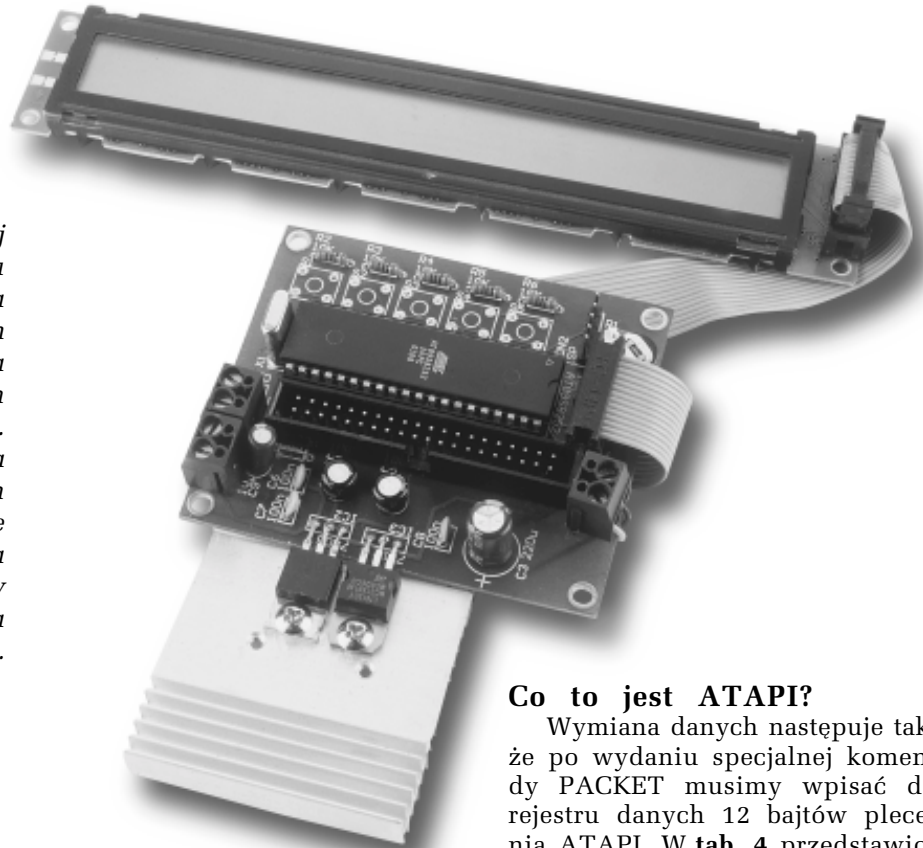


# Sterownik napędu CD-ROM, część 3

## AVT-5078

W trzeciej - przedostatniej - części artykułu przedstawiamy zagadnienia związane z protokołem sterowania pracą kontrolera w napędach CD-ROM.

**Rekomendacje:** prezentacja o niebagatelnych walorach praktycznych - na podstawie tego artykułu można zaprojektować własny sterownik HDD/CD-ROM na mikrokontrolerze AVR.



Zazwyczaj mówi się, że sterownik lub napęd wyposażono w interfejs ATAPI. Jest to jednak uproszczenie. ATAPI jest bowiem protokołem wymiany danych pomiędzy sterownikiem zintegrowanym na płycie komputera a sterownikiem wbudowanym w napęd. Z elektrycznego punktu widzenia, sterowniki ATAPI i ATA są identyczne.

### Co to jest ATAPI?

Wymiana danych następuje tak, że po wydaniu specjalnej komendy PACKET musimy wpisać do rejestru danych 12 bajtów pleceń ATAPI. W **tab. 4** przedstawiono funkcje rejestrów w urządzeniu z ATAPI.

Jak widać część rejestrów nie zmieniła swoich funkcji, ale całkowicie identyczne z ATA są tylko: rejestr kontroli napędu, rejestr danych oraz rejestr wyboru napędu (bity wyboru głowicy i LBA są zastrzeżone).

