

Г. Валентинова

### Цифровая фотография

#### начинает завоевывать мир

*Представьте себе возвращающуюся после отпуска семью, полную впечатлений, запечатленных на множестве фотоснимков, хранимых на небольшой плате памяти. Плату помещают в считывающее устройство, и изображение воспроизводится на экране подключенного к сети Internet телевизора. С помощью небольшого числа команд меню члены семьи редактируют снимки наподобие того, как это сейчас делают в фотолабораториях или фотомастерских. Например, удаляют изображение высоковольтных линий, устраняют размытость изображения и даже вводят в групповой фотоснимок изображение дяди Вани, который не смог участвовать в путешествии. Затем данные архивируются на сервере или распечатываются на домашнем принтере с качеством, близким к фотоснимкам (с более высоким качеством вам распечатает их местный центр обслуживания). Пока между таким фантастическим сценарием и реальным состоянием технологий — дистанция огромного размера. Но бытовая электроника движется к этой цели весьма интенсивно. Разрабатываются разнообразные аппаратные и программные средства, что резко увеличивает спрос на запоминающие и периферийные устройства. Их изготовители расширяют фронт работ, радостно восклицая “Cheese”!*

Технология цифровой фотографии, позволяющая хранить преобразованные в цифровую форму фотоснимки в памяти компьютера, распечатывать их на принтере и пересылать по различным информационным сетям, в том числе Internet, долгое время в Японии считалась курьезом, не представляющим практического интереса. Аппаратные и программные средства цифровых фотокамер были дорогими (около 1 тыс. долл.), а получаемые результаты не выдерживали никакой критики. К тому же, чтобы воспользоваться огромными возможностями не реализованного пока потенциала рынка электронной фотографии, необходимо располагать средствами подключения цифровых фотокамер к персональным компьютерам. По оценкам экспертов фирмы Kodak, лишь 50% фотолюбителей располагают персональными компьютерами и 31% — модемами. В результате до последнего времени только 4% пользователей ПК проявляли интерес к электронной фотографии. Однако по мере совершенствования и снижения стоимости цифровых камер новая технология начинает завоевывать более прочное положение на рынке бытовой аппаратуры. Во всяком случае зарубежные эксперты считают, что в следующие пять лет продажи этих изделий начнут расти.

Такой прогноз подтверждается данными промышленных аналитиков фирмы Imaging Management &

Communications, согласно которым уже в 1995 году американские потребители приобрели 250 тыс., а в 1996-м — 600—700 тыс. цифровых фотокамер. В 1997 году, по-видимому, будет продано более 1 млн. аппаратов. Предвидя увеличение спроса на рынке, изготовители уже предлагают более 20 новых типов цифровых фотокамер, рассчитанных на широкого потребителя, а не на профессионалов.

Поставляемые на рынок цифровые фотокамеры по цене можно разделить на три категории: стоимостью до 500 долл., 500 долл. и около 1 тыс. долл. В ближайшем будущем цены, по-видимому, не изменятся, но характеристики камер, в первую очередь их разрешение, улучшатся.

Блок-схема цифровой фотокамеры проста (рис.), но все ее устройства необычны для фотолюбителя. Во-первых, в большинстве “бытовых” цифровых камер для фокусировки снимаемой сцены на поверхность схемы формирования сигнала изображения используется объектив с фиксированным фокусным расстоянием. Это ока-

залось возможным благодаря тому, что толщина схемы формирователя мала, вследствие чего фокусное расстояние объектива также мало — обычно 5 мм. Поскольку глубина резкости при таком фокусном расстоянии велика, не требуется специальных устройств фокусировки объектива. В результате объем фотокамеры намного меньше обычных — 16,4 см<sup>3</sup>. Нет необходимости в применении затвора или регулируемой апертуры, поскольку яркость излучения, падающего на схему преобразователя, может изменяться в широком диапазоне.

