

На правах рукописи

Торчигин Александр Владимирович

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОГРАММНО-
АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ФОРМИРОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДВИЖУЩИМИСЯ
ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА**

Специальность 05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и
компьютерные сети

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2011

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Встраивание вычислительной техники в устройства отображения информации начинается в семидесятых годах прошлого века, когда развитие средств вычислительной техники дошло до такого уровня, что появилась возможность встраивать их не только в крупные народно-хозяйственные и оборонные объекты, но и в приборы, используемые самой вычислительной техникой. Это привело к появлению дисплеев (мониторов). В настоящее время встраиваемые системы получили широкое распространение, начиная от электронных часов и детских игрушек и кончая атомными станциями и ракетными комплексами. В исследования и разработку встроенных систем большой вклад внесли отечественные ученые С.А. Лебедев, В.С. Бурцев, Б.А. Бабаян, В.А. Мельников, В.П. Иванников, Ю.И. Митропольский, Я.А. Хетагуров, Б.В. Бункин и др. Разработанные ими встроенные системы на основе существующих в то время аппаратных средств полностью решали поставленные задачи и обеспечивали надежное функционирование средств противоздушной и противоракетной обороны, работу бортовых систем, управление космическими полетами и т. п.

Наиболее сложным узлом монитора являются программно-аппаратные средства, которые обеспечивают отображение на экране электронно-лучевой трубки информации, хранящейся в памяти ЭВМ¹. В отечественной литературе эти средства обычно называют контроллером монитора. По мере развития технологии изготовления электронных схем постепенно улучшались параметры контроллера монитора, такие как производительность, потребляемая мощность, габариты. Это способствовало повышению разрешающей способности и других параметров самого монитора². На определенном этапе появилась возможность индивидуально управлять миллионами пикселей, что привело к появлению ЖК мониторов³. Улучшение параметров контроллера монитора способствовало постепенному повышению качества изображения ЖК-мониторов, начиная со стандарта CGA (320x240 пикселей) до современного стандарта QSXGA (2560x2048 пикселей).

¹ P. Norton, Inside the PC, Seventh Edition, Sams Publishing, Indianapolis, 1997.

² О. Колесниченко, И. Шишигин Аппаратные средства PC, БВХ-Петербург, 2002.

³ Современные мониторы: ЖК модели с диагоналями 15-19". Под ред. Н.А. Тюнина, А.В. Родина, Солон-Пресс, 2007.

В настоящее время возможности электроники по производительности уже превосходят требования со стороны ЖК мониторов. Например, используемые в современных смартфонах и планшетных компьютерах процессоры с частотой тактирования 1 ГГц превосходят по своим параметрам процессоры, используемые в суперкомпьютерах десятилетней давности⁴. Массовое внедрение в светотехнику новых источников света в виде светодиодов^{5,6} открывает потенциальные возможности для создания новых устройств отображения. При этом возросшие возможности электроники позволяют возложить на нее основную нагрузку по формированию изображений. Поэтому исследование программно-аппаратных комплексов, управляющих устройствами, формирующими новые типы изображений, является актуальной задачей.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются программно-аппаратные комплексы, используемые в новых устройствах отображения информации подвижными источниками света на основе светодиодов. Предметом исследования являются алгоритмы работы, структура и состав программно-аппаратных комплексов.

Цель работы и задачи исследования

Анализ, обоснование, исследование и разработка программно аппаратных комплексов для управления формированием изображений движущимися источниками света. Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие научные задачи.

Анализ и обоснование состава и структуры программно-аппаратных средств, обеспечивающих формирование изображений при произвольных законах движения точечных источников света.

Исследование и разработка программной модели, обеспечивающей исследование характеристик новых устройств отображения и получение сценариев изменения яркости точечных источников света.

Анализ и разработка программно-аппаратных средств для реализации полученных сценариев.

Анализ возможностей модификации существующих программно-аппаратных средств для реализации полученных сценариев.

⁴ Планшеты: возможности выбора, СНИР, №3, 2011, с.46.

⁵ Ю. Петропавловский, Инновационные технологии расширяют области применения светодиодов, Современная электроника, №2, 2011, с.14.

⁶ И. Сыроваткин, Мощные светодиоды фирмы High Power Lighting, Современная электроника, №5, 2009, с.8.

Методы исследования

В процессе теоретических и экспериментальных исследований использовались аналитические и численные методы математического моделирования, методы линейной алгебры, методы структурного программирования и программного моделирования на ЭВМ, методы математической обработки результатов измерений.

Научная новизна

Научная новизна состоит в разработке принципов, подходов, методов применения программно-аппаратных комплексов в новой прикладной области, где к таким комплексам предъявляются новые требования: эти комплексы должны решать задачу управления формированием изображений путем модуляции яркости множества источников света, движущихся по произвольным наперед заданным законам.

Достоверность полученных результатов

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и практических результатов подтверждается корректным выбором и применением математического аппарата, адекватным использованием методов математического моделирования, линейной алгебры, структурного программирования и программного моделирования, результатами натурального моделирования программно-аппаратных комплексов.

Личный вклад

Результаты диссертации получены соискателем самостоятельно. Лично диссертантом разработана программная модель обобщенного устройства отображения информации, разработаны, спроектированы и испытаны макеты устройств, подтверждающие достоверность теоретических положений, внедрены программные средства для создания сценариев в различных организациях. Диссертант является единственным автором 10 печатных работ и трех патентов.

