МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖК-ДИСПЛЕЕМ

ВАСИЛИЙ ПРОХОРОВ, технический консультант, «ИД Электроника»

Благодаря достижениям в технологии ЖК-дисплеев и более глубокому пониманию модуляции плотности появились новые способы цифрового управления изображением. Они менее затратны с экономической точки зрения и применимы для любого уровня миниатюризации. В данной статье рассматриваются два цифровых способа управления ЖК-дисплеем в сравнении с классическим.

Обычно управление ЖК-дисплеем осуществляется посредством аналогового метода с помощью резистивного делителя или генератора подкачки. Причем резистивный делитель используется гораздо чаще. Цепочка резисторов образует делитель напряжения. Управляющий сигнал формируется путем мультиплексирования уровней напряжения на выводах GPIO в определенные моменты времени. Недостатком данного подхода является большое потребление и низкое качество изображения за счет емкостного характера ЖК-дисплея. Генератор подкачки или резистивный делитель генерирует ступенчатое напряжение (см. рис. 1). Количество ступеней зависит от уровня смещения (коэффициента мультиплексирования).

По организации сегментов ЖКИ делятся на симплексные и мультиплексные. Преимущества и недостатки каждого типа перечислены в таблице 1.

В дисплее с симплексным управлением каждый сегмент управляется собственным контроллером. Такие ЖКИ имеют высокий контраст и широкий температурный диапазон и применяются в основном в уличных устройствах отображения (колонки АЗС, часы). Симплексные контроллеры обычно создают управляющее напряжение частотой 30…60 Гц. Сегменты

Таблица 1. **Сравнение симплексного и мультиплексного способов управления**

Свойство	Симплексный	Мультиплексный
Количество выводов	Много	Мало
Количество микросхем контроллеров	Много	Мало
Стоимость контроллера	Высокая	Низкая
Паразитные помехи	Нет	От небольших до сильных
Диапазон управляющих напряжений	Широкий	Фиксированный
Температурная компенсация	Нет	–8 мВ/1°С
Форма управляющего сигнала	Простая	Сложная
Высокие температуры	Отлично	Хорошо
Низкие температуры	Очень хорошо	Хорошо
Сегменты	1…160	40…6000
Угол обзора	Широкий	Узкий
Контрастность	Высокая	Низкая
Негативные изображения	Отлично	Плохо

