekwencji inicjalizacji wyjście to przyjmuje stan niski
-IOS16	I/O, IDE	Przyjmuje stan niski, kiedy wykorzystywany jest 16-bitowy tryb dostępu do danych
GND		Masa zasilania i sygnałów I/O
VCC		Zasilanie karty CF (+5 lub +3,3 V)

W układzie z rys. 4 nie przewidziano podłączenia dodatkowej, zewnętrznej pamięci statycznej RAM, więc może on być maksymalnie uproszczony, a karta CF może być umieszczona w dowolnym obszarze zewnętrznej pamięci RAM mikrokon-

rolera. Dlatego też zbędny jest zatrask adresowy na liniach AD0...AD7 mikrokontrolera, a linie A00...A03 karty CF są połączone z liniami A8...A11 mikrokontrolera. Karta jest wybierana niskim poziomem na linii A15, która jest doprowadzo-

na do linii -CE1 karty CF i pozwala na dostęp do niej w 8-bitowym trybie. W tym przypadku rejestry karty są ulokowane w obszarze pamięci zewnętrznej o adresach poniżej 0x8000.

W układzie z rys. 5, oprócz karty CF, do mikrokontrolera podłączono dodatkową pamięć RAM o pojemności 32 kB, ulokowaną w obszarze poniżej 0x8000. Adresy karty CF muszą się więc znajdować powyżej tego obszaru. W tym celu linia A15 mikrokontrolera doprowadzona jest do inwertera i po zaniegowaniu jej sygnału powoduje wybieranie karty CF za pomocą sygnału -CE1. W tym przypadku jest niezbędny zatrask adresowy, więc linie A00...A03 karty mogą być podłączone do linii adresowych A0...A3 i karta CF zajmuje obszar pamięci o adresach od 0x8000 do 0x800F.

Jeśli mamy już odpowiednio podłączoną kartę CF, musimy napisać odpowiednie oprogramowanie umożliwiające zapis i odczyt zawartości karty. Ale o tym napiszę w drugiej części kursu.

Romuald Biały