

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
А В Т О М Е Т Р И Я

№ 5

1996

СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

УДК 621.373.826

В. П. Бессмельцев, А. В. Иоффе, В. А. Слеув, К. К. Смирнов  
(Новосибирск)

УНИФИКАЦИЯ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ ФОТОПОСТРОИТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Рассмотрен вариант аппаратно-программной реализации универсального набора модулей для создания лазерных растровых систем высокого разрешения ( $> 2000 \text{ dpi}$ ) большого формата ( $1 \times 1 \text{ м}$ ). Работа выполнялась с учетом требования минимальной стоимости оборудования при сохранении качественных характеристик, обеспечивающих вывод изображений, «близких к идеальным». Апробация эффективности указанного подхода была проведена при реализации ряда прецизионных лазерных фотопостроителей с различными системами развертки лазерного пучка.

**Введение.** Созданные за последние годы растровые фотопостроители высокого разрешения практически полностью вытеснили другие средства изготовления фотошаблонов в полиграфии при создании печатных плат. Технические характеристики подобных устройств соответствуют или превосходят технологические требования современного производства. Например, устройство фирмы "Optronics" (США) ColorSetter XL 4000 обеспечивает запись растровых изображений на носитель форматом  $1041 \times 1372 \text{ мм}$ , с шагом дискретизации  $6,25 \text{ мкм}$  примерно за 10 мин [1]. Лазерные фотопостроители позволяют записывать растровый элемент с 256 полутонами размером менее  $100 \times 100 \text{ мкм}$  и таким образом реализуют качественные характеристики, необходимые для «идеальных» систем вывода твердых копий.

Предпочтительным стало использование языка PostScript в качестве входного для фотопостроителей. В полиграфическом производстве этот язык является стандартом де-факто для фотопостроителей высокого разрешения, и, кроме того, практически все пакеты САПР для разработки печатных плат могут подготавливать выходную информацию в виде PostScript-файла.

Несмотря на существенные отличия в технологии записи, механизмах сканирования лазерного пучка и протяжки материала носителя, основные технические требования к блокам управления, а также к программному обеспечению растровых фотопостроителей весьма близки. Верхний предел характеристик таких устройств предопределен параметрами технологического процесса тиражирования информации и слабо зависит от метода записи фотооригинала. Таким образом, существуют естественные предпосылки для унификации электронных блоков и программного обеспечения растровых фотопостроителей.

Весьма существенным недостатком лазерных фотопостроителей является их высокая стоимость, обусловленная, с одной стороны, большим объемом прецизионных оптико-механических узлов, с другой стороны, высокой стоимостью разработки и изготовления электронных блоков и специализированного программного обеспечения.

В настоящей работе рассмотрен унифицированный комплекс аппаратных и программных модулей для создания лазерных растровых систем высокого разрешения большого формата, обеспечивающих снижение стоимости оборудования при сохранении качественных характеристик, «близких к идеальным».

**Основные технические требования.** Основными характеристиками, определяющими технические требования к электронным блокам фотопостроителей и их программному обеспечению, являются: разрешающая способность, формат выводимого изображения, время регистрации полного формата, эффективность переработки входной информации, представленной в виде PostScript-файла.

Определим значения указанных характеристик, необходимые для изготовления фотооригиналов печатных форм или печатных плат с требуемым на сегодняшний день качеством.

1. *Разрешающая способность или шаг дискретизации ( $d$ ).* Для получения изображения для офсетной печати, на котором визуально незаметна растровая структура, размер растровой точки должен быть меньше разрешающей способности глаза при наблюдении с расстояния 20 см (примерно  $100 \times 100$  мкм). Таким образом, для получения 256 градаций плотности (формируемой из матрицы  $16 \times 16$  элементов) необходимо выбрать значение  $d \approx 6$  мкм по обеим координатам (при условии, примерно, такого же размера единичного пиксела во время записи).

При производстве печатных плат минимальный размер проводника 75 мкм (прогнозируется 25 мкм [2]), что легко достигается при шаге дискретизации 6 мкм.

2. *Формат ( $S$ ).* Наиболее распространенные форматы лежат в пределах формата A1 как для печатных плат (типичный —  $500 \times 600$  мм), так и для полиграфии.

3. *Время записи кадра изображения максимального формата ( $T$ ).* Время записи может быть оценено по двум факторам: времени постобработки материала, измеряемому даже в скоростных проявочных системах 1—2 мин, и времени подготовки данных для вывода PostScript-файла. При выводе PostScript-файла, содержащего текстовую и графическую информацию средней сложности, на носитель форматом  $500 \times 600$  мм и разрешением 2400 dpi даже мощные вычислительные системы затрачивают единицы минут для преобразования такого файла в битовую карту. Таким образом, разумное время вывода твердой копии формата A1 — единицы минут. При указанной производительности фотопостроитель способен обеспечить фотооригиналами несколько печатных машин.

