

УДК 004.383.3

АРХИТЕКТУРА БЛОКА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ(ISP) НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРА M1

Протасов А.П. Стаселько И.Д. Позняков Т.Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Волорова Н.А - Доцент, кандидат технических наук, зав.кафедрой,

Сиротко С.И. - Доцент, кандидат технических наук

Аннотация: Экспериментально исследована архитектура и программное устройство графического процессора(ISP) в процессоре Apple M1 с помощью языка C и внешнего устройства обработки изображений.

Датчики изображения используются во многих типах устройств сбора изображений, таких как цифровые фотоаппараты, видеокамеры и камеры видеонаблюдения. В последнее время область их применения расширилась и теперь включает интеллектуальные устройства, а полученные изображения предназначены не только для хранения, но и для взаимодействия между человеком и компьютером. Для удовлетворения многих целей датчиков изображения роль улучшения изображения как никогда важна.

ISP (Image Signal Processor) - процессор сигналов изображения является одним из неоптических устройств, которые повышают качество захваченных необработанных изображений. Данный процессор использует несколько алгоритмов обработки изображений, включая шумоподавление и баланс белого, а также другие алгоритмы улучшения изображения. Специальная аппаратная реализация обеспечивает высокое качество изображения и производительность обработки за счет масштабируемости и гибкости.

Функции ISP могут быть реализованы и на выделенном оборудовании, процессоре общего назначения или процессоре параллельных вычислений. Реализация ISP на процессоре общего назначения может быть подходящей не только для высокого качества изображения сложных алгоритмов, но также для масштабируемости и гибкости звука. Однако, стоимость реализации последнего высока из-за большого объема вычислений, и необходима высокопроизводительная платформа, такая как настольный ПК.

ISP (Image Signal Processor) - это небольшой встроенный в чип M1 процессор для обработки изображений, полученных из камеры устройства.

Процессор состоит из своего локального ЦП, который может запускать локальные алгоритмы обработки изображений, такие как АвтоФокус. Так же в ISP присутствуют встроенные модули для выполнения профессиональных процессов для изображений, интерфейсы передачи изображений. Для обработки изображений различного качества и цвета, в ISP используются различные алгоритмы и принципы, такие как GWA. GWA (предположение серого мира) - Предположение, что цвет в каждом канале датчика в среднем равен серому по всему изображению (полю зрения). Оно является одним из наиболее распространенных предположений, сделанных при попытке оценить спектральное распределение источника света. Обычно каждый канал датчика усредняется независимо. BF - двусторонний фильтр, AC - автоматический контраст, а LTI - переходное улучшение яркости.

Цветные изображения, которые поступают через датчик изображения, могут показывать цвета, отличные от тех, которые видны невооруженным глазом. Чтобы исправить это, используют процесс баланса белого (WB). Алгоритм WB GWA предполагает, что средний цвет изображения - серый. Аналогично, алгоритм Retinex (WR) с белыми пятнами предполагает, что пиксель максимальной интенсивности является белым. Поскольку эти предположения могут быть статистически неверными, итеративный баланс белого (IWB) итеративно уточняет белые пиксели, в то время как голосование по освещению проверяет условия освещения.

$$C_{WB}(x, y) = C(x, y) \left(\sum_x \sum_y R + \sum_x \sum_y G + \sum_x \sum_y B \right) / 3 \sum_x \sum_y C$$

Рисунок 1 – Алгоритмы GWA для ISP в M1

Где C представляет собой один из R, G и B, а CWB представляет значение цвета после балансировки белого. После процесса GWA, Demosaicing - это алгоритм для создания полных каналов RGB, который достигается за счет интерполяции цветных пикселей, которые отсутствуют в изображениях, снятых датчиком. Существует множество алгоритмов, включая эвристические методы, подходы в частотной области, подходы к реконструкции. На рисунке 2 показан поток Adaptive Homogeneity-Directed Demosaicing, Используемый в ISP чипа M1:

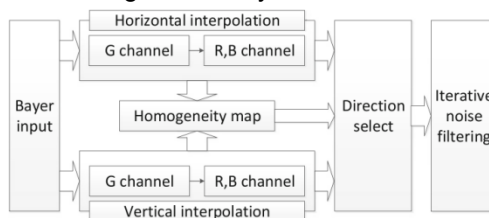


Рисунок 2 – поток Adaptive Homogeneity-Directed Demosaicing

После demosaicing блок цветокоррекции находит особенности цвета и исправляет цветные артефакты. Уравнение цветокоррекции может быть вычислено в сочетании с последующим преобразованием цветового пространства. Поскольку уравнение цветокоррекции может быть объединено с уравнением преобразования цветового пространства, промежуточный процесс для сохранения значений результата цветокоррекции может быть удален, тем самым сокращая цикл доступа к памяти.

