



А.В. Самарин

Жидкокристаллические дисплеи



А. В. Самарин

Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение / А. В. Самарин — М.: СОЛОН-Р, 2010. 304 с. — (Серия «Библиотека инженера»)

ISBN 5-93455-178-7

Книга представляет собой фундаментальный справочник, в котором последовательно рассматриваются все основные аспекты электрооптики, конструкции и схемотехники ЖК-дисплеев. Приведены технические данные по конструкции модулей ЖК-дисплеев, даны структурные и электрические схемы типовых модулей. Дан обзор микросхем драйверов ЖКИ разных производителей, рассмотрены их режимы работы, временные диаграммы и особенности применения. Приведена справочная информация по системам обозначения и номенклатуре модулей ЖКИ ряда ведущих производителей, по конструкции и схемотехнике сенсорных панелей, которые широко используются в последнее время в конструкциях графических ЖК-дисплеев. Автор счел необходимым ввести раздел по основам технологии и схемотехники OLED дисплеев — основных конкурентов для ЖК-дисплеев на ближайшее время.

Книга предназначена для разработчиков микропроцессорной аппаратуры, инженеров-схемотехников, инженеров служб сервисного обслуживания. Рекомендуется в качестве учебного пособия для преподавателей вузов и технических колледжей, а также для студентов учебных заведений соответствующих специальностей. Книга может быть также полезна для работников служб комплектации и дистрибьюторов электронных компонентов.

Эту книгу можно заказать по почте (наложенным платежом — стоимость 142 руб.)

двумя способами:

- 1) выслать почтовую открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82;
- 2) передать заказ по электронной почте (e-mail) по адресу:

magazin@solon-r.ru.

Необходимо написать полный адрес, по которому выслать книги.

Обязательно указывать индекс и Ф. И. О. получателя!

При наличии — указать телефон, по которому с вами можно связаться, и адрес электронной почты (E-mail).

Цены действительны до 15 сентября 2011 г.

Вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-Р» по **Интернету**, пошлав пустое письмо на робот-автоответчик по адресу katalog@solon-r.ru, а также подписаться на **рассылку новостей** о новых книгах издательства, пошлав письмо по адресу news@solon-r.ru с текстом «SUBSCRIBE» (без кавычек) в теле письма.

Содержание

1. Вступление	3
2. Конструкция и физика работы ЖК-индикатора	6
2.1. Основные термины и определения	9
2.2. Адресация ЖКИ	10
2.3. Топология матричных ЖК-дисплеев	11
3. Физические и математические аспекты адресации ЖКИ	14
3.1. Смена полярности сигналов управления	16
3.2. Пассивная и активная адресации	18
3.3. Ток потребления	19
3.4. Реализация цветных фильтров для ЖК-дисплеев	20
3.5. Формирование полутонового изображения на экране ЖК-дисплея	21
3.6. Угол обзора	22
3.7. Угловой контраст и световая схема дисплея	23
3.8. Черная решетка (Black Matrix)	25
3.9. Кросс-эффект при адресации матричных ЖК-дисплеев	27
3.10. Быстродействие	28
3.11. Работа при низких температурах	29
4. Реализация низкомultipлексных режимов адресации	30
4.1. Прямая адресация ЖКИ	30
4.2. Адресация ЖКИ с multipлексом 1:2	31
4.3. Диаграммы управления ЖКИ с multipлексом 1:3	34
4.4. Диаграммы адресации ЖКИ с multipлексом 1:4	35
5. Пассивная адресация матричных графических ЖКЭ	36
5.1. Формирование уровней опорных напряжений для драйверов ЖК-дисплеев	37
5.2. Адресация с одновременной выборкой нескольких строк	38
6. Конструкция модуля ЖКИ	42
6.1. Технология монтажа драйверов ЖКИ	44
7. Структура драйверов низкомultipлексных ЖКИ	47
7.1. Структура и режимы работы драйвера KP1820BG1	47
7.2. Структура и работа драйверов MM5483 и AY0438	47
7.3. Структура и основные характеристики драйверов HT1621 и HT1620	49
7.4. Структура и основные характеристики драйвера PCF8576C	50
7.5. Структура и основные характеристики драйвера SED1520	52
7.6. Архитектура драйвера HD44780	55
7.6.1. Топологические схемы символьных модулей	57
7.6.2. Драйверы расширения по столбцам для HD44780	61
7.6.3. Карты знакогенераторов	63

8. Драйверы для графических ЖК-дисплеев	68
8.1. Архитектура графического дисплея	69
8.2. Универсальный драйвер A1835ИД1 для матричных ЖК-дисплеев	73
8.2. Использование микросхемы драйвера A1835ИД1 в микроконтроллерных системах сбора данных	75
8.3. Драйверы фирмы Hitachi Semiconductor для матричных ЖК-дисплеев	77
9. Драйверы для ЖК-дисплеев с активной адресацией на основе матрицы TFT	80
9.1. Архитектура System LCD фирмы Sharp	80
10. Контроллеры-драйверы ЖКИ Holtek и их применение	82
10.1. Семейство контроллеров-драйверов ЖКИ Holtek	82
10.2. Основные параметры контроллера ЖКИ HT1621:	83
11. Новое поколение портативных ЖК-дисплеев для PDA и сотовых телефонов	102
11.1. Эволюция технологии монтажа и топологии ЖК-дисплеев для портативных приложений	103
11.2. Мультистрочная адресация (MLA, MLS, MRA)	106
11.3. Архитектура драйверов для ЖК-дисплеев сотовых телефонов и PDA	107
11.3.1. Драйверы Seiko-Epson с последовательной адресацией	109
11.3.2. Драйверы Seiko-Epson с адресацией MLS	110
11.3.3. Однокристалльные драйверы Sharp	112
11.3.4. Однокристалльные драйверы Hitachi	112
11.3.5. Однокристалльные драйверы Samsung Electronics	114
11.3.6. Драйверы ЖК-дисплеев Solomon Systech	115
11.3.7. Семейство однокристалльных драйверов ЖКЭ Philips	119
11.3.8. Однокристалльные драйверы ЖК-дисплеев ST Microelectronics	121
11.3.9. Однокристалльные драйверы ЖКЭ OKI Semiconductor	122
11.3.10. Однокристалльные драйверы Elan Microelectronics Corp	123
11.3.11. Однокристалльные драйверы Novatek	124
11.3.12. Интерфейс модуля ЖК-дисплея с микропроцессором	126
11.3.13. Топология экранов и каскадирование драйверов	127
11.4. ЖК-дисплеи для сотовых телефонов и PDA	128
11.4.1. Стандарты на габариты и формат ЖК-дисплеев для сотовых телефонов и PDA	128
11.4.2. Дисплеи Seiko-Epson	129
11.4.3. Форматы ЖК-дисплеев производства Solomon Systech	135
11.4.4. TFT ЖК-дисплеи для сотовых телефонов	135
11.5. Мини-модули ЖКИ Ampire	136
12. Мини-модули ЖКИ фирмы Densitron	138
13. Большеформатные ЖК-дисплеи	139
13.1. Наборные бесшовные ЖК-дисплеи большого формата	139
14. Конструкция и схемотехника источников подсветки ЖК-дисплеев	141
14.1. Светодиодная подсветка	141
14.1.1. Светодиоды белого свечения	142
14.2. Электролюминесцентная подсветка	142

