

Гузелия Сафиуллина, Михаил Селезнев (КОМПЭЛ)

«МЫ С КМОП НА ГРАНИЦЕ»: ДАТЧИКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ON SEMICONDUCTOR И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

КМОП-датчики изображения, которые в настоящее время выпускаются компанией ON Semiconductor, успешно применяются в системах биометрической идентификации – одном из самых прогрессивных направлений систем обеспечения безопасности. Наиболее перспективным в таких приложениях является датчик изображения IBIS4-6000.



ON Semiconductor®

В январе 2011 года компания ON Semiconductor приобрела подразделение CMOS Image Sensor Business Unit компании Cypress Semiconductor. Таким образом, номенклатура изделий ONS дополнилась линейкой КМОП-датчиков изображения (CMOS Image Sensor), то есть направлением, в котором компания Cypress работала на протяжении почти 15 лет, являясь одной из первых компаний, которые предложили на рынок КМОП-датчики изображения в качестве не опытных образцов, а серийно выпускаемых изделий.

В настоящее время на рынке представлены датчики, выполненные по одной из двух технологий (если не рассматривать опытные разработки). Это датчики на основе ПЗС-технологии (Приборы с зарядовой связью) и датчики на базе фотодиодных ячеек, выполненных по технологии КМОП. В течение длительного времени КМОП-датчики изображения значительно уступали ПЗС-матрицам по большинству основных параметров и по этой причине не рассматривались как массовая продукция. В конце 90-х годов в технологию производства КМОП-датчиков были внедрены существенные инновации и в характеристиках изделий ПЗС и КМОП установилось определенное равенство. В линейке изделий Cypress Semiconductor датчики, выполненные по ПЗС-технологии, отсутствовали – компания сконцентрировала усилия на КМОП-технологии, которая и тогда, и в настоящее время представляется более перспективной. Соответственно, и в номенклатуре ON Semiconductor в настоящее время присутствуют только КМОП-датчики.

Рассмотрим основные преимущества датчиков изображения на основе КМОП-матриц по сравнению с ПЗС-матрицами:

1. КМОП-матрицы имеют существенно более низкое энергопотребление в статическом состоянии, что дает возможность применять их в мобильных устройствах с батарейным питанием.

2. Фотоэлементы, схемы обвязки и вычислительные мощности выполнены по одной технологии, что позволяет объединить на одном кристалле оптоэлектронные, аналоговые и цифровые (в том числе микропроцессорные) блоки. Это, в свою очередь, позволяет создать законченную однокристалльную систему с минимальным количеством внешних элементов обвязки, что приводит к уменьшению габаритных размеров конечного устройства, снижению его стоимости и повышению надежности.

3. КМОП-технология обеспечивает возможность прямого доступа к произвольной ячейке матрицы. Соответственно, появляется возможность считывать не весь массив изображения, а либо считать определенный фрагмент, либо «проредить» исходное изображение. Механизм «фрагментированного считывания» позволяет уменьшить объем считываемых данных и, как следствие, повысить частоту кадров видеоустройства. Помимо этого, фрагментирование позволяет с минимальными вычислительными затратами реализовать задачу автоматического расчета экспозиции. В ПЗС-матрицах возможность фрагментирования отсутствовала, поскольку принцип работы предполагал обязательное считывание всего массива данных.

4. Стоимость КМОП-матриц значительно ниже по сравнению с ПЗС-матрицами, причем разница становится особенно заметной при увеличении числа элементов матрицы.

Линейка КМОП-датчиков изображения компании ON Semiconductor

Семейство датчиков VITA включает в себя четыре типа устройств с раз-

мером изображения 1,3...25 мегапикселей. Все четыре типа выпускаются как в монохромном, так и в цветном варианте исполнения. Младшие модели семейства (VITA1300 и VITA2000) могут иметь в качестве канала вывода данных либо высокоскоростной многоканальный LVDS-интерфейс, либо параллельный CMOS-интерфейс. Старшие модели (VITA5000 и VITA25K) имеют только LVDS-интерфейс, поскольку значительный объем информации с матриц не может быть выведен через относительно медленный CMOS-интерфейс за разумное время. Датчики семейства VITA могут работать как в кадровом режиме, так и в режиме скользящего электронного затвора. Отличительной особенностью семейства является реализация мультиоконного режима фрагментирования. Производитель обозначает следующие основные области применения датчиков семейства VITA: промышленные системы технического зрения, **системы мониторинга движущихся объектов, цифровые телекамеры для систем безопасности** (используются как внутри, так и вне помещений, поскольку датчики выпускаются с диапазоном рабочих температур -40...85°C), считыватели двумерных штриховых кодов. Отметим, что наличие кадрового затвора и реализация мультиоконного фрагментирования значительно упрощает реализацию задач слежения за перемещением движущихся объектов на фоне неподвижного ландшафта. В этом смысле датчик VITA-25K, позволяющий отслеживать одновременно до 25 фрагментов при частоте 50 кадров в секунду, безусловно, является уникальным изделием не только для компании ON Semiconductor, но и для отрасли в целом. Характеристики КМОП-датчиков изображения семейства VITA представлены в таблице 1.

