



Использование Dynamic Response Pixel технологии для оптимизации Inter-сцена Динамического диапазона

Aptina™ Технология White Paper

Вступление

В реальном мире камеры часто сталкиваются как очень яркие сцены и очень темных сцен. Для того, чтобы захватить эти сцены, датчики изображения, как правило, оптимизированы для одной крайности в цене ухудшения качества работы для других. Задача состоит в том, чтобы разработать датчик изображения для оптимальной работы в любых условиях сцены.

Для датчика изображения внутри этих камер, это выражается в требованиях для большой полной-луночного (FW) мощности, а также повышенной чувствительности. Это верно как для больших пикселей, интенсивно используемых в персональных компьютерах, игровых, автомобильной промышленности, наблюдения и цифровых однообъективных зеркальных (DSLR) камеры и постоянно уменьшающихся размеров пикселей, используемых в приложениях для мобильных телефонов и цифровых фотоаппаратов (PCU). Тем не менее, более высокая чувствительность может ограничить способность FW, максимально достижимое отношение сигнал-шум (SNR), а общий диапазон динамического (DR) датчика.

Пиксели больше, чем 2 мкм, часто имеют свой потенциал FW, определенный заряд фотодиода в удерживающей способности, а не колебании напряжения пикселя, из-за его большей фоточувствительной области. Для того, чтобы увеличить пропускную способность заряда этого пикселя, он является общим для подключения физического конденсатора к узлу плавающей диффузии (FD). Однако, это обычно приводит к увеличению нижнего преобразования (CG). Это, в свою очередь, означает снижение чувствительности и увеличение приведенного к входу шум считывания, тем самым ставя под угрозу низкой освещенности и уменьшение DR датчика, даже если датчик способен измерять большие сигналы.

Многие подходы к увеличению DR акцента на достижение высокого внутри сцену Динамического диапазона. Однако эти методы HDR не улучшают низкую освещенность или уменьшения шума для улучшения низкой освещенности захватывает изображение. Как результат,

другой подход возник для улучшения меж- DR сцены и характеристики датчика за счет добавления в режиме высокой чувствительности к работе датчика. Два режима объединены в один пиксель конструкции - низкий коэффициент усиления преобразования (LCG) для обработки больших мощностей в ярких сцен и режим коэффициента усиления высокой конверсии (HCG) с повышенной чувствительностью и низким уровнем шума для чтения световых сцен с низким зарядом, обеспечивая огромное преимущество для DSLR, наблюдения и ноутбук / ПК-камера, а также системы автомобильной визуализации, где датчики изображения, как ожидается, захват изображений / видео в экстремальных условиях низкой освещенности без потери производительности в высокотемпературных условиях освещения, чтобы сделать это.

Отношения между Conversion Gain и Full-Well Capacity

Чтобы понять преимущество добавления режима HCG, важно, чтобы обсудить компромисс между CG, мерой чувствительности обнаружения заряда в узле FD в пикселе КМОП датчика изображения, и FW в конструкции пикселя.

CG фактически обратный способ выражения емкости узла FD. Емкость может быть вычислена как отношение величины заряда требуется для изменения потенциала узла на один вольт (смотри уравнение 1), где Q является заряд в кулонах, а V потенциал в вольтах. Это означает, что, как емкость узла увеличивается FD, усиление преобразования и, следовательно, чувствительность узла FD уменьшается.

$$C = Q / V,$$

Уравнение 1: Базовая формула для емкости

Как правило, количество качания напряжения допускается в пикселе фиксируется общей конструкции датчика. Этот фиксированный диапазон средств напряжения, которые могут иметь CG явное влияние на FW датчика. Например, в типичной конструкции, источник питания фиксируется на уровне 2,8 В, а аналоговый сигнал цепь имеет фиксированное окно 1 В разрешено колебания напряжения на входе. Например, если 1 В качания допускается на выходе пикселя и источник повторитель (SF) коэффициент усиления 0,8, то допустимый перепад напряжения на FD равна 1 В / 0,8 = 1,25 В. Как показано выше, емкость узла FD будет определять количество заряда, которое может быть обнаружено в пределах рабочего диапазона фиксированного напряжения. Предполагая, качели 1,25 FD напряжения: если датчик имеет CG = 30 мкВ / е, то наибольшее FW мощность достижима будет $1,25 \cdot 10^6 \text{ мкВ} / 30 \text{ мкВ} / \text{е} \sim 42000$ электроны. В качестве альтернативы, если пиксель имеет гораздо более высокий CG равно 150 мВ / е, то емкость FW будет ограничена фиксированным колебание напряжения:

