

# Лабораторная работа N8

## Работа с ЖКИ

### Оглавление

Принцип работы жидкокристаллического индикатора .....	2
Физические основы работы ЖКИ .....	2
Принципы управления ЖКИ .....	3
Статическое управление .....	3
Мультиплексное управление .....	3
Способы отображения информации .....	6
Подсветка .....	6
Светодиодная подсветка .....	6
Электrolюминисцентная подсветка .....	7
Подсветка на люминесцентной лампе с холодным катодом .....	7
Глоссарий терминов .....	7
Активная область .....	7
Апертурный коэффициент .....	8
Формат изображения .....	8
В/М .....	9
С/Р .....	9
LTPS .....	9
Яркость .....	10
Муар (Moire) .....	10
Mura .....	10
Время ответа .....	11
Разрешающая способность .....	11
Прокладка .....	12
Равномерность .....	12
Угол обзора .....	12
Коэффициент контрастности .....	13
FPC .....	13
Лазерный отжиг .....	13
QCIF .....	13
Чистота белого цвета .....	13
Работа с ЖКИ в SDK-2.0 .....	14
Структура ЖКИ WG12232 .....	14
Структура видеопамати .....	14
Интерфейс ЖКИ .....	15
Контроллер ЖКИ SED1520 .....	15
Временные диаграммы .....	16
Система команд .....	16
Статус ЖКИ .....	17
Литература .....	17

## Принцип работы жидкокристаллического индикатора

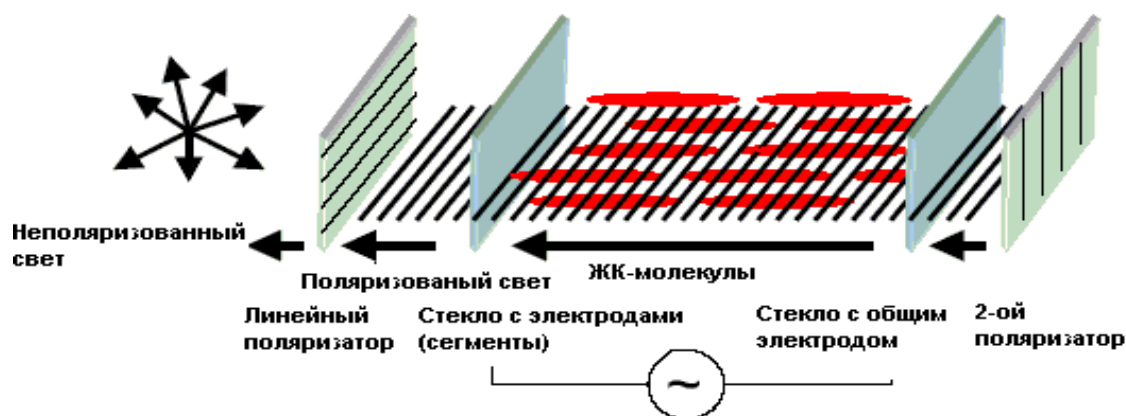
### Физические основы работы ЖКИ

Основные характеристики ЖК обусловлены анизотропными характеристиками используемых материалов. Наиболее распространены нематические ЖК-молекулы, оси которых вытянуты параллельно друг другу.

Ниже будет рассмотрена базовая конструкция и основы функционирования стандартного индикатора. Первая деталь – специальное стекло, придающее неполяризованному световому потоку плоскую поляризацию. В следующем слое «скрученная» структура ЖК-молекул вращает плоскость поляризации света на 90 градусов. Таким образом, свет проходит через второй поляризатор и устройство выглядит белым.



Если к ячейке приложено электрическое поле, оси молекул поворачиваются перпендикулярно электродам и структура перестаёт вращать плоскость поляризации падающего света, который при этом поглощается вторым поляризатором и устройство выглядит чёрным.



После снятия поля нематик возвращается в «скрученное» состояние.

Подвижность кристаллов сильно зависит от температуры, при низкой температуре движение происходит очень медленно.

С электрической точки зрения, каждый элемент представляет собой конденсатор, с учётом сигнальных линий он представляет из себя RC-цепь.

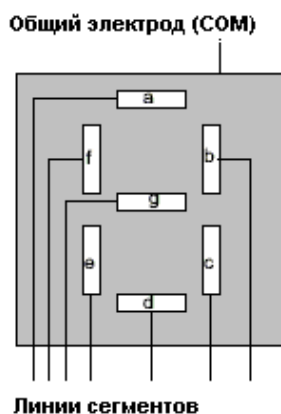
Постоянный ток вредит жидким кристаллам и в конечном счёте разрушает их. Таким образом, следует защищать молекулы от постоянного напряжения. Как правило, документация на ЖК индикаторы позволяет подавать не более 50мВ.

## Принципы управления ЖКИ

Управление – это процесс включения и выключения пиксела с целью создания изображения. Существуют 2 основных типа управления – статическое и мультиплексированное.

### Статическое управление

Прямое управление приемлемо лишь для индикаторов с небольшим количеством активизируемых элементов. При статическом управлении каждый пиксел индикатора имеет собственную цепь управления. Управляющее напряжение прикладывается к каждому элементу.