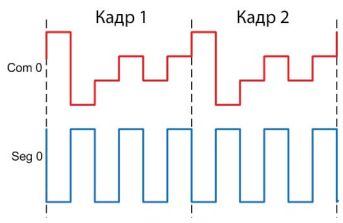

Рис. 1. **Управляющие сигналы при аналоговом подходе**

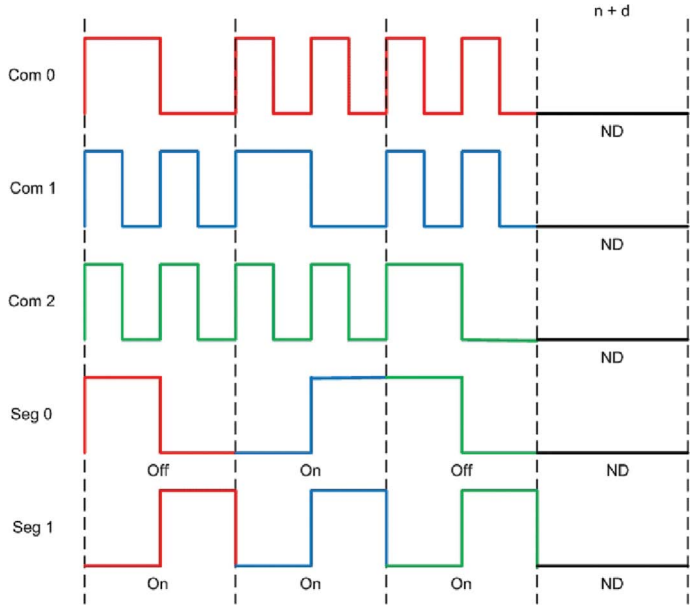

Рис. 2. **Цифровые управляющие сигналы**

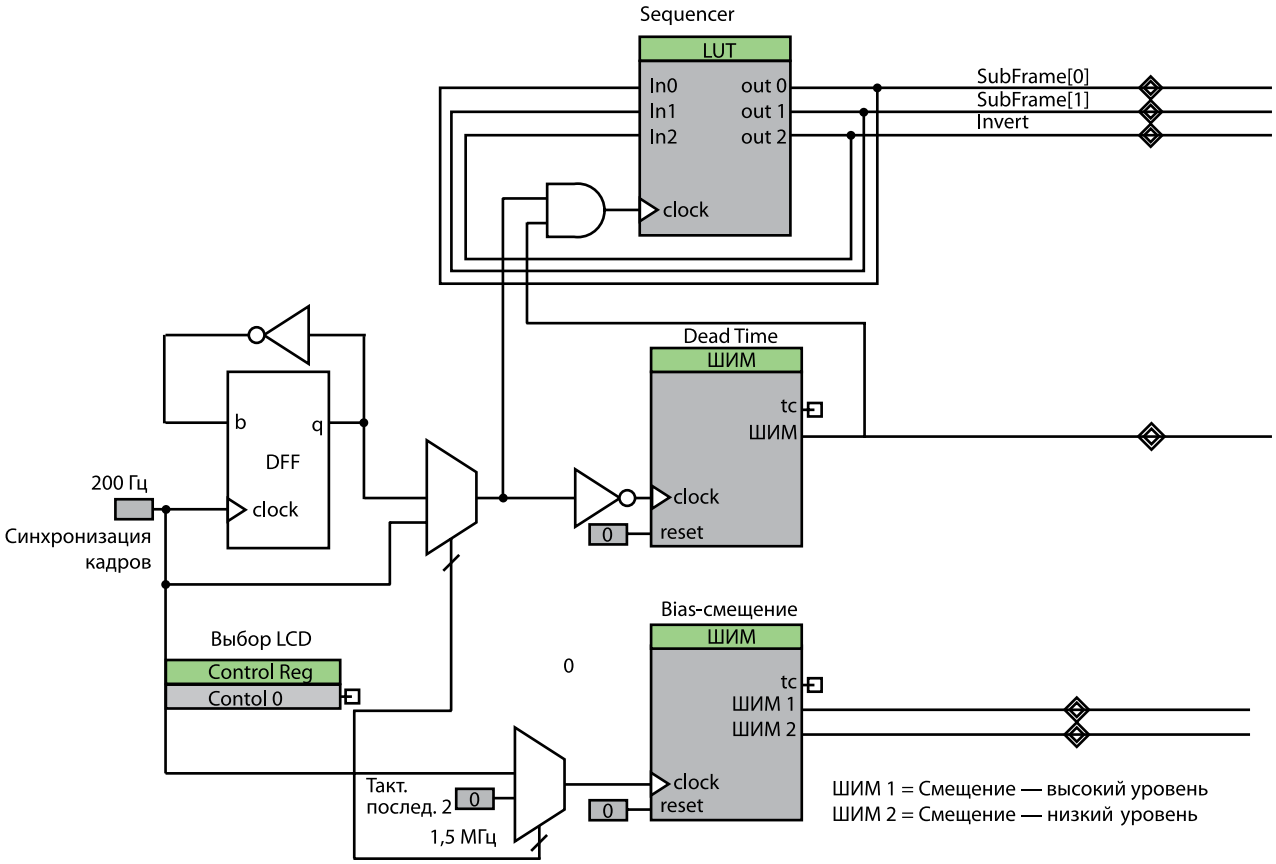

Рис. 3. **Схема установления последовательности управления**

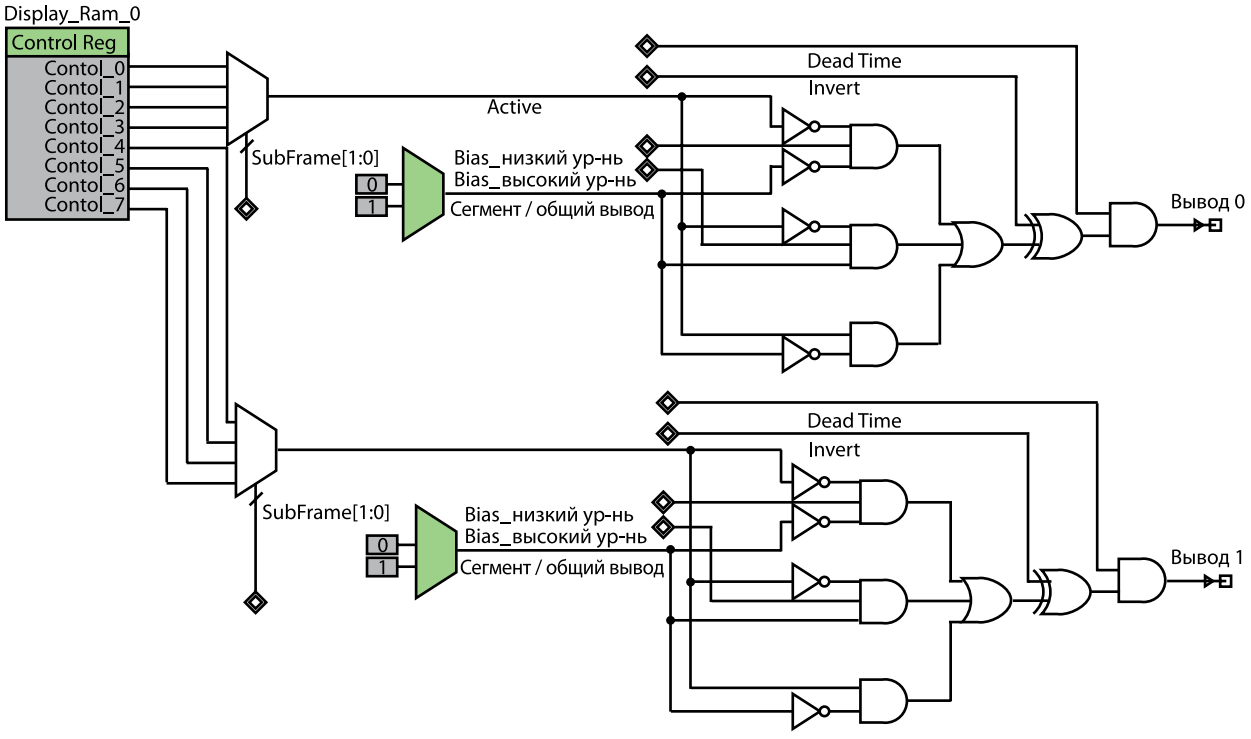

Рис. 4. **Схема формирования логических уровней**

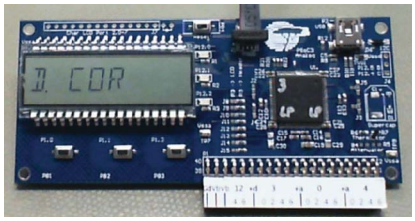

Рис. 5. **Изображение, полученное методом цифровой корреляции**

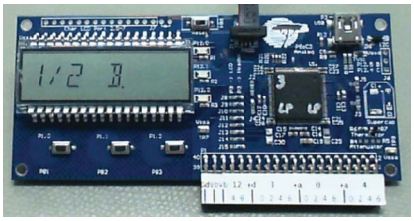

Рис. 6. **Изображение, полученное с помощью ШИМ при смещении 1/2**

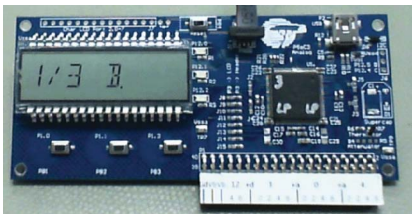

Рис. 7. **Изображение, полученное с помощью ШИМ при смещении 1/3**

мультиплексного индикатора сгруппированы в матрицу. Имеется несколько общих выводов (COM), на каждом из которых адресация к конкретному сегменту производится с помощью сигнала SEG.

ЦИФРОВАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ

Цифровая корреляция обеспечивает высокий коэффициент разделения. Однако при этом возрастает мощность потребления и стоимость изготовления схемы. Вместо аналоговых ступеней для формирования управляющего сигнала используются стандартные цифровые уровни — напряжение питания и земля, переключение между которыми производится в заданные моменты времени. Достоинством данного подхода является простая аппаратная реализация (таймер или ШИМ с ПДП или прошивка МК и ISR). Таким образом, управление может проводиться с помощью FPGA или МК.