$$1,25 \cdot 10^6 \text{ мкВ} / 150 \text{ мкВ} / \text{е} \sim 8000 \text{ электронов.}$$

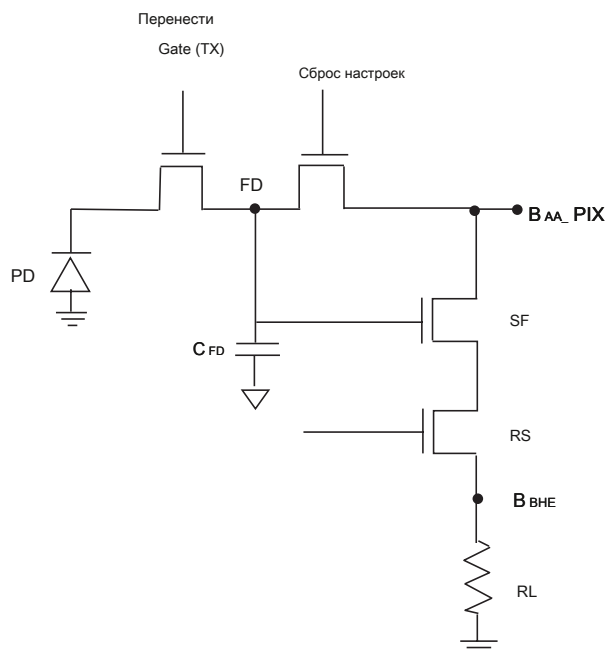


Рисунок 1: Pixel схематическое.

На рисунке 1, блок-схема стандартного датчика изображения пиксельной схемы 4Т КМОП, иллюстрирует роль CG в типичной конструкции пикселя. Определения меток в этой пиксельной схеме заключаются в следующем: PD = фотодиод, TX = транзистор передачи, RST = транзистор сброса, SF = истокового повторителя, RS = селекции строк транзистора, V_{AA_PIX} = аналоговый пиксель напряжения питания, B_{VNE} = пиксельный узел выходного напряжения, FD = плавающая диффузия узел и C_{FD} - емкость на узле FD -

что обусловлено как паразитные (р-п перехода, металлические муфты, ворота перекрытий и т.д.) и, возможно, также добавление физического конденсатора (поли-диэлектрик-поли [PIP], металл-диэлектрик-металл [MOC], металл-оксид полупроводник [МОП] и т.д.). Емкость соединена параллельно с узлом FD, поэтому добавление большего количества средств емкости более заряд может быть проведены, но за счет снижения чувствительности.

Важность как преобразования усиления и полнодуплексном Well

Более высокая CG означает более высокую чувствительность, так как один сигнал электрон может быть более легко обнаружен. Пример кривой сигнала, в единицах мВ в узле FD, по сравнению с воздействием света в единицах лк * с, показан на рисунке 2. Чувствительность, которая является мерой чувствительности датчика изображения, определяется как наклон изменения сигнала от изменения экспозиции.

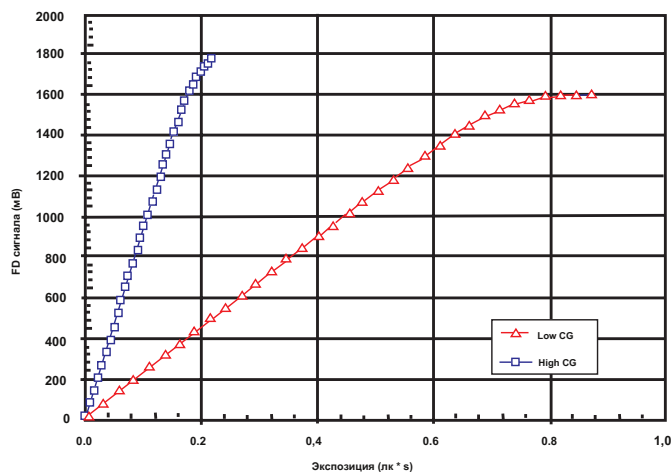


Рисунок 2: FD сигнал в мВ в зависимости от освещенности в лк * с для двух датчиков с низким и высоким CG, соответственно.

