

# ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ С КМОП ДАТЧИКОВ, НА ОСНОВЕ FPGA СТРУКТУР

Илья ЧИМПОЕШ, Диана ЛАЗЭР, докторанд Сергей ГРИЦКОВ  
Технический Университет Молдовы

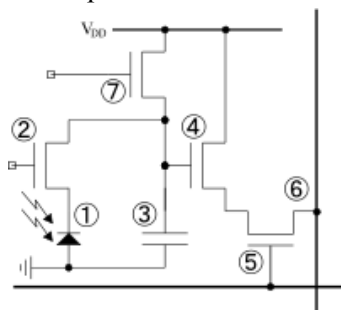
**Аннотация:** В данной работе представлено устройство, выполняющее обработку изображений, получаемых с КМОП датчика. Устройство состоит из КМОП датчика, FPGA, SDRAM памяти и LCD. Изображение с датчика записывается в SDRAM память и выводится на LCD.

**Ключевые слова:** КМОП датчик, FPGA, SDRAM, фильтр Байера, аддитивный метод, интерполяция.

## 1. Форматы изображений с КМОП датчика

КМОП сенсор представляет собой матрицу, состоящую из набора фотоприемников — пикселей, способных преобразовывать световую энергию в заряд, который впоследствии передается, и с его помощью формируется конечное изображение, полученное сенсором.

В КМОП матрицах используются полевые транзисторы с изолированным затвором с каналами разной проводимости.



На рис. 1 указаны следующие элементы: 1 — светочувствительный элемент (фотодиод); 2 — затвор; 3 — конденсатор, сохраняющий заряд с диода; 4 — усилитель; 5 — шина выбора строки; 6 — вертикальная шина, передающая сигнал процессору; 7 — сигнал сброса [1].

Данные с КМОП датчика могут поступать в различных форматах: 5-6-5 RGB, YUV, Raw.

5-6-5 RGB – информация о цвете пикселя содержится в 16 битах (по 5 бит на красный и синий и 6 бит на зеленый);

**Рис. 1** Эквивалентная схема ячейки КМОП матрицы

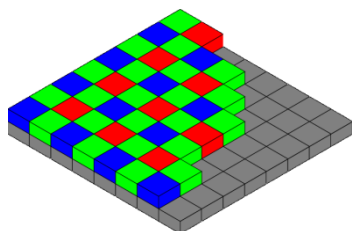
YCbCr - цветовое пространство, которое используется для передачи цветных изображений в компонентном видео и цифровой фотографии. Y- компонента яркости, Cb и Cr являются синей и красной цветоразностными компонентами.

RAW (англ. raw — сырой, необработанный) – содержит оцифрованные данные, полученные с матрицы с минимальной обработкой;

Преимуществом датчиков с КМОП структурой в отличие от ПЗС структуры заключается в том, что в данные датчики комплектуются процессорным модулем, который выполняет необходимые преобразования и позволяет выдавать изображение в одном из требуемых форматов [2].

## 2. Матрица Байера

Матрица является устройством, воспринимающим спроецированное на него изображение. Поскольку полупроводниковые фотоприёмники примерно одинаково чувствительны ко всем цветам



видимого спектра, для восприятия цветного изображения каждый фотоприемник накрывается светофильтром одного из первичных цветов: красного, зелёного, синего (цветовая модель RGB). Таким образом, каждый фотоприемник воспринимает лишь 1/3 цветовой информации участка изображения, а 2/3 отсекается фильтром [3]. Матрица Байера представляет собой двумерный массив цветных фильтров, состоящий из 25 % красных элементов, 25 % синих и 50 % зелёных элементов.

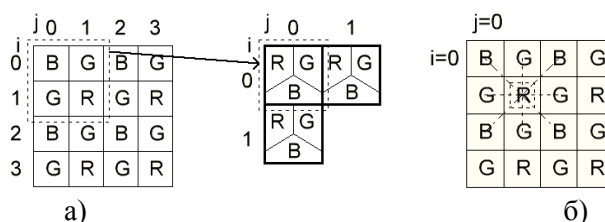
**Рис. 2** Матрица Байера.