14.3. Конструкция подсветки с люминесцентной лампой	143
14.3.1. Повышение эффективности использования светового потока	146
14.4. Люминесцентные лампы с холодным катодом	147
14.5. Схемотехника преобразователей напряжения для люминесцентных ламп с холодным катодом	150
14.6. Конструкция модуля задней подсветки для цветных ЖК-мониторов	152
14.7. Типовая конструкция модуля задней подсветки ЖК-мониторов	153
14.8. Плоская люминесцентная лампа для задней подсветки ЖК-мониторов	154
14.9. Источники питания для модулей электролюминесцентной подсветки ЖКИ	157
15. Некоторые практические аспекты использования ЖКИ	158
15.1. Регулировка контраста в модулях ЖКИ	158
15.2. Формирование напряжения питания драйверов матричных ЖКЭ	159
15.3. Управление светодиодной подсветкой ЖКИ в батарейных приборах	159
15.4. Реализация источника отрицательного смещения для модулей ЖКИ	161
16. Современные цифровые дисплейные интерфейсы для плоских экранов	162
16.1. Цифровые дисплейные интерфейсы	165
16.2. Интерфейсы внутренней дисплейной шины	171
16.3. Стандарты дисплейных интерфейсов	176
17. Технология и схемотехника OLED-дисплеев	188
17.1. Конструкция OLED-дисплея	188
17.2. Адресация OLED-дисплеев	189
17.3. Архитектура драйверов для пассивной адресации OLED-дисплеев	192
17.4. Перспективы развития технологии и рынка OLED	195
18. Сенсорные экраны: конструкция, технология, схемотехника	196
18.1. Типы сенсорных панелей	197
18.2. Конструкция и технология резистивных сенсорных экранов	198
18.3. Дискретные и аналоговые типы сенсорных панелей	199
18.4. Типы топологических схем аналоговых сенсорных панелей	200
18.5. Микросхемы контроллеров сенсорных резистивных панелей Burr-Brown	203
18.6. Контроллеры для сенсорных экранов Analog Devices	209
18.7. Структура контроллера резистивной сенсорной панели	209
18.8. Схемы реализации контроллеров сенсорного экрана	210
18.9. Формат данных контроллера сенсорной панели	213
18.10. Защита входных цепей контроллера сенсорной панели	214
18.11. Устойчивость поверхности сенсорной панели к воздействию химически активных веществ	214
18.12. Новые типы сенсорных панелей для портативных приборов	215
19. Системы обозначений модулей ЖК-дисплеев известных производителей	224
19.1. Производители стандартных модулей ЖК-дисплеев	224
19.2. Система обозначений фирмы Ampire Co., Ltd.	225
19.3. Система обозначений фирмы Bolymin	226
19.4. Система обозначений модулей ЖКИ фирмы Data Image	231
19.5. Стандартные модули ЖКИ фирмы Data Modul (Германия)	233
19.6. Система обозначений фирмы Data Vision	234
19.7. Система обозначений фирмы Displaytech	235
19.8. Система обозначений фирмы EDT	236

19.9. Система обозначений фирмы Grand Pacific Optoelectronics Corporation (GPO)	237
19.10. Система обозначений фирмы Hantronix	239
19.11. Система обозначений для ЖК-дисплеев фирмы Hitachi	249
19.12. Система обозначений фирмы Intech LCD Group	253
19.13. Система обозначений фирмы JE-AN Electronics	253
19.14. Система обозначений фирмы Microtips	255
19.15. Система обозначений фирмы Powertip	256
19.16. Система обозначений и типы модулей ЖКИ фирмы Seiko-Instruments	257
19.17. Система обозначений фирмы Solomon Systech	260
19.18. Система обозначений для модулей ЖКИ UPDATE Electronics Group (Канада)	260
19.19. Система обозначений для модулей ЖКИ Varitronix	262
19.20. Система обозначений фирмы Winstar Display Co., Ltd.	268
19.21. Система обозначений фирмы Wintek	269
19.22. Проблемы совместимости символьных модулей от разных производителей	270
20. Дистрибьюторы модулей ЖКИ и микросхем драйверов	274
21. Производители ЖК-дисплеев, сенсорных экранов, микросхем драйверов и видеоконтроллеров	276
Список литературы	280

2. Конструкция и физика работы ЖК-индикатора

Все ЖК-индикаторы относятся к пассивному типу индикаторов, которые лишь модулируют внешний световой поток под действием электрического поля или тока. Условимся, что речь здесь пойдет только о ЖК-дисплеях, использующих TN (**T**wist **N**ematic) или STN (**S**uper **T**wist **N**ematic) материалы. Работа TN- и STN-дисплеев основана на использовании эффекта вращения плоскости поляризации света слоем закрученного намотического ЖК-материала (твист-эффект).

Конструкция ЖКИ на основе твист-эффекта (рис. 2.1) содержит две плоско-параллельных подложки из прозрачного материала, склеенные между собой с фиксированным зазором. В данном зазоре вводится слой ЖК-материала. На внутренних сторонах подложек нанесен рисунок электродов адресации. В качестве прозрачного проводящего слоя для электродов используется пленка In_2O_3 (ITO — **I**ndium **T**in **O**xide). Удельное сопротивление пленки In_2O_3 для разных индикаторов может иметь разное значение в диапазоне от 1 кОм\квадрат до 10 Ом\квадрат. В качестве подложек обычно используются стеклянные пластины толщиной около 1 мм. Более тонкое стекло (0,4, 0,55 и 0,7 мм) используется в основном для производства ЖКИ сотовых телефонов и электронных наручных часов. Зазор между подложками задается калиброванными спейсерами.¹ Спейсеры могут быть стеклянными и пластиковыми, иметь шарообразную или цилиндрическую форму. Толщина зазора в ЖКИ может составлять от 3 до 25 мк. Для получения равномерных электрооптических характеристик индикатора толщина зазора должна строго выдерживаться в заданных пределах по всей рабочей площади индикатора. Слой герметика (клеящая композиция) также содержит зазорозадающие спейсеры. Сборка и склейка двух подложек ЖКИ проводится под давлением. После сборки ЖКИ проводится его герметизация по периметру. На внешних сторонах верхней и нижней подложек наклеены (или просто закреплены) поляроиды с определенной ориентацией плоскости поляризации. Поляроиды — оптически анизотропная пленка, пропускающая только ту часть светового потока, которая совпадает с плоскостью ориентации данной пленки. Свойством анизотропной поляризации обладают пленки полимеров со специальными красителями и с тонкой текстурой заданной механическим натяжением пленки на этапе ее изготовления.