В этом примере датчик высокого CG имеет CG = 127 мкВ / е и полное $a = 10,500$ электроны. Датчик низкого CG имеет 30,8 мкВ / е и полное $a = 42,000$ электроны. В обоих случаях, общее изменение максимум напряжения на FD почти равна, приблизительно 1,3 В, используя только линейный сегмент кривой отклика сигнала. Датчик показывает высокий CG очень четкое преимущество; чувствительность Однако компромисс отчетливо виден в гораздо ниже полном хорошо качестве концов линейного диапазона датчика по при значительно более низкой экспозиции. Высшее CG также означает, что датчик будет реализовать снижение шума считывания, когда система шума направляется обратно в FD. Важно, чтобы передать базовый уровень шума системы формирования изображения обратно на вход сигнала, для того, чтобы

сравнить количество шума считывания на сумму сигнала, который измеряется.

Например, если аналоговая цепь сигнала датчика изображения имеет 100 мВ шума на входе, то эта величина шума может быть передана обратно в FD, используя коэффициент усиления SF. Так, например, 100 мВ шума на выходе пикселя, деленной на коэффициент усиления 0,8 SF, становится 125 мВ шума, если речь идет к FD. Теперь, при делении на CG, чтобы преобразовать к шуму в единицах электронов, это показывает, что выше, CG приведет к уменьшению числа электронов шума на FD. В приведенном выше примере, в случае пикселя с низким уровнем CG 125 мВ / 30 мВ / e = 4,2 электроны шума, тогда как 125 мВ / 150 мВ / e = 0,8 электроны шума было очевидно в случае высокого CG. Выше, CG производит не только больший сигнал напряжения для заданного количества сигнальных электронов, это также делает шум системы кажется меньше по сравнению с измеренным сигналом. Конечно, существует баланс между CG датчиком, и FW.

Как CG и FW Емкость Касаются DR и SNR

Два из наиболее важных параметров датчиков изображения являются отношение сигнал-шум (SNR), и динамический диапазон (DR). SNR является очень широким способом, чтобы определить качество изображения датчика. Для данной сцены формирования изображения и экспозиции, более высокое значение SNR, приведет к более высокому качеству изображения. SNR максимум (см Уравнение 2) представляет собой логарифмическое отношение сигнальных электронов при воздействии насыщения датчика ($N_{\text{максимум}}$) либо в общей сложности или временный шум в единицах электронов. Результат выражается в единицах дБ.

$$SNR_{\text{max}} = 20 \cdot \text{журнал}_{10} (N_{\text{максимум}} / n)$$

Уравнение 2: Формула для отношения сигнал-шум (SNR),

В качестве альтернативы, ДР является мерой отношения максимальных и минимальных возможных сигналов, которые можно измерить с помощью датчика (смотрите уравнение 3).

$$DR = 20 \cdot \text{журнал}_{10} (N_{\text{максимум}} / N_{\text{шум}})$$

Уравнение 3: Формула для диапазона динамического (DR),

Шум считывания является самым низким измеримым сигналом, и определяется уровнем базового шума датчика всей цепи сигнала / системы. Результат ДР также выражается в единицах дБ. Большой полный также увеличивает максимально достижимое SNR за счет увеличения $N_{\text{максимум}}$. Это также увеличивает общую DR датчика в

так же. Тем не менее, за счет увеличения CG количество полно- достижимо также будет ограничено.

