



# Serial ATA

## Сравнение с технологией Ultra ATA

В последние годы скорость передачи данных жесткими дисками значительно возросла. В соответствии с требованиями к скорости ввода-вывода характеристики интерфейса ATA постоянно обновляются. Пользователи работают все с большим количеством данных и с ресурсоемкими приложениями для создания и редактирования цифровых видеозаписей, хранения и воспроизведения аудиофайлов, передачи файлов по высокоскоростным сетям и для других целей, поэтому ожидается дальнейшее увеличение производительности жестких дисков. Чтобы соответствовать предъявляемым требованиям, помимо существующей технологии Ultra ATA необходимо разработать новые решения. Таким решением является новый интерфейс Serial ATA. В отличие от параллельного интерфейса Ultra ATA, он имеет последовательную архитектуру. Благодаря такому изменению принципа работы устройств ввода-вывода производительность ATA намного превысит теоретические возможности шины Ultra ATA.

Целью этого документа является ознакомление читателя с техническими различиями технологий Ultra ATA и Serial ATA и объяснение причин перехода с параллельной шины на последовательную. Проводится сравнительный анализ характерных особенностей каждой технологии с последующим описанием преимуществ технологии Serial ATA на уровне системы и для конечного пользователя. Поскольку протокол ATA применяется в обеих технологиях, его характеристики здесь не обсуждаются. Устройства Serial ATA программно совместимы с интерфейсом ATA, и поэтому воспринимаются операционной системой как обычные устройства ATA. Предполагается, что читатель знаком с принципами разработки электротехнических устройств. Этот документ предназначен в первую очередь для сведения OEM-производителей, разработчиков систем, а также производителей, рассматривающих возможность использования Serial ATA в собственных разработках.

## Знакомство с технологией

Ultra ATA является основным интерфейсом, соединяющим системную плату настольного компьютера с периферийными накопительными устройствами: жесткими дисками, накопителями на оптических дисках и съемными магнитными носителями. Ultra ATA – это обладающая обратной совместимостью модификация интерфейса Parallel ATA, появившегося в середине 1980-х годов. Последней из версий Ultra ATA, принятых комитетом INCITS T13, отвечающим за спецификации ATA, при поддержке Американского национального института стандартов (ANSI), является ATA/ATAPI-6. Этот интерфейс обладает скоростью передачи данных до 100 МБ/с. В настоящее время завершается разработка новой спецификации параллельной шины ATA/ATAPI-7, обеспечивающей скорость передачи данных до 133 МБ/с. (подробную информацию см. на веб-узле [www.t13.org](http://www.t13.org))

Serial ATA – это следующее поколение средств межкомпонентного соединения для накопительных устройств, которое заменит технологию Ultra ATA. Serial ATA является усовершенствованным вариантом интерфейса ATA, в котором вместо параллельной шины используется последовательная. Благодаря такой архитектуре удается избежать ограничений, препятствующих увеличению скорости непрерывной передачи данных в классической параллельной шине ATA. Исходный вариант шины Serial ATA поддерживает скорость передачи данных 150 МБ/с. В дальнейшем на основе прошлого опыта планируется в течение 10 лет увеличить этот показатель до 600 МБ/с. Хотя устройства Serial ATA не могут напрямую взаимодействовать с существующим стандартным оборудованием Ultra ATA, они полностью поддерживают протокол ATA и поэтому программно совместимы (подробную информацию см. на веб-узле [www.SerialATA.org](http://www.SerialATA.org)).