Для объединения новейших цифровых камер с ПК необходимо располагать вычислительными и развитыми логическими средствами, выполняющими такие функции, как фиксирование изображения, его обработка, улучшение качества и сжатия с целью формирования файла ПК. Таким образом, современная цифровая фотокамера должна быть оснащена ПЗС-устройством формирования сигнала изображения, схемой предварительной фильтрации аналоговых сигналов изображе-



Блок-схема электронной части цифровой фотокамеры

ния, АЦП и преобразователем цветового пространства, JPEG-кодеком и памятью (как правило, быстротираемой, или флэш-типа) для хранения файлов, буфером для реализации функции управления скоростью передачи по битам и микроконтроллером, управляющим работой всей системы.

Самый важный элемент цифровой фотокамеры, определяющий разрешение получаемого изображения, — формирователь сигнала изображения. Учитывая опыт в области ПЗС-формирователей, широко используемых в современной видеоаппаратуре, можно предположить, что они найдут широкое применение и в фотокамерах. Однако серьезную конкуренцию им могут составить КМОП-схемы преобразователей, основное преимущество которых — меньшая потребляемая мощность. К достоинствам ПЗС-формирователей относится лучшее, чем у КМОП-устройств, качество изображения, поскольку первым присуща большая точность переноса заряда от матрицы приемников до преобразователя. Но технология изготовления вторых дешевле. Кроме того, их легко объединять с кремниевыми схемами управления и обработки сигнала. Правда, помехи при переносе заряда в КМОП-схемах больше, чем в ПЗС. Но эта проблема решается с помощью различных активных устройств подавления.

Разрешение КМОП-схем формирователей сигнала изображения намного уступает требуемому для получения снимков, сопоставимых по качеству с традиционными фотокарточками ( $1,0\text{--}1,5\cdot 10^6$  пикселей). Поэтому до сих пор КМОП-схемы формирователей применялись лишь в игрушках и низших моделях камер систем наблюдения. Ситуация может измениться в связи с выпуском фирмой Toshiba запатентованной КМОП-схемы формирователя сигнала изображения с разрешением  $3,3\cdot 10^5$  пикселей. Схема выполнена по 0,6-мкм технологии и представляет собой преобразователь с прогрессивным сканированием. Работает она от одного источника питания на напряжение 5 В, потребляемая мощность не превышает 30 мВт. Схема демонстрировалась на Международной конференции по твердотельным приборам (ISSCC) 1997 года.

Новый КМОП-формирователь предназначен для цифровой фотокамеры фирмы модели PDR—2А, которая демонстрировалась на выставке бытовой техники 1997 года в Лас-Вегасе. В ней использован 8,5-мм КМОП-

преобразователь, позволяющий получать цветные (24 разряда) снимки с разрешением 640x480 пикселей. Фирма характеризует камеру модели PDR—2А как “необычайно дружественную компьютеру”. Планировалось выпустить ее на рынок во II кв. 1997 года по цене 500 долларов.

Камера представляет собой прототип цифровых камер будущих поколений. Она оснащена встроенной платой подключения к ПК, сменной платой флэш-памяти на базе схемы с архитектурой NAND—типа, а также РС/Мас-совместимыми программными средствами, разработанными специалистами фирм Sierra Imaging и Live Picture и поддерживающими функции редактирования и обработки изображения. Масса камеры не превышает 200 г (с учетом батарей), габариты — 105x55x20 мм, потребляемая мощность — 2,4 Вт. Используемая в камере ионная литиевая батарея позволяет сделать более 900 снимков до замены.

Для подключения к ПК пользователю, желающему предварительно просмотреть сделанные снимки или загрузить данные в машину, достаточно открыть камеру и, обеспечив тем самым доступ к плате подключения, вставить аппарат в слот ПК или ноутбука. Время загрузки данных — всего несколько секунд против 10 мин при использовании кабелем. Встроенная плата подключения к ПК позволяет обойтись и без ЖКИ, в отличие от большинства современных моделей цифровых фотокамер.

Разработка цифровых камер на базе КМОП-схем ведется также на фирмах VLSI Vision (Шотландия) и Photobit (США).

Основная задача, которую предстоит решить, чтобы создать конкурентоспособные КМОП-схемы формирователей сигнала изображения, — достижение высокого качества преобразования при минимальной площади, занимаемой устройствами обработки (чем меньше эта площадь, тем выше разрешение).