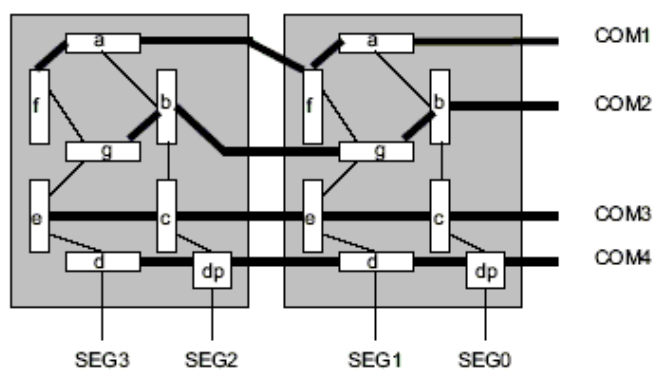
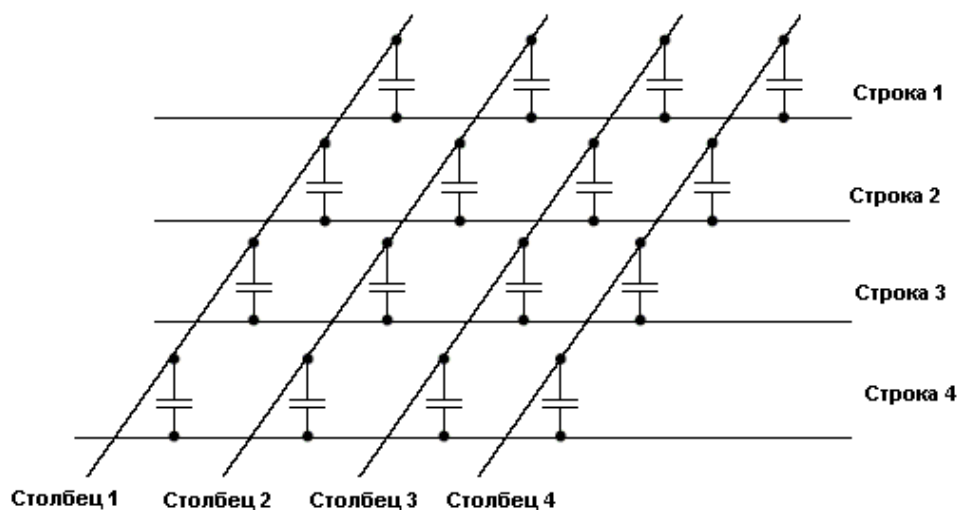
Наибольшее применение статическая индикация находит в традиционных семисегментных ЖК индикаторах устанавливаемых в наручные часы и др. устройства.

### Мультиплексное управление

Мультиплексирование позволяет управлять большим количеством пикселей. Когда элементы упорядочены, вместо отдельного управления каждым элементом, они могут адресоваться по строкам и столбцам.

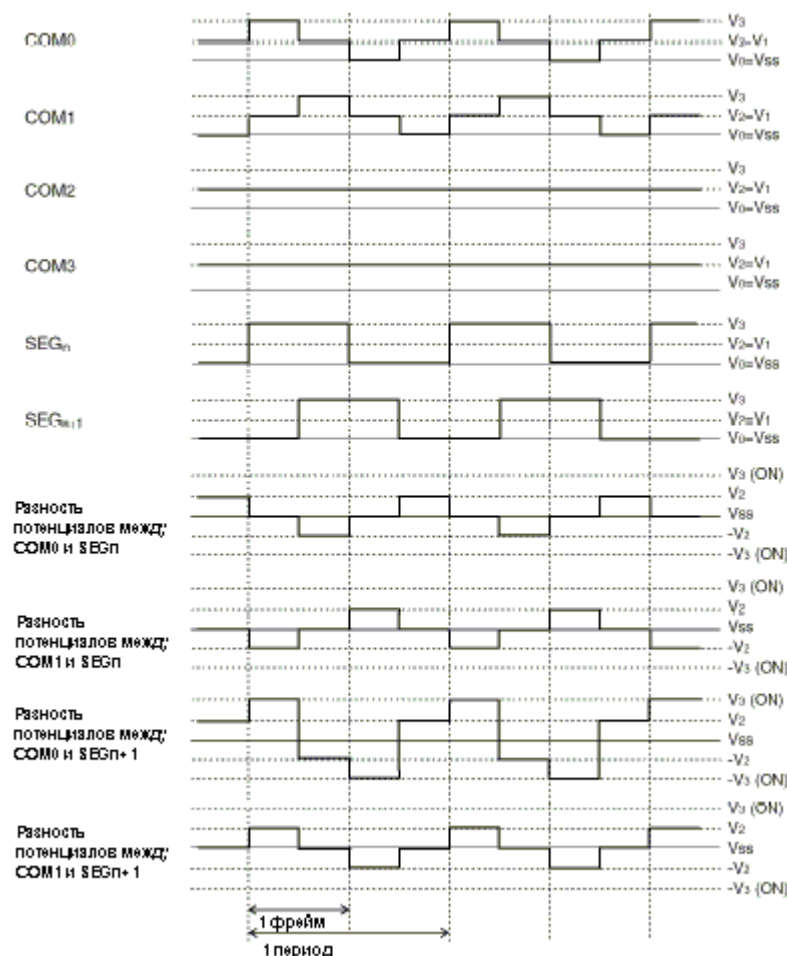
Таким способом упрощается управляющая схема, т.к. каждому пикселу не требуется собственная управляющая линия. Для матрицы 4x4 пикселей потребуется 16 драйверов при статическом управлении. При использовании мультиплексного управления их число

снизится до восьми – по одному на каждый столбец и строку.



**Пример:**

На рис. 1.2 показан формат 2x2 (bias 1:2 duty 1:2).



Используются только 2 линии COM (duty 1:2) и на выходе будет 2 уровня напряжения (bias 1:2) - V1 и V3. Показаны формы сигнала для двух сегментов: SEGn выключен и SEGn+1 включен. Алгебраическая сумма напряжений между линиями COM и SEG отображена на «разностных» осциллограммах. Для предотвращения разрушения кристаллов постоянным током, ЖКИ питается двухполупериодным переменным напряжением. Уровень напряжения V1(=V2) это симметричная «средняя точка» для индикатора.

$$(1)(V3-V1) = -(V0-V1)$$

$$(2)V1 = V3/2$$

Кроме этого, интервал действия каждого сигнала также является постоянным.

Если число «общих» (COM) линий возрастает, время контроля каждого пикселя (duty) уменьшается, что приводит к ухудшению контраста и угла обзора, но это компенсируется менее сложной схемой управления.

