

Примеры систем машинного зрения с интерфейсом USB 3.0 и испытания их компонентов

Интерфейс USB 3.0 и стандарт USB3 Vision, который был разработан специально для промышленной обработки изображений, появились на рынке в начале 2013 г. С тех пор в интерфейс USB 3.0 было внесено множество изменений и улучшений, и в новой нотации был предложен интерфейс USB 3.1 Gen1¹. По мере предъявления все более строгих требований к системам машинного зрения росла и производительность камер. Компоненты промышленных систем играют особенно важную роль, и в следующем разделе мы рассмотрим три примера конфигурации систем машинного зрения. В этом разделе также приводится описание различных методов проведения испытаний и измерений, применяемых Basler AG для проверки надежности аксессуаров USB 3.0.

Содержание:

1. Технические предпосылки	2
1.1 Потребительское и промышленное назначение	2
2. Компоненты	3
2.1 Кабель	3
2.2 Хост-адаптер / платы PCI	3
2.3 Концентраторы	3
3. Процедуры испытания компонентов на соответствие техническим условиям	3
3.1 Источники питания	4
3.2 Расстояние передачи данных	4
3.3 Система в целом	5
4. Примеры использования	6
4.1 Пример 1. Базовая система с одной камерой	6
4.2 Пример 2. Многокамерная система с 12 камерами	7
4.3 Пример 3. Многокамерная система с 16 камерами на плате PCIe	8
5. Резюме	9

1. Технические предпосылки

Появление нового поколения КМОП-сенсоров высокого разрешения с поддержкой высокой скорости съемки поставило серьезную задачу с точки зрения передачи данных. В прошлом передача данных со скоростью свыше 150 МБ/с была сопряжена с существенными затратами, поскольку осуществлялась, как правило, с помощью более дорогостоящего интерфейса Camera Link. Стандарт USB3 Vision в последние годы приобретает все более важное значение. Интерфейс USB 3.0 предусматривает не только передачу данных со скоростью до 380 МБ/с, но и подачу питания на камеру по кабелю через хост-контроллер на центральном процессоре компьютера. В табл. 1 представлены современные сенсоры и их требования к скорости передачи данных.

	CMV4000	IMX174	Python5000
Разрешение	4,2 Мп	2,3 Мп	5,3 Мп
Частота кадров	90 кадр/с	165 кадр/с	60 кадр/с
Скорость передачи данных	ок. 360 МБ/с	ок. 380 МБ/с	ок. 380 МБ/с

Табл. 1: Сенсоры и их требования к скорости передачи данных

На техническом уровне эта концепция реализована в протоколе USB3 Vision посредством сложной архитектуры данных и передачи высокочастотных сигналов. Эта сигнальная информация передается по дифференциальным парам. Обеспечение этих условий в пассивном недорогом кабеле ставит серьезные задачи с точки зрения проектирования и производства аксессуаров. Сам кабель – яркий тому пример. На рис. 1 представлено сечение кабеля USB 3.0. Из рисунка видно, что передача данных и подача питания должны быть реализованы в чрезвычайно ограниченном пространстве. Отдельные жилы кабеля не должны создавать перекрестные помехи, и каждая система должна функционировать надлежащим образом.

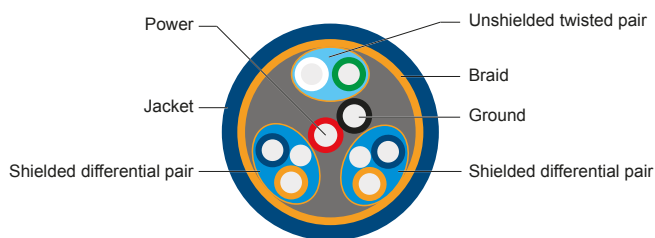


Рис. 1. Сечение кабеля USB 3.0

1.1 Потребительское и промышленное назначение

Если говорить об областях применения USB 3.0, то стоит отметить, что сам интерфейс уже довольно широко распространен на потребительском рынке. Для осуществления съемки с параметрами, указанными в табл. 1, которые в целом характерны для современных систем машинного зрения, используется полная пропускная способность протокола USB3 Vision. Протокол USB3 Vision допускает возникновение определенных погрешностей во время передачи данных при использовании дешевых аксессуаров.

¹ Для простоты интерфейс USB 3.1 Gen1 упоминается как USB 3.0, поскольку принципиальной разницы между этими технологиями нет.