Расширение динамического диапазона и низкой освещенности

Хотя разрешение изображения увеличивается в современных системах камеры, ДР пикселей продолжает уменьшаться как пиксельные размеры усадку, ограничивая тем самым способность производить натуральные фотографии с обеих светах и тенях сохраняются. В результате, различные схемы пикселя были предложены для достижения высокого диапазона динамического (HDR), в том числе логарифмических пикселей, боковое переполнения, рамка мульти-экспозицию (ME) и внутрикадровой мультиэкспозиция (IFME), среди других. Эти методы достижения HDR направлены на достижение высокой внутри сцену DR, что означает, что темные и светлые участки в пределах одной сцены может быть надлежащим образом подвергается. Это обычно достигается либо за счет комбинирования несколько раз воздействия или кадр захватывает в одно изображение с использованием подхода с участием многих кадров (например, отклик сигнала, показанный на рисунке 3) [1,2].

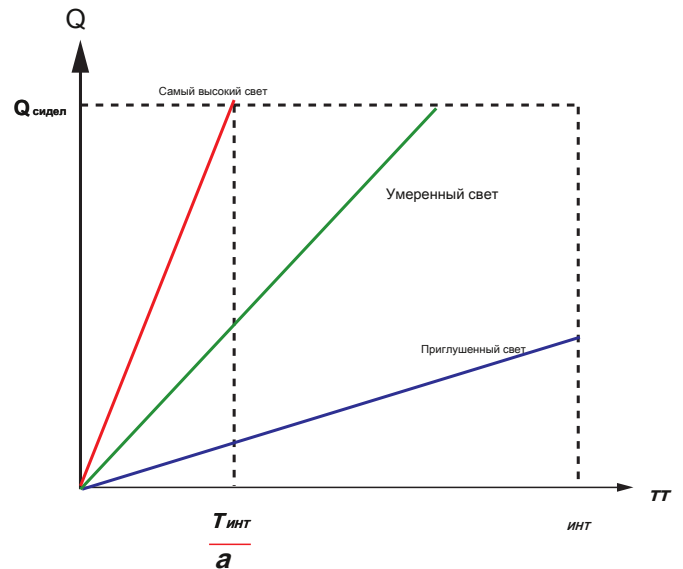


Рисунок 3: Участок отклика сигнала от высокого, среднего и низкого света частями сцены. ME подходы объединить два или более ответов сигнала в различные моменты времени экспозиции в одно изображение.

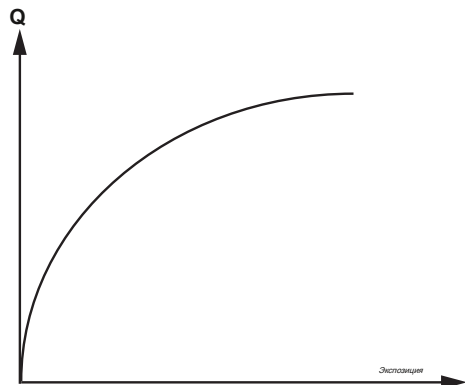


Рисунок 4: Нелинейный отклик сигнала кривой экспозиции по сравнению для примера логарифмического датчика изображения.

Эти методы, как правило, могут достигать очень высокие ДР >100 дБ в пределах одного изображения, что очень полезно во многих приложениях, такие как камера наблюдения должным образом подвергая лицо преступника, в то время солнечного света или ярком свет является доминирующей остальной частью сцены или систем автомобильной распознавании знака, который должен прочитать знак или дорожные детали в лицо фары или солнечного света.

Высокая внутри сцены DR имеет некоторые недостатки. Нелинейные пиксели могут иметь плохую цветопередачу и низко- чувствительности к свету, а также выше фиксированного шум (шаблон FPN). методы ME не только требует дополнительной памяти и после обработки, но они могут уменьшить SNR вблизи точек перехода экспозиции и артефактов движения, вызванных воздействием захваченных во временной последовательности, таким образом, требует дополнительной компенсации движения и очень высокую частоту кадров, чтобы быть полезным в видеоприложений.

Но, самое главное, что эти методы HDR не делают это улучшение низкой освещенности или уменьшение шума для улучшения низкой освещенности захватывает изображение. Такие приложения, как высокого класса DSLR и беззеркальных цифровых зеркальных камер требуют большого FW, для достижения чувствительности по низким условия ISO-скорости и очень низкий уровень шума для высоких значениях ISO-скорости, используемых в условиях низкой освещенности.

