



Serial ATA

Porównanie z technologią Ultra ATA

W poprzednich latach rosnące szybkości transferów dysków twardych wymuszały nieprzerwane ulepszanie specyfikacji interfejsu ATA tak, aby nie stanowił on czynnika ograniczającego wydajność We/Wy dysku. Wraz ze wzrostem popularności nowych typów zastosowań komputerów, takich jak tworzenie i edycja cyfrowych filmów wideo, przechowywanie i odtwarzanie dźwięku cyfrowego, współdzielenie plików w szybkich sieciach i inne zastosowania intensywnie korzystające z danych, należy się spodziewać coraz większego wzrostu wymagań co do przepustowości dysków twardych. Aby dotrzymać kroku postępowi, potrzebna jest magistrala pamięci masowej wydajniejsza niż standard Ultra ATA. Takie nowe podejście stanowi technologia Serial ATA — szeregowa implementacja równoległego interfejsu Ultra ATA. Dzięki tej zmianie paradygmatu projektowego układów We/Wy, rozwój technologii ATA zostanie poszerzony poza teoretyczne ograniczenia magistrali Ultra ATA.

Celem niniejszego dokumentu jest uświadomienie Czytelnikowi różnic technicznych pomiędzy technologiami Ultra ATA i Serial ATA oraz wyjaśnienie powodów przejścia z architektury magistrali równoległej na szeregową. Zostaną omówione i porównane kluczowe cechy konstrukcyjne obu technologii. W dalszej części dokumentu można także znaleźć przegląd korzyści wynikających z zastosowania technologii Serial ATA na poziomie systemowym oraz z perspektywy użytkownika końcowego. Sam protokół ATA nie zostanie omówiony, ponieważ pod tym względem technologie te niczym się nie różnią. Technologia Serial ATA jest zgodna z interfejsem ATA na poziomie oprogramowania i dlatego systemy operacyjne traktują korzystające z niej urządzenia jak standardowe urządzenia ATA. Przyjęto, że Czytelnikowi znane są zasady projektowania urządzeń elektrycznych — dokument jest przeznaczony przede wszystkim dla producentów urządzeń (w tym OEM) i projektantów systemów, którzy rozważają wzbogacenie swoich projektów o możliwość współpracy z interfejsem Serial ATA.

Wprowadzenie do technologii

Ultra ATA to podstawowa wewnętrzna magistrala pamięci masowej dla komputerów stacjonarnych, łącząca system hosta z urządzeniami peryferyjnymi, takimi jak napędy dysków twardych i optycznych oraz wymienne nośniki magnetyczne. Ultra ATA stanowi rozszerzenie pierwotnego równoległego interfejsu ATA wprowadzonego w połowie lat 80. i zachowuje zgodność wsteczną ze wszystkimi poprzednimi wersjami tej technologii. Najnowszą wersją specyfikacji Ultra ATA przyjętą przez wspierany przez instytut ANSI komitet INCITS T13 (odpowiedzialny za specyfikacje standardu ATA) jest ATA/ATAPI-6, która obsługuje przesyłanie danych z prędkością do 100 MB/s. Obecnie na ukończeniu są prace nad specyfikacją ATA/ATAPI-7, zmodernizowaną architekturą magistrali równoległej, która umożliwi zwiększenie prędkości do 133 MB/s. (www.t13.org)

Serial ATA to nowej generacji wewnętrzna magistrala pamięci masowej zaprojektowana w celu zastąpienia technologii Ultra ATA. Technologia SATA wyłoniła się w wyniku dynamicznej ewolucji interfejsu ATA z architektury magistrali równoległej do szeregowej. Architektura ta umożliwia pokonanie ograniczeń elektrycznych zwiększających trudność tworzenia coraz szybszych, klasycznych równoległych magistrali ATA. Interfejsy Serial ATA będą pierwotnie działać z szybkością 150 MB/s, lecz ich rozwój został już zaplanowany do poziomu 600 MB/s, co zgodnie z historycznymi tendencjami stanowi około 10 lat ewolucji pamięci masowych. Choć nie będzie możliwe bezpośrednie łączenie urządzeń Serial ATA ze starszym sprzętem opartym na magistrali Ultra ATA, technologia ta jest w pełni zgodna z protokołem ATA, a więc zapewnia zgodność na poziomie oprogramowania. (www.SerialATA.org)

