

# Разработка недорогих гибко настраиваемых интерфейсных мостов для применения периферийных устройств стандарта MIPI на базе шины D-PHY во встраиваемых системах

Тед МАРЕНА (Ted MARENA)  
Перевод: Артем ВАХИТОВ

## Введение

Проектировщикам встраиваемых систем приходится постоянно сталкиваться со следующей дилеммой: с одной стороны, необходимо снижать себестоимость, а с другой — не удастся воспользоваться эффектом масштаба, поскольку продукция ориентирована на относительно узкие, малоемкие сегменты рынка. В сегменте потребительской электроники массово выпускаются сравнимые по функциональности и гораздо более

дешевые компоненты, но возможности их применения при проектировании встраиваемых систем ограничены, поскольку такие системы традиционно основаны на узкоспециальных интерфейсах, оптимизированных для встраиваемой аппаратуры. Заметнее всего это проявляется в дисплеях, камерах и прикладных процессорах: недорогие MIPI-совместимые компоненты для мобильных платформ на базе физической шины D-PHY неспособны взаимодействовать с процессорами встраиваемых систем, дисплей которых

обычно имеет интерфейсы LVDS, RGB или SPI, а датчик изображений — цифровой параллельный интерфейс, subLVDS или HiSpi.

В статье описаны решения, предоставляющие проектировщикам встраиваемых систем возможность пользоваться массово выпускаемыми компонентами потребительского класса со свойственным им выгодным соотношением цены и характеристик. В частности, рассматривается новый класс ПЛИС сверхнизкой плотности (ULD FPGA) и соответствующие типовые конструкции для создания недорогих гибко настраиваемых интерфейсных мостов, позволяющих использовать периферийные устройства стандарта MIPI на базе шины D-PHY во встраиваемых системах и находить новые применения для MIPI-компонентов.

## Стандарты на интерфейсы для изделий мобильной электроники и смежных отраслей

В большинстве современных смартфонов и планшетов установлены шины и интерфейсы на базе стандартов, разработанных альянсом MIPI. Цель этого альянса, учрежденного в 2003 году, — способствовать повышению совместимости компонентов за счет определения стандартных аппаратных и программных интерфейсов между прикладным процессором и разнообразными периферийными устройствами, используемыми в мобильных системах, в том числе датчиками изображений, устройствами памяти, дисплеями и радиочастотными компонентами. На рис. 1 показан типовой пример применения интерфейсов MIPI на мобильной платформе.

Пожалуй, наиболее популярные компоненты стандарта MIPI, имеющиеся на рынке мобильной электроники и доступные проектировщикам встраиваемых систем, — это

