

Уникальные технологии пробников для оценки целостности сигналов памяти DDR 1, 2 и 3

Технология памяти DDR DRAM (динамическое оперативное запоминающее устройство с удвоенной скоростью передачи данных) является наиболее популярной технологией, широко применяемой в компьютерах, автомобилях, сетевых устройствах, устройствах связи, а также в медицинских и бытовых приборах благодаря высокой производительности и сравнительно невысокой цене. Не так давно потребность в более быстрой и экономичной памяти привела к разработке новой технологии DDR, которая относится уже к третьему поколению таких устройств — DDR3. Может показаться, что разработка или обновление схем для работы с новой технологией DDR выполняется сравнительно просто, однако не следует недооценивать ее архитектурной сложности.

Мин-Джи ЧОНГ

Обзор технологии DDR

Самая быстрая технология DDR3 обеспечивает скорость передачи 1,6 Гбит/с, что быстрее, чем USB 2.0 с ее 480 Мбит/с. Известно, что параллельные шины ведут себя не так хорошо, как последовательные, из-за взаимного влияния соседних линий. Кроме того, многие высокоскоростные сигналы передаются в дифференциальном виде, чтобы подавить синфазный шум. Однако технология DDR в этом смысле уникальна, потому что продолжает использовать параллельные несимметричные сигналы со скоростями передачи данных, превышающими скорость последовательных шин, не говоря уже о более жестких временных допусках. Если и эта сложность кажется вам недостаточной, добавьте сюда тот факт, что передача и прием данных между контроллером памяти и модулями DDR выполняется по одной и той же шине. Такие проблемы, как взаимовлияние, несогласованность сопротивления, электромагнитные помехи, джиттер и шум становятся более выраженными на шине памяти DDR.

Измеряя параметры сигналов DDR, уже нельзя пренебрегать влиянием осциллографического пробника. Снятие сигнала является фундаментальным фактором для получения точных и достоверных измерений, потому что высокое качество сигнала всегда начинается с хорошего пробника. Если измеряемые сигналы DDR имеют низкое качество, то все остальные факторы уже особой роли не играют. Плохой пробник может зава-

лить фронты, исказить сигнал, вызвать «звон» сигнала и прочие нежелательные эффекты. А при снятии характеристик новых схем качество пробника особенно важно. Поскольку невозможно заранее предсказать характеристики новых схем DDR, необходимо иметь максимальную достоверность при первом измерении, чтобы точно оценить характер поведения сигнала.

Требования к пробникам для DDR

JEDEC (Объединенный инженерный совет по электронным устройствам) определил электрические и временные характеристики DDR для контроллеров памяти и устройств DDR DRAM с привязкой к микросхемам DDR. Это значит, что для обеспечения точного соответствия этим спецификациям необходимо снимать сигнал непосредственно на корпусе BGA (корпус с шариковыми выводами) устройства DDR DRAM. Это позволит глубже проанализировать параметры сигнала при выполнении тестов на соответствие.

Можно предположить, что одного только соответствия спецификациям DDR недостаточно для того, чтобы полностью охарактеризовать контроллер памяти. И это действительно так, потому что контроллер памяти является интеллектуальной собственностью компании и обладает уникальными характеристиками. Для определения его параметров нужно снять сигналы прямо с микросхемы контроллера памяти, чтобы определить соответствие его собственным характеристикам. JEDEC оставил эти характеристики на

откуп самим компаниям, но определил спецификации джиттера тактовой частоты, которым должен удовлетворять контроллер памяти.

Поскольку спецификации DDR общедоступны, основное внимание в этой статье уделяется проблеме снятия сигнала на DDR DRAM. Кроме этого, методы снятия сигнала и соответствующие рекомендации можно применить и для микросхемы контроллера памяти.

Современные проблемы снятия сигнала

Как известно, непосредственное снятие сигнала с выводов корпуса DDR BGA выполнить не так-то просто, поскольку все выводы скрыты под корпусом. Лучшее, что можно предложить в этом случае, — это снимать сигнал через проходные отверстия на задней стороне печатной платы, поскольку они располагаются в непосредственной близости от шариковых выводов DRAM.

Однако не все печатные платы имеют проходные отверстия, особенно если компоненты располагаются на обеих сторонах платы. В этом случае можно снимать сигнал в других точках, например, на печатных проводниках или на выводах компонентов для поверхностного монтажа, таких как резисторы и конденсаторы. И хотя выглядит это просто и понятно, снятие сигнала в этих точках снижает его качество. В этом случае часто возникают отражения, порождающие неоднородность фронтов. При этом вы получаете не ис-