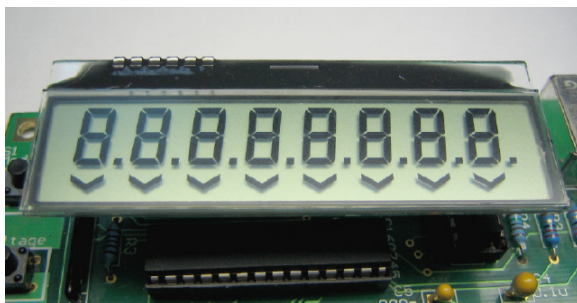
Способ управления мультиплексными индикаторами это, по сути, временное разделение управляющих сигналов с числом интервалов, равным удвоенному количеству «общих» электродов (COM). Так же, как и для обычных ЖКИ, с целью предотвращения нежелательных электрохимических реакций и разрушения индикатора, напряжение на всех сегментах должно периодически изменять полярность таким образом, чтобы суммарное напряжение было равно нулю.

Именно это является целью удвоения временных интервалов – к каждой цепочке сегментов попеременно прикладывается напряжение противоположной полярности.

## Способы отображения информации

По способу отображения информации можно выделить три вида индикаторов:

1. Сегментный;
- 2.
3. Матричный или знакосинтезирующий;
4. Графический.



Видимая область сегментных индикаторов представляет собой, как правило, набор семисегментных «восьмерок» и спецсимволов. Количество сегментов обычно не превышает 200-300, при этом в зависимости от количества сегментов выбирается способ управления и тип драйвера.



Видимая область знакосинтезирующего индикатора представляет собой набор матриц пикселей (в основном размер матрицы составляет 7 x 5), информация отображается путем вывода алфавитно-цифровых и знаковых символов



Видимая область графического индикатора представляет собой матрицу точек (пикселей), включение/выключение которых позволяет формировать как алфавитно-цифровую, так и графическую информацию.

## Подсветка

Подсветка - источник света, находящийся за ЖКИ панелью. В качестве источника могут использоваться CCFL, светодиодные матрицы, диффузионные источники и т.д.

### Светодиодная подсветка

Светоизлучающим элементом служат светодиоды с различной длиной волны. Наиболее часто применяются следующие цвета: желто-зеленый, красный, янтарный, зеленый, голубой, белый. Светодиодная подсветка может быть боковой (используется несколько светодиодов устанавливаемых в торце подсветки и прозрачный световод) и фронтальной (светодиоды равномерно распределены по всей поверхности поля подсветки).

Минимальная толщина боковой светодиодной подсветки – 1,5 мм (однако наиболее дешевый вариант – 4 мм), минимальная толщина фронтальной подсветки – 4 мм. Это нужно учитывать при разработке конструкции прибора. Напряжение питания светодиодной подсветки зависит от типа применяемых светодиодов и схемы их соединения и, как правило, составляет 2,0-10 В. Ток, потребляемый боковой подсветкой

обычно не превышает 150 мА, фронтальная подсветка потребляет 100-300 мА. Возможно уменьшение потребляемого тока, однако это приведет к уменьшению яркости подсветки. Относительно большой ток потребления является единственным недостатком светодиодной подсветки и затрудняет ее применение в автономных устройствах с батарейным питанием.

### **Электролюминисцентная подсветка**

Электролюминисцентная (ЭЛ) подсветка представляет собой два пленочных электрода и алюминиевый отражатель. При приложении к электродам переменного напряжения частотой 50-400 Гц и амплитудой порядка 60-180 Вольт подсветка излучает световую энергию в диапазоне белого, голубого или желто-зеленого спектра. Ток потребления ЭЛ подсветки составляет порядка 0,1-0,6 мА на 1 квадратный сантиметр, что позволяет рекомендовать ее для применения в носимых устройствах. Однако ЭЛ подсветка имеет множество недостатков – это необходимость применения инвертора для питания, малый срок службы (от 2 до 5 тысяч часов), узкий диапазон рабочих температур (от -20°C до 60°C), высокая стоимость по сравнению со светодиодной.

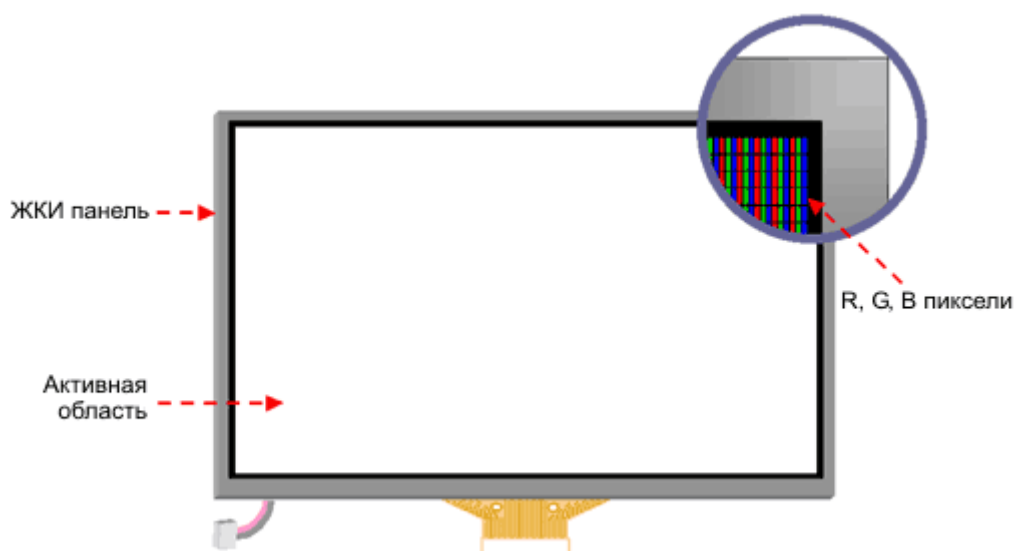
### **Подсветка на люминесцентной лампе с холодным катодом**

Подсветка на люминесцентной лампе с холодным катодом (CCFL) – представляет собой модуль с миниатюрной высоковольтной лампой с холодным катодом (белое свечение). Амплитуда рабочего напряжения составляет 250-340 Вольт (напряжение поджига от 1 до 1,5 кВ) с частотой 30-40 кГц, потребляемая мощность – 1-15 Ватта. CCFL подсветка обладает очень высокой яркостью при сравнительно низкой потребляемой, поэтому ее можно рекомендовать для подсветки больших графических матриц. Срок службы CCFL подсветки составляет 15-50 тысяч часов.