4. *Программное обеспечение (ПО).* Основное требование к программному обеспечению, кроме, естественно, минимизации используемых ресурсов вычислительной системы, — это применение в качестве входного языка PostScript. Для этого ПО должно содержать PostScript-интерпретатор, преобразующий высокоуровневое представление входной графической информации в битовую карту. Кроме того, ПО содержит программы управления оптико-механическими и электронными узлами фотопостроителя.

Как уже указывалось, время преобразования входной информации в битовую карту, которое необходимо для регистрации информации растровым способом, должно быть не более 10 мин.

**Функциональные элементы лазерных систем вывода изображений.** Способы реализации лазерных систем регистрации высокого разрешения и технологии записи подробно рассмотрены в [3]. Структура таких систем представлена на рис. 1.

*Лазерные головки записи (ЛГЗ)* высокоразрешающих фотопостроителей разделяются на два типа: на основе непрерывного лазера с внешним источником деления лучей и модуляции и на основе полупроводниковых лазеров с модуляцией током накачки. Число модулируемых лазерных лучей  $N$  (каналов) ЛГЗ реально составляет от 1 до 24, хотя встречаются отдельные системы с числом лучей более 100. Увеличение числа записываемых лучей (более 16)

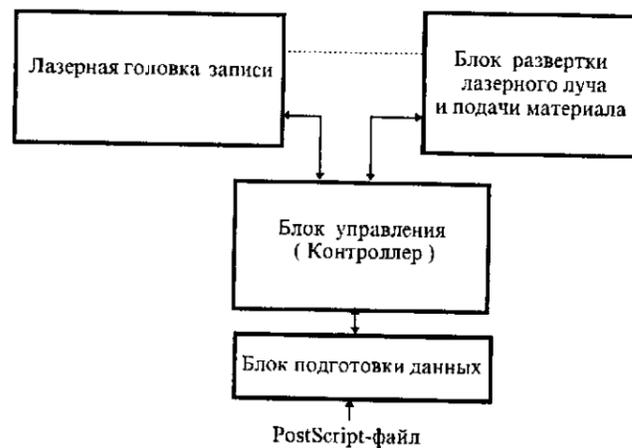


Рис. 1

сопряжено с технологическими сложностями, за преодоление которых берутся фирмы, обладающие уникальными технологиями изготовления таких ЛГЗ [4]. Сигналы управления в обоих типах головок можно представить следующим образом (рис. 2).

Фотоприемник обратной связи является входом системы стабилизации мощности записывающих лучей на выходе головки записи. Шторка — обычно это электромеханический затвор, перекрывающий лазерные пучки на время отсутствия данных или развертки лазерного луча.

Определим требования к управляющим сигналам ЛГЗ. Сигнал «Управление интенсивностью» — импульсный сигнал регулируемой длительности с тактовой частотой  $f$ , которая может быть определена из соотношения  $f \cong \cong S/d^2 NT$ . Для формата A1 ( $S \cong 0,5 \cdot 10^6 \text{ мм}^2$ ) и  $d = 6,25 \text{ мкм}$  при  $T = 1 \text{ мин}$  и  $N = 1$   $f \cong 420 \text{ МГц}$ . Для обработки и вывода данных с такой скоростью требуется использование специальной элементной базы с высокой стоимостью компонент. На наш взгляд, более целесообразно выбрать  $T = 10 \text{ мин}$  и  $N > 1$ ; например, для  $N = 8$  тактовая частота имеет приемлемое значение  $f = 5 \text{ МГц}$ . Сигнал «Управление шторкой» — логический сигнал с быстро-

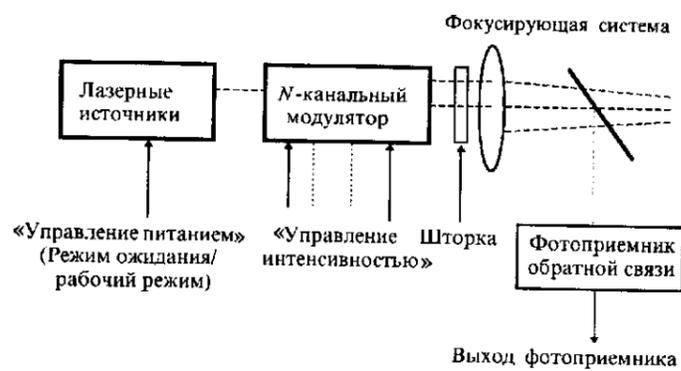


Рис. 2

действием примерно 0,1 с. Сигнал «Режим ожидания» — логический сигнал с интервалом переключения примерно 1 мин.