Эти погрешности находятся в допустимых пределах в случае систем домашнего пользования, таких как внешние жесткие диски либо загрузка и потоковое воспроизведение видео. Однако для профессиональных систем USB 3.0 такие погрешности недопустимы: каждый из компонентов в цепочке передачи данных должен выполнять свои функции безупречно. Тщательный отбор и проверка этих компонентов на соответствие техническим условиям – один из аспектов, по которым системы промышленного назначения отличаются от потребительских.

2. Компоненты

В этом разделе мы рассмотрим компоненты, выступающие залогом стабильной передачи данных, а также их назначение и основные функции. В маркетинговом документе [Basler Аксессуары для построения стабильных систем USB 3.0](#) описаны дополнительные компоненты современной системы машинного зрения с интерфейсом USB 3.0.

2.1 Кабель

Кабель играет ключевую роль в системе машинного зрения. С одной стороны, он обеспечивает передачу данных, а с другой – также служит в качестве источника питания. Самое важное – не допустить высокого уровня потерь. Стандарт USB3 Vision стал первым стандартом в сфере обработки изображений, в котором были непосредственно описаны требования к кабельным соединениям и основные характеристики кабелей. В рамках этого стандарта соотношение между высокочастотными характеристиками и толщиной медной жилы определяет максимально возможную длину кабеля. Это, в свою очередь, позволяет контролировать падение напряжения USB 3.0. Падение напряжения не должно превышать конкретно установленный предел. При передаче сигналов не допускается их чрезмерное демпфирование, не должны создаваться перекрестные помехи и возникать задержки (во время дифференциальной передачи).

2.2 Хост-адаптер / платы PCI

Пропускная способность USB 3.0 зависит от того, какой чипсет USB 3.0 и системная плата используются. Всегда существует возможность подключения камеры к системной плате посредством интегрированного порта USB 3.0. Если интегрированный порт USB 3.0 отсутствует, то можно установить платы PCI Express. Хост-адаптер включает в себя наборы микросхем для передачи данных на процессор ПК, обеспечивая при этом подачу питания на камеру. Он также гарантирует быструю передачу данных. Важное значение имеют маршрутизация и интеграция полосковых проводников на основе высокочастотных стандартов. Для обеспечения максимальной возможной производительности необходимо на каждый порт предусмотреть отдельный чипсет, при этом в такой архитектуре используются встроенные переключатели. подача питания осуществляется либо непосредственно от порта, либо через блок питания компьютера.

Чтобы надежно зафиксировать кабель USB 3.0 в гнезде, необходимо винтовое крепление.

2.3 Концентраторы

Концентраторы служат для подключения нескольких камер USB 3.0 к главному ПК. Обработка данных выполняется единственным чипсетом с «вышестоящим» портом USB 3.0. Он распределяет доступную пропускную способность между отдельными камерами, подключенными к «нижестоящим» портам. Другими словами, в системах с несколькими камерами скорость передачи данных, выделяемая на каждую камеру, будет меньше.

3. Процедуры испытания компонентов на соответствие техническим условиям

Условием безупречной работы систем, как описано в разделе 5, является использование рекомендованных компонентов, например представленных в ассортименте компонентов Basler. Каждый отдельный компонент сначала проходит в Basler строгую процедуру отбора и только в случае успешного прохождения испытаний попадает в ассортимент Basler. Рассмотрим эти процедуры

3.1 Источники питания

Подача питания – основное требование к источникам питания, которое, в свою очередь, определяется строгими спецификациями и обязательными для соблюдения пороговыми значениями. Эти спецификации распространяются на жилы питания в кабелях, порты хост-контроллера и концентраторы. На рис. 2 схематически демонстрируется процедура испытаний источника питания. Для создания максимальной нагрузки на хост-контроллер USB 3.0 выбрана особая конфигурация системы. С помощью мультиметров измеряется напряжение, а равномерность амплитуды сигнала оценивается осциллографами.

