

## Эко-дисплей — направление увеличения эффективности подсветки в ЖК-дисплеях

**В настоящее время технология TFT ЖК-дисплеев достигла уровня совершенства и обеспечивает отличное качество изображения. На современном этапе, когда развернулась борьба за экономию энергии в бытовой электронной аппаратуре, активизировались работы и по снижению уровня потребления у ЖК-телевизоров. И возможности для этого есть. Разработанные ведущими производителями новые дисплейные технологии позволяют уже в ближайшее время снизить уровень потребления TFT ЖК-панелей в несколько раз.**

Александр САМАРИН

Рассмотрим ресурс потребления современного TFT ЖК-телевизора с диагональю 32 дюйма. Общая мощность потребления такого телевизора составляет около 150 Вт. Из них более 100 Вт потребляет дисплейный модуль, а именно — модуль подсветки. Используемые светодиодные модули подсветки обеспечивают очень высокую эффективность, однородность и яркость.

Однако большая часть света от источника, до 95%, рассеивается на внутренней оптической структуре ЖК-модулятора и не влияет на яркость изображения. Основной вклад в поглощение вносят скрещенные поляризаторы (пропускание 43%) и цветные фильтры (коэффициент пропускания 33%). Таким образом, эти два оптических элемента поглощают 86% света источника. На рис. 1 показана

структура стандартной TFT телевизионной ЖК-панели с размером 32 дюйма и коэффициенты пропускания для всех оптических компонентов системы.

Таким образом, увеличение коэффициента пропускания оптической системы позволит значительно снизить мощность, потребляемую источником подсветки, а значит, и всего продукта в целом.

А можно ли сделать оптическую систему без использования поляризаторов и цветных фильтров, чтобы избежать таких больших потерь световой энергии? На данный момент методы для создания таких систем есть.

Следует отметить и еще один фактор, который способствует внедрению таких систем: снижение цены дисплейной ЖК-панели. Судя по диаграмме на рис. 2, доля цветных фильтров и поляризатора составляет внушительную часть себестоимости ЖК-панели — 29%, то есть почти третью часть. Дорогие микросхемы драйверов на этом фоне имеют всего 5%.

### Убираем цветные фильтры

Ликвидация из оптической системы ЖК-панели цветных фильтров дает увеличение пропускания TFT ЖК-панели в три раза! Требуемая мощность задней подсветки также уменьшается в три раза. Для получения цветного изображения можно использовать обычную черно-белую ЖК-панель и метод последовательной цветокадровой модуляции.

### Цветовая покadroвая модуляция

Метод покadroвой цветовой модуляции (Field Sequential Color, FSC) давно известен и применяется в различных дисплейных систе-

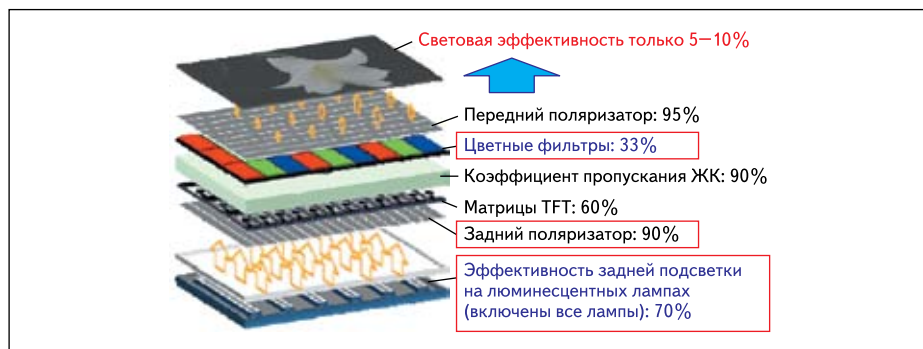


Рис. 1. Структура телевизионной TFT ЖК-панели и коэффициенты пропускания компонентов оптической структуры панели