Dynamic Pixel Technology Response

В результате, другой подход, а не конкурент технологии HDR, возник. Этот метод, ориентированный на между сценой DR, добавляет отдельный режим высокой чувствительности к пикселю, который уже имеет большой заряд обработки мощности. Этот подход, называемый динамический пиксель технология реакция **Aptina**, или **Aptina™ DR-Pix™** Технология, влечет за собой контролируемое включение и выключение конденсатора, подключенного к FD узла пикселя (рисунок 5). Для выполнения этого переключения, один транзистора, называемый коэффициент усиления двойного преобразования переключателя (DCG), добавляют к

пиксели.

При визуализации в условиях высокой освещенности, переключатель DCG включен, подключив физический конденсатор к узлу FD. Таким образом, большая емкость узла FD используется для включения режима LCG, который может обрабатывать большое количество сигнала заряда.

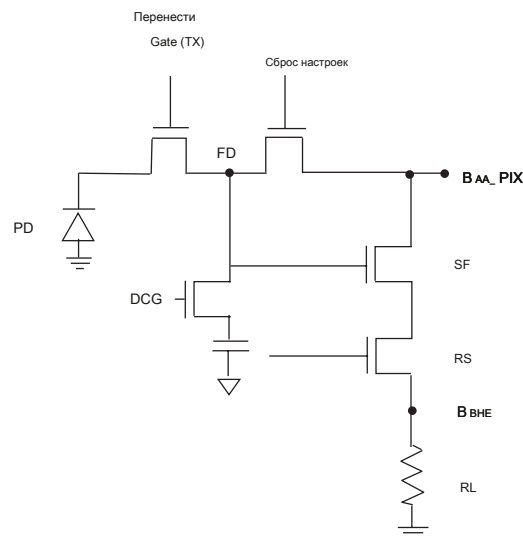


Рисунок 5: Принципиальная схема технологии Aptina в DR-Pix.

В условиях низкой освещенности, сигнал DCG выключен, отсоединяя колпачок от FD, и включение режима HCG, который может быть использован в качестве дополнительного аналогового усиления, внутри пикселя. В этом случае емкость FD только из-за паразитную емкость диффузионной дырочного перехода и металлической муфты ФД, который значительно меньше, чем из-за физическую структуру колпачка. Гораздо более низкие результаты FD емкости в гораздо более высоким коэффициентом усиления преобразования, высокой чувствительностью, а также снижение шума чтения, за счет более низкой максимальной обработки мощности заряда. Эта схема требует дополнительного транзистора и конденсатора в компоновке пикселей, которая может съесть до недвижимости, которые могли бы быть использованы для увеличения размера фотодиода. Он также добавляет металлическую линию маршрутизации для сигнала управления DCG, что уменьшает размер аретатуры выше фотодиода. Эти недостатки создают дополнительные проблемы, как и пиксели сжиматься за микрона марки суб-2. Кроме того, эта схема является наиболее полезным, когда фотодиод (PD) размер достаточно большой, чтобы быть определяющим фактором для емкости FW. Когда количество заряда проводится в БП настолько велика, что она не может быть измерена в пределах допустимого размаха напряжения пикселя, то дополнительно

Емкость должна быть добавлена к FD, чтобы измерить все заряды PD в. В этом случае функция DCG может быть добавлена к конструкции пикселя, чтобы добавить режим HCG для улучшения низкой освещенности.

Эта схема позволяет очень высокие ДР между сценой, обеспечивая высокую чувствительность и низкий уровень шума для чтения темных сцен, а также пропускная способность для хорошо освещенных сцен большого заряда - все внутри одной конструкции пикселя. При таком подходе, ДР одной сцены не увеличиваются, но диапазон освещенности, по которому может быть использован датчик распространяются на низком свет конце путем добавлением режима HCG. Для цифровых зеркальных приложений, это означает съемку высокого ISO без необходимости неестественного вида вспышки. Для наблюдения и PC- камеры приложений, которые должны захватить видео часто в затемненных условиях, это тоже огромное преимущество. Следующие изображения взяты из MT9H004 датчика Aptina, который является APS-C размер датчика, который использует технологию Aptina DR-Pix для высокого класса DSLR и беззеркальных камер приложений. Датчик имеет максимальное SNR около 47 дБ, и между сценой ДР равно 82,9 дБ из-за низкое чтение шума режиме HCG. Для сравнения, без режима HCG работы, ДР датчика будет ограничена до 69 дБ внутри сцены DR в режиме LCG.