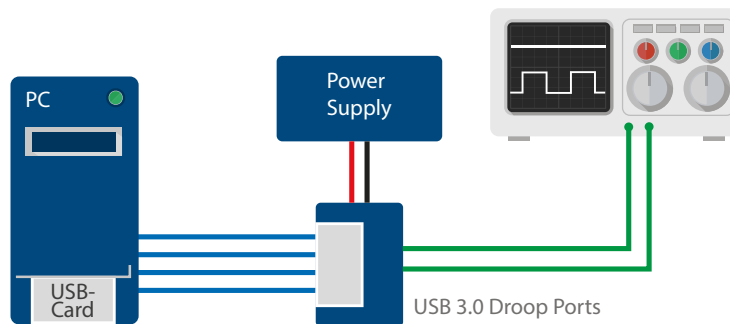


Рис. 2. Схематическое представление конфигурации системы для проведения испытаний источника питания

3.2 Расстояние передачи данных

Расстояние передачи данных проверяется путем векторного анализа цепей. Для этих целей используется кабель USB 3.0. На рис. 3 схематически демонстрируется конфигурация системы для проведения таких испытаний. Отдельные жилы, предназначенные для передачи данных, пропускаются через специальный измерительный адаптер и направляются на разъемы анализатора цепей. Системой создаются высокочастотные сигналы до 20 ГГц на каждом разъеме. Эти сигналы передаются одновременно на все разъемы. Характеристики пройденного сигналом пути описываются помощью матрицы рассеяния.

В первую очередь проводится оценка отклонений и демпфирования передаваемого сигнала. Также анализируются перекрестные помехи и временные характеристики сигнала, а также характеристический импеданс. Для анализа наличия сбоев во временном или частотном спектрах используется специальное программное обеспечение. Эти испытания проводятся для проверки соответствия кабеля спецификации USB 3.0, а также оценки и проверки отдельных решений на соответствие техническим условиям по критерию расстояния передачи данных.

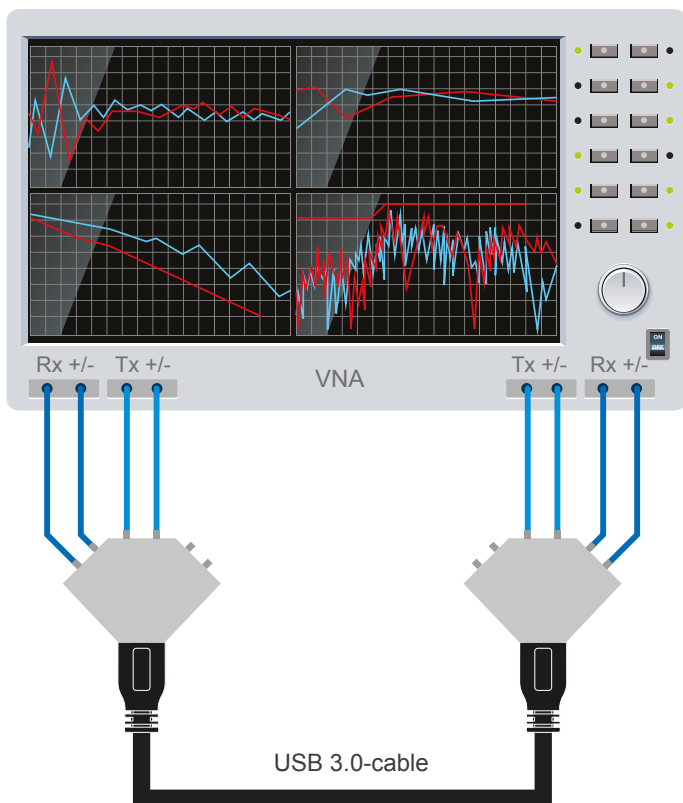


Рис. 3. Схематическое представление конфигурации системы векторного анализа цепей для испытания кабеля USB 3.0

3.3 Система в целом

Помимо тщательной проверки отдельных компонентов системы машинного зрения на соответствие техническим условиям, строгим испытаниям подвергается и система в целом. В Basler AG проверка изделий проводится в тесном сотрудничестве специалистами подразделений разработки и испытаний на совместимость электронного оборудования. Протокол USB3 Vision предусматривает так называемый «режим соответствия», для которого определены спецификации. Каждое устройство USB 3.0 должно без сбоев обрабатывать определенное количество определенных битовых комбинаций. Для анализа и оценки этих битовых комбинаций используются высокочувствительные широкополосные осциллографы. На рис. 4 схематически демонстрируется процедура испытаний.