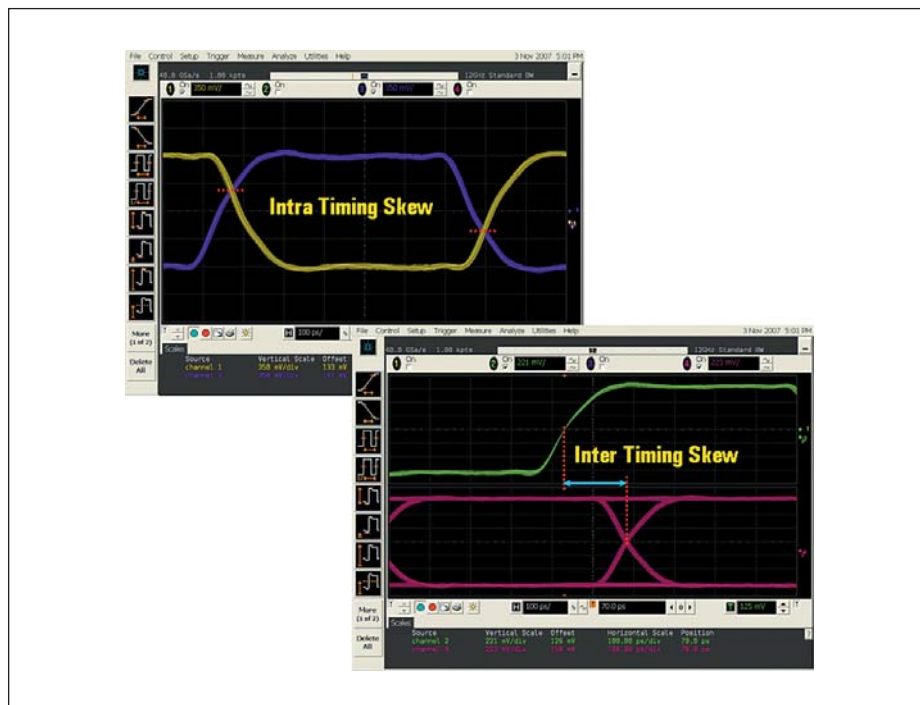


Рис. 1. Внутрисигнальный и межсигнальный перекос временной диаграммы порождает ошибки измерения при снятии сигналов в неправильно выбранных местах

тинные характеристики сигнала, а скорее характеристики с учетом отражений от компонентов. Если тот же самый сигнал снимается возле шариковых выводов DRAM, искажение отсутствует. Этот нежелательный эффект может отрицательно сказаться на измерениях крутизны фронтов и времени установки и удержания, потому что фронты с неравномерной крутизной сдвигают моменты пересечения порога.

Кроме того, снятие сигнала на печатных проводниках или компонентах не позволяет контролировать перекос временной диаграммы измеряемых сигналов. Время прохождения сигналов до точки снятия сигнала может быть разным, что вызывает перекос временной диаграммы. Если перекос возникает между сигналами, вы получите искаженную информацию о временных соотношениях. Существует два типа перекоса временной диаграммы, которые могут повлиять на сигналы (рис. 1). Первый из них, внутрисигнальный перекос, означает, что положительные и отрицательные сигналы дифференциальной пары, например, тактовой частоты, не совпадают друг с другом. Это порождает ложные ошибки измерения, такие как искажение скважности и смещение точки пересечения, хотя на самом деле сигнал хороший. Второй тип перекоса — это межсигнальный перекос, возникающий между разными сигналами, такими как сигналы тактовой частоты и адреса. И снова результаты измерения времени установки или удержания между этими сигналами могут быть истолкованы неправильно, как выходящие за пределы допустимых значений.

Во избежание описанных выше ошибок нужно предусмотреть специальные контрольные точки на печатной плате еще при ее проектировании. Это может решить некоторые проблемы снятия сигнала, но потребует больших усилий при проектировании и, вероятно, повысит стоимость производства. Эти точки надо разместить так, чтобы обеспечить минимальное отражение и одинаковую длину дорожек, что предотвратит перекос сигналов. Однако это создает другие проблемы. По сути дела, контрольные точки представляют собой отводы сигналов DDR. Как известно, отвод создает дополнительную нагрузку, приводя к завалу фронтов и искажению формы, что может принести больше вреда, чем пользы.

Решение проблемы снятия сигнала с корпуса BGA

Одно из решений перечисленных проблем заключается в применении адаптера-пробника DDR BGA (рис. 2). Адаптер-пробник BGA представляет собой тонкое крепежное приспособление, которое вставляется между микросхемой DRAM и печатной платой, поскольку оно имеет соответствующую совместимую конструкцию с верхней и нижней стороны. При этом сигналы с шариковых выводов DRAM проходят в верхнюю часть адаптера-пробника BGA, где к ним можно подключить пробники осциллографа. Этот метод предоставляет непосредственный доступ к шариковым выводам DRAM и обеспечивает полное соответствие требованиям спецификаций DDR.

Печатные проводники адаптера-пробника BGA имеют одинаковую длину, поэтому между сигналами не возникает перекосов. Встроенные резисторы, установленные возле выводов DDR внутри адаптера-пробника BGA, обеспечивают развязку между цепями пробника и сигналами DDR. Это снижает емкостную нагрузку отводов и головок пробника, сохраняя высокую скорость работы интерфейса DDR и не оказывая вредного влияния на качество сигнала. В результате сигналы, полученные с такого пробника, максимально соответствуют реальным сигналам.

