

Dane na „twardo”

Pojemność twardych dysków podwaja się z każdym rokiem, a ich ceny regularnie spadają. Dzięki wykorzystaniu udanej kombinacji trzech technologii udało się zwiększyć szybkość pracy i pojemność tych urządzeń.

Dla przeciętnego użytkownika jest niemal oczywiste, że twarde dyski z każdym rokiem stają się większe, szybsze i przede wszystkim tańsze. Wszystko to jest jednak następstwem niezwykle intensywnych prac projektowych i wdrażania nowych technologii. W niniejszym artykule spróbujemy wyjaśnić, w jaki sposób producentom dysków udaje się zwiększać ich pojemność, nie hamując przy tym stałego spadku cen nośników.

O szybkości i pojemności dysku twardego decydują trzy podstawowe czynniki: użyty interfejs (karta kontrolera), podział nośnika magnetycznego na sektory oraz szybkość obrotowa. Prędkość transmisji danych jest z kolei

uzależniona od liczby sektorów przypadających na ścieżkę oraz szybkości obrotowej dysku. Z uwagi na fakt, że we współczesnych twardych dyskach sektory posiadają wielkość 512 bajtów, „twardziel” dysponujący ok. 200 sektorami na ścieżce i szybkością obrotową 5 400 obrotów na minutę (90 obr./s) pozwala na przesłanie maksymalnie 9 216 000 bajtów w ciągu jednej sekundy (512x200x90). Aby jednak korzystać z tej prędkości miał również użytkownik, użyty interfejs musi być dostatecznie szybki. Złącze E-IDE oferuje maksymalną szybkość transmisji 16,7 MB/s (przy pracy w trybie PIO-Mode 4), a więc dysponuje jeszcze wystarczającym „zapasem”.

Istnieją dwie metody umożliwiające wzrost tempa transmisji twardego dysku: zwiększenie jego szybkości obrotowej albo umieszczenie większej liczby sektorów na ścieżce.

Granice szybkości obrotowej

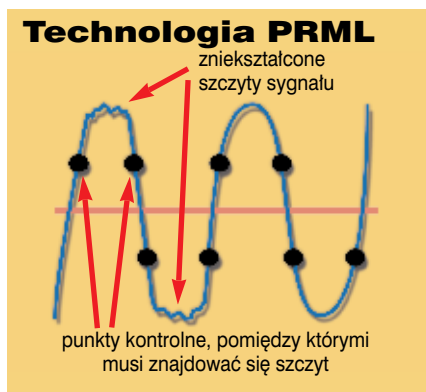
Nowoczesne dyski twarde osiągają szybkość obrotową od 3 200 do 7 400 obr./min. Wprawdzie większa prędkość dysku oznacza większą przepustowość transmisji danych, jednak optymalne rozwiązanie stanowi przedział prędkości od 5400 do 7200 obrotów na minutę. Jeśli bowiem dysk obraca się wolniej – spada szybkość transmisji, gdy zaś szybciej – pojawiają się poważne problemy konstrukcyjne. Do uzyskania większych prędkości potrzebne są mocniejsze silniki napędowe i bardziej trwałe łożyska.

W takim przypadku wzrasta również zużycie prądu, emisja ciepła i poziom hałasu. Zwiększanie szybkości obrotowej dysku nie jest więc dobrym sposobem poprawienia jego parametrów. Znacznie lepsze rozwiązanie polega na zwiększeniu liczby sektorów umieszczonych na jednej ścieżce dysku.

Areal Density, czyli jak wybrać optymalną gęstość zapisu

Z uwagi na fakt, że pojemność sektora (512 bajtów) oraz średnica dysku są wartościami stałymi, producenci nowych napędów muszą umieszczać na ścieżce więcej sektorów. Im gęstsze bowiem „upakowanie” sektorów, tym wyższa może być szybkość transmisji danych.