Практическая значимость

Результаты исследований могут найти применение в будущих мониторах и телевизорах, обеспечивающих формирование крупноформатных изображений с высоким разрешением, в мобильных телефонах, в проекторах, формирующих яркие изображения на широкоформатных экранах.

Результаты диссертационной работы в виде различных реализаций программно-аппаратных комплексов для управления формированием изображений движущимися источниками света внедрены в нескольких

организациях: Мурманский морской порт, музей космонавтики на ВВЦ, телекомпания 4+ ,торговый центр VEGAS.

Апробация работы

Результаты исследований, включенных в диссертацию, докладывались на следующих научных мероприятиях:

10-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение» 26-28 марта 2008 г., Москва, Россия.

XXXV международная конференция, VI Международная конференция молодых ученых «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе» IT+S@E'08, Майская сессия, Украина, Ялта-Гурзуф, 20-30 мая 2008 года.

31-я конференция молодых ученых и специалистов Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН ИТиС'08 29 сентября - 3 октября 2008 г., г. Геленджик. Сборник трудов ISBN 978-5-901158-08-01, с. 482-487.

V Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами» 21-24 октября 2008 г., г. Липецк.

Публикации

Результаты диссертации опубликованы в 10 печатных работах, в том числе имеются 4 публикации в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и одна монография. Основные результаты защищены 5 патентами.

Выносимые на защиту положения:

Методы и средства организации программно-аппаратных комплексов для устройств отображения информации, обеспечивающих формирование изображений с помощью произвольного количества точечных источников света, движущихся по произвольным наперед заданным законам.

Алгоритмы создания сценариев, описывающих изменение во времени яркости движущихся точечных источников света для конкретных применений на основе алгоритма создания сценариев для обобщенной модели движения точечных источников света.

Архитектура и алгоритмы функционирования программно-аппаратных средств, позволяющих экспериментально определять законы движения источников света.

Анализ возможностей использования существующих современных программно-аппаратных средств для формирования и реализации различных конкретных сценариев.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, насчитывающего 75 наименований, содержит 118 страниц, 59 рисунков и фотографий.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задача исследований, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе, озаглавленной **Особенности предметной области по отображению информации подвижными источниками света**, рассматриваются особенности новой прикладной области, в которой предполагается применение исследуемых ВС. Эта область ориентирована на использование новых источников света, в частности, светодиодов.

Показано, что среди многочисленных достоинств светодиодов имеется одно, которое позволяет использовать их в устройствах отображения движущимися источниками света. Светодиоды могут модулироваться по яркости с весьма высокой частотой вплоть до нескольких сотен мегагерц. Это позволяет использовать их в устройствах отображения движущимися источниками света (ДИС). ДИС обладают одним принципиальным преимуществом перед неподвижными источниками. С помощью одного ДИС может быть сформирован не один, а сотни пикселей, что приводит к соответствующему уменьшению количества требуемых источников.

В процессе исследований, кроме ДИС в виде движущихся светодиодов, были обнаружены еще два новых типа ДИС. Это мнимые изображения светодиодов в колеблющемся зеркале и действительные изображения светодиодов на экране в том случае, если объектив проектора периодически изменяет свое положение относительно проецируемых светодиодов. В последних двух случаях светодиоды являются неподвижными. Использование указанных новых типов ДИС для формирования изображений является оригинальным. Об этом свидетельствуют патенты, полученные на эти способы.

В любом из трех типов ДИС изменение яркости пиксела осуществляется путем изменения яркости соответствующего светодиода. Поэтому разрабатываемые программно- аппаратные комплексы ориентированы на работу со всеми тремя типами ДИС.