Блоки развертки лазерного луча, применяемые в настоящее время в фотопостроителях, можно разделить на три группы [3, 5]: 1) на основе вращающегося цилиндра, на внешней стороне которого установлен регистрирующий материал, и линейного перемещения записывающей головки; 2) с материалом, установленным внутри неподвижного цилиндра с головкой записи, вращающейся внутри него и одновременно осуществляющей поступательное перемещение; 3) с плоским полем записи и скоростным однокоординатным дефлектором по второй координате.

С точки зрения управления функциональную схему блока развертки таких систем можно представить следующим образом (рис. 3).

Сигнал «Управление частотой развертки» является сигналом, определяющим частоту развертки лазерного луча по  $X$  (число строк в секунду). Обычно датчик вырабатывает импульс «Начало отсчета» (НО) и синхроимпульсы (СИ), соответствующие перемещению пучка на расстояние, кратное шагу дискретизации. Сигнал «Управление  $Y$ -перемещением» задает перемещение ЛГЗ или материала носителя по  $Y$ -координате (как правило, с помощью шагового двигателя) после записи строки.  $Y$ -датчики — обычно датчики, определяющие начальное положение ЛГЗ либо приращение координаты  $Y$ .

Исходя из времени записи кадра 10 мин определим требуемое быстродействие элементов блока. Формат  $1 \times 1$  м при  $d = 6,25$  мкм и  $N = 16$  состоит из  $10^4$  строк, тогда частота импульсов вывода данных на модулятор равна 2,6 МГц (при этом поток данных должен быть 42 Мбит/с), а частота строк  $F = 16,6$  Гц.

Блок управления (контроллер). Исходя из вышеизложенного, основной набор функций управления контроллером для лазерных растровых устройств будет следующим:

1. Установка скоростей сканирования и осуществление пуска строчного сканера.
2. Управление приводом двигателей для развертки по оси  $Y$ , контроль  $Y$ -датчиков, управление механизмом зарядки материала носителя.
3. Измерение значения сигнала фотодатчика для получения информации об интенсивности излучения каналов в ЛГЗ, регулирование интенсивности лазерных лучей, включение привода.
4. Синхронизация данных, поступающих на лазерную головку записи.
5. Прием и буферизация данных из блока подготовки данных.

Блок подготовки данных. Объем исходных данных, представленных в виде файла на языке PostScript, значительно меньше, чем выходная битовая

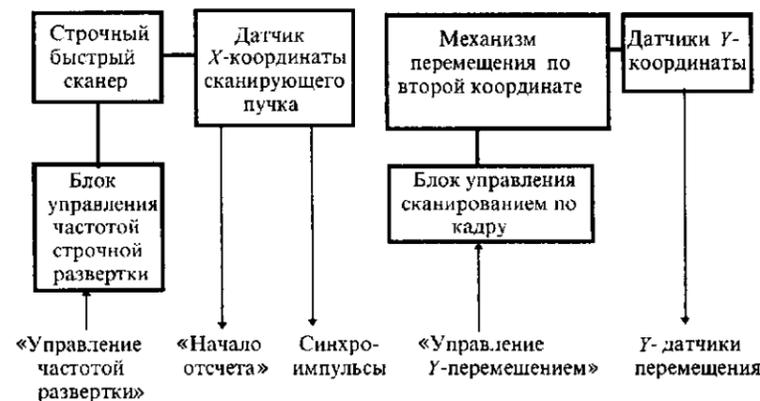


Рис. 3

карта изображения (3,2 Гбит для формата 1 × 1 м). Преобразование исходного представления изображения в битовую карту требует значительного объема вычислений. Для этой цели используется растровый процессор RIP (Raster Image Processor). Однако в последнее время разработчики новых RIP с целью удешевления системы используют платформы универсальных компьютеров в качестве базового вычислителя и специализированный пакет программного обеспечения в качестве RIP. При этом достигаются приемлемые скорости преобразования и вывода.

**Унификация аппаратных и программных средств.** Исходя из приведенных выше соображений, предлагается следующая структура средств управления фотопостроителем (рис. 4).

Модуль подготовки данных содержит универсальный RIP, представляющий собой программный интерпретатор на платформе компьютера IBM PC/AT и аппаратного модуля — адаптера. Адаптер принимает данные по шине PC и передает их через скоростной последовательный интерфейс в модуль буферной памяти.

Блок управления содержит три универсальных модуля: модуль синхронизации, модуль буферной памяти и базовый системный модуль, с которым связаны все специализированные узлы — датчики и приводы исполнительных механизмов, управляющие конкретными механизмами развертки изображения и лазерными системами фокусировки и модуляции. Базовый модуль связан с модулем подготовки данных через стандартный последовательный интерфейс. Канал данных предназначен для передачи битовой карты изображения в модуль буферной памяти и представляет собой специально разработанный синхронный последовательный интерфейс со скоростью передачи более 10 Мбит/с.

