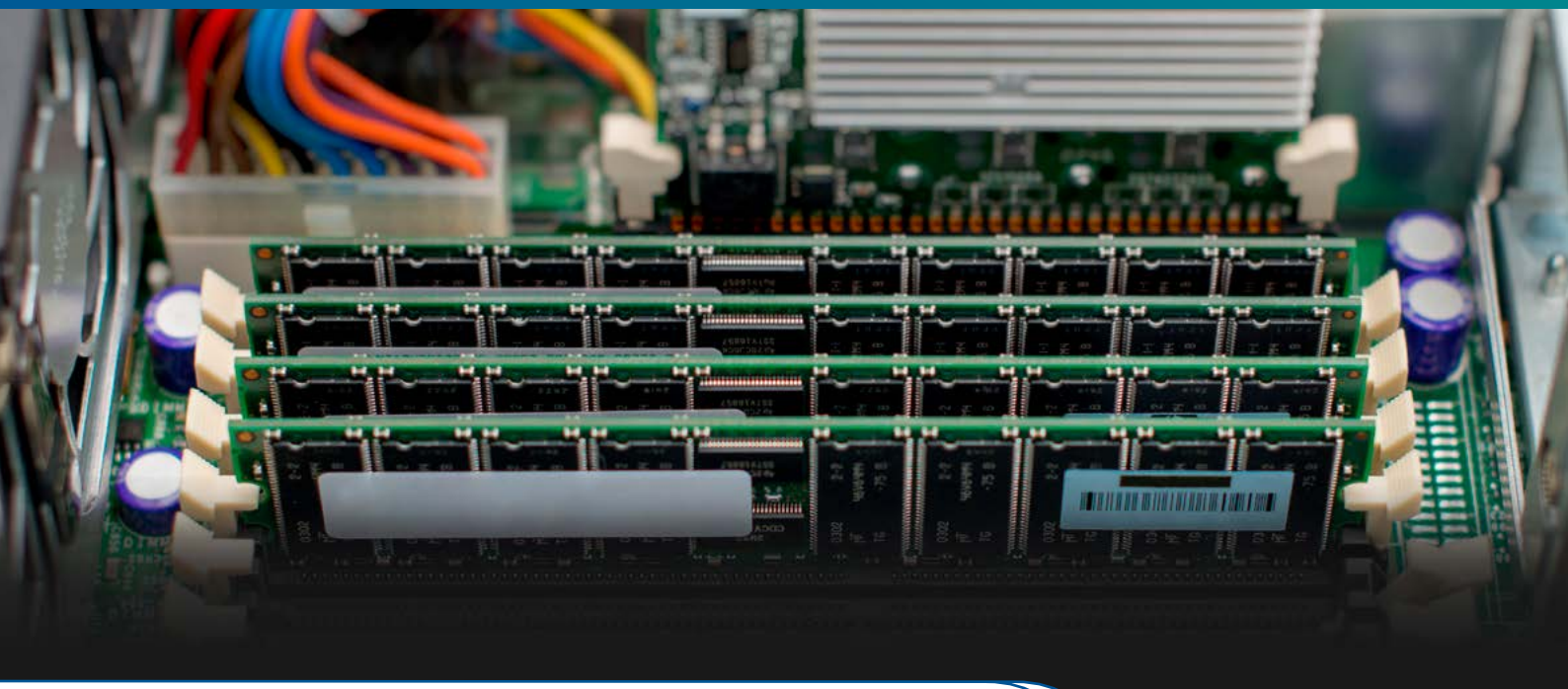

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Память DDR

Проблемы тестирования модулей памяти стандартов DDR3, DDR4 и DDR5

Обзор технологии DDR

DDR (удвоенная скорость передачи данных) – это технология изготовления микросхем памяти, изначально ориентированная на применение в серверах информационных центров. Такие информационные центры, являясь хранилищами больших объёмов данных, остро нуждались в новой технологии памяти, поскольку должны были отвечать сочетанию сразу нескольких требований: малое энергопотребление, большой объём памяти и высокая скорость передачи данных. По мере того, как потребности производителей серверов стимулировали разработку памяти DDR следующего поколения, от этого выигрывали и простые потребители, поскольку новые типы памяти становились всё более доступными. По мере снижения цены память DDR начала применяться в настольных ПК и ноутбуках.

В 2007 году был выпущен стандарт DDR3, в 2012 году – DDR4, а сейчас на горизонте уже показался DDR5. Некоторые передовые разработчики уже вплотную подошли к созданию технологии DDR5, и ожидается, что JEDEC (Объединённый инженерный совет по электронным устройствам) выпустит этот стандарт уже в следующем году.