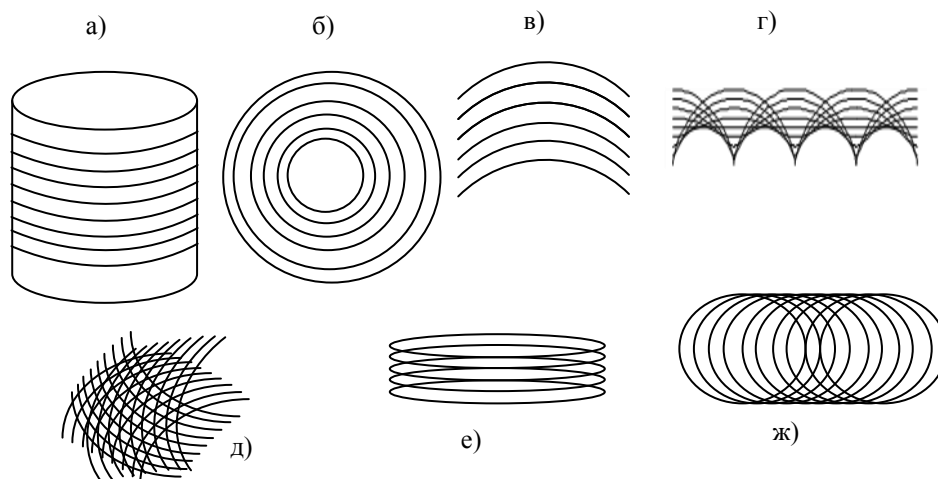


Рис.1 Примеры траекторий движения ДИС

На рисунке 1 показаны примеры различных траекторий ДИС. Это – траектории самих светодиодов при их перемещении по цилиндрической поверхности (а), по концентрическим окружностям (б) или дугам (в), по циклоидам (г); траектории изображений светодиодов (д), проецируемых на экран через подвижные объективы; траектории мнимых изображений светодиодов, наблюдаемых во вращающемся зеркале (е), (ж). Как видно, траектории не являются прямыми линиями, в некоторых случаях они могут пересекаться. В общем случае траектории могут лежать не в одной плоскости, а занимать некоторую область трехмерного пространства. В диссертации показано, что требование к прямолинейному и равномерному движению ДИС, которое существовало для электронно-лучевых трубок, при современном уровне развития вычислительной техники является излишним.

С целью разработать программно-аппаратные комплексы для общего случая в диссертации введено представление об обобщенном устройстве отображения. Это устройство можно представить в виде роя ДИС в некоторой замкнутой области пространства, движущихся по известным законам, заданным в параметрической форме $x_i(t)$, $y_i(t)$, $z_i(t)$, ($i=1, 2, 3, \dots, N$), N – количество ДИС. Если все ДИС включены, то они засвечивают некоторую область, возможно неравномерную. Справедливо

утверждение, что в этой области можно сформировать любое изображение, если яркость каждого ДИС изменять во времени соответствующим образом. Задача программно-аппаратного комплекса – реализовать необходимое изменение во времени яркости каждого ДИС.

Задача по формированию двумерных изображений является частным случаем сформулированной выше, а задача, решаемая всеми существующими ВС, обеспечивающими формирование изображений с помощью неподвижных источников света, у которых скорость равна нулю, является еще более частным случаем.

Программно-аппаратный комплекс для управления формированием изображений должен выполнять гораздо более сложные функции, так как каждый ДИС участвует в формировании нескольких пикселей, а каждый пиксел может формироваться несколькими ДИС. Подобные задачи не ставились и не решались ранее, так как отсутствовали средства для реализации множества ДИС в виде ярких многоцветных светодиодов. Кроме того, отсутствовали недорогие и малогабаритные, но при этом высокопроизводительные аппаратные средства, обеспечивающие управление яркостью тысяч светодиодов.

*Во второй главе, озаглавленной **Программно-аппаратные средства в современных устройствах отображения информации**, выполнен анализ текущего состояния программно-аппаратных средств в существующих устройствах отображения информации. Развитие этих средств привело к появлению современных мониторов и оказало решающее влияние на современную вычислительную технику, которую нельзя себе представить без привычных экранов с достаточно высокой разрешающей способностью. Изображение создается на прямоугольном экране, который представляет собой матрицу пикселей. Информация об изображении в памяти ВС также представлена в виде управляющей матрицы того же размера. Элемент матрицы описывает палитру и яркость соответствующего пикселя. Так как между элементами этих матриц имеется взаимно однозначное соответствие, функции ВС максимально упрощены. В каждом кадре необходимо обеспечить свечение пикселя в соответствии с элементом в управляющей матрице.*

Анализ программно-аппаратных средств в существующих устройствах отображения показал, что эти средства состоят из двух принципиально разных частей. Это программно-аппаратные средства в

виде контроллера, выдающего управляющие сигналы в матрицу ЖК пикселей, и аппаратные средства, обеспечивающие изменение яркости пикселей в соответствии с управляющими сигналами, поступающими из контроллера. В зависимости от количества пикселей в матрице, связь между контроллером и матрицей может осуществляться самыми различными способами. При этом с целью уменьшения количества проводников используется временное мультиплексирование, при котором по меньшему количеству проводников передаются управляющие сигналы с увеличенной частотой следования.

В третьей главе, озаглавленной **Программная модель обобщенного устройства отображения информации движущимися источниками света**, содержится описание разработанной автором программной модели обобщенного устройства отображения. Модель позволяет изучать свойства формируемых изображений. Однако основной ее задачей является создание сценариев, то есть законов изменения яркости каждого ДИС в реальном времени при формировании заданного изображения. Не имея сценариев, невозможно сформировать изображение. Таким образом, программная модель является одной из основных компонент программно-аппаратных средств. Конкретизация следующей информации позволяет свести модель абстрактного обобщенного устройства отображения к модели реального устройства.

Количество M ДИС, участвующих в формировании изображения.

Количество N временных интервалов, в каждом из которых яркость ДИС постоянна. Это количество определяет количество пикселей, формируемых одним ДИС. Чем больше N , тем выше разрешение изображения, но тем больше аппаратных средств требуется для реализации.

Закон движения во времени и пространстве для каждого ДИС.

В диссертации разработан следующий алгоритм формирования сценариев для обобщенной модели.

Сначала определяются параметры устройства отображения, независимые от формируемого изображения. С этой целью

1. Определяются форма и размеры максимальной области, в которой может быть сформировано изображение.

2. Накладывается прямоугольная сетка размером $W \times H$ на эту область и определяются координаты каждого пиксела $\{P_{ij}, x_i, y_j\}$ $\{i=1..W,$

$j=1..H\}$, где P_{ij} , - номер пиксела, x_{ij} , y_{ij} его координаты, W – количество пикселов в строке, H – количество строк.