## Сравнение шин с параллельной и последовательной архитектурой

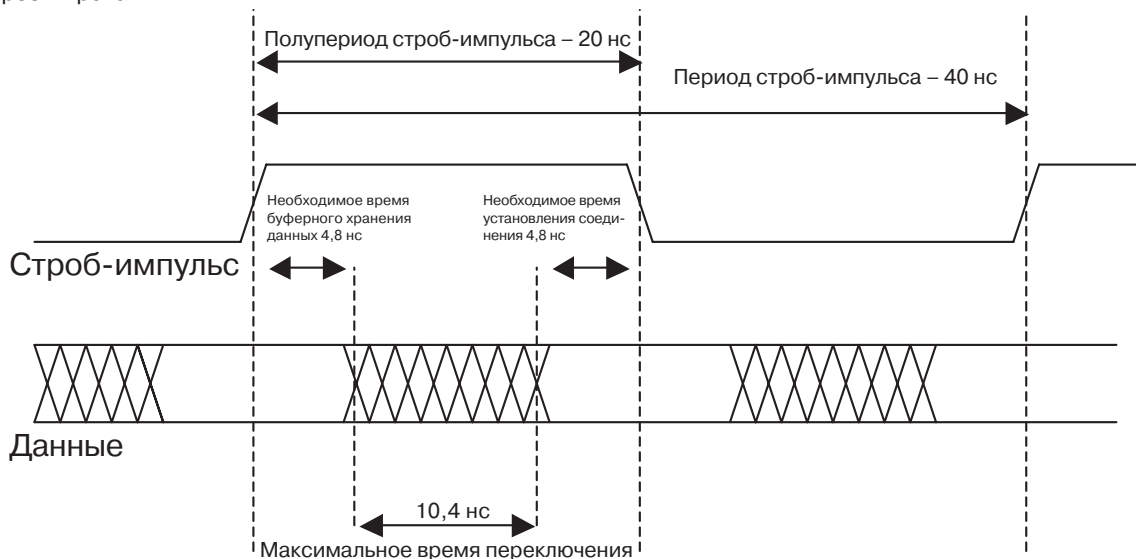
### Архитектура шин Ultra ATA

**Конструкция шины.** Последняя модификация интерфейса ATA/ATAPI-6 с технологией Ultra ATA 100 совместима со всеми предыдущими версиями ATA благодаря использованию стандартной 16-разрядной параллельной информационной шины и 40-контактного разъема, пропускающего 16 командных сигналов.

**Пропускная способность.** Рассмотрим некоторые показатели и разберемся, каким образом достигается пропускная способность 100 МБ/с. При наличии 16-разрядной информационной шины за одну транзакцию передается два байта данных. Таким образом, для того чтобы пропускная способность составляла 100 МБ/с, информационная шина должна работать с частотой 50 МГц. Для упрощения схемы источника импульсов при осуществлении прямого доступа к памяти в интерфейсе Ultra ATA используется двусторонний механизм подачи импульсов, или «удвоенная скорость передачи данных». В этом случае данные регистрируются как на переднем, так и на заднем фронте строба данных, вследствие чего вдвое уменьшается частота строб-импульса. Таким образом, пропускная способность составляет:

$$\begin{array}{r}
 \text{частота строб-импульса } 25\text{МГц} \\
 \times \quad 2 \text{ (удвоенная скорость передачи данных)} \\
 \times \quad 16 \text{ бит/фронт} \\
 \hline
 / \quad 8 \text{ бит/байт} \\
 \hline
 = \quad 100 \text{ МБ/с}
 \end{array}$$

**Синхронизация.** Как говорилось ранее, тактовые импульсы должны подаваться с частотой 50 МГц, или каждые 20 нс. Заметьте, что с учетом времени на установление соединения и буферное хранение данных переключение и фиксация всех линий передачи данных должны происходить в течение приблизительно 10 нс (см. Рис. 1). Это наихудший вариант времени переключения, который должен учитываться при проектировании.



**Рис. 1. Распределение временных интервалов при пакетной передаче данных в режиме Ultra DMA**

**Архитектура шины Serial ATA**

**Конструкция шины.** В отличие от параллельной шины Ultra ATA, в Serial ATA для последовательной побитовой передачи данных используется один тракт прохождения сигнала, а второй последовательный тракт служит для возврата подтверждения получения данных передающему устройству. Так как каждый тракт представляет собой дифференциальную пару проводов, на каждый канал шины Serial ATA приходится 4 сигнальные линии. Управляющие сигналы передаются пакетно в виде коротких битовых последовательностей, отличных от данных, либо в виде внеполосных сигналов (управляющие сигналы отправляются с помощью сигнальных импульсов, аналогичных азбуке Морзе), поэтому выделение специальных линий передачи данных не требуется.

