

УДК 621.397.46

ЭЛЕКТРОННАЯ АРХИТЕКТУРА LCoS МИКРОДИСПЛЕЯ ДЛЯ ВИДЕОПРОЕКЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ПЕРСОНАЛЬНОГО ТИПА

А.С. МОХАММЕД, А.Г. СМИРНОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 1 октября 2014

Разработана электронная архитектура полноцветных LCoS микродисплеев SVGA формата для видеопроекционных устройств персонального типа. Основное внимание уделено вопросам выбора наиболее эффективных методов независимой адресации каждого пикселя, реализации шкалы серого (полутонов), а также формированию полноцветного изображения требуемого разрешения.

Ключевые слова: микродисплей, электронная архитектура, видео-проекционное устройство персонального типа.

Введение

Микродисплеи – это микроминиатюрные комбинированные электронно-оптические устройства отображения текстовой, графической и видеоинформации. В настоящее время наблюдается большой интерес к микродисплейной технике в связи с тем, что начиная с конца 2013 г. крупнейшие корпорации мира Google, Microsoft, Samsung и др. начали промышленное производство различных вариантов «умных очков» и мобильных устройств телекоммуникации на их основе. Несмотря на то, что дистанция наблюдения в таких видеопроекционных устройствах составляет всего 1–2 сантиметра, изображение воспринимается глазом человека как «виртуальное», соответствующее полноэкранному изображению 40-дюймового экрана телевизора с расстояния нескольких метров. Несомненно, что функциональность «умных очков» определяется используемым программным обеспечением, однако их потребительские свойства зависят, в первую очередь, от параметров и характеристик применяемых в них микродисплеев. В данной статье подробно описаны вопросы, связанные с выбором оптимальной электронной архитектуры наиболее применяемых в настоящее время микродисплеев, выполненных по технологии LCoS (Liquid-Crystal-on-Silicon) SVGA формата (800×600 пикселей).

Индивидуальная адресация пикселей

В общем случае, для микродисплеев вид индивидуальной адресации выбирается в зависимости от числа электрических подключений, необходимых для эффективной независимой адресации пикселей [1]. Сегодня могут использоваться 3 метода адресации:

Прямая адресация подразумевает индивидуально управляемое электрическое подключение к каждому элементу отображения (электроду) с помощью металлической шины и, следовательно, применима главным образом для дисплеев с небольшим общим числом пикселей, например, семи сегментного или малоформатного матричного дисплея. При этом дисплеи, которым для работы необходим противоэлектрод (например, жидкокристаллические LCD или органические OLED), обладают преимуществом при прямой адресации, которое проявляется в том, что противоэлектрод может быть сплошным – нет необходимости

конфигурировать его на пиксельном уровне, т.е. исключается операция фотолитографии. Дисплей, состоящий из $M \times N$ пикселей, управляемый по методу прямой адресации, требует $(M \times N) + 1$ выводов по внешнему периметру (по одному на каждый пиксель плюс противоэлектрод). Это означает, что в нашем случае, при $M = 800$ и $N = 600$ для SVGA-формата изображения размером, например, 15×10 мм шаг внешних выводов составит менее 2 мкм, что технологически не реализуемо.

Пассивно-матричная адресация используется для микродисплеев матричного типа, в которых матрица пикселей представляет собой простую прямоугольную повторяющуюся конфигурацию и требует моделирования как верхнего, так и нижнего уровня электродов. Все пиксели каждого столбца и каждой строки соединены проводящими дорожками, формируемыми на 2 уровнях (рис. 1).

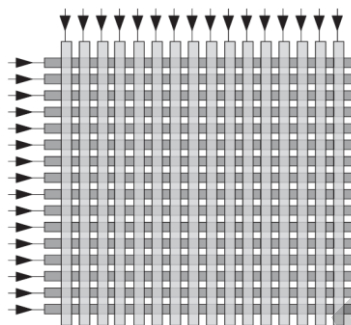


Рис. 1. Схематическое изображение структуры пассивно-матричного микродисплея

Таким образом, дисплей, состоящий из M столбцов и N строк, то есть содержащий $M \times N$ пикселей, требует только $M + N$ выводов, M из которых расположено обычно на одной (скажем, нижней) подложке, а N – на другой. Существенное ограничение пассивно-матричной адресации состоит в том, что обращение к каждой строке должно осуществляться за время, которое не превышает $1/N$ от общего времени смены данных на дисплее, т.е. верхний предел рабочего цикла по частоте равен $1/N$. Адресация методом двойного сканирования, при которой верхняя половина дисплея управляется сверху, а нижняя половина – снизу, увеличивает указанное время до $2/N$. Более того, практически невозможно контролировать емкостную перекрестную наводку между проводящими дорожками, соединяющими пиксели [2].