Porównanie architektury magistrali równoległej i szeregowej

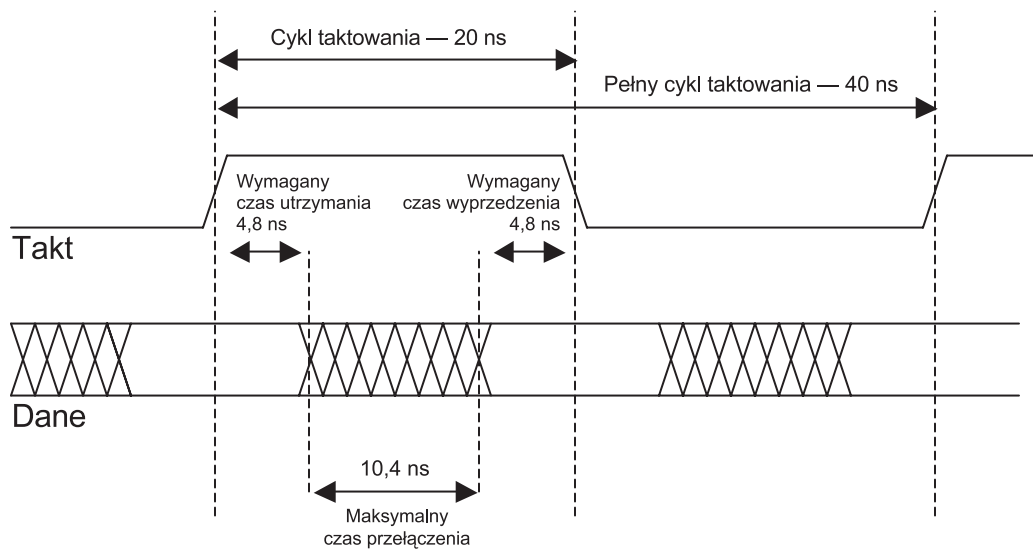
Architektura magistrali Ultra ATA

Budowa magistrali – najnowsza wersja specyfikacji ATA, ATA/ATAPI-6, definiująca standard Ultra ATA 100, zachowuje zgodność wsteczną ze wszystkimi poprzednimi wersjami ATA i bazuje na standardowej równoległej magistrali danych o szerokości 16 bitów i 16 sygnałach kontrolnych w złączu 40-pinowym.

Przepustowość – aby zrozumieć, co oznacza przepustowość rzędu 100 MB/s, należy wziąć pod uwagę kilka czynników. W przypadku 16-bitowej magistrali danych podczas każdej transakcji magistrali przesyłane są dwa bajty. W związku z tym, aby osiągnąć przepustowość 100 MB/s, magistrala musi być taktowana z częstotliwością 50 MHz. Aby zminimalizować złożoność konstrukcji układów taktowania, przy wszystkich transferach typu Ultra DMA w technologii Ultra ATA stosuje się tzw. „podwójną szybkość danych”, czyli dwustronny mechanizm taktowania. Dzięki temu mechanizmowi dane są zapisywane zarówno na wznoszących, jak i opadających zboczach sygnału taktującego, co zmniejsza o połowę wymagania w zakresie częstotliwości taktowania. W związku z tym przepustowość wynosi:

$$\begin{array}{r}
 25 \text{ MHz, taktowanie} \\
 \times \quad 2, \text{ bo podwójna szybkość taktowania danych} \\
 \times \quad 16 \text{ bitów na zbcze} \\
 / \quad 8 \text{ bitów na bajt} \\
 \hline
 = \quad 100 \text{ MB/s}
 \end{array}$$

Wymagania czasowe – jak wspomniano powyżej, dane muszą być przesyłane z częstotliwością 50 MHz, czyli co 20 ns. Należy zauważyć, że ze względu na czasy wyprzedzenia i utrzymania danych, wszystkie linie danych muszą tak naprawdę przełączać się i ustalać w czasie około 10 ns (patrz rysunek 1). W najgorszym wypadku projektanci muszą zapewnić właśnie takie czasy przełączania.



Rysunek 1 – Wymagania czasowe pojedynczego transferu Ultra DMA

Architektura magistrali Serial ATA

Budowa magistrali – w przeciwieństwie do równoległej budowy magistrali Ultra ATA, standard Serial ATA korzysta z pojedynczej ścieżki sygnałowej do szeregowego przesyłania danych, czyli bit po bicie, oraz drugiej ścieżki szeregowej do przesyłania potwierzeń odbioru do urządzenia wysyłającego. Ponieważ każda z tych ścieżek sygnałowych to dwużyłowa para różnicowa, magistrala Serial ATA składa się z 4 linii sygnałowych na kanał. Dane sterujące są przesyłane jako odróżnialne od danych predefiniowane sekwencje bitów w formacie pakietowym lub przy pomocy sygnałów pozapasmowych (sygnałów sterujących wysyłanych przy pomocy dwustanowych impulsów sygnałowych podobnych do alfabetu Morse'a) i w związku z tym nie wymagają osobnych linii transmisyjnych.

