

# РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ ПЛАТФОРМ ADAS И ИНФОРТЕЙМЕНТА МОБИЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ «УМНЫХ» АВТОМОБИЛЕЙ

На протяжении последнего десятилетия основной движущей силой инноваций в автомобильной электронике служит мобильная индустрия, что обусловлено широким распространением смартфонов и постоянным расширением экосистемы приложений для них. Реагируя на эти радикальные изменения в способах взаимодействия водителя с автомобилем и как всегда стремясь сделать машины еще безопаснее и доступнее по цене, автопроизводители приспособили процессорные платформы, используемые в смартфонах, для создания нового поколения автомобильной электроники. Они рассчитывают на то, что смогут в значительной степени воспользоваться экономией от масштаба и прикладной программной поддержкой, присутствующими на современном мобильном рынке. Сегодня многие производители процессоров предлагают автомобильные версии своих мобильных платформ, но процессоры в них по-прежнему ориентированы на смартфон. Во многих случаях эти платформы приходится адаптировать под нужды автопроизводителя. FPGA — высокоэффективное и недорогое решение для сопряжения существующих платформ с автомобильной электроникой.

Всякий раз, когда конструкторы пытаются применить существующую платформу в какой-то новой области, они сталкиваются с рядом типичных проблем. Не исключение здесь и автомобильная промышленность. К счастью, многие из этих проблем удастся решить с помощью устройств сопряжения на базе FPGA (табл.).

В зависимости от характера проектируемой системы, а также общей идеологии и нужд автопроизводителя для создания требуемого решения может потребоваться несколько сопрягающих компонентов. Компания Lattice Semiconductor предлагает ассортимент FPGA для этих целей:

• Устройства CrossLink™ — недорогое решение с низким энергопотреблением для сопряжения с интерфейсами датчиков и камер, которое позволяет эффективно объединять или мультиплексировать данные с различных интерфейсов камер (видимого диапазона или радаров) и передавать их на однокристалльную систему (SoC).

• ECP5™ — универсальная микросхема сопряжения для автомобильных нужд. С помощью этого недорогого компонента, имеющего низкое энергопотребление, можно легко соединять устройства по интерфейсу Ethernet или оптическим кабелем, используя выделенный двусторонний последовательно-параллельный преобразователь (SERDES). Встроенные блоки DSP по-



	Проблема	Решение
Недостаточное число интерфейсов для датчиков	Современный смартфон, как правило, оснащен двумя камерами: передней и задней. В качестве стандартного интерфейса камеры используется интерфейс CSI-2, и камеры подключаются к процессору 4–6 линиями CSI-2. У современной же интеллектуальной вспомогательной системы автовождения (Advanced Driver Assistance System, ADAS) может быть восемь камер более низкого разрешения, обеспечивающих круговой обзор (360°).	Если число камер или датчиков превышает число линий CSI-2, данные с них необходимо мультиплексировать, преобразовывать в последовательную форму или обрабатывать для передачи на процессор.
Преобразование видеосигнала и данных	Автомобильные датчики и процессоры не всегда «разговаривают на одном языке». Кроме того, автомобильные процессоры выводят данные в ограниченном количестве разрешений, которые могут быть несовместимы с дисплеями автомобиля.	Устройства сопряжения на базе FPGA помогают транслировать данные между различными интерфейсами и разрешениями.
Транспортирование данных на объединительной плате	С ростом числа датчиков в автомобиле двухточечные соединения становятся неэффективными.	Необходимо развертывать внутри автомобиля надежные внутренние сети передачи данных, чтобы более эффективно передавать данные с различных датчиков на автомобильный процессор.
Пред- и постобработка	Иногда задачи по специализированной обработке данных лучше всего возлагать на внешнюю микросхему, чтобы избежать замедления работы или перегрузки автомобильного процессора.	Какими бы ни были задачи — распознавание объектов, сжатие изображений или шивание данных с нескольких камер — специализированные FPGA способны справиться с этими задачами эффективнее, чем главный процессор автомобиля.

зволяют осуществлять пред- и постобработку данных с датчиков, а также преобразовывать видеоданные в ряд стандартных форматов отображения.

- MachXO™ — небольшая микросхема FPGA с максимальным в отрасли числом линий ввода/вывода на одну таблицу соответствия (lookup table, LUT). С ее помощью удобно увеличивать число линий ввода/вывода, а также выполнять простые преобразования видеоданных.

Ниже описаны варианты использования устройств сопряжения для решения конкретных задач.