Активно-матричная адресация выбрана авторами для LCoS микродисплеев матричного типа высокого разрешения, поскольку совокупность пикселей имеет простую прямоугольную повторяющуюся конфигурацию и требует модулирования только электродов одного уровня за счет добавления переключающего и запоминающего элемента в каждом пикселе (по сути ячейка динамического ОЗУ из МОП-транзистора, формируемого на кремниевом чипе и работающими в ключевом режиме совместно с конденсатором (рис. 2) [3].

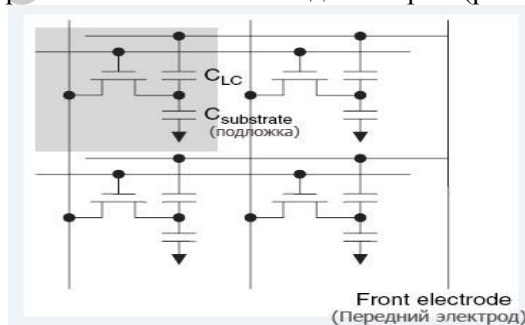


Рис. 2. Схематическое изображение структуры активно-матричного микродисплея

Формирование шкалы серого

Выбранный для реализации шкалы серого (полутонов) метод в значительной степени определяет электронную архитектуру LCoS микродисплея.

Формирование полутонов (или уровней яркости) можно обеспечить за счет одного или комбинацией различных методов. Конструкция LCoS микродисплея, по сути, характеризуемого

аналоговым электрооптическим откликом, позволяет создать непрерывный диапазон уровней серого или фиксированное число дискретных уровней серого в зависимости от точности управления амплитудой электронного сигнала управления, как непрерывно изменяемого, так и дискретного. Уровни серого могут также восприниматься в двоичной системе, содержащей только электрооптический отклик типа «On/Off» («Включен/Выключен»), посредством пространственной сегментации некоторой области пикселей на субпиксели или субпиксельные участки равного размера, или же на субпиксели, относительный размер которых взвешен двоично. В первом случае количество 2^n одинаковых субпикселей приводит к 2^n уровням серого, или n -битной шкале серого. В последнем случае количество n двоично-взвешенных субпикселей достаточно для получения 2^n уровней серого, или n -битной шкале серого. Устройства, работающие в двоичном режиме, а также устройства с двумя устойчивыми состояниями, позволяют воспроизводить непрерывную или дискретную шкалу серого посредством управления:

- а) шириной одиночного импульса света фиксированной выходной амплитуды из каждого пикселя за время периода кадровой развертки (Single Pulse Width Modulation);
- б) состоянием последовательности сходных одиночных импульсов из каждого пикселя за время периода кадровой развертки (Pulse Count Modulation или Count-based Pulse Width Modulation);
- в) состоянием «On/Off» («Включен/Выключен») последовательности двоично-взвешенных во времени одиночных импульсов света из каждого пикселя за время периода кадровой развертки (Binary-Weighted Pulse Coded Modulation или Binary-coded Pulse Width Modulation) [3].

Формирование полноцветного изображения

Метод, выбранный авторами для формирования полноцветного изображения, также в значительной степени определяет электронную архитектуру LCoS микродисплея. Проанализированы несколько вариантов.

Пространственно-разделенная RGB-конфигурация светофильтров. Содержит отдельные (красный, зеленый и синий) субпиксели (рис. 3, а) и позволяет использовать одномодульный вариант. Стандартным приемом, который позволяет реализовать данную возможность в жидкокристаллических дисплеях прямого наблюдения, является подсветка белым светом с красным, зеленым и синим фильтрами, которые закрывают каждый из трех субпикселей.