Датчики изображения LUPA-300, LUPA-1300-2 и LUPA-3000 предназна-

Таблица 1. Основные параметры КМОП-датчиков изображения компании On Semiconductor

Параметр		VITA-1300	VITA-2000	VITA-5000	VITA-25K	LUPA-300
Размер изображения, пиксел (H*V)		1280*1024	1920*1200	2592*2048	5120*5120	640*480
Размер пиксела, мкм (H*V)		4,8*4,8	4,8*4,8	4,8*4,8	4,5*4,5	9,9*9,9
Оптический формат		1/2 inch	2/3 inch	1 inch	35 мм	1/2 inch
Выходы	LVDS	4 канала	4 канала	8 каналов	32 канала	—
	CMOS	10 бит	10 бит	—	—	10 бит
	Analog	—	—	—	—	—
«Частота кадров, кадров/с»	LVDS	150	90	75	53	—
	CMOS	37	22	—	—	250
Чувствительность, В/лк*сек	@550 нм	4,58	4,58	4,58	3,3	3,2
FPN		0,5	0,5	0,5	0,5	0,1
Динамический диапазон, Дб	Global Shutter	53,2	53,2	53,2	53,2	60,2
	Rolling Shutter	59,8	59,8	59,8	56,6	
Вариант исполнения	Цветной	+	+	+	+	+
	Монохроматический	+	+	+	+	+
Тип затвора	Global Pipelined Master	+	+	+	+	+
	Global Pipelined Slave	+	+	+	+	+
	Global Triggered Master	+	+	+	+	+
	Global Triggered Slave	+	+	+	+	+
	Rolling	+	+	+	+	+
	Normal	+	+	+	+	+
Фрагментирование	ROI	8 окон	8 окон	8 окон	32 окна	1 окно
	Sub-sampled	+	+	+	+	+
Основная частота, МГц		62	62	62	310	80
Разрешение АЦП, бит		8 или 10	8 или 10	8 или 10	8 или 10	10
Рассеив. Мощность, Вт		0,475	0,520	1,000	3,400	0,190
Корпус		LCC-48	LCC-52	LCC-68	μPGA-355	LCC-48

чаются, главным образом, для построения цифровых камер высокоскоростной (с частотой порядка несколько сотен кадров в секунду) видеосъемки. Подобные камеры востребованы в системах автоматизации научных исследований, в оборудовании для проведения экспериментов, в системах контроля и безопасности на некоторых типах промышленных производств. Кроме того, высокоскоростная видеосъемка находит применение в спортивном телевидении (и как элемент спортивных трансляций, и как инструмент для разрешения спорных вопросов при судействе спортивных соревнований). Датчик LUPA-300 имеет скромный по современным меркам размер изображения 640*480 элементов, но может оказаться оптимальным решением для тех приложений, где большой размер изображения не требуется, а востребованы простота реализации и невысокая стоимость. Основными отличительными чертами датчика LUPA-1300-2 являются высокая чувствительность, позволяющая работать на коротких выдержках даже в условиях недостаточной освещенности, а также поддержка мультиоконного фрагментирования. Представляет определенный интерес возможность считывания данных как в прямом, так и в обратном направлении по горизонтали и вертикали, что позволяет реализовать зеркальное отражение картинки аппаратным способом на этапе считывания. Датчик LUPA-3000 является одним из немногих

изделий в отрасли, позволяющим формировать видеозапись с размером кадра 2,9 мегапикселей с кадровой частотой более 400 Гц. Основные области применения датчиков семейства LUPA, помимо высокоскоростной видеосъемки — **телекамеры для систем мониторинга дорожного движения, телевизионные системы для обеспечения безопасности производственных процессов**, системы технического зрения для робототехнических комплексов, медицинская аппаратура. Несколько обособленно стоит 4-мегапиксельный датчик **LUPA-4000**. В отличие от остальных изделий ON Semiconductor, он не содержит аналогоцифрового преобразователя и осуществляет вывод изображения в аналоговой форме по одному или двум каналам. Характеристики датчиков LUPA также приведены в таблице 1. Отметим, что расширенные функциональные возможности датчиков изображения семейств VITA и LUPA в значительной мере превосходят требования стандартных цифровых камер, применяемых в традиционных системах видеонаблюдения и мобильных электронных приборах. Датчики VITA и LUPA ориентированы на применение в высокотехнологичных приложениях, где использование стандартных ПЗС- и КМОП-матриц не обеспечивает решение поставленных задач.