**Пропускная способность.** 16-разрядная параллельная шина Ultra ATA за один тактовый импульс может передавать два байта данных. Хотя последовательная шина Serial ATA передает за один импульс только один бит, это компенсируется значительным увеличением числа тактов за единицу времени и, следовательно, скорости передачи данных. Пропускная способность новой шины Serial ATA составляет 1 500 Мбит/с, или 1,5 Гбит/с. Кодирование данных осуществляется с помощью кода 8b10b. Эта кодировка обладает эффективностью 80% и используется для поддержания на одном уровне среднего значения отклонения постоянного тока при цифровой дифференциальной передаче сигналов. Поэтому максимальная эффективная пропускная способность шины – 150 МБ/с.

$$\begin{array}{r}
 \text{частота подачи тактовых импульсов } 1\,500 \text{ МГц} \\
 \times \quad 1 \text{ бит/импульс} \\
 \times \quad \text{эффективность кодирования по методу } 8b10b \text{ — } 80\% \\
 \hline
 / \quad 8 \text{ бит/байт} \\
 \hline
 = \quad 150 \text{ МБ/с}
 \end{array}$$

**Синхронизация.** Для передачи данных со скоростью 1,5 Гбит/с необходимо, чтобы переход и получение значения битов происходили в течение 0,667 нс. Максимальное разрешенное время переключения составляет 0,273 нс, что значительно меньше допустимого предела (10 нс) для шин Ultra ATA. Однако, как будет показано в следующих разделах, к электрическим характеристикам последовательной шины предъявляются более высокие требования. Таким образом, время передачи данных при использовании шины Serial ATA не превышает аналогичных показателей для шины Ultra ATA.

## Электротехнические ограничения. Использование последовательной шины для устранения недостатков параллельной архитектуры

Для оптимизации схемы любой высокоскоростной шины требуется внимательное изучение проблем, возникающих при проектировании аналоговых устройств. Основной сложностью при разработке интерфейса Ultra ATA, обязательным требованием для которого является совместимость с существующей параллельной технологией, стали нежелательные аналоговые явления, возникающие при использовании параллельных информационных шин: перекрестные помехи, нестабильность заземления, «звон» и фазовый сдвиг тактовых импульсов. Ожидается, что это станет непреодолимой преградой на пути дальнейшего увеличения скорости передачи данных с помощью технологии Ultra ATA. Благодаря переходу на последовательную информационную шину в интерфейсе Serial ATA влияние этих явлений снижается.

В следующем разделе будут представлены методы разработки, применявшиеся для достижения текущего уровня скорости передачи данных с помощью технологии Ultra ATA, и даны пояснения по проблеме дальнейшего увеличения скорости в случае использования параллельной архитектуры. В каждом из случаев будет описано, как измененная архитектура шины Serial ATA позволяет преодолеть возникающие сложности и улучшить рабочие характеристики ATA. Хотя все проблемы, возникающие при проектировании аналоговых устройств, в этом документе не обсуждаются, для того чтобы читатель мог получить начальные сведения, необходимые для сравнения характерных особенностей шин разной архитектуры, проводится краткий анализ источников помех и ошибок:

- Перекрестные помехи возникают под действием магнитных полей, порождаемых при протекании тока в соседних проводниках, по аналогии с принципом работы трансформатора. Амплитуда помех пропорциональна скорости изменения тока и количеству соседних токовых контуров. Поэтому это явление наиболее заметно в параллельных шинах, где множество соседних линий могут одновременно поменять направление и добавить к подавляемому сигналу шумовое напряжение.
- Нестабильность заземления создает наибольшее число сложностей при одновременном переключении нескольких сигналов либо при использовании высокоскоростных драйверов, что в обоих случаях характерно для параллельных информационных шин. Мгновенное изменение мощности приводит к тому, что конденсаторы устройства оказываются не в состоянии обеспечить необходимый уровень тока, и происходит «провал» напряжения питания. При достижении определенного уровня падение напряжения может быть ошибочно принято за передачу бита данных.
- «Звон» возникает в результате изменения сопротивления на пути прохождения сигнала в системах, где время нарастания сигнала меньше или равно времени задержки на его прохождение. Когда это условие выполняется, тракт прохождения сигнала рассматривается как распределенная система. Это подразумевает, что в некоторый момент времени напряжение во всех точках тракта прохождения сигнала может быть неодинаковым. По мере прохождения сигнала величина напряжения так или иначе соответствует «эффективной» величине полного сопротивления. При внезапном изменении сопротивления напряжение временно возрастает для поддержания электрического тока. Это напряжение «отражается» и распространяется по линии передачи назад к источнику, и в случае неполного затухания снова может отразиться. Тогда процесс будет повторяться до полного затухания. В результате на линии передачи происходит колебание напряжения, или «звон».
- Фазовый сдвиг тактовых импульсов происходит из-за различной продолжительности задержек на линии передачи между тактовым сигналом и сигналом данных или в результате деградации тактового сигнала. Если путь прохождения тактового сигнала короче линии передачи данных, тогда, например, тактовый сигнал может достичь цели раньше, чем линия передачи данных стабилизируется, регистрируя тем самым ошибку передачи данных. Из-за «звона» или помех на линии передачи тактового сигнала может произойти задержка передачи тактового импульса относительно пакета данных, а также изменение времени их буферного хранения.