## **Глоссарий терминов**

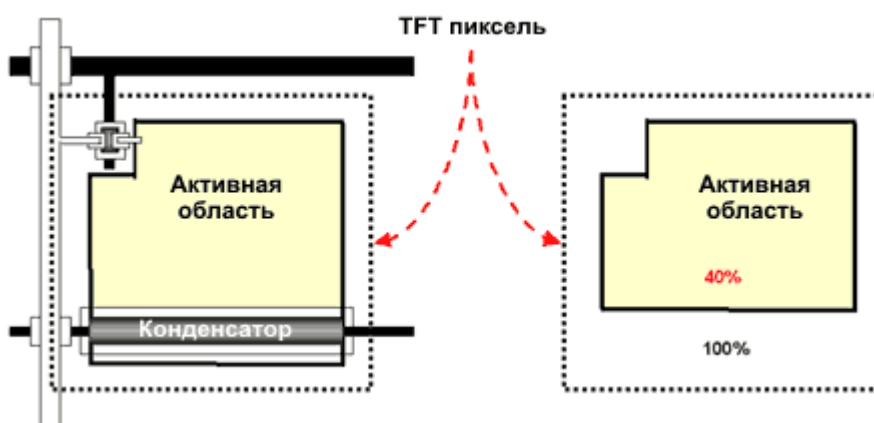
### **Активная область**

На приведенном ниже рисунке белым цветом выделена активная область ЖКИ - область, способная формировать любое изображение.



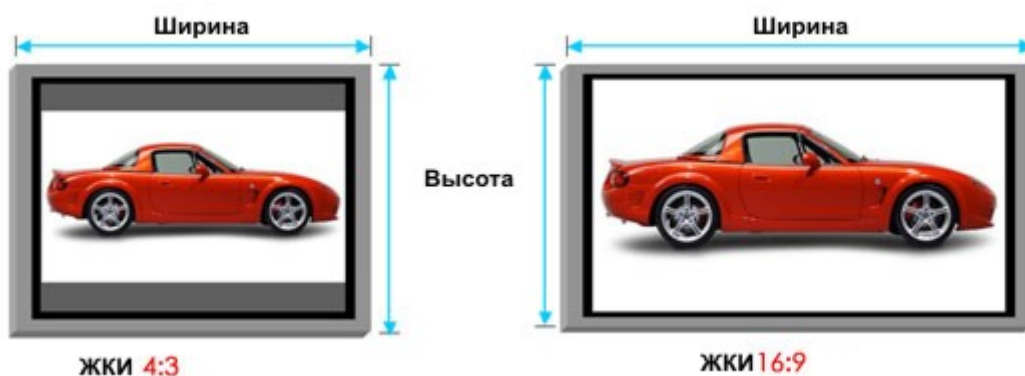
### Апертурный коэффициент

Апертурный коэффициент - это число, равное отношению рабочей площади TFT элемента к полной площади TFT элемента. Чем выше этот коэффициент, тем большую яркость индикатором может иметь.



### Формат изображения

Формат изображения - это отношение ширины индикатора к его высоте. Формат изображения большинства компьютерных и телевизионных индикаторов равняется 4:3. Телевидение с высоким разрешением имеет формат изображения 16:9, что позволяет полностью отображать картинки любой ширины.

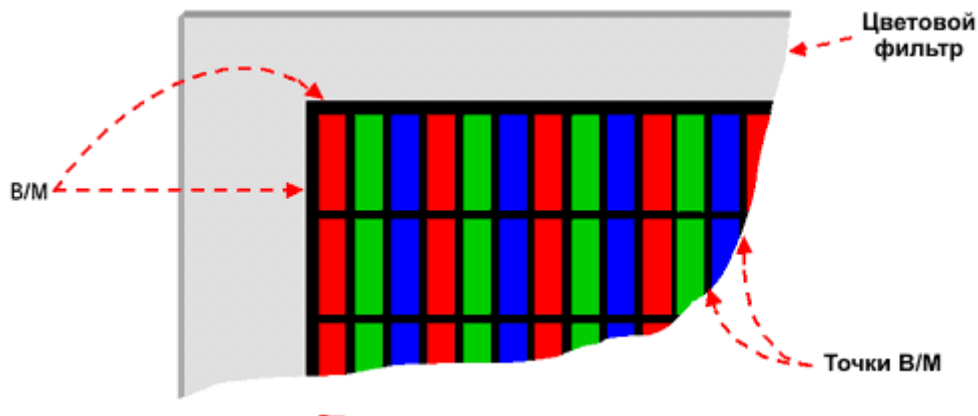




**B/M.**

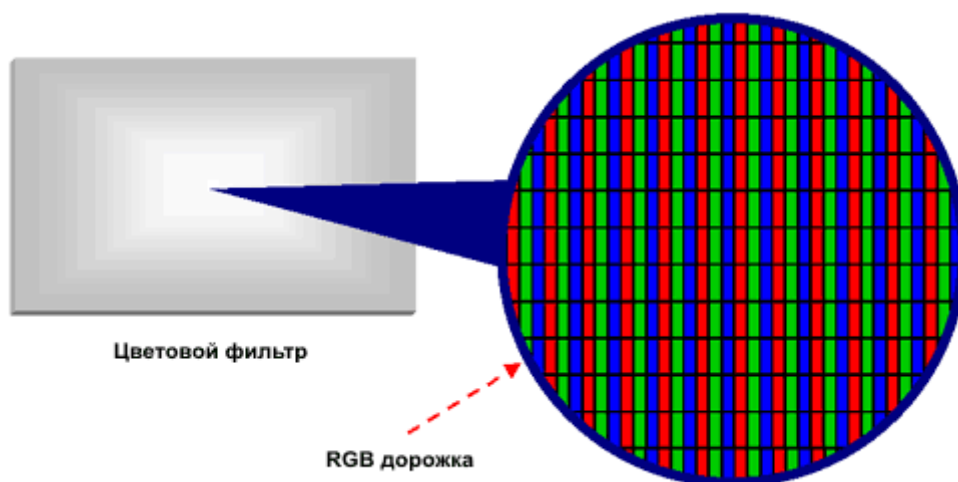
В/М (Черная матрица):

Черная матрица должна наноситься между R, G и B пикселями и между ними и цветовым фильтром. Это позволяет уменьшить различие яркости элементов ЖКИ. При этом качество изображения улучшается, и оно становится более чистым.