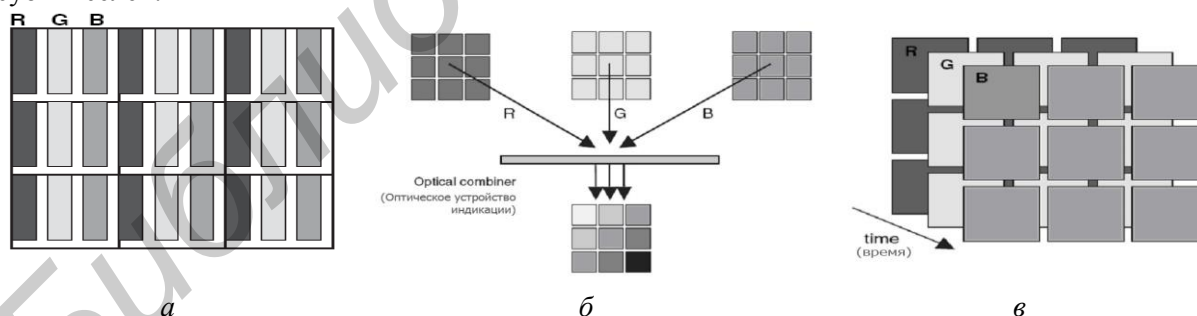


Рис. 3. Общие компоновочные схемы LCoS микродисплеев в одномодульном (а, в) и трехмодульном исполнении (б)

Трехмодульный метод использует три одинаковых монохромных LCoS микродисплея, в которых пиксели пространственно не разделены на субпиксели и каждый микродисплей передает одно основное цветовое поле с увеличенным в 3 раза разрешением (рис. 3, б).

Технология последовательной передачи цветов (Field-sequential-color) основана на отображении в быстрой последовательности трех субкадров – красного, зеленого и синего, содержащих необходимую информацию для составления полноцветного изображения. Если цикл смены трех составляющих изображения сделать достаточно быстрым, то глаз в силу определенной инерционности увидит только это изображение, а не его отдельные компоненты. В LCoS микродисплеях для реализации подобной технологии необходима активно-матричная

панель, в которой пиксели не разделены на субпиксели. Матрица пикселей электрическим путем получает и оптическим передает последовательно один за другим информацию, которую содержат каждый из трех основных цветов. Данные цветного изображения разделяются на три основных цветовых поля – красное, зеленое и синее. Красное, зеленое и синие поля изображения последовательно отображаются на микродисплее (рис. 3, в), при этом соответствующая подсветка происходит в строго синхронизированном порядке.

При сравнении достоинств и недостатков перечисленных методов, установлено, что наиболее рациональным является выбор третьего варианта, несмотря на то, что время адресации кадра уменьшается в 3 раза.

Электронная архитектура SXGA LCoS микродисплея

Разработанная электронная архитектура LCoS микродисплея SXGA формата представлена на рис. 4. Ее основные особенности: кремниевый чип принимает аналоговые видеоданные, строки управляются с обоих краев, причем управление осуществляется с инверсией столбцов, при которой высокий и низкий уровни видеосигнала подаются на четные и нечетные столбцы соответственно. Данные высокого уровня всегда обрабатываются с «северной» части матрицы, а низкие – с «южной».