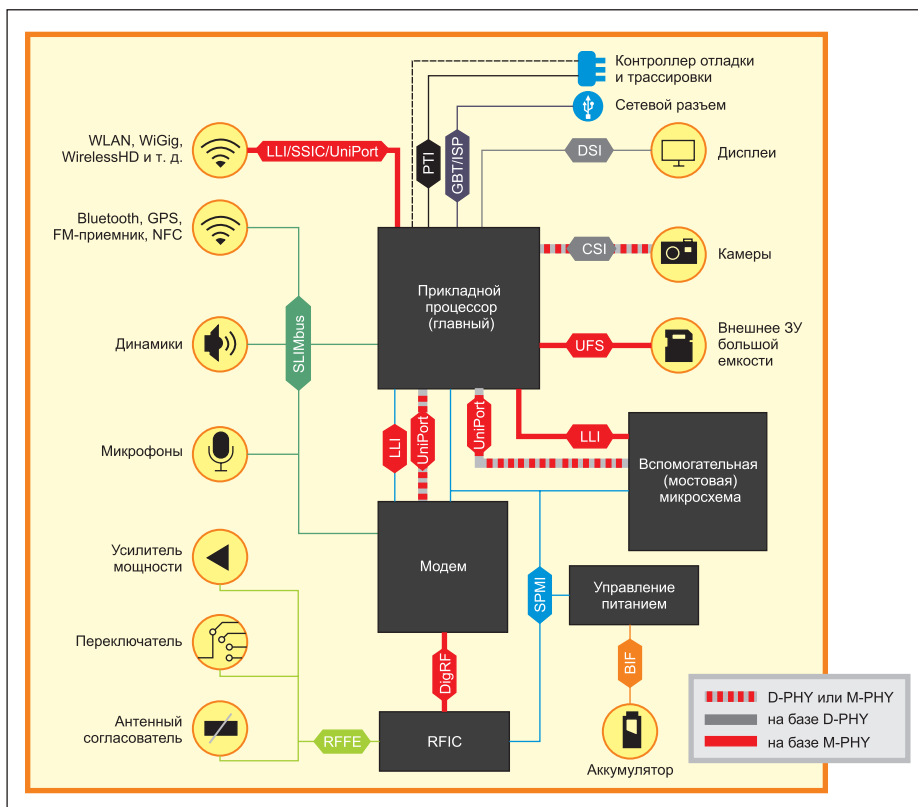


Рис. 1. Интерфейсы для мобильных платформ, стандартизированные альянсом MIPI

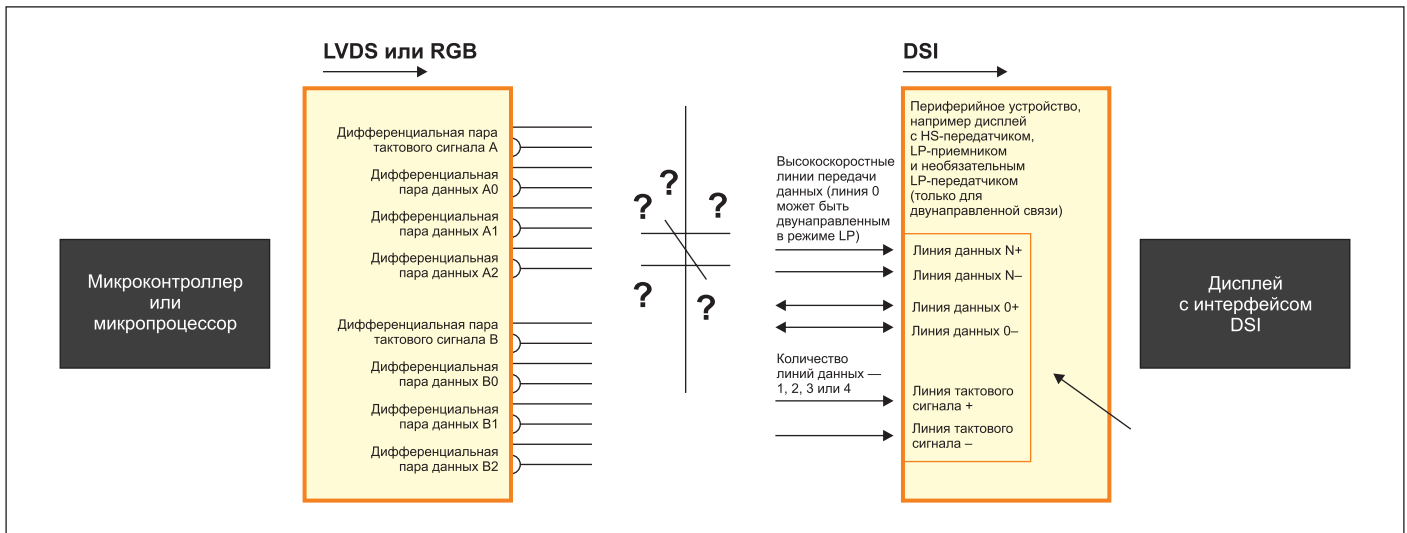


Рис. 2. Многие старые микроконтроллеры, применяемые на рынке встраиваемых систем, не оборудованы интерфейсами MIPI

