

# Оцифровка видеосигналов с помощью FPGA и графических процессоров в промышленных системах формирования изображений

Рейнхард Борст (Reinhard Borst), Eltec

**В** статье описывается состояние современных промышленных систем формирования изображений и показывается, как с помощью компонентов компании Eltec реализуются преимущества решений на основе FPGA.

Поскольку системы формирования изображений нуждаются в дальнейшем совершенствовании, в них интегрируются новые технологии промышленной автоматизации. В настоящее время инновационные решения создаются с помощью FPGA высокой плотности, которые обеспечивают требуемую вычислительную мощность. В то же время в качестве альтернативы FPGA предлагаются графические процессоры.

Что касается интерфейсов для промышленных систем обработки изображений, то стандарт Gigabit Ethernet для машинного зрения (GigE Vision) описывает подключение видеокамер к кабельной структуре GB Ethernet, а интерфейс Camera Link был разработан группой производителей промышленных видеокамер и плат оцифровки видеосигналов для требовательных приложений. У интерфейсов Camera Link и Gigabit Ethernet (GigE Vision) имеются неоспоримые преимущества перед USB 2.0 (480 Мбит/с, длина кабеля — 4,5 м), Firewire (4,5 м) или WLAN (например, 802.11n обеспечивает скорость всего лишь 80 Мбит/с).

В прошлом рынку промышленных цифровых видеокамер не хватало стандартного метода связи между камерами и платами для оцифровки видеосигналов. Эти устройства были оснащены разными разъемами, что удорожало подключение кабелей и усложняло использование данной техники. По мере роста скорости передачи данных необходимость в стандарте подключения стала насущной. В эпоху высоких скоростей обмена данными и сложности осуществления их передачи кабели ручной сборки перестали обеспечивать требуемую надежность. Определяя стандартную разводку контактов и кабельную сборку для повышения надежности при высокой скорости передачи данных, стандарт Camera Link обеспечивает простоту соединения совместимых устройств.

Camera Link является интерфейсом связи, предназначенным для видеоприложений. Он основан на технологии Channel Link, разработанной компанией National Semiconductor. Channel Link — самое последнее усовершенствование технологии LVDS для передачи цифровых данных. Channel Link использует параллельно-последовательный передатчик и последовательно-параллельный приемник для передачи данных со скоростями до 2,38 Гбит/с. Максимальная скорость последовательной передачи данных составляет 595 Мбит/с. Поскольку в этом интерфейсе используются дифференциальные драйверы с малым размахом амплитуды, Channel Link способствует снижению электромагнитных помех. Однако главным преимуществом Channel Link является мультиплексирование (см. рис. 1). Плата оцифровки видеоизображения PC\_EYE/CL стандарта PCI Express использует весь потенциал интерфейса Camera Link, который значительно упрощает разводку кабе-

лей. Это также значит, что для подключения кабелей могут использоваться меньшие разъемы. С другой стороны, при этом максимальная длина кабеля составляет лишь 2,5 м, и требуется отдельный интерфейс ПК.

В GigE Vision применяется IP-протокол передачи данных, который позволяет GigE-устройствам подключаться к компьютерам (см. рис. 2). Однако протокол не использует весь стек TCP/IP с коррекцией ошибок и управлением обмена данными, т.к. эти функции увеличивают нагрузку на блок ЦП. Драйверы фильтра снижают нагрузку на ЦП на стороне приемника до 10% и ниже, но работают не во всех системах. Вместо них используется упрощенная система коррекции и не применяется управление пропускной способностью — каждая камера может передавать данные только с ограниченной скоростью. К наиболее значимым преимуществам GigE Vision относится возможность замены оборудования. Компоненты недорогих камер можно использовать для обработки изображений



рис. 1. Устройство захвата изображения PC\_EYE/CL стандарта PCI Express использует весь потенциал интерфейса Camera Link



рис. 2. Модуль камеры с интерфейсом GigE Vision



рис. 3. Плата оцифровки видеоизображения на основе FPGA

в сочетании с привычными компонентами кабельной сети Ethernet.

Учитывая, что Gigabit Ethernet и GigE Vision — распространенные стандарты, имеется возможность пользоваться видеокамерами разных производителей для реализации потоковых функций и промышленной обработки изображений. Если в одной системе находится несколько камер, для каждой из них требуется отдельный интерфейс. В целом Gigabit Ethernet характеризуется широким диапазоном применения, недорогими компонентами и кабелями длиной в 100 м, которая значительно больше той длины, которая на текущий момент обеспечивается конкурирующими технологиями. При этом Gigabit Ethernet требует специальных драйверов видеосигнала или интерфейсов в зависимости от приложения. С другой стороны, Camera Link позволяет реализовать наилучшую производительность при более высокой стоимости, однако этот стандарт поддерживает только кабели небольшой длины, а также требует применения специальных драйверов или интерфейсов.