### Электрические характеристики

#### **Ultra ATA — совместимость с предыдущими версиями параллельной архитектуры**

Стандарт ATA-1 стал использоваться в качестве основного стандарта ввода-вывода еще в середине 80-х годов, и до сих пор новые стандарты сохраняют обратную совместимость с ним. Пропускная способность интерфейса значительно возросла, с 3,3 МБ/с в ATA-1 до 100 МБ/с в ATA/ATAPI-6. Однако значительное увеличение скорости привело к усложнению конструкции. В последующих разделах обсуждаются основные конструктивные особенности интерфейса, благодаря которым достигается скорость передачи данных 100 МБ/с, а также объясняется, почему дальнейшее увеличение скорости невозможно.

#### **Электротехнические требования к стандарту Serial ATA**

Возрастающие требования к скорости передачи данных с помощью интерфейса Ultra ATA привели к тому, что при разработке интерфейса Serial ATA было принято решение о применении высокоскоростной последовательной шины. Чтобы уменьшить влияние проблем, возникающих при проектировании высокоскоростных несимметричных и параллельных шин, интерфейс Serial ATA использует низковольтную дифференциальную передачу сигналов. При этом все сигналы, служащие для передачи данных, фактически, передаются по двум проводникам, по одному из которых передается обычный сигнал, а по другому — инвертированный. Для получения истинного значения сигнала получатель определяет разницу напряжений между этими проводниками. В результате синфазное напряжение, или напряжение в линии, используемое в качестве эталонного значения постоянного напряжения, а также шумы, одинаково воздействующие на оба проводника, взаимовычитаются в устройстве-получателе. Данное синфазное напряжение может изменяться в процессе работы, хотя изменения, частота которых превышает определенное значение, могут рассматриваться получателем как шумы. Такие превосходные электрические характеристики — один из факторов, позволяющих при использовании интерфейса Serial ATA достичь большей скорости обмена данными, чем при использовании Ultra ATA.

## Методы тактирования

### **Ultra ATA – тактирование без взаимоблокировки**

Из-за высоких скоростей передачи данных и, соответственно, задержек при прохождении сигнала по плате и кабелям в интерфейсе Ultra ATA используется механизм тактирования без взаимоблокировки, также известный как тактовая синхронизация в источнике. В обычных схемах синхронизации данные, передающиеся от источника, синхронизируются в приемнике с помощью локального тактового сигнала. При тактировании без взаимоблокировки тактовый импульс или сигнал строба данных порождается в источнике и передается вместе с данными. При условии, что пути прохождения сигналов или длины и характеристики кабелей одинаковы, данные и строб достигают приемника одновременно.

Хотя этот способ тактирования обеспечивает меньшую чувствительность к задержкам при прохождении сигнала по шине, при его использовании возникают дополнительные сложности. Поскольку строб передается вместе с данными, увеличивается вероятность отражения сигнала и возникновения «звона». При этом, если помехи довольно большие, в результате преодоления строб-импульсом порога переключения может произойти «двойная синхронизация» данных. Значение времени установления сигнала зачастую является более важным, поскольку прохождение строба, как правило, более жестко связано с передачей данных.