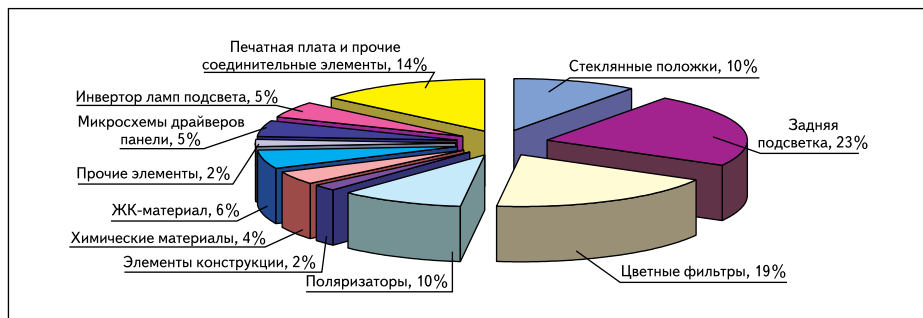


Рис. 2. Структура себестоимости компонентов TFT ЖК-панели 32 дюйма

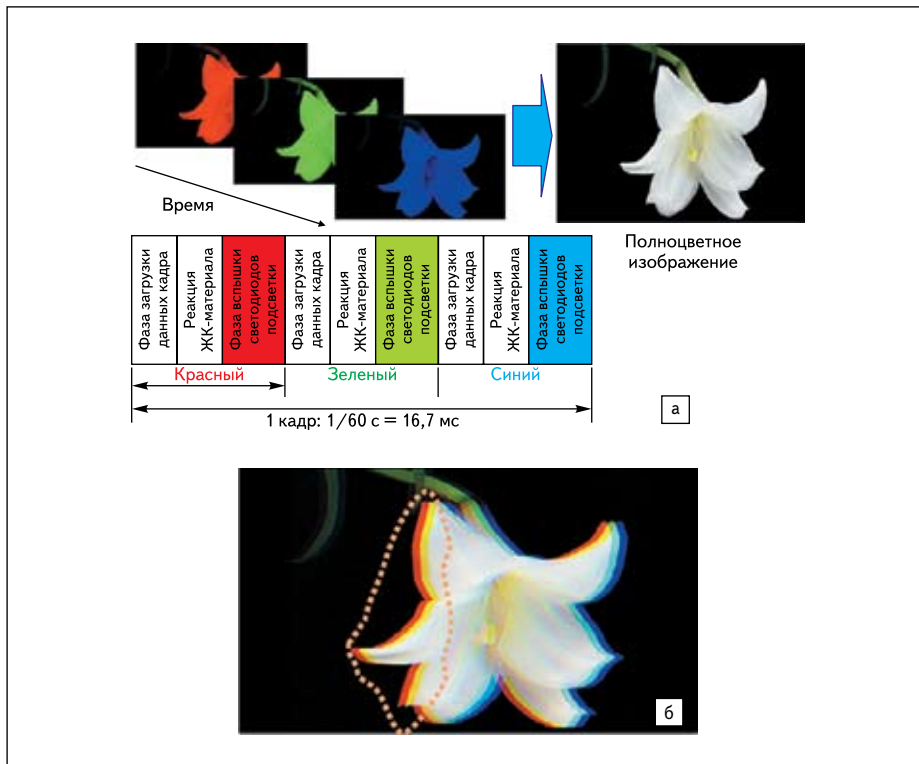


Рис. 3. Цветовая окантовка изображения при обычной FSC: а) диаграмма управления FSC ЖК-дисплея; б) цветная окантовка CBU

мах, в частности, в проекционных дисплейных системах. Этот метод позволяет полностью исключить цветовые фильтры. Принцип FSC очень простой: для синтеза цветного изображения используется раздельная по времени модуляция по цветам. Для этого применяются повышенная кадровая развертка и управляемые импульсные RGB источники света. При этом получается еще и увеличение разрешения в 3 раза. Есть и минусы. Если не использовать специальные методы компенсации или обработки, могут появляться артефакты в виде цветовой окантовки изображения (Color breakup, CBU). Этот эффект — следствие физиологической особенности зрительной системы человека и не обнаруживается электронными камерами. На рис. 3 показан метод реализации стандартной FSC-модуляции и проявление эффекта CBU.

Чтобы получить при последовательной кадровой модуляции по цветам такую же

яркость изображения, как и при обычной модуляции, необходимо увеличить яркость «вспышек» подсветки в 9 раз (рис. 3). Интегрирование по времени зрительной системой этих импульсных картинок должно привести к восстановлению полноцветного изображения. Однако при движении глаз в процессе интегрирования поля изображения во времени возникает небольшое смещение цветовых полей. Повышенная яркость вспышек приводит к тому, что это смещение становится очень заметным. Глаз замечает паразитную окантовку изображения. Этот эффект проявляется для всех систем с цветокадровой модуляцией, в том числе и для DLP-проекторов.