Когда на камеру подается напряжение без подключения жилы передачи данных к приемному устройству через специальный измерительный адаптер, камера переключается в режим соответствия и отправляет первую тестовую битовую комбинацию. Тестовый сигнал отправляется по кабелю USB 3.0 (подключенный к измерительному адаптеру) на осциллограф, где он регистрируется и анализируется.

В данном примере сигнал принимает форму глаза (см. рис. 4). Помимо этого посылаются специальные сигналы для переключения тестовых комбинаций, чтобы можно было использовать программное обеспечение для проверки соответствия сигналов. Проверяется полный путь прохождения сигнала от передатчика камеры к хосту и от хоста к передатчику камеры.

По завершении проверки отдельных компонентов проводятся испытания системы в целом. Это предполагает построение системы, ее запуск и испытания. Для этих целей компания Basler разработала собственные процедуры испытаний и надежную процедуру протокольного анализа.

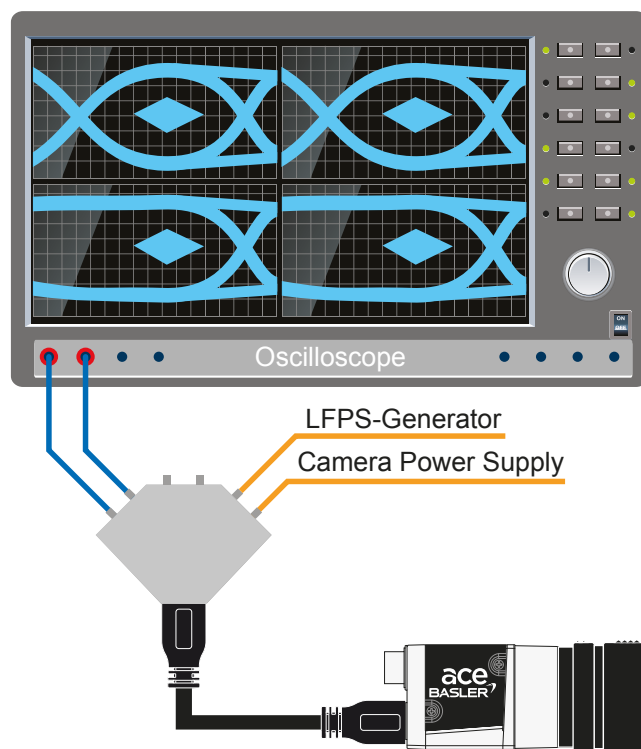


Рис. 4. Конфигурация системы для проверки качества сигнала

4. Примеры использования

Интерфейс USB 3.0 подходит для решения множества задач и используется в системах машинного зрения самых различных конфигураций. Благодаря технологии Plug-and-Play открываются возможности простого построения систем на базе одной или нескольких цифровых камер во всех мыслимых конфигурациях, в зависимости от стоимости компонентов и доступного бюджета. Все эти конфигурации просто невозможно перечислить.

В следующем разделе на трех примерах демонстрируются возможности построения систем USB 3.0 с различными компонентами. Все эти системы были успешно реализованы и прошли испытания. Отклонения от приведенных вариантов конфигурации и максимальное количество камер в системе могут варьироваться. Архитектура системы в целом определяется производительностью ЦП компьютера и используемым

чипсетом. В приведенных ниже примерах сигнал срабатывания направляется извне с помощью оборудования для обеспечения синхронного захвата изображений. Дополнительно для мониторинга работы системы используются измерительные приборы.

4.1 Пример 1. Базовая система с одной камерой

В первом примере (рис. 5) рассмотрим классическую систему машинного зрения. Она включает в себя одну камеру с высоким разрешением и высокой скоростью съемки. Для подключения камеры используется кабель длиной 5 м с угловым разъемом на стороне камеры. Это зарекомендовавшая себя на практике конфигурация системы, которая может быть реализована на базе чипсетов поколений процессоров Sandy, IvyBridge, Haswell и Skylake.