дисплеи, камеры и прикладные процессоры. Как видно на рис. 2, в современных мобильных устройствах ЖК-экраны обычно выполнены с интерфейсом DSI, а датчик изображений камеры — с CSI-2. Основная трудность, которую приходится преодолевать специалистам, пытающимся воспользоваться этими недорогими мобильными компонентами, заключается в сопряжении традиционных интерфейсов, широко распространенных во встраиваемой аппаратуре, с интерфейсами альянса MIPI. Ведь обычно в дисплеях предусмотрены интерфейсы LVDS, RGB или SPI, а в датчиках изображений — цифровой параллельный интерфейс, subLVDS или HiSPi. Большинство встраиваемых процессоров не оборудовано интерфейсом DSI для работы с дисплеем. Соответственно, проектировщикам нужен интерфейсный мост, позволяющий подключить встраиваемый процессор к DSI-дисплею. Точно так же для встраивания недорогой камеры, изначально предназначавшейся для мобильного рынка, понадобится мост с интерфейсом CSI-2.

### Интерфейс шины D-PHY

Интерфейсы CSI-2 и DSI альянса MIPI выполнены на основе физической шины D-PHY, имеющей ряд уникальных особенностей. D-PHY — это синхронизированный с источником интерфейс, в котором тактовая синхронизация происходит по переднему и заднему фронтам, а фронты тактового сигнала совпадают с серединой интервала готовности данных. Интерфейс имеет одну дифференциальную линию тактового сигнала и от одной до четырех дифференциальных линий данных. Одно устройство действует в качестве передатчика, а другое — приемника. Шина предоставляет необычную возможность — в процессе работы переключаться с дифференциальной передачи сигналов на несимметричную. Обычно дифференциальный (высокоскоростной, HS) режим

необходим для передачи видео высокой четкости, а несимметричный (энергосберегающий, LP) — для передачи управляющих данных.

В высокоскоростном режиме интерфейс DSI функционирует как стандартное устройство масштабируемой низковольтной передачи сигналов (SLVS) с синфазным напряжением 200 мВ. Тактовый сигнал синхронизирован с источником, тактовая синхронизация происходит по переднему и заднему фронтам. Количество линий данных интерфейса — от одной до четырех. Чем выше разрешение и частота обновления дисплея, тем больше требуется линий данных и тем выше должна быть скорость. Энергосберегающий режим устанавливается в интерфейсе DSI на линии данных 0 для управления режимами работы экрана через регистры конфигурации с помощью системы команд дисплея (Display Command Set, DCS). Соответственно, проектировщики DSI-мостов должны не только обеспечить преобразование графических или видеоданных в высокоскоростном режиме, но и реализовать механизм управления работой дисплея в энергосберегающем режиме. В этом и состоит ключевое различие между интерфейсами DSI и CSI-2. Вместо энергосберегающего режима D-PHY для программирования датчика изображения с интерфейсом CSI-2 используется отдельная шина I<sup>2</sup>C.

Несмотря на такие привлекательные возможности нынешнего поколения прикладных процессоров, как обширная функциональность, высокая степень интеграции и низкое энергопотребление, многие проектировщики встраиваемых систем не могут применить их вместо процессоров предшествующих поколений. Причина тому — громадные инвестиции в программное обеспечение и периферийные устройства. В большинстве случаев затраты на разработку программного обеспечения при переходе

на другой процессор оказываются слишком высокими.

Впрочем, в подобной ситуации могут стать весьма полезными недорогие компоненты, предназначенные для мобильной электроники. Для примера рассмотрим проект встраиваемой системы на базе микроконтроллера, в которой экономически невыгодно использовать новый прикладной процессор из-за сделанных ранее значительных инвестиций в программное обеспечение. Предположим, что в старом микроконтроллере связь с ЖК-экраном осуществляется по интерфейсу CMOS (RGB) или FlatLink (LVDS). Проектировщикам хотелось бы перейти на недорогой дисплей с интерфейсом DSI, но это не представляется возможным, поскольку в нем имеется шина D-PHY, несовместимая с интерфейсом старого микроконтроллера (рис. 2).

### Новые мостовые решения

До недавнего времени, чтобы установить недорогой DSI-дисплей в своей конструкции, проектировщикам требовалось как-то экономически обосновать применение довольно дорогой специализированной ИС. Нередко стоимость такой ИС оказывалась слишком высокой, а цикл разработки — чересчур долгим, чтобы идти на столь масштабные конструктивные нововведения. В результате приходилось делать выбор в пользу более дорогого дисплея.