Так как время прохождения и сигнала, и тактового импульса может отличаться от прогнозируемого, картина фазового сдвига тактовых импульсов усложняется. Для уменьшения фазового сдвига при передаче с частотой 100 МГц (Ultra DMA Mode 5) необходимо использовать напряжение 3,3 В (в предыдущих версиях ATA – 5 В), чтобы добиться большей симметричности фронта сигнала относительно порога переключения 1,5 В. Кроме того, тщательный подбор значений терминирующих сопротивлений позволяет снизить «звон» сигналов, который приводит к появлению сглаживаний и всплесков на фронтах сигнала и может вызывать задержки при переключении.

### **Serial ATA – встроенный механизм тактирования**

В отличие от параллельной шины ATA, в Serial ATA специальные селекторные и тактовые сигналы не назначаются. Вместо этого поток данных формируется таким образом, что позволяет выделять импульсы синхронизации. В отсутствие передачи данных по шине проходит код «101010...». Таким образом оба устройства могут синхронизировать приемники по времени изменения значения входящего бита. Таким же образом обеспечивается синхронизация при передаче данных. Применение кодировки 8b10b обеспечивает появление нескольких битовых переходов при передаче каждые 10 бит данных даже во время обычной передачи данных. Постоянное отслеживание этих переходов позволяет снизить погрешности синхронизации. Благодаря встроенному механизму тактирования обеспечиваются преимущества тактовой синхронизации в источнике, и удается избежать трудностей, возникающих при фазовом сдвиге тактовых импульсов.

## Кабели

### **Ultra ATA – 80-жильный ленточный кабель**

До появления технологий ATA/ATAPI-3 и Ultra ATA 33 для передачи данных в интерфейсе ATA использовался 40-жильный кабель, только 7 контактов которого были заземлены. Амплитуда перекрестных помех пропорциональна размеру токовых петель между линиями передачи сигналов, поэтому при далеком взаимном расположении линий передачи сигналов и линий заземления в кабеле появляются перекрестные помехи. Для передачи данных с частотой более 33 МГц (Ultra DMA Mode 3), использовавшийся ранее 40-жильный кабель был заменен на 80-жильный с дополнительными линиями заземления и передачи сигналов. Благодаря этому удалось значительно снизить перекрестные помехи сигналов и сбалансировать эффективное сопротивление каждой линии на высоких частотах. Однако во избежание проблем, связанных с потерей целостности сигнала, максимальная длина кабеля составляет 46 см.

### **Serial ATA – 4-жильный кабель с возможностью добавления дополнительных экранирующих проводов и проводов заземления**

В интерфейсе Serial ATA используется 4-жильный кабель, содержащий дифференциальные пары для передачи и получения данных. Для уменьшения сопротивления и перекрестных помех во многих кабелях используются дополнительные экранирующие линии заземления, принцип действия которых аналогичен 40 линиям заземления в 80-контактном кабеле Ultra ATA. Разъем Serial ATA поддерживает 3 независимых канала заземления. Максимальная длина кабелей Serial ATA составляет 1 м.

## Разъемы

### **Ultra ATA - 40-контактный двухрядный разъем**

Хотя в соответствии с требованиями по увеличению скорости передачи данных конструкция кабеля была модернизирована, для обеспечения обратной совместимости используется стандартный 40-контактный двухрядный разъем ATA. 40 дополнительных проводов заземления в кабеле соединены с 7 контактами заземления на разъеме. Поскольку дополнительные линии заземления добавлены не были, наличие на разъеме индуктивной связи во время подключения приводит к появлению перекрестных помех. Наиболее сильное воздействие (в худшем случае до 1 В) эти помехи оказывают на сигнал, который остается постоянным, в то время как соседние сигналы одновременно меняют направление. Возникающий при этом шум наиболее проблематичен при передаче или получении данных от устройства, подключенного в средней части кабеля. Поскольку амплитуда перекрестных помех пропорциональна скорости изменения тока, их влияние можно уменьшить, задав в драйверах шины ограничение на время нарастания и затухания сигнала, или скорость нарастания выходного напряжения. Однако в результате подобных действий снижается тактовая частота, что может приводить к снижению пропускной способности шины.