Датчики STAR-250 и STAR-1000 изначально предназначались для задач цифровой астрономии, применения в

космической аппаратуре и других подобных приложениях. Отличительные черты датчиков STAR: повышенная стойкость к радиационному излучению и высокая (по сравнению с матрицами других семейств) повторяемость характеристик фотоэлементов, образующих датчик изображения. Для астрономических задач нет необходимости в применении кадрового затвора (скользящий вполне приемлем, поскольку и камера, и объект съемки неподвижны), не требуется высокая кадровая частота (поэтому вывод осуществляется посредством менее скоростного CMOS-интерфейса), нет особой необходимости в большом размере изображения. На первое по важности место выходит прецизионность характеристик матрицы, что, в целом, и обеспечивают датчики STAR. Параметры датчиков STAR приведены в таблице 1.

В отличие от датчиков изображения семейств VITA, LUPA и STAR, рассмотренных выше, датчики **IBIS4-6600** (наименование для заказа — **NOI4SM6600A-QDC**) и **MANO-9600** по своим функциональным возможностям можно отнести к категории универсальных. То есть, при их проектировании изначально не закладывались функции, необходимые для сравнительно узких, специализированных направлений цифровой фото- и видеосъемки. Функциональные возможности IBIS4 и MANO соответствуют требованиям са-

LUPA-1300-2	LUPA-3000	LUPA-4000	STAR-250	STAR-1000	HAS-2	IBIS4-6600	MANO-9600
1280*1024	1696*1710	2048*2048	512*512	1024*1024	1024*1024	2210*3002	3840*2500
14,0*14,0	8,0*8,0	12,0*12,0	25,0*25,0	15,0*15,0	18,0*18,0	3,5*3,5	2,4*2,4
1 inch	1 inch	35 мм	1 inch	1 inch	35 мм	1 inch	2/3 inch
12 каналов	32 канала	—	—	—	—	—	4 канала
—	—	—	10 бит	10 бит	10 бит	10 бит	10 бит
—	—	66 MSps	—	—	—	—	—
500	485	15	—	—	—	—	20
—	—	—	29	11	4	5	20
10,2	3,8	2,8	5,4	2,7	9,6	2,0	0,5
0,3	0,1	1,45	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5
58,0	60,2	—	—	—	—	—	—
—	—	66,0	60,2	н.д.	н.д.	59,0	н.д.
+	+	+	—	—	—	—	—
+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	—	—	—	—	—
+	+	—	—	—	—	—	—
+	+	—	—	—	—	—	—
+	+	—	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+
4 окна	1 окно	1 окно	1 окно	1 окно	40 окон	1 окно	1 окно
+	+	+	+	+	+	+	+
315	206	33	8	12	5	40	62
10	8 или 10	-	10	10	12	10	8 или 10
1,350	1,100	0,150	0,350	0,400	0,122	0,190	0,510
μPGA-168	μPGA-369	PGA-127	JLCC-84	JLCC-84	JLCC-84	LCC-68	LCC-52

мого широкого спектра практических приложений. Производитель определяет следующие основные области применения этих датчиков: **системы биометрической идентификации**, сканеры общего назначения, системы технического зрения. Характеристики этих устройств оптимальны для монохромной съемки неподвижных или малоподвижных объектов с высоким разрешением в достаточно широком диапазоне освещенности объекта съемки. Основные параметры IBIS4-6600 и MANO-9600 также приведены в таблице 1. Ниже будут отдельно рассмотрены возможности применения датчика IBIS4-6600 в системах биометрической идентификации.

Замечания о некоторых параметрах КМОП-датчиков изображения

Содержание и объем данной статьи не предполагает разъяснения физического смысла даже основных параметров, описывающих фотоэлектрические характеристики ПЗС- или КМОП-датчиков изображения. Это неоднократно было сделано в ряде публикаций. Одно из лучших «введений в тему» предложено в [1].

Следующие параметры, которые, как правило, приводятся в материалах производителя, можно считать за исходные:

1. **Заряд насыщения** (*Saturation Charge или Full Well Charge*) — максимальное количество фотонов, которое

способен захватить один фотоэлемент матрицы. Параметр соответствует «самому светлому» пикселю.

2. **Темновой шум** (*Dark Noise или Temporal Noise*). Какое-то количество фотонов будет присутствовать в ячейке даже при отсутствии экспонирования. Причины этого явления в данном случае несущественны, важно, что это количество определяет уровень «самого темного» пикселя.