Существует несколько методов борьбы с паразитным эффектом. В одних случаях используется компенсация цветовой бахромы, в других учитывается физиологическая особенность восприятия цветовых по-

лей, а в третьих — применяется специальный метод формирования цветовых полей, при интегрировании которых эффект будет менее заметен. В DLP-проекторах, например, для компенсации CBU используется вставка дополнительного цветового кадра (RBY или RBCY). Для уменьшения ширины окантовки вставляют и пустые дополнительные темные кадры. Другим способом уменьшения эффекта CBU является повышение частоты кадровой развертки, например до 540 Гц. Однако в нашем случае это неприемлемо, ввиду недостаточного ресурса по быстродействию многих дисплейных компонентов, прежде всего самого ЖК-модулятора. Реальный ресурс кадровой развертки ЖК-панели в настоящее время ограничен частотой 240 Гц. Уменьшение CBU можно получить и за счет снижения яркости цветных полей.

### Метод Stencil-FSC

Для уменьшения CBU-эффекта группой тайванских специалистов из Дисплейного Института и Института Инженерной Электрооптики разработан перспективный метод Stencil-FSC, в котором используется развертка с пониженной частотой и одновременной модуляцией в одном поле двух цветных составляющих изображения.

Метод основан на применении сразу двух ключевых приемов: цветокадровой последовательной модуляции на основе двух двухцветных полей и использовании двухмодуляторной оптической схемы. Первый модулятор реализован на матрице управляемых по яркости цветных светодиодов (формат 40×40). Второй модулятор — черно-белая TFT ЖК-панель. Этот HDR-метод [1] формирования высококонтрастного цветного изображения с большим динамическим диапазоном в настоящее время широко используется в некоторых моделях серийных TFT ЖК-телевизоров. Двухмодуляторный метод обеспечивает очень высокий динамический диапазон контраста — до 100 000:1. В частности, HDR-телевизоры выпускает фирма Samsung. На рис. 4 показан принцип использования двух ключевых приемов Stencil-FSC.

Для формирования цветного изображения используется кадровая развертка 120 Гц.

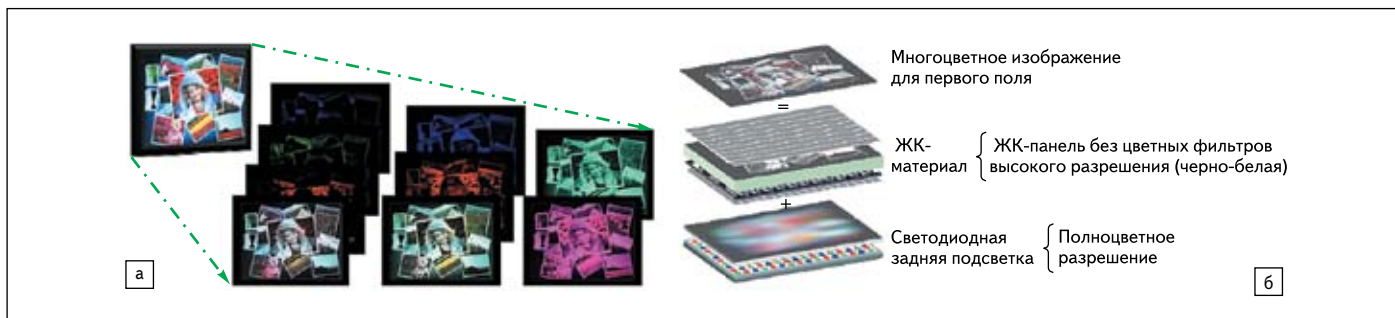


Рис. 4. Два ключевых компонента технологии Stencil-FSC: а) поля изображений для Stencil-FSC; б) итоговое многоцветное изображение

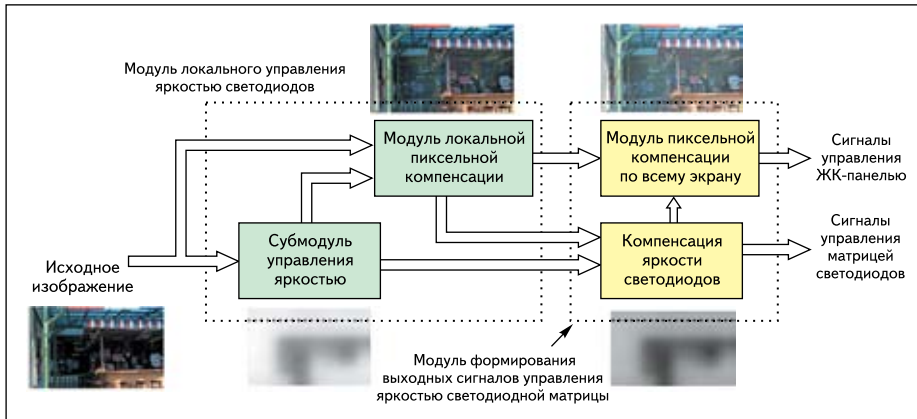


Рис. 5. Структура модуля формирования сигналов управления Stencil-FSC

Исходный сигнал видеоизображения поступает на модуль управления матричной задней подсветкой и в модуль формирования сигналов для ЖК-панели.

