

# Справочник по среднему семейству микроконтроллеров PICmicro™

## Раздел 25. Модуль LCD

Перевод основывается на технической документации DS33023A  
компании Microchip Technology Incorporated, USA.

© ООО «Микро-Чип»  
Москва - 2002

Распространяется бесплатно.  
Полное или частичное воспроизведение материала допускается только с письменного разрешения  
ООО «Микро-Чип»  
тел. (095) 737-7545  
[www.microchip.ru](http://www.microchip.ru)

# PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual

“All rights reserved. Copyright © 1997, Microchip Technology Incorporated, USA. Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip’s products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. The Microchip logo and name are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. All other trademarks mentioned herein are the property of their respective companies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.”

## **Trademarks**

The Microchip name, logo, PIC, KEELOQ, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, and SEEVAL are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

MPLAB, PICmicro, ICSP and In-Circuit Serial Programming are trademarks of Microchip Technology Incorporated.

Serialized Quick-Turn Production is a Service Mark of Microchip Technology Incorporated.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

## Содержание

25.1 Введение .....	4
25.2 Управляющие регистры .....	5
25.3 Синхронизация LCD .....	8
25.3.1 Источник тактового сигнала для модуля LCD .....	8
25.3.2 Синхронизация мультиплексора .....	9
25.4 Прерывания от модуля LCD .....	14
25.5 Управление пикселями ЖКИ .....	15
25.5.1 Регистры данных LCDD .....	15
25.5.2 Включение сегментов .....	16
25.6 Генератор напряжения .....	17
25.6.1 Внутренний генератор напряжения .....	17
25.6.2 Внешняя резистивная цепочка .....	17
25.7 Работа модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера .....	18
25.8 Эффект сброса .....	19
25.9 Настройка модуля LCD .....	19
25.10 Коэффициент дискриминации .....	19
25.11 Формирование напряжения для модуля LCD .....	21
25.12 Контрастность .....	22
25.13 ЖКИ стекло .....	22
25.14 Инициализация .....	23
25.15 Ответы на часто задаваемые вопросы .....	24
25.16 Дополнительная литература .....	25

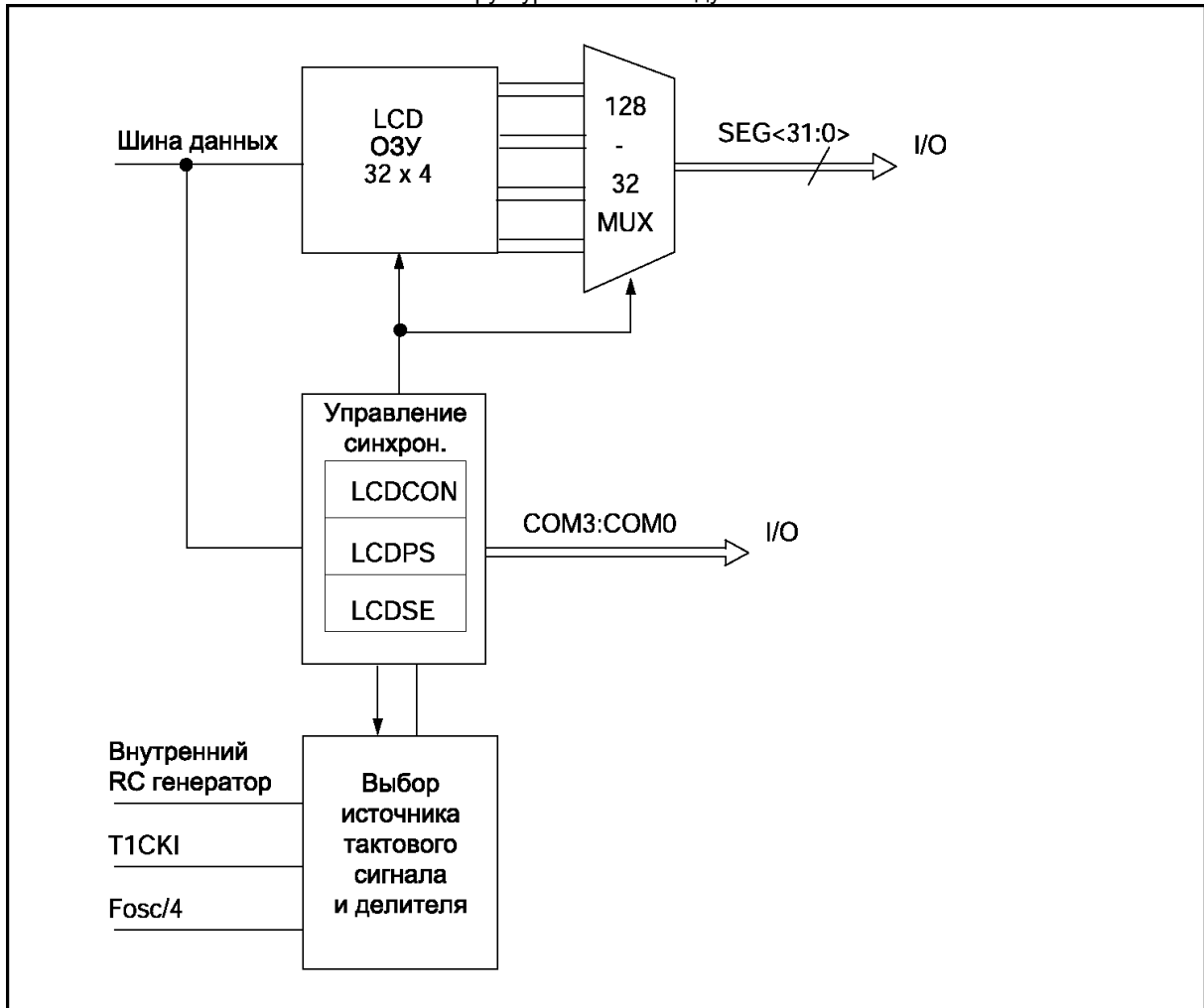
## 25.1 Введение

Модуль LCD формирует все необходимые сигналы синхронизации для управления статическими или мультиплицированными ЖКИ с поддержкой до 32 сегментов, 4 общих выводов и управление пикселями ЖКИ (вывод информации на ЖКИ).

Для управления модулем LCD используется три регистра (LCDCON, LCDSE и LCDPS), с помощью которых можно настроить параметры работы модуля, и до 16 регистров данных (LCD00-LCD15), в которых сохраняется массив данных пикселей. В нормальном режиме работы состояние регистров управления должно соответствовать используемому ЖКИ. При инициализации модуля LCD в первую очередь необходимо выбрать число общих выводов и сегментов ЖКИ, затем нужно настроить синхронизацию ЖКИ.

После настройки модуля LCD выполняется запись в регистры данных для определения состояния отдельных пикселей. Включение модуля LCD производится установкой в '1' бита LCDEN (LCDCON<7>). Модуль LCD может работать в SLEEP режиме микроконтроллера, при этом бит SLPEN (LCDCON<6>) должен быть сброшен в '0'.

Рис. 25-1 Структурная схема модуля LCD



## 25.2 Управляющие регистры

### Регистр LCDCON:

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
<b>LCDEN</b>	<b>SLPEN</b>	-	<b>VGEN</b>	<b>CS1</b>	<b>CS0</b>	<b>LMUX1</b>	<b>LMUX0</b>	
Бит 7								Бит 0

R – чтение бита  
W – запись бита  
U – не реализовано,  
читается как '0'  
-n – значение после POR  
-x – неизвестное  
значение после POR

- бит 7: **LCDEN:** Включение модуля LCD  
1 = модуль LCD включен  
0 = модуль LCD выключен
- бит 6: **SLPEN:** Бит разрешения перевода LCD модуля в SLEEP режим  
1 = модуль LCD приостанавливает работу в SLEEP режиме микроконтроллера  
0 = модуль LCD продолжает работать в SLEEP режиме микроконтроллера
- бит 5: **Не используется:** читается как '0'
- бит 4: **VGEN:** Бит включения генератора напряжений  
1 = внутренний генератор напряжений для LCD модуля включен  
0 = внутренний генератор напряжений для LCD модуля выключен, напряжения формируются внешней схемой
- биты 3-2: **CS1:CS0:** Выбор источника тактового сигнала  
00 =  $F_{osc}/256$   
01 = T1CKI (Таймер 1)  
1x = внутренний RC генератор
- биты 1-0: **LMUX1:LMUX0:** Число общих выводов  
Определяет число общих выводов и метод формирования.