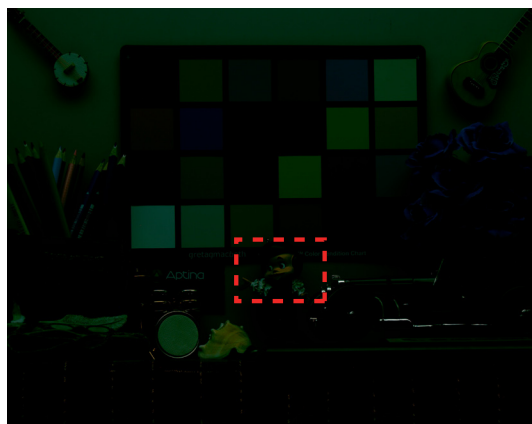


Рисунок 6: Датчик Aptina MT9H004 с технологией Aptina DR-Pix, 144 люкс дневного освещения, экспозиции 125 мс, в режиме LCG.

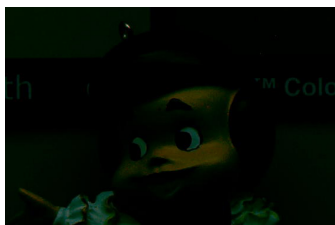


Рисунок 7: Увеличенный в части низкого усиления преобразования изображения, полученного в условиях низкой освещенности, что приводит к недостаточной экспозиции.



Рисунок 8: Датчик MT9H004 Aptina с технологией Aptina DR-Pix с режимом HCG включен, что приводит к более высокой чувствительности и низкий уровень шума. Посещение в 144 лк дневном освещении и 125 мс экспозиции.

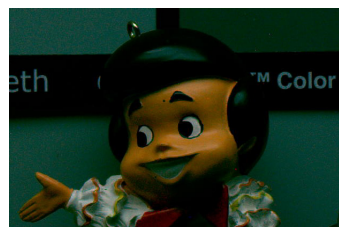


Рисунок 9: Увеличенный в части HCG изображения, полученном при низком свете, показывая повышенную чувствительность и низкий уровень шума.

По сравнению с недоэкспонированными изображениями видны на фигурах 6 и 7, улучшенная чувствительность и низкий уровень шума в режиме HCG при слабом освещении видна на фигурах 8 и 9.



Рисунок 10: Передержанное сцены с помощью HCG в 2430 люкс дневного освещения сцены с 125 мс времени экспозиции.

В ярких сценах, требуется большая емкость пиксела. Рисунки 10 и 11 дисплея эффект передержки сцены, вызванной низкой мощностью обработки заряда в режиме HCG, что приводит к промытым деталям в изображении.

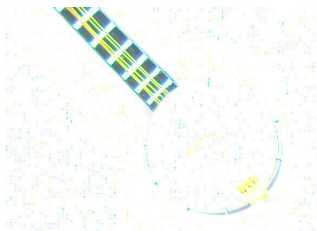


Рисунок 11: Увеличенный в части передержки изображения, вызванный HCG в ярко освещенной сцене.

Рисунки 12 и 13 показывают преимущество должным образом подвергая эту сцену с технологией режимом LCG Aptina DR-Pix включены.



Рисунок 12: Правильно выдержан яркий свет сцены, 2430 лк дневной освещительный, 125 мс, обеспечиваемый в режиме LCG из MT9H004 датчика Aptina с технологией Aptina DR-Pix.