Areal Density, czyli gęstość sektorów na ścieżce danych, jest mierzona w milionach bitów na cal kwadratowy. Dyski twarde najnowszej generacji osiągają gęstość około 900 Mbit na cal kwadratowy. Zwiększenie parametru Areal Density ma dwie zasadnicze zalety. Po pierwsze wzrasta szybkość dysku twardego, po drugie – zwiększa się jego pojemność przy takim samym mechanizmie napędowym. Jeśli jednak sektory zostaną umieszczone bardzo ściśle, normalne głowice zapisująco-odczytujące będą miały problemy z prawidłowym dostępem do danych. Z tego też



Technologia PRML (Partial Response Maximum Likelihood) umożliwia bezbłędne rozpoznawanie także „uszkodzonych” szczytów sygnału

względem projektanci nowych dysków musieli zająć się również modyfikacją tych elementów dysku.

Główce magnetorezystywne

Standardowe główce zapisująco-odczytujące (zwane też głowicami cienkowarstwowymi) posiadają miniaturową cewkę, która umożliwia zapis danych na płycie magnetycznej lub ich odczyt. Gdy na twardym dysku zapisywane są dane, specjalny układ elektroniczny wysyła impulsy elektryczne do cewki. W ten sposób powstaje pole magnetyczne, które porządkuje poszczególne cząstki na powierzchni dysku. W przypadku odczytu danych następuje procedura odwrotna. Namagnesowana powierzchnia dysku indukuje prąd w cewce, który jest następnie przetwarzany przez układ elektroniczny napędu. Zwiększanie gęstości zapisu nie pozwala jednak na współpracę z tradycyjnymi głowicami z powodu zbyt gęstego ułożenia sektorów.

Nowoczesne dyski twarde są więc wyposażone w dodatkową głowicę magnetorezystywną (MR), umożliwiającą odczytywanie danych z dysku. Głowica zawiera pewną domieszkę specjalnego stopu żelaza i niklu, który pod wpływem pola magnetycznego zmienia swój opór elektryczny. Do zapisu danych jest natomiast w dalszym ciągu wykorzystywana głowica cienkowarstwowa. Zasadniczą zaletą takiego rozwiązania jest fakt, że głowica MR potrafi prawidłowo rozpoznawać dane także wtedy, gdy dysk obraca się z dużą szybkością, a sektory ułożone są bardzo gęsto.

Cyfrowy kanał odczytu i technologia PRML

Obie opisane techniki – głowic MR i wysoka gęstość zapisu – powodują jednak stałe zniekształcenie sygnału dostarczane-

go przez twardy dysk (patrz wykres „Technologia PRML”). Przy dotychczasowej metodzie odczytu (Peak Detection), analizowane są jedynie kulminacje sygnałów, które zwłaszcza przy wysokiej szybkości obrotowej mogą zawierać różne zniekształcenia. W ten właśnie sposób przetwarzane są zatem poszczególne bity danych odczytywane przez komputer.

Istnieje więc potrzeba zastosowania takiej techniki odczytującej, która umożliwiałaby poprawniejszą analizę zniekształconych sygnałów. Metodę Peak Detection powoli wypiera zatem technika PRML (Partial Response Maximum Likelihood – pisaliśmy o tym szczegółowo w CHIP-ie 4/96), pozwalająca na bezbłędne rozpoznawanie szczytu sygnałów mimo występujących zakłóceń. W tym celu technologia ta wykorzystuje dwa odrębne mechanizmy: PR (Partial Response) oraz ML (Maximum Likelihood).

Technika Partial Response umożliwia nie tylko analizę kulminacji sygnału, lecz pozwala na jego wielopunktowy odczyt. Zamiast oczekiwania na kolejne szczyty, mechanizm PR pobiera więc w określonych przedziałach czasowych różne próbki sygnału.