## **Serial ATA - 7-контактный разъем**

С помощью разъема шириной 13 мм к приемному терминалу можно напрямую подключить 4 проводника для передачи сигнала и 3 линии заземления. Благодаря наличию экранирующих контактов заземления перекрестные помехи очень малы. Обратите внимание, что приемный терминал использует расширенные разъемы, содержащие 3 заземленных контакта, что позволяет установить общий уровень «земли» для подключаемого устройства и основной системы, прежде чем будет подан входной сигнал. Аналогичная последовательность подключения используется в случае применения нового 15-контактного однорядного разъема питания шириной 22 мм, который необходим для реализации возможности «горячего подключения».

### **Терминирование**

#### **Ultra ATA – терминирование на источнике**

Для уменьшения «звона» в системах, использующих интерфейс Ultra ATA, используется терминирование на источнике. При этом на выходе передающего устройства подключается дополнительный резистор. Номинал этого резистора подбирается таким образом, чтобы суммарное значение сопротивления резистора и выходного сопротивления передающего устройства совпадало с сопротивлением пути прохождения сигнала и кабеля. В результате в выходной цепи создается делитель напряжения, вдвое ослабляющий передаваемый сигнал. Когда этот сигнал достигает цели, он отражается из-за несовпадения сопротивления пути передачи сигнала или кабеля и очень высокого входного сопротивления приемника. В результате амплитуда сигнала в приемнике удваивается, и сигнал принимает прежнее значение. Когда отраженный сигнал возвращается к источнику, то по линии заземления он полностью уходит на «землю» (при наличии правильного терминирования). Если номинал терминирующего резистора выбран неверно, отраженный сигнал может быть отражен повторно, что приведет к возникновению «звона». Появление «звона» с большой амплитудой может влиять на время установления сигнала.

Данная схема терминирования является чрезвычайно эффективной в случае применения одного приемного и одного передающего устройства, расположенных на противоположных концах кабеля. Однако стандартный кабель ATA позволяет подключить к средней части кабеля дополнительное устройство. В этой точке кабеля сигнал сглаживается, поскольку передаваемый сигнал имеет половинную величину, а для достижения полной величины сигнала необходимо, чтобы вернулся сигнал, отраженный приемником. Если проскок начального сигнала достаточно велик, то до появления отраженного сигнала сигнал половинной амплитуды может один или несколько раз преодолеть порог переключения. Для изменения величины проскока можно изменить скорость нарастания выходного напряжения, но, как указывалось выше, этот способ может приводить к снижению скорости шины.

#### **Serial ATA – точный подбор величины сопротивлений/поддержка автоматического определения величины сопротивлений**

Поскольку один канал интерфейса Serial ATA содержит только 4 сигнальные линии, то терминирование всех линий является более простым и дешевым, чем при использовании интерфейса Ultra ATA. На всех устройствах необходимо правильно выбрать значения терминирующих сопротивлений. Интерфейс Serial ATA также поддерживает активное терминирование, обеспечивающее точное определение значения сопротивлений для любого кабеля или устройства. Хотя Serial ATA использует ту же схему терминирования, что и параллельный интерфейс ATA, многие проблемы устраняются за счет почти идеального терминирования, а также за счет применения архитектуры «точка-точка», гарантирующей, что на конце линии передачи находится только приемное устройство.

### **Разводка печатной платы**

#### **Ultra ATA – ограничения, возникающие при использовании параллельной информационной шины и тактовой синхронизации**

Поскольку каждый канал интерфейса ATA использует 32 сигнальные линии, то при наличии на плате 2 каналов Ultra ATA (что является типичной конфигурацией), от контроллера ввода-вывода к разъему ATA должно идти 64 сигнала. Чтобы снизить перекрестные помехи и «звон», необходимо тщательно соблюдать требования к длине трассы прохождения сигналов и расстоянию между проводниками. Как правило, длина трассы не должна превышать 20 см. Чтобы снизить фазовый сдвиг, необходимо, чтобы длина проводников не более чем на 13 мм отличалась от длины проводника, по которому распространяются строб-импульсы.