К числу стандартных методов, повышающих скорость обработки изображения, относится распределение вычислительных задач между несколькими многоядерными процессорами, специализированными FPGA или графическими процессорами. Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки. Графические процессоры изначально были созданы для решения таких задач как затенение, отражение или скрытое удаление поверхности. После того как упростилась возможность программирования этих процессоров, они стали выполнять не только специфические задачи построения изображений. Скорость и архитектура этих, по сути, сопроцессоров общего назначения позволяет использовать их во многих других приложениях, в т.ч. в системах обработки изображений и машинного зрения. Однако высокой скорости графических процессоров не вполне достаточно для решения задач по обработке изображений из-за задержек в потоке данных.

Схема алгоритма является ключевым условием использования блока графического процессора в приложениях по формированию изображений. Как и Open CL (структура для реализации параллельных вычислений на графических и центральных процессорах), для детального программирования применяется архитектура CUDA (Compute Unified Device Architecture), позволяющая производить вычисления с использованием графических процессоров Nvidia. Эта архитектура обеспечивает набор расширений языка C, позволяя программистам назначать часть исходного кода для выполнения на графических процессорах. Компания Nvidia предоставляет программистам ресурсы, устройства

и другие возможности в рамках технологии CUDA для управления вычислениями на графическом процессоре без помощи графического интерфейса API. В архитектуре CUDA графический процессор рассматривается как вычислительное устройство для параллельного выполнения ряда потоков, что позволяет разгрузить хост-узел. С другой стороны, одним из серьезнейших недостатков графических процессоров является то, что они характеризуются довольно-таки большим энергопотреблением, достигающим 100 Вт. Кроме того, графическая плата использует только один имеющийся слот — PEG (x16), а это значит, что необходим расширяемый ПК.

Компоненты для обработки изображений от компании Eltec уже многие годы базируются на FPGA. Первые технологии шинных интерфейсов и подключения видеокамер были реализованы в FPGA. К числу основных функций FPGA относятся поддержка шинных интерфейсов PCI, PCIX и PCI Express, предварительная обработка изображений в датчиковых приложениях, реализация плат оцифровки видео на материнских платах, а также создание большой памяти опорных видеоизображений. Степень интеграции этих решений достигает 1 млн вентиляей, скорость обработки пикселей — 100 Мпикс./с на канал, а количество одновременно подключенных камер — 16. Если каждый отдельный пиксел большого изображения подлежит обработке с помощью одного алгоритма, предварительная аппаратная обработка остается единственной доступной опцией на сегодняшний день. В настоящее время FPGA обеспечивают наилучшие возможности в рамках этого метода. Разработка выполнена на языке описания VHDL, обеспечивая переносимость встроеного ПО и его органичную интеграцию в решения других производителей. Существующие на текущий момент реализации позволяют выполнять обработку пиктограмм, а также коррекцию ошибок.

В настоящее время работа ПК полностью определяется быстродействующими стандартными шинами. PCI Express, первая последовательная шина такого рода, находится в процессе замены шин PCI и PCIX. Реализация PCI и PCIX в FPGA стала возможной всего лишь некоторое время назад. В этом вопросе компания Eltec полагается на верифицированные IP-ядра от специализированных поставщиков. Однако буферы FIFO и контроллеры DMA также требуются для обработки изображений — одного IP-ядра недостаточно. Новейшее поколение FPGA также оснащено последовательными интерфейсами с ГГц-скоростями, и потому эти FPGA годятся для решений с использованием PCI Express. В настоящее время требуемая функциональность для обработки изображений достигается за счет совместной работы IP-ядер и DMA-логики фирменной разработки. В реализации этого метода используются интерфейсы PCI Express x1, x4 и x8 в зависимости от требуемой ширины полосы.

FPGA также применяются для эффективной и гибкой реализации широкого ряда разных интерфейсов видеокамер (аналогового, LVDS, Camera Link, GigE Vision, оптоволоконного и т.д.), заказных плат для оцифровки видеосигналов, устанавливаемых в видеокамеры интерфейсов, протоколов передачи данных по защищенным сетям и буферов кадра изображений. Более того, FPGA предназначены для реализации внутренних буферов FIFO, используемых для разделения потоков данных и создания эффективных решений с DMA-контроллером. Компания Eltec не только применяет самые современные технологии в линейке выпускаемой продукции для обработки изображений, но и в заказных решениях для других сегментов рынка.