## Машинное зрение

Машинное зрение — это выражение вызывает ассоциации с чем-то из области научной фантастики, однако является, тем не менее, одной из наиболее интересных и передовых технологий. Как следует из названия, речь идет о способности машин видеть окружающую обстановку и собирать визуальные данные о ней. Технология позволяет производителям конструировать машины (в том числе автомобили), способные видеть, датчики, способные уяснить окружающую обстановку, и компьютеры, способные самостоятельно принимать обоснованные решения.

Данные, собранные с систем машинного зрения, используются для придания машинам более высокоразвитого интеллекта и более широких возможностей в том, что называется машинным обучением. Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) обеспечивает более интеллектуальное управление этими машинами, а сами машины дают обратную связь, помогающую в принятии решений. Ключевая составляющая машинного зрения — применение многомерных изображений для распознавания объектов и объемного зрения с целью измерения расстояний и глубины. Путем сенсорной интеграции (sensor fusion) данные от всей совокупности разнородных датчиков комбинируются между собой и превращаются в полезную информацию, пригодную для обработки. При этом описываемые здесь системы могут вести друг с другом защищенную

связь по высокоскоростным каналам, что позволяет строить «умные» города, заводы и автомобили.

Компания Lattice предлагает широкий ассортимент программируемых электронных компонентов с грамотно подобранным сочетанием функций совместной обработки, сопряжения и связи, которые позволяют наделить интеллектом периметр сети. Гибкие возможности этих микросхем FPGA помогают сократить время вывода на рынок изделий промышленного и автомобильного назначения, снизить их себестоимость и энергопотребление, а также уменьшить их габариты.

## Интеллектуальная вспомогательная система автовождения (ADAS): обзорный вид сверху

В современных процессорах, как правило, предусмотрены интерфейсы для двух камер, но многие системы ADAS требуют наличия по крайней мере четырех, а иногда и до восьми камер, чтобы качество результирующего изображения позволяло точно в динамике измерять пространственные характеристики объектов вокруг автомобиля. Другая трудная задача, стоящая перед конструкторами, — обработка всех изображений, полученных с этих камер, в цифровой форме. Для ее решения обычно конвейер нужен обработки изображений (image signal processing, ISP) с большой пропускной способностью, с выхода которого обработанные данные будут поступать на процессор. Для таких применений специально предназначены микросхемы FPGA Lattice ECP5, обеспечивающие параллельную обработку, необходимую для ускорения конвейера. Эти компоненты с большим числом линий ввода/вывода легко сопрягаются с множеством камер, а имеющиеся в них функции совместной обработки повышают эффективность работы процессора.

Микросхему ECP5, подключенную к нескольким камерам, можно настроить для выполнения простой или сложной обработки изображений, чтобы обеспечить процессору наилучшее качество результирующего изображения для приня-

тия решений. Для иллюстрации можно привести следующий пример. Современные автомобили оснащаются камерами, дающими обзорный вид сверху, спереди, сзади и с боков. Обзорный вид сверху — это передаваемое в реальном времени видеоизображение автомобиля и окружающей обстановки с высоты примерно 6 м. Оно формируется путем сшивания данных с четырех или более широкоугольных камер. ECP5 позволяет объединять сведения со всех камер, сшивать изображения, устранять эффект «рыбьего глаза», обусловленный широкоугольной оптикой, корректировать баланс белого, повышать качество изображения расширением динамического диапазона и передавать высококачественную картинку на процессор.

В подобных применениях одна микросхема ECP5 способна заменить несколько процессоров с ограниченным числом интерфейсов для камер. Это предоставляет конструкторам возможность снизить себестоимость и энергопотребление системы.

При проектировании такой системы следует учитывать ряд факторов, в частности:

- необходимое количество линий видеоинтерфейса и разрешение;
- потребность в быстром и надежном транспортировании данных;
- предобработку изображений для снижения нагрузки на главный процессор системы ADAS.

### Количество линий видеоинтерфейса и разрешение

Устройство Lattice CrossLink помогает объединять данные с нескольких датчиков изображений и передавать их на автомобильный процессор по одному интерфейсу CSI-2. Малые поперечные размеры устройства CrossLink позволяют размещать его вблизи датчика, что обеспечивает дополнительную гибкость в конструировании.

Для устройства CrossLink предлагается множество готовых IP-ядер, поддерживающих сопряжение интерфейса физического уровня MIPI D-PHY с другими стандартными интерфейсами камер и дисплеев, а также объединение поступающих с них данных. Благодаря этому специалисты могут использовать камеры или дисплеи как с традиционными (OpenLDI, CMOS, LVDS), так и с современными (MIPI CSI-2 или DSI) интерфейсами.