3. В соответствии с заданными законами движения ДИС вычисляются координаты каждого ДИС $\{D_k, T_n, x_{ij}, y_{ij}\}$ $\{k=1..M, n=1..N\}$ в каждом временном интервале, где D_k , - номер ДИС, T_n – номер временного интервала, x_{ij} , y_{ij} , - координаты ДИС в этом временном интервале.

4. Из (2) (3) определяются для каждого пиксела P_{ij} те ДИС D_α , которые его «посещают» в некотором временном интервале T_β . В результате создается множество $\{P_{ij}, D_\alpha, T_\beta\}$, $\{\alpha=0|1|2.., \beta=0|1|2...\}$.

Полученная информация не зависит от формируемого изображения и создается один раз для выбранного формата изображения и конкретного устройства.

Далее в матрицу B размером $W \times H$ загружается информация об изображении из файла типа BMP. Размерность матрицы B совпадает с размерностью формируемого изображения. Элементом матрицы является 32-разрядное целое, в котором в трех байтах содержится информация о яркости красного, зеленого и синего цветов соответствующего пиксела. После этого сценарии для изменения яркости красных, зеленых и синих ДИС формируются следующим образом.

1. Выделяются из матрицы B байты для красного цвета R_{ij} $\{i=1..W, j=1..H\}$.

2. Сопоставляя R_{ij} с множеством $\{P_{ij}, D_\alpha, T_\beta\}$, определяется, какие ДИС, в каких временных интервалах и на какое время требуется включить, чтобы обеспечить требуемую яркость R_{ij} пиксела P_{ij} . В результате создается множество $\{P_{ij}, D_\alpha, T_\beta, \gamma_\beta\}$ $\{\beta = 0, 1, ..N\}$, где корректирующий множитель $0 \leq \gamma_\beta \leq 1$ определяет долю временного интервала, в которой должен быть включен ДИС.

3. Выбираются из полученного множества (2) элементы, у которых номер ДИС $\alpha=1$. В результате имеем для этого ДИС множество $\{T_\beta, \gamma_\beta\}$.

4. Упорядочивая множество (3) по T_β , получаем сценарий $\{\gamma_k\}$ $\{k=1..N\}$ для D_1 , где γ_k определяет яркость D_1 в k -ом временном интервале.

5. Повторяются шаги (3), (4) с целью получения сценария для ДИС с номером $\alpha=2$ и т.д.

6. Повторяются шаги (1) – (5) для зеленых ДИС.

7. Повторяются шаги (1) – (5) для синих ДИС.

Таким образом, сценарий для ДИС представляет собой последовательность из N байтов, задающих яркость ДИС в N временных интервалах. Прикладная программа, реализующая этот алгоритм, написана в среде программирования DELPHI и выполняется на обычном ПК. В эту программу заложены около 20 различных наиболее распространенных законов движения ДИС.

В формировании изображения могут участвовать тысячи ДИС. В диссертации исследованы возможные способы уменьшения трудоемкости при заполнении информации о законах движения ДИС. Предложены программно-аппаратные средства, которые позволяют экспериментально в автоматическом режиме получать законы фактического движения ДИС при проецировании изображений светодиодов на экран 1 проекторами 2 (рис.2). Здесь каждый из проекторов 2 имеет свой контроллер 3. Контроллеры управляются персональным компьютером 5. В программную модель введены средства, позволяющие пользователю создавать для любого ДИС любой сценарий. Используя эту возможность, последовательно в каждом временном интервале включается поочередно каждый светодиод, изображение которого на экране фиксируется видеокамерой 4 и передается в ПК на последующую обработку. В результате в ПК накапливается информация о положении каждого ДИС в каждом

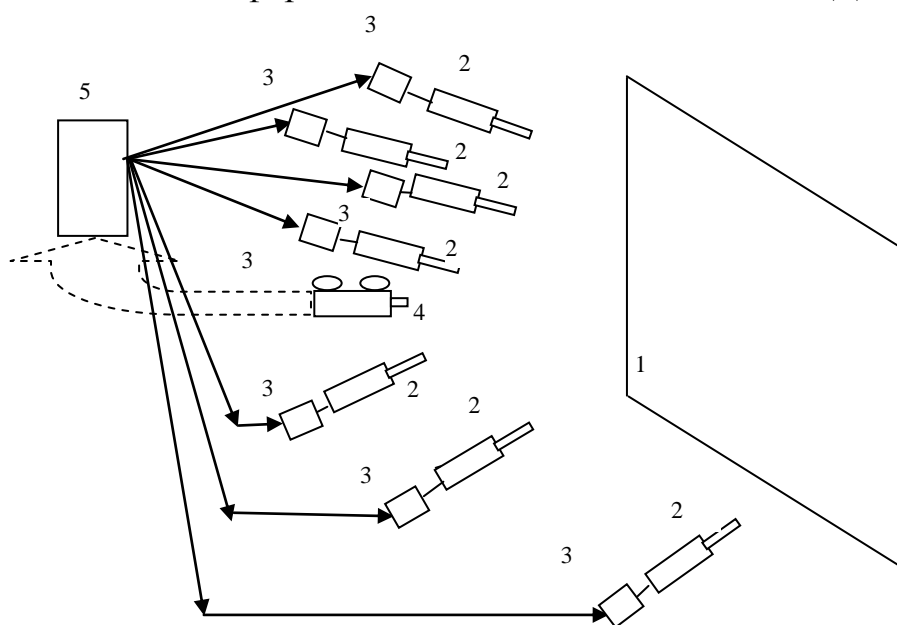


Рис.2. Схема формирования на экране одного изображения многими проекторами. 1 – экран, 2 – элементарный проектор, контроллер элементарного проектора, 4 – цифровой фотоаппарат или видеокамера, 5- персональный компьютер