Przepustowość – równoległa magistrala Ultra ATA o szerokości 16 bitów jest w stanie przesyłać dwa bajty danych na cykl zegara. Choć magistrala Serial ATA przesyła tylko jeden bit na cykl zegara, magistrala szeregową może działać z dużo większą szybkością, co rekompensuje brak równoległości. Magistrala Serial ATA będzie pierwotnie posiadać przepustowość 1 500 Mb/s, czyli 1,5 Gb/s. Ponieważ dane są kodowane przy pomocy algorytmu 8b/10b (kodowanie o wydajności 80% wykorzystywane przy cyfrowych sygnałach różnicowych celem utrzymania stałej średniej polaryzacji napięcia stałego), efektywna maksymalna przepustowość wynosi 150 MB/s.

$$\begin{array}{r}
 1500 \text{ MHz, zegar wbudowany} \\
 \times \quad 1 \text{ bit na cykl zegara} \\
 \times \quad 80\%, \text{ bo kodowanie 8b10b} \\
 / \quad 8 \text{ bitów na bajt} \\
 \hline
 = \quad 150 \text{ MB/s}
 \end{array}$$

Wymagania czasowe – szybkość transferu 1,5 GB/s wymaga, aby przesyłanie i odbieranie bitu trwało nie dłużej niż 0,667 ns. Maksymalny dozwolony czas przełączania wynosi 0,273 ns i jest znacznie krótszy od 10 ns, czyli czasu dozwolonego dla magistrali Ultra ATA. Jednak, jak przedstawiono poniżej, elektryczne parametry konstrukcyjne magistrali szeregowych są znacznie ściślej kontrolowane. W związku z tym magistrala Serial ATA może spełnić z nawiązką wymagania czasowe konieczne dla osiągnięcia przepustowości porównywalnej do Ultra ATA.

Elektryczne ograniczenia konstrukcyjne — przewyżczenie trudności konstrukcyjnych architektury równoległej przez zastosowanie magistrali szeregowej

Optymalizacja wszelkich projektów szybkich magistrali cyfrowych wymaga dokładnej analizy problemów związanych z projektowaniem układów analogowych. Niepożądane efekty analogowe występujące w przypadku równoległych magistrali danych, takie jak przenik, efekt „ground bounce”, dzwonienie i przesunięcia czasowe stały się podstawowymi ograniczeniami konstrukcyjnymi interfejsu Ultra ATA, który musi zachowywać zgodność ze starszą technologią równoległą. Przewiduje się, że te same zjawiska staną się głównymi przeszkodami na drodze do dalszego zwiększania szybkości interfejsu Ultra ATA. Technologia Serial ATA ogranicza skalę wielu z tych problemów poprzez przejście na szeregową magistralę danych.

Celem poniższej sekcji przedstawienie metod projektowych wymaganych do osiągnięcia aktualnej szybkości transferu magistrali Ultra ATA oraz opisanie trudności związanych z dalszym zwiększaniem szybkości w technologii równoległej. W każdym przypadku niniejszy dokument zawiera informacje na temat sposobu rozwiązania tych problemów w architekturze magistrali Serial ATA, która zwiększa możliwości rozwojowe technologii ATA. Chociaż pełne wyjaśnienie omawianych problemów projektowania analogowego wykracza poza zakres tego dokumentu, poniżej zamieszczono krótki opis źródeł szumu i błędów, aby zapewnić Czytelnikowi informacje niezbędne do porównania właściwości elektrycznych obu typów magistrali.

- Przenik powstaje w wyniku sprzężenia pól magnetycznych generowanych przez prądy przełączania z sąsiednimi pętlami prądowymi, podobnie jak podczas pracy transformatora. Amplituda przeniku jest proporcjonalna do częstotliwości zmian prądu i wielkości sprzężeń pomiędzy pętlami prądowymi. W związku z tym efekt ten jest najbardziej widoczny w magistralach równoległych, w których sąsiednie linie mogą się jednocześnie przełączać w tym samym kierunku, nakładając na dany sygnał napięcie zakłócające.
- Efekt „ground bounce” sprawia najwięcej problemów w przypadku, gdy kilka sygnałów przełącza się jednocześnie lub przy korzystaniu z szybkich sterowników — oba te warunki występują często w przypadku równoległych magistrali danych. Polega on na wystąpieniu takiego chwilowego poboru mocy, który powoduje niemożność dostarczenia potrzebnej ilości prądu przez kondensatory rozsprężające i w wyniku tego spadek napięcia. Jeżeli spadek napięcia będzie znaczny, może on zostać błędnie odczytany jako zmiana stanu bitu.
- Dzwonienie jest powodowane przez zmiany impedancji w ścieżce sygnałowej w systemach, w których czas narastania sygnału jest bliski lub krótszy od opóźnienia propagacji ścieżki. Jeżeli warunek ten jest spełniony, ścieżka sygnałowa musi być postrzegana jako system rozproszony, ponieważ nie we wszystkich punktach na ścieżce sygnałowej musi w danej chwili występować identyczne napięcie. W miarę propagacji sygnału wzdłuż ścieżki, amplituda napięcia zależy od „efektywnej” impedancji występującej do aktualnego punktu na ścieżce sygnału. Jeżeli impedancja ta gwałtownie się zmienia, następuje chwilowy wzrost napięcia celem utrzymania bieżącego przepływu prądu. Napięcie to „odbija się” po linii transmisyjnej z powrotem do źródła, gdzie, jeżeli nie zostanie w pełni stłumione, może odbić się ponownie do odbiornika i tak dalej, aż do jego skutecznego wytłumienia. Powoduje to oscylację napięcia, czyli dzwonienie na linii transmisyjnej.
- Przesunięcie czasowe jest powodowane przez rozbieżności w opóźnieniach na ścieżce transmisyjnej pomiędzy sygnałami zegarowymi i sygnałami danych lub pogorszeniem się jakości sygnału zegarowego. Jeżeli ścieżka sygnału zegarowego jest krótsza niż linie danych, sygnał zegarowy może się pojawić w odbiorniku przez stabilizację linii danych, co powoduje rejestrację nieprawidłowych danych. W innym przypadku dzwonienie lub szum na linii zegara może opóźnić cykl zegara względem przesyłu danych, co w efekcie może spowodować naruszenie czasu utrzymania danych.