Большое внимание уделяется и выбору процессора обработки сигналов изображения. Поскольку пространство камеры ограничено и в ней не предусмотрена схема памяти для хранения изображения в цифровом виде, данные выбираются из схемы формирования сигнала изображения строками, обрабатываются и сжимаются, после чего записываются в флэш-память, расположенную на съемной плате. В типичной современной цифровой фотокамере эти опера-

ции занимают до 20 с. Для ускорения процесса можно сократить число операций обработки данных, но это ухудшит качество изображения. Второй путь — увеличение производительности процессора.

Практически во всех выпущенных на рынок цифровых фотокамерах используются 32-разрядные RISC-микроконтроллеры. В большинстве японских устройств это микроконтроллер модели SparcLite фирмы Fujitsu. Схема имеет устройство умножения 8x8 за два цикла, обеспечивает достаточно большую свертку сигнала и малое время доступа к памяти. Фирма Kodak предпочитает применять процессоры типа SH фирмы Hitachi. Вместе с тем, она использует (по крайней мере в одной модели) и процессор PowerPC фирмы IBM.

Сбор, хранение, поиск, обработка и распределение данных изображения, воспроизводимых в графических JPEG, TIF и других форматах, в основном осуществляются большими машинами старших моделей. Для облегчения процедуры “проявления” и хранения цифровых фотоснимков пользователям, не имеющим большого опыта в манипулировании графическими данными, специалисты фирмы Eastman Kodak предлагают новый формат файла данных изображения — FlashPix. Этот формат, созданный в ходе работ по совершенствованию средств электронной фотографии при поддержке группы корпораций (Hewlett—Packard, Live Picture и Microsoft и др.), был представлен на весенней выставке Comdex 1996 года. Он получил одобрение таких фирм, как Apple Computer, Canon, Corel, IBM и Fuji Photo Film (основной конкурент компании Kodak в области традиционной фотоаппаратуры). Для поддержки нового формата на фирме Hewlett—Packard открыто новое отделение домашних устройств формирования изображения, работы которого будут направлены на создание систем электронной фотографии. В отделении разрабатываются специализированные цветные струйные принтеры для распечатки в новом формате снимков, полученных цифровыми методами.

Корпорация Eastman Kodak приложила немало усилий, чтобы сформировать благоприятное отношение к предложенному формату у крупнейших поставщиков средств получения и обработки изображения. Это свидетельствует о большом значении, которое ведущий изготовитель фотоаппаратуры придает технологии электронной фотографии.

По утверждению сторонников формата FlashPix, он позволит упростить обработку и передачу преобразованного в цифровую форму изображения. Это очень важное достоинство, если учесть, что у большинства пользователей нет опыта обращения с данными такого типа. Оригинал изображения разбивается на секции размером 64x64 пикселей (самый маленький по размерам снимок) каждая. Для уменьшения объема памяти, требуемой для хранения кадров, и обеспечения достаточно высокой скорости передачи данных ПК осуществляется сжатие данных каждой отдельной секции. В памяти также хранятся данные, характеризующие все изображение, а не отдельные его элементы (в том числе и цветовой калибровки). В этом основное отличие нового формата от JPEG, TIF и др.

В новом формате изображение обычного 35-мм слайда преобразуется в данные объемом около 18 Мбайт. После сжатия для их хранения требуется память емкостью 4,5 Мбайт. При этом, по утверждению разработчиков, изображение 35-мм слайда может быть распечатано на 50-см фотоснимке.

По данным фирмы Kodak, первые изделия, в которых будет использован формат FlashPix, появятся уже в 1997 году. Владельцы цифровых фотокамер не должны испытывать особых трудностей при переходе к FlashPix-формату. Единственное, что им потребуются, — заменить программные средства для вызова изображения и пересылки его ПК (эти средства могут быть получены и с Web абонентского пункта сети Internet). Для широкого распространения этого формата очень важна его поддержка разработчиками программных средств.

В большинстве цифровых фотокамер данные файлов различных форматов хранятся в сменных платах флэш-памяти (пока, как правило, PCMCIA-формата, т.е. формата Международной ассоциации плат расширения памяти персональных компьютеров, отличающегося относительно большими размерами). Разработаны три новых стандарта сменных плат флэш-памяти меньших размеров:

- плата стандарта Ассоциации изготовителей компакт-флэш памяти (CFA), предложенная фирмой SanDisk;

- твердотельная гибкая диск-плата (SSFDC) или Smart Media, продвигаемая фирмой Toshiba;

- миниатюрная карта (MC) фирм Intel и Advanced Micro Devices.