временном интервале. Введение видеокамеры позволило избавиться от кропотливой работы, связанной с заданием законов движения каждого ДИС, что позволило расширить круг применений. Разработанный подход не имеет мировых аналогов, о чем свидетельствует патент РФ на устройство отображения с такой ВС.

Четвертая глава, озаглавленная **Аппаратные и программные средства для модуляции яркости светодиодов по заданному сценарию**, посвящена исследованию и разработке программно-аппаратных комплексов, предназначенных для реализации подготовленных сценариев. Показано, что процесс реализации сценариев легко распараллеливается. Максимальная степень параллелизма достигается в том случае, когда сценарий для каждого ДИС реализует отдельный микроконтроллер.

В диссертации представлена методика определения количества сценариев, которые могут быть реализованы микроконтроллером с заданными параметрами по частоте тактирования, количеству портов ввода-вывода и скорости работы этих портов. Показано, что для решения поставленной задачи в наибольшей степени подходит архитектура масштабируемой ВС, в которой количество микроконтроллеров может изменяться в зависимости от их производительности и количества используемых ДИС. Обосновано положение о том, что другим важным свойством ВС должна быть ее модульность, которая позволяет осуществлять простой переход от одного типа ДИС к другому путем замены только тех модулей, которые определяются типом ДИС. Например, это свойство позволяет использовать одну и ту же ВС для управления светодиодами, различающимися по мощности, взаимному расположению на плате, габаритам, направленности излучения и т. п.

Архитектура универсальной масштабируемой модульной ВС, отвечающей этим требованиям, приведена на рис.3. Полученные сценарии загружаются из ПК в память главного микроконтроллера. Он рассылает в флеш-память вспомогательных микроконтроллеров, сценарии для ДИС, которые находятся под управлением этих микроконтроллеров.

С целью экспериментальной проверки теоретических положений диссертантом разработаны типовые платы для главного и вспомогательных микроконтроллеров. В зависимости от специфики применения возможен выбор платы с соответствующим

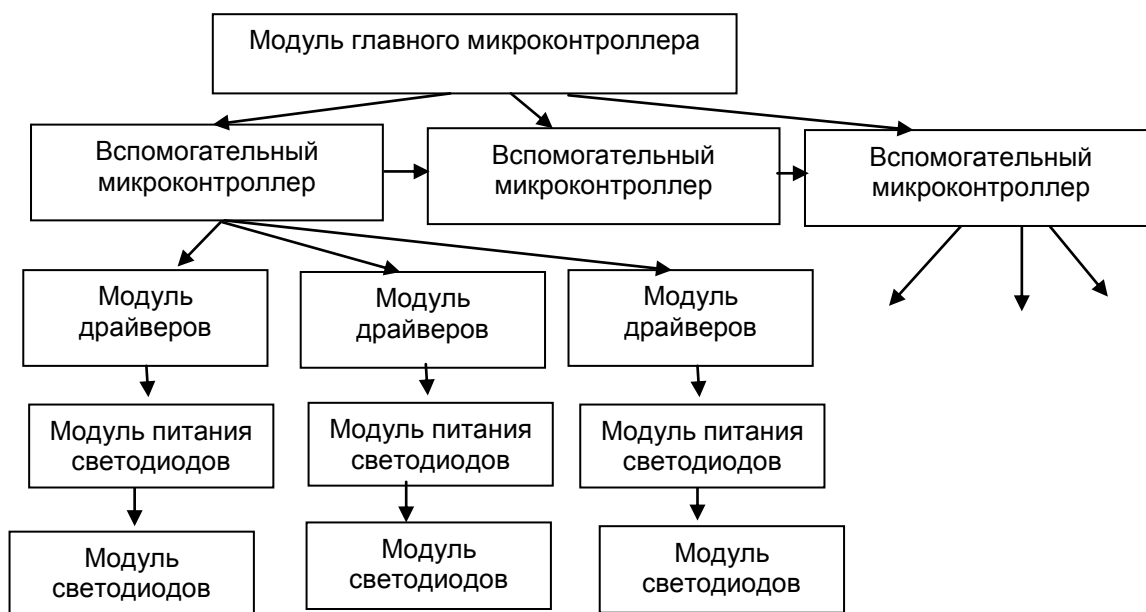


Рис. 3 Структура универсального масштабируемого программно-аппаратного комплекса для показа изображений с помощью движущихся светодиодов

микроконтроллером и плат с необходимым размещением светодиодов. В качестве главного и вспомогательных микроконтроллеров использованы восьмиразрядные микроконтроллеры типа ATMEGA16 с частотой тактирования 16 МГц, имеющие 4 порта ввода/вывода. Показано, что генерация синхроимпульсов для драйверов светодиодов может производиться программным образом. В качестве драйверов светодиодов могут быть использованы коммерчески доступные специально разработанные для этих целей микросхемы типа MBI2116, каждая из которых может управлять 16 светодиодами. Применение этих микросхем позволяет уменьшить количество идущих на микросхему проводников с управляющими сигналами в 16 раз.