LMUX1:LMUX0	Мультиплексор	Метод формирования	Максимальное число сегментов
00	Статический (COM0)	Статический	32
01	1/2 (COM0, 1)	1/3	31
10	1/3 (COM0, 1, 2)	1/3	30
11	1/4 (COM0, 1, 2, 3)	1/3	29

**Регистр LCDPS:**

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
-	-	-	-	<b>LP3</b>	<b>LP2</b>	<b>LP1</b>	<b>LP0</b>
Бит 7				Бит 0			

R – чтение бита  
W – запись бита  
U – не реализовано, читается как '0'  
-n – значение после POR  
-x – неизвестное значение после POR

биты 7-4: **Не используются:** читаются как '0'

биты 3-0: **LP3:LP0:** Длительность фрейма, выбор предделителя

LMUX1:LMUX0	Мультиплексор	Частота фрейма
00	Статический	Частота источника / (128 x (LP3:LP0 + 1))
01	1/2	Частота источника / (128 x (LP3:LP0 + 1))
10	1/3	Частота источника / (96 x (LP3:LP0 + 1))
11	1/4	Частота источника / (128 x (LP3:LP0 + 1))

**Регистры данных LCDD:**

R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>	<b>SEGs</b>
<b>COMc</b>	<b>COMc</b>	<b>COMc</b>	<b>COMc</b>	<b>COMc</b>	<b>COMc</b>	<b>COMc</b>	<b>COMc</b>
Бит 7				Бит 0			

R – чтение бита  
W – запись бита  
U – не реализовано, читается как '0'  
-n – значение после POR  
-x – неизвестное значение после POR

биты 7-0: **SEGsCOMc:** Данные пикселя сегмента с общего вывода с  
1 = пиксель включен  
0 = пиксель выключен

## Регистр LCDSE:

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	
<b>SE29</b>	<b>SE27</b>	<b>SE20</b>	<b>SE16</b>	<b>SE12</b>	<b>SE9</b>	<b>SE5</b>	<b>SE0</b>	
Бит 7								Бит 0
<p>бит 7: <b>SE29:</b> Выбор режима работы выводов COM1/SEG31-COM3/SEG29            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p><b>Примечание.</b> Состояние битов LMUX1:LMUX0 (настройка драйвера общего выхода) имеет более высокий приоритет, чем SE29.</p> <p>бит 6: <b>SE27:</b> Выбор режима работы выводов SEG28 и SEG27            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p>бит 5: <b>SE20:</b> Выбор режима работы выводов SEG26-SEG20            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p>бит 4: <b>SE16:</b> Выбор режима работы выводов SEG19-SEG16            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p>бит 3: <b>SE12:</b> Выбор режима работы выводов SEG15-SEG12            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p>бит 2: <b>SE9:</b> Выбор режима работы выводов SEG11-SEG09            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p>бит 1: <b>SE5:</b> Выбор режима работы выводов SEG08-SEG05            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p> <p>бит 0: <b>SE0:</b> Выбор режима работы выводов SEG04-SEG00            1 = выводы работают как драйверы сегментов LCD            0 = выводы работают как цифровые входы</p>								

R – чтение бита  
 W – запись бита  
 U – не реализовано, читается как '0'  
 -n – значение после POR  
 -x – неизвестное значение после POR

**Примечание.** При сбросе по включению питания (POR) все выводы, мультиплицированные с модулем LCD, работают как драйверы LCD.

## 25.3 Синхронизация LCD

Модуль LCD имеет 3 возможных источника тактовых импульсов и поддерживает статический, 1/2, 1/3 и 1/4 режим синхронизации.

### 25.3.1 Источник тактового сигнала для модуля LCD

Источником тактового сигнала для модуля LCD может быть:

- Внутренний RC генератор, предназначен для работы модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера или при низкой тактовой частоте микроконтроллера;
- Генератор TMR1, используется при работе модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера или при низкой тактовой частоте микроконтроллера;
- Тактовый сигнал микроконтроллера, деленный на 256.

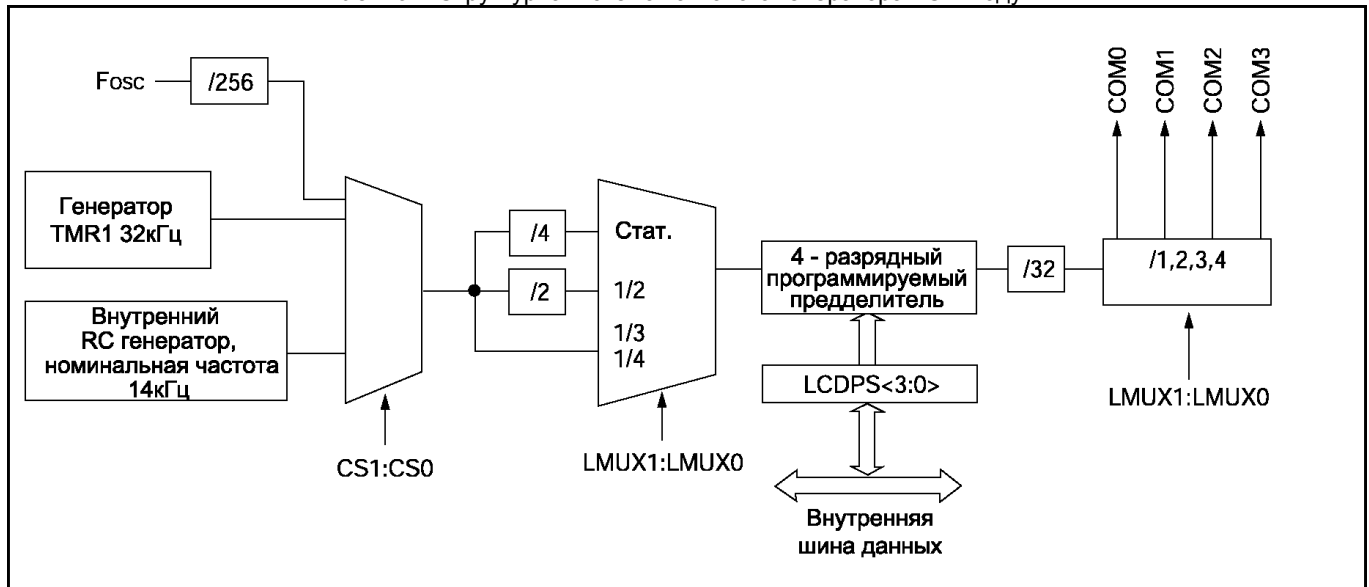
Первый источник тактовых импульсов - внутренний RC генератор с номинальной частотой 14кГц. Этот генератор обеспечивает минимальную частоту тактовых импульсов для LCD модуля, он может использоваться для продолжения работы модуля LCD, когда микроконтроллер находится в SLEEP режиме. RC генератор выключен после сброса микроконтроллера по включению питания (POR), если выбран иной источник тактовых импульсов или модуль LCD выключен.

Второй источник - внешний генератор TMR1. Этот генератор может обеспечивать низкую частоту тактовых импульсов для модуля LCD, он может использоваться для продолжения работы модуля LCD, когда микроконтроллер находится в SLEEP режиме. Считается, что частота сигнала тактового генератора 32кГц. Чтобы использовать генератор TMR1, в качестве источника тактовых импульсов для модуля LCD, необходимо установить в '1' бит T1OSEN (T1CON<3>).

Третий источник - тактовый сигнал микроконтроллера деленный на 256. Этот коэффициент деления выбран таким образом, чтобы обеспечить частоту тактовых импульсов модуля LCD 32кГц при тактовой частоте микроконтроллера 8МГц. Коэффициент деления тактового сигнала не может быть изменен. С помощью управляющих битов регистра LCDPS можно выбрать длительность фрейма ЖКИ.

Источник тактового сигнала выбирается битами CS1:CS0 (LCDCON<3:2>). Пояснения программирования модуля LCD смотрите на рисунке 25-1.

Рис. 25-2 Структурная схема тактового генератора LCD модуля





### 25.3.2 Синхронизация мультиплексора

Схема синхронизации формирует сигналы для работы от 1 до 4 общих выводов, зависит от типа выбранного ЖКИ. Режим работы определяется битами LMUX1:LMUX0 (LCDCON<1:0>). В таблице 25-1 представлены формулы для вычисления частоты фрейма.