Вторым важным преимуществом является наличие энергосберегающего режима работы. Когда устройство выходит из режима ожидания и сменяет субкадр, контроллеру достаточно перевести напряжение на выводе GPIO на низкий или высокий уровень, после чего снова перейти в энергосберегающий режим. В результате в активном режиме схема управления находится очень короткий промежуток времени.

Если общий сигнал (COM) совпадает с сигналом сегмента (SEG), то сегмент считается выбранным (см. рис. 2). В конце каждого субкадра вставляется «мертвый» цикл. Уровни включения и выключения генерируются не с помощью ЦАП, как в аналоговых схемах, а за счет регулирования среднеквадратичного напряжения.

Напряжение на сегменте ЖКИ есть разность между напряжениями SEG и COM. Пороговые значения для напряжения включения и выключения сегмента вычисляются по формулам (1) и (2) соответственно.

$$V_{rms_on} = \sqrt{\frac{1+(n-1)\times 0{,}5}{n+d}}, \quad (1)$$

$$V_{rms_off} = \sqrt{\frac{(n-1)\times 0{,}5}{n+d}}, \quad (2)$$

где n — количество сигналов COM, d — количество «мертвых» состояний.

Коэффициент разделения равен отношению V_{rms_on} к V_{rms_off}:

$$D = \sqrt{\frac{n+1}{n-1}}.$$

Чем больше D, тем сильнее контраст между включенным и выключенным состояниями сегмента. Чем меньше общих выводов (COM), тем коэффициент разделения больше. Рекомендуется использовать не более 4 общих линий.

МОДУЛЯЦИЯ ПЛОТНОСТИ

Многоуровневый ступенчатый сигнал, похожий на управляющий сигнал с рисунка 1, можно получить с помощью модуляции плотности.

В идеальном случае ЖКИ представляет собой конденсатор. Однако за счет внутренних свойств стекла ЖК-дисплея он работает как фильтр. Соответственно, изменяя параметры ШИМ, можно добиться, чтобы он обеспечивал постоянное напряжение.

Достоинством данного подхода является низкая стоимость и малый риск в процессе проектирования, поскольку вместо аналоговых компонентов используется программное обеспечение. С другой стороны, схема имеет высокую мощность потребления за счет высокой тактовой частоты ШИМ. Для масштабирования мощности потребления к выводам ЖКИ подсоединяются внешние резисторы.

Управляющее напряжение при использовании ШИМ вычисляется по формулам (3) и (4).

$$V_{rms_on} = \sqrt{\frac{1+(n-1)\times 0{,}25}{n+d}}. \quad (3)$$

$$V_{rms_on} = \sqrt{\frac{1+(n-1)\times 0{,}25}{n+d}}. \quad (4)$$

Контрастность при этом подходе выше, чем в случае цифровой корреляции:

$$D = \sqrt{\frac{n+3}{n-1}}.$$

ПРИМЕР

Для наглядности сравним рассмотренные выше способы управления на примере ЖКИ VIM-404 TN. Схема управления дисплеем делится на две части: блок установления управляющей последовательности с драйвером (см. рис. 3) и блок формирования логических уровней (см. рис. 4).

На рисунке 3 показана схема для дисплея с 4 общими сигналами. Управляющая последовательность (блок Sequencer) задает очередность управления сегментами, а также тип сигнала (инвертированный или нет). Для определения текущего состояния сегмента Sequencer обращается к ОЗУ (см. рис. 4). Это автомат, работающий непрерывно. Регулировка контраста производится путем изменения скважности ШИМ в блоке Dead Time. ШИМ в блоке смещения (Bias) генерирует высокое и низкое напряжения смещения.

На рисунке 5 показан ЖКИ, управляемый методом цифровой корреляции. Изображение не отличается высокой контрастностью и мало отличается от изображения, полученного аналоговым способом. Показанные на рисунках 6 и 7 ЖКИ управляются ШИМ со смещением 1/2 и 1/3. Сегменты имеют более четкий контраст, чем при цифровой корреляции, однако между двумя вариантами смещения разница видна только при очень тщательном рассмотрении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналоговое управление ЖКИ применяется уже более 20 лет. С появлением более сложных дисплеев с большим количеством пикселов этот подход вытесняется цифровым. Программная реализация позволяет сэкономить место на кристалле и снизить потребление схемы за счет работы в энергосберегающем режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Murphy R. Alternative methods of LCD control.