В типичных случаях передача информации в главный микроконтроллер производится из ПК пакетами с использованием интерфейса UART. В заголовке каждого пакета содержится информация о его размере, о номере вспомогательного микроконтроллера и об адресе этого пакета в энергонезависимой памяти вспомогательного микроконтроллера. Передача информации из главного микроконтроллера в вспомогательные производится с использованием протокола SPI (Serial Peripheral Interface), который обеспечивает дуплексный высокоскоростной обмен данными между микропроцессорами по трем проводам. При этом используются понятия ведущий узел (Master) и ведомый (Slave). В качестве ведущего

узла используется главный микроконтроллер, а в качестве ведомого – вспомогательный.

В диссертации разработана структура программного обеспечения главного и вспомогательных микроконтроллеров. При этом все вспомогательные микроконтроллеры работают по одной и той же программе, но с разными данными, оформленными в виде сценариев. Программные средства обеспечивают взаимодействие с главным микроконтроллером и включение светодиодов в соответствующих временных интервалах. Кроме того, они обеспечивают реакцию на поступающий от главного микроконтроллера сигнал прерывания, свидетельствующий о начале показа очередного кадра. При этом вычисляется интервал между соседними по времени прерываниями и определяется таким образом время показа одного кадра. После этого вычисляется длительность одного временного интервала, что позволяет вспомогательному микроконтроллеру в каждом временном интервале в соответствии с полученным из главного контроллера сценарием включать на соответствующее время светодиоды, которые находятся под его управлением. Программное обеспечение для главного и вспомогательного микроконтроллеров разработано в системе программирования IAR на языке C.

В работе определены функции аппаратных средств для управления яркостью источников света. Показано, что эти функции целесообразно выполнять модулями драйверов светодиодов, модулями питания светодиодов и модулями светодиодов. Конструкции этих модулей могут быть самыми разными в зависимости от количества светодиодов, их расположения, размеров, типов, электрических параметров. Важно, что при замене одних модулей на другие не требуется модификация аппаратуры вспомогательных микроконтроллеров.

В диссертации рассмотрена методика приспособления масштабируемого программно-аппаратного комплекса к специфике конкретного применения. Показано, что в том случае, если устройство отображения используется для формирования статических изображений, которые изменяются достаточно редко, архитектура ВС может быть упрощена путем использования интерфейса DMX-512 для передачи информации от главного микроконтроллера вспомогательным. Переход на этот интерфейс позволяет также управлять большим набором существующих устройств, воспринимающих сигналы по указанному интерфейсу.

Автором проведен анализ специфики использования программно-аппаратных комплексов в различных устройствах отображения, содержащих различное количество светодиодов, имеющих различную частоту смены кадров, управляющих различными типами подвижных источников света. Определены требования к производительности микроконтроллеров и к количеству портов ввода-вывода. Показано, что в зависимости от конкретного применения архитектура, состав оборудования и требования к быстродействию микроконтроллеров могут изменяться в значительной степени.

Существует большое количество аппаратных и программных средств, обеспечивающих показ на экране монитора изображений, полученных от различных источников, таких как телевизионные программы, видеокамеры, CD диски, Интернет. Информация об этих изображениях передается из ПК в монитор. Желательно использовать эту информацию для формирования изображений с помощью ДИС. В этом случае устройство для формирования изображений может воспринимать информацию об изображении от тех же источников, что и ПК. С этой целью проведен анализ возможностей по использованию в максимально возможной степени существующих аппаратных и программных средств, встроенных в ЖК монитор. Автором экспериментально проанализирована работа контроллеров ЖК мониторов различных фирм, таких как Samsung, View Sonic, BenQ, Acer, Green Wood с целью определения интерфейса между контроллером ЖК монитора и электроникой ЖК экрана.

Путем анализа сигналов с выходов ЖК микроконтроллера при показе различных изображений на ЖК матрице диссертантом установлено, что эти сигналы совпадают с последовательностью, на основе которой формируются сигналы стандартного интерфейса DVI (Digital Video Interface). Однако интенсивности красного, зеленого и голубого цветов могут быть подвергнуты корректировке в соответствии с имеющимися в ЖК контроллере регуляторами, которые могут изменять яркость, контрастность и палитру изображения. Кроме того, в ЖК контроллере используется таблица LUT (Look Up Table), в соответствии с которой осуществляется коррекция величины управляющих воздействий на ЖК ячейки таким образом, чтобы яркость пиксела соответствовала значению, указанному в управляющей матрице. На основе проведенного анализа сделан вывод, что выходные сигналы с ЖК контроллера могут быть использованы в разрабатываемых программно-аппаратных комплексах

Основываясь на этом выводе, диссертантом разработана методика использования существующих аппаратных средств для передачи сценариев из ПК в соответствующие ДИС. При этом выходные сигналы ЖК контроллера, предназначенные для колонки пикселей, рассматриваются как сценарий для ДИС. В управляющую матрицу в памяти ПК записывается не изображение в формате BMP, а сформированные при помощи программной модели сценарии. Количество временных интервалов в сценариях равно количеству строк в управляющей матрице. Сценарий для ДИС с номером i записывается в i – ой колонке управляющей матрицы.