Но сегодня есть возможность сконструировать мост с интерфейсом D-PHY, используя гибко настраиваемое решение на базе ПЛИС сверхнизкой плотности (ULD FPGA). Например, компанией Lattice Semiconductor разработано семейство типовых конструкций, позволяющих производителям комплектного оборудования задействовать в своих разработках недорогие камеры, прикладные процессоры и дисплеи стандарта MIPI.

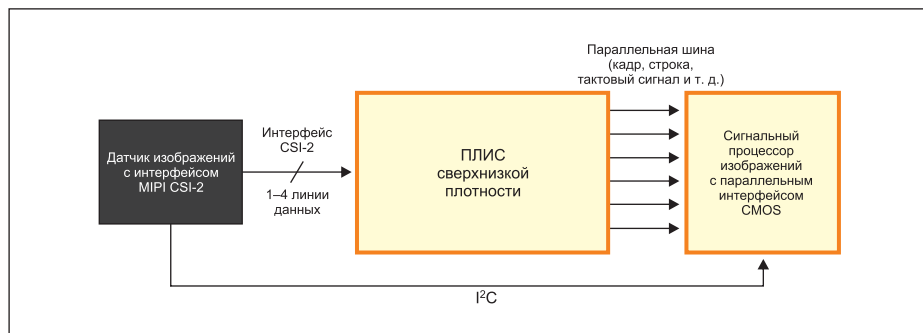


Рис. 3. Мост для датчика изображений с интерфейсом CSI-2 на базе ПЛИС сверхнизкой плотности

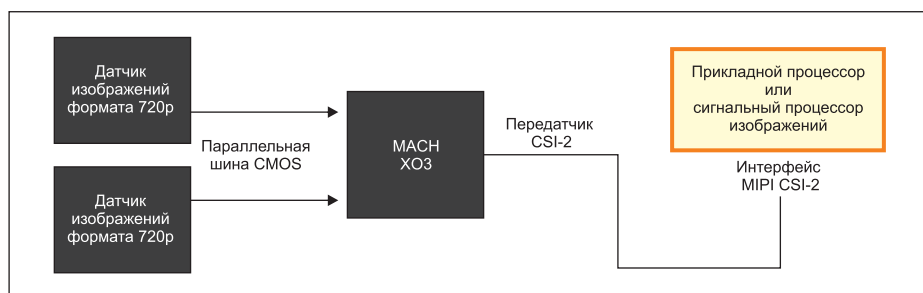


Рис. 4. Интерфейсный мост на два датчика изображений позволяет расширять функциональность существующих систем

В настоящее время Lattice предлагает четыре типовые конструкции, предназначенные для работы с MIPI-камерами и дисплеями, — передающий мост DSI для сопряжения с DSI-приемниками, например дисплеями; приемный мост DSI для сопряжения прикладного процессора с дисплеем, не предназначенным для мобильной электроники; передающий мост CSI-2 для сопряжения прикладного процессора с датчиком изображений, не имеющим интерфейса CSI-2; приемный мост CSI-2 для сопряжения датчика изображений, оснащенного интерфейсом CSI-2, со встраиваемым сигнальным процессором изображений. Используя ПЛИС сверхнизкой плотности компании Lattice, проектировщики встраиваемых систем могут быстро конструировать программируемые интерфейсные мосты и модифицировать их в соответствии с конкретными требованиями.