Преимущества DDR4 перед DDR3

- Повышенная скорость передачи данных
- Более высокая эффективность
- Улучшенная целостность данных
- Больший объём памяти

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Память DDR3 работает со скоростью 800–2133 МТ/с (миллионов посылок в секунду), тогда как DDR4 – со скоростью 1600–3200 МТ/с, т.е., вдвое быстрее своего предшественника. Кроме того, память DDR4 рассчитана на напряжение 1,2 В, что повышает её эффективность, продлевая время работы от батарей и снижая нагрузку по сравнению с напряжением 1.5 В, от которого питается DDR3. Помимо этого, алгоритм нахождения контрольной суммы (CRC) и встроенный в технологию DDR4 детектор ошибок чётности улучшает целостность данных, выполняя дополнительную проверку передаваемых команд и данных. Кроме того, удельный объём памяти DDR4 был увеличен в четыре раза. Максимальный объём памяти DDR3 составляет 128 Гбит, тогда как для DDR4 эта цифра равна 512 Гбит.

DDR5 берёт только лучшее

Предполагается, что с появлением DDR5 скорость передачи данных и объём памяти снова удвоятся. То есть, скорость передачи данных достигнет 6 ГТ/с, а объём памяти – 1 терабита, а это означает:

- Повышенную скорость передачи данных
- Более высокую эффективность
- Больший объём памяти

Проблемы тестирования

Целостность сигнала

Наиболее распространёнными проблемами технологии DDR являются проблемы синхронизации контроллера памяти. Скорее всего, вы купите готовый контроллер памяти, а не будете проектировать его сами. В этом случае вам придётся добиться синхронной работы своей платы и контроллера памяти. Исторически сложилось так, что для этого достаточно выполнить тесты времени установки и удержания и проверить скорость передачи данных. В прошлом скорости были ниже, поэтому конструктивные запасы были шире, и, если тесты времени установки и удержания проходили успешно, можно было с большой уверенностью утверждать, что система памяти DDR2 или DDR3 отвечает требованиям спецификаций.

Однако с ростом скорости передачи конструктивные запасы сужаются. Работая с DDR4 или DDR5, вы уже не получите достаточных конструктивных запасов для прохождения простых тестов времени установки и удержания. Для проверки DDR4 нужно использовать глазковую диаграмму.

Стандарт DDR4 предъявляет особые требования к допускам на случайный джиттер и коэффициент битовых ошибок. Можно создать маску для осциллографа согласно этому стандарту. Маска определяет область на экране осциллографа, в которой должен оставаться сигнал, чтобы отвечать требованиям стандарта. Если глазок закрывается слишком сильно и пересекает маску, то, скорее всего, это значит, что возникли битовые ошибки, и требования спецификаций не выполняются.

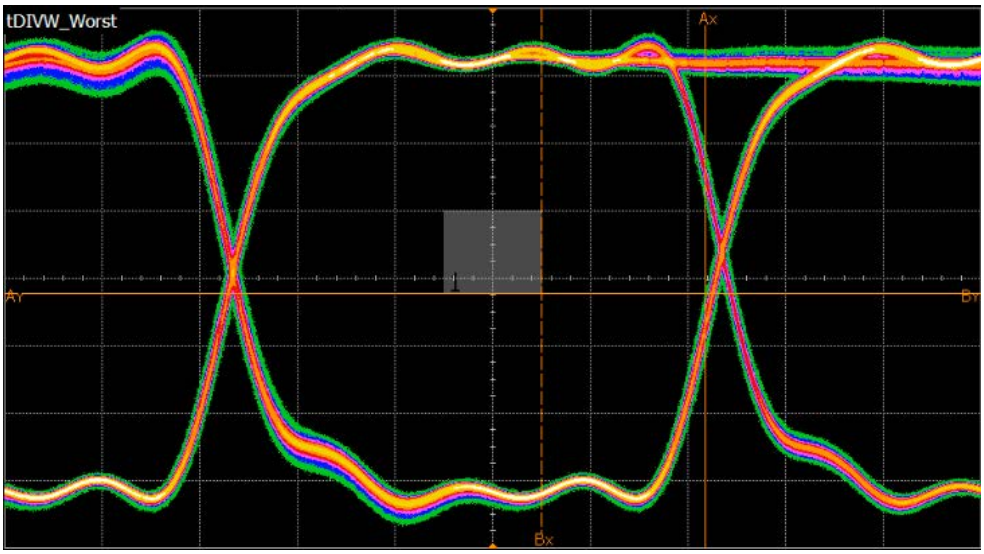

Рисунок 1. Тест DDR4 по маске выполняется в рамках испытаний на соответствие требованиям стандарта. Маска представлена серым прямоугольником в центре глазка.