**C/F**

С/Ф (Цветовой фильтр):

Монохромный свет, излучаемый множеством расположенных в строгом порядке R, G и B пикселей, смешивается на цветовом фильтре и преобразуется во множество цветов.

**LTPS**

Low Temperature Poly Silicon (сокращенно - низкотемпературная поли кремниевая) - это технологический процесс производства при температуре около 600 °С. Кроме того, LTPS технология использует лазерную технологию отжига, что в корне отличает ее от технологии a-Si.

В отличие от технологии a-Si, LTPS технология характеризуется более чем в 300 раз большей подвижностью электронов. Это объясняет, почему каждый элемент LTPS индикатора имеет большую скорость реакции на воздействие и меньшие размеры, чем элементы, изготовленные по a-Si технологии.

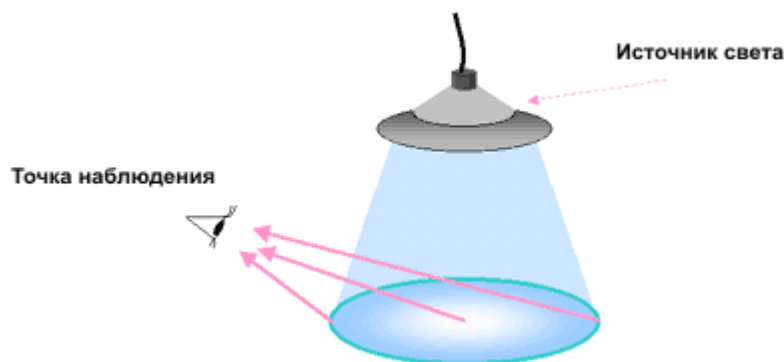
Вот несколько отличий p-Si технологии от a-Si технологии:

- Более высокая технологичность изготовления на подложке интегральной схемы драйвера управления.

- Более высокое быстродействие TFT, меньший размер, меньше контактов и элементов.
- Проще схемотехника.
- Увеличение надежности панели.
- Высокие апертурный коэффициент и разрешающая способность

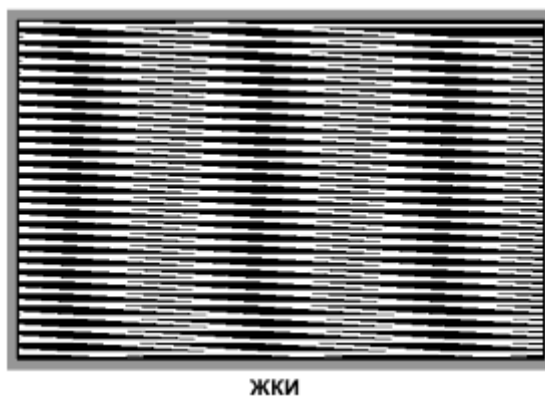
## **Яркость**

Это относится к видимой яркости объекта. Яркость определяется отраженным светом и измеряется в канделах на квадратный метр (Кд/м<sup>2</sup>). Так как рефлексивные свойства поверхности могут изменяться в широких пределах, яркость всей поверхности может отличаться от яркости одного элемента. Например, в черной комнате яркость будет намного меньше, чем в белой.



## **Муар (Moire)**

Муар в ЖКИ обычно проявляется в виде интерференционных рисунков, вызванных наличием зазора или угловым рассогласованием между панелью ЖКИ и лампой подсветки ЖКИ. Когда это явление случается, то наблюдаются увеличения и уменьшения яркости, создающие на экране впечатление волны.



ЖКИ

## **Mura**

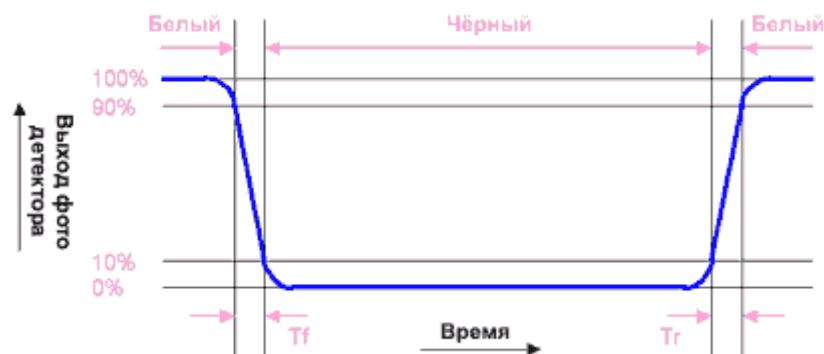
Это небольшой или покрывающий всю плоскость экрана участок неоднородной яркости.



ЖКИ панель

### **Время ответа**

Время ответа - это интервал времени от подачи соответствующего управляющего сигнала до полного уменьшения яркости элемента ( $T_r$ ) и до полного нарастания яркости элемента ( $T_f$ ). Чем меньше этот интервал, тем лучшее качество будет обеспечивать индикатор. Более маленькое время ответа позволяет более плавно передавать изображение подвижных объектов. Вообще, это время около 60 мс. Время ответа - это сумма временных интервалов  $T_r + T_f$ .