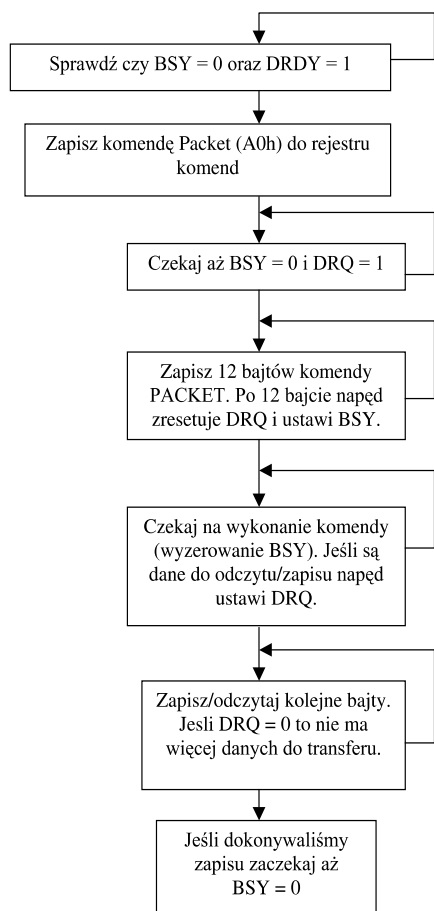
### Rejestr błędów

7	6	5	4	3	2	1	0
Sense key				-	ABRT	EOM	-

W standardzie ATAPI jest bardzo rozbudowany system obsługi błędów. Kody błędów pogrupowano w 3 zestawy - *Sense Key*, *Additional Sense Code* oraz *Additional Sense Code Qualifier*. Dwa ostatnie są dostępne poprzez komendę *Request Sense*. Kod błędu *Sense Key* znajduje się w 4 starszych bitach rejestru błędów. W **tab. 5** zawarto opis kodów *Sense Key*.

**Tab. 4. Funkcje rejestrów ATAPI**

!CS0	!CS1	Adres	Odczyt	Zapis
<b>Rejestr kontrolny</b>				
0	1	6	Alternatywny rejestr statusu	Rejestr kontroli napędu
<b>Rejestry komend i danych</b>				
1	0	0	Rejestr danych	Rejestr danych
1	0	1	Rejestr błędów	-
1	0	2	Rejestr kontroli przesyłu danych	-
1	0	3	-	-
1	0	4	Licznik bajtów (7:0)	Licznik bajtów (7:0)
1	0	5	Licznik bajtów (15:8)	Licznik bajtów (15:8)
1	0	6	Wybór aktywnego napędu	Wybór aktywnego napędu
1	0	7	Rejestr statusu	Rejestr komend



Rys. 5. Przykładowy algorytm wykonywania komendy

Każda komenda ma swój zestaw rekomendowanych kodów błędów: SK, ASC oraz ASCQ. W przypadku ostrzeżenia (6h) komenda także nie zostaje wykonana:

- ABRT: znaczenie identyczne jak w ATA - komenda nie wykonana,
- EOM: wykryto koniec nośnika.

### Rejestr kontroli przesyłania danych

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	IO	CoD

Służy do programowej kontroli wymiany danych. Istotne są w nim dwa najmłodsze bity:

- IO - wskazuje czy transfer danych ma odbyć się do napędu (0) czy z napędu (1)
- CoD - *Command\_or\_Data* - wskazuje czy napęd oczekuje na bajty komendy (1), czy na przesłanie danych (0).

W rzeczywistości nie korzysta się z tego rejestru - do poprawnej komunikacji wystarczy kontrola flag DRQ oraz BSY.

### Licznik bajtów

Rejestr ten zawiera informacje o liczbie bajtów przekazanych z/do napędu. Jeśli nie chcemy określić limitu danych, MUSIMY wpisać do rejestru wartość 0. W innym przypadku napęd może wykorzystać do następnej komendy wartość, jaką sam zapisał przy wykonywaniu poprzedniej (w specyfikacji nie ma informacji na ten temat - sprawdzono to praktycznie).

### Rejestr statusu

7	6	5	4	3	2	1	0
BSY	DRDY	-	-	DRQ	CORR	-	ERR

Znaczenie poszczególnych bitów:

- BSY - znaczenie identyczne jak w przypadku ATA,
- DRDY - jw. ale po uruchomieniu urządzenia flaga ta ma wartość 0 - służy do odróżnienia napędu ATA od ATAPI,
- DRQ - żądanie transferu danych,
- CORR - wykryto naprawialny błąd danych,
- ERR - błąd podczas wykonywania komendy.

### Komendy ATAPI

Interfejs ATAPI dopuszcza tylko kilka komend wykonywanych w klasycznym trybie ATA. Są to:

#### ATAPI Soft reset

Komenda jest odpowiednikiem bitu SRST w rejestrze kontrolnym. Napęd CD posiada ten bit w rejestrze kontrolnym, ale nie zaleca się używania go.

Kod komendy: 08h

#### Identyfikuj ATAPI device

Odpowiednik komendy ECh. Większość słów nie jest wykorzystywana. Zwraca informacje o typie urządzenia, możliwych trybach pracy (PIO, DMA itp.) oraz nazwę i wersję firmware'u (informacje te mają taki sam układ jak w ATA). Szerszych informacji może dostarczyć komenda ATAPI Inquiry.