Блок управления смонтирован в стандартном конструктиве "minitower" со стандартным источником питания. Плата базового модуля выполнена как "motherboard". Платы синхронизации и буферной памяти подключены к ней аналогично интерфейсным платам персонального компьютера. Все узлы моду-

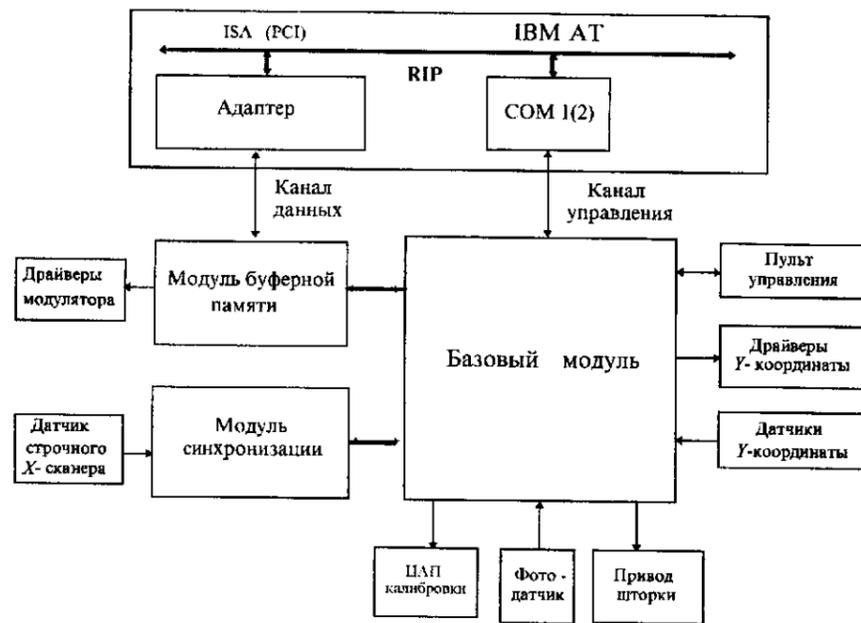


Рис. 4

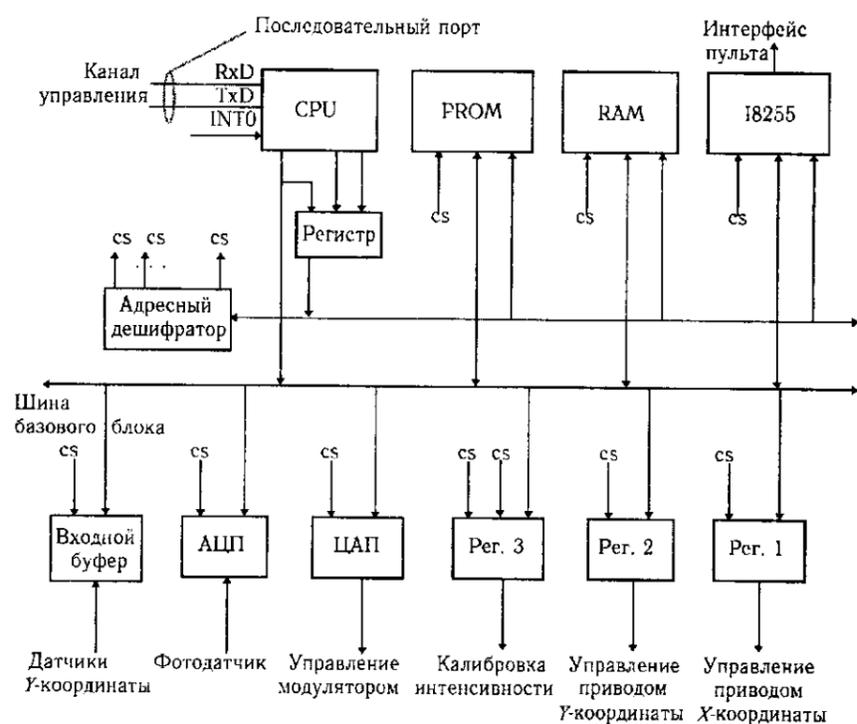


Рис. 5

ля соединены общей магистралью, включающей в себя шину данных CPU и ряд дополнительных сигналов для взаимодействия модулей буферной памяти и модуля синхрипульсов.