3. **Соотношение «Напряжение на зарядном конденсаторе / Число фотонов»** (*Conversion Gain*). Размерность мкВ/е. Производное от него «Цифровой код / Число фотонов». Выбирается обычно таким образом, чтобы значению заряда насыщения соответствовал максимальный возможный код (или очень близкий к нему).

4. **Чувствительность** (*Sensitivity*). Обычно приводится в размерности «вольт/люкс*секунда». Физический смысл: при освещенности в 1 люкс за 1 секунду на зарядном конденсаторе фотоэлемента возникнет потенциал равный N вольт. Пересчитав вольты в число фотонов, можно определить, за какое время экспонирования при освещенности в 1 люкс фотоэлемент насытится до максимального значения. При прочих равных условиях для больших значений чувствительности это время короче, а для меньших — длиннее. Отметим, что для света с разной длиной волны чувствительность будет различной.

Следующие параметры являются производными от перечисленных выше:

1. **Динамический диапазон**. Определяется на основе таких показателей, как заряд насыщения и темновой шум. Например, для изделия **IBIS4-6600** самому «темному» пикселю соответствует среднеквадратическое значение темнового шума, равное 24 е. Значение заряда полного насыщения равно 21500 е. Отношение второго к первому даст диапазон в 895 раз. Поскольку динамический диапазон измеряется в децибелах, пересчитаем: $20 \cdot \lg(21500/24) = 59,0$ дБ.

Заметим: для 10-ти разрядного АЦП: $20 \cdot \lg(1024/1) = 60,2$ дБ. Значения динамического диапазона в 70, 80 и более децибел в принципе возможны только как отношение заряда насыщения к темновому шуму. После 10-разрядного аналого-цифрового преобразования динамический диапазон неизбежно «обрежется» до значения 60,2 дБ.

2. **Шум фиксированного распределения** (*fixed pattern noise — FPN*). Обычно измеряется путем считывания информации с датчика изображения при отсутствии освещения. После этого результат усредняется и выражается в процентах от максимума или в единицах младшего разряда. Если отбросить несущественные детали, то это тот же темновой шум, но применительно не к отдельной ячейке, а по матрице в целом, как интегральная величина.

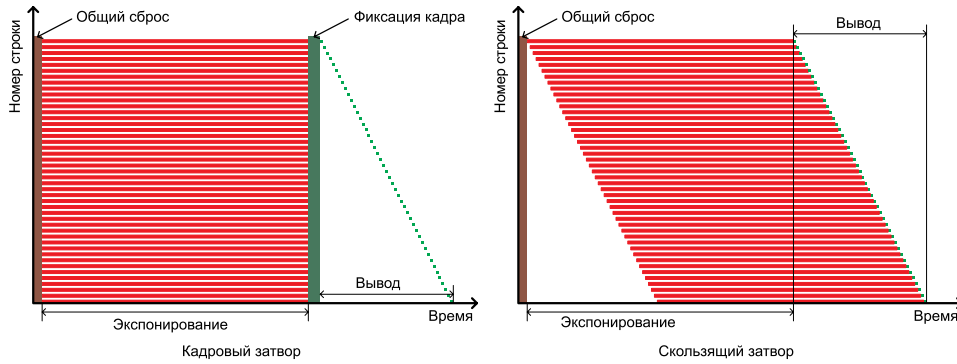


Рис. 1. Принцип формирования изображения при кадровом и скользящем затворах

3. Часто приводится соотношение «Сигнал/Шум», но существует несколько методик его расчета. Сравнить этот параметр для изделий различных производителей довольно рискованно.

Ряд параметров не имеет прямого отношения к фотоэлектрике, но при первом знакомстве может вызвать вопросы:

1. **Оптический формат в дюймах.** Общеизвестно, что ПЗС- или КМОП-датчик с размерами 2,4*3,2 мм (диагональ 4 мм) называют «1/4 inch», хотя в реальности четверть дюйма это 6,35 мм. Аналогично матрицы с диагоналями 6, 8, 11 и 16 мм называются, соответственно, треть, половина, две трети дюйма и дюйм. В реальности это не так и даже коэффициенты пропорциональности не всегда совпадают. Важно помнить: «две трети дюйма» — это не физический размер, а название определенного типа матриц. Соответствие реальных размеров и названий можно найти в источнике [2].

2. **Оптический формат 35 мм.** Напомним, что во времена пленочной фотографии наиболее распространенная фотопленка имела ширину 35 мм. Наиболее популярный размер кадра имел по ширине 24 мм и в длину 36 мм (были и другие варианты, но они имели, по крайней мере, один размер 24 мм и размещались на той же пленке). Применительно к ПЗС- и КМОП-датчикам, «формат 35 мм» обозначает, что один или оба размера чувствительной области матрицы равны 24 мм. Опять же «35 мм» — это не физический размер, а название класса изделий.