Opis projektowania elektrycznego

Ultra ATA — zachowanie zgodności ze starszymi układami równoległymi

Przemysł komputerowy przyjął standard ATA-1 jako podstawowy interfejs We/Wy pamięci masowych w połowie lat 80. i od tamtej pory zachowywał zgodność wsteczną z tym pierwotnym standardem. Protokół wyewoluował od szybkości 3,3 MB/s w przypadku ATA-1 do 100 MB/s w przypadku ATA/ATAPI-6. Jednak ten znaczący przyrost szybkości spowodował zwiększenie złożoności konstrukcyjnej. W kolejnych punktach zostanie omówionych wiele kwestii związanych z podstawowymi postępowaniami konstrukcyjnymi zastosowanymi w celu osiągnięcia szybkości transferu 100 MB/s. Zostaną także wyjaśnione związane z nimi ograniczenia utrudniające dalszy wzrost szybkości.

Kwestie związane z projektowaniem elektrycznym magistrali Serial ATA

W związku z rosnącymi trudnościami związanymi ze zwiększaniem szybkości specyfikacji Ultra ATA wymagana jest zmiana strategii projektowej. Technologia Serial ATA wychodzi naprzeciw temu zapotrzebowaniu, opierając się na szybkiej magistrali szeregowej. W celu złagodzenia wielu problemów konstrukcyjnych związanych z szybkimi magistralami jednostronnymi i/lub równoległymi w magistrali Serial ATA wykorzystuje się sygnały różnicowe o niskim napięciu. Przy takim podejściu każdy „sygnał” danych jest tak naprawdę przesyłany dwiema liniami, które przenoszą identyczną i przeciwną wersję sygnału. Następnie odbiornik dekoduje sygnał na podstawie napięcia różnicowego pomiędzy tymi liniami. Napięcie „współbieżne”, czyli napięcie używane przez linie jako stałe napięcie odniesienia, oraz wszelkie szумы pojawiające się równocześnie na obu liniach są odrzucane przez odbiornik. Napięcie współbieżne może zmieniać się z czasem, chociaż wahania powyżej pewnej częstotliwości mogą zostać odczytane przez odbiornik jako szum. Te doskonałe własności elektryczne stanowią jedną z podstawowych zalet konstrukcyjnych umożliwiających technologii Serial ATA osiągnięcie szybkości wyższych niż w przypadku Ultra ATA.

Strategia taktowania

Ultra ATA — taktowanie bez blokady

Ze względu na duże ilości danych i stosunkowo wysokie opóźnienia propagacji danych w przewodach i na płytkach drukowanych, w technologii Ultra ATA stosuje się taktowanie bez blokady, zwane także taktowaniem zsynchronizowanym ze źródłem. W typowych układach z taktowaniem synchronicznym dane są przesyłane ze źródła i taktowane w odbiorniku według lokalnego sygnału zegarowego. W przypadku taktowania bez blokady sygnał zegarowy lub taktujący jest generowany w źródle i przesyłany razem z danymi. Zakładając identyczną długość i charakterystyki trasy lub przewodu, dane i sygnał taktujący docierają do odbiornika jednocześnie.

Technika ta zapewnia większą swobodę w zakresie całkowitego opóźnienia propagacji wzdłuż magistrali, lecz wprowadza dodatkowe komplikacje. Ponieważ sygnał taktujący jest przesyłany razem z danymi, jest on narażony na dzwonienie i odbicia. Jeżeli poziom szumu jest zbyt wysoki, dane mogą ulec „podwójnemu taktowaniu”, gdy sygnał taktujący przekroczy próg przełączenia. Często ważniejszą kwestię stanowi czas ustalania danych, ponieważ zmiana stanu sygnału taktującego jest zazwyczaj silniej zestrojona z zmianą stanu danych.

Komplikuje się także przesunięcie czasowe, ponieważ czasy propagacji danych i sygnału zegarowego mogą różnić się od przewidzianego opóźnienia. W celu ograniczenia problemów związanych z przesunięciem przy transferach o częstotliwości 100 MHz (Ultra DMA Mode 5) muszą być wykorzystywane sygnały o napięciu 3,3 V (w poprzednich specyfikacjach ATA 5 V) tak, aby zmiany stanu sygnałów były bardziej symetryczne względem progu przełączania — 1,5 V. W przypadku impedancji terminacji występują także ściślejsze wymagania w zakresie ograniczenia dzwonienia w sygnałach, które może spowodować płaskie odcinki lub skoki na zboczu sygnału, co może prowadzić do opóźnień w przekraczaniu progów.