Недостаток всех трех стандартов — несовместимость друг с другом. Эти платы флэш-памяти могут найти применение не только в цифровых камерах. Согласно прогнозам фирмы In-Stat, среднегодовой объем их продаж к концу столетия достигнет 320 млн. долл. Однако пока трудно сказать, какой формат будет доминировать на рынке.

Основное достоинство CFA-формата — совместимость с широко используемым ATA-интерфейсом. Платы флэш-памяти этого стандарта используются в камере фирмы Matsushita, которая является и основным «кремниевым заводом», выпускающим их. Благодаря применению специализированной схемы ASIC-типа, содержащей 160 тыс. вентиляей и встроенный 32-разрядный RISC-микропроцессор, камера способна выполнять функцию уплотнения данных полного VGA-формата за одну секунду.

Плата памяти SSFDC-формата, как правило, представляет собой смонтированную в корпус флэш-память без схемы контроллера, что, по мнению разработчиков, позволяет использовать контроллер самой камеры

или магнитофона, либо управлять работой платы с помощью программных средств. Фирма Toshiba планирует начать их опытные поставки по цене около 200 долл. за плату емкостью 2 Мбайт и 40 долл. за 4-Мбайт плату. Плата уже используется в камере со съемным объективом фирмы Minolta Camera. Первую камеру, рассчитанную на работу с платой флэш-памяти этого стандарта емкостью 2 Мбайт, в середине 1996 года выпустила и фирма Fuji Photo Films. Ее цена 700—800 долларов.

Основное достоинство плат MC-формата — малое время записи. Оно равно примерно 1 с, тогда как при работе с платами CFA-стандарта продолжительность периода между двумя операциями съемки равна 7 с. В качестве главного недостатка плат флэш-памяти MC-формата пользователи называют высокую вероятность попадания загрязнений в камеру вследствие применения пластмассового разъемов. Но ее разработчики утверждают, что изделие успешно прошло испытания на воздействие неблагоприятных сред (погружение в растительное масло, песок, промывка в отбеливающих

#### Характеристики выпускаемых на рынок цифровых фотокамер

Фирма	Тип	Разрешение, пиксели	Стоимость, долл.
Casio	Серия QV	240x300	500—700
<i>Примечание:</i> К середине 1996 года было продано 200 тыс. камер. Фирма располагает производственными мощностями, позволяющими ежемесячно выпускать 80 тыс. камер двух новых моделей — QV-10A и QV-30 (по цене 679 долларов). Фирма пока использует в своих камерах встроенные схемы флэш-памяти NAND-типа, поставляемые Toshiba, и не спешит переходить к съемным платам флэш-памяти какого-либо другого типа. Она считает, что это приведет к удорожанию и увеличению размера камеры. По мнению разработчиков, емкость встроенной памяти, равная 2 Мбайт, пока достаточна для выполнения заложенных в камеру функций			
Canon	PowerShot 600	570 тыс.(832x608)	1300
<i>Примечание:</i> Самое высокое на сегодняшний день разрешение. Использована встроенная флэш-память емкостью 1 Мбайт, имеется слот для платы памяти PCMCIA-стандарта. Встроенный интерфейс и программные средства обеспечивают быструю передачу данных изображения персональному компьютеру.			
Sony	—	440 тыс. (768x576)	2000
<i>Примечание:</i> Оснащена встроенным в объектив ЖКИ видеоскателем. Схема JPEG-кодека фирмы Zoran обеспечивает хранение на плате памяти емкостью 10 Мбайт до 140 снятых кадров, а также пересылку данных преобразованного в цифровую форму изображения портативному мини-дискетному накопителю, способному хранить на одном диске до 1 тыс. снимков			
—	OSC—F1	640x480	849
<i>Примечание:</i> Плата памяти может хранить до 108 снимков при самом низком коэффициенте сжатия данных JPEG-стандарта, или 30-58 снимков при более высоких значениях коэффициента сжатия и том же разрешении. Оснащена ЖКИ размером 4,6 см.			
Ricoh	—	440 тыс.(576x768)	1500
<i>Примечание:</i> Две модели с 4,6-см ЖКИ, выпущенные в 1996 году. Запись полного кадра осуществляется с помощью метода, аналогичного чересстрочной развертке, используемой в телевидении. Оснащена встроенной флэш-памятью емкостью 2 Мбайт, способной хранить девять снимков в режиме высокой четкости и до 38 кадров в экономном режиме. Предусмотрен слот для платы PCMCIA-стандарта.			
Seiko-Epson	—	350 тыс.	700
<i>Примечание:</i> Выпущена в 1996 году, может работать с цветным принтером для получения открыток с семейными снимками. Позволяет получать на экране дисплея ПК изображение VGA-стандарта при скорости передачи данных 115,2 Кбит/с. Имеет схему флэш-памяти емкостью 1 Мбайт, которая может быть расширена до 2 или 4 Мбайт. Слота нет.			