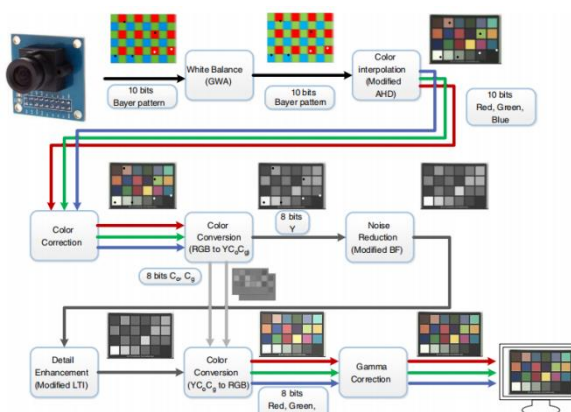


Рисунок 3 – предположительная цепочка ISP

Чтобы проверить производительность предложенной полной цепочки ISP, качество полученных изображений должно сначала пройти коммерчески доступный тест качества изображения.

Эксперименты проводились с использованием датчика изображения CMOS со спецификацией, показанной на рисунке 4. На рисунках 6 и 8 показаны части тестовых шаблонов.

Specification	
Active array size	2592 × 1944
Output formats	10-bit RGB raw
Lens size	1/4 in.
Input clock frequency	6 to 27 MHz
Max S/N ratio	36 dB

Рисунок 4 – тестовые шаблоны

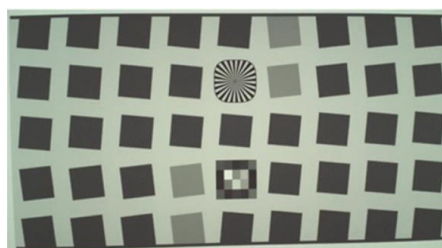


Рисунок 5 – результат, полученный на ISP процессора M1

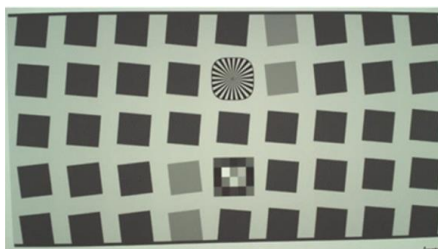


Рисунок 6 – тестовый шаблон качества изображения на доступном датчике изображений на базе CMOS

В данной научной работе было проведено исследование Image Signal Processor в процессоре Apple M1 на примере доступного датчика изображения на базе CMOS. В ходе тестирований данного датчика изображений с использованием языка C и предполагаемыми алгоритмами достигнут результат того, что тесты соответствуют стандартам обработчика изображений на процессоре M1. Целью дальнейших исследований будет являться полная отладка ISP на аппаратном уровне, дальнейшее тестирование процессора в других условиях и с другим программным и аппаратным обеспечением для выявления возможных ошибок и уязвимостей, а так же для предположения оптимизации и энергоэффективности ISP.

Список литературы

1. Mayhand Handley, *M1 Explainer*. – 2021. – № 1. – С. 8–27.
2. Patrick Hansen, Alexey Vilkin, Yury Khrustalev, James Imber, Dumidu Talagala, David Hanwell -- The Role of Image Signal Processing in Efficient Deep Learning Vision Systems. – 2020. – № 1. – С. 2–12.
3. Maxime Pelcat -- Models of Architecture for DSP Systems. – 2020. – № 1. – С. 5–10.

UDC 004.383.3

IMAGE SIGNAL PROCESSOR ARCHITECTURE OF APPLE M1 PROCESSOR

Protasov A.P., Staselko I.D., Poznyakov T.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus (style T-institution)

Volorova N.A. - Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department

Sirotko S.I. - Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

Annotation. We validated the approach by comparing training results from simulated raw images against raw images captured in-lab. We found that processing images with an ISP improves accuracy by an average of 7.0% for a broad set of MobileNet CNNs. Our results indicate that the ISP has a more significant impact, and our results on the larger ResNet-50 and are consistent with this trend.

Keywords. microprocessor technology, microcontroller, electrostatic discharge