#### **Serial ATA – ограничения, возникающие при разводке дифференциальных пар**

Каждый канал Serial ATA состоит из двух дифференциальных пар (всего — 4 линии передачи сигнала). Каждая пара должна быть разведена с использованием двух проводников одинаковой длины, идущих на одинаковом расстоянии друг от друга. В силу высокой скорости передачи сигнала, а также ограничений, присущих стандартному материалу FR4, используемому для разводки печатных плат, длина трассы, как правило, не должна превышать 15 см. Хотя при использовании интерфейса Serial ATA точное соблюдение требований к разводке важнее, чем при использовании Ultra ATA, применение Serial ATA требует разводки значительно меньшего числа проводников. Каждый канал Serial ATA содержит 4 сигнальные трассы. Таким образом, при использовании Serial ATA для работы с 4 жесткими дисками необходимо развести трассы для 16 сигналов, а при использовании Ultra ATA — для 74.

### **Передача сигналов**

#### **Ultra ATA – унаследованная поддержка напряжения 5 В**

Как указывалось выше, в устройствах, использующих режим Ultra DMA Mode 5 (т. е. передающих данные со скоростью 100 МБ/с), чтобы сбалансировать время перехода сигнала с высокого уровня на низкий и обратно, необходимо применять сигналы с напряжением 3,3 В. Для обеспечения полной обратной совместимости устройства и узлы Ultra ATA должны быть устойчивы к напряжению 5 В во избежание повреждений при подключении к устройствам с интерфейсом ATA/ATAPI-5 или более ранних версий. Это требование должно учитываться при разработке интегральных схем, так как по мере усовершенствования технологий CMOS выполнять его будет все сложнее.

## **Serial ATA - низковольтная дифференциальная передача сигналов**

Шумоподавляющие свойства дифференциальных пар позволяют использовать низковольтную передачу сигналов. В интерфейсе Serial ATA перепад напряжения синфазного сигнала составляет 0,125 В при минимальном значении синфазного напряжения 0,25 В. Поскольку Serial ATA не поддерживает аппаратную совместимость с более ранними версиями ATA, требование на устойчивость к напряжению 5 В снято.

## **Serial ATA – не только лучшие характеристики передачи сигналов**

### **Принцип подключения**

#### **Ultra ATA - общая шина с конфигурацией «ведущее-ведомое устройство»**

Технология Ultra ATA поддерживает возможность подключения к каждому каналу до двух накопительных устройств с помощью общей шины. Хотя подключаемые устройства рассматриваются как «ведущее» и «ведомое», на их работе это никак не отражается - они обладают одинаковым приоритетом. Хост-адаптер шины отвечает за передачу данных по шине и учитывает статус накопителей при передаче запросов и определении загрузочного устройства. Хотя в технологии Ultra ATA поддерживается алгоритм организации очереди команд, эта функция часто не включается. Так, если один из накопителей ожидает выполнения команды, происходит блокировка информационной шины. Это приводит к тому, что при активном взаимодействии ведущего и ведомого устройства с системой пропускная способность шины распределяется между ведущим и ведомым устройствами.

#### **Serial ATA - двухточечное подключение для увеличения пропускной способности**

В интерфейсе Serial ATA используется топология «точка-точка», то есть каждый источник подключен к одному пункту назначения. Каждый канал может работать независимо, поэтому конфликта между накопительными устройствами не возникает и совместное использование интерфейса не требуется. При этом принципе подключения также исчезает необходимость применения перемычек в устройствах.

### **Характеристики кабелей и разъемов**

#### **Ultra ATA – стандартный широкий ленточный кабель**

В устройствах Ultra ATA используется 80-жильный кабель шириной 5 см. Максимальная длина такого кабеля составляет 46 см. Для обеспечения обратной совместимости с предыдущими версиями ATA в устройствах Ultra ATA используется 40-контактный двухрядный разъем. Также с помощью 40-контактного разъема можно подключать несовместимые с Ultra ATA системы. Как правило, электропитание осуществляется через отдельный 4-контактный силовой разъем. Существует также несовместимый со стандартной шиной 46-контактный кабельный разъем. Он используется в накопителях с малым форм-фактором для подачи питания и передачи данных.