Анализ возможных способов извлечения управляющей информации для каждого сценария из потока информации с выходов ЖК контроллера показал, что эти функции целесообразно выполнять аппаратными средствами, так как темп поступления данных со всех выходных шин достаточно высок и составляет около 1 Гбит/с. В диссертации разработаны аппаратные средства, реализующие эти функции. Эти средства представляют собой совокупность регистров сдвига, в которых запоминается поступающая с выходов ЖК контроллера информация, относящаяся к показу очередной строки. После заполнения этих регистров в драйверы светодиодов поочередно передается информация о 8 контрастных изображениях. Время показа очередного контрастного изображения в 2 раза меньше, чем предыдущего. В результате время свечения светодиода оказывается пропорционально значению яркости, указанному в сценарии. Таким образом, информация, поступающая с выходов ЖК контроллера для показа одной строки пикселей, используется для установки яркости всех ДИС в одном временном интервале. Информация, поступающая с выходов ЖК контроллера для показа очередной строки, используется для формирования яркости ДИС в очередном временном интервале.

Чтобы совместить процесс заполнения регистров сдвига с процессом показа изображения, используется 2 комплекта регистров сдвига. Когда производится засветка ДИС в соответствии с одним комплектом, другой комплект заполняется информацией с выходов ЖК контроллера, относящейся к следующей строке.

В диссертации показано, что указанные аппаратные средства могут быть реализованы на основе ПЛИС, содержащей около 25 000 логических ячеек. Например, может быть использована ПЛИС фирмы ALTERA типа CYCLONE III EP3C25F324. Такая аппаратура

обеспечивает управление в реальном масштабе времени 1280 RGB светодиодами, что позволяет формировать XVGA изображения с разрешением 1280*1024 пикселей.

В пятой главе, озаглавленной Экспериментальное исследование функционирования программно-аппаратных комплексов в устройствах отображения информации движущимися источниками света и перспективы их применения, приводятся результаты экспериментального исследования функционирования программно-аппаратных комплексов, обеспечивающих формирование изображений. Экспериментальные исследования проводились диссертантом на макетах устройств отображения с помощью ДИС. Управление яркостью ДИС осуществлялось в соответствии со сценариями, полученными с помощью программной модели. Сценарии загружались в масштабируемый иерархический программно-аппаратный комплекс, количество вспомогательных микроконтроллеров в котором изменялось от одного до десяти. Макеты отличаются от реальных устройств только меньшим количеством используемой аппаратуры, в частности, меньшим количеством используемых светодиодов. Однако они позволяют полностью проверить справедливость полученных теоретических результатов. Исследовалось формирование изображений при различных законах движения ДИС, таких как движение светодиодов по цилиндрической поверхности, движение светодиодов, расположенных на поверхности вращающегося диска, движение светодиодов, прикрепленных к колеблющемуся вибратору.

Были экспериментально изучены свойства изображений, видимых в колеблющемся зеркале при отражении от него неподвижной линейки светодиодов. Такие изображения обладают рядом неожиданных, непривычных свойств. Основное отличие в том, что изображение формируется не в плоскости экрана, так как экран в этом случае отсутствует. Наблюдаемая в зеркале картина полностью совпадает по своим свойствам с картиной реального мира, которую можно наблюдать через отверстие в стене. При приближении к зеркалу виден большой фрагмент изображения.

Различные модификации модульных, масштабируемых иерархических аппаратно-программных комплексов внедрены в нескольких организациях, таких как Мурманский морской порт, музей космонавтики на ВВЦ, телекомпания 4+ , торговый центр VEGAS, где реализованы различные сценарии для светодиодных систем, состоящих



Рис. 4. Схема просмотра телевизионной передачи зрителем в колеблющемся зеркале, в котором отражается линейка светодиодов

из десятков тысяч светодиодов. Сценарии составлялись заказчиками с использованием переданных им программных средств для создания сценариев.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования функционирования аппаратно-программных комплексов в устройствах отображения информации на основе ДИС полностью подтвердили выводы, полученные при теоретических

исследованиях.

При анализе перспектив дальнейшего развития разработанных программно аппаратных комплексов следует иметь в виду перспективы использования тех устройств отображения, для которых они предназначались. В первую очередь, следует упомянуть применение устройств с колеблющимся зеркалом для просмотра телевизионных программ. В настоящее время имеется тенденция к увеличению телевизионного экрана. Однако при этом такие телевизоры являются громоздкими дорогостоящими изделиями, требующими больших площадей для установки. Просмотр телевизионных программ в колеблющемся зеркале (рис.4) позволяет наблюдать изображение размером в несколько метров и при этом находиться в комнате, размеры которой могут быть меньше размера наблюдаемого изображения. Когда светодиодные источники света получают широкое распространение, линейку светодиодов на рис.б можно использовать в качестве светильника с любым цветовым оттенком и с любой яркостью.