**Таблица 25-1** Формулы вычисления частоты фрейма

LMUX1:LMUX0	Мультиплексор	Частота фрейма
00	Статический	Частота источника / (128 x (LP3:LP0 + 1))
01	1/2	Частота источника / (128 x (LP3:LP0 + 1))
10	1/3	Частота источника / (96 x (LP3:LP0 + 1))
11	1/4	Частота источника / (128 x (LP3:LP0 + 1))

**Таблица 25-2** Аппроксимированная частота фрейма в Гц  
(Генератор TMR1 32кГц или F<sub>OSC</sub> = 8МГц)

LP3:LP0	Статический	1/2	1/3	1/4
2	85	85	114	85
3	64	64	85	64
4	51	51	68	51
5	43	43	57	43
6	37	37	49	37
7	32	32	43	32

**Таблица 25-3** Аппроксимированная частота фрейма в Гц  
(Внутренний RC генератор 14кГц)

LP3:LP0	Статический	1/2	1/3	1/4
0	109	109	146	109
1	55	55	73	55
2	36	36	49	36
3	27	27	36	27

Рис 25-3 Временная диаграмма статического режима

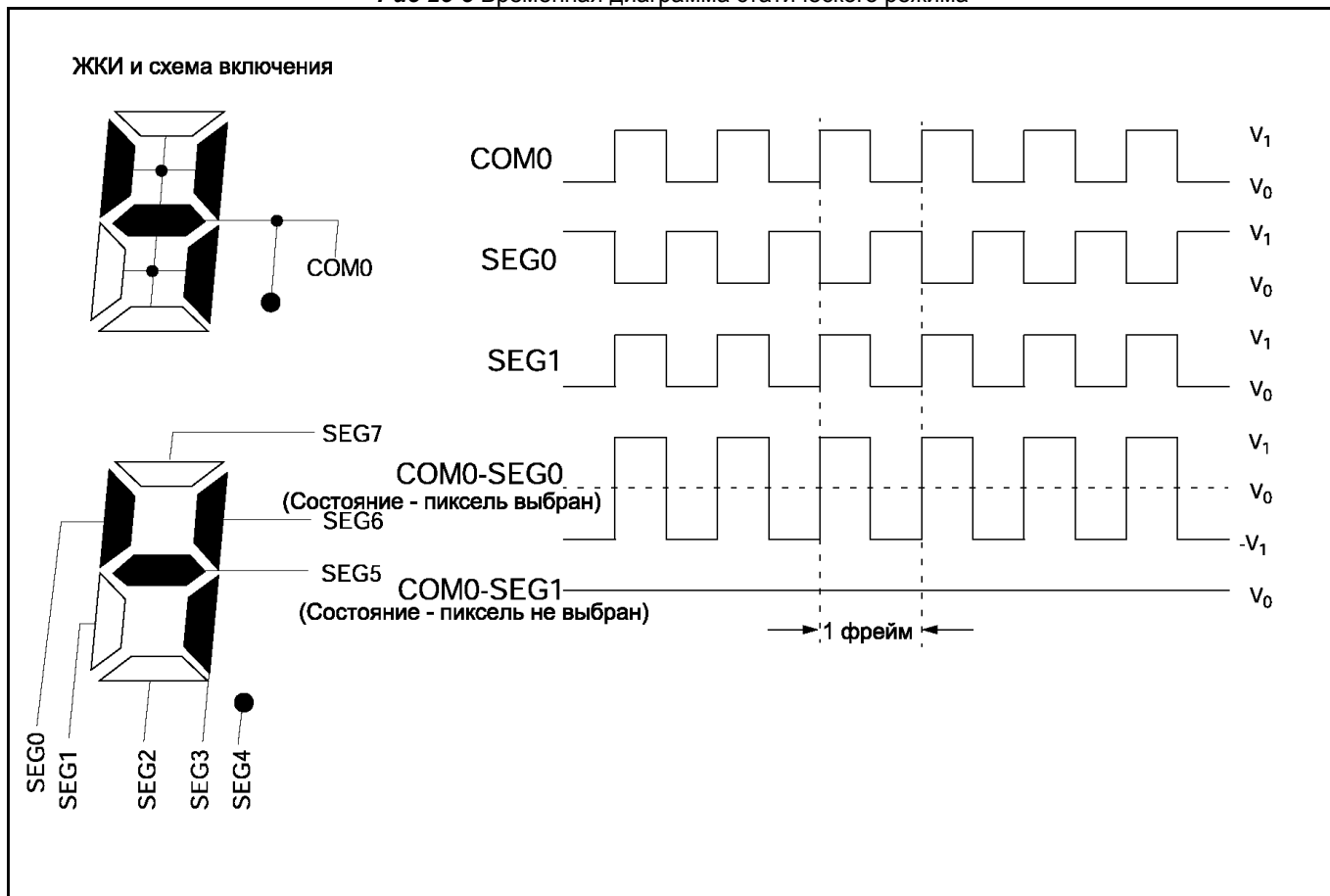


Рис 25-4 Временная диаграмма 1/2 MUX, 1/3 BIAS

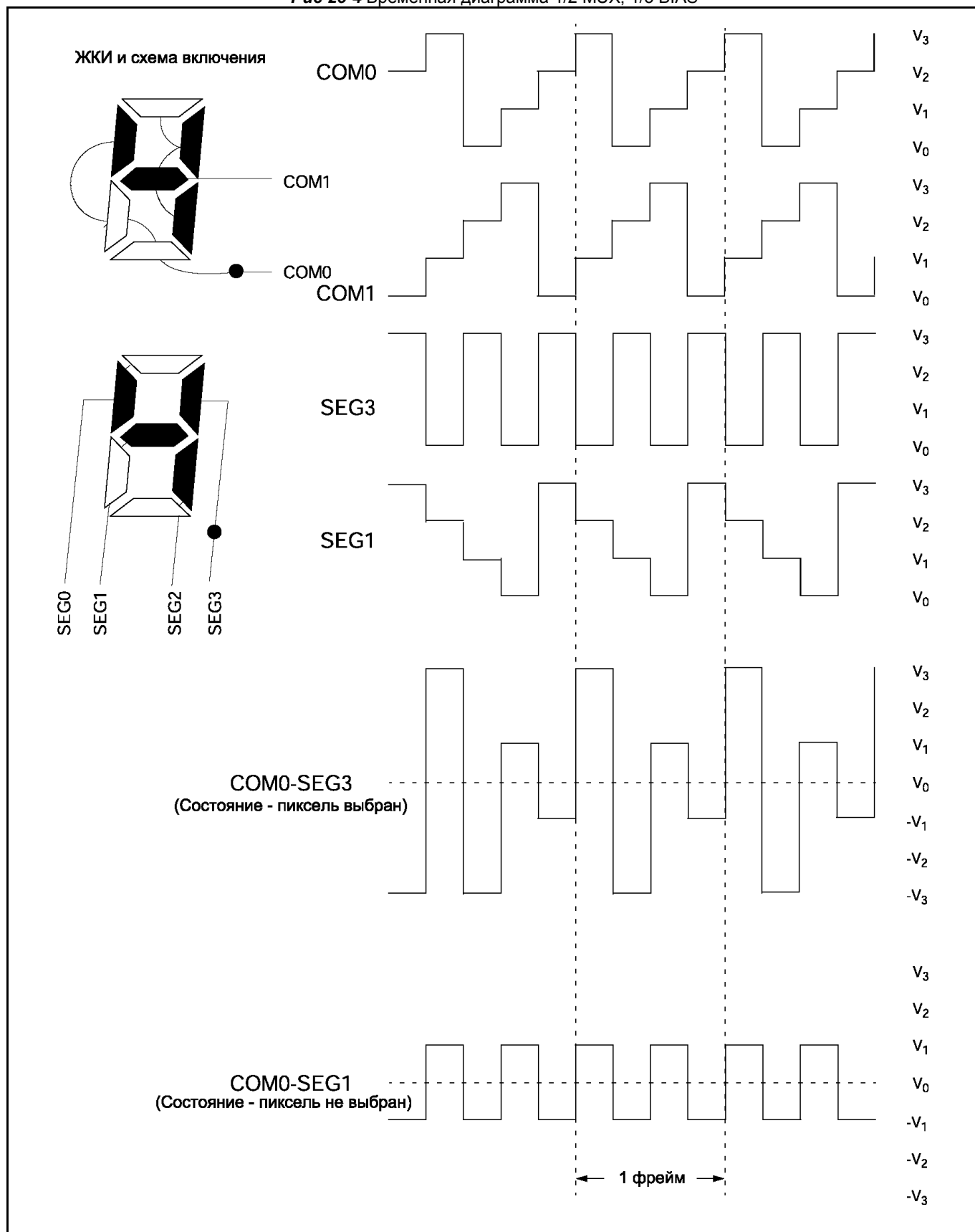


Рис 25-5 Временная диаграмма 1/3 MUX, 1/3 BIAS

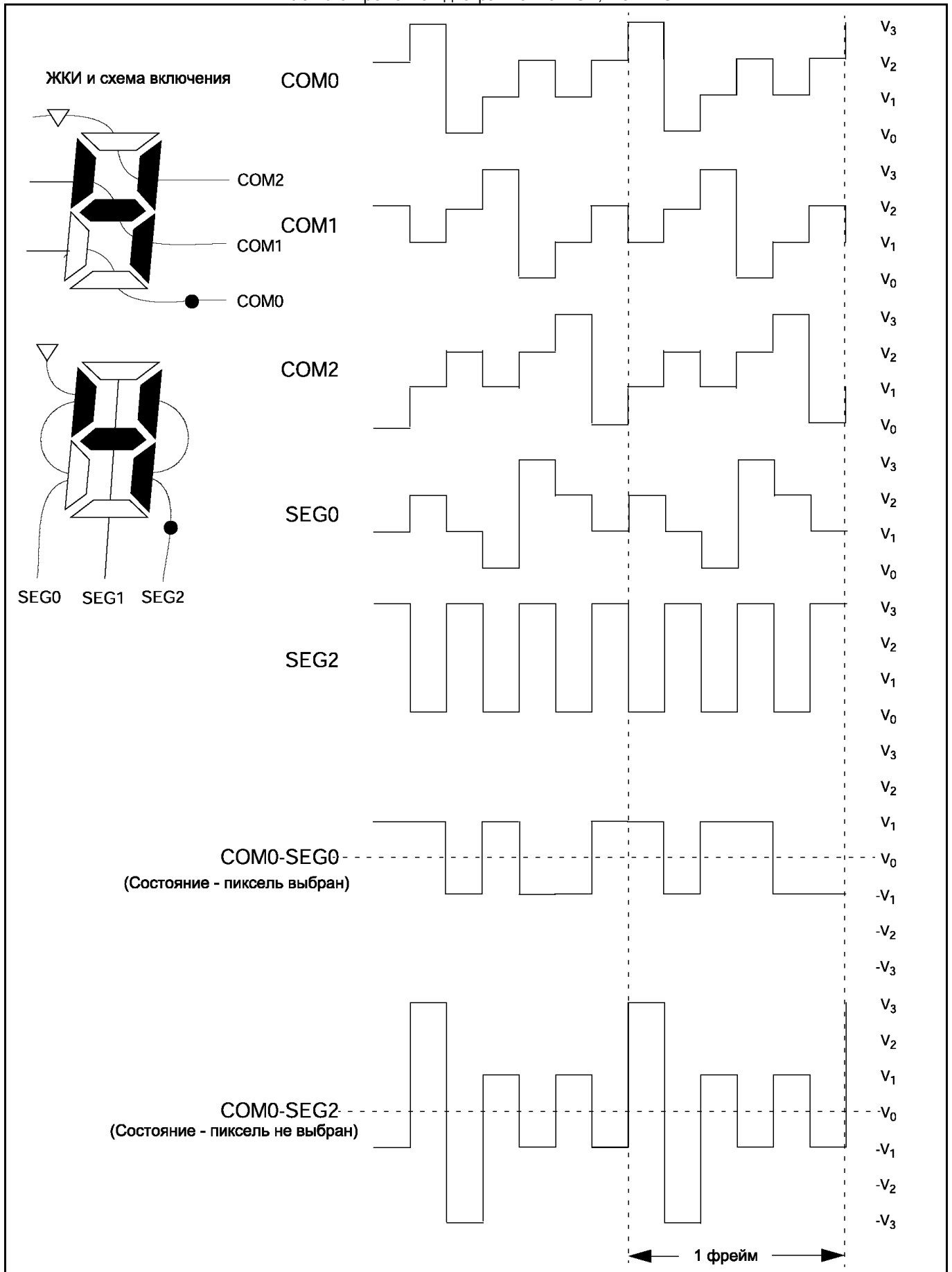
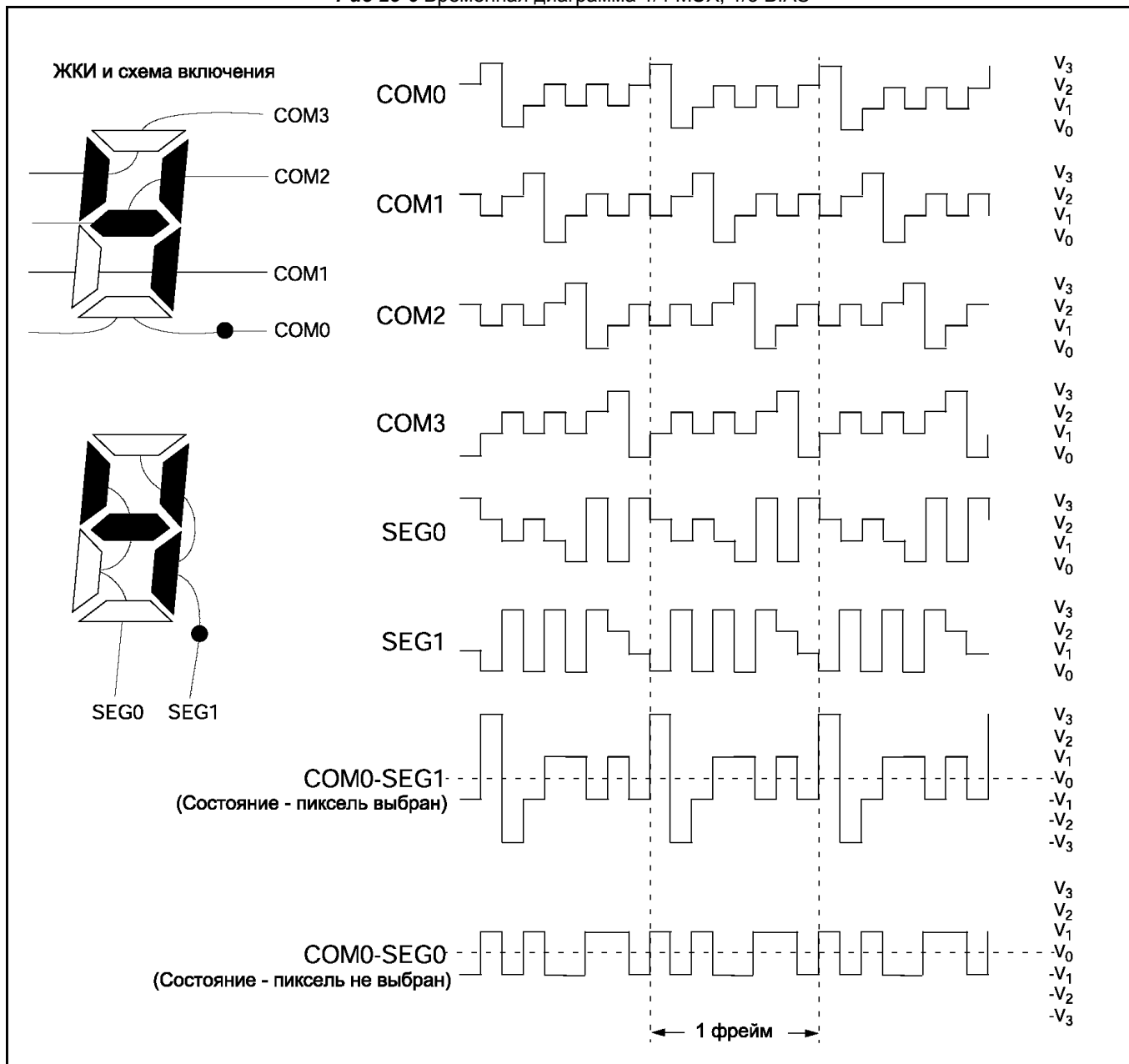