Kod komendy: A1h

#### Standby

Działanie identyczne jak w ATA.

Kod komendy: E0h

#### Packet Command

Jest to ta komenda, dzięki której możemy wysłać do napędu

Tab. 5. Kody Sense Key

Kod	Opis
0h	Brak dodatkowych informacji o błędzie/brak błędu
1h	Podczas wykonywania komendy wystąpiły naprawialne błędy danych
2h	Nie gotowy do wykonania tej operacji
3h	Błąd nośnika
4h	Błąd sprzętu
5h	Błąd w komendzie
6h	Ostrzeżenie o zmianie nośnika lub zerowaniu urządzenia
7h	Próba dostępu do danych chronionych
Bh	Komenda anulowana przez napęd

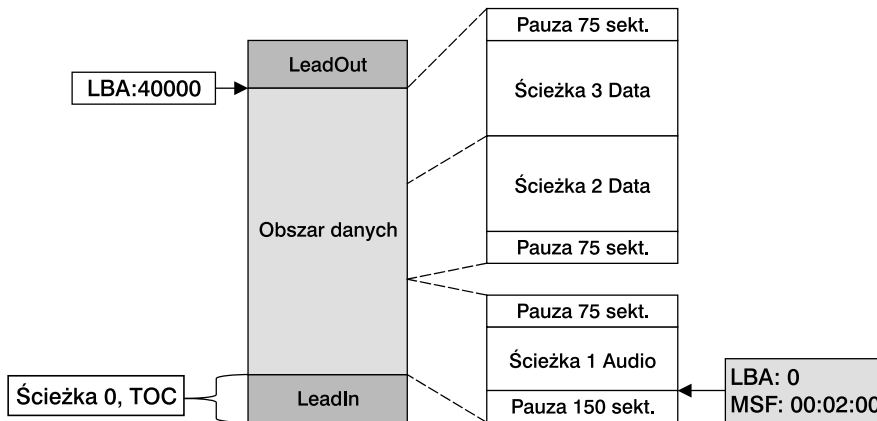
komendę ATAPI. Po jej wydaniu zapisujemy do rejestru danych 12 bajtów (6 słów 2-bajtowych). Oto przykład komendy Play:

Bajt	7	6	5	4	3	2	1	0
0	47h	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	początkowe M	-	-	-	-	-	-	-
4	początkowe S	-	-	-	-	-	-	-
5	początkowe F	-	-	-	-	-	-	-
6	końcowe M	-	-	-	-	-	-	-
7	końcowe S	-	-	-	-	-	-	-
8	końcowe F	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-

Jak widać w standardzie ATAPI nie ma ograniczenia liczby parametrów komendy. Zawsze pierwszy bajt zawiera kod komendy. Dalej panuje znaczenie bajtów jest zależne od konkretnej komendy. Zanim jednak przejdę do ich opisu, omówię sposób składowania danych na płytach CD-ROM. Na rys. 5 przedstawiono przykładowy algorytm wykonania komendy. Ważne jest, aby nie wydać kolejnej komendy zanim nie odczytamy/zapiszemy wszystkich bajtów, które wymagała poprzednia.

### Organizacja danych na płytach CD

Organizacja danych na płytach nie jest taka sama, jak w przypadku dysków twardych. Standard dopuszcza kilka możliwych typów sektorów. W CD używa się dwóch sposobów adresowania sektorów - LBA oraz MSF. LBA jest jedną 32-bitową liczbą (w rzeczywistości



Rys. 6. Schemat organizacji zapisu na płycie

ci w CDROM-ach wykorzystuje się tylko 24 bity), która określa numer sektora. Adres MSF składa się z 3 liczb: Minut, Sekund i Ramek (*Frames*). Na jedną sekundę przypada 75 ramek, a na minutę oczywiście 60 sekund. Standard ten pochodzi z czasów, gdy płyty używano wyłącznie do przechowywania dźwięku. Adres fizycznie zapisany w nagłówku każdego sektora ma format MSF, a nie LBA. Dopiero napęd przelicza tę wartość. Większość komend operujących na adresie sektora posiada znacznik, dzięki któremu możemy wybrać jakiego rodzaju adresowania chcemy używać. Na rys. 6 przedstawiono blokową budowę przykładowej płyty.