Для каждого кадра видеопроцессорный модуль формирует специальные двухцветные изображения. Для ЖК-панели и модуля подсветки в каждом кадре синтезируются сигналы управления, учитывающие структуру цветовых полей и распределение ролей двух модуляторов. С помощью массива светодиодов в первом модуляторе формируется двухцветное изображение низкого разрешения. Модуляция ЖК-панели обеспечивает прорисовку более тонких деталей на фоне цветовых грубых пятен от массива светодиодов с учетом топологии шаблона двухцветного поля, формируемого светодиодной матрицей. В первом поле развертки используется шаблон цветовой раскраски RB, а во втором — GB. Суперпозиция двух кадров обеспечивает передачу цветного изображения с широким динамическим диапазоном по яркости и уменьшением цветной окантовки. Для синтеза сигналов управления применяются память на кадр и видеопроцессор.

Были разработаны несколько схем Stencil-FSC метода с частотой развертки 240, 180 и 120 Гц

с подавлением эффекта CBU. Очевидно, чем выше частота кадровой развертки, тем выше и стоимость реализации. Правда, для реализации более высоких разверток 180–240 Гц можно использовать только технологию OSB, которая еще не вышла на промышленный уровень. Метод с разверткой 120 Гц приемлем для технологий TN, IPS, MVA.

### Двухкадровый метод цветокадровой модуляции

Трехкадровую систему синтеза цветного изображения стали использовать потому, что она более проста в реализации. А эффект CBU на первом этапе воспринимался как неизбежное зло. Однако трехкомпонентный синтез не является единственным для получения цветного изображения. Как было отмечено ранее, снижение эффекта CBU можно получить за счет уменьшения яркости цветовых полей. Цифровая обработка позволяет использовать сложные алгоритмы синтеза цветного изображения за счет одновременной модуляции в одном кадре сразу двух цветовых компонентов изображения. Управление подсветкой также изменяется, но это не является проблемой для цифрового управления.

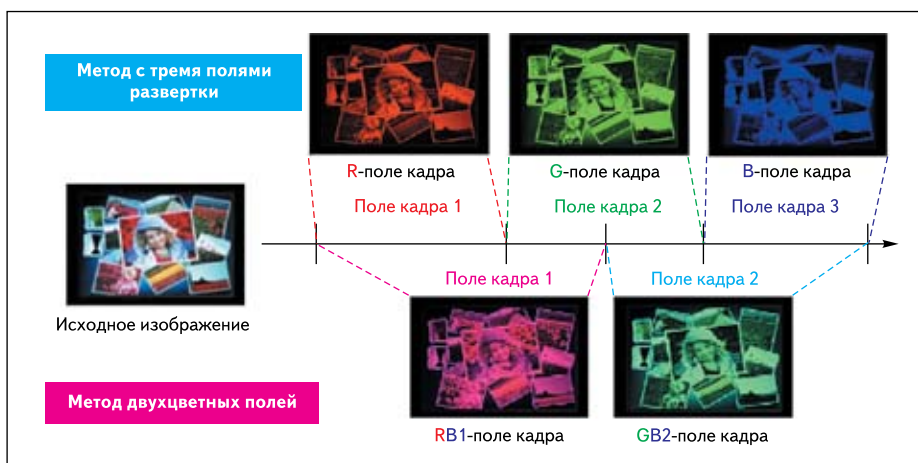


Рис. 6. Сравнение обычного (три кадра) и метода цветокадровой развертки с двумя полями

В предложенном методе Stencil-FSC видеопроцессор синтезирует двухцветные «шаблоны» изображения. Ключевое слово в названии метода — stencil (трафарет) — и указывает на использование этого приема.