Слои ориентирующего покрытия предназначены, как видно из их названия, для задания определенной ориентации ЖК-молекул в рабочем слое между двумя обкладками электродов. Ориентирующее покрытие представляет собой тонкую пленку, например, из полиимидного материала. Ориентирующие свойства плен-

¹ Спейсеры — это зазорозадающие распорные элементы в форме шариков или цилиндров из твердого материала, толщина от 2 до 40 мкм.

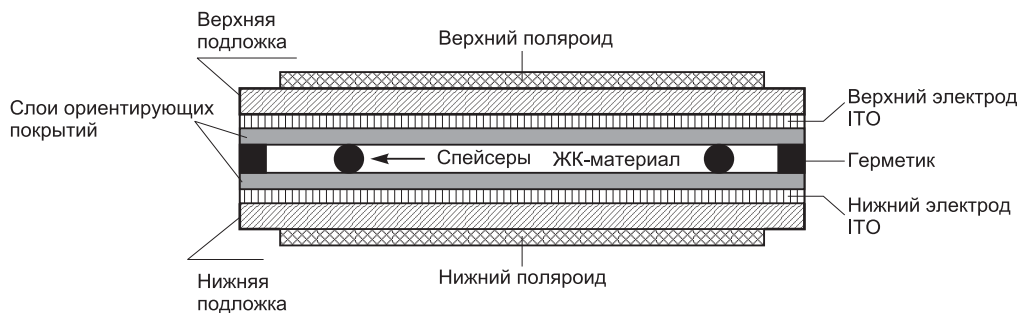


Рис. 2.1. Конструкция ЖК-ячейки

ка может приобрести в результате механической обработки поверхности микро-щетками (натирка). Натирка производится в определенном направлении. В результате абразивного воздействия щеток в слое формируются микроканавки. Полученный рельеф позволяет определенным образом укладывать спираль, образованную молекулами ЖК-материала.

На рис. 2.2 показан принцип работы ЖК-модулятора на основе твист-эффекта. Молекулы ЖК-материала обладают дипольным моментом. Взаимодействие электрических полей диполей образует спиралевидную структуру из молекул ЖК-материала. Слой ориентирующего покрытия на верхней и нижней подложках при взаимодействии с дипольной структурой ЖК-материала обеспечивают в отсутствие электрического поля закрутку спирали на 90° . Слой твистнематического материала, ориентированный таким образом, обладает свойством поляризации проходящего светового потока. Векторы плоскостей поляризации верхнего и нижнего поляризационных фильтров повернуты относительно друг друга на 90° .

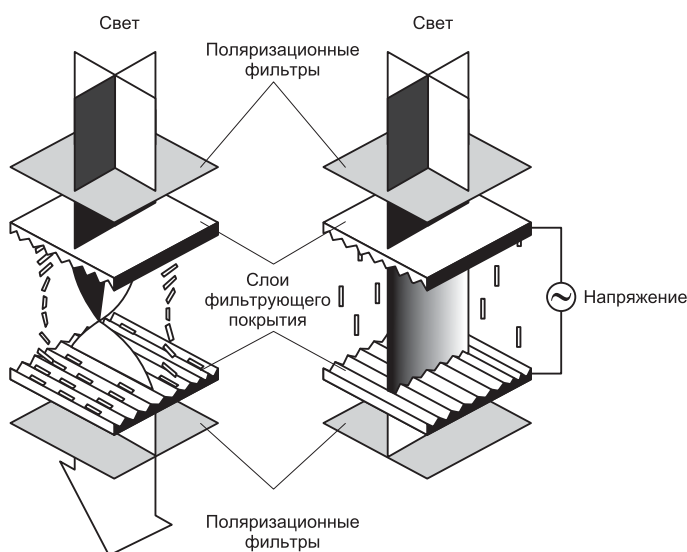


Рис. 2.2. Принцип работы ЖК-модулятора на основе твист-эффекта.

Как можно видеть из рис. 2.2, поток света сначала проходит через верхний поляроид. При этом 50 % светового потока, не имеющего азимутальной поляризации, теряется на этом поляроиде. Остальной поток, уже поляризованного света, проходя через слой ЖК-материала, поворачивает плоскость поляризации на 90° . Ориентация плоскости поляризации этого потока теперь совпадает с плоскостью поляризации нижнего поляроида, и поток проходит через него почти без потерь. Это картина поведения ЖК-ячейки в отсутствие электрического поля. Если теперь приложить электрическое поле, то спиралевидная структура в слое ЖК-материала разрушается и теряет свойства двулучепреломления. Теперь проходящий через слой ЖК-материала поток света уже не изменяет плоскость поляризации и почти полностью поглощается в нижнем поляроиде, плоскость поляризации которого смещена на 90° по отношению к плоскости поляризации светового потока. Таким образом, эффект имеет два оптических состояния — прозрачное и непрозрачное. Из-за неидеальности свойств поляроидов и ориентации ЖК-материала эти два состояния имеют конечную величину прозрачности или коэффициента пропускания. Отношение коэффициентов пропускания в прозрачном и непрозрачном состоянии в основном и определяют контраст изображения.