### Интерфейсный мост на базе ПЛИС сверхнизкой плотности в действии

Вернемся к нашей конструкции со встраиваемым микроконтроллером, предусматривающим подключение ЖК-экрана по интерфейсу CMOS (RGB) или FlatLink (LVDS). Пусть микроконтроллер оборудован 24-разрядным интерфейсом цветного дисплея CMOS RGB888. В первую очередь нужно решить, как программировать регистры конфигурации DSI-дисплея. В обычной ситуации для этого существует отдельная шина I<sup>2</sup>C. Но в стандарте на интерфейс DSI не предусмотрена возможность управления режимами работы дисплея по шине I<sup>2</sup>C; вместо нее есть система команд дисплея (DCS) в энергосберегающем режиме последователь-

ной линии данных номер 0. В данном случае интерфейсный мост на базе ПЛИС должен преобразовывать команды I<sup>2</sup>C, поступающие от микроконтроллера, в последовательность команд DCS для управления режимами работы DSI-дисплея. Обеспечив установку режимов, необходимо настроить ПЛИС для приема данных по интерфейсу RGB888. Если разрешение шины и дисплея одинаковое, ПЛИС транслирует сигналы параллельной шины в сигналы последовательной шины DSI. Если разрешение разное, ПЛИС преобразует изображение к более низкому или высокому разрешению. В том и другом случае необходимо задать количество линий данных для интерфейса DSI. Когда все это выполнено, на выходе ПЛИС вырабатывается сигнал передатчика интерфейса DSI для управления DSI-дисплеем.

А что если проектировщик встраиваемой системы хочет применить в своей конструкции недорогой датчик изображения с интерфейсом CSI-2, но используемый сигнальный процессор изображений оснащен только интерфейсом CMOS? Как уже говорилось, одно из важных различий между интерфейсами DSI и CSI-2 заключается в том, как в них реализована настройка регистров датчика изображений. В CSI-2 для этой цели используется отдельная шина I<sup>2</sup>C. Тем самым задача проектировщика упрощается: содержимое регистров непосредственно передается с датчика изображений в сигнальный процессор изображений по шине I<sup>2</sup>C, и интерфейс CSI-2 датчика изображений играет роль входной шины интерфейсного моста на базе ПЛИС, а выходом его служит параллельная шина CMOS-процессора изображений (рис. 3).

Посредством тех же мостов с интерфейсом CSI-2 можно расширять функциональные возможности разработанных ранее встраиваемых систем. Все в большем количестве приложений — от трехмерных стереоскопических видеосистем до автомобильных видеорегистраторов — требуется несколько датчиков изображений. К сожалению, многие популярные на современном рынке сигнальные процессоры изображений имеют лишь один порт для датчика изображений, притом что их производительности достаточно для двух датчиков.

Интерфейсный мост на два датчика изображений (рис. 4) позволяет проектировщикам встраиваемых систем наращивать количество портов процессора изображений для конструирования новых изделий подобного рода. В этом примере показан двухканальный интерфейсный мост для датчиков изображений автомобильного видеорегистратора с двумя камерами, одна из которых направлена на лобовое стекло, а другая на водителя. Мост обеспечивает сопряжение параллельной шины CMOS каждого датчика изображений с сигнальным процессором изображений. На выходе моста выводятся два изображения в формате 720P, совмещенные друг с другом по вертикали или горизонтали. В данном случае мост реализован на базе ПЛИС Lattice MachX03 с 1300 логическими ячейками, которая обеспечивает синхронизацию двух датчиков изображений и управление ими. Данные выводятся в формате CSI-2, который воспринимается сигнальным процессором изображений или прикладным процессором.

### Заключение

Практически в любых областях разработчикам приходится пользоваться всеми доступными техническими достижениями, чтобы свести к минимуму себестоимость, габариты и энергопотребление системы, не жертвуя при этом надежностью. Не является исключением и рынок встраиваемых систем. Во многом подобно рынку IBM PC-совместимых компьютеров в 1990-х годах, стремительно растущий сегодня рынок смартфонов и планшетов на базе архитектуры MIPI предоставляет проектировщикам встраиваемых систем возможность задействовать в своих конструкциях широкий ассортимент недорогих проверенных компонентов, когда требуется решить проблемы совместимости. Семейство программируемых интерфейсных мостов на базе нового класса ПЛИС сверхнизкой плотности позволяет избежать этих проблем и пользоваться новейшими дисплеями, датчиками изображений и прикладными процессорами стандарта MIPI для снижения себестоимости и повышения надежности встраиваемых систем, обеспечивая достаточную для таких систем производительность в режиме реального времени. ■