Рис 25-6 Временная диаграмма 1/4 MUX, 1/3 BIAS

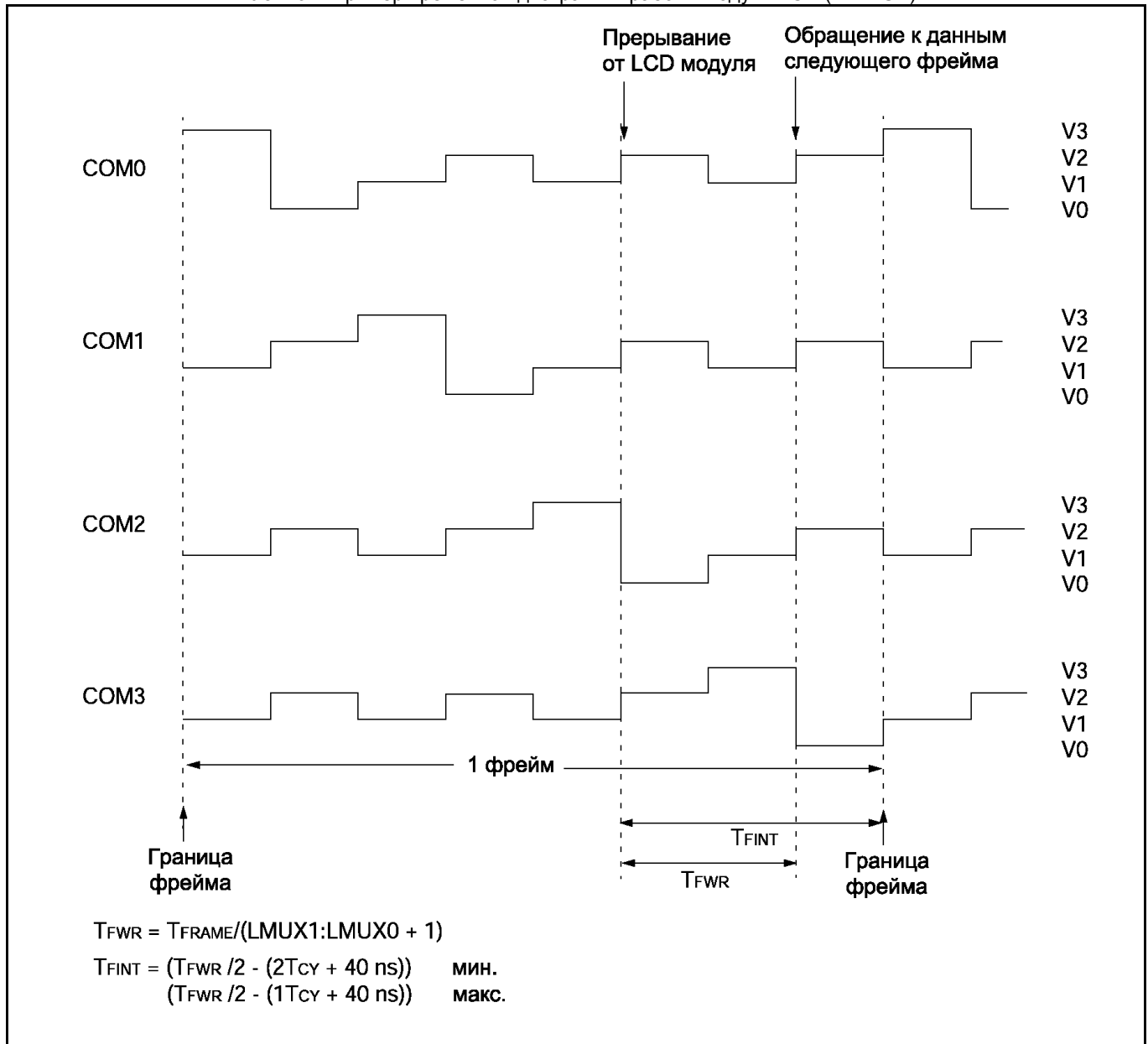


### 25.4 Прерывания от модуля LCD

Модуль LCD формирует прерывания, соответствующие синхронизации фреймов ЖКИ. Прерывания могут использоваться для координации записи данных пикселей перед началом нового фрейма. Запись данных перед началом фрейма позволяет организовать четкую смену информации на ЖКИ. Также прерывания могут использоваться для синхронизации внешних событий с ЖКИ. Например, интерфейс доступа к внешней микросхеме драйвера ЖКИ AY0438 может синхронизироваться для одновременного изменения выводимой на ЖКИ информации.

Началом нового фрейма считается передний фронт сигнала на общем выводе COM0. Прерывание формируется немедленно, после считывания модулем LCD необходимых данных для текущего фрейма (см. рисунок 25-7). LCD модуль начнет запрашивать данные для следующего фрейма в пределах интервала времени  $T_{FWR}$  после прерывания.

Рис. 25-7 Пример временной диаграммы работы модуля LCD (1/4 MUX)



## 25.5 Управление пикселями ЖКИ

### 25.5.1 Регистры данных LCDD

Регистры данных ЖКИ содержат биты, которые определяют состояния каждого пикселя ЖКИ (каждый бит влияет на один пиксель). В таблице 25-4 показано влияние каждого бита в регистрах LCDD на соответствующий сигнал сегмента и общего вывода. Регистры данных ЖКИ, не влияющие на работу ЖКИ, и могут использоваться как регистры общего назначения.

Таблица 25-4 Регистры LCDD

Имя	Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0	Сброс POR, BOR	Другие сбросы
LCDD00	SEG07 COM0	SEG06 COM0	SEG05 COM0	SEG04 COM0	SEG03 COM0	SEG02 COM0	SEG01 COM0	SEG00 COM0	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD01	SEG15 COM0	SEG14 COM0	SEG13 COM0	SEG12 COM0	SEG11 COM0	SEG10 COM0	SEG09 COM0	SEG08 COM0	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD02	SEG23 COM0	SEG22 COM0	SEG21 COM0	SEG20 COM0	SEG19 COM0	SEG18 COM0	SEG17 COM0	SEG16 COM0	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD03	SEG31 COM0	SEG30 COM0	SEG29 COM0	SEG28 COM0	SEG27 COM0	SEG26 COM0	SEG25 COM0	SEG24 COM0	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD04	SEG07 COM1	SEG06 COM1	SEG05 COM1	SEG04 COM1	SEG03 COM1	SEG02 COM1	SEG01 COM1	SEG00 COM1	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD05	SEG15 COM1	SEG14 COM1	SEG13 COM1	SEG12 COM1	SEG11 COM1	SEG10 COM1	SEG09 COM1	SEG08 COM1	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD06	SEG23 COM1	SEG22 COM1	SEG21 COM1	SEG20 COM1	SEG19 COM1	SEG18 COM1	SEG17 COM1	SEG16 COM1	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD07	SEG31 COM1 <sup>(1)</sup>	SEG30 COM1	SEG29 COM1	SEG28 COM1	SEG27 COM1	SEG26 COM1	SEG25 COM1	SEG24 COM1	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD08	SEG07 COM2	SEG06 COM2	SEG05 COM2	SEG04 COM2	SEG03 COM2	SEG02 COM2	SEG01 COM2	SEG00 COM2	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD09	SEG15 COM2	SEG14 COM2	SEG13 COM2	SEG12 COM2	SEG11 COM2	SEG10 COM2	SEG09 COM2	SEG08 COM2	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD10	SEG23 COM2	SEG22 COM2	SEG21 COM2	SEG20 COM2	SEG19 COM2	SEG18 COM2	SEG17 COM2	SEG16 COM2	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD11	SEG31 COM2 <sup>(1)</sup>	SEG30 COM2 <sup>(1)</sup>	SEG29 COM2	SEG28 COM2	SEG27 COM2	SEG26 COM2	SEG25 COM2	SEG24 COM2	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD12	SEG07 COM3	SEG06 COM3	SEG05 COM3	SEG04 COM3	SEG03 COM3	SEG02 COM3	SEG01 COM3	SEG00 COM3	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD13	SEG15 COM3	SEG14 COM3	SEG13 COM3	SEG12 COM3	SEG11 COM3	SEG10 COM3	SEG09 COM3	SEG08 COM3	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD14	SEG23 COM3	SEG22 COM3	SEG21 COM3	SEG20 COM3	SEG19 COM3	SEG18 COM3	SEG17 COM3	SEG16 COM3	xxxx xxxx	xxxx xxxx
LCDD15	SEG31 COM3 <sup>(1)</sup>	SEG30 COM3 <sup>(1)</sup>	SEG29 COM3 <sup>(1)</sup>	SEG28 COM3	SEG27 COM3	SEG26 COM3	SEG25 COM3	SEG24 COM3	xxxx xxxx	xxxx xxxx

Примечание 1. Эти пиксели не отображаются, биты могут использоваться как биты общего назначения.

### 25.5.2 Включение сегментов

Регистр LCDSE предназначен для выбора режима работы группы выводов микроконтроллера. Каждая группа выводов может быть настроена для работы в качестве драйверов LCD модуля или цифровых входов/выходов. Для настройки группы выводов как цифровые входы/выходы соответствующий бит в регистре LCDSE должен быть сброшен в '0'.

Если вывод работает как цифровой вход/выход, то соответствующий бит TRIS управляет направлением данных. Установка любого бита в регистре LCDSE отменяет действие соответствующих битов TRIS.

**Примечание 1.** При сбросе по включению питания (POR) все выводы, мультиплицированные с модулем LCD, работают как драйверы LCD.

**Примечание 2.** Состояние битов LMUX1:LMUX0 (настройка драйвера общего выхода) имеет более высокий приоритет, чем SE29 (настройка выводов RD7, RD6 и RD5).

#### Пример 25-1 Статический MUX, 32 сегмента

```
BCF      STATUS , RP0      ; Выбрать банк 2
BSF      STATUS , RP1      ;
BCF      LCDCON , LMUX1    ; Выбрать статический MUX
BCF      LCDCON , LMUX0    ;
MOVLW   0xFF              ; Выводы портов PORTD, E,F,G
MOVWF   LCDSE              ; используются модулем LCD
```

#### Пример 25-2 1/3 MUX, 13 сегментов

```
BCF      STATUS , RP0      ; Выбрать банк 2
BSF      STATUS , RP1      ;
BSF      LCDCON , LMUX1    ; Выбрать 1/3 MUX
BCF      LCDCON , LMUX0    ;
MOVLW   0x87              ; Выводы портов PORTD<7:0> и PORTE<6:0>
MOVWF   LCDSE              ; используются модулем LCD
```



## 25.6 Генератор напряжений

Существует два метода формирования напряжений для модуля LCD: внутренний генератор напряжения, внешняя резистивная цепочка.