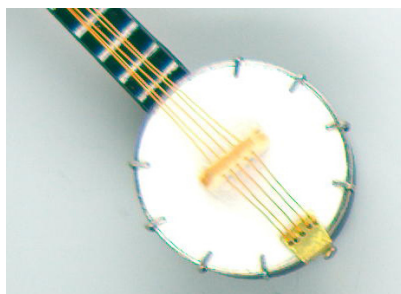


Рисунок 13: Увеличенный в части надлежащим образом открытой ярко освещенной сцены, которая сохраняет детали в ярких областях благодаря большой мощности обработки сигнала.

Чтобы проиллюстрировать выгоды для применения камеры, измеренных параметров датчика (квантовой эффективности, полные хорошо, шум считывания, и усиление преобразования) используется для расчета SNR. Осветительный спектр, используемый для расчетов является 5100K черным источником тела.

Участок 14 показан зеленый канал SNR, в единицах

в дБ, в зависимости от экспозиции. По сравнению с традиционным датчиком изображения CMOS (только с низким уровнем CG), эта архитектура показывает до 5 увеличения дБ SNR при слабом освещении, когда высокая светочувствительности скорость будет использоваться, позволяя повышенную чувствительность и редуцированное чтение шум режима HCG. На самом деле, польза от режима HCG может начать наблюдаться даже при умеренных уровнях освещенности. Более высокая SNR может быть получена в условиях низкой освещенности, в то время как SNR, равную традиционного датчик, сохраняются при высоких освещенности.

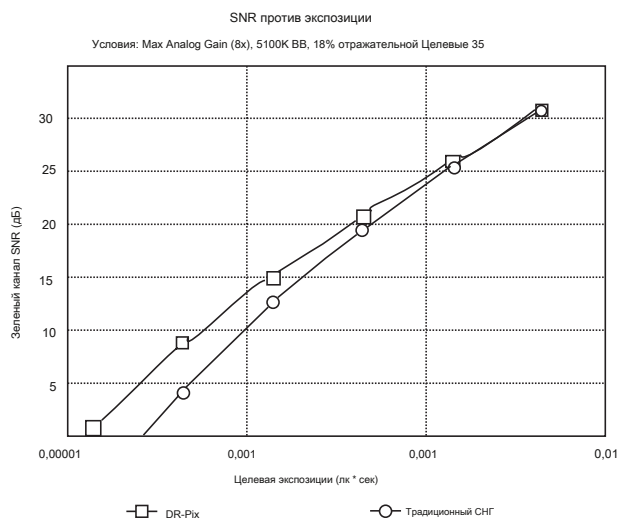


Рисунок 14: Aptina DR-Pix технологии Результаты захода на посадку в гораздо более высоким SNR при слабом освещении, по сравнению с традиционным пикселе только с LCG.

Для того, чтобы связать это в реальном мире работы камеры, Рисунки 15 и 16 показаны изображения, полученные от Aptina в 16 Мп DSLR (MT9H004) датчик с технологией Aptina DR-Pix на ISO скоростях 100 и 12800.



Рисунок 15: ISO 100 изображение, захваченное датчиком 16 Мп DSLR Aptina в

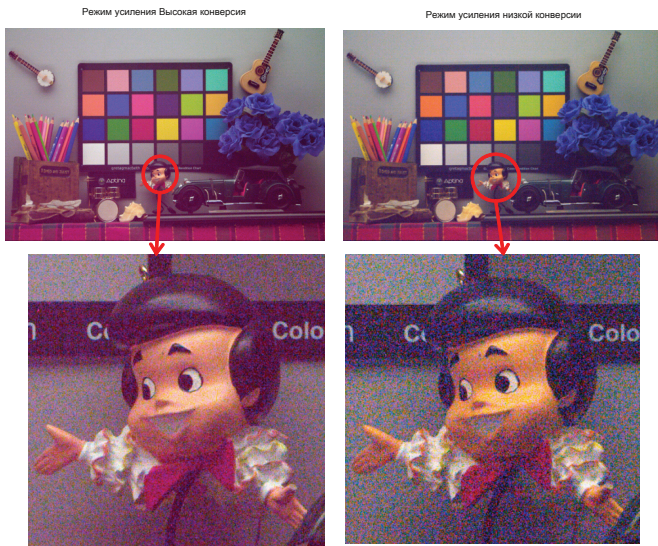


Рисунок 16: ISO 12800 изображения, захваченное датчиком 16 Мп DSLR Aptina, показывающее 5 дБ увеличения в SNR в режиме HCG