Устройства с колеблющимся зеркалом могут быть также использованы в качестве мониторов. При этом одновременно можно формировать несколько страниц с помощью нескольких линеек светодиодов. Для перехода от просмотра одной страницы к просмотру другой пользователю достаточно изменить ориентацию колеблющегося зеркала или угол, под которым он смотрит на зеркало.

Весьма перспективно использование разработанных средств в распределенных проекторах при создании яркого изображения на

экране большой площади. Такие проекторы позволяют передавать динамические изображения на уличные рекламные щиты, а также на стены высотных зданий.

Основные результаты диссертации

1. Разработана программная модель обобщенного устройства формирования изображений движущимися источниками света
2. Исследована и разработана архитектура модульного масштабируемого программно-аппаратного комплекса для новых устройств отображения информации, где изображение создается множеством движущихся источников света.
3. Предложены алгоритмы функционирования отдельных компонентов программно-аппаратного комплекса для различных типов новых устройств отображения.
4. Выполнен анализ программно-аппаратных комплексов существующих персональных компьютеров и ЖК мониторов. Показано, что в разработанных программно-аппаратных комплексах могут быть частично использованы существующие аппаратные и программные средства.
5. Экспериментально исследованы макеты некоторых новых устройств отображения информации под управлением разработанных программно-аппаратных комплексов. Результаты экспериментальных исследований полностью подтвердили выводы теоретического анализа.
6. Показано, что требования к системе управления яркостью подвижными источниками света в принципиально новых устройствах отображения информации могут быть удовлетворены на основе достигнутого в настоящее время уровня развития электроники.

Список работ по теме диссертации

В рецензируемых журналах из списка ВАК:

Торчигин А.В. Об одном подходе к формированию виртуального окружения // Автометрия т. 45, № 1, 2009, с. 73-82.

Торчигин А.В. Об одном подходе к формированию изображений без использования экрана // Информатика и ее применение т.3, №1 2009, с. 60-68.

Торчигин А.В. О возможности использования новых технических средств для формирования ярких широкоформатных изображений // Информационные технологии и вычислительные системы. №1, 2009, с. 98-105.

Торчигин А.В. Цифровая обработка сигналов в распределенном проекторе для формирования ярких изображений на широкоформатных экранах // Цифровая обработка сигналов, №4, 2008 с.19-22.

В других изданиях:

Торчигин А.В. Формирование изображений движущимися источниками света. М.: Издательство ИПИ РАН, 2008. – 75с.

Торчигин А.В. Об одном подходе к формированию ярких широкоформатных изображений // Сборник трудов ИПИ РАН «Системы и средства информатики (дополнительный выпуск)» М.: Наука 2008, с.231-242.

Торчигин А.В. Об одном подходе к реализации систем ЦОС на основе многоядерных кристаллов // 10-я Международная конференция «цифровая обработка сигналов и ее применение» 26-28 марта 2008 г., Москва, Россия. Труды научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Москва, 2008. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение. Выпуск X-2 с. 585-588.

Торчигин А.В. Об одном подходе к реализации электронных схем на основе многоядерных кристаллов // XXXV международная конференция, VI Международная конференция молодых ученых «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе» IT+S@E'08, Майская сессия, Украина, Ялта-Гурзуф, 20-30 мая 2008 года, с.55-56.

Торчигин А.В. Управление множеством светодиодов в распределенном проекторе при синтезе ярких изображений на широкоформатных экранах V Всероссийская школа-семинар молодых ученых // «Управление большими системами» 21-24 октября 2008 г., г. Липецк. Сборник трудов, том 2, с. 303-309.

Торчигин А.В. Обработка данных в системах создания виртуального окружения // 31-я конференция молодых ученых и специалистов Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН ИТиС'08 29 сентября - 3 октября 2008 г., г. Геленджик. Сборник трудов

ISBN 978-5-901158-08-01, с. 482-487 (доступен по адресу <http://www.iitp.ru/ru/conferences/340.htm>).

Список полученных патентов:

Торчигин А.В. Способ формирования изображений и устройство для его осуществления. Патент РФ на изобретение №2328024 с приоритетом от 29 декабря 2003 г. Опубликовано в Бюллетень изобретений №18, 2005.06.10.

Торчигин А.В. Устройство для формирования на экране изображений. Патент РФ на изобретение №2392650 с приоритетом от 30 июня 2008 г. Опубликовано в Бюллетень изобретений №17, 20 06 2010.

Торчигин В.П., Торчигин А.В. Светодиодный цифровой проектор. Патент РФ на изобретение №2400789. Приоритет от 12 сентября 2008 г. Опубликовано в Бюллетень изобретений №27 27.09.2010 (личный вклад автора – предложенный метод размещения проецируемых светодиодов в светодиодном цифровом проекторе).

Торчигин В.П., Торчигин А.В. Устройство для формирования и наблюдения изображений. Патент РФ на изобретение №2400787. Приоритет от 12 сентября 2008 года. Опубликовано в Бюллетень изобретений №27 27.09.2010 (личный вклад автора – предложенный метод формирования и наблюдения изображений с помощью системы вращающихся трехгранных призм с зеркальными гранями).

Торчигин А.В. Переносной светодиодный экран. Патент РФ на изобретение №2411590. Приоритет от 27 февраля 2009 года. Опубликовано в Бюллетень изобретений №4 10.02.2011.