#### **Serial ATA - тонкий гибкий кабель с небольшим разъемом**

Максимальная ширина типичных кабелей Serial ATA составляет 6 мм, а длина – до 1 м, благодаря чему при его правильном размещении можно улучшить циркуляцию воздуха и избежать тесного расположения устройств в системе. Ширина 7-контактного разъема – всего 13 мм. При подключении к плате или устройству он занимает очень маленькую площадь, что особенно важно в связи с появлением 2,5-дюймовых жестких дисков. Сигнальный разъем Serial ATA и дополнительный разъем питания достаточно тонкие и могут без доработки применяться в жестких дисках всех размеров, что сводит на нет потребность в разъемах разного типа. В качестве примера отметим, что для системы с четырьмя жесткими дисками площадь, занимаемая разъемами Serial ATA, составляет 25% от площади, занимаемой на системной плате разъемами Ultra ATA.

### **Дополнительные функции**

#### **Ultra ATA - базовое обеспечение надежности**

Для обеспечения правильности передачи данных интерфейс версии ATA/ATAPI-6 поддерживает возможность контроля ошибок при передаче данных с использованием циклического избыточного кода. Передача сигнала обратной связи не защищается.

#### **Serial ATA – улучшенные средства обеспечения надежности, поддержка функции «горячей замены», режим First Party DMA**

В отличие от интерфейса Ultra ATA, в котором осуществляется проверка только пакетов данных, в интерфейсе Serial ATA при передаче любых данных проводится контроль ошибок с использованием циклического избыточного 32-разрядного кода. Благодаря аппаратным особенностям и специальной конструкции разъема (контактная площадка с различной длиной выводов, минимальное усилие вставки и специальное расположение опорных рамок) Serial ATA поддерживает функцию «горячей замены». При использовании определенных драйверов устройства Serial ATA можно, не выключая систему, подключать к системной плате или слоту для дополнительных устройств. Serial ATA также поддерживает режим First-Party DMA, что позволяет преодолеть ограничения встроенных в системную плату контроллеров прямого доступа к памяти.

## Заключение

Основная задача этого документа – обосновать необходимость изменения архитектуры шины устройств ввода-вывода и проанализировать полученные в результате такого изменения преимущества. В документе описаны некоторые трудности, возникающие при проектировании электрических устройств и делающие практически невозможным дальнейшее увеличение скоростных характеристик интерфейса Ultra ATA, а также объясняется, как эти трудности преодолеваются с помощью технологии Serial ATA. Рассмотрены преимущества технологии Serial ATA: последовательная архитектура шины, дополнительные функции и улучшенные конструктивные характеристики.

### **Благодаря конструктивным усовершенствованиям пропускная способность интерфейса Serial ATA превосходит характеристики параллельного интерфейса Ultra ATA**

- Дифференциальная передача сигналов позволяет уменьшить перекрестные помехи и нестабильность заземления как источника синфазного шума
- Благодаря встроенному механизму тактирования реализуются преимущества тактовой синхронизации в источнике и удается избежать трудностей, возникающих при фазовом сдвиге тактовых импульсов из-за недостаточной целостности строб-импульса и несовпадения длины трасс
- Более удобные кабели увеличенной длины
- Разъем Serial ATA специально разработан для решения основной проблемы, возникающей при использовании разъема Ultra ATA, – снижения перекрестных помех
- Автоматическое согласование полных напряжений значительно уменьшает «звон», а также время установления сигнала
- Упрощение разводки и уменьшение занимаемой на системной плате площади
- Использование низковольтной передачи сигнала (максимальное напряжение – 0,5 В) обеспечивает совместимость с будущими технологиями
- Улучшенная архитектура шины Serial ATA уже сейчас позволяет передавать данные со скоростью 150 МБ/с. В дальнейшем значение этого показателя планируется увеличить до 600 МБ/с

### **Преимущества Serial ATA по сравнению с технологией Ultra ATA**

- Топология «точка–точка» для всех устройств обеспечивает скорость передачи данных 150 МБ/с
- Более тонкие и длинные кабели облегчают подключение
- Меньший объем передаваемых через интерфейс сигналов означает уменьшение требуемого на системной плате места и упрощение разводки
- Улучшенная конструкция разъема облегчает подключение и повышает надежность устройства
- Контроль ошибок с использованием циклического избыточного кода при передаче всех данных и сигналов обратной связи
- Поддержка функции «горячей замены»
- Поддержка режима First-Party DMA

## Ссылки

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