Исследования, проведенные Amstutz в 1983 году, показали, что если увеличить закрутку спирали молекул нематического материала от 90° до 180° или до 270° , то можно резко увеличить крутизну вольт-контрастной характеристики. Если использование твист-эффекта давало максимальное мультиплексирование строк 64:1, то применение супертвистовой структуры способно обеспечить мультиплекс до 480:1. Первые рабочие образцы супертвистовых ЖК-дисплеев были получены фирмами Scheffer и Nehring в 1984 году. При различных ориентациях поляроидов удалось получить желтую и голубую моды² для данного эффекта. Изначально STN ЖК-дисплеи имели не совсем эргономичный зеленый или зелено-голубой фон. Паразитная цветовая окраска являлась следствием интерференции при двулучепреломлении. С этого момента началась борьба против данного паразитного эффекта. В 1987 году был впервые получен «нормальный» супертвистовый ЖК-дисплей. Задача была решена за счет уменьшения рабочего зазора до 4—6 мкм. Однако этот метод был не слишком технологичен. Были даже предложены варианты, где для компенсации интерференционного окраса фона требуется сборка двухслойного (DSTN — Double STN) ЖК-дисплея! Второй экран играет роль компенсационного фильтра. Однако это решение достаточно дорогое и нетехнологичное.

В настоящее время для цветовой коррекции и получения черно-белого контраста для STN-дисплеев применяется специальная полимерная пленка. Дисплеи с черно-белым контрастом, использующие компенсационные фильтры-корректоры, называются FSTN (**F**ilm compensated **STN**). В цели данной книги не входит подробное описание электрооптических явлений, происходящих в слое TN и STN ЖК-материала. ЖК-дисплей с компенсационной пленкой по сравнению с двухслойным ЖК-дисплеем дает неполное обесцвечивание фона, угол об-

² Моды (mode) — это несколько возможных рабочих режимов для STN структур.

зора у него несколько меньше и уже рабочий температурный диапазон. При желании можно подробно ознакомиться с физическими, химическими и оптическими аспектами данных эффектов, обратившись к источникам [1—5].

2.1. Основные термины и определения

Довольно часто встречается путаница в названиях, которые касаются ЖК-дисплеев. В англоязычной литературе все устройства индикации с использованием ЖК-материала называются LCD (Liquid Crystal Display), будь то простой индикатор для наручных часов или компьютерный ЖК-монитор. Существуют собственно сами ЖК-модуляторы без схем управления, устройства со схемами управления, дисплеи простые символьные и графические. Достаточно часто в периодической литературе для названия ЖК-индикаторов без схем управления авторы используют термин «стекло». Стандарты и ГОСТ, регламентирующие классификацию и систему условных обозначений были разработаны очень давно (начало 80-х годов). В соответствии с ГОСТ все устройства индикации на основе светоклапанных модуляторов принято называть индикаторами. В более поздних стандартах появился термин «ЖК-экран». Условимся называть ЖК-модулятор без схемы управления просто ЖК-индикатором, индикатор со схемой управления называть модуль ЖКИ (для символьно-графических индикаторов) и модуль ЖКЭ (для матричных графических ЖКИ). Термин «ЖК-дисплей» в зависимости от контекста может применяться по отношению к ЖК-индикатору без схемы управления или к модулю ЖКИ со схемой управления.

Пиксел (pixel, dot) — минимальный дискретный элемент цифрового изображения на экране дисплея. Для матричных дисплеев пиксел образуется в узлах пересечения строка-столбец. Цветной пиксел состоит из трех RGB пиксел.

Размер пиксела (Dot Size) — размер прямоугольника рабочей обкладки модулятора ЖК-ячейки по горизонтали и вертикали в мм или в мкм.

Шаг пиксела (Dot pitch) — по вертикали и по горизонтали, к соответствующему размеру по вертикали или горизонтали пиксела добавляется зазор между пикселями.

Формат символьного дисплея (Line × Char) — для ЖК-дисплеев с фиксированными знакоместами число символов в строке X число символьных строк.

Формат графического дисплея (Dot Format) — разрешение по вертикали (V) и горизонтали (H) в пикселах (точках) $V \times H$.

Формат символа (character font) — число точек по вертикали и горизонтали для стандартных символьных графических ЖКИ с фиксированными знакоместами. Стандартный форматы 5×8 пиксел, 10×12 пиксел, 16×16 пиксел.

Размеры символа (Character Size) — для символьных дисплеев ширина и высота ($H \times V$) в мм одного графического знакоместа

Видимая область экрана (Viewing Area) — область экрана символьного или графического ЖКИ ($V \times H$ в мм) заданного металлической рамкой дис-

плея. Состоит из рабочего поля и технологического зазора между рабочей площадью и рамкой дисплея.

Рабочее поле, рабочая площадь экрана (Display Area) — это площадь изображения на экране $H \times V$ в мм.

Габариты модуля ЖКИ (Module Size) — размеры конструкции модуля ЖКИ по трем измерениям $H \times V \times T$ в мм.

Коэффициент мультиплексирования (Duty Cycle) — коэффициент мультиплексирования строк $1/N$, где N — число адресуемых строк.

Частота кадровая развертки (frame frequency) — частота регенерации изображения на экране матричного или символьного ЖКИ. Диапазон частот от 50 до 120 Гц. Оптимальная частота 60—75 Гц.

Рабочий температурный диапазон (Operating temperature Range) — рабочий температурный диапазон, нормальный от 0 до +50 °С (для коммерческих приложений), расширенный от -20 до +80 °С (для промышленных приложений).

Температура хранения (Storage Temperature Range) — для любых ЖКИ от -20 до +60 °С.

2.2. Адресация ЖКИ

Чтобы обеспечить управление оптическими состояниями пиксел³, требуется формировать напряжения на электродах пиксела таким образом, чтобы можно было селективно изменять состояние одних элементов без изменения состояния других. Топология любого ЖКИ и тем более ЖК-экрана представляет собой матрицу, образованную ортогональной системой строчных и столбцовых электродов. Система строчных и столбцовых электродов расположена на двух параллельных прозрачных подложках. Для варианта прямой адресации имеем вырожденный случай, когда число строк равно 1. Для прямой адресации имеется один общий электрод (называемый также как противоэлектрод) и независимые электроды для всех элементов изображения. Контраст, обеспечиваемый при данном способе, самый высокий, однако у данного метода есть существенный недостаток: для каждого элемента изображения нужен отдельный вывод для управляющего напряжения. Топология всех ЖК-индикаторов имеет всего два слоя разводки электродов, поэтому реализовать прямую адресацию даже при желании в большинстве случаев просто физически невозможно! Для реализации ЖКИ с большим числом элементов изображения выход только один — использовать мультиплексирование. Элементы изображения образуются на пересечении системы электродов строк и столбцов. Название электродов строки или столбцы определяется по их числу. Строк всегда меньше, чем столбцов. В противном случае электроды, которых больше, всегда можно назвать столбцами. Создание рисунка топологии для получения сложных символьных изображений является непростой задачей. С одной стороны, нужно обеспечить отсутствие артефак-

³ Пиксел — это единичный элемент изображения.