DisplayPort — еще один открытый стандарт, обретающий популярность в автомобилестроении. Он отличается пониженным уровнем электромагнитных помех (ЭМП). Так, в нем меньше линий, по которым передаются самортируемые сигналы, и предусмотрен микропакетный протокол, обеспечивающий легкое расширение для поддержки более высоких разрешений и передачи сигналов на более дальние расстояния. Благодаря наличию в ECP5 выделенных каналов SERDES становится реальным применение интерфейсов DisplayPort (DP) или Embedded DisplayPort (eDP) в приборных панелях, навигационных дисплеях и развлекательных системах для пассажиров на заднем сиденье. Их рекомендуется использовать в сочетании со специализированными автомобильными микросхемами MHL/HDMI (рис. 1) компании Lattice, обеспечивающими легкое подключение к совре-

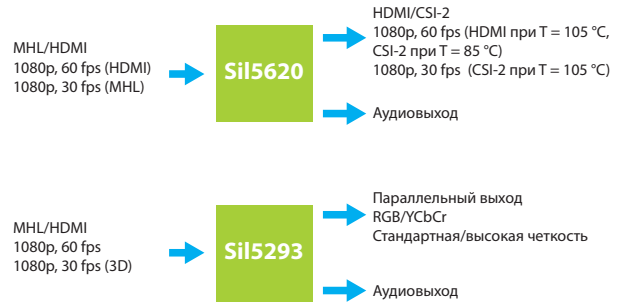


Рис. 1. Специализированные микросхемы MHL/HDMI компании Lattice для подключения интеллектуальных устройств к автомобильным системам

менным интеллектуальным устройствам, таким как смартфоны и планшеты.

### Транспортирование данных на объединительной плате

Двухточечное соединение становится сложным и дорогим, когда возникает задача подключить большое количество датчиков. Подсоединив датчики к микросхеме ECP5, расположенной в задней части автомобиля, можно быстро и эффективно передавать данные с них в переднюю часть автомобиля по одному кабелю. Тем самым уменьшается вес, снижается себестоимость и упрощается ремонт.

Двусторонний последовательно-параллельный преобразователь (SERDES) с пропускной способностью 3,2 Гбит/с, имеющийся в составе микросхемы ECP5 (рис. 2), пригодится во многих сетевых и транспортных применениях. С его помощью можно реализовать бортовую сеть связи стандарта BroadR-Reach или Ethernet для сопряжения с микросхемой физического уровня (PHY) или сбора данных с датчиков. В ECP5 предусмотрен также эмулируемый интерфейс CSI-2, через который подключается несколько камер или радаров.

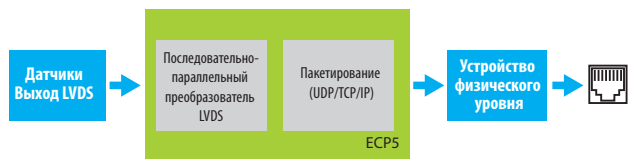


Рис. 2. Объединение данных с датчиков и реализация бортовой сети связи на основе микросхемы ECP5

### Предобработка видео

Микросхему ECP5 можно использовать для предобработки видео. Когда в автомобилестроении начали применять мобильные процессоры, конструкторам пришлось столкнуться с большой номенклатурой новых интерфейсов. Например, процессоры для мобильных телефонов чаще всего оснащаются одним дисплейным выходом DSI, а в диспле-

ях, производимых для автомобильного рынка, обычно используется LVDS. В таких случаях можно применять FPGA для предобработки видеосигналов под разные разрешения и сопряжения различных интерфейсов. Микросхема ECP5 обеспечивает сопряжение выхода DSI или FPD-Link автомобильного процессора с входом LVDS большинства автомобильных дисплеев для передачи видеоизображения. В системах инфотейнмента с помощью ECP5 удается разделять один выходной видеосигнал на два дисплея для пассажиров на заднем сиденье или обрезать и форматировать его под определенное разрешение.

### Интеллектуальная вспомогательная система автовождения (ADAS) с радарными датчиками

Применение радаров и лидаров не ограничивается беспилотными автомобилями — они могут присутствовать и в обычных автомобилях в качестве вспомогательных средств автовождения. Например, с их помощью можно обнаруживать опасные объекты или ситуации и оповещать о них водителя, а если необходимо, то и автоматически принимать меры для обеспечения безопасности пассажиров. Пока такие системы еще совершенствуются, но автомобили будущего станут обрабатывать не только изображения, полученные с камер, но и сигналы радарных датчиков приближения и лидарных датчиков земной поверхности. В радарных и лидарных системах установлены высокоскоростные интерфейсы MIPI, а вывод данных осуществляется по интерфейсу CSI-2. Когда появляется задача подключить их к процессору, конструкторы опять-таки сталкиваются либо с ограниченным числом интерфейсов MIPI CSI-2, либо просто с другим интерфейсом. И в этом случае можно использовать устройство CrossLink для объединения данных с нескольких датчиков или сопряжения интерфейса CSI-2 с интерфейсом автомобильного процессора.