В классической матрице Байера применяются светофильтры трёх основных цветов в порядке, указанном на рис. 2. При этом фотодиодов зелёного цвета в каждой ячейке в два раза больше, чем фотодиодов других цветов, в результате разрешающая способность такой структуры максимальна в зелёной области спектра, что соответствует особенностям человеческого зрения.

Согласно трёхцветной теории зрения цветное изображение можно получить путем сложения трех основных цветов: красного, зелёного и синего.

Для получения полноцветного изображения (24-х битное изображение) из массива сходных данных используются два метода: аддитивный метод и интерполяция.

Аддитивный метод: пиксель цветного изображения вычисляется путем сложения четырех пикселей датчика, но при этом разрешение изображения падает в 4 раза.



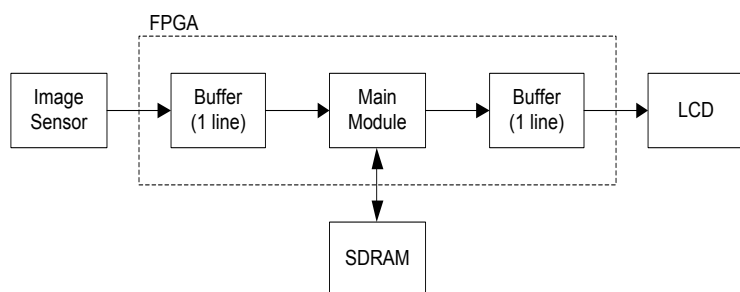
**Рис. 3** Восстановление изображения аддитивным методом (а) и интерполяцией (б)

Интерполяция: для получения цветных компонент используются значения из соседних ячеек. Недостающие компоненты цвета рассчитываются на основании данных из соседних ячеек. Таким образом, в формировании конечного значения цветного пикселя участвует 9 или более фотодиодов матрицы.

### 3. Система обработки изображений на основе FPGA

На основе FPGA структуры было разработано устройство обработки изображений, получаемых с КМОП датчиков. Устройство считывает данные (изображение) с КМОП сенсора, записывает в SDRAM и выводит на LCD.

Один бит SDRAM-памяти представляет собой структуру из конденсатора и транзистора. Конденсатор выполняет функцию хранителя заряда, а транзистор выполняет функцию электронного ключа. Такая структура позволяет хранить большое количество данных в малом объеме. Однако конденсаторы малой емкости, конструктивно образующие ячейки SDRAM, очень быстро теряют заряд, needing в регулярной перезарядке. В процессе такой перезарядки доступ к ячейкам памяти невозможен. В связи с этим, данные с КМОП сенсора построчно считываются в буфер и во время «темной зоны» записываются из буфера в SDRAM. Аналогично выполняется вывод изображения на



LCD: данные с SDRAM записываются в буфер, из буфера выводятся на LCD, во время «темной зоны» LCD данные с SDRAM записываются в буфер (рис. 4). FPGA структура обладает большими преимуществами над микроконтроллерами за счет возможности распараллеливания расчетов и более высоких рабочих частот выше 50 МГц.

**Рис. 4** Структурная схема

устройства обработки изображения.

### Заключение

Разработано устройство, выполняющее обработку изображений, получаемых с КМОП датчика. Устройство выполнено на основе FPGA структуры, что позволяет реализовывать и сравнивать различные методы обработки, сжатия и преобразования изображений, что может быть применено в образовательной программе по изучению методов обработки изображений на основе логических устройств.

### Библиография

1. Овчинников А.М., Ильин А.А., Овчинников М.Ю. *Принцип работы и устройство активно-пиксельных датчиков*. Москва, 2003.
2. В.Шурыгина. *КМОП и ПЗС датчики изображения*. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2009.
3. Bryce E. Bayer. *Color imaging array*. 1976.