Na podstawie tych próbek inteligentny mechanizm rozpoznający – korzystając z metody największego prawdopodobieństwa (Maximum Likelihood) – oblicza, w którym miejscu powinien znajdować się szczyt. Jeśli np. istnieją dwa punkty kontrolne o takiej samej wysokości sygnału oraz przed pierwszym z nich i za drugim zmierzono tylko wartości niższe, to pomiędzy nimi musi znajdować się szczyt. Jeśli więc szczyt taki – z uwagi na znie-

kształcenie sygnału – nie został bezpośrednio odczytany, to dzięki metodzie PRML specjalny układ elektroniczny dysku może go bez problemu rozpoznać.

Zawsze na właściwej ścieżce

Kolejnym kluczowym mechanizmem stosowanym w nowoczesnych dyskach twardych jest technika Embedded Servo. Tradycyjne napędy wyposażone są w oddzielne ścieżki sterujące (servo), umożliwiające zachowanie prawidłowej pozycji głowicy dysku. W celu uniknięcia błędów odczytu głowica musi zawsze znajdować się dokładnie nad środkiem danej ścieżki. Nie jest to wcale łatwe zadanie, gdyż pod wpływem ciepła materiał,

► 70

Dlaczego megabajty pamięci dyskowej stają się coraz tańsze?

Jeśli z zakupem nowego dysku twardego wstrzymamy się przez pół roku, będziemy mogli za tę samą cenę uzyskać nośnik danych o około 50 procent większej pojemności. Taka tendencja rozwojowa utrzymuje się już od dobrych kilku lat. Zasadnicze koszty produkcji dysku twardego w przeważającym stopniu zależą bowiem od jego konstrukcji, a nie użytej technologii zapisu. Wyprodukowanie dysku z dwoma płytami magnetycznymi kosztuje obecnie mniej więcej tyle samo co przed trzema laty. Nowe metody zapisu pozwalają jednak umieścić na pojedynczej płycie ponad 1 GB danych, gdy wcześniej można było zgromadzić tylko 84 megabajty.

Słowniczek pojęć

Głowica MR: Magnetorezystywna głowica twardego dysku, która do odczytu informacji zapisanych na nośniku magnetycznym – zamiast cewki – wykorzystuje zjawisko zmiany oporu elektrycznego pod wpływem zmian pola magnetycznego.
Thermal Calibration: Kalibracja termiczna – po włączeniu zasilania dysku następuje silne rozgrzanie jego powierzchni, a w konsekwencji jej odkształcenie. Aby mimo to głowica zapisująco-odczytująca mogła ustawić się dokładnie na środku ścieżki danych, musi być dokonana jej kalibracja w stosunku do ścieżki sterującej.
PRML (Partial Response Maximum Likelihood): Odczytywany sygnał jest nieustannie próbkowany. Na podstawie otrzymanych informacji układ elektroniczny może obliczyć rozmieszczenie kolejnych faz sygnału, co zapewnia bezbłędny odczyt także zniekształconych impulsów.