### **Разрешающая способность**

VGA = Video Graphics Array 640xRGBx480 точек

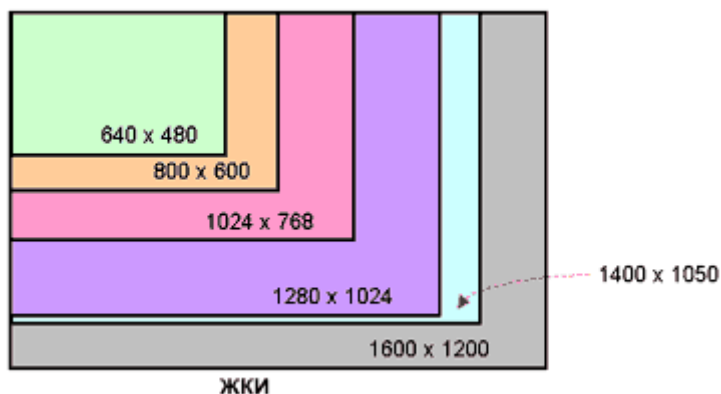
SVGA = Super Video Graphics Array 800xRGBx600 точек

XGA = Extended Graphics Array 1,024xRGBx768 точек

SXGA = Super Extended Graphics Array 1,280xRGBx1,024 точек

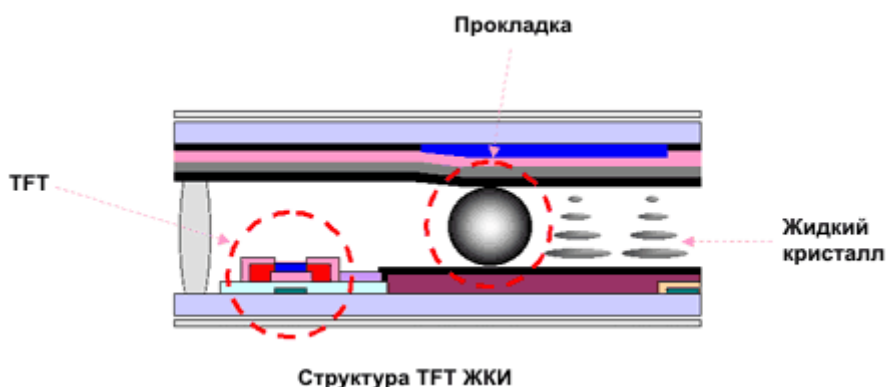
SXGA+ = Super Extended Graphics Array + 1,400xRGBx1,050 точек

UXGA = Ultra Extended Graphics Array 1,600xRGBx1,200 точек



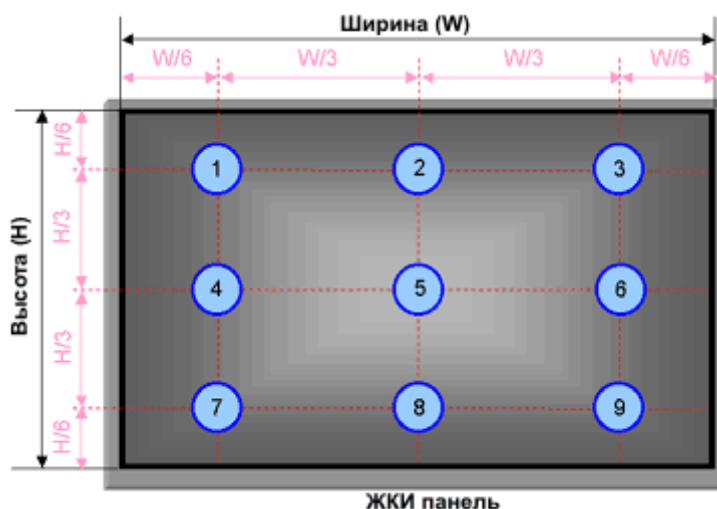
## Прокладка

Формируют прокладку путем равномерного распыления частиц смолы между двумя стеклами. Это образует полости, которые заполняются жидкими кристаллами.



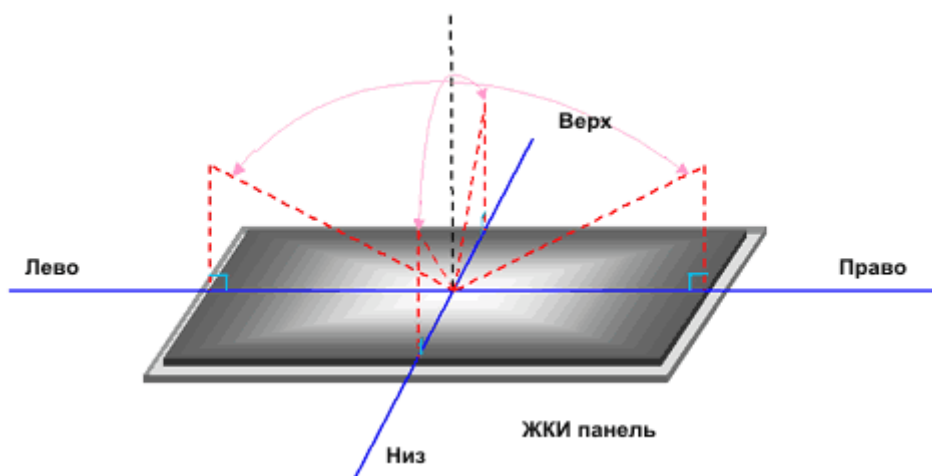
## Равномерность

Индикатор делят на несколько равных частей и измеряют яркость в центре каждой части. Равномерность - это отношение минимальной измеренной яркости к максимальной. Чем выше это отношение, тем меньше будет заметно изменение яркости на экране.



## Угол обзора

Установите индикатор перед собой и поверните его вверх, вниз, влево и вправо до тех пор, пока не пропадет изображение. Таким образом можно определить угол обзора.



### **Коэффициент контрастности**

Он характеризует контрастность между черным и белым полями. Чем выше этот коэффициент, тем более крутые яркостные переходы может отобразить индикатор.

### **FPC**

Гибкая печатная схема.

### **Лазерный отжиг**

В LPTS технологии a-Si пленка подвергается кристаллизации, что ведет к преобразованию ее в p-Si пленку. Для преобразования аморфного кремния в поликристаллический на этапе производства микротранзисторов производится лазерный отжиг.

### **QCIF**

QCIF (Четверть обычного промежуточного формата):

QCIF - это формат видео конференций. Характеризуется он следующими параметрами: количество воспроизводимых кадров в секунду (fps) 30, растр состоит из 144 строк, а строка состоит из 176 точек. Это 1/4 от разрешающей способности формата CIF. QCIF поддерживается стандартом проведения видеоконференций ITU H.261. CIF и QCIF форматы совместимы со всеми тремя телевизионными стандартами (NTSC, PAL и SECAM).