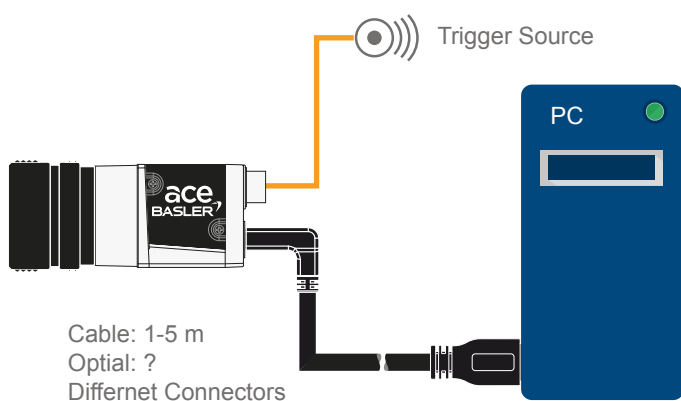


Рис. 5. Базовая система, пример 1

4.2 Пример 2. Многокамерная система с 12 камерами

Система в такой конфигурации (рис. 6) включает в себя мощный ПК на базе процессора поколения Haswell и шины PCIe 2.0 & 3.0, а также три хост-контроллера x4 USB 3.1 Gen1 с четырьмя чипсетами FL1100 каждый. Питание на камеры поступает от источника питания ПК. В этой конфигурации объединены несколько каналов передачи данных: на каждый хост-адаптер приходится четыре камеры Basler ace USB 3.0 (acA1920-155u*), и каждая из них передает данные со скоростью 380 МБ/с без заданной активной зоны на разрешении 2,3 Мп. Это означает, что каждой плате хост-адаптера необходимо обрабатывать 1,5 ГБ/с. В общей сложности 4,5 ГБ/с, поступающие на ЦП, распределяются на три платы, ресурсы которых потребляются полностью.

Камеры подключены кабелями длиной 5 м с угловыми разъемами на стороне камеры. Испытания на прочность и под нагрузкой были пройдены без каких-либо ошибок. Такая конфигурация зарекомендовала себя как абсолютно надежная для систем с несколькими камерами.

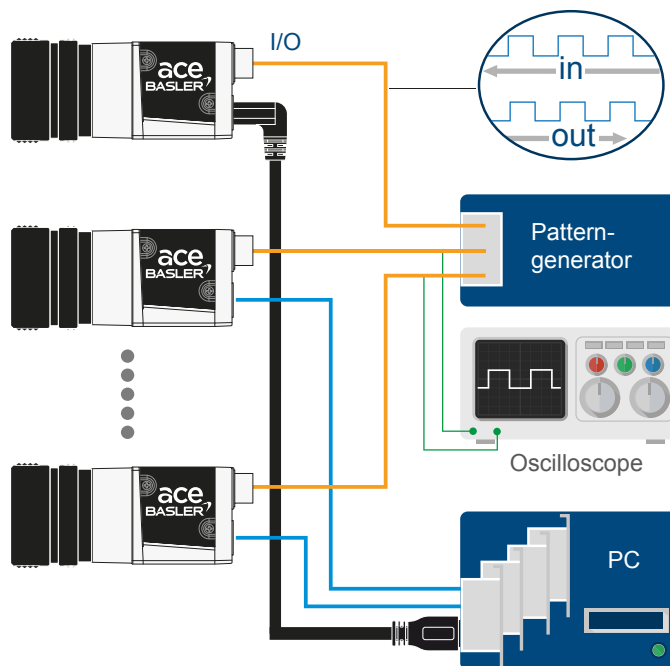


Рис. 6. Многокамерная система, пример 2

4.3 Пример 3. Многокамерная система с 16 камерами на плате PCIe

В третьем примере (рис. 7) рассмотрим многокамерную систему на базе одной платы PCIe. На каждый из портов платы x4 подключено по одному концентратору с четырьмя портами. В такой конфигурации можно подключить в общей сложности 16 камер, каждую кабелем длиной 5 м с угловым разъемом на стороне камеры.

В такой конфигурации на систему не следует создавать чрезмерную нагрузку с точки зрения одновременной работы нескольких камер и общей пропускной способности. Возможные варианты снижения нагрузки: сенсоры низкого разрешения, выбор активной зоны для камер, более низкая скорость съемки или снижение разрядности цвета. Пропускная способность в этой конфигурации снижена до 60 МБ/с на камеру. Система успешно прошла испытания на прочность и под нагрузкой, а данная конфигурация зарекомендовала себя как абсолютно надежная для многокамерных систем.

Системы во всех трех конфигурациях продемонстрировали безупречную работу по результатам испытаний Basler. Также возможны альтернативные конфигурации: с кабелями другой длины, с другим числом камер или даже комплексные решения, объединяющие несколько систем. Расстояние до главного ПК может составлять 10 метров и более.