Serial ATA — taktowanie wbudowane

W przeciwieństwie do równoległej magistrali ATA, w przypadku magistrali Serial ATA nie występuje oddzielny sygnał pełniący funkcję sygnału taktującego lub zegarowego. Zamiast tego sygnał zegarowy jest „wbudowany” w sam strumień danych. Kiedy przez magistralę nie są przesyłane żadne dane, następuje transmisja ciągu „101010...”, dzięki któremu oba urządzenia mogą dokonywać synchronizacji swoich odbiorników wewnętrznych według czasów zmiany stanu odbieranych bitów. Synchronizacja ta jest zachowywana podczas transmisji danych. Kodowanie 8b10b wymusza kilka zmian stanu bitów na 10 bitów nawet podczas transmisji danych — przesunięcie czasowe jest minimalizowane poprzez stałe śledzenie tych zmian. Taktowanie wbudowane posiada wszelkie zalety taktowania zsynchronizowanego ze źródłem, nie wprowadza jednak problemów związanych z przesunięciem czasowym.

Okablowanie

Ultra ATA — taśma 80-żyłowa

Do czasów specyfikacji ATA/ATAPI-3, czyli Ultra ATA 33, interfejs ATA przysyłał dane za pomocą 40-żyłowego przewodu, w którym jedynie 7 sygnałów służyło jako masa. Ponieważ wielkość przeniku jest proporcjonalna do rozmiarów wzajemnych pętli prądowych pomiędzy liniami sygnałowymi, duży odstęp pomiędzy każdym sygnałem a odpowiadającą mu linią masy przyczynia się do występowania znaczącego przeniku w tym przewodzie. W przypadku szybkości transferu powyżej 33 MHz (Ultra DMA Mode 3), oryginalny kabel 40-żyłowy został zastąpiony przez przewód 80-żyłowy z naprzemiennymi liniami masy i sygnałowymi. Umożliwia to znaczne ograniczenie wielkości przeniku pomiędzy sygnałami i pomaga w wyrównaniu efektywnej impedancji każdej linii przy dużych częstotliwościach. Jednak w celu zminimalizowania problemów związanych ze spójnością sygnału długość przewodu jest ograniczona do 45,72 cm.

Serial ATA — kabel 4-żyłowy z możliwością zastosowania dodatkowych żył ekranujących i drenażowych

Serial ATA wykorzystuje kabel o co najmniej 4 żyłach, który zawiera pary różnicowe do przesyłania i odbioru danych. Aby zminimalizować impedancję i przenik, wiele przewodów zawiera dodatkowe przewody ekranujące, uziemające i drenażowe, które spełniają funkcję podobną do 40 umieszczonych naprzemiennie przewodów masy w kablu Ultra ATA. Złącze Serial ATA umożliwia zastosowanie 3 niezależnych ścieżek zwrotnych masy. Zgodnie ze specyfikacją kable Serial ATA mogą mieć długość do 1 m.

Złącza

Ultra ATA — końcówka dwurzędowa, 40-pinowa

Chociaż sam kabel został nowocześniejszy celem zastosowania przy szybkich transferach danych, złącze ATA zachowało standardową dwurzędową końcówkę o 40 pinach celem utrzymania zgodności wstecznej. 40 dodatkowych przewodów masy jest połączonych z 7 pinami masy w złączu. Ponieważ nie wprowadzono dodatkowych linii masy, sprzężenie indukcyjne w złączu powoduje powstawanie znaczącego przeniku podczas przełączania. Efekt przeniku jest najwyższy w przypadku sygnału, który pozostaje stały, podczas gdy na wszystkich sąsiednich sygnałach ma miejsce zmiana stanu w tym samym kierunku. W najgorszym przypadku efekt może sięgnąć 1 V. Generowany w ten sposób szum sprawia najwięcej problemów podczas transmisji do urządzenia znajdującego się w połowie długości przewodu lub podczas odbioru danych z tego urządzenia. Jako że zjawisko przeniku jest proporcjonalne do zmian prądu w czasie, może on zostać zredukowany poprzez ograniczenie czasów narastania i opadania sterowników magistrali. Strategia ta wymusza jednak niższe częstotliwości zegara i w związku z tym nie współgra ze wzrostem szybkości magistrali.

Serial ATA — niestandardowe złącze 7-pinowe

Jednorzędowe złącze kablowe o szerokości 1,27 cm bezpośrednio łączy 4 kable sygnałowe i 3 linie masy z końcówką odbiorczą. Ponieważ złącze zawiera piny uziemienia ekranującego, efekt przeniku jest bardzo niewielki. Należy zauważyć, że końcówka odbiorcza posiada 3 wysunięte styki dla 3 sygnałów masy tak, aby potencjał odniesienia urządzenia i hosta mógł zostać uwspólniony przed przestaniem jakichkolwiek sygnałów. Podobna sekwencja łączenia jest wykorzystywana w nowym jednorzędowym, 15-pinowym złączu napięcia o szerokości 2,23 cm. Taki sposób łączenia jest wymagany do wykorzystania możliwości podłączania na gorąco.