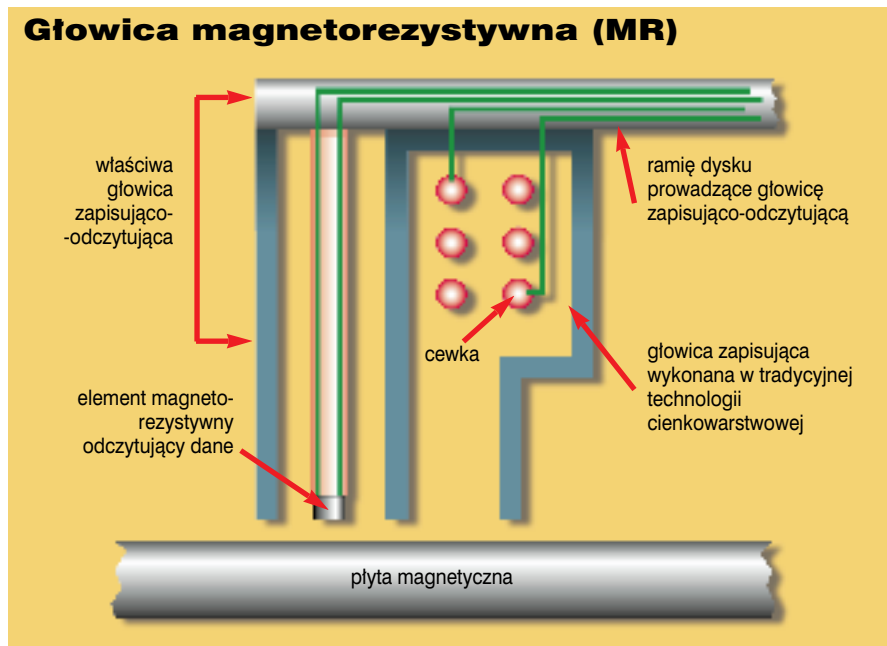
Środek ścieżki: Aby można było bezbłędnie odczytywać dane, głowica dysku musi być ustawiona dokładnie w tym miejscu, w którym zostały one zapisane. Wystarczy mianowicie niewielkie przesunięcie, a zamiast poprawnych informacji odczytane zostaną same „śmieci”. Ten właśnie idealny punkt zapewniający bezbłędny dostęp do danych nosi nazwę środka ścieżki.

Rekalibracja: W ramach tej procedury układ elektroniczny napędu porównuje pozycję głowicy odczytującej z położeniem środka ścieżki, a następnie odpowiednio koryguje ustawienie głowicy.

Tryb PIO (Programmed Input Output): Powszechnie stosowany mechanizm umożliwiający transmisję danych między twardym dyskiem a pamięcią roboczą. Istnieje kilka trybów PIO różniących się od siebie szybkością transmisji.



Głowica magnetorezystywna (MR)



Magnetorezystywna głowica odczytująca (MR) – niezależnie od szybkości obrotowej dysku – dostarcza do komputera zawsze czysty sygnał

z którego wykonane są płyty dysku, może ulegać odkształceniom. W odróżnieniu od tradycyjnej techniki Servo, przy której głowica musiała regularnie korzystać ze ścieżki sterującej, aby zoptymalizować swoją pozycję, mechanizm Embedded Servo wykorzystuje informacje sterujące zapisane na każdej ścieżce. Głowice zapisująco-odczytujące mogą więc korzystać z nich przez cały czas, co umożliwia dokładniejsze pozycjonowanie. Technika Embedded Servo działa na podobnej zasadzie, jak automatyczny pilot, który nieprzerwanie dba o utrzymanie właściwego toru lotu. Stosowana do

tej pory okresowa kalibracja głowicy dysku powodowała natomiast dodatkowe przerwy w transmisji danych.

Interfejs, czyli potencjalne „wąskie gardło”

W przypadku szybkich dysków twardych nowe rozwiązania techniczne mają sens tylko wtedy, gdy odczytane dane z równie dużą prędkością będą przesyłane do pamięci roboczej. Prawie wszystkie komputery dysponujące jednym dyskiem twardym komunikują się z tym napędem poprzez interfejs E-IDE. Jeśli złącze wykorzystuje tryb

Właściwy tryb PIO

Zarówno w setupie komputera, jak i w dokumentacji dysku twardego można często spotkać takie pojęcia, jak PIO Mode 3 lub Fast ATA. Oznaczają one wykorzystywany w danym przypadku tryb transmisji danych pomiędzy dyskiem a kontrolerem (ma on decydujący wpływ na jej szybkość). Jeśli więc np. podłączymy nowoczesny dysk E-IDE do starego kontrolera ISA, to będzie mógł wykorzystywać zaledwie 40-50 procent swojej nominalnej szybkości. Aby zapewnić dyskom E-IDE możliwość pracy z optymalną prędkością, musimy uaktywnić najszybszy tryb transmisji danych, jakim dysponują kontroler oraz dysk (PIO-3 lub 4).