### **Чистота белого цвета**

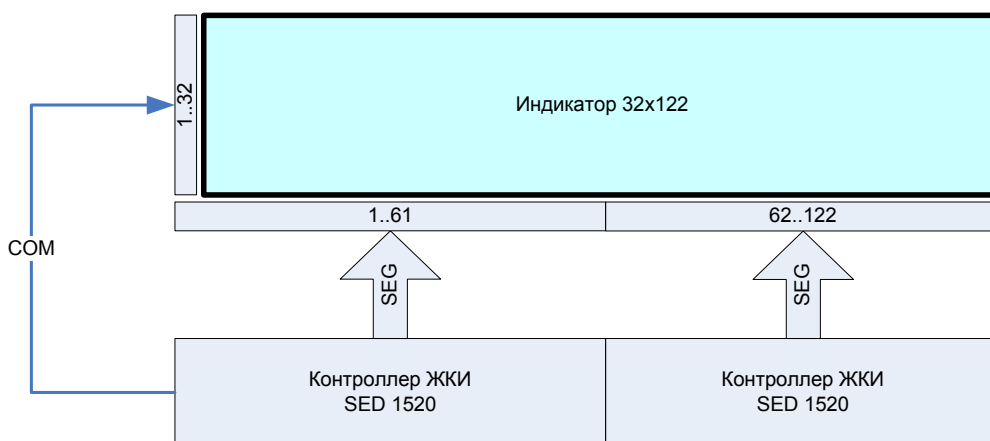
Чистоту белого цвета можно измерить. При более высокой цветовой температуре цвета белый свет имеет синеватый оттенок (холодный белый), а при более низкой цветовой температуре белый свет имеет красноватый оттенок (теплый белый).

## Работа с ЖКИ в SDK-2.0

В SDK-2.0 установлен графический черно-белый ЖКИ WG12232 с разрешением 122x32 пиксела.

### Структура ЖКИ WG12232

На плате ЖКИ WG12232 установлено два контроллера SED1520. Первый контроллер отвечает за левую часть индикатора, второй за правую.



### Структура видеопамяти

Видеопамять ЖКИ состоит из двух независимых частей. Каждая часть имеет 4 страницы. Страница памяти вмещает в себя 8 строк и 61 колонку.

	1..61	1..61
0..7	Страница 1	Страница 1
8..15	Страница 1	Страница 1
16..23	Страница 1	Страница 1
24..31	Страница 1	Страница 1

Рисунок 1 Структура видеопамяти

При записи в видеопамять, байт занимает память так, как показано на рисунке.

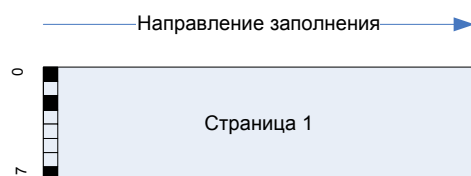


Рисунок 2 Запись байта 85h в первую страницу видеопамяти

## Интерфейс ЖКИ

Линии интерфейса	Назначение
DO..D7	Шина данных
A0	Адресная линия. 1 – данные, 0 – команды
#CS1	Сигнал «выбор кристалла 1». Выбирается первый контроллер SED1520. Активный уровень низкий.
#CS2	Сигнал «выбор кристалла 2». Выбирается второй контроллер SED1520. Активный уровень низкий.
CL	Использование внешней тактовой частоты 2 кГц
RD	Сигнал «чтение»
WR	Сигнал «запись»
#RES	Сброс. Активный уровень низкий.

## Контроллер ЖКИ SED1520

Контроллер SED1520 устанавливается непосредственно на плате ЖКИ. Основные характеристики:

- Прямое отображение данных, читаемых из ОЗУ данных изображения.
  - Бит данных ОЗУ:        - '0' – выкл. ЖКИ;
  - - '1' – вкл. ЖКИ.
- Быстрый 8-битовый интерфейс с микропроцессором (МПУ); прямой интерфейс с 80- или 68-семействами микрокомпьютеров.
- Внутренние цепи управления ЖКИ – 80 (сегмент + общий) линий управления. Коэффициенты рабочего цикла (скважность) выбираются посредством:
  - команды настройки                                - 1/16, 1/32 (SED1520F);
  - входа внешней синхронизации        - от 1/8 до 1/32 (SED1521F)
- Множество командных функций, включающих: Прочитать/Записать данные изображения, Изображение ВКЛ./ВЫКЛ., Задать Адрес, Задать Начальную Строку Изображения, Задать Адрес Столбца, Прочитать Состояние, Статическое Управление ВКЛ./ВЫКЛ., Выбрать Рабочий Цикл, Прочитать Изменить Записать, Выбрать Управление Сегментом, Хранить Энергию и т.д.
- Очень низкое рассеяние мощности – 30 мВт максимум (Внешний генератор работает на 2 кГц).
- Широкий спектр питающих напряжений:
  - VDD – VSS        - от –2.4В до –7.0В
  - VDD – V5        - от –3.5В до –13.0В
- КМОП