и моющих растворах). Тем не менее пока платы MC-стандарта не пользуются популярностью у основных (т.е. японских) изготовителей цифровых фотокамер.

Ведущее положение на современном рынке цифровых фотокамер занимает фирма Casio, выпустившая первые относительно дешевые (500—700 долл.) устройства серии QV. В их числе QV-10 — первая камера с ЖК-индикатором, позволяющим получать изображение снимаемого кадра почти в реальном масштабе времени и тем самым редактировать его до съемки, хотя разрешение камеры мало — 240x300 пикселей (табл.). Поэтому при воспроизведении снимка на дисплее компьютера хорошо видны отдельные элементы изображения, что и побудило фирму назвать ее “камерой для заметок”. Правда, основная цель фирмы заключалась не в повышении качества изображения, а в создании достаточно дешевой камеры.

В 1997 году японские изготовители начали осваивать выпуск более сложных и малогабаритных цифровых фотокамер. Одна из них, разработанная фирмой NEC, — размером с пачку сигарет и массой 185 г (без батарей). В камере используется плата памяти SFA-стандарта емкостью 256 Мбит и 486-микропроцессор на тактовую частоту 28 МГц. Благодаря двум батареям AA-типа камера может работать в течение 30 мин без смены батарей. Как и все новейшие камеры, она имеет цветной 4,6-см ЖКИ.

Усилия специалистов фирмы Dai Nippon Printing направлены на увеличение разрешения цифровых фотокамер. Ими предложено устройство формирования изображения на базе нового материала, названного Elgraphy. Устройство позволяет получать изображение, содержащее  $20 \cdot 10^6$  пикселей (против  $6 \cdot 10^6$  для современных камер). Формирователь представляет собой нанесенную на стеклянную подложку многослойную структуру, которая состоит из заключенных между ITO-электродами (индий—окись олова) пленок органического фотопроводника, обладающего свойством усиления, и ЖК-материала смектического ти-

па с эффектом запоминания. Последний представляет собой запатентованный фирмой ЖК/полимерный композиционный материал с диспергированными в нем субмикронными полимерными шаровидными частицами. Толщина структуры — 20 мкм.

При подаче на ITO-электроды напряжения 500—550 В в органическом фотопроводнике возбуждается электрический заряд, который усиливается при облучении пленки светом. Это вызывает изменение ориентации молекул ЖК-материала вблизи участков с большим электрическим зарядом. В результате ЖК-пленка здесь становится прозрачной (степень изменения состояния пленки зависит от интенсивности падающего излучения). Такое изменение сохраняется при комнатной температуре и после отключения приложенного напряжения, т.е. изображение хранится в ЖК-пленке в аналоговом виде. Таким образом, органический фотопроводник выполняет функцию формирования изображения, а ЖК-пленка — функцию памяти, сохраняя полученное изображение. Как отмечают разработчики, благодаря отсутствию тока в структуре требуемое напряжение может быть получено и от сухих элементов.

Для преобразования в цифровой формат изображения, хранимого ЖК-пленкой, используется сканирующее устройство специальной конструкции, подключенное к компьютеру.