Вывод

Для многих приложений, включая камеры наблюдения, автомобильные системы распознавания знака, или цифровые зеркальные камеры, необходимо захватить очень яркие сцены и очень темные сцены, это реальность. Для того, чтобы захватить эти сцены, датчики изображения, как правило, оптимизированы для одной крайности в цене ухудшения качества работы для других. В действительности, эти приложения визуализации требуют больших мощностей FW, а также повышенной чувствительности. Тем не менее, более высокая чувствительность может ограничить полный потенциал, а максимально достижимый SNR, а общий датчик DR.

Несколько подходов были введены для реализации внутри сцены HDR, но они не делают ничего, чтобы улучшить низко- светочувствительность или уменьшить шум. Другой подход, предложенный Aptina цели между сценами DR. Вызывается технологии Aptina DR-Пикс, методика сочетает в себе два режима работы в одной конструкции пикселя - низкая CG для обработки больших мощностей в ярких сцен и режим высокой CG с повышенной чувствительностью и низким зарядом чтения шума для низкой освещенности сцены, обеспечивая огромную пользу для беззеркальных и высокого класса DSLR, наблюдения и ноутбуков / камер ПК, а также автомобильных систем визуализации, где изображений / видео должно быть захвачено в экстремальных условиях низкой освещенности без потери производительности в высокой освещенности.

Ссылки

1. M. Mase, C. Kawahito, M. Sasaki, C. Wakamori, «Широкий динамический диапазон CMOS-датчик изображения с мультиэкспозицией-сигнал по времени выходов и 12-битный Column-Parallel Циклического A / D преобразователей,» IEEE J. из твердотельных схем, Vol. 40, НЕТ. 12, стр 2787-2795, декабрь 2005.
2. М. Сасаки, М. Маса, С. Кавато, С. Вакамори, «А Датчик Широкий динамический диапазон изображения CMOS с множественным кратко-выдержкам времени,» Proc. Датчики, IEEE Vienna, Oct2004, стр. 967-972.
3. С. Kavadis, Б. Дирикс, Д. Шеффер, А. Alaets, Д. Uwaerts и Дж Bogaerts, «Датчик логарифмической характеристики изображения CMOS с on-Chip калибровкой,» IEEE J. твердотельных схемы, т. 32, февраль 1997, стр. 1146-1152.
4. М. Сыпучий, К. Майер, Дж Schemmel, «А самокалибрующегося Single Chip CMOS камера с логарифмическим Response,» IEEE J. твердотельных схемами, т. 36, апрель 2003, стр. 586-596.

О Aptina

Aptina является глобальным поставщиком решений для отображения CMOS с растущим портфелем продуктов, которые можно найти во всех ведущих мобильных телефонов и ноутбуков компьютерных брендов, а также широкий спектр продуктов для цифровых и видеокамер, наблюдения, медицинских, автомобильных и промышленных приложений, видеоконференцсвязь, сканеры штрих-кодов, игрушек и игр. Aptina позволяет визуализацию Everywhere™ и постоянно продвигает инновации на рынке, как виден с введением первого датчика изображений 14MP CMOS для точки и стрелять и гибридные камеры (MT9F001), а также первый в отрасли 5MP SOC с ¼" форматом (MT9P111), Конфиденциально удерживаемые инвесторы Aptina включают Ривервуд Capital, TPG Capital и Micron Technology. Для получения дополнительной информации о **Aptina и новостях на технологии веб-трансляции визита www.aplina.com**, Подпишитесь на последние новости от Aptina путем копирования **[Aptina RSS подача](#)** в ваш любимый RSS читателя.

© 2010 Aptina Imaging Corporation. Все права защищены. Информация может быть изменена без предварительного уведомления. Aptina, логотип Aptina, A-Pix, DR-Pix, и обработка изображений Везде, являются торговыми марками компании Aptina Imaging Corporation.