Амплитудно-частотная характеристика системы снятия сигнала

Не надо забывать, что и сама система снятия сигнала влияет на результаты измерений, и при этом ее характеристики складываются из характеристик осциллографа и пробника. Если любой из этих компонентов не удовлетворяет необходимым требованиям, точность результатов снижается. Таким образом, ключевыми факторами являются:

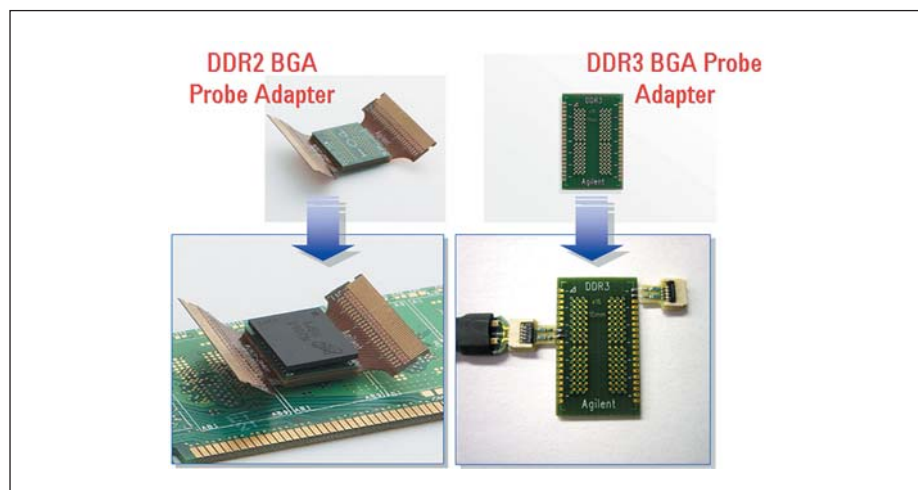


Рис. 2. Адаптеры-пробники DDR2 и DDR3 BGA со встроенными резисторами гарантируют высокую точность измерения сигналов: а) адаптер-пробник DDR2 BGA; б) адаптер-пробник DDR3 BGA



Рис. 3. Проверка характеристик системы снятия сигнала:
пурпурный: прямое подключение SMA; зеленый: снятие сигнала через пробник

чевым параметром системы снятия сигнала является равномерность ее АЧХ. В сущности, сигнал DDR представляет собой цифровой сигнал, состоящий из синусоид разной частоты. Следовательно, система снятия сигнала с равномерной АЧХ гарантирует высокую точность измерений, равномерно усиливая все синусоидальные компоненты сигнала. Неравномерная АЧХ может привести к чрезмерному подавлению или усилению отдельных частотных составляющих, создавая выбросы, провалы и даже «звоны» сигнала.

Не все производители осциллографов указывают параметры АЧХ, тем не менее, существуют способы проверки АЧХ осциллографа и пробника. Один из простых способов

заключается в том, чтобы подключить к пробнику и осциллографу выход генератора синусоиды, затем выполнить свипирование синусоидального сигнала и применить к входному сигналу осциллографа быстрое преобразование Фурье (FFT), чтобы проверить равномерность АЧХ.

Поскольку сигналы подвергаются воздействию шумов, рекомендуется максимально ограничивать полосу во время снятия сигнала, чтобы на результаты измерения не влиял шум осциллографа. Некоторые производители осциллографов предусматривают функцию ограничения полосы, чтобы обеспечить максимальную точность и воспроизводимость измерений.

Наконечник пробника представляет собой сложную микроволновую цепь, а это означает, что идеальное снятие сигнала вообще невозможно из-за влияния собственной емкости пробника (рис. 3). Для обеспечения максимальной точности измерения следите за тем, чтобы сигнал, измеренный с помощью пробника, максимально совпадал с сигналом прямого подключения SMA. Пробник с большой емкостью может вызвать значительный завал фронтов или, что еще хуже, изменить истинные характеристики сигналов. Хорошим показателем влияния пробника является его номинальная емкость. Некоторые современные дифференциальные активные пробники обеспечивают полосу измерения 13 ГГц при емкости менее 0,21 пФ, и их настоятельно рекомендуется применять для снятия сигнала сигналов DDR.

Заключение

По мере того, как скорости передачи данных стремительно растут, мы не можем больше игнорировать влияние пробников на сигналы DDR. Традиционные пробники не могут гарантировать той точности измерений, которая нам нужна. Однако уже предложены новые решения, обеспечивающие удобство и высокое качество сигнала, позволяющие измерить истинные характеристики сигналов DDR. Понимание требований, предъявляемых к снятию сигнала, и выбор правильного решения является ключевым фактором успешного проведения измерений параметров DDR и обеспечения полной уверенности в достоверности результата. ■