тов⁴, связанных с различными паразитными пересечениями электродов, а с другой стороны, требуется обеспечить сохранение формы электродного рисунка при различных технологических смещениях подложек относительно друг друга. На рис. 2.3 и рис. 2.4 приведены примеры топологии с мультиплексированием строк для цифрового семисегментного ЖКИ и матричного ЖК-экрана.

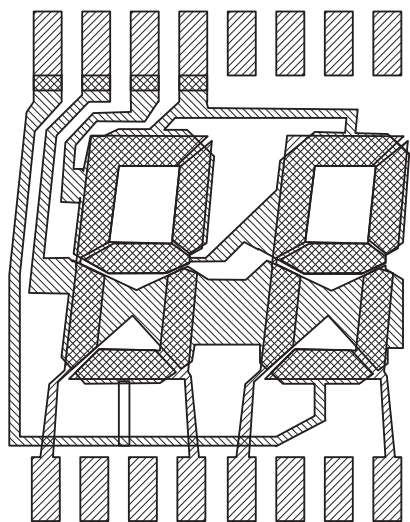


Рис. 2.3. Пример топологии цифрового ЖК-индикатора с мультиплексированием

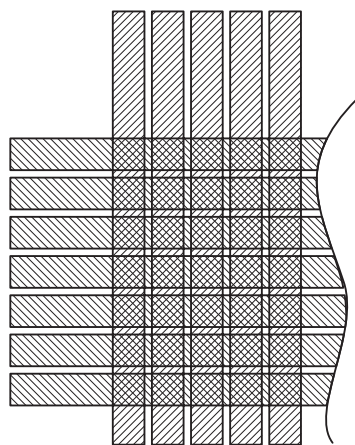


Рис. 2.4. Фрагмент топологии матричного ЖК-дисплея

2.3. Топология матричных ЖК-дисплеев

На рис. 2.5 показаны различные варианты топологии матричной структуры электродов адресации, применяемые в конструкциях графических ЖК-дисплеев. Вариант топологии А самый простой и самый популярный. Вариант В дает возможность использовать более широкий шаг выводов для присоединения столбцовых драйверов. Существует также и вариант с 4-сторонним расположением выводов электродов строк и столбцов, однако в настоящее время он не используется, поскольку компактность конструкции при такой топологии сильно проигрывает.

Варианты топологии С и D являются разновидностями архитектуры Dual Scan или Double Scan. При использовании такой архитектуры получается выигрыш за счет понижения в два раза числа мультиплексируемых строк. Для формата с 480 строками в данной топологии получается коэффициент мультиплексирования всего 240. Такое понижение мультиплекса дает значительный выиг-

⁴ Артефакт — это появление ложных объектов в изображении.

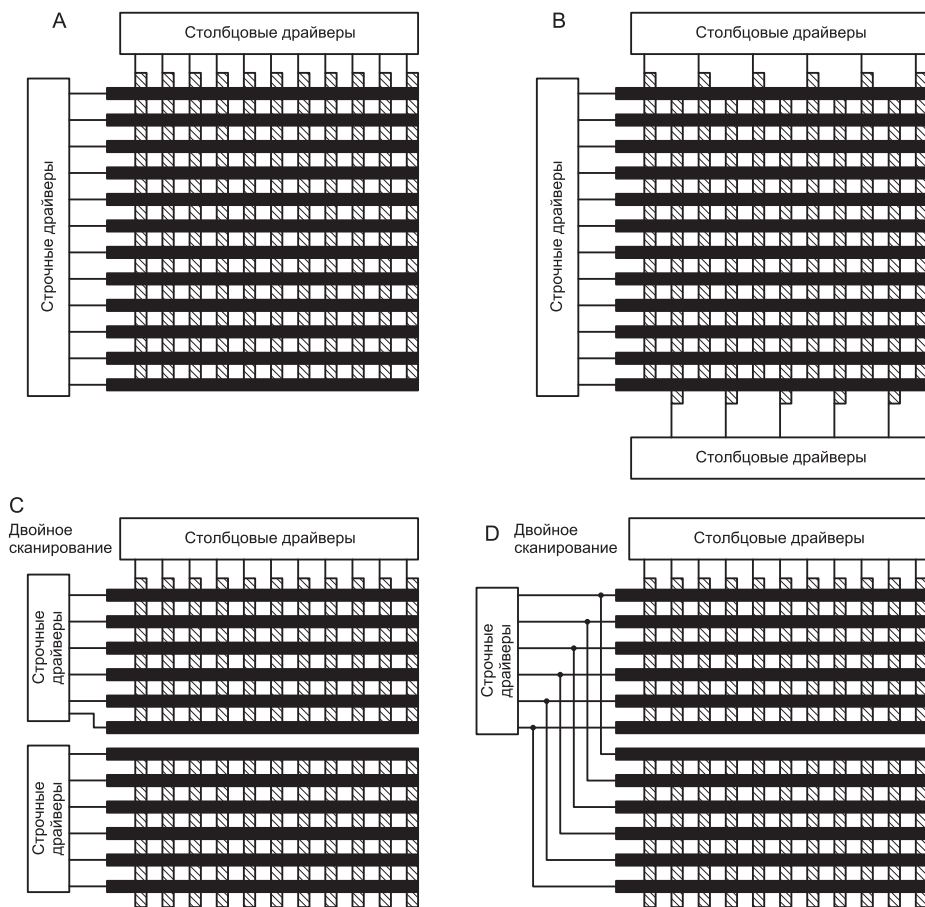


Рис. 2.5. Варианты топологии матриц адресации ЖКЭ

рыш в контрасте! Фактически получается два отдельных экранных поля. Зазор между полями не заметен, поскольку стыковка производится без нарушения шага строк. Технология маскирования рисунка электродов позволяет скрыть и разрыв между шинами строчных электродов. Адресация обоих полей производится параллельно. Недостаток метода — требуется большее количество выводов столбцовых электродов и, следовательно, число столбцовых драйверов также удваивается. Однако это удорожание себя оправдывает, поскольку решать проблемы улучшения качества ЖК-дисплея проще за счет «кремния». Эта тенденция — упрощение технологии сборки ЖК-дисплеев за счет усложнения схемы управления — сохраняется и все более прогрессирует в настоящее время. На рис. 2.6 приведена экзотическая топология квадрупольной матрицы. Такая топология также обеспечивает понижение мультиплекса, но практическая реализация данной архитектуры значительно сложнее, чем Dual Scan. Топология применялась в ранних моделях ЖК-дисплеев миниатюрных телевизионных приемников. В настоящее время данная топология в промышленных ЖК-дисплеях не используется.