3. **Размер изображения** для монохромных и цветных матриц. Сама матрица изображения (то есть, массив фотоэлементов, размещенных на кристалле) является монохромной. Цветной она становится, если в процессе изготовления между кристаллом и микролинзами устанавливается светофильтр для каждой ячейки. Две из каждых четырех ячеек становятся «зелеными», одна «синей» и одна «красной». При этом упускается из виду, что каждый пиксель цветного изображения образован четырьмя ячейками на матрице. Следовательно, полное изображение, считанное, например, с монохромного варианта

датчика LUPA-1300-2 при отображении на экране монитора будет иметь размер 1280*1024, а полное изображение, считанное с цветного варианта датчика LUPA-1300-2, на мониторе будет иметь размер 640*512.

Особенности архитектуры КМОП-датчиков изображения ON Semiconductor. Варианты реализации электронного затвора

Применительно к КМОП-датчикам различают два способа формирования изображения на кристалле или, что то же самое, два вида электронных затворов: Global Shutter и Rolling Shutter. В русскоязычных источниках первый термин переводится как «кадровый затвор» (реже — «глобальный» или «моментальный»). Второй термин переводится как «скользящий затвор» (реже — «последовательный»). В Global Shutter изображение на кристалле формируется одновременно для всех элементов изображения (пикселей, столбцов, строк). Свет накапливается в течение определенного времени экспонирования, но моменты начала и конца экспонирования едины для всей матрицы. В пленочной фотографии наиболее близким аналогом кадрового затвора является так называемый центральный затвор [3]. В Rolling Shutter изображение формируется не одновременно, а последовательно по строкам. Заметим, экспонирование осуществляется не строго построчно — одна строка за другой, а параллельно-последовательно — моменты начала экспонирования для соседних строк «стартуют» один за другим, а интервалы экспонирования соседних строк перекрываются. Для любых строк время экспонирования одинаково, но моменты начала и окончания экспонирования смещены «сверху — вниз». В пленочной фотографии наиболее близким аналогом является шторный фокальный затвор [3]. Различия в принципе формирования изображения иллюстрируются рисунком 1. Считается, что смазывание изображения при фотографировании движущихся объектов характерно только для скользящего затвора. В действительности при про-

должительном времени экспонирования смазывание возникнет при затворе любого типа. И в кадровом, и в скользящем затворе этот эффект проявляется по горизонтали, например, в случае движения объекта фотографирования. Но в скользящем затворе, кроме того, возникнет смазывание и по вертикали, как следствие одновременности моментов экспонирования от верхних к нижним строкам. При фотографировании неподвижных изображений оба затвора дадут одинаковый результат. Кадровый затвор в КМОП-датчиках изображения применяется достаточно редко — как правило, только в тех случаях, когда объектами съемки являются быстро изменяющиеся сцены. Реализация скользящего затвора существенно проще, и конечное изделие, как следствие, оказывается дешевле. Для большинства приложений погрешность, вносимая скользящим затвором, не представляется существенной, и поэтому в КМОП-датчиках изображения реализован, как правило, скользящий затвор. В линейке компании ON Semiconductor кадровый затвор реализован только в семействах VITA и LUPA (хотя и в них заложен режим Rolling Shutter). В семействах STAR и IBIS реализован только скользящий затвор.

Кадровый затвор в изделиях ON Semiconductor реализован в двух модификациях: конвейерном (pipelined) и триггерном (triggered). В конвейерном режиме формирование очередного кадра и считывание предыдущего происходит параллельно. Каждый кадр начинается с временного интервала FOT (Frame Overhead Time — «добавленное время кадра»), в течение которого аналоговая величина на зарядном конденсаторе ячейки пикселя перезаписывается в ее запоминающий элемент. После этого заряд на конденсаторе сбрасывается и на нем вновь начинается накопление заряда (но это уже значение со следующего кадра). Считывание данных с запоминающего элемента происходит одновременно, последовательно, строка за строкой. На рисунке 2 представлена временная диаграмма конвейерного режима. Триггерный режим матрицы — это режим ожидания, работа начинается по внешнему сигналу. Сначала происходит формирование изображения, а затем его считывание, после чего матрица вновь переходит в дежурный режим. Строго говоря, при определенной частоте сигналов запуска формирование нового кадра и считывание предыдущего могут накладываться друг на друга без потерь кадров, но эта ситуация является частным случаем. Конвейерный режим в общем случае предназначен для формирования видеопоследовательности кадров, а триггерный — для одиночной съемки (то есть, фотографирования).

На рисунке 3 представлена временная диаграмма триггерного режима.