Скажем, многие современные радары на частоту 77 ГГц подключаются к микроконтроллеру системы ADAS по интерфейсу CSI-2. Используя показанную ниже топологию (рис. 3), можно подключить к системе ADAS множество радарных датчиков для сбора данных по всем направлениям через соответствующее количество устройств сопряжения

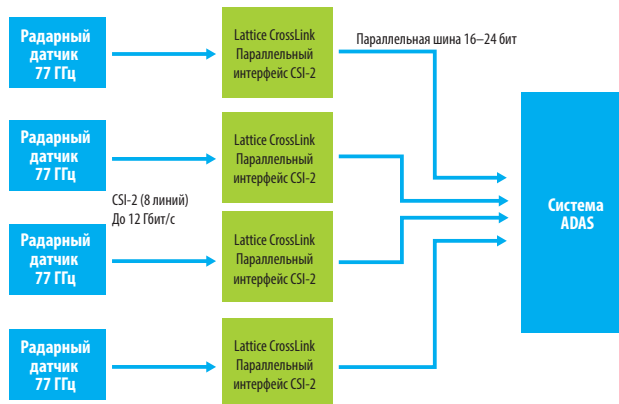


Рис. 3. Сопряжение радарных датчиков с системой ADAS с помощью устройств CrossLink

CrossLink, если автомобильный процессор требует параллельного ввода данных.

Системам ADAS требуются также широкие возможности обработки изображений, чтобы распознавать объекты или фокусироваться на конкретном объекте вместо анализа изображения в целом. Разработчикам нужна гибкость, которую обеспечивают FPGA, для реализации постоянно развивающихся алгоритмов машинного обучения по мере того, как автомобили становятся все более самостоятельными в принятии решений. Теперь на компьютеры возлагается обязанность решать, как управлять автомобилем в той или иной дорожной обстановке, как обходиться с объектами на дороге и в целом обеспечивать безопасность водителя.

В состав микросхемы Lattice ECP5 входит полный пакет средств обработки изображений с расширением динамического диапазона (HDR ISP) компании Helion Vision, GmbH, которые можно использовать для повышения качества зарегистрированного изображения (рис. 4). Распознавание объектов на улучшенном изображении можно легко реализовать с помощью микропроцессора с программным ядром.