Эволюция архитектуры драйверов позволила не только увеличить число выводов, но и интегрировать многие функции управления матричными ЖК-дисплеями в одном кристалле. Такое решение потребовалось для суперкомпактных ЖК-дисплеев сотовых телефонов, Palm-компьютеров и PDA. На рис. 2.7 показаны варианты топологии матричных ЖК-дисплеев для суперкомпактных приложений.

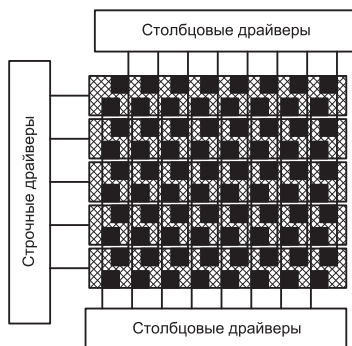


Рис. 2.6. Топология квадрупольной матрицы ЖКЭ

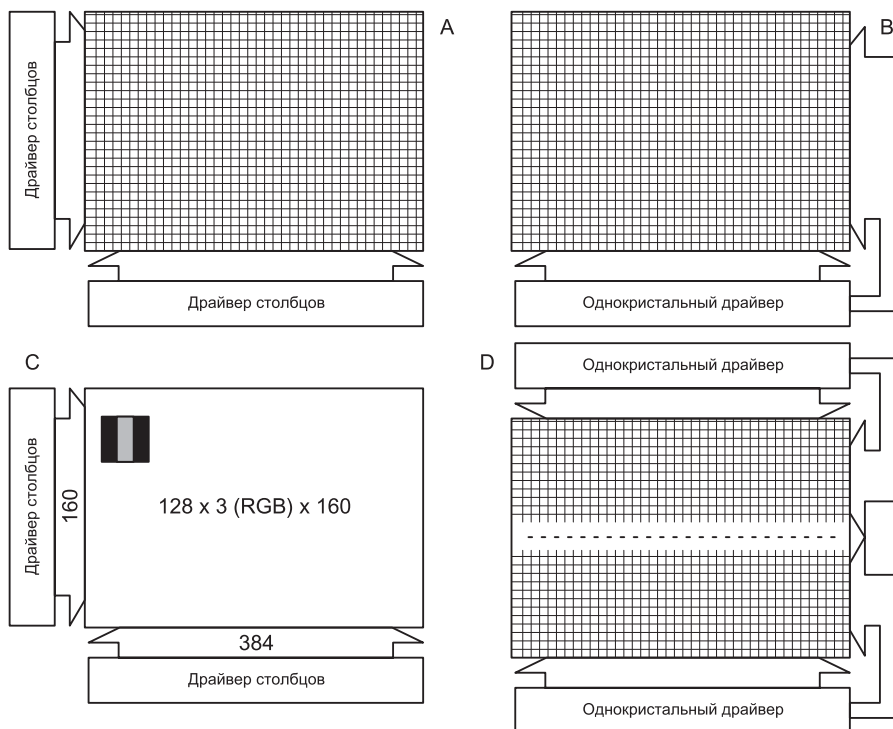


Рис. 2.7. Варианты организация управления строками и столбцами для матричных ЖК-дисплеев

3. Физические и математические аспекты адресации ЖКИ

В процессе адресации (развертки) ЖКИ должно быть выполнено следующее функциональное преобразование — битовая карта матрицы изображения преобразуется в матрицу потенциалов приложенных к узлам пересечения строк и столбцов. Каждый узел пересечения (ЖК-ячейка) представляет один элемент изображения — пиксел. Потенциал для каждого пиксела должен быть в идеале прямо пропорционален своему образу в памяти (битовой карте).

ЖК-ячейка является объектом, оптическое состояние которого посредством использования свертки (умножения) двух матриц — каждая из которых представляет собой соответственно временные функции приложенных напряжений к строкам и столбцам. Для любого типа ЖКИ цикл развертки состоит из чередования нескольких фаз. Для каждой фазы времени существует свой набор уровней напряжений на строках и столбцах.



Рис. 3.1. Функциональные преобразования при адресации ЖКИ

Обычно при пассивной матричной адресации используется последовательная развертка по строкам, т. е. последовательно во времени выбирается строка за строкой. Каждому моменту времени соответствует только одна выбранная строка. Вид строчной функции для данного типа адресации показан на рис. 3.2.

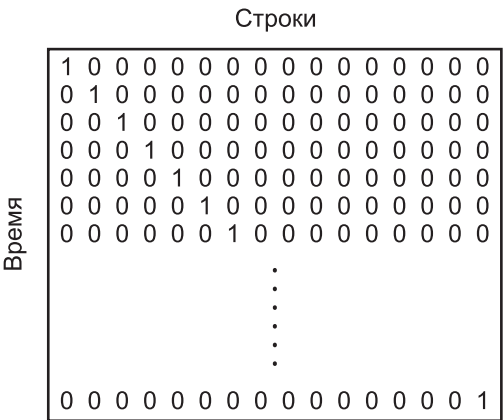


Рис. 3.2. Матричная функция строчной развертки при последовательной адресации

Этот метод прост в реализации, но требует использования нескольких (от 3 до 6) аналоговых уровней напряжений. Но, как будет показано ниже, используемый последовательный метод развертки не является единственным возможным для создания матрицы потенциального рельефа, адекватного битовой карте изображения.

В начале 70-х годов, когда поведение ЖК-ячейки не было хорошо изучено, ошибочно предполагалось, что ячейка ведет себя как пиковый детектор и соответственно величина контраста определяется максимальной амплитудой приложенного за период развертки напряжения. Только чуть позднее была установлена истинная зависимость контраста от приложенного напряжения. Как теперь известно, основной параметр качества изображения — контрастное отношение определяется отношением эффективных (среднеквадратичных) напряжений для выбранного и невыбранного элементов изображения. Эффективное напряжение — или среднеквадратичное напряжение для каждой ЖК-ячейки — определяется по следующей формуле:

$$U_{\text{эфф}} = (1 / T \cdot \sum |U_{\text{row}}(t) - U_{\text{column}}(t)|^2)^{1/2},$$

где T — период развертки (или число фаз для дискретных функций); $U_{\text{row}}(t)$ — функция изменения напряжения на строке, относящейся к данному пикселу, обычно это ступенчатая функция изменения напряжения по фазам развертки; $U_{\text{column}}(t)$ — функция изменения напряжения на столбце, образующего данный пиксел, обычно это ступенчатая функция изменения напряжения по фазам развертки.