Strategia terminacji

Ultra ATA — terminacja u źródła

W układach Ultra ATA terminacja sygnału następuje u źródła celem minimalizacji efektu dzwonienia. W tym schemacie terminacji na wyjściu transmisyjnym sterownika umieszczony jest rezystor szeregowy. Wielkość rezystancji jest dobierana tak, aby rezystancja i impedancja wyjściowa przełącznika odpowiadały kontrolowanej impedancji ścieżki i/lub kabla. Powoduje to powstanie podzielnika napięcia na wyjściu sterownika, co w efekcie powoduje zmniejszenie o połowę mocy emitowanego sygnału. Kiedy sygnał ten dotrze do odbiornika, odbija się z powodu niedopasowania impedancji pomiędzy kontrolowaną impedancją linii transmisyjnej lub kabla a bardzo wysoką rezystancją wejściową odbiornika. Odbicie to zwiększa dwukrotnie moc sygnału na odbiorniku i w związku z tym powraca on do pierwotnej amplitudy. Kiedy odbity sygnał wraca do źródła, napotyka stałą ścieżkę impedancji do masy i w związku z tym jest kompletnie wytłumiany (przy założeniu idealnej terminacji). Jeżeli rezystor terminacji nie został właściwie dobrany, część odbitego sygnału zostanie ponownie odbita, powodując dzwonienie w sygnale. Jeżeli amplituda dzwonienia będzie zbyt wysoka, może ono wpływać na czas ustalania sygnału.

Powyższy schemat terminacji jest niezwykle efektywny w przypadku używania pojedynczego sterownika i odbiornika na przeciwnych końcach kabla łączącego. Jednak standardowy kabel ATA umożliwia podłączenie drugiego urządzenia w środku ścieżki sygnałowej. W tym punkcie kabla występuje „płaski” sygnał, ponieważ przesyłany sygnał nadchodzi z połową mocy, a odbity sygnał musi wrócić do odbiornika przed zakończeniem pełnej zmiany napięcia. Jeżeli przeskok początkowego sygnału jest wystarczająco wysoki, sygnał o połowie amplitudy może przekroczyć próg przełączania nawet kilkakrotnie, zanim nadejdzie sygnał odbity. Przeskok ten może być także kontrolowany przez ograniczenie szybkości narastania sygnału wyjściowego, lecz jak wspomniano powyżej rozwiązanie to może być problematyczne, jeżeli pożądana jest wyższa szybkość magistrali.

Serial ATA — dokładniejsza specyfikacja impedancji / obsługa automatycznego dopasowywania impedancji

Ponieważ w technologii Serial ATA wykorzystuje się jedynie 4 linie sygnałowe na kanał, właściwa terminacja wszystkich linii jest mniej kosztowna, zarówno pod względem złożoności, jak i ceny. Wszystkie urządzenia muszą dostarczać precyzyjnych impedancji terminacji. Zapewniona jest także obsługa obwodów aktywnego dopasowywania impedancji, które zapewniają dokładne dostosowanie do wszystkich kabli i urządzeń. Chociaż w technologii Serial ATA wykorzystuje się ten sam schemat terminacji u źródła co w przypadku równoległego interfejsu ATA, znaczenie wielu problemów jest zminimalizowane przez niemal doskonałą terminację oraz topologię połączeń typu point-to-point, w przypadku której jedyny odbiornik znajduje się na końcu linii transmisyjnej.

Prowadzenie ścieżek na płytkach drukowanych

Ultra ATA — ograniczenia w zakresie prowadzenia ścieżek równoległej magistrali danych i linii zegarowych

Ponieważ interfejs ATA wykorzystuje 32 linie sygnałowe na każdy kanał, przy typowej konfiguracji zawierającej 2 kanały Ultra ATA na płytę z kontrolera We/Wy do złącza ATA należy doprowadzić ścieżki 64 sygnałów. W celu minimalizacji przeniku i dzwonienia szerokości i odstęp pomiędzy ścieżkami muszą być dokładnie kontrolowane. Zazwyczaj specyfikacja dopuszcza maksymalną długość ścieżek wynoszącą 20,32 cm. Zwyczajowo wymaga się, aby długości wszystkich ścieżek nie odbiegały o więcej niż 1,27 cm od długości linii taktującej celem ograniczenia przesunięcia czasowego.

Serial ATA — ograniczenia w zakresie prowadzenia ścieżek par różnicowych

Każdy kanał Serial ATA składa się z dwóch par różnicowych, co w sumie daje 4 linie transmisyjne. Każda para powinna być prowadzona z zachowaniem stałej odległości linii różnicowych oraz równej ich długości. Ze względu na dużą szybkość sygnałów i ograniczenia typowego materiału na ścieżki płytek drukowanych (FR4), długości ścieżek nie powinny zazwyczaj przekraczać 15,24 cm. Chociaż właściwe prowadzenie ścieżek jest bardziej istotne w przypadku Serial ATA niż Ultra ATA, do poprowadzenia jest o wiele mniej sygnałów. Każdy kanał Serial ATA wymaga 4 ścieżek sygnałowych, a więc obsługa 4 napędów będzie w sumie wymagać 16 poprowadzonych sygnałów. W przypadku Ultra ATA byłyby to 74 sygnały.