И в конвейерном, и в триггерном режиме существуют две модификации — ведущего (Master) и ведомого (Slave) устройств. В состоянии ведущего устройство работает автономно, время экспозиции определяется установками внутренних регистров, а начало экспонирования — внутренним генератором (в конвейерном режиме) или внешним сигналом (в триггерном). В состоянии ведомого устройства матрица работает по внешнему сигналу: его фронт начинает процесс формирования кадра, а его продолжительность определяет время экспонирования. Этот режим применяется при необходимости совместной и согласованной работы устройства, содержащего два и более КМОП-датчиков изображения. Примером таких устройств являются цифровые фотоаппараты для аэро- и космической фотосъемки, где изображение формируется одновременно на значительном количестве датчиков.

Режим скользящего затвора по функциональности эквивалентен триггерному режиму ведущего устройства, с той разницей, что запуск может осуществляться как по внешнему сигналу, так и от внутреннего генератора (в зависимости от установок программно доступных регистров).

Особенности архитектуры КМОП-датчиков изображения ON Semiconductor. Режимы фрагментирования изображения

Режим фрагментирования является характерным отличием именно КМОП-матриц, поскольку в ПЗС-матрицах он не может быть реализован принципиально. Под фрагментированием или кадрированием (windowing), понимается вывод с матрицы не полного изображения, а только некоторого его подмножества. Во всех КМОП-датчиках компании ON Semiconductor реализованы, как минимум, три режима: **нормальный** (Normal) режим считывания полного изображения, **прореживание** (Subsampling) и, собственно, **фрагментирование** (ROI — Region of Interest). Прореживание предполагает вывод не каждого пикселя, а одного из четырех (а также 1 из 9, 1 из 16, 1 из 36 и т.д., в зависимости от функций конкретного устройства). То есть на вывод подается только пиксель с каждого второго (3-го, 4-го или 6-го) столбца каждой второй (3-ей, 4-ой или 6-ой) строки. Остальные три (8, 15 или 35) пикселей окрестности игнорируются. Режим прореживания иллюстрируется рисунком 4. Фрагментирование предполагает вывод с матрицы только фрагмента $m \times n$ пикселей (из m строк и n столбцов) с началом в точке $(x; y)$. Размеры и расположение фрагмента могут быть произвольными. Области исходного изображе-

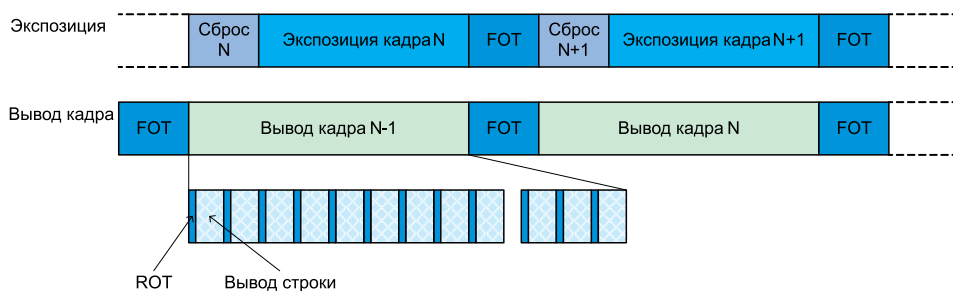


Рис. 2. Временная диаграмма конвейерного режима (Master)

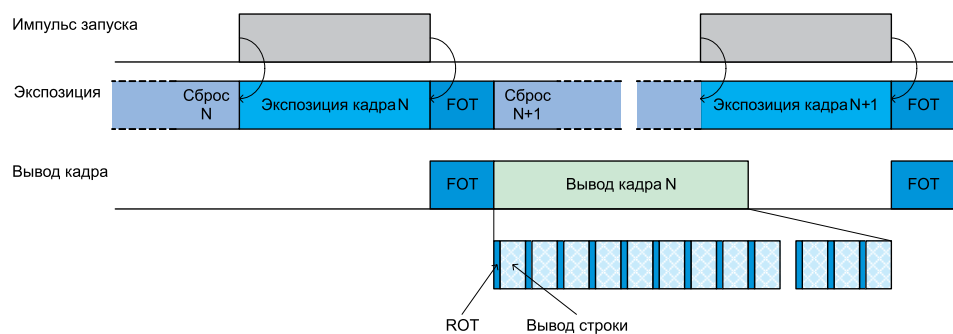


Рис. 3. Временная диаграмма триггерного режима (Master)

ния, не попавшие в заданный фрагмент, игнорируются и на вывод не подаются. В датчиках семейства VITA, а также в изделии LUPA-1300-2, реализован мультиоконный режим фрагментирования, при котором имеется возможность осуществлять параллельный вывод не одного фрагмента, а нескольких (до 32 в изделии VITA-25K). С конкретными особенностями задания мультиоконного режима и оригинальным механизмом формирования выходной последовательности можно ознакомиться в материалах компании ON Semiconductor, например [4].