Можно предположить, что глазок DDR5 будет закрываться из-за повышенной скорости передачи данных. В таких случаях для достаточного раскрытия глазка вам придётся применять методы эквализации. Кроме того, характеристики DDR5 определяются на шариковых выводах корпуса, но вам не удастся установить пробник внутрь микросхемы. Вместо этого, вам придётся исследовать сигнал канала, но это не позволит понять, открыт или закрыт глазок во внутренних цепях микросхемы. Поэтому для устранения влияния импульсной характеристики канала нужно применять эквалайзер с решающей обратной связью.

Повреждение данных

В процессе проверки DDR4, LPDDR4, DDR5 или LPDDR5 зачастую выявляется повреждение данных. Повреждение данных может происходить по разным причинам – либо из-за нарушения целостности сигнала, либо из-за функциональных проблем. Для проверки целостности сигнала (включая размер глазка, время перепадов и качество питающих напряжений) можно использовать осциллографы, а для проверки функциональности и соответствия протоколов систем памяти – логические анализаторы. Функциональные проблемы, когда память не получает корректные команды в нужной последовательности или в нужное время, могут привести к повреждению данных и вызвать системные сбои. Для выявления таких ошибок и их причин важную роль играют физические и функциональные тесты, которые позволяют отладить схему и предотвратить отказы.

Контрольно-измерительное оборудование облегчает решение проблем

Для упрощения тестирования и отладки можно применить программное обеспечение, выполняющее проверку на соответствие требованиям стандарта. ПО проверки соответствия работает прямо на осциллографе и помогает проверять целостность сигнала и физический уровень проектируемого устройства. Оно автоматизирует проверку соответствия, тестирует устройство и генерирует отчёт типа «годен/не годен». Вам нужно лишь подать сигналы на осциллограф и запустить приложение.

Для проверки функциональности или соответствия протокола можно захватить все сигналы DDR подходящим логическим анализатором (более 100 сигналов в схемах DIMM/SODIMM) со скоростью 4200 МТ/с и с глубиной захвата до 400 Мвыб на сигнал. Мощное приложение анализа декодирует транзакции протокола и предлагает разные режимы представления трафика во всех точках системы. Эти отчеты и диаграммы помогают инженерам быстро исследовать поток трафика и выявлять проблемные области. ПО для проверки на соответствие протокола требованиям стандарта выявляет точную причину возникновения проблем в системах памяти.

Заключение

DDR – это технология изготовления микросхем памяти, которая за последние 10 лет прошла через 2 поколения, а в настоящее время ведётся разработка следующего поколения этой памяти. Каждое из поколений предлагало повышенную скорость, эффективность и объём памяти. Но по мере того, как стандарт позволял передавать всё большие объёмы данных на более высоких скоростях, конструктивные запасы сокращались и, соответственно, усложнялись разработка и тестирование. Осциллографы и ПО для проверки на соответствие требованиям стандарта могут облегчить решение некоторых проблем на физическом уровне, а логические анализаторы помогут тестировать и отлаживать системы на функциональном уровне или на уровне протокола.

Дополнительная информация

Ниже приведён перечень рекомендуемого контрольно-измерительного оборудования и программного обеспечения для тестирования DDR.

DDR1 и DDR2

- Осциллографы серии S
- ПО N5413C для проверки на соответствие стандарту DDR2 и LPDDR2 для осциллографов серии Infiniium
- Модульный логический анализатор U4164A или настольный логический анализатор 16864A
- ПО логического анализа B4661A, B4661A-1FP/1TP/1NP, B4661A-3FP/3TP/3NP

DDR3

- Осциллографы серии V
- ПО U7231C для проверки на соответствие стандарту DDR3 и LPDDR3 для осциллографов серии Infiniium
- Модульный логический анализатор U4164A или настольный логический анализатор 16864A
- ПО логического анализа B4661A, B4661A-1FP/1TP/1NP, B4661A-3FP/3TP/3NP, B4661A-4FP/4TP/4NP

DDR4

- Осциллографы серии V (с полосой пропускания 8 ГГц и выше)
- ПО N6462B для проверки на соответствие стандарту DDR4 для осциллографов серии Infiniium
- Модульный логический анализатор U4164A с опцией увеличения частоты сбора данных U4164A-02G
- ПО логического анализа B4661A, B4661A-1FP/1TP/1NP, B4661A-3FP/3TP/3NP, B4661A-4FP/4TP/4NP

DDR5

- Осциллографы серии V (с полосой пропускания 13 ГГц и выше)
- Модульный логический анализатор U4164A с опцией увеличения частоты сбора данных U4164A-02G
- ПО логического анализа B4661A, B4661A-5FP/5TP/5NP

Подробную информацию см. на сайте: www.keysight.com

Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень приведен по ссылке: www.keysight.com/find/contactus

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Информация может быть изменена без уведомления. © Keysight Technologies, 2018, Published in USA, July 6, 2018, 5992-3126RURU