Poziom sygnałów

Ultra ATA — tolerancja starszego napięcia 5 V

Jak wspomniano powyżej, urządzenia korzystające z transferów Ultra DMA Mode 5, czyli 100 MB/s, muszą pracować przy sygnałach o napięciu 3,3 V celem zrównoważenia czasów przejścia ze stanu wysokiego na niski i z niskiego na wysoki. Aby zachować pełną zgodność wsteczną, urządzenia i hosty Ultra ATA muszą tolerować napięcie 5 V, aby uniknąć ich uszkodzeń w razie ewentualnego podłączenia do urządzeń ATA/ATAPI-5 lub wcześniejszych. Ta tolerancja musi być wzięta pod uwagę podczas projektowania układów scalonych, ponieważ oczekuje się, że jej zapewnienie stanie się trudniejsze w przypadku procesów projektowania nowszych układów CMOS.

Serial ATA — poziomy sygnałów różnicowych o niskim napięciu

Możliwość filtrowania szumu przez pary różnicowe umożliwia zastosowanie sygnałów o niskim napięciu. W przypadku technologii Serial ATA zmiany napięcia oscylują w zakresie 0,125 V dla napięcia współbieżnego. Minimalne napięcie współbieżne wynosi 0,25 V. Ponieważ standard Serial ATA nie zachowuje zgodności sprzętowej z poprzednimi specyfikacjami ATA, wymóg tolerancji napięcia 5 V został usunięty.

Serial ATA — nie tylko lepsze charakterystyki sygnałów...

Metodologia połączeń

Ultra ATA — współdzielona magistrala typu nadrzędny-podrzędny

Technologia Ultra ATA obsługuje do dwóch napędów na kanał poprzez współdzieloną magistralę. Chociaż dwa podłączone urządzenia są nazywane odpowiednio „nadrzędnym” i „podrzędnym”, nie ma między nimi różnicy w działaniu czy określonego pierwszeństwa. Karta magistrali hosta jest właściwym modułem nadrzędnym magistrali, który wykorzystuje status urządzenia nadrzędny-podrzędny w celu pokierowania żądań do odpowiedniego urządzenia i wyboru urządzenia rozruchowego. Chociaż technologia Ultra ATA obsługuje algorytm kolejkowania żądań, jest on rzadko wbudowywany w urządzenia — w związku z tym magistrala danych zostaje zablokowana, jeżeli trwa oczekiwanie na wykonanie polecenia przez jeden z napędów. Z tego powodu przepustowość magistrali jest współdzielona przez urządzenie nadrzędne i podrzędne w przypadku, gdy oba te urządzenia wchodzi w aktywną interakcję z hostem.

Serial ATA — połączenia typu point-to-point i dedykowana przepustowość

Technologia Serial ATA wykorzystuje topologię połączeń typu point-to-point, co oznacza, że każde źródło jest połączone z jednym odbiorcą. Każdy kanał posiada możliwość pracy niezależnej, tak więc nie występuje rywalizacja pomiędzy napędami, a co za tym idzie współdzielenie przepustowości interfejsu. Taka strategia połączeń eliminuje również konieczność ustawiania w urządzeniach zworek określających relację urządzeń nadrzędnych i podrzędnych.

Specyfikacja kabli i złączy

Ultra ATA — szeroka taśma starszego typu

Technologia Ultra ATA wykorzystuje 80-żyłowy kabel o szerokości 2 cali i maksymalnej długości 45,72 cm. Celem zachowania zgodności wstecznej z poprzednimi wersjami ATA, urządzenia Ultra ATA wykorzystują 40-pinową, dwurzędową końcówkę złącza. Oznacza to również, że złącze 40-pinowe można podłączyć do niezgodnych systemów Ultra ATA. Zasilanie jest zazwyczaj dostarczane przez oddzielną 4-pinową wtyczkę. Mniejsza, niezgodna na poziomie sprzętowym, 46-pinowa wersja kabla i złącza jest wykorzystywana do dostarczania zasilania i sterowania poprzez pojedyncze złącze w napędach o niewielkich rozmiarach.

Serial ATA — cienki, elastyczny przewód z niewielkim złączem

Typowe kable Serial ATA posiadają szerokość co najwyżej 0,89 cm, przy maksymalnej długości 1 m, co umożliwia podłączanie sprzętu bez ograniczania przepływu powietrza i zmniejszenie nieporządku w obudowie. 7-pinowe złącze danych o szerokości 1,27 cm nie wymaga dużej ilości przestrzeni na płycie i urządzeniu, co jest ważne dla wchodzących na rynek napędów dysków twardych o rozmiarach 6,35 cm. Złącze sygnałowe Serial ATA i dodatkowe złącze zasilania są na tyle cienkie, że mogą być stosowane w przypadku wszystkich obecnie dostępnych rozmiarów dysków twardych, co pozwala uniknąć konieczności stosowania różnych typów złączy. Aby zilustrować zmniejszone wymagania co do miejsca na płycie głównej, warto zauważyć, że w systemie zawierającym 4 napędy złącza Serial ATA wykorzystują 25% przestrzeni na płycie wymaganej przez złącza Ultra ATA.