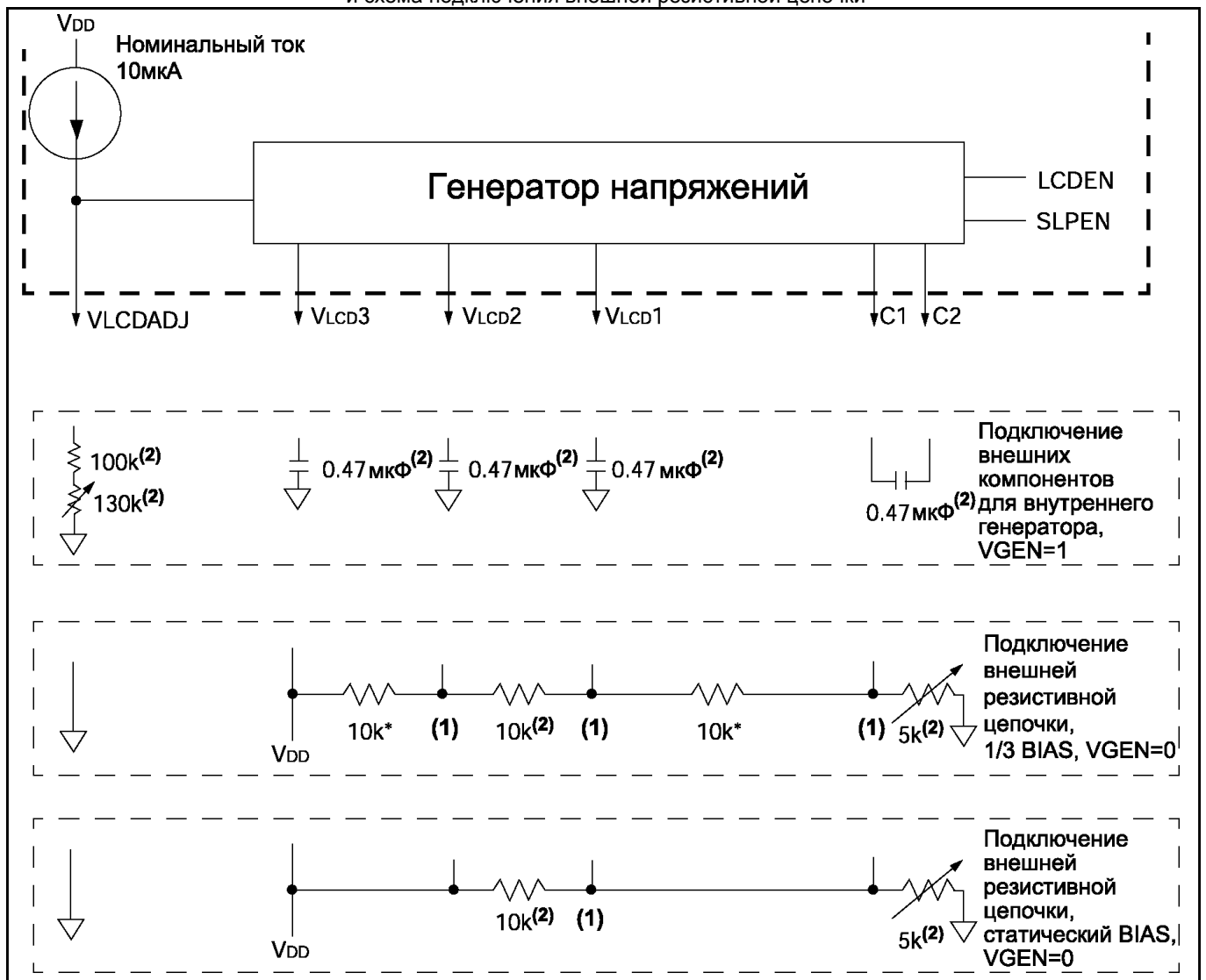
### 25.6.1 Внутренний генератор напряжений

Структурная схема внутреннего генератора напряжения модуля LCD показана на рисунке 25-8. Генератор напряжения формирует стабилизированное напряжение от 1.0В до 2.3В независимо от напряжения питания. Настройка генератора напряжений осуществляется внешним резистором, подключенным к выводу VLCDADJ. С помощью этого резистора можно изменять контрастность ЖКИ (изменение основного напряжения на выводе VLCD1). На основе напряжения VLCD1 формируется два других напряжения: VLCD2 = 2 VLCD1, VLCD3 = 3 VLCD1. Когда внутренний генератор напряжений выключен, вывод VLCD3 внутренне подключен к VDD. Смотрите в разделе "Электрические характеристики" параметры конденсаторов и потенциометра.

### 25.6.2 Внешняя резистивная цепочка

Модуль LCD может использовать внешнюю резистивную цепочку для формирования необходимых напряжений. На рисунке 25-8 показана схема подключения резисторов для статического и 1/3 MUX. Для использования внешней резистивной цепочки бит VGEN (LCDCON<4>) должен быть сброшен в '0'.

Рис. 25-8 Структурная схема внутреннего генератора напряжений и схема подключения внешней резистивной цепочки



Примечания:

1. Точка включения необязательного фильтрующего конденсатора.
2. Оценочные значения.

## 25.7 Работа модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера

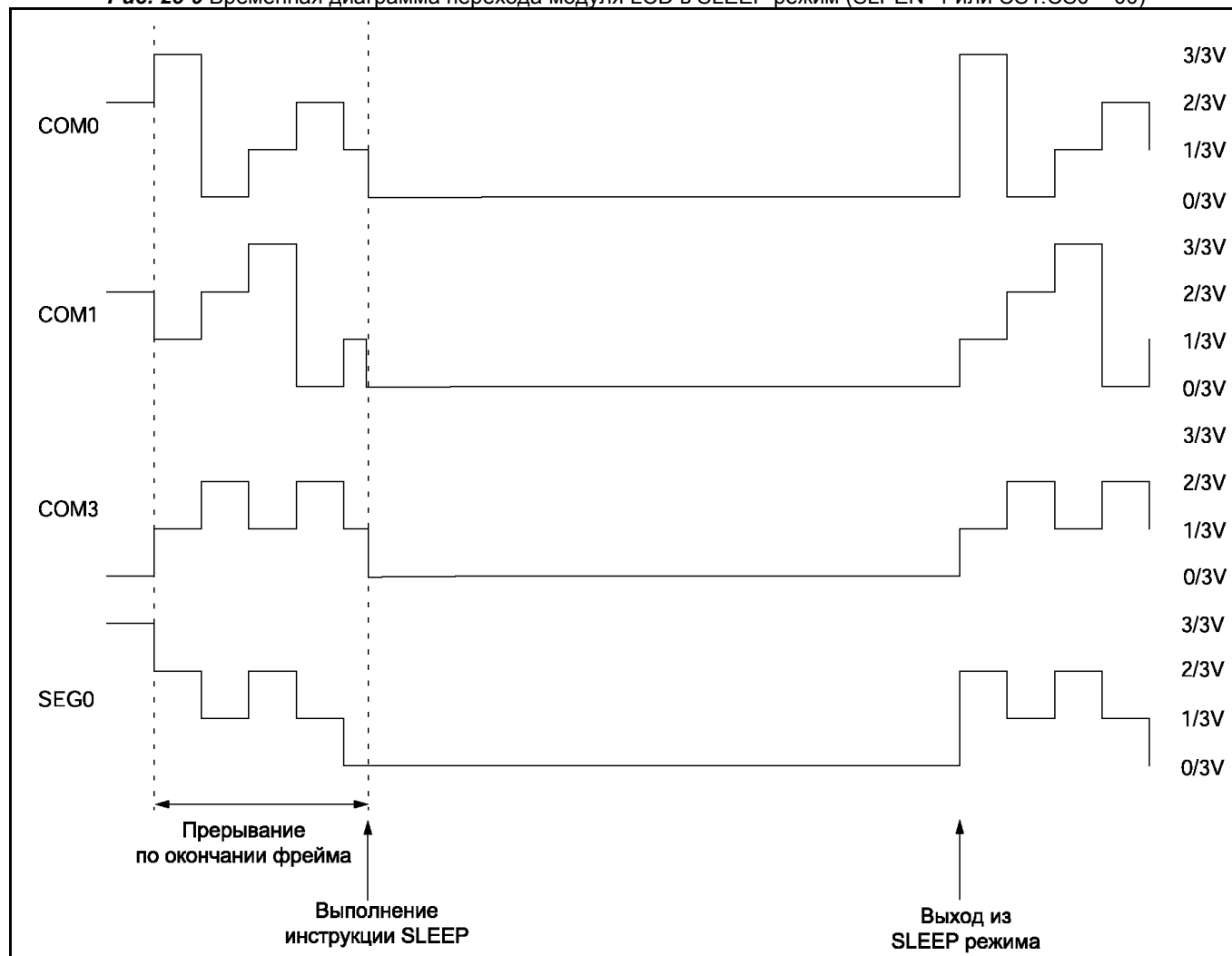
Модуль LCD может продолжать работать в SLEEP режиме микроконтроллера, выбор осуществляется битом SPLPEN (LCDCON<6>). Если SLPEN = 0, то модуль LCD продолжает работать в SLEEP режиме микроконтроллера.

Если SLPEN = 1, то после выполнения команды SLEEP модуль LCD перейдет в режим пониженного энергопотребления, прекратив формировать управляющие сигналы. На рисунке 25-9 показана временная диаграмма перехода в SLEEP режим модуля LCD. Для гарантированного завершения формирования фрейма команда SLEEP должна быть выполнена немедленно, после обнаружения границы фрейма (прерывания от модуля LCD могут использоваться для обнаружения границы фрейма). Смотрите раздел 25.4 "Прерывания от модуля LCD".

Если разрешена работа модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера, то содержимое регистров LCDD будет отображаться на ЖКИ, при этом данные не могут быть изменены. В этом случае необходимо использовать внутренний RC генератор или генератор TMR1 для формирования тактового сигнала для модуля LCD. Модуль LCD не будет потреблять меньше тока, однако полное потребление системы будет уменьшено за счет выключения ядра микроконтроллера и других периферийных модулей.