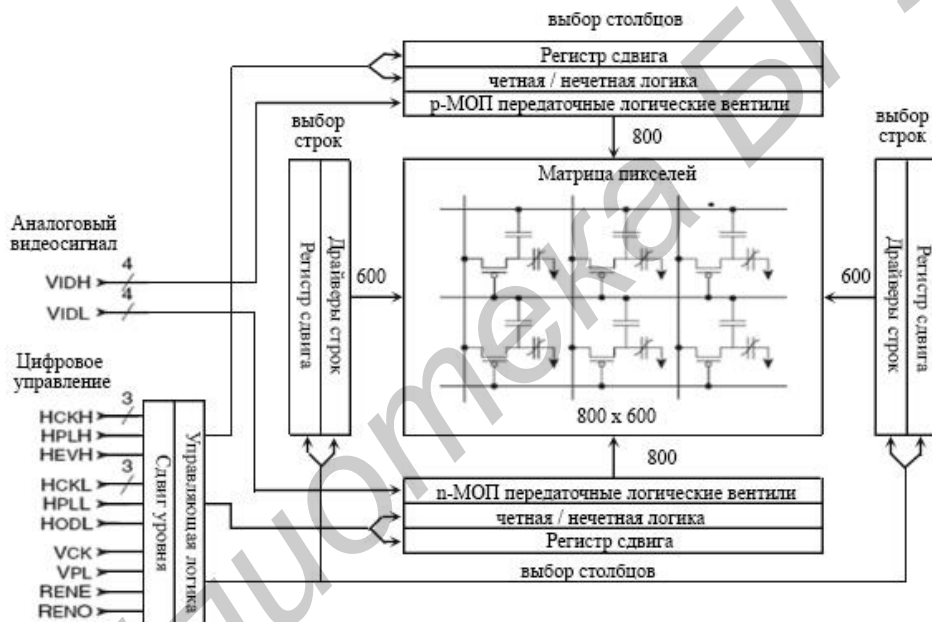


Рис. 4. Электронная архитектура LCoS-микродисплея с разрешением 800×600

Последовательно поступающие данные необходимо распределить и сохранить в каскаде 1 каждой ячейки формирователя столбцов, пока не будут собраны и сохранены данные для всех столбцов. Затем данные всех столбцов одновременно передаются из каскада 1 в каскад 2. Данный двухкаскадный подход позволяет полностью записать данные в строку j , в то время как происходит сбор данных строки $j+1$. С помощью устройства формирования столбцов матрицы принимаемые, хранимые и передаваемые данные могут быть полностью аналоговыми, цифровыми (одноразрядными или многоразрядными) или могут подвергаться преобразованию (наиболее часто распространенный вариант – преобразование цифровых многоразрядных данных в аналоговый формат). В действительности, в случае преобразования данных из цифровых в аналоговые, наиболее вероятно применение одного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) на некоторое число столбцов. Точное согласование цифро-аналоговых преобразователей является критичным, поскольку любое несоответствие может вызвать заметную вертикальную сегментацию изображения.

Средняя скорость передачи данных $D_{ср}$, требуемая для управления полноцветным микродисплеем, составляет $3MF$, где F – частота смены кадров, $3MN$ – число точек (в предположении, что M – это столбцы, N – строки и три субпикселя RGB на цветной пиксель).

Пиковая скорость передачи данных может быть значительно выше, чем рассчитанная по этой формуле, т.к. данные могут передаваться дважды для достижения уравнивания по постоянному току в системе LCoS, или же рабочий цикл передачи данных может быть менее 100 %. В последнем случае это происходит в системах, в которых, например, электронная адресация должна прерываться во время периодов стабилизации жидкого кристалла. Высокая скорость передачи данных, разработанная для таких приложений, как телевидение высокой четкости (HDTV), подразумевает значительный параллелизм и хранение, а также непрерывность на микродисплейном уровне, особенно для систем с последовательной передачей цветов.

Заключение

Проведено обоснование и осуществлен выбор метода адресации LCoS микродисплеев для видеопроекционного устройства персонального типа. Показано, что использование активно-матричной адресации обеспечивает формирование изображения требуемого качества без существенного усложнения электронной части устройства. Установлено, что для реализации шкалы серого и полноцветного изображения LCoS микродисплеев необходимо использовать метод последовательного формирования цветовых полей, что обеспечивает упрощение конструкции и снижение стоимости LCoS микродисплеев.

Разработана электронная архитектура LCoS микродисплея SVGA формата для видеопроекционного устройства персонального типа с использованием возможности интеграции строчных и столбцовых драйверов на кремниевом чипе.

ELECTRONIC ARCHITECTURE OF LCoS MICRODISPLAYS FOR PERSONAL VIDEOPROJECTORS

A.S. MOHAMMED, A.G. SMIRNOV

Abstract

The electronic architecture of LCoS microdisplays including addressing scheme, methods of gray scale and full color images formation is described.

Список литературы

1. *Smirnov A., Mohammed Abubakar Saddiq* // Матер. 19-го междунар. симпозиума «Перспективные технологии дисплеев и полупроводниковой осветительной техники». Логойск, март, 2011. С. 170–182.
2. *Мохаммед А.С., Муха Е.В., Степанов А.А. и др.* // Докл. БГУИР. 2014. № 4 (82). С. 29–34
3. *Смирнов А.Г.* Матрицы активных элементов для управления высокоинформативными жидкокристаллическими дисплеями. Минск, 2002.