Dodatkowe funkcje

Ultra ATA — zapewnienie podstawowej niezawodności

Wersja ATA/ATAPI-6 obejmuje obsługę kontroli błędów CRC, umożliwiającą zapewnienie poprawnej transmisji danych. Transmisje sygnałów sterujących nie są chronione.

Serial ATA — zwiększona niezawodność, możliwość wymiany na gorąco i zgodność ze standardem First Party DMA

W technologii Serial ATA realizowana jest 32-bitowa korekcja błędów CRC dla wszystkich przesłanych bitów, podczas gdy w Ultra ATA sprawdzane są jedynie pakiety danych. Ponadto technologia Serial ATA umożliwia wymianę napędów na gorąco dzięki wsparciu sprzętowemu i właściwej konstrukcji złącza (złączki różnej długości, konstrukcja zapewniająca wsuwanie z minimalną siłą oraz odpowiednia lokalizacja złączy na tylnych ściankach urządzeń). Przy użyciu odpowiednich sterowników programowych urządzenia Serial ATA mogą być podłączane na gorąco wewnątrz obudowy na płycie montażowej lub poprzez wnęki na napędy. Technologia Serial ATA zawiera także wbudowaną obsługę standardu First Party DMA, eliminując wąskie gardła związane ze znajdującymi się na płytach głównych kontrolerami DMA.

Wnioski

Celem niniejszego dokumentu było omówienie szczegółów dotyczących migracji do nowej konstrukcji magistrali We/Wy wewnętrznej pamięci masowej oraz zilustrowanie korzyści wynikających z tego posunięcia. W dokumencie opisano kilka problemów związanych z projektowaniem układów elektrycznych, które komplikują dalszy rozwój szybkości interfejsu Ultra ATA oraz zawarto objaśnienie sposobu rozwiązania tych problemów w przypadku technologii Serial ATA. Następnie omówiono zalety technologii Serial ATA z perspektywy architektury magistrali szeregowej, dodatkowych funkcji i ulepszonej konstrukcji.

Technologia Serial ATA osiąga i przekracza przepustowość równoległego interfejsu Ultra ATA dzięki ulepszeniom konstrukcyjnym

- Automatyczne dopasowywanie impedancji w znacznym stopniu redukuje dzwonienie i w związku z tym czas ustalania sygnałów.
- Wbudowane taktowanie zachowuje wszystkie zalety taktowania zsynchronizowanego ze źródłem, eliminując jednocześnie problemy związane z przesunięciem czasowym wynikającym ze słabej integralności sygnałów taktujących i niedopasowanych długości ścieżek.
- Bardziej kontrolowana konstrukcja kabli pozwalająca na ich większą długość.
- Właściwie zaprojektowane złącze Serial ATA zapewniające redukcję przeniku — jednego z głównych problemów związanych ze starszym złączem typu Ultra ATA.
- Automatyczne dopasowywanie impedancji w znacznym stopniu redukuje dzwonienie i w związku z tym czas ustalania sygnałów.
- Mniejsza złożoność i niższe wymagania co do wymaganego na płycie miejsca na przeprowadzenie ścieżek.
- Zastosowanie sygnałów o niskim napięciu (nawet do napięcia maksymalnego o wartości 0,5 V) zapewnia zgodność z przyszłymi procesami projektowania.
- Ulepszenia architektury magistrali Serial ATA pozwalają na osiągnięcie początkowej szybkości 150 MB/s, z planowanym rozwojem do 600 MB/s.

Przewaga technologii Serial ATA nad Ultra ATA

- Topologia połączeń typu point-to-point zapewnia oddzielny transfer 150 MB/s dla każdego urządzenia.
- Cieńsze, dłuższe kable ułatwiają podłączanie.
- Mniejsza liczba sygnałów interfejsu zapewnia mniejsze wykorzystanie miejsca na płycie i upraszcza prowadzenie ścieżek.
- Ulepszona konstrukcja złącza ułatwia instalację i wpływa na zwiększenie niezawodności urządzeń.
- Kontrola błędów CRC dla wszystkich danych i sygnałów sterujących.
- Możliwość wymiany na gorąco.
- Obsługa standardu First Party DMA.

Polecana literatura

1. „Serial ATA: High Speed Serialized AT Attachment Revision 1.0”, Serial ATA Working Group
2. „Information Technology: AT Attachment with Packet Interface – 6 Rev. 3b”, T13 Committee
3. Johnson, Howard - „High-Speed Digital Design: A Handbook of Black Magic” – Prentice Hall, 1993