Структура базового модуля представлена на рис. 5. Назначение модуля — управление низкоскоростными узлами фотопостроителя, установка режимов функционирования модулей синхронизации и буферной памяти, обеспечение тестирования узлов фотопостроителя и осуществление записи изображения в тестовом режиме. В базовом модуле использовался микропроцессор INTEL 8751. В блоке буферной памяти применялись микросхемы памяти IC61C512-20M емкостью  $64\text{ К} \times 8$  и временем выборки 20 нс. Выходные 8-разрядные регистры 1, 2 управляют драйверами, определяющими скорость развертки по X-координате, и двигателями, задающими перемещение по Y. 16-разрядный регистр 3 предназначен для калибровки интенсивности лазерного излучения в каждом канале записи. Входные буферы 1 и 2 предназначены для связи с технологическими датчиками, например, датчиками давления в системе прижима материала и датчиками, контролирующими Y-координату. ЦАП и АЦП, совместно с внешними фотодатчиками и модулями управления модулятором, обеспечивают стабилизацию интенсивности лазерного излучения в ЛГЗ.

Модуль буферной памяти, представленный на рис. 6, предназначен для временного хранения данных, поступающих по скоростному каналу связи из RIP, и перепакетки данных для управления драйверами модулятора. На рисунке MUX — мультиплексоры, используемые для организации двойной буферизации данных. Линия «Строка» применяется для разграничения строк данных, линия «Готов» запрещает поступление данных из RIP. Разрядность каждого блока памяти равна 16, что определяет максимальное число параллельно записываемых каналов. Управляющая логика блока позволяет работать с числом каналов модуляции от одного до шестнадцати.

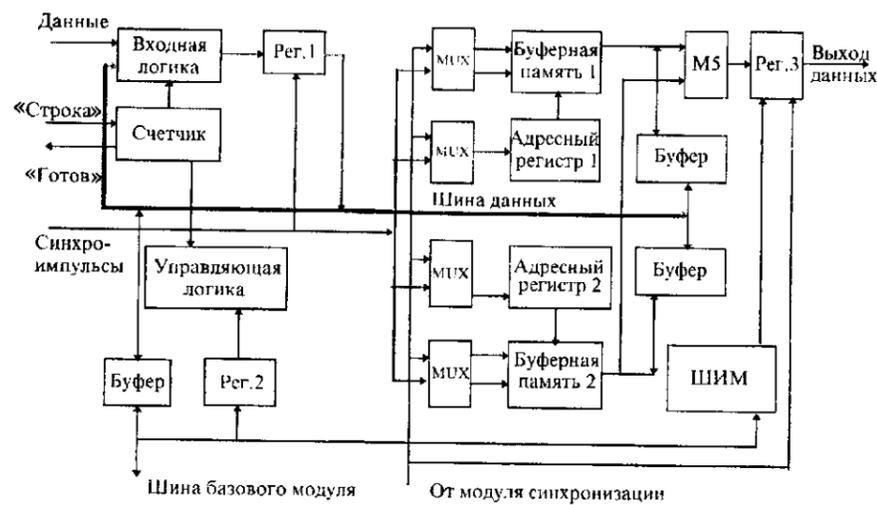


Рис. 6

Важным элементом модуля буферной памяти является блок широтно-импульсной модуляции (ШИМ), позволяющий регулировать время экспозиции фотоносителя от 0,05 до 1 мкс. Блок ШИМ представляет собой генератор импульса программируемой длительности, определяющий время экспозиции элемента изображения.

Схема модуля синхронизации представлена на рис. 7. На рисунке выделен узел согласования фронтов синхроимпульсов (СС) датчика X-координаты и импульса разрешения записи, поступающего от управляющего микропроцессора. Умножитель частоты предназначен для увеличения разрешения по X-координате и осуществляет функцию умножения частоты синхроимпульсов при фазовой автоподстройке умноженной частоты. Управляемый делитель 1—16 позволяет получить переменную сетку из 16 растров с возможностью программирования номера раstra микропроцессором. Блок коррекции координат предназначен для коррекции нелинейности развертки по X-координате, вызванной либо дисторсией оптической системы, либо отклонением толщины используемого материала носителя от номинального значения. Функция коррекции находится в ОЗУ, загружаемом через шину базового модуля. Принцип работы блока подробно рассмотрен в [6]. Выходом модуля синхронизации является последовательность синхроимпульсов, поступающих в модуль буферной памяти.

**Описание совместной работы электронных модулей.** Перед началом записи изображения в ОЗУ базового модуля загружается блок параметров записи, который включает в себя код команды, количество записываемых строк, величину отступа от начала отсчета, длину строки  $L$ , растр  $d$ , величину экспозиции, скорость развертки  $f$ , функцию коррекции координаты  $X$ . Базовый модуль, используя внутренний таймер, определяет момент достижения требуемой частоты развертки и переходит в режим приема данных из модуля подготовки данных в модуль буферной памяти. Данные поступают строка за строкой. Для управления драйверами модулятора данные должны считываться по  $N$  строк параллельно. Перепаковка форматов данных осуществляется в блоке буферной памяти. Для обеспечения параллелизма ввода данных из компьютера и вывода их на фотоноситель в блоке буферной памяти используется двойная буферизация.