Экспериментальная система электронной фотографии на базе нового материала Elgraphy, созданная на фирме Dai Nippon Printing, состоит из камеры, сканера и компьютера. Камера оснащена призмой для разделения света на основные составляющие — красную, зеленую и синюю. В ней формируются три монохромных (по одному каждого основного цвета) кадра размером 35x27 мм, но разработчики утверждают, что можно создать и цветную систему. Сканер обеспечивает разрешение 5 тыс. строк на кадр, благодаря чему минимальное разрешение системы выше, чем

у обычного 35-мм фотоаппарата.

Перспективы рынка цифровых фотокамер не могли не привлечь внимания и изготовителей “разумных” источников питания. Для выполнения требований, предъявляемых к таким устройствам (срок службы батарей в нерабочем состоянии камеры — не менее одного года), на фирме SGS—Thomson создана схема разумного линейного стабилизатора с малым падением напряжения. Схема изготавливается по биполярной и КМОП-ДМОП (двухдиффузионная МОП) 0,7-мкм технологиям и содержит восьмиразрядный микропроцессор, ДМОП-преключатель на ток 20 А и восьмиразрядный АЦП (что позволяет пользователям задавать нужный им режим зарядки батарей), ШИМ устройство, прецизионные стабилизаторы напряжения, ЭРПЗУ емкостью 2 Кбайт и задающие устройства СИД-индикатора. Применение в схеме стабилизатора р-канального последовательного регулирующего элемента обеспечивает высокоэффективную стабилизацию напряжения. Микропроцессор, управляющий работой системы, в нерабочем состоянии камеры отключается в результате блокировки стабилизатора напряжения. Благодаря этому потребляемый ток батареи равен току утечки диодов подложки, образуемых КМОП-элементами схемы. Величина тока при комнатной температуре равна нескольким наноамперам. Нажатие кнопки затвора при съемке вызывает подзарядку емкостного переключателя, что приводит к разблокировке р-канального последовательного регулирующего элемента и включению системы.

Таким образом, цифровые фотокамеры из дорогих игрушек превращаются в жизнеспособные изделия, представляющие несомненный интерес для покупателя.

*Electronic Engineering Times, 1996, N 905, pp. 4, 142*

*Electronic Business Today, 1996, v.22, N 9, p. 23*

*Electronic Engineering Times, 1996, N 904, pp. 1, 14, 34*

*Electronic Engineering Times, 1997, N 942, pp. 24*

*Electronic Engineering Times, 1997, N 9, p. 75, 128, 130*

*Electronic Engineering Times, 1996, N 900, p. 1, 130*

*Engineering Times, 1997, N 947, p. 104, 118*

### Борьба за рынок цифровых фотокамер обострится

Фирма LSI Logic объявила о намерении выпустить на рынок ИС, объединяющую основные устройства цифровых фотокамер. Схема типа DCAM-101, разработанная совместно с японским изготовителем фотокамер Minolta, — первая попытка разместить на одном кремниевом кристалле 32-разрядный мини-RISC-микропроцессор на 54 МГц и специализированные устройства, выполнявшиеся до сих пор в виде нескольких отдельных ИС. Цель разработки — снижение стоимости ИС для цифровых камер, получение высокой разрешающей способности и быстродействия при обработке изображения. В число функциональных блоков схемы входят JPEG-кодек, процессор предварительной обработки сигналов ПЗС-преобразователя и сопроцессор обработки элементов изображения.

Схема обеспечивает разрешение от 640x480 пикселей (характерное для VGA-стандарта) до 4 млн. пикселей (присущего профессиональным фотокамерам) в зависимости от качества ПЗС-преобразователя и объема памяти. При разрешении 800 тыс.—1,3 млн. пикселей фотоснимок по качеству сопоставим со снимками обычных пленочных фотокамер. Рассеиваемая мощность схемы — 1,2 Вт (макс.) и 500 мВт (в среднем), ток в нерабочем режиме — 100 мкА. Схема позволяет сделать два-три снимка в 1 с, а при разрешении VGA- стандарта — 11 снимков/с. Стоимость схемы (партия в 50 тыс. шт.) — 35 долл. По расчетам фирмы, применение новой схемы снизит цены на цифровые фотоаппараты до 330—500 долларов.

*Electronic Engineering Times, 1997, N954, p. 14*

### Дайджесты