Для чего необходимы режимы фрагментирования

Приведем три примера, когда данная функция дает ощутимые преимущества. Во-первых, при высокоскоростной видеосъемке (серия LUPA) прореживание «один к четырем» даст уменьшение объема сброшенной информации в четыре раза, что позволит обеспечить ка-

дровую частоту до значений, близких к 2000 кадров в секунду. Однако, следует иметь в виду, что при этом снижется время экспонирования матрицы и может оказаться, что условия освещенности не позволят сформировать качественное изображение. Второе применение: перед осуществлением видео- или фотосъемки осуществляется выбор режима экспонирования. В идеале, для качественного отображения деталей необходимо, чтобы самые темные участки фотографируемого объекта были экспонированы на уровне, близком к уровню темнового тока (уровень черного), самые светлые — на уровне, близком к уровню насыщения ячейки (уровень белого), а средняя освещенность по кадру — на середине динамического диапазона (уровень серого). Все три точки привязать невозможно, поэтому на практике фиксируют две из трех (конкретный выбор зависит от желаемого результата). При этом в расчет может браться все изо-

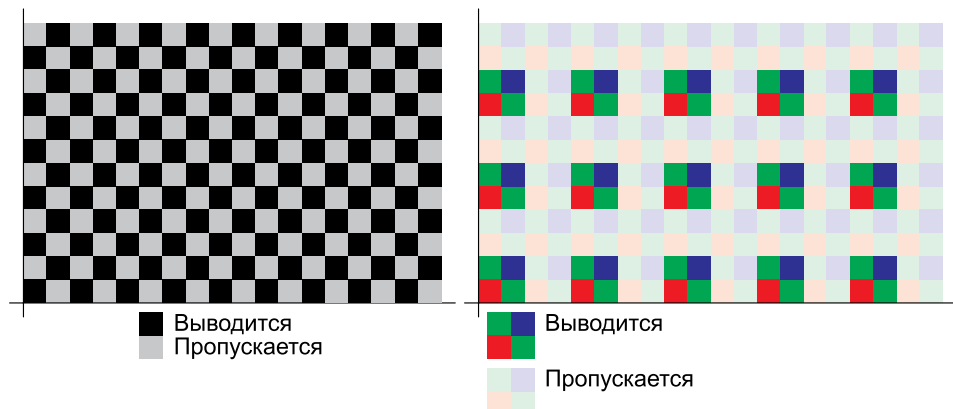


Рис. 4. Прореживание изображения как режим фрагментирования

бражение (так называемый режим интегральной экспозиции) или некоторый, наиболее значимый, фрагмент (режим дифференциальной или фрагментарной экспозиции). Для расчета не требуется вывод всего изображения целиком, поскольку большой объем данных увеличивает и время расчета. Для интегрального режима удобным оказывается расчет по прореженному изображению, а в дифференциальном режиме — по заданному фрагменту. И наконец, как отмечалось выше, мультиоконное фрагментирование позволяет существенным образом упростить решение задачи отслеживания нескольких движущихся объектов на фоне неподвижного изображения.

Системы биометрической идентификации как потенциальная область применения датчика IBIS4-6600

Системы контроля доступа принято разделять на три группы в зависимости от способа, которым человек подтверждает свое право доступа:

1. **Парольная защита.** Пользователь предъявляет данные, которые, как предполагается, известны только ему (например, PIN-код или пароль).

2. **Использование ключей.** Пользователь предъявляет свой персональный идентификатор, являющийся физическим носителем секретного цифрового кода. Таким идентификатором могут являться магнитные карты, контактные или бесконтактные смарт-карты.

3. **Биометрия.** Пользователь предъявляет параметр, который является частью его самого. То есть, идентификации подвергаются индивидуальные особенности сетчатки или радужной оболочки глаза, отпечатка пальцев, распознавание голоса и т.д.

Достоинства биометрической идентификации

Пароль можно забыть, а записную книжку с его записью потерять. Ключ может быть потерян, украден или скопирован. Биометрический параметр связан с конкретной частью тела человека, он постоянно находится «при себе» и потерять его можно только в результате получения увечья. Существенное отличие: биометрический идентификатор невозможно передать третьим лицам.

Рассмотрим основные методы биометрической идентификации, связанные с анализом изображений в видимой части спектра:

1. По отпечатку пальца.
2. По изображению сетчатки глаза.
3. По рисунку радужной оболочки глаза.