Wszystkie dane są zawarte pomiędzy znacznikami początku i końca płyty, tzn. *LeadIn* oraz *LeadOut*. Cała płyta jest podzielona na ścieżki. Numer ścieżki musi się zawierać między 1 a 99. Minimalna długość ścieżki to 300 sektorów. *LeadIn* jest ścieżką 0 i zawiera tzw. TOC (*Table of Contents*) - tabelę zawartości. Nie jest ona dostępna z poziomu adresowania sektorów. TOC możemy odczytać za pomocą komendy *Read TOC*. Zawsze pierwsze 150 sektorów jest pauza. W adresie LBA pozycję 0 ma pierwszy sektor po obowiązkowej pauzie. W MSF jest ona uwzględniona, więc adres początkowy to 00:02:00. Zawsze przed zmianą typu ścieżki musi wystąpić pauza. W przypadku ścieżek tego samego typu pauza jest nieobowiązkowa i zazwyczaj jest zawarta w końcówce lub początku ścieżki. W tabeli zawartości nie ma informacji

o pauzach. Każdy sektor posiada kilka subkanałów. Na 24 bajty przypada 1 bajt informacji subkanałowych. Najważniejszy jest kanał Q zawierający informacje o aktualnej pozycji oraz pozycji relatywnej do początku ścieżki. W subkanale P jest flaga informująca o pauzie. Inne raczej nie są bezpośrednio przydatne użytkownikowi.

Najważniejsze formaty sektorów to: *Audio*, *Mode 1* oraz *Mode 2*. Ten ostatni jest rzadko używany. W trybie 1 sektor składa się z:

- 12-bajtowej ramki synchronizacji,
- 4-bajtowego nagłówka zawierającego informacje o typie sektora i pozycji (MSF),
- 2048 bajtów danych,
- oraz 288 bajtów zawierających informacje do korekcji błędów oraz subkanały.

Tryb drugi jest podobny, ale nie zawiera ostatnich 288 bajtów - do dyspozycji mamy teoretycznie 2336 bajtów danych.

Istnieją jeszcze tryby: *Mode 2 Form 1* oraz *Mode 2 Form 2*, o których dostępna dokumentacja milczy. Pierwszy posiada 2048 bajtów, drugi 2324 + 4 wolne. Oba tryby posiadają także 8-bajtowy dodatkowy nagłówek, którego zastosowania nie potrafiłem rozszyfrować. W trybie audio sektor ma 2352 bajty. Kolejność bajtów jest następująca:

- lewy kanał - młodszy bajt,
- lewy kanał - starszy bajt,
- prawy kanał - młodszy bajt,
- prawy kanał - starszy bajt.

W tab. 6 zawarto zestawienie wszystkich komend - zarówno tych narzuconych przez standard jak i opcjonalnych. Nie będę opisywał wszystkich, ponieważ część

Tab. 6. Zestawienie poleceń ATAPI wraz z kodami

Komendy statusu i informacji		
1	TEST UNIT READY	00h
2	REQUEST SENSE	03h
3	INQUIRY	12h
4	MECHANISM STATUS	BDh
5	READ CDROM CAPACITY	25h
6	READ TOC	43h
7	MODE SENSE	5Ah
Komendy Audio		
8	PLAY AUDIO	45h
9	PLAY AUDIO MSF	47h
10	PLAY CD	BC h
11	STOP PLAY	4Eh
12	PAUSE/RESUME	4Bh
Komendy sterujące		
13	MODE SELECT	55h
14	PREVENT/ALLOW MEDIUM REMOVAL	1Eh
15	SEEK	2Bh
16	START/STOP UNIT/EJECT	1Bh
Komendy danych		
17	READ	28h
18	READ CD	BEh
19	READ CD MSF	B9h
	READ HEADER	44h
20	READ SUB-CHANNEL	42h
Komendy opcjonalne		
	LOAD/UNLOAD CD	A6h
	SCAN	BAh
	SET CD SPEED	BBh

z nich jest mało przydatna. Opis pól zarezerwowanych w komendach także zostanie pominięty - powinny zawsze mieć wartość 0.

Należy pamiętać, że bez względu na liczbę bajtów niosących informację, polecenie musi zawsze mieć 12 bajtów. Ustawiony na „1” bit MSF oznacza, że będziemy dokonywać adresowania w systemie MSF. Adres zapisuje się w miejsce adresu LBA z tym, że najstarszy bajt jest w tym wypadku nieużywany. Również zwracane dane będą miały postać MSF. Nie wszystkie komendy podporządkowują się tej regule - niektóre, jak np. *Play MSF*, mają własny układ bajtów. Ich znaczenie i realizowane funkcje przedstawimy w artykule za miesiąc.

**Michał Wysocki**  
mwssoft@satkabel.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/pazdziernik02.htm> oraz na płycie CD-EP10/2002B w katalogu PCB.