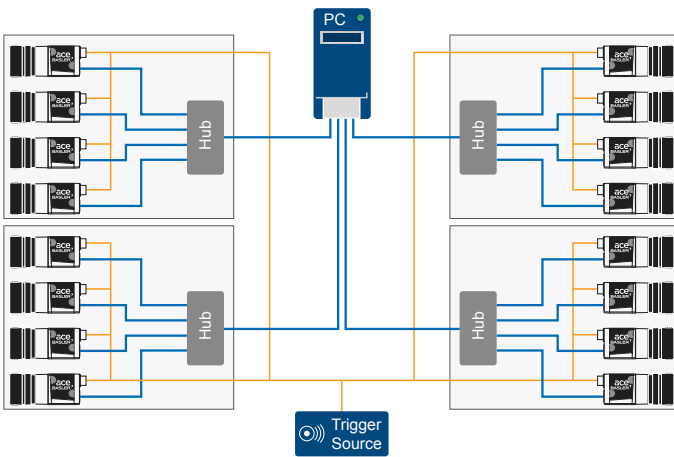


Рис. 7. Многокамерная система с 16 камерами на одной шине PCIe, пример 3

5. Резюме

USB 3.0 открывает возможности для построения самых различных систем, от базовых до масштабных, с множеством камер. Залогом безупречной работы системы выступают высококачественные компоненты, успешно прошедшие предварительные испытания. В этом техническом документе

были рассмотрены соответствующие технические требования, а также процедура испытаний, применяемая в Basler AG. В заключение в качестве примера были приведены три конфигурации системы, успешно прошедшие такие испытания.

В целом, можно сказать, что изначальные проблемы с аксессуарами, возникавшие сразу после появления интерфейса USB 3.0, уже устранены. Сегодня USB 3.0 представляет собой надежный, простой и недорогой интерфейс передачи данных для систем машинного зрения. Помимо собственно камер, для построения систем в различных конфигурациях необходимо подобрать надежные компоненты.

Выбирайте только качественные аксессуары USB 3.0, пригодные для промышленного применения. Более дешевые компоненты из потребительского сегмента рынка, как правило, не способны справиться с задачами, стоящими перед промышленными системами.

Автор



Иммануил Фукс (Immanuel Fuchs)

Иммануил Фукс работает в подразделении Basler, ответственном за испытания на совместимость электронного оборудования. Фукс, будучи инженером-механиком, пришел в Basler в 2015 г. и сейчас, помимо прочих обязанностей, отвечает за проведение измерений, испытаний и проверок на соответствие техническим условиям различных компонентов, в том числе кабелей, плат, концентраторов и коммутаторов.

Подразделение по проведению испытаний проводит углубленные испытания всех аксессуаров Basler, которые позволяют гарантировать заявленное качество камер Basler. Все дополнительные компоненты предлагаемые в ассортименте Basler, проходят строгие испытания и сертификацию.

Контактные данные

Тел. +49 4102 463 0

Факс +49 4102 463 109

Эл. почта: Immanuel.Fuchs@baslerweb.com

Basler AG

An der Strusbek 60-62

D-22926 Ahrensburg

Германия

О компании Basler

Компания Basler является ведущим производителем цифровых камер для различных областей применения, включая промышленность, медицину, ритейл и дорожно-транспортные системы. При разработке камер учитываются современные промышленные требования. Камеры Basler отличаются простотой интеграции, компактными размерами, высоким качеством изображения и выгодным соотношением цены и технических характеристик. Компания Basler была основана в 1988 году, и вот уже более 25 лет работает в области обработки изображений. Компания насчитывает 500 сотрудников в своем головном офисе, расположенном в Аренсбурге (Германия), а также в международных филиалах и представительствах в Европе, Азии и Америке.

Дополнительную информацию о политике конфиденциальности и об исключении ответственности можно получить по ссылке www.baslerweb.com/disclaimer-ru ©Basler AG, 11/2016

Basler AG

Головной офис в Германии

Тел. +49 4102 463 500

Факс +49 4102 463 599

sales.europe@baslerweb.com

www.baslerweb.com

Basler, Inc.

США

Тел. +1 610 280 0171

Факс +1 610 280 7608

sales.usa@baslerweb.com

Basler Asia Pte Ltd.

Сингапур

Тел. +65 6367 1355

Факс +65 6367 1255

sales.asia@baslerweb.com

BASLER
the power of sight