Идентификация по отпечатку пальца в настоящее время наиболее распространенный метод. Это связано не столько с особыми достоинствами распознавания, сколько с наличием достаточно прорабо-

танной теории, доставшейся от криминалистики. Метод дает вполне удовлетворительные показатели как по вероятности «ложной тревоги», так и по вероятности «пропуска тревоги». Некоторое неприятие идентификации по отпечатку пальца вызывает устоявшаяся взаимосвязь термина с криминалистикой и, следовательно, криминалом. Более того, не каждому даже законопослушному человеку понравится тот факт, что изображение отпечатка его пальца останется в распоряжении, например, бывшего работодателя. Эксперты в области биометрической идентификации [5] предполагают, что именно эти обстоятельства приведут к замене отпечатков пальца на более «политкорректные» процедуры идентификации — по изображению сетчатки или радужной оболочки глаза. Идентификация по сетчатке глаза предполагает анализ рисунка кровеносных сосудов глазного дна, которое уникально для каждого человека, хотя и несколько изменяется с возрастом. Рисунок радужной оболочки (текстура, содержащая множество колец, кругов и микрорисунков) также уникален. Но, кроме того, он не меняется с возрастом, а анализ радужной оболочки инвариантен к наличию контактных линз. Оба метода дают, как минимум, на десятичный порядок лучшие показатели «ложной тревоги» и «пропуска тревоги» по сравнению с анализом отпечатка пальца.

Строго говоря, нас интересуют не столько достоинства и недостатки различных методов биологической идентификации, сколько совокупность технических требований, которые предъявляют эти методы к параметрам датчиков изображения. В большинстве сканеров отпечатка пальца используется монохромный датчик изображения с размером 1...3 мегапикселя. Современные алгоритмы распознавания отпечатков пальцев используют 30...70 так называемых характерных точек, или, если точнее, небольших фрагментов. Системы идентификации по сетчатке или радужной оболочке глаза позволяют выделить и использовать при распознавании порядка 200...270 характерных точек. Соответственно, и размер изображения, получаемого с датчика, в несколько раз больше и лежит в пределах 4...10 мегапикселей. Алгоритмы распознавания не используют информацию о цвете, следовательно, оправдано только применение монохромных датчиков. Как правило, фиксируется неподвижное изображение: клиент смотрит в «глазок». Соответственно, нет необходимости в применении кадрового затвора, могут использоваться более простые датчики со скользящим затвором. Высокая чувствительность не требуется, поскольку, как правило, применяется боковая подсветка. Высокая частота кадров также не требуется, поскольку анализируется один, в спорных случаях — несколько снимков.

Скорость съема данных с матрицы также не является критичной, поэтому обмен по CMOS-интерфейсу предпочтителен: упрощается «приемная» часть, а, следовательно, снижается цена конечного изделия. Датчик IBIS4-6600 отвечает всем без исключения требованиям, указанным выше. Более того, дополнительные возможности, например, возможность фрагментирования, тоже могут быть задействованы, поскольку алгоритм распознавания основан именно на работе с фрагментами. Неиспользуемых функций датчика практически не остается.

Заключение

Номенклатура КМОП-датчиков от ON Semiconductor состоит из чуть более 20 изделий, включая варианты исполнения. Однако, реальные функциональные возможности уже существующих изделий ON Semiconductor покрывают не только потребности универсальных датчиков изображения, но и достаточно узкие и специализированные ниши, как например, высокоскоростная съемка, мониторинг движущихся объектов, астрономическая съемка.

Применительно к системам безопасности значительный интерес представляет биометрическая идентификация в системах контроля доступа. В этом плане IBIS4-6600 является оптимальным решением. Семейства VITA и LUPA могут найти применение в сфере обеспечения безопасности промышленных производств как высокотехнологичные элементы систем технического зрения.

Все упоминаемые в статье изделия поставляются только под заказ.

Литература

1. Майоров В.П., Овчинников Л.Ф., Семин М.С. Рассуждения о телевизионных камерах // Компьютерра, №14, 1998. Страница в Интернете: <http://www.videoscan.ru/page/692>.
2. ПЗС-матрица. (Статья в Википедии). Страница в Интернете: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ПЗС-матрица>.
3. Фотокинотехника: Энциклопедия // под редакцией Е. А. Иофиса. — М.: Советская энциклопедия, 1981.
4. VITA 2000 2.3 Megapixel 92 FPS Global Shutter CMOS Image Sensor. Материал компании On Semiconductor. Размещение в Интернете: <http://www.onsemi.ru.com/pub/Collateral/NOIV1SN2000A-D.PDF>.
5. Морзеев Ю. Современные биометрические решения в системах безопасности // Статья на сайте www.r-control.ru. Страница в Интернете: <http://www.r-control.ru/articles/article4>.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: sensors.vesti@compel.ru