**Примечание.** При работе модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера должен использоваться внутренний RC генератор или генератор TMR1.

**Рис. 25-9** Временная диаграмма перехода модуля LCD в SLEEP режим (SLPEN=1 или CS1:CS0 = 00)



## 25.8 Эффект сброса

После сброса микроконтроллера модуль LCD выключен, но выводы, мультиплицированные с модулем LCD, настраиваются как драйверы LCD. Это гарантирует защиту ЖКИ стекла от повреждения возможным постоянным напряжением.

## 25.9 Настройка модуля LCD

Для настройки модуля LCD рекомендуется следующая последовательность действий:

1. Выбрать параметры синхронизации фреймов, биты LP3:LP0 (LCDPS<3:0>).
2. Настроить необходимые выводы микроконтроллера для работы в качестве драйвера ЖКИ (регистр LCDSE).
3. Настроить модуль LCD с помощью регистра LCDCON:
  - Режим работы мультиплексора (биты LMUX1:LMUX0);
  - Выбрать источник тактового сигнала (биты CS1:CS0);
  - Выбрать режим работы генератора напряжения для модуля LCD (бит VGEN);
  - Выбрать режим работы модуля LCD в SLEEP режиме микроконтроллера (бит SLPEN).
4. Записать начальные данные в регистры LCDD00 - LCDD15.
5. Сбросить флаг прерывания от модуля LCD (бит LCDIF), и если необходимо, разрешить прерывания установкой бита LCDIE в '1'.
6. Включить модуль LCD установив в '1' бит LCDEN (LCDCON<7>).

## 25.10 Коэффициент дискриминации

С помощью коэффициента дискриминации можно вычислить максимальную контрастность ЖКИ. В первом примере представлен расчет для статического режима (см. рисунок 25-3). Напряжения  $V_1$  и  $V_0$  будут иметь значения 1 и 0. Следующий шаг - создание уравнения для отдельного фрейма, чтобы оценить отображение индивидуального пикселя в включенном и выключенном состоянии при различных режимах синхронизации. В остальной части вычисляется коэффициент дискриминации.

**Пример 25-3** Вычисление коэффициента дискриминации (статический MUX)

$$\text{COM}_x - \text{SEG}_x [\text{ON}] = 1 - 1, \quad V_{\text{DC}} = 0$$

$$\text{COM}_x - \text{SEG}_x [\text{OFF}] = 0 + 0, \quad V_{\text{DC}} = 0$$

$$V_{\text{RMS}} [\text{ON}] = \Delta V \sqrt{\frac{(1)^2 + (-1)^2}{2}} = 1\Delta V$$

$$V_{\text{RMS}} [\text{OFF}] = \Delta V \sqrt{\frac{(0)^2 + (0)^2}{2}} = 0\Delta V$$

$$D = \frac{V_{\text{RMS}} [\text{ON}]}{V_{\text{RMS}} [\text{OFF}]} = \frac{1\Delta V}{0\Delta V} = \infty$$

См. рисунок 25-3.

В следующем примере вычисляется коэффициент дискриминации для режима 1/4 MUX, 1/3 BIAS (см. рис. 25-6). В этом примере значения 3, 2, 1 и 0 для напряжений  $V_3$ ,  $V_2$ ,  $V_1$  и  $V_0$ . Уравнения для статического и RSM напряжения, вычисление коэффициента дискриминации показаны в примере 25-4.

**Пример 25-4** Вычисление коэффициента дискриминации (1/4 MUX)

$$\begin{aligned} \text{COM0 - SEGx [ON]} &= 3 - 3 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 & V_{DC} &= 0 \\ \text{COM0 - SEGx [OFF]} &= 1 - 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 & V_{DC} &= 0 \end{aligned}$$

$$V_{RMS} [\text{ON}] = \Delta V \sqrt{\frac{(3)^2 + (-3)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2}{8}} = \sqrt{3} \Delta V$$

$$V_{RMS} [\text{OFF}] = \Delta V \sqrt{\frac{(1)^2 + (-1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2}{8}} = \Delta V$$

$$D = \frac{V_{RMS} [\text{ON}]}{V_{RMS} [\text{OFF}]} = \frac{\sqrt{3} \Delta V}{1 \Delta V} = 1.732$$

См. рисунок 25-6.

Как можно судить по представленным примерам - ЖКИ со статической синхронизацией имеют лучшую контрастность. Большее значение мультиплицирования - меньший коэффициент дискриминации, меньшая контрастность ЖКИ.

В таблице 25-5 показано соотношение напряжений  $V_{OFF}$ ,  $V_{ON}$  при различных режимах синхронизации. Для увеличения контрастности ЖКИ можно увеличить разницу напряжений между уровнями.

**Таблица 25-5** Коэффициент дискриминации

	1/3 BIAS		
	$V_{OFF}$	$V_{ON}$	D
<b>Статический</b>	0	1	$\infty$
<b>1/2 MUX</b>	0.333	0.745	2.236
<b>1/3 MUX</b>	0.333	0.638	1.915
<b>1/4 MUX</b>	0.333	0.577	1.732

## 25.11 Формирование напряжения для модуля LCD

Из всех возможных способов формирования напряжения для LCD модуля выделяется два основных:

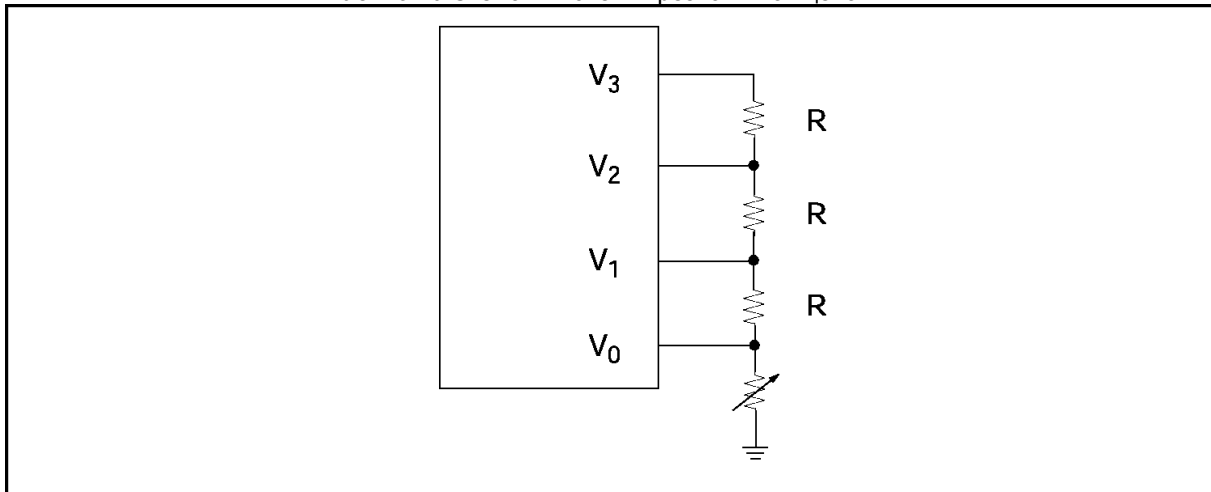
- Резистивная цепочка;
- Внутренний генератор.

Метод резистивной цепочки, показанный на рисунке 25-10, наиболее часто используется при высоком напряжении питания  $V_{DD}$ . Этот метод формирования напряжений нескольких уровней для модуля LCD считается наиболее простым и дешевым. Независимо от числа включенных пикселей ток остается неизменным. Напряжение  $V_3$  обычно подключается к напряжению питания (внутренними цепями микроконтроллера или внешней схемой).