### Конвейер обработки изображений Helion IONOS

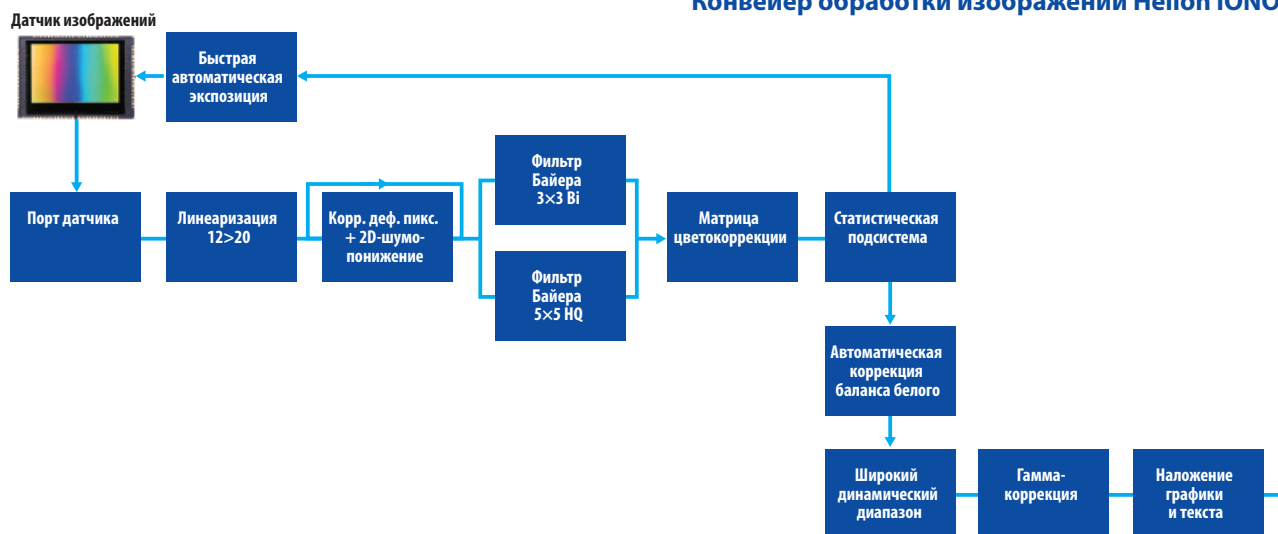


Рис. 4. Конвейер обработки изображений Helion IONOS

## Системы автомобильного инфотейнмента (AIS) с многоэкранным отображением видео

Если автопроизводитель ставит задачу создать единую систему автомобильного инфотейнмента (automotive infotainment system, AIS), которая будет доставлять информацию и развлекательный контент всем находящимся в салоне, такая система должна будет поддерживать многоэкранный вывод, ввод с камеры заднего вида, а также ввод видео и данных с мобильных устройств.

Как правило, мобильные процессоры предусматривают подключение одного дисплея с интерфейсом DSI. В автомобильной электронике используются различные виды дисплеев с такими интерфейсами, как LVDS, DSI или завоевывающий в последнее время популярность DisplayPort. Микросхема ECP5 позволяет сопрягать интерфейс DSI с интерфейсом LVDS традиционных дисплеев и преобразовывать выходное изображение к совместимому с дисплеем разрешению. Кроме того, ECP5 поддерживает дисплеи с интерфейсами DisplayPort (DP) и Embedded DisplayPort (eDP). Если процессор не поддерживает DSI, на помощь придет устройство CrossLink, которое позволяет сопрягать такие процессоры с дисплеями, имеющими интерфейс DSI. Многоэкранное отображение можно реализовать и с помощью устройства MachXO, а ввод видео с мобильных устройств — с помощью специализированной автомобильной микросхемы HDMI.

### Пример из практики клиента

Один из клиентов компании Lattice внедрил аналогичное решение на базе микросхемы FPGA ECP5. В изделии клиента обзорный вид сверху реализован с применением совместной обработки видеоданных и аппаратного ускорения. Изображение регистрируется четырьмя камерами, расположенными по периметру автомобиля (спереди, сзади и по бокам). Видеоданные обрабатываются и сшиваются с помощью функций обработки изображений, в результате на выходе получается круговой обзорный вид.

Как показывает приведенная выше блок-схема (рис. 5), обзорный вид сверху формируется всего одной микросхемой ECP5, тогда как раньше эта задача выполнялась несколькими процессорами ARM. Изображения со всех четырех камер сшиваются и обрабатываются с применением таких

функций, как коррекция баланса белого, устранение эффекта «рыбьего глаза» и тумана. На выходе формируется круговое обзорное изображение пространства вокруг автомобиля. Автомобиль может комплектоваться платой кругового обзора на этапе производства или дооснащаться ею в послепродажный период.

Каждая камера регистрирует изображение высокой четкости с разрешением 720p. Выходное круговое обзорное изображение имеет разрешение 1080p и частоту 60 кадров/с. Таким образом, конструкторам изделия удалось заменить несколько процессоров ARM одной недорогой микросхемой FPGA с низким энергопотреблением — ECP5. Маломощный процесс ARM требуется для первичной калибровки, а также кодирования и записи видео.

### Выводы

Гибкость микросхем FPGA уже успели оценить во многих отраслях. На автомобильном рынке микросхемы FPGA могут помочь при объединении элементов передовых систем инфотейнмента и безопасности с мобильными процессорами, на базе которых такие системы реализуются. Эта бизнес-модель имеет очевидные преимущества, поскольку позволяет автопроизводителям брать продукцию, уже зарекомендовавшую себя на массовом рынке смартфонов, и быстро приспосабливать ее под меняющиеся нужды автомобилестроения.

Возможно, FPGA найдут применение и в других видах автомобильного оборудования. Они уже начинают распространяться в других отраслях для управления электроприводами, и неоспорно, что вскоре смогут успешно выполнять те же функции в автомобилях. Ясно одно: по мере совершенствования автомобильных электронных систем, а также развития ADAS и других систем, движущих отрасль в направлении беспилотных автомобилей, конструкторам придется встраивать все больше датчиков в подобные системы. Это, в свою очередь, будет стимулировать спрос на микросхемы FPGA, позволяющие адаптировать камеры, датчики, видеоданные и скорости интерфейсов передачи данных к меняющимся потребностям рынка.



Рис. Блок-схема системы кругового обзора на базе микросхемы ECP5