Вольт-контрастная характеристика ЖК-ячейки определяет оптическое состояние (контраст) в зависимости от уровня эффективного напряжения, приложенного к электродам ЖК-ячейки.

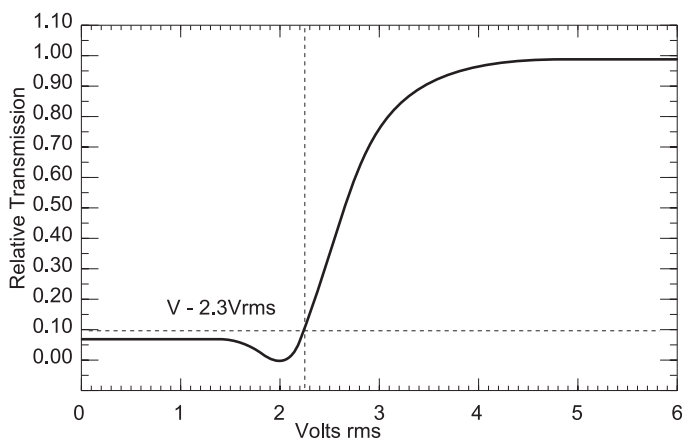


Рис. 3.3. Общий вид вольт-контрастной характеристики ЖК-ячейки

Основной параметр ЖК-ячейки, определяющий оптические характеристики ЖК-дисплея, — это пороговое напряжение и крутизна вольт-контрастной характеристики. Чем меньше порог, тем меньшие амплитудные напряжения требуются при формировании строчных и столбцовых напряжений. Чем больше крутизна характеристики, тем лучше мультиплексная способность материала, что очень важно при использовании его в матричных ЖК-дисплеях с большим числом строк. При адресации требуется, чтобы эффективное напряжение для выбранного состояния было выше порогового напряжения, а напряжение для невыбранного — ниже. Выполнение этого условия обеспечит хороший контраст и отсутствие паразитной подсветки невыбранных элементов изображения.

Связь между числом мультиплексируемых строк (N) и максимально достижимым контрастом определена в работе Alt and Pleshko (1974) [1]:

$$V_{on} / V_{off} = ((N^{1/2} + 1) / (N^{1/2} - 1))^{1/2},$$

где: V_{on} — эффективное напряжение для выбранного элемента изображения; V_{off} — эффективное напряжение для невыбранного элемента изображения; N — максимальное число мультиплексируемых строк.

3.1. Смена полярности сигналов управления

Для всех типов ЖК-индикаторов при адресации элементов изображения обязательно используются сигналы переменного напряжения. Делается это для того, чтобы избежать явлений гидролиза и диссоциации сложных органических соединений, входящих в состав ЖК-материала. ЖК-материал является смесью, состоящей из нескольких компонентов, каждая из которых предназначена для того, чтобы обеспечить определенное качество для композитного материала — вязкость, дипольный момент, определенную ориентацию при взаимодействии со слоями ориентирующих покрытий. Смена полярности может производиться с частотой кадровой развертки или же по более сложным схемам, например, для матричных дисплеев смена полярности управляющих напряжений на выходах драйверов строк и столбцов может производиться с периодом через каждые 15—20 строк. Как будет показано ниже, необходимость смены полярности напряжений, приложенных к электродам адресации, приводит к усложнению формы управляющих сигналов. Для того чтобы синтезировать многоступенчатые сигналы управления, требуется формировать группу опорных напряжений от 3 до 6. Во всех спецификациях на ЖКИ специально оговаривается допустимый уровень постоянной составляющей в сигнале управления элементами изображения.

В современных однокристалльных драйверах-контроллерах для ЖК-дисплеев сотовых телефонов и PDA период смены полярности может программно изменяться от $1P$ до $17P$, где P (Pulse) — длительность периода выборки одной строки. Сигнал синхронизации строчной развертки в цоколевках ЖК-дисплеев обычно имеет название **LP (Line Pulse)**. Если в документации на ЖК-дисплей указан режим $1P$, это значит, что сигнал смены полярности имеет период, равный пе-

риоду сигнала строчной синхронизации. Сигнал смены полярности обычно называется FR (Frame) или M. Сигнал кадровой синхронизации (начало кадра) обычно называется FLM (Frame).

Для ЖК-дисплеев с активной адресацией используются три способа смены полярности управляющих напряжений:

- черезкадровая инверсия;
- чересстрочная инверсия;
- поточечная инверсия.

Последний способ обеспечивает самый меньший коэффициент мерцания с частотой кадров изображения (фликкер).

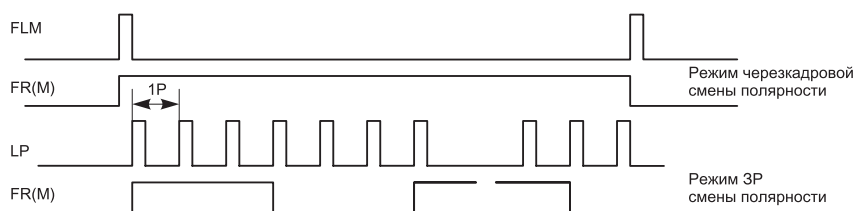


Рис. 3.4. Режимы смены полярности (через кадр и через 3 строки)

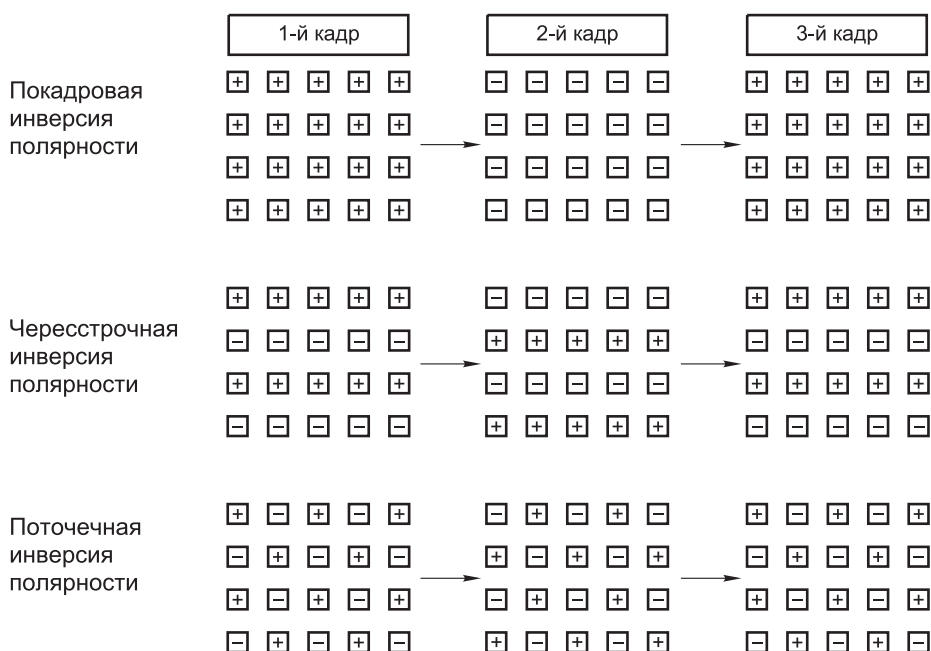


Рис. 3.5. Методы смены полярности для ЖК-дисплеев с активной адресацией. Значками + и - отмечены пиксели для которых используется соответственно положительная и отрицательная полярности возбуждающих напряжений