После вывода  $N$  строк данных на фотоноситель базовый модуль выполняет программу перемещения записывающего узла по  $Y$ -координате. Программа

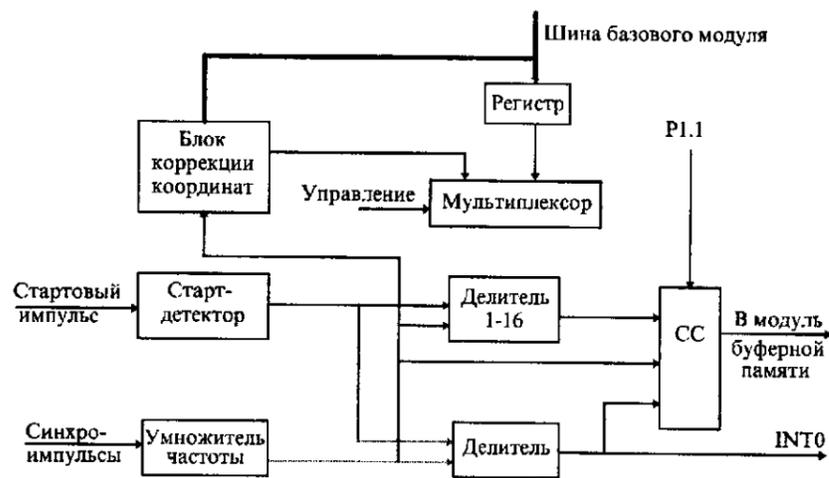


Рис. 7

использует специально подобранные на этапе настройки временные задержки между минимально возможными дискретными перемещениями, минимизирующие время перемещения и влияние механического резонанса привода на качество записи изображения.

Для обеспечения качества записываемого изображения интенсивность излучения в каждом из  $N$  каналов должна отличаться не более чем на 1 %. Однако нелинейность передаточных характеристик элементов, включенных в блок лазерной головки (например, акустооптических модуляторов лазерного излучения), зависимость их от параметров окружающей среды приводят к необходимости калибровки интенсивности излучения каналов. Схема калибровки представлена на рис. 8.

Микропроцессор (CPU) управляет приводом шторки, которая коммутирует модулированный лазерный луч либо на вход фотодатчика, либо на фотоноситель. Во время калибровки лазерный луч направлен на фотодатчик. CPU последовательно включает каждый из каналов ЛГЗ и с помощью АЦП измеряет значение интенсивности излучения. Калибровка уровня интенсивности осуществляется с помощью ЦАП, расположенных в блоке драйвера модулятора и изменяющих амплитуду сигналов, которые управляют интенсивностью



Рис. 8

---

световых пучков. Программа калибровки включается перед выводом кадра на фотоноситель.

**Программное обеспечение.** Программное обеспечение базового блока включает в себя набор подпрограмм непосредственного управления аппаратурой: записи растровой строки, перемещения записывающего узла по оси Y, обслуживания пульта управления, взаимодействия с HOST-компьютером, калибровки каналов ЛГЗ, а также различные тесты памяти, регистров, каналов и управляющую программу-монитор, обеспечивающую совместное функционирование модулей.

Программное обеспечение блока подготовки данных состоит из PostScript-интерпретатора и драйвера фотопостроителя. За основу интерпретатора языка PostScript взята широко известная программа Ghostscript (версия 2.6), разработанная фирмой "Aladdin Enterprises". Функционально Ghostscript представляет собой интерпретатор языка PostScript Level 1, ориентированный на работу с широким спектром растровых устройств относительно небольшого разрешения. Однако производительность и качество формирования полутонового изображения указанной версии оказались неприемлемыми для решения задач современной полиграфии. Таким образом, требовалась доработка алгоритмов программы. Основные задачи, которые необходимо было решить при модификации Ghostscript, следующие:

а) сокращение времени растривания до 7—20 мин при разрешающей способности не менее 2000 dpi и формате выходной страницы 500 × 600 мм на типичных PostScript-файлах (50 % графики + 50 % текста);

б) модернизация алгоритмов формирования полутонового изображения так, чтобы обеспечить возможность создания качественного цветного изображения из цветоделенных компонент.

Поскольку в соответствии с принятой в PostScript моделью формирования образа выходного изображения (выходной страницы) эффект действия операторов рисования аккумулируется в некотором внутреннем представлении, то окончательное значение каждого пиксела формируемого изображения определено только после интерпретации всего исходного PostScript-описания. Формирование полной выходной страницы в памяти неприемлемо, так как при разрешении > 2000 dpi и размерах страницы 500 × 600 мм объем памяти при растровом представлении составляет более 240 Мбит (при 1 бит/пиксел). Реализация метода дисплейного списка исходной версией Ghostscript порождает в некоторых случаях файлы промежуточного описания непредсказуемо большого размера. К тому же, как показал анализ производительности программы, основные затраты времени приходятся на формирование битовой карты. Поэтому в нашей реализации была применена многопроходная схема обработки исходного PostScript-файла.