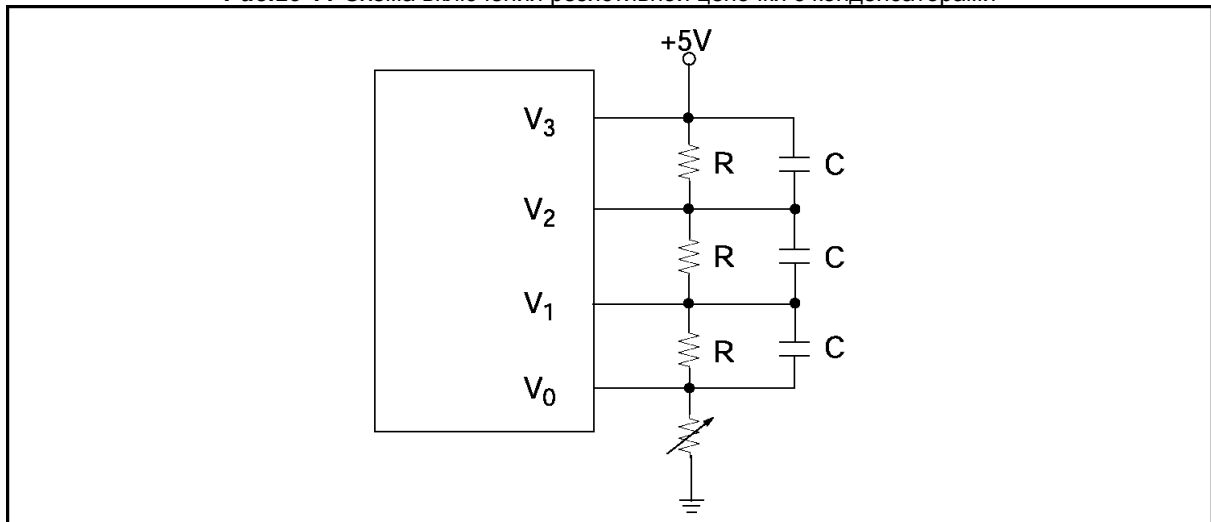
Выбор сопротивления резисторов определяется двумя факторами: качество отображения информации и потребляемая мощность. Качество отображения информации зависит от параметров синхронизации ЖКИ. Необходимо учитывать, что ЖКИ является емкостной нагрузкой из-за чего возникает искажение управляющих сигналов (токи заряда/разряда). Влияние емкостной нагрузки можно снизить уменьшив сопротивление резистивной цепочки. Однако, это приводит к большему энергопотреблению (за счет большего тока через резистивную цепочку). Для ЖКИ большего размера следует использовать резисторы с меньшим сопротивлением, чтобы получить качественное отображение информации.

Допускается параллельно резисторам включать конденсаторы, которые снижают искажения управляющих сигналов обеспечивая требуемые токи заряда/разряда. Ориентировочные значения резисторов: R - от 1кОм до 50 кОм; потенциометр - от 5кОм до 200кОм.

**Рис. 25-10** Схема включения резистивной цепочки

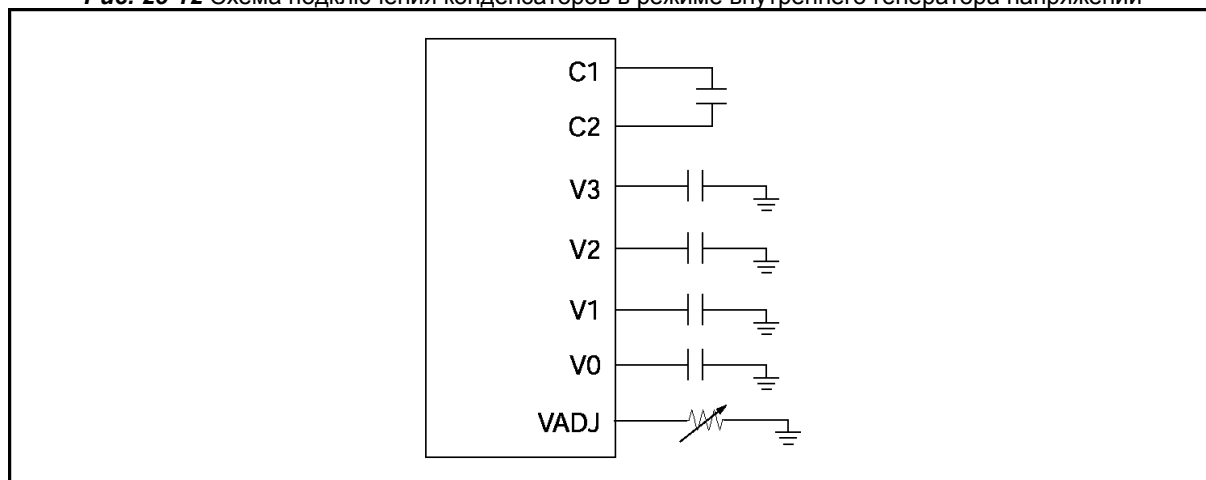


**Рис.25-11** Схема включения резистивной цепочки с конденсаторами



Внутренний генератор напряжений целесообразно использовать при низком напряжении питания  $V_{DD}$ , т.к. оно может быть увеличено до требуемого уровня. Генератор напряжений требует подключение внешнего заряжающего и фильтрующих конденсаторов для каждого напряжения ЖКИ (см. рисунок 25-12). Применяемые конденсаторы должны иметь низкий ток утечки. Другой особенностью использования внутреннего генератора напряжений является то, что потребляемый ток зависит от числа включенных пикселей, что особенно важно в устройствах с питанием от батареек.

**Рис. 25-12** Схема подключения конденсаторов в режиме внутреннего генератора напряжений



## 25.12 Контрастность

Контрастность отображения информации сильно зависит от типа ЖКИ, режима синхронизации, уровня напряжений. Как было отмечено ранее, потенциометр используется для управления контрастностью ЖКИ, устанавливая разность между каждым из напряжений модуля LCD. Чем больше разность напряжений, тем выше контрастность.

## 25.13 ЖКИ стекло

Характеристика ЖКИ стекла зависит от применяемых материалов. В приложении В дан список некоторых производителей ЖКИ. Обратитесь к производителю для уточнения параметров выпускаемых ЖКИ.

## 25.14 Инициализация

В примере 25-5 показана инициализация модуля LCD, все сегменты очищены.

### Пример 25-5 Инициализация модуля LCD

```

BCF      PIR1, LCDIF      ; Сбросить флаг прерываний от модуля LCD
BCF      STATUS, RP0     ; Выбрать банк 2
BSF      STATUS, RP1
MOVLW   0x06             ; Установить частоту фрейма ~37Гц
MOVWF   LCDPS
MOVLW   0xff             ; Все выходы работают как драйверы LCD
MOVWF   LCDSE
MOVLW   0x17             ; Работа в SLEEP режиме,
                          ; внутренний генератор напряжений включен
MOVWF   LCDCON           ; Тактовый сигнал от генератора TMR1, 1/4 MUX
CLRF    LCDD00           ; Очистить все регистры данных,
CLRF    LCDD01           ; все пиксели выключены
CLRF    LCDD02
CLRF    LCDD03
CLRF    LCDD04
CLRF    LCDD05
CLRF    LCDD06
CLRF    LCDD07
CLRF    LCDD08
CLRF    LCDD09
CLRF    LCDD10
CLRF    LCDD11
CLRF    LCDD12
CLRF    LCDD13
CLRF    LCDD14
CLRF    LCDD15
BSF     PIE1, LCDIE     ; Разрешить прерывания от модуля LCD
BSF     LCDCON, LCDEN   ; Включить модуль LCD
BCF     STATUS, RP1     ; Выбрать банк 0

```

## 25.15 Ответы на часто задаваемые вопросы

Если вы не найдете ответа на Ваш вопрос в этой главе раздела, задайте его, написав нам письмо по адресу [support@microchip.ru](mailto:support@microchip.ru).

**Вопрос 1:** Не получается использовать некоторые выводы LCD как цифровые входы.

**Ответ 1:**

Проверьте, правильно настроены биты в регистре LCDSE, т.к. эти биты отменяют действие соответствующих битов TRIS.

**Вопрос 2:** Изображение на ЖКИ мерцает.

**Ответ 2:**

Вероятно, что очень маленькая частота фрейма. Изменить частоту фрейма можно в регистре LCDPS.

**Вопрос 3:** Изображение на ЖКИ не контрастно.

**Ответ 3:**

Причиной может быть малая разность между напряжениями LCD модуля:

1. Если Вы используете резистивную цепочку, то попробуйте изменить сопротивления цепочки. Вывод VLCDADJ должен быть подключен к "земле" схемы.
2. Если Вы используете внутренний генератор напряжений, то измените сопротивление на выводе VLCDADJ.



## 25.16 Дополнительная литература

Дополнительная литература и примеры применения, связанные с этим разделом документации. Примеры применения не могут использоваться для всех микроконтроллеров среднего семейства (PIC16CXXX). Как правило примеры применения написаны для конкретной группы микроконтроллеров, но принципы примеров могут использоваться, сделав незначительные изменения (с учетом существующих ограничений).

Документы, связанные с модулем LCD в микроконтроллерах PICmicro MCU:

Документ	Номер
Yet Another Clock Using the PIC16C92X Часы на микроконтроллере PIC16C92X	AN649
LCD Fundamentals Using PIC16C92x Microcontrollers Принципы использования модуля LCD в микроконтроллерах PIC16C92X	AN658
PICDEM3 Demo Board User's Guide Руководство пользователя по демонстрационной плате PICDEM3	DS51079

## Уважаемые господа!

ООО «Микро-Чип» поставляет полную номенклатуру комплектующих фирмы **Microchip Technology Inc** и осуществляет качественную техническую поддержку на русском языке.

С техническими вопросами Вы можете обращаться по адресу [support@microchip.ru](mailto:support@microchip.ru)

По вопросам поставок комплектующих Вы можете обращаться к нам по телефонам:

**(095) 963-9601**

**(095) 737-7545**

и адресу [sales@microchip.ru](mailto:sales@microchip.ru)

На сайте

[www.microchip.ru](http://www.microchip.ru)

Вы можете узнать последние новости нашей фирмы, найти техническую документацию и информацию по наличию комплектующих на складе.