3.2. Пассивная и активная адресации

Различают два способа адресации матричных ЖК-дисплеев. При пассивной адресации применяется временное мультиплексирование строк без использования каких-либо нелинейных ключевых элементов. Недостатки пассивной адресации — низкий коэффициент мультиплексирования при низком контрасте, сильное проявление кросс-эффекта, сложная система формирования управляющих напряжений.

При активной матричной адресации (рис. 3.6) для каждого пиксела на пересечении строки — столбец формируется ключевой элемент. Наличие нелинейного элемента позволяет снять многие проблемы, возникающие при пассивной матричной адресации. В этом случае нет необходимости использовать высокомультиплексный ЖК-материал, значительно выше контраст (до 1:400), больше возможностей для реализации градаций шкалы серого. К недостаткам метода активной адресации относится более сложная технология изготовления, что и определяет более высокую стоимость ЖК-дисплеев с активной адресацией по сравнению со стоимостью дисплеев с пассивной адресацией.

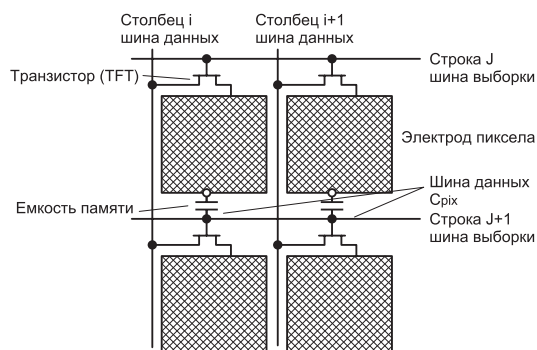


Рис. 3.6. Топология активной адресации на основе матрицы TFT

В качестве нелинейного элемента могут быть использованы транзисторные структуры (TFT — **T**hin **F**ilm **T**ransistor) на поликристаллическом или аморфном кремнии или же диодные и варисторные структуры. На рис. 3.7 и 3.8 приведены варианты топологии ключевых элементов для активной адресации с использованием транзистора на основе аморфного кремния и диодной структуры.

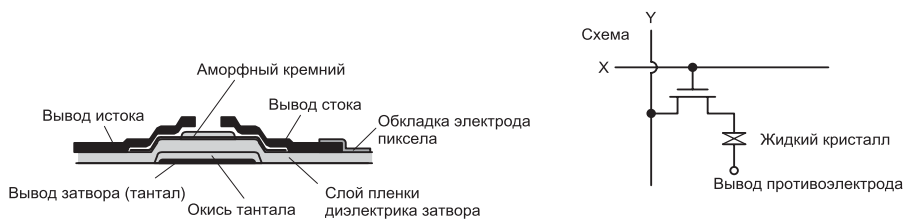


Рис. 3.7. Структура a-Si TFT-транзистора a-Si — аморфный кремний

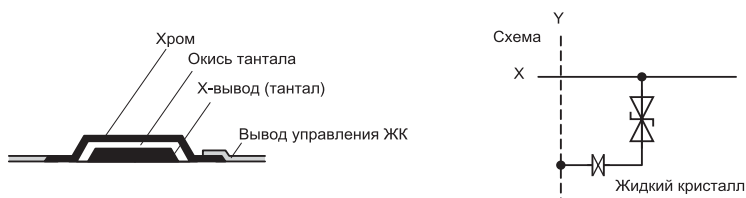


Рис. 3.8. Структура ключевого элемента на основе диодов

3.3. Ток потребления

Ток потребления ЖК-дисплея определяется вкладом отдельных его составляющих:

- динамическим током потребления массива элементов изображения;
- током потребления выходных формирователей драйверов строк и столбцов;
- током потребления логики драйверов строк и столбцов;
- током потребления видеоконтроллера;
- током потребления схемы формирования питающих напряжений.

Эквивалентная схема ЖК-ячейки представляет собой параллельно включенную с резистором емкость. При рабочих зазорах от 5 до 20 мкм сопротивление ЖК-материала составляет свыше 10^{10} Ом. Емкость каждой ЖК-ячейки образуется при пассивной адресации проекцией электродов верхней и нижней подложек, на пересечении которых находится пиксел изображения. Для активной адресации емкость образуется между отдельным электродом пиксела и общим электродом. В процессе регенерации изображения на экране ЖК-дисплея производится перезарядка емкостей ЖК-ячеек. В данном процессе происходит перезарядка паразитных емкостей, образуемых строчными и столбцовыми электродами матрицы адресации. Чем меньше рабочий зазор между подложками ЖК-дисплея, тем больше емкость каждого пиксела и соответственно всего экрана. Емкость всего экрана пропорциональна его площади. Для матричных ЖК-дисплеев суммарная емкость элементов изображения может составлять несколько сот нанофарад. Ток утечки составляет менее 1 мкА на см². Динамическая составляющая тока потребления матрицей ЖК-дисплея зависит от частоты кадровой развертки и от частоты смены полярности управляющих напряжений. Поскольку матричный РС массив является нагрузкой для выходных формирователей строчных и столбцовых драйверов, то ток потребления матрицы составляет часть тока потребляемого в цепи выходных формирователей.

Ток потребления логики столбцовых драйверов гораздо выше тока логики строчных драйверов, поскольку тактовые частоты в столбцовых драйверах гораздо выше. В современных матричных ЖК-дисплеях высокого разрешения используются тактовые частоты, составляющие несколько десятков миллигерц. Частота строчной развертки может находиться в пределах от 16 до 100 кГц.

ЖК-дисплей может содержать в своей структуре микросхему видеоконтроллера с буферным ОЗУ или же один контроллер TCON. В первом случае ЖК-дис-