Снижается частота кадровой развертки (два поля вместо трех), уменьшается пиковая яркость полей и обеспечиваются более комфортные условия интегрирования образа изображения для зрительной системы без проявления CBU. Получается более однородная по времени модуляция. На рис. 6 дано сравнение методов обычного трехкомпонентного метода и Stencil-FSC.

В каждом из полей модуляции производится синтез шаблонов изображения одновременно для двух цветов. Эти приемы позволяют значительно уменьшить проявление паразитного CBU-эффекта.

В прототипе дисплейной системы Stencil-FSC был получен динамический контраст 26 000:1.

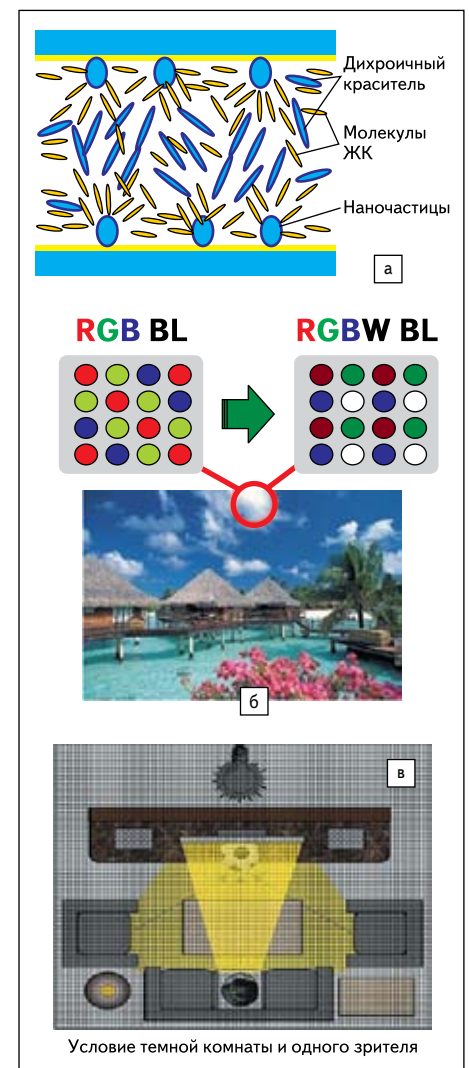


Рис. 7. Методы увеличения эффективности подсветки и пропускания оптических компонентов ЖК-системы: а) использование ЖК-материала на основе дихроичного красителя заменяет скрещенные поляризаторы; б) использование RGBW системы представления цвета; в) подсветка с ограничением и регулировкой угла наблюдения

Средняя мощность потребления панели была снижена до 35 Вт. Подавление CBU составило 40%, и этот эффект стал практически не заметен для глаза.

В ближайшем будущем за счет использования дихроичного ЖК-материала предполагается отказаться от системы из двух скрещенных поляризаторов. В совокупности с методом Stencil-FSC это позволит увеличить пропускание оптической системы ЖК-панели в 10 раз по сравнению с традиционной схемой и уменьшить мощность потребления. Использование кодирования RGBW позволит при сохранении качества изображения также снизить мощность подсветки. Дополнительное сокращение потребляемой мощности подсветки обеспечит введение интеллектуального управления яркостью и уг-

лом. На рис. 7 показаны методы увеличения пропускания для оптической системы ЖК-панели и уменьшения потребляемой мощности за счет интеллектуальной системы управления подсветкой.

Зачем тратить энергию задней подсветки телевизора для освещения всей комнаты? Регулируемый угол источника подсветки позволит с помощью пульта ДУ сфокусировать подсветку в соответствии с нужным углом наблюдения телевизионного экрана для присутствующих зрителей и снизить мощность, потребляемую телевизором.

В заключение стоит отметить, что все предложенные методы не требуют кардинального изменения технологии или применения новых экзотических компонентов и могут быть использованы в промышленных мо-

делях ЖК-телевизоров уже сейчас. Методы обеспечивают производителю дополнительный ресурс для снижения себестоимости продукции, а покупателю — более низкую цену при более высоком потребительском качестве товара. Снижение уровня потребления позволит обеспечить выпуск ЖК-телевизоров с большим экраном, которые могут получать питание и от батарей, например от автомобильных аккумуляторов. ■

### Литература

1. Самарин А. В. Технология и применение HDR-дисплеев // Компоненты и технологии. 2007. № 7.
2. Han-Ping D. Shieh, Yi-Pai Huang, Fang-Cheng Lin, Huang-Ming P. Chen, Yu-Kuo Cheng. Digest SID'09 Eco-Display – an LCD-TV Powered by a Battery?