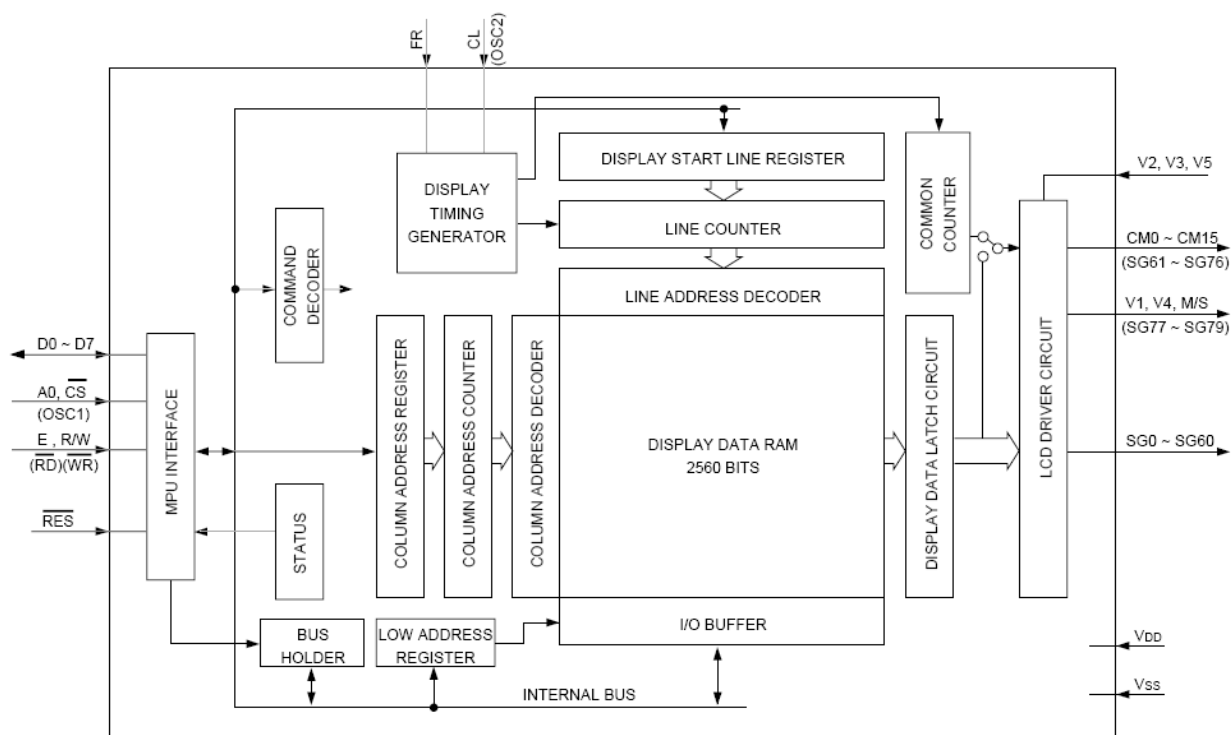


Рисунок 3 Структурная схема контроллера ЖКИ SED1520

## Временные диаграммы

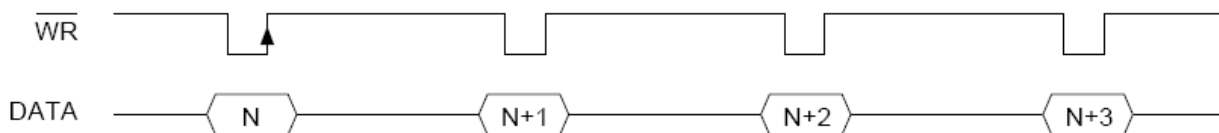


Рисунок 4 Запись в индикатор

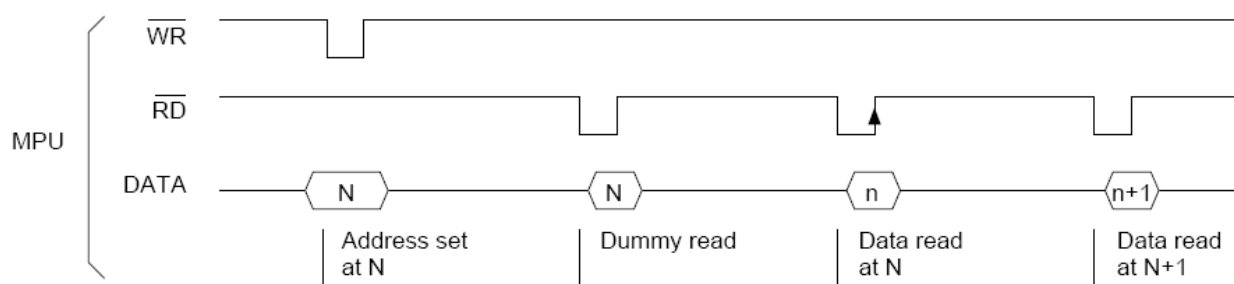


Рисунок 5 Чтение из индикатора

## Система команд

Команда	A0	#RD	#WR	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Описание
Display ON/OFF	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1/0	1 – включение, 0 выключение ЖКИ
Start Line	0	1	0	1	1	0	Display start address (0..31)					Установка стартового адреса строки
Set page address	0	1	0	1	0	1	1	1	0	Page 0..3		Установка номера страницы
Set Column address	0	1	0	0	Column address (0..79)							Установка стартового адреса колонки



Read status	0	0	1	Busy	ADC	ON/OFF	RESET	0	0	0	0	Чтение статуса ЖКИ
Write Display Data	1	1	0	Write Data								Записываемые данные
Read Display Data	1	0	1	Read Data								Прочитанные данные
Select ADC	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1/0	Управление инверсией. 0 – прямой вывод, 1 – инверсный.
Static Drive ON/OFF	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1/0	1 - статический режим (снижение энергопотребления), 0 – обычный режим.
Select duty	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1/0	Выбор скважности работы сячейкой ЖКИ 0 – 1/32 1 – 1/16
Read Modify Write	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	Автоинкремент адреса колонки после записи (Этот режим не работает при чтении).
End	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Выключение автоинкремента
Reset	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	Перевод адреса строки и колонки на исходную (нулевую) позицию.

## Статус ЖКИ

Логическая единица в бите BUSY означает, что контроллер ЖКИ еще не закончил текущую операцию.

Состояние бита ADC сообщает о наличии прямого («1») или инверсного («0») режима работы.

Бит ON/OFF сообщает о том включен («1») или выключен («0») ЖКИ.

Бит RESET сообщает о состоянии ЖКИ: «1» - сброс, «0» - нормальная работа.

## Литература

1. Учебный стенд SDK-2.0. Инструкция по эксплуатации
2. SED1520 CMOS Dot Matrix LCD Driver Data Sheet and Design Guide
3. LPC2119/2129/2194/2292/2294 USER MANUAL. Philips Semiconductors.
4. <http://www.gamma.spb.ru/articles.php?i=16>
5. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/lcd/tech/index.htm>