Odpowiedni tryb PIO można zwykle ustawić w BIOS-ie komputera. Często dostępna jest tam również opcja Auto, pozwalająca na automatyczne wyszukanie najszybszego z możliwych trybów pracy. Poniżej przedstawiony został pełny zestaw dostępnych trybów PIO i odpowiadających im przepustowości:

| | |
|--------------------------------|-----------|
| PIO-0: | 4,1 MB/s |
| PIO-2: | 8,3 MB/s |
| PIO-3 (Fast ATA): | 13,3 MB/s |
| PIO-4 (Fast ATA-2): | 16,6 MB/s |
| PIO-5, PIO-6: | 27,0 MB/s |
| (jeszcze niedostępny na rynku) | |

PIO-4 (patrz ramka), to nawet najszybszy dysk twardy nie będzie odczuwał w tym miejscu żadnych strat szybkości. Tryb pracy PIO-4 umożliwia bowiem transmisję danych po magistrali z maksymalną szybkością 16,7 MB/s, oczywiście pod warunkiem, że twardy dysk i karta kontrolera dysponują również taką przepustowością.

Najszybsze z dysków prezentowanych na tegorocznych targach Cebit osiągały szybkości transmisji rzędu 14 MB/s. Nie trudno więc zauważyć, że w niedalekiej przyszłości możliwości trybu PIO-4 okażą się zbyt małe w stosunku do wymagań nowych „twardzieli”. Producenci dysków twardych prowadzą więc prace nad nowymi technikami PIO-5 i PIO-6, które mają już dysponować przepustowością dochodzącą do 27 MB/s. Interfejsy pracujące we wspomnianych trybach (PIO-5,6) wciąż jednak nie są dostępne na rynku. Zresztą jeśli nawet przedstawione rozwiązania okażą się przez pewien czas wystarczające, to dalszy, tak dynamiczny rozwój technologii twardych dysków oznacza definitywny koniec kariery standardu Enhanced-IDE.

oprac. Jerzy Michalczyk (mh)

Przyszłość pamięci masowych

Choć istnieją pomysły, aby budować dyski o szybkości obrotowej 10 000 obr./min, jednak takie koncepcje są źródłem wielu problemów. Dyski o tych parametrach wymagają użycia mocniejszych silników napędowych, które powodują zwiększone zużycie prądu i głośniejszą pracę napędu. Wzrost szybkości i pojemności dysków twardych będzie więc w przyszłości uwarunkowany raczej rozwojem technologii głowic oraz metod zapisu danych. Na przykład firma Fujitsu prowadzi prace nad nową głowicą GMR, która umożliwi dalszy, nawet dziesięciokrotny wzrost gęstości zapisu danych na dysku. Planowane jest osiągnięcie gęstości rzędu 20 gigabitów na cal kwadratowy. Oznacza to, że nowe dyski będą posiadały pojemność co najmniej 20 GB, podczas gdy dzisiaj wielu producentów nie jest w stanie zmieścić na

standardowym, 3,5-calowym krążku nawet 1 gigabajta danych. W chwili obecnej nie widać również żadnej innej technologii, która mogłaby wyprzeć z rynku technikę odczytu PRML.

W laboratoriach projektowych trwają również prace nad molekularnymi technologiami składowania danych. Ich główna idea polega na tym, aby poprzez zmiany molekularne uzyskać taką modyfikację stanu, którą można byłoby zinterpretować jako 1 lub 0. Mówiąc obrazowo, na jednej nowej karcie pamięci dałoby się zmieścić np. 20 000 filmów fabularnych. Prace nad technikami tego rodzaju są niezbędne, gdyż mimo nowych mechanizmów MR i GMR ostateczne granice magnetycznej technologii zapisu danych zostaną osiągnięte – według przewidywań ekspertów – około roku 2015.