Выходная страница делится на полосы, а интерпретатор на каждом проходе формирует битовую карту только для части страницы, попадающей в полосу. Размер полосы (объем битовой карты) определяем объемом доступного ОЗУ. Такой подход не потребовал значительной доработки основных алгоритмов. В первую очередь доработки были направлены на исключение из наиболее трудоемкого процесса преобразования в растр частей изображения, не попадающих в текущую полосу. Возможность совмещения операций формирования очередной полосы с выводом на фотопостроитель полосы, полученной на предыдущем проходе, позволяет частично компенсировать затраты времени на повторную интерпретацию исходного файла. Примененная схема позволила достичь приемлемого компромисса между объемом требуемого ОЗУ и временем формирования страницы. Главным недостатком описанного выше подхода является то, что PostScript-интерпретатор на каждом проходе повторяет значительную часть работы по чтению и анализу PostScript-файла. Особенно это заметно при интерпретации файлов большого объема, содержащих, например, большеформатные образы.

Следующий шаг в модификации Ghostscript — замена алгоритмов формирования полутонового изображения и оптимизация алгоритмов работы с битовой картой. Алгоритмы, реализованные в Ghostscript, позволяли генерировать

полутоновые тайлы только для небольшого числа рациональных растровых углов. Кроме того, генерируемые полутоновые клетки могли иметь разный уровень интенсивности при равных исходных значениях. Эти недостатки не позволяли использовать данную программу для работы с цветоделенными полутоновыми изображениями. В более поздней версии Ghostscript 3.0 они были устранены. Однако, как будет показано ниже, большие затраты памяти на вспомогательные структуры не позволяют реально генерировать полутоновые образы для некоторых «плохих» углов, используемых в четырехцветной печати с точностью, хотя бы определяемой эффектом квантования растра.

В данном случае основные трудности в получении качественного полутонового изображения заключаются в больших объемах требуемой памяти и вычислительной сложности алгоритмов. Алгоритм, реализованный авторами, позволяет существенно сократить объем памяти, требуемый для хранения полутоновой клетки за счет принципиально другого способа кодирования структур данных, описывающих полутоновый экран. В авторской реализации затраты составляют 1 байт/пиксел полутоновой ячейки. В реализации Ghostscript требуются затраты памяти 8 байт/пиксел тайла. Хотя авторский подход потребовал усложнения алгоритмов непосредственной генерации полутоновых тайлов, но он позволил генерировать их с требуемой точностью по углу и линиатуре при минимальных затратах памяти. Усложнение алгоритмов генерации может быть скомпенсировано наличием полутонового кэша достаточного объема. К тому же новые структуры данных позволяют генерировать полутоновые тайлы, выровненные на границе машинного слова, что существенно оптимизирует операции заполнения областей.

В качестве примера принципиального сокращения затрат памяти рассмотрим генерацию полутонового образа со следующими параметрами: разрешение 2000 dpi, линиатура 120 lpi, растровый угол 30°. Фактические значения угла и линиатуры из-за ошибки квантования составляют: 29,74° и 124,03 lpi. В этом случае минимальный полутоновый тайл имеет размеры 130 × 130 бит и состоит из 65 базовых полутоновых ячеек размером 260 бит каждая. При генерации полутонового тайла по алгоритмам Ghostscript потребуются следующие затраты памяти на вспомогательные структуры данных: 8 × 130 × 130 = 135,2 Кбайт. При использовании авторского алгоритма затраты составляют 1 байт/пиксел полутоновой ячейки и потребуют всего 260 байт.

В табл. 1 сопоставляются затраты памяти в байтах при некоторых типичных растровых углах и линиатурах в реализации Ghostscript и варианте алгоритма, предложенного авторами.

Таким образом, в результате проведенных модификаций появилась возможность генерации полутоновых образов во всем диапазоне реально используемых линиатур (от 80 lpi и выше при разрешении 2000 dpi) с ошибкой по растровому углу и линиатуре, которые определяются только эффектом квантования растра. При этом производительность программы по сравнению с исходной версией Ghostscript не была снижена, а для некоторых случаев, например, когда изображение содержит большое количество небольших полутоновых элементов, даже увеличилась в несколько раз.

Т а б л и ц а 1

Угол, град	Линиатура, lpi	Затраты памяти, байт	
		Ghostscript	Модифицированный алгоритм
15	120	36992	272
30	120	135200	260
15	100	1191968	386
30	100	1210568	389

Описываемое ПО можно считать унифицированным, поскольку оно не содержит частей, привязанных к конкретной реализации фотопостроителя. При использовании другого выводного устройства замене подлежит небольшая аппаратно зависимая часть, выделенная в отдельный программный модуль.

**Техническая реализация.** Рассмотренный выше подход лег в основу разработанного авторами унифицированного функционально законченного набора модулей для лазерных растровых систем вывода изображений высокого (> 2000 dpi) разрешения.

Апробация эффективности указанного подхода была проведена при реализации следующих фотопостроителей:

1) лазерные фотопостроители с разверткой на основе вращающегося цилиндра с регистрирующим материалом и шаговым приводом головки записи:

одноканальное устройство с мощным (30 Вт) CO<sub>2</sub>-лазером в качестве источника излучения (разрешение по обеим координатам 5 мкм, формат 640 × 800 мм, скорость вывода 1 Мбит/с);

16-канальное устройство записи изображения на фотопленку с акусто-оптическим разделением каналов и He-Ne-лазером в качестве источника излучения; одновременно осуществляется запись 16 строк данных с шагом 12,5 мкм (формат 520 × 640 мм, скорость вывода 14 Мбит/с);

2) лазерная система на основе сканера с вращающимся многогранником в качестве дефлектора по оси X и плоским столом для перемещения носителя по Y-координате (разрешение устройства 2000 dpi, формат 500 × 600 мм, скорость вывода 3 Мбит/с);

3) лазерная система маркирования: в качестве блока развертки лазерного луча используются два зеркальных электромеханических сканера фирмы "Cambridge Technology" с емкостными датчиками угла поворота.

Во всех перечисленных выше системах применен один набор модулей. Предлагаемая архитектура обеспечивает поток данных до 16 Мбит/с при использовании TTL-логики в качестве элементной базы. Все функции по управлению механизмом сканирования, стабилизации мощности записывающих лучей и контролю аппаратуры выполнялись модулями, представленными на рис. 4, без привлечения ресурсов блока подготовки данных.

В табл. 2 представлены результаты тестирования программы интерпретатора. Все тесты были сделаны на компьютере IBM PC 486DX-30 с 4 Мбайт ОЗУ. При этом размер битовой карты не превышал 1,8 Мбайт. Растривание осуществлялось с разрешением 2000 dpi. Время пересылки битовой карты на выводное устройство не учитывалось.

**Заключение.** Унификация аппаратных и программных средств, основанная на функциональном подходе к структуре фотопостроителей, позволила однотипным образом подойти к проектированию оборудования для современных систем вывода и регистрации изображений. В предложенной структуре скоростные потоки данных и низкоскоростные элементы контроля и управления механизмами разделены, что дает возможность реализовать большинство электронных узлов на дешевой элементной базе или в виде заказных кристаллов низкого быстродействия. Использование универсального микроконтроллера в качестве ядра системы контроля позволяет при малых издержках адаптировать электронику под вновь разрабатываемые системы и при модификации старых без потери качества.

Таблица 2

Файл	Формат, мм	Временные затраты
india.ps	500 × 300	3 мин 55 с
t.ps	210 × 297	10 мин 42 с
screen.ps	210 × 297	4 мин 40 с
bess.ps	460 × 500	16 мин 30 с
image.ps	360 × 560	2 мин 45 с

*Примечание:* india.ps — текст с одним видом шрифта и штриховым образом на 1/4 общей площади; t.ps — полутоновый градиент с 256 градациями, полученный из программы CorelDraw; screen.ps — 3/4 площади заняты образами с различными линиятурами; bess.ps — текст с восемью видами шрифтов; image.ps — образ с низким разрешением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ColorSetter XL 4000: Проспект фирмы "Optronics". США, 1996.
2. Der technologisch Stand der Leiterplattenindustrie 1995 im deutschsprachigen Raum. Teil 1 // Galvanotechnik. 1995. 88, N 9. S. 3037.
3. Kipphan H. Digital multicolor printing state of the art and future challenges // Proc. SPIE. 1995. 2413. P. 7.
4. Gelbart D. High power multi-channel writing heads // Pros. of IS&T Tenth Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies. 1994. P. 337.
5. Урбах Дж. К., Фишли Т. Ш., Старкукэдер Г. К. Лазерные сканеры для электронных печатающих устройств // ТИИЭР. 1982. 70, № 6. С. 84.
6. Басв С. Г., Бессмельцев В. П., Выдрин Л. В. и др. Прецизионный лазерный термографический генератор изображений // Автометрия. 1991. № 5. С. 3.

*Поступила в редакцию 19 июня 1996 г.*

---

Реклама